



Araştırma Makalesi

Çukurova Üniversitesinin Uzun Süreli (Çakılı) Tarla Denemeleri ve Araştırma Çıktıları
İbrahim ORTAŞ^{1*}

ÖZ

Bitki ve toprak verilerinin uzun vadeli değişkenlikleri ancak uzun süreli tarla denemeleri araştırmaları ile elde edilebilir. Bitkilerin fotosentez yolu ile tuttuğu karbonun toprağa organik karbon olarak bağlanması ve ekosistem hizmetleri üzerindeki etkilerini belirlemek ve gözlemek için yine uzun vadeli tarla denemelerine ihtiyaç duyulmaktadır. Tarımsal girdilerin etkileri ile toprak özellikleri ve bitki büyümesi arasındaki ilişkileri araştırmak için bitki ve toprak parametrelerinin uzun vadeli ölçümleri gereklidir. Çukurova Üniversitesi'nde (Adana-Türkiye) ilk uzun süreli tarla denemesi, organik gübre denemesi olarak 1996 yılında kurulmuştur. Daha sonra, birkaç uzun süreli değişik agronomik içerikli tarla denemeleri daha kurulmuştur. An itibarı ile 12 uzun süreli tarla denemesi düzenli olarak yürütülmektedir. Ayrıca planlanmış ancak kurulması beklenen birkaç deneme daha bulunmaktadır. Tüm bu denemelerin ilk amacı kimyasal gübre, toprak ve mahsul yönetimi gibi tarımsal girdilerin mikoriza gibi doğal bitki kök mekanizması üzerine etkisi ve mikorizanın gelişimi üzerine değişik toprak ve bitki yönetimlerinin nasıl etkilediğini göstermekti. Daha sonra değişik toprak tarım girdilerinin toprak karbon sekestrasyonu üzerindeki etkisini izlemek ve toprak organik karbon bütçelerini belirlemesi de projelerin amacına dahil edilmiştir. Uzun sürede iklim değişimleri ile ilişkilendirilen toprak organik karbonunu araştırmak için, değişken bitki-toprak parametrelerini düzenli olarak ölçmek ve verileri bütünlüklü olarak analiz etmek gerekmektedir. Bu bağlamda değişik toprak- bitki yönetimlerinin uzun süreli toprak ve bitki kalitesi, karbon bütçesi, verim değerleri ve iklim değişimleri ile ilişkilendirilmesi bakımından da çakılı uzun süreli tarla denemelerine bütün dünyada olduğu gibi ülkemizde de ihtiyaç duyulmaktadır. Ülkemizde nerdeyse bir ilk olan 1996 yılından günümüze kadar devam eden, Son 20 yılda Çukurova Üniversitesi çakılı tarla denemelerinden şu ana kadar 20 SCI indeksli yayın üretilmiş. Ayrıca birçok ulusal ve uluslararası kongre ve çalıştayda üretilen veriler sunulmuş, makaleler yazılmış, 4 TÜBİTAK, 1 TAGEM projesi ve 13 BAP projesi bu kapsamda gerçekleştirilmiştir. Ayrıca 5 yüksek lisans öğrencisinin tez çalışmaları çakılı denemelerde yürütülmüştür.

Anahtar Kelime: Çakılı tarla denemeleri, İklim Değişimleri, Toprak-bitki yönetimi, Toprak karbon bütçesi, Ekolojik tarım modelleri

Long-term Field Experiments and Research Outcomes of Çukurova University

ABSTRACT

The annual and long-term variabilities of plant and soil data can only get through long-term experiments. Long-term experiments are needed to establish and observe the soil and crops' carbon sequestration. In order to search the relationships between agricultural inputs influences and soil properties and plant growth, long-term measurements of plant and soil parameters are necessary. The first long-term field experiment at Çukurova University; (Adana-Turkey) was established in 1996, which is an organic fertilizer experiment. Later on, several more experiments were established. At the moment, 12 long-term field experiments are conducted. Still, there is several more experiments are expected to be established. The initial aim of all those experiments was to show how the infuses of agricultural inputs such as chemical fertilizer and soil and crop management affect mycorrhizae development. In order to investigate soil organic carbon, which is associated with the long-term climate changes, it is necessary to regularly measure variable plant-soil parameters and analyze the data in a holistic manner. Later on, we try to see the influent of inputs on soil carbon sequestration and determine the soil organic carbon budgets. In order to investigate the organic carbon, the pool of the soil and crop management from year to year is needed to measure the variable parameters. 20 SSCI-indexed papers publications have been produced so far from the long-term field experiments established since 1996 which are almost the first experiments in Turkey. In In addition, data has been presented at many national and international congresses

Yayın Kuruluna Geliş Tarihi: 02.08.2022

Kabul Tarihi: 31.10.2022

¹ Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Adana

*E-posta: iortas@cu.edu.tr

Çukurova Üniversitesinin Uzun Süreli (Çakılı) Tarla Denemeleri ve Araştırma Çıktıları

and workshops. To update, 4 TUBITAK, 1 TAGEM projects and 13 BAP projects have been performed and five graduate students' thesis studies have been carried out in the long-term field experiments.

Keywords: Long-term field experiments, Climate changes, Soil-crop management, Soil carbon budget, Ecological-farming models

ORCID ID (Yazar sırasına göre)
0000-0003-4496-3960

Giriş

Toprak, yalnız bir besin kaynağı olarak değil aynı zamanda temiz bir çevre için mutlak olması gerekli bir kaynaktır. Sürekli dengeli bir yaşam için toprak, mutlak korunması ve uygun yöntemlerle yönetilip işlenmesi gereken bir ortam olarak önemini her gün biraz daha etkili bir şekilde hissettirmektedir. Günümüzde çevre bilinci oluşmuş herkesin mevcut tarım uygulamalarının uzun vadede ne getireceğini ve ne götüreceğini bilmek istemesi en doğal hakkı olarak görülmektedir. Mevcut bitki ve toprak yönetimlerine alternatif yeni yönetim şekillerinin yaratacağı tepkilerin bilinmesi ise ayrı bir önemlilik arz etmektedir.

Her ne kadar insanoğlu doğanın farklılıklarını fark edip, bilinçli ve istekli bir şekilde doğadan yararlanmak için toprak işlemeye dayalı tarım yapmaya başlamasının üzerinden 10 bin küsur yıl geçmiş olsa da son 100 yılda tarımsal üretimi artırmak için toprağa daha çok müdahale etmiştir. İnsanın toprak ile olan ilişkisinin bilinenden çok daha ilerisine kadar uzanabileceği görülmektedir (Ortas ve Lal, 2011). İnsanın toprak ile olan ilişkisinin ağırlıklı olarak bulunduğumuz coğrafyada başlamış olması dolayısıyla insanlığın geniş bir tarımsal yönetim deneyiminin kazanıldığı görülmektedir (Ortas, 2022).

Anadolu'nun tarımsal geçişinin bize iletmesi istediği en önemli mesaj, toprakların verimliliğini koruyan uygarlıkların varlıklarını sürdürdüğü, diğerlerinin ise yok olduklarıdır. Geçmişte insanların kazandığı tarım tekniklerini anlayarak geleceğe daha emin adımlarla ilerlemek için daha fazla metodolojik çalışılması ve güvenli-büyük verilerin elde edilmesi için sürekli denemelerin yürütülmesi gerekmektedir. Dünyanın birçok ülkesinde uzun süreli çakılı denemelerin

yürütüldüğü bilinmektedir. İngiltere'de Rothamsted Araştırma istasyonunun 1843 yılında başlattığı denemelerini halen devam ettirmektedir ve belirli aralıklarla toprakta meydana gelen değişimler bilimsel platformlara sunulmaktadır (Johnston ve Poulton, 2018).

Bugün üzerinde yaşadığımız yerküre, insanlığın doğa kanunlarını öğrenip doğaya hâkim olması ile birlikte doğanın tahribatının arttığı günden güne iletişim teknolojileri verileri ile daha erken ve hızlı bir şekilde belirlenebilmektedir. Toprak organik maddesinin, bitki gelişimi (Zanin ve ark., 2014) biyolojik çeşitlilik ve toprak kalitesi açısından önemi son yıllarda yeniden çok yönlü olarak işlenmektedir. Ayrıca dünyada kıt kaynak olarak tanımlanan toprağın, varlığı ve sürdürülebilirliği de ancak uzun erimli tarla denemesi çalışmaları ile sağlanabilir. Bugün büyük oranda biyoçeşitliliğin kaynağı olan doğal bitki örtülerinin yok olması, beraberinde toprak biyolojik çeşitliliğinin ve dolayısıyla toprak faunasının da bozulmasına yol açmaktadır. Toprak içerisinde türleri, popülasyonları ve işlevleri halen tam olarak bilinmeyen makro ve mikro düzeydeki canlı topluluklarının var olduğu biliniyor. Doğada yaşayan bitki ve hayvan topluluklarının belirtildiği üzere gerek türleri ve gerekse sayıları ile birlikte çoğunun doğal hayattaki sistemin işlemesine olan katkıları halen bilinmemektedir. Bu süre zarfında kaybolan türlerin doğa üzerindeki etkileri ise hiç bilinmeden kaybolmuş oldu.

Doğadaki modelin işleyişi itibarıyla bütün canlılar doğal hayata kendi çaplarında katkıda bulunmakta olduğu gerçeği ile doğanın işleyişine etki eden, milyonlarca yılda gelişmiş olan canlı varlıkların bilinmesi, kayıt altına alınması ve tür varlığının yerinde korunması sürdürülebilir yaşam için büyük önem taşımaktadır. Aksi halde doğanın işleyiş

dengesi bozulur ve zaman içinde yine doğa birleşik kaplar yasasına uygun olarak bir tarafın üzerine yıkılır. Nihayetinde atmosfere salınan sera gazlarının etkisi ile kutupların üzerindeki ozon tabakasının delinmesi, güney yarım kürede sıcaklıkların artması sonucu buzulların kütleli olarak erimesi ve aşırı yağışların oluşması, kuzey yarım kürede görülmemiş oranda soğukların olması doğal dengenin bir taraf üzerine yıkılması olarak değerlendirilebilir. Bu yıkımda en büyük zararı toprak varlıklarının çektiği görülmektedir.

Bu açıklamanın ışığında toprak yönetimi insanlığın en büyük tecrübesidir. Günümüze kadar yaşamış ve varlıklarını artık devam ettiremeyen medeniyetlerin çoğunlukla topraklarının düzenli ve dengeli kullanımını sağlayamadıkları andan itibaren bu durum medeniyetlerinin yıkılmasına yol açmış ve büyük göçler yaşamışlardır. Bilindiği üzere çiftçilerimiz uzun zamandır, herhangi bir bilimsel gerçeğe dayanmadan, hasat sonrası anız yakmaktadırlar. Anız yakılması yalnız toprakların organik madde düzeylerinin düşmesine değil, aynı zamanda toprakta bulunan yararlı mikroorganizmaların azalmasına da neden olmaktadır. Bunun sonucu olarak da çiftçiler topraklarının eskisi gibi ürün vermediğini (toprak kalitesinin düştüğünü) ve gelirlerinin düştüğünü her platformda dile getirir oldular (Ramankutty ve ark., 2018). Örneğin yakın geçmişe kadar 20-25 kg N/da, 5-8 kg P₂O₅/da gübresi uygulayan ovadaki çiftçi, 2020 yılında aynı tarla koşullarında 40-45 kg N/da ve 12 kg P₂O₅/da gübre uyguladığını belirtiyor.

Uzun Süreli Tarla Denemeleri ile İklim Değişimlerinin Tarım ve Toprak Üzerine Olan Etkilerini İzlemek ve Genelleştirilmiş Bilgi Üretmek Gerekli

Dünyada artan nüfusu bugün 8 milyar olmuş ve son 100 yıldır her 50 yılda bir nüfus ikiye katlanmaktadır. Artan nüfusu beslemek için gereksinim duyulan gıda talebini sağlamak için çoğu coğrafyada toprağa zorunlu olarak çoğu zaman da ihtiyaca dayanmadan yapılan kimyasal gübre-ilaç, toprak işleme, sulama girdileri kısa zaman içinde toprakların kalitesi ve üretkenliğini düşürdüğü anlaşılmaktadır. İnsanın daha fazla üretim için

kullandığı kimyasal girdiler ve enerji kaynağının atmosfere doğal sınırın üzerinden CO₂ gazı salması sonucu kısa sürede atmosferin ısındığı ve küresel düzeyde iklim değişimlerinin yaşandığı somut ölçüm verileri ile belirlendi (NOAA, 2015). Son birkaç yıldır iklim değişimlerinin öncelikle tarım ve yaşamın diğer üretim unsurları üzerine olan olumsuz etkilerinin bilinmesi ve uzun sürede izlenerek analiz edilmesi gereksinimi ortaya çıkmıştır.

FAOSTAT (2021) verilerine göre 1970 yılında topraktan 74.4 milyon ton N, P₂O₅ ve K₂O besin elementi kaldırılırken bunun yerine 56.5 milyon ton gübreleme ile geri verilmiştir. Aradaki 17.9 ton milyon ton besin elementi ürünle topraktan uzaklaştırılmıştır. Tabii bunun yanında diğer mikro ve makro besinler de uzaklaştırılmışlardır. Önümüzdeki 2050'li yıllarda dünya nüfusunun 8 milyarı aşacağı ve bu insanların barınma ve beslenmesi için topraktan kaldıracağı besin elementi miktarının daha da artacağı beklenmektedir. Diğer taraftan amaç dışı toprak kullanımı veya toprak kalitesini olumsuz yönde etkileyen diğer sınırlayıcı faktörlerin etkisi ile toprakların verimliliğinin daha da düşeceği açık bir gerçekliktir. Son 70 yılda daha kapasiteli traktörler ve iş makinelerinin toprak işlemede kullanılması, meraların yok edilmesi sonucu artan erozyon ve besin elementlerinin topraktan sömürülmesi, toprakların verimliliğinin korunması ciddi problem haline gelmiş bulunmaktadır. Şimdiden toprak bilimcilerine, sürdürülebilir yaşamın güvencesi olan toprağın yerinde korunması ve toprağın geliştirilmesi için daha çok görev üstlenmek zorunda olduğunu söylemek zorundayız. İklim değişimlerinin kontrolünde ve atmosferdeki karbondioksitin yer yüzeyinde tutulmasında toprağın büyük etkisinin olduğu hesaplanarak belirlenmiş durumdadır (Lal, 2019). Ancak kullanılan kimyasal gübrelerin uzun sürede toprak ortamında ne tür etkiler bıraktığını da bilmek gerekiyor. Doğal yapıyı, başta toprak yapısı olmak üzere bozmadan, atmosfere fazla sera gazı salmadan daha fazla sera gazını yutaklar (karbondioksiti atmosferden tutup bağlamak) yolu ile tutmak için toprağın yerinde korunması, atmosfer karbonunun yeniden uzun erimli olarak izlenmesi ve temel bilimler ekseninde çalışılması gerekmektedir.

Çukurova Üniversitesinin Uzun Süreli (Çakılı) Tarla Denemeleri ve Araştırma Çıktıları

İklim değişimleri bütünlüklü olarak yaşamın her alanını ilgilendirdiği için topraktan atmosfere bütün süreçlerin izlenmesi ve ölçülmesi gerekmektedir. Bu bağlamda son yıllarda iklim değişimleri çalışmaları atmosfer, bitki, toprak ve mikroorganizma ekseninde bütünlüklü yürütülmektedir. Ancak ülkemizde bütünlüklü bir araştırma geleneği ve alt yapısı olmadığı için çoğunlukla bilinen bilgiler ekseninde bir takım kestirimler yapılmaktadır. Konuya ilişkin olarak 1996 yılından günümüze değişik tarımsal yönetim modellerinin toprak verimliliği ve ekosistem hizmetleri üzerine olan etkilerini belirlemek üzere uzun erimli tarla denemeleri Çukurova Üniversitesi, Araştırma Uygulama arazilerinde yürütülmektedir.

Çukurova Üniversitesi bilindiği gibi ülkemizin 5. büyük üniversitesi olup başta Ziraat Fakültesi olmak üzere tarım bilimine önemli katkılarda bulunmuştur. Ziraat Fakültesi bu misyonunu uzun sürede sürdürmek ve gelecek yüzyılda bilime katkıda bulunmak istiyorsa şimdiden geleceğin olabilecek sorunlarını görmesi ve ona göre çözümler oluşturması gerekmektedir. Yukarıda belirtilen konuların ve gelecekte olabilecek etkilerin boyutlarını belirlemek için şimdiden geniş perspektifte düşünmesi ve önerilerde bulunması gerekmektedir. Bu bağlamda fakültemiz, tarımın kalbi olan bir bölgede kendi ekolojik koşullarımıza uygun çok yıllık deneme desenleri oluşturarak uzun zamanda hem daha sağlıklı bilgiler edinmeyi hem de değişen koşullarda gelecekte tarım bilimine yeni yol ve stratejiler kazandırmayı amaçlamaktadır. Ayrıca iklim değişimlerine neden olan atmosferdeki karbondioksitin (CO₂) bitkiler üzerinden tutularak karbonun toprak organik karbonuna dönüştürülmesi de araştırmak istenmektedir.

Bu bilgilerin ışığında gelecekte iklim değişmelerini daha iyi anlamak ve toprakların verimliliğini optimum düzeylerde tutabilmek için çok yıllık çakılı denemelerle gelişen değişmelerin takip edilmesi bir zorunluluktur. Zamanla toprak âleminde meydana gelen fiziksel, kimyasal ve biyolojik değişmelerin belirlenmesi ve ona göre stratejilerin belirlenmesi, bilim ve tarım çevrelerinin aydınlatılması son derece önemli bir yarar sağlayacaktır. Ayrıca elde edilen birikim

öğrencilerimiz için önemli bir canlı ders materyali olacaktır.

Çakılı Denemelerin Kurulma Gereksinimi ve Dünyadaki Araştırma Konuları

İnsanın tarımsal üretimi artırmak için toprağa uyguladığı girdilerden,—kimyasal gübre-ilaç, ağır toprak işleme, sulama ve diğer işlemlerin kısa sürede doğaya olumsuz etki ettiği anlaşılmış bulunmaktadır. Rönesans'ı geçirmiş, sanayi devrimini gerçekleştirmiş olan batı yarım küredeki Avrupa ülkelerinde toprak ve gıdaların kalitesindeki farklılaşmanın erken fark edilmesi ile 1843 yılından itibaren İngiltere'de başlayan tarımsal uygulamaların etkilerinin izlenmesi çalışmalarının önemi daha da artmış durumdadır. Bu bağlamda çoğunluğu Avrupa'da olmak üzere 650 kadar uzun erimli çakılı tarla denemelerinde çoğunlukla tarımsal uygulama ve üretim sistemleri altında değişik amaçlı denemelerde; agroekoloji temelli organik deneme sistemleri altında farklı organik ve mineral gübreleme teknikleri uygulanmakta olduğu rapor edilmektedir (Johnston ve Poulton, 2018)

Uzun süreli farklı bitkilerin toprak üzerine olan etkileri ile ilgili denemeler,

- Ürün rotasyonu ve toprak işleme denemeleri,
- Bitki besleme uygulamalarının etkilerini ölçen denemeler,
- Yabani ot kontrolü denemeleri,
- Zararlılar ve hastalıklarla mücadele ilaçları ve tekniklerinin etkileri yanında pestisit kullanımının canlı popülasyonu ve toprak sağlığı üzerine etkilerini değerlendiren denemeler,
- İklim değişimleri ve adaptasyon çalışmalarına yönelik deneme yöntemleri çalışılmaktadır.

Çalışmanın amacı, Çukurova gibi tarımın kalbi olan bir bölgede kendi ekolojik koşullarımıza uygun çok yıllık deneme desenleri oluşturarak uzun zamanda hem daha sağlıklı bilimsel veri ve bilgiler edinmek hem de değişen koşullarda gelecekte tarım bilimine yeni yol ve stratejiler kazandırmak için çeşitli denemeler yürütülmektedir. Hele günümüzde tarımsal gıda güvencesini sağlamak için terminatör veya süper genotiplerin kullanıldığı ve buna bağlı olarak toprakların hızlı bir biçimde sömürüldüğü koşullarda toprakta meydana gelen yorgunluğun,

Çukurova Üniversitesinin Uzun Süreli (Çakılı) Tarla Denemeleri ve Araştırma Çıktıları

hastalık ve zararlıların beslenme koşullarına bağlı olarak deneysel verilerle belirlenmesi bir tarımcının önceden bilmesi gereken temel konulardır. Ayrıca artan küresel ısınmaya bağlı bitkisel üretimdeki değişimler ve bunların toprak karbon-azot ile yutak, salınım ilişkilerinin bilinmesi büyük önem kazanmaktadır. Bu bağlamda uzun vadeli tarla denemeleri, genelde karasal araştırmalar ve özelden ise tarımsal araştırmalar için çok değerli araştırma altyapısı imkanı sunmaktadır (Grosse ve ark., 2020).

Çalışmaların diğer amacı uzun sürede gerek mevcut tarım bilimi ve gerekse geleneksel bilgi birikimini kullanarak toprakların temel özelliklerinin toprak ve bitki yönetimlerine bağlı olarak uzun sürede nasıl değiştiklerini araştırmaktır. Uzun vadede toprak ve bitki parametrelerinin farklı uygulamalar altında zamana bağlı olarak değişimlerini belirlemek ve geleceğe yönelik kestirilmelerde bulunmaktır.

Materyal ve Yöntem

Denemeler Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Toprak Bilim ve Bitki Besleme Bölümü araştırma alanında yürütülmektedir (Ortas ve ark., 2013). Her denemenin amacına uygun olarak yaklaşımlar adı altında konu ve işleyiş metotları belirlenmiştir. Mevcut çalışmada aşağıdaki araştırma konuları Çukurova Üniversitesinin Araştırma Üniversitesi kapasitesini geliştirmek ve Türkiye’de uzun süreli tarla denemelerine öncülük ve örnek olması düşüncesi ile önerilmişler ve tarla denemeleri olarak Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Dekanlığına ve Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümüne sunulmuşlardır.

Araştırmalarda genelde parsellerin büyüklükleri geniş tutularak, olası çevresel etkilerin ortadan kaldırılması amaçlanmaktadır. Yaklaşımlar ekseninde kurulmuş ve kurulması planlanmış denemeler olarak arazide amaca uygun yerleri belirlenmiştir (Şekil 1). Mevcutta yürütülen 11 denemede (Şekil 2) denemeler öncesi 0-15, 15-30 cm derinliklerinden toprak örnekleri alınıp, toprağın temel fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini belirleyici rutin analizler yapılmaktadır. Denemelerde doğal mikoriza potansiyeli ve organik karbon içerikleri sürekli araştırılmaktadır. Belirli

aralıklarla toprak tekstürü ve strüktürü ölçümleri yapılmaktadır. Belirli aralıklarda söz konusu parsellerden alınan toprak örnekleri ileride değişik amaçlı analizlere gereksinim duyulacak mikrobiyal karbon ve toprak su içerikleri de ölçülmektedir.

Araştırmalara Konu Olan Denemelerdeki Yaklaşımlar

12 farklı toprak-bitki yönetimi çakılı tarla denemeleri (yaklaşımlar) şeklinde Çukurova Üniversitesi yerleşkesinin güney ucunda Şekil 2’deki haritada gösterilen arazi üzerinde konumlanmış, Menzilat ve Arık toprak serileri üzerinde kurulması planlanmıştır. 11 deneme kurulmuş ve düzenli olarak takip edilmektedirler. Toprak özellikleri bakımından farklı ve yan yana bulunan iki farklı toprak serisi üzerinden uzun erimli olarak ekolojik tarım ve iklim değişimlerine yönelik veri derlenmesi denemelerin amacı bakımından önem arz etmektedir.

Yaklaşım I. Mineral Gübreleme, Hayvan Gübresi, Kompost ve Kompost + Mikoriza Gübrelenmesinin Uzun Sürede Toprakların Humus Dinamiği ve Organik Karbon Dinamiği Üzerine Etkilerinin İzlenmesi

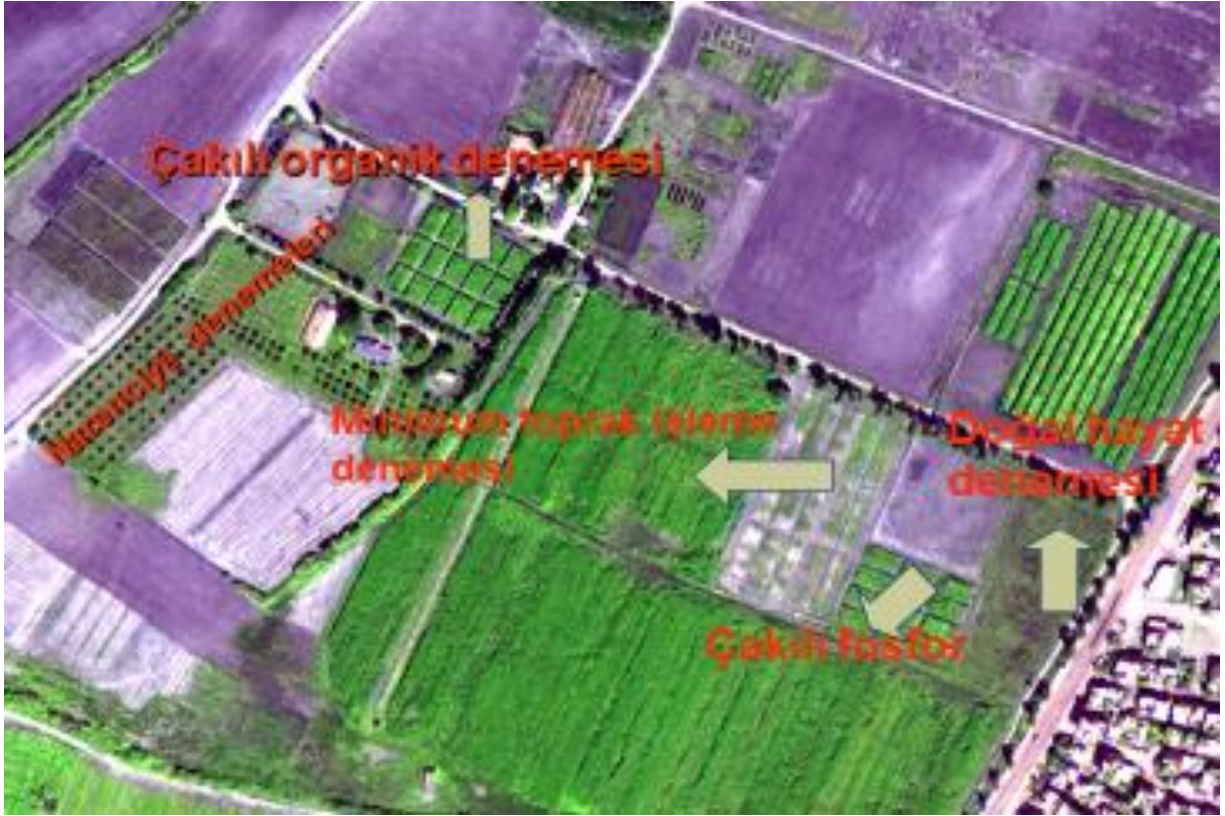
Toprak verimliliğinin veya toprakta organik maddenin, buna bağlı olarak toprakta tutulan besin elementlerinin miktarının bir ölçütü olan toprağın humus miktarının bilinmesi son derece önemli bir parametredir. Ülkemiz ile aynı iklim kuşağına (yarı kurak) sahip diğer ülkelerin topraklarında organik madde miktarı oldukça düşük düzeyde olmaktadır. Buna bağlı olarak toprakların besin elementi tutma kapasiteleri de düşük olmaktadır. Toprakların humus miktarının artırılması, toprağın verimliliğinin artması olarak değerlendirileceğinden uzun sürede toprak verimliliği açısından son derece önemlidir. Almanya, Rusya ve İngiltere’de halen devam etmekte olan çakılı deneme sonuçlarına göre topraklara uygulanan farklı gübreleme programları sonucu, yalnız başına kimyasal gübre uygulanan parsellerde toprakların humus miktarında başlangıç noktasına göre bir düşüş olur iken; organik madde ilavesi yapılan parsellerde bu değerlerin biraz arttığı fakat organik madde ve kimyasal gübre ilave edilen parsellerde

Çukurova Üniversitesinin Uzun Süreli (Çakılı) Tarla Denemeleri ve Araştırma Çıktıları

humus miktarının arttığı ve mineral gübre uygulamasına oranla %114 oranında verim artışı sağlandığı rapor edilmektedir (Johnston ve ark., 2009). Benzer denemelerle toprağa organik madde kazandırılması topraklara uzun sürede kaliteli bir yapı kazandıracığı ve toprak yüzeyindeki besin dinamiğinin daha az ortamdaki uzaklaşacağı tahmin edilmektedir ki bu toprakların sürekliliği

açısından son derece önemli bir stratejidir. Deneme 1996 yılında Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama Çiftliği'nde (37° 00' 54.31" K enlem ve 35° 21' 21.56" D enlem ve 34 m deniz seviyesinden yükseklikte) kuruldu (Şekil 2, 6 no'lu deneme alanı)

Şekil 1. Ç.Ü. Araştırma Uygulama Çiftliği Bünyesindeki Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Araştırma Alanındaki mevcut çakılı denemeler



Çukurova Üniversitesinin Uzun Süreli (Çakılı) Tarla Denemeleri ve Araştırma Çıktıları

Deneme boyutları 10x20 m olup parsel araları 3 m'dir. Bloklar arası 5 m olarak düzenlenmiştir (49600 m² lik bir alana (68m X70m)). Denemede 5 farklı gübre uygulaması 3 tekerrürlü olarak 15 parsellik tesadüf blokları deneme desenine göre dizayn edilmiştir. Deneme 5 gübre uygulaması olarak;

- Kontrol,
 - Mineral NPK gübreleme (200 kg N ha⁻¹ (NH₄)₂SO₄ olarak, 83 kg K₂O ha⁻¹ K₂SO₄ olarak ve 26 kg P₂O₅ ha⁻¹ 3Ca(H₂PO₄)₂.H₂O) olarak uygulanan geleneksel kimyasal gübresi,
 - Hayvan gübresi (25 ton ha⁻¹ yıl⁻¹ sığır gübresi),
 - Kompost (25 ton ha⁻¹ yıl⁻¹) ve
 - Mikoriza ile aşılınmış ve 10 ton kompost ha⁻¹ yıl⁻¹) şeklinde
- 1996 yılında kurulmuş ve günümüze kadar uygulanmaktadır.

Yaklaşım II. Sürekli Fosfor Uygulamasının Toprak Fiziksel, Kimyasal ve Biyolojik Özellikleri Üzerine Olan Etkileri

Toprakta hareketliliği son derece yavaş olan ve bitkiler için makro düzeyde gereksinim duyulan bir besin elementi olan fosfor belki de toprak biliminde en kapsamlı çalışılan konuların başında gelmektedir. Günümüze kadar yapılan araştırmalar, toprağa uygulanan fosforun ancak çok küçük bir kısmının kullanıldığı geriye kalanını da zamana bağlı olarak toprakta çözünmez formda kompleksler oluşturduğunu göstermektedir. Ayrıca toprakta fazla fosforun bulunması durumunda doğal gübre olarak adlandırılan mikoriza mantarlarının aktivitelerinin azaldığı yine rapor edilen bilgilerdir (Ortas, 2003). Fakat sistematik şekilde zamana bağlı olarak olayların nasıl geliştiği konusunda kesin bir bilgi birikimi bulunmamaktadır. Ayrıca gübre kaynağı ile birlikte geldiği bilinen Kalsiyum (Ca) büyük bir ihtimalle daha sert geçirimsiz strüktür yapılına yol açtığı tahmin edilmektedir. Bu nedenlerden dolayı böyle bir araştırmaya gereksinim duyulmaktadır. Uzun yıllar uygulanan fosfor gübrelemesinin buğday mısır rotasyonunda toprak özellikleri ve bitki gelişimi üzerine olan etkilerinin araştırılması amacıyla kurulacak olan denemenin deneme deseni Şekil 2'de 11 nolu deneme alanı ile gösterilmiştir.

Deneme boyutları 10.5x30 m olup parsel araları 3 m'dir. Bloklar arası 5 m olarak düzenlenmiştir. Denemede 4 farklı fosfor dozu (kontrol, 5, 10, 20 kg P₂O₅ /da) ve 3 tekerrürlü olarak 12 parsellik tesadüf blokları deneme desenine göre dizayn edilmiştir. Gübre kaynağı olarak Ca (HPO₄)₂.H₂O gübresi uygulanmaktadır. Denemede azot kaynağı olarak buğday için 16 kg N NH₄SO₄ olarak, mısır için ise 28 kg N olacak şekilde uygulamalar yapılmaktadır. Deneme 1998 yılında 5353 m² lik bir alana (41.5 m x 129 m) kurulmuştur.

Yaklaşım III. Milenyum Doğal Hayat Denemesi

Deneme 1998 yılında yaklaşık 9 dekar alanın doğal hayata bırakılması ile başladı (Şekil 2. 10 nolu deneme alanı ve Şekil, 3). Alanın diğer tarafında bir dekar kadar alan sürekli işleme bırakılarak bitkilerin toprak yapısı ve karbon tutma üzerindeki etkisi izlenmeye çalışılmaktadır. Deneme kurulduktan sonra alanda yerel bitkilerin hızla çoğaldığı ve zaman içinde organik karbon içeriğinin arttığı belirlenmiştir (Celik ve ark., 2011; Ryan ve ark., 2011). Deneme halen devam etmektedir.

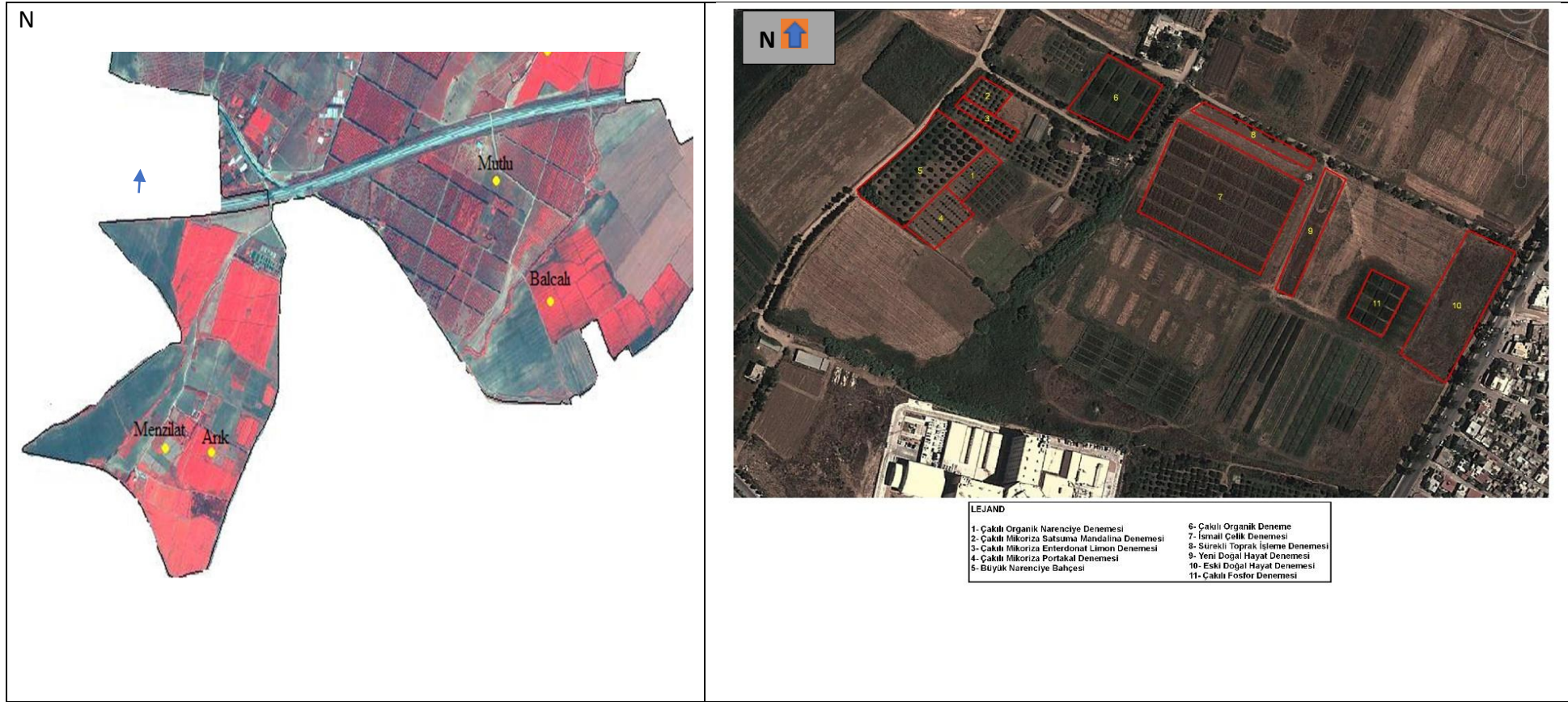


Şekil 3. Milenyum deneme alanı 1998 yılında kuruldu.

Yaklaşım IV. Çakılı Mikoriza Narenciye Denemeleri

Şekil 2'deki 1 Nolu çakılı organik narenciye denemesi 2005 yılında kuruldu. Çakılı 2 ve 3 nolu deneme parsellerindeki narenciye bahçeleri 2003 yılında değişik mikoriza türleri (Ortaş, 2018), mandarin (Ortas, 2017) ve limon çöğürlerine aşılansak tarlaya şaşırtılarak kuruldu.

Çukurova Üniversitesinin Uzun Süreli (Çakılı) Tarla Denemeleri ve Araştırma Çıktıları



Şekil 2. Deneme alanlarının uydu görüntüsü, denemelere konu olan çalışma alanları

Çukurova Üniversitesinin Uzun Süreli (Çakılı) Tarla Denemeleri ve Araştırma Çıktıları

Mikoriza uygulanan göbekli Washington portakal denemesi (4 no'lu deneme) 2007 yılında TÜBİTAK projesi ekseninde kuruldu.

Yaklaşım V. Pirit Uygulamasının Toprak Özellikleri Üzerine Uzun Süreli Etkileri

Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Toprak Bilim ve Bitki Besleme Bölümü Araştırma alanında bulunan Menzilat toprak serisi (Mollic Xerofluvent) üzerinde 1996 yılında 5 uygulamalı (kontrol, 100, 200, 300 ve 400 kg dekara pirit) ve 3 tekerrürlü olacak şekilde 12 parsellik uzun süreli çakılı buğday ve mısır denemesi olarak kurulmuştur (Kaya ve ark., 2005). 10 x 10 = 100 m² büyüklüğündeki parsellere pirit uygulandıktan sonra bir daha pirit uygulanmamıştır. Piritin uzun yıllar bitki üzerine etkisinin belirlenmesi amacıyla yürütülen deneme 2004 yılına kadar devam ettirilmiştir. Parsellerde yapılan toprak analizlerine göre buğday için 20 kg N, mısır için 30 kg N dekara NH₄NO₃ azot gübresi ve 8 kg P₂O₅ dekara fosfat gübresi uygulanmıştır. Deneme 2004 yılında yeterli iş gücü ve bütçe olanakları sağlanmadığı için sonlandırılmıştır.

Yaklaşım VI. Değişik Ana Materyal Üzerinde Oluşmuş Toprakların Bitkiye K, P ve Zn Sağlama Kapasitelerinin Belirlenmesi

Bilindiği gibi bitki kökleri toprak çözeltilinde bulunan besin elementlerini alarak gelişmelerini ve büyümelerini sağlarlar. Toprak çözeltilindeki besin elementi konsantrasyonu özellikle de K, P ve Zn gibi toprakların tampon özellikleri tarafından sağlanan besin elementleri labil ve labil olmayan formlarda bulunurlar. Toprak çözeltilindeki besin elementleri bittikten sonra depodan toprak çözeltilisine doğru çok yoğunundan az yoğununa doğru bir akım olmaktadır. Toprakların besin elementi sağlama hızı ve miktarı uzun vadede toprak verimliliği açısından son derece önemli bir olaydır. Çukurova ve Harran ovasının yaygın topraklarında yapılan P ve K beslenmesi ve besin kapasitelerinin belirlenmesine yönelik denemelerde bazı topraklarda yetiştirilen aynı bitki veriminin devam ettiği halde bazılarında ise birkaç ürün sonrası toprakların daha fazla ürün vermediği tespit edilmiştir (Ortaş ve Güzel, 1989). Uzun vadede toprak verimliliğinin bilinmesi ve

gelecekte olası gübreleme programları ve bilimsel bilgi edinme açısından bu tür denemelerin yapılması çok yönlü kazanımlar sağlayacaktır.

Ülkemizin birçok bölgesinde değişik ana materyaller üzerinde oluşmuş topraklar bir metre küp hacmindeki beton kanaletler içerisinde gübreli ve gübresiz olarak K, P ve Zn' ya duyarlı bitkiler ekilerek besin elementi sağlama kapasiteleri ve uzun sürede bu tür toprakların gübre gereksinimi belirlenmeye çalışılacaktır. Aynı beton kanaletlerin altında açılacak olan drenaj kanallarından alınacak olan toprak solüsyonunda besin elementlerinin olası yıkanmaları belirlenecektir. Ayrıca topraktan belirli aralıklarla alınacak toprak örneklerinde besin elementlerinin bağlanma formları belirlenecektir. Bunlarla bitkiye geçen miktarlar karşılaştırılarak ilgili besin elementlerinin toprak-bitki sistemindeki dinamiği belirlenecektir.

Deneme henüz kurulmadı.

Yaklaşım VII. Değişik Toprak İşleme Sistemlerinin Besin Elementi Dinamiği ve Verim Üzerine Olan Etkileri.

Bilindiği gibi farklı toprak işleme sistemleri ile toprak verimliliği arasında ciddi verim artışı olduğu ve bu verim artışının çoğu zaman toprakta tutulan su tutma kapasitesi ile ilgili olduğu konusunda bilgiler literatürde sıkça görülmektedir (Ortas ve ark., 2019). Fakat son yıllarda yapılan çalışmalar toprak işlemeye bağlı olarak toprakta var olan ve doğal gübre olarak bilinen mikoriza mantarlarının hiflerinin kırılması sonucu yetiştirilen bitkilerin yeterince beslenemedikleri ve buna bağlı olarak ciddi verim düşüşü olduğu gözlenmektedir (Miller ve ark., 1992). Yapılacak olan çok yıllık denemede farklı toprak işleme ile toprak ve bitki yönetiminin verim ile mikoriza oluşumu ve değişik toprak özellikleri arasındaki ilişkiler sistematik olarak araştırılacaktır.

Deneme konuları;

1. Sıfır toprak işlemesiz ekim,
2. geleneksel pulluk ile ekim ve
3. yalnız kültivatörle toprak işleme (Tarımsal mekanizasyon bölümü ile iş birliği yapılabilir).

Çukurova Üniversitesinin Uzun Süreli (Çakılı) Tarla Denemeleri ve Araştırma Çıktıları

Ayrıca toprak işleme ile birlikte geleneksel tarım teknikleri ve iyileştirilmiş tarım tekniklerinin karşılaştırılması, toprak işlemenin ve tarım pratiklerinin etkisinin karşılaştırılması bakımından önemli olabilir. İyileştirilmiş tarım tekniğinde amaç, kompost ve hayvan gübresi uygulamaları yanında yeşil gübreleme, münavebe ve mikoriza aşılması yapılarak mevcut tekniklere alternatif teknikler araştırılacaktır.

Parseller kendi içerisinde değişik tarımsal yönetim teknikleri uygulanarak yürütülebilir. Özellikle günümüzde iklim değişimleri ile toprak işleme teknikleri arasındaki ilişkinin toprağı iyileştirmesi, daha çok organik karbon tutma ekseninde yeni amaçlar geliştirilebilir. İyileştirilmiş toprak işlemleri yanında yararlı mikoriza (mikoriza), organo-mineral gübre ve örtü bitkileri işlemlerinin yapılması planlanmaktadır.

Yaklaşım VIII. Değişik Münavebe Sistemlerinin Toprağın Biyolojik Verimi Üzerine Etkileri

Geriye gidecek olursak Çinlilerin milattan önce (MÖ) 3000 yıllarında münavebe sistemini uyguladıkları ve bunu yıllar yılı sürdürerek toprak verimliliği sağladıkları belirlenmiştir. Günümüzde artan çevre stresine karşı toprak verimliliğinin devam ettirilmesinde münavebe sisteminin önemi daha da artmaktadır.

Değişik münavebe sistemleri için kurulması planlanan denemede yazlık ve kışlık ekim münavebe sistemi içinde bakla, yonca, pırasa, ıspanak, fiğ, İskender üçgülü, patates, karpuz, mısır ve buğday bitkilerinin ekimi şeklinde olacaktır.

Yapılacak olan uzun vadeli denemede toprağın biyolojik verimliliği araştırılacak ve bu ilişkinin verim artışı üzerine olan etkileri belirlenmeye çalışılacak. Deneme Tarla Bölümü ile iş birliği yapılarak sürdürülmektedir. Ayrıca Bitki Koruma Bölümü de denemede yer almaktadır. Deneme 1997 yılında Tarla Bölümü tarafından kuruldu (İnal ve Sağlamtimur, 2002), ancak iş yükü temini sağlanamaması nedeniyle 3 yıl sonra sürdürülemeden sonlandırıldı.

Yaklaşım IX. Azot Fiksasyonu Yapan Yem ve Kültür Bitkilerinin Toprağın Biyolojik ve Kimyasal Özellikleri Üzerindeki Etkilerinin Araştırılması

Avustralya'da sürekli N fiksasyonu yapan yem bitkilerinin bulunduğu alanlarda toprak pH 'sının 2 birimden daha aşağılara düştüğü belirlenmiştir (Peoples ve Baldock, 2001). Ayrıca azot fiksasyonu sağlayan bitkilerin toprağın mikrobiyal faaliyetleri üzerinde olumlu etkiler sağladığı rapor edilmiştir. Azot fiksasyonu sonucu toprakların mineral azot miktarının artışı ve buna bağlı olarak organik madde miktarının en azından korunduğu yapılan araştırmalarla belirlenmiştir (Ladha ve ark., 2022). Uzun sürede N-fiksasyonu yapan bitkilerin rizosfer topraklarını asitleştirdikleri bilinen bir gerçektir. Özellikle de bölgemiz gibi pH'sı yüksek olan topraklara bu uygulamanın optimum pH oluşumu için önemli bir katkısı olabilir. Bölgemiz koşullarına benzer kireç içeriği yüksek ve pH'ları yüksek olan alanlarda toprak pH'sının kontrol edilmesi toprakta var olan besin elementlerinin alınması yönünden önemli olabilir.

Deneme deseni değişik yem bitkileri parselasyonu şeklinde yapılacaktır.

Deneme henüz kurulmadı,

Yaklaşım X. Anız Yakılması

Bilindiği üzere çiftçilerimiz uzun zamandır herhangi bir bilimsel gerçeğe dayanmadan hasat sonrası anız yakmaktadırlar. Anız yakılması yalnız toprakların organik madde düzeylerinin düşmesine değil aynı zamanda toprakta bulunan yarayışlı mikroorganizmaların da azalmasına neden olmaktadır. Toprak verimliliğinin olmasa olmaz koşulu olan toprak canlıları ve toprak humusunun sürekli bulundurulması için anızın mutlaka toprağı karıştırılması gerekmektedir. Toprak organik maddesinin kaynağı olan bitki kök ve kök üstü organlarının yakılması ile toprak yapısı bozulmakta ve toprak biyolojik, fiziksel ve kimyasal olarak fakirleşmiştir olmaktadır. Toprak kalitesini artıran mikoriza gibi yararlı organizmalar da yok olacağı için topraklar üretkenliğini sağlayamamaktadır (Chifetete ve Dames, 2020).

Çukurova Üniversitesinin Uzun Süreli (Çakılı) Tarla Denemeleri ve Araştırma Çıktıları

Deneme deseni: Deneme sürekli anızı yakılan ve yakılmayan parseller kendi için iyileştirilmiş ve iyileştirilmemiş uygulamalar şeklinde düzenlenmektedir. Parseller 300 m² olacak şekilde geniş tutulacak ve gerekirse alt parseller şeklinde yeniden düzenlemeler yapılabilir. Deneme henüz kurulmadı.

Yaklaşım XI. Pestisit Uygulaması

Bütün dünyada son yarım yüzyılda bitkisel üretimde aşırı gübre uygulamasına paralel olarak aşırı pestisit kullanılmaktadır. Katyon özelliği taşıyan organik ve inorganik bu bileşiklerin bir kısmı kil yüzeylerinde ve organik madde ortamında tutunurken bir kısmı da sulama suları ile taban suyuna karışmaktadır. Toprakta değişik form ve ortamlarda tutulan pestisitlerin ne kadar tutunduğu ve ne oranda bitki meyvelerine geçtiği ise bilinmemektedir. İnsan sağlığı yönünden son derece önemli olan pestisit kullanımı ciddi olarak çevre bilinci kazanmış kişiler tarafından sorgulanmaktadır. Ayrıca günümüzde Avrupa Topluluğu artık bitki ve hayvan dokularında bulunması gerekli pestisit sınırlarını belirleyen standartlar geliştirmiştir. Belirlenmiş standartların üzerindeki ürünler alıcı bulamamaktadır.

Konu hakkında kurulması planlanan deneme deseni: Kontrol ve değişik oranlarda pestisit uygulanmış parseller şeklinde olacaktır. 300 m² büyüklüğündeki parseller kendi içlerinde alt parsellere ayrılabilir. Araştırmada ileriki yıllarda tarım tekniklerinde meydana gelecek olan yeni değişiklikler anında uygulamaya alınarak uzun yıllar oluşturacağı etkileri de araştırılacaktır. Deneme henüz kurulmadı,

Yaklaşım XII. Amonyum, Nitrat ve Üre Azotlu Gübrelerinin Toprak ve Bitki Kalitesi Üzerine Etkileri

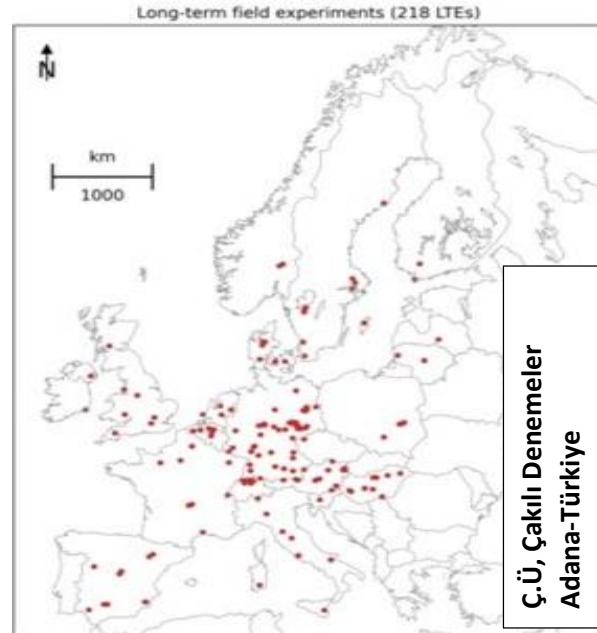
Tarımda en çok kullanılan azotlu gübreler bitki gelişiminin dinamosunu oluşturmaktadırlar (Benincasa ve ark., 2011). Ancak azotlu gübre formlarında anyon ve katyon özellikleri yanında asidik ve alkali karakteristikleri nedeniyle diğer bitki besin elementlerinin alımını etkilemektedirler (Marschner, 2011). Bu bağlamda uzun sürede azot formlarının toprak özellikleri özelde de rizosfer pH'sı ve mikrobiyal aktive yanında bitkinin karbon

potansiyelinin araştırılması bakımından önemli bir projedir. Deneme 1997 yılında kuruldu. Ancak gerekli iş gücü ve kaynak sağlanmadığı için yürütülemedi.

Araştırma Bulguları ve Tartışma

Mevcut deneme alanlarında yürütülen araştırmalardan 20 SCI indeksli yayın yapılmıştır. Ayrıca çok sayıda ulusal ve uluslararası kongre ve çalıştaylarda veriler sunulmuştur. Günümüze kadar 4 TÜBİTAK, 1 TAGEM projesi ve 13 BAP projesi yapılmış ve 5 Lisansüstü öğrencinin tez çalışmaları çakılı deneme alanlarında yürütülmüştür.

Yürütülen değişik toprak-bitki yönetimine dayalı 11 deneme sonuçlarına göre kullanılan organik gübreler inorganik gübrelere göre toprağın biyolojik yaşamını iyileştirdiği için toprak yapısı/strüktüründe iyileşme görülmüştür (Celik ve ark., 2004; Ortas ve ark., 2013; Ortas ve ark., 2019; Turgay ve ark., 2015). Toprak fiziksel verimliliği arttığı için bitki gelişimi daha iyi olmuş ve buna bağlı olarak daha çok atmosferik CO₂ tutulumu sağlanmıştır. Böylece toprakta daha fazla karbon ve azot tutulması sağlandığı belirlenmiştir (Ortas ve Sarıyev, 2019). Toprak-bitki yönetimine bağlı atmosfere salınan karbondioksit miktarının azaldığı belirlenmiştir. Araştırma verilerine göre 20 yıllık denemeler



sonucunda uygun fosfor doz oranı, kompost ve mikoriza uygulamasının ekolojik tarıma uygun kaynaklar olduğu belirlenmiştir. Uzun süreli yüksek fosfor gübre dozu doğal mikoriza mantarlarını olumsuz yönde etkilemiştir. En uygun P dozunun 5-10 kg dekara P₂O₅aralığında olduğu belirlenmiştir (Ortas ve Bykova, 2020).

Toprak işlemenin azalması ile toprakta organik karbon tutulmasının ve biyolojik aktivitenin arttığı da belirlenmiştir (Ortas ve ark., 2013). Mikoriza aşılama mandarin ve limon ağaçlarında mikoriza aşılama bitki verimini artırdığı da belirlenmiştir (Ortaş, 2018). Doğal hayata bırakılan alanda bitki çeşitliliğinin (Celik ve ark., 2011) ve toprak organik karbonunun arttığı belirlenmiştir (Ryan ve ark., 2011).

Araştırma alanındaki konulara uluslararası alanda Japon, Alman, Belçika, ABD ve Portekizli bilim insanları ilgi göstermiş ve ziyaretler gerçekleşmiştir. Mevut durumda Çukurova Üniversitesi çakılı araştırma denemeleri Avrupa Birliği toprak gurubu tarafından kabul edilen uzun süreli denemelerdir (Şekil 4) (Donmez ve ark., 2022)

Uzun süreli denemelerden üretilen SCI kapsamındaki dergilerde yayınlanan makaleler.

- 1-Buto, T., Suzuki, K., Kaidzu, T., Narisawa, T., Turgay, O.C., Ortas, I., Harada, N., Nonaka, M., 2016. Arbuscular mycorrhizal fungal community of wheat under long-term mineral and organic amendments in semi-arid Mediterranean Turkey. *Arid Land Research and Management* 30: 479-489.
- 2-Celik, I., 2009. Effects of long-term organic amendments and mycorrhiza application on saturated hydraulic conductivity and nitrate leaching in a typic xerofluent soil. *Fresenius Environmental Bulletin* 18: 2312-2322.
- 3-Celik, I., Barut, Z.B., Ortas, I., Gok, M., Demirbas, A., Tulun, Y., Akpınar, C., 2011a. Impacts of different tillage practices on some soil microbiological properties and crop yield under semi-arid Mediterranean conditions. *International Journal of Plant Production* 5: 237-254.
- 4-Celik, I., Gunal, H., Budak, M., Akpınar, C., 2010. Effects of long-term organic and mineral fertilizers on bulk density and penetration resistance in semi-

arid Mediterranean soil conditions. *Geoderma* 160: 236-243.

5-Celik, I., Ortas, I., Kilic, S., 2004. Effects of compost, mycorrhiza, manure and fertilizer on some physical properties of a Chromoxerert soil. *Soil & Tillage Research* 78: 59-67.

6-Celik, I., Yilmaz, K.T., Eswaran, H., Mermut, A., Dingil, M., Kaya, Z., Demirbas, A., Aksit, I., Ortas, I., Gok, M., Akpınar, C., Nagano, T., Ae, N., Koca, Y.K., Kapur, S., 2011b. Reconstructing the Past by Regenerating Biodiversity: A Treatise on Weed Contribution to Soil Quality at a Post-cultivation Succession.

7-Farhan, M.J., Khairo, A.M., Islam, K.R., Ortas, I., 2021. Impact of Several Levels of Calcium Phosphate Fertilization on Distribution, Partitioning, and Lability of Soil Phosphorus under Corn-Wheat System. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 52: 712-723.

8-Ortas, I., 2017. Mycorrhizal species significantly increase citrus yield and nutrient concentration under field conditions. 8th International Symposium on Mineral Nutrition of Fruit Crops. *Int Soc Horticultural Science, Bolzano, ITALY*, pp. 171-178.

9-Ortaş, I., 2018. Effect of mycorrhizal inoculation on citrus seedling growth and nutrient uptake. XXX International Horticultural Congress IHC2018: International Symposium on Water and Nutrient Relations and Management of 1253, pp. 77-84

10-Ortas, I., Kaya, Z., Ercan, S., 2014. Effect of Pyrite Application on Wheat-Maize Growth and Nutrient Uptake Under Diverse Soil Conditions. *Journal of Plant Nutrition* 38: 295-309.

11-Akpınar, C., Lal, R., 2013. Long-term impacts of organic and inorganic fertilizers on carbon sequestration in aggregates of an Entisol in Mediterranean Turkey. *Soil Science* 178: 12-23.

12-Ortas, I., Bykova, A., 2020. Effects of long-term phosphorus fertilizer applications on soil carbon and CO₂ flux. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 51: 2270-2279.

13-Ortas, I., Islam, K.R., 2018. Phosphorus Fertilization Impacts on Corn Yield and Soil

Fertility. Communications in Soil Science and Plant Analysis 49: 1684-1694.

14-Ortas, I., Lal, R., 2012. Long-Term Phosphorus Application Impacts on Aggregate-Associated Carbon and Nitrogen Sequestration in a Vertisol in the Mediterranean Turkey. Soil Science 177: 241-250.

15-Ortas, I., Lal, R., 2014. Long-Term Fertilization Effect on Agronomic Yield and Soil Organic Carbon under Semi-Arid Mediterranean Region. American Journal of Experimental Agriculture 4: 1086-1102.

16-Ortaş, I., Lal, R., Kapur, S., 2017. Carbon Sequestration and Mycorrhizae in Turkish Soils. Carbon Management, Technologies, and Trends in Mediterranean Ecosystems. Springer, pp. 139-149.

17-Rafique, M., Ortas, I., 2018. Nutrient uptake-modification of different plant species in Mediterranean climate by arbuscular mycorrhizal fungi. European Journal of Horticultural Science 83: 65-71.

18-Ryan, J., Kapur, S., Ibrikci, H., Singh, M., 2011. Cultivation Intensity in Relation to Organic Matter and Related Properties in a Vertisol in Southern Turkey. Journal of Sustainable Agriculture 35: 613-623.

19-Turgay, O.C., Buchan, D., Moeskops, B., De Gusseme, B., Ortas, I., De Neve, S., 2015. Changes in Soil Ergosterol Content, Glomalin-Related Soil Protein, and Phospholipid Fatty Acid Profile as Affected by Long-Term Organic and Chemical Fertilization Practices in Mediterranean Turkey. Arid Land Research and Management 29: 180-198.

20-Yucel, D., Yucel, C., Ortas, I., 2020. Chemical fertilization and organic amendments impact on soil biological, chemical properties and carbon, nitrogen lability. Fresenius Environmental Bulletin 29: 7488-7501.

Yürülen araştırmalarda elde edilen bilgiler;

Organik gübre uygulaması altında toprakta organik madde tutlması artı. Mikoriza spor sayılarında önemli iyileşme sağlanmıştır. Yüksek miktarda fosfor uygulaması altında mikorizal enfeksiyon oranı düşmekte, mikorizal spor sayıları da azalma eğilimde olduğu yönünde. Mikoriza ile aşılansız turunçillerin verim ve kalitesinin mikorizasız

kontrol bitkilerine göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Ortas, 2018).

Beklenen Yararlar ve Sonuçların Uygulamaya Aktarımı

Uzun yıllar devam eden/edecek uzun erimli çakılı denemeler ile bölgemizde ve diğer bölgelerin yaygın topraklarının besin elementlerinin statüleri yanında zamana bağlı olarak toprak ve bitki yönetiminin toprak ve bitki gelişimi üzerine olan etkileri yanında iklim değişimleri ile mücadelede toprak ve bitkide karbon-azot verileri de belirlenmiş olacaktır. Bu denemeler sayesinde hangi toprağın daha üretken olduğu, hangi tarım tekniğinin toprak verimliliğini uzun sürelerde koruduğu ve sürdürdüğü verilerle belirlenmiş olacaktır. Aynı zamanda hangi tarımsal yönetim modellerinin iklim değişimleri ile mücadelede daha az karbon ayak izine sahip olduğu da belirlenecektir. Bu veriler ülkemizdeki toprak biliminin gelişmesini, uzun sürelerde bilimsel yayın sayısının artmasını ve en önemlisi de öğrenciler için uzun sürede canlı bir eğitim materyalini oluşturacaktır.

Değişik toprak ve bitki yönetimleri ve toprakta doğal gübre olarak adlandırılan mikro organizma faaliyetleri daha iyi izlenerek literatürde eksikliği görülen konulara açıklık kazandırılmış olacaktır. Ayrıca toprağa uygulanan fosfor gibi kullanımı pahalı ve kaynakları sınırlı bir girdinin topraktaki davranışları ile organik gübreler, mikrobiyal ve organo-mineral uygulamasına olan etkileri ve bitkilerce alınabilirliği araştırılmış olacaktır. Bu durum hem uygun pirit düzeyi hem de aşırı gübre kullanımını kontrol etmek suretiyle çevre kirliliğine neden olan aşırı gübre kullanımından tasarruf sağlamış olacaktır (Ortas ve ark., 2014). En önemlisi, bu araştırma bulguları ile uzun süreli olarak mineral gübre kullanımının minimum düzeye indirilmesi konusunda veri ve bilgi edinmesini sağlayacaktır.

Araştırma verilerinin uzun sürede, araştırmacılara yorum yapma olanağı kazandırması için verilerin bilgisayar ortamında tutulması, depolanması ve kullanıcılara belirli bir formatta açılması ile ulusal ve uluslararası düzeydeki araştırma kurum ve kişilere veri de sağlanacaktır.

Çukurova Üniversitesinin Uzun Süreli (Çakılı) Tarla Denemeleri ve Araştırma Çıktıları

Kaynaklar

- Benincasa, P., Guiducci, M., ve Tei, F. 2011. The Nitrogen Use Efficiency: Meaning and Sources of Variation-Case Studies on Three Vegetable Crops in Central Italy. *Horttechnology* 21 (3): 266-273
- Celik, I., Ortas, I., ve Kilic, S. 2004. Effects of compost, mycorrhiza, manure and fertilizer on some physical properties of a Chromoxerert soil. *Soil & Tillage Research* 78 (1): 59-67.10.1016/j.still.2004.02.012
- Celik, I., Yilmaz, K. T., Eswaran, H., Mermut, A., Dingil, M., Kaya, Z., Demirbas, A., Aksit, I., Ortas, I., Gok, M., Akpınar, C., Nagano, T., Ae, N., Koca, Y. K., ve Kapur, S. 2011. "Reconstructing the Past by Regenerating Biodiversity: A Treatise on Weed Contribution to Soil Quality at a Post-cultivation Succession."978-3-642-14781-4
- Chifetete, V. W., ve Dames, J. F. 2020. Mycorrhizal Interventions for Sustainable Potato Production in Africa. *Frontiers in Sustainable Food Systems* 4 17.10.3389/fsufs.2020.593053
- Donmez, C., Blanchy, G., Svoboda, N., D'Hose, T., Hoffmann, C., Hierold, W., ve Klumpp, K. 2022. Provision of metadata of European agricultural long-term experiments through BonaRes and EJP SOIL collaboration. *Data in Brief* 42 9.10.1016/j.dib.2022.108226
- FAOSTAT 2021. FAOSTAT Data
- Grosse, M., Hierold, W., Ahlborn, M. C., Piepho, H. P., ve Helming, K. 2020. Long-term field experiments in Germany: classification and spatial representation. *Soil* 6 (2): 579-596.10.5194/soil-6-579-2020
- İnal, İ., ve Sağlamtimur, T. 2002. Çukurova bölgesinde sulanan koşullarda uygulanabilecek ekim nöbeti sistemlerinde farklı kışlık ara ürünlerin mısırın (*Zea mays* L.) bazı tarımsal karakterleri ve tane verimine etkileri üzerinde araştırmalar. *Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Adana*, 97s
- Johnston, A. E., ve Poulton, P. R. 2018. The importance of long-term experiments in agriculture: their management to ensure continued crop production and soil fertility; the Rothamsted experience. *European Journal of Soil Science* 69 (1): 113-125.10.1111/ejss.12521
- Johnston, A. E., Poulton, P. R., ve Coleman, K. 2009. Soil organic matter: its importance in sustainable agriculture and carbon dioxide fluxes. *Advances in agronomy* 101 1-57
- Kaya, Z., Ortaş, İ., Demirtaş, A., ve AKPINAR, Ç. 2005. Tarla koşullarında pirit uygulamasının mısır bitkisinin verimi ile Zn ve P alımına etkisi. *Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 20 (3): 17-22
- Ladha, J. K., Peoples, M. B., Reddy, P. M., Biswas, J. C., Bennett, A., Jat, M. L., ve Krupnik, T. J. 2022. Biological nitrogen fixation and prospects for ecological intensification in cereal-based cropping systems. *Field Crops Research* 283 34.10.1016/j.fcr.2022.108541
- Lal, R. 2019. Carbon Cycling in Global Drylands. *Current Climate Change Reports* 5 (3): 221-232.10.1007/s40641-019-00132-z
- Marschner, H. 2011. "Marschner's mineral nutrition of higher plants," Academic press.0123849063
- Miller, R. M., Jastrow, J. D., ve Allen, M. F. 1992. The application of VA mycorrhizae to ecosystem restoration and reclamation. *En: Mycorrhizal Functioning an Integrative Plant-Fungal Process* 488-517
- NOAA. 2015. Global Climate Report - Annual 2015. Retrieved from https://www.ncdc.noaa.gov/sotc/global/2_01513
- Ortas, I. 2003. Effect of selected mycorrhizal inoculation on phosphorus sustainability in sterile and non-sterile soils in the

Çukurova Üniversitesinin Uzun Süreli (Çakılı) Tarla Denemeleri ve Araştırma Çıktıları

- Harran Plain in South Anatolia. *Journal of Plant Nutrition* 26 (1): 1-17.10.1081/pln-120016494
- Ortas, I. 2017. Mycorrhizal species significantly increase citrus yield and nutrient concentration under field conditions. In "8th International Symposium on Mineral Nutrition of Fruit Crops", Vol. 1217, pp. 171-178. *Int Soc Horticultural Science*, Bolzano, ITALY.
- Ortas, I. 2018. Mycorrhizal species significantly increase citrus yield and nutrient concentration under field conditions. In "VIII International Symposium on Mineral Nutrition of Fruit Crops" (T. Mimmo, Y. Pii ve F. Scandellari, eds.), Vol. 1217, pp. 171-178.978-94-62612-14-3
- Ortas, I. 2022. Impact of Climate Change on Turkey and West Asia's Food and Water Security. In "Proceedings of International Congress and Workshop on Agricultural Structures and Irrigation" (Ö. Çetin, ed.), Vol. 1, pp. 201-213, Diyarbakır-Turkey.
- Ortas, I., Akpınar, C., ve Lal, R. 2013. Long-term impacts of organic and inorganic fertilizers on carbon sequestration in aggregates of an Entisol in Mediterranean Turkey. *Soil Science* 178 (1): 12-23
- Ortas, I., Bulutekin, B., ve Öztürk, F. 2019. Rhizosphere and Non-Rhizosphere Soil Structure Development Under Phosphorus Fertilization Application. In "Key Concepts of Soil Physics: Development, Current Applications and Future Prospects", pp. 369-379, Lomonosov Moscow State University. Moscow-Rusya.
- Ortas, I., ve Bykova, A. 2020. Effects of long-term phosphorus fertilizer applications on soil carbon and CO₂ flux. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 51 (17): 2270-2279.10.1080/00103624.2020.1822381
- Ortas, I., Kaya, Z., ve Ercan, S. 2014. Effect of Pyrite Application on Wheat-Maize Growth and Nutrient Uptake Under Diverse Soil Conditions. *Journal of Plant Nutrition* 38 (2): 295-309.10.1080/01904167.2014.957392
- Ortas, I., ve Lal, R. 2011. Climate Change and Food Security in West Asia. In "International Conference on Adaptation to Climate Change and Food Security in West Asia and North Africa", Kuwait City, Kuwait.
- Ortas, İ., ve Sarıyev, A. L. 2019. "Tarla Koşullarında Uzun Süreli Değişik Toprak Ve Bitki Yönetimi Koşulları (Organik Ve Mineral Gübre Uygulamaları) Altında, Toprak-Bitki -Atmosfer Ekosisteminde Karbon Bütçesinin Hesaplanması Üzerine Model Çalışması."
- Ortaş, I. 2018. Effect of mycorrhizal inoculation on citrus seedling growth and nutrient uptake. In "XXX International Horticultural Congress IHC2018: International Symposium on Water and Nutrient Relations and Management of 1253", pp. 77-84.
- Ortaş, İ., ve Güzel, N. 1989. Harran Ovasının Kimi Toprak Serilerinde Depo (rezerv) Potasyumun Ekstraksiyon Yöntemleri. In "Toprak İlimi Derneği 11. Bilimsel Toplantı Bildirileri", Vol. 1. Toprak İlimi Derneği, Antalya.
- Peoples, M. B., ve Baldock, J. A. 2001. Nitrogen dynamics of pastures: nitrogen fixation inputs, the impact of legumes on soil nitrogen fertility, and the contributions of fixed nitrogen to Australian farming systems. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 41 (3): 327-346.
- Ramankutty, N., Mehrabi, Z., Waha, K., Jarvis, L., Kremen, C., Herrero, M., ve Rieseberg, L. H. 2018. Trends in global agricultural land use: implications for environmental health and food security. *Annual review of plant biology* 69 789-815
- Ryan, J., Kapur, S., İbrikci, H., ve Singh, M. 2011. Cultivation Intensity in Relation to Organic Matter and Related Properties in

- a Vertisol in Southern Turkey. *Journal of Sustainable Agriculture* 35 (6): 613-623.10.1080/10440046.2011.586577
- Turgay, O. C., Buchan, D., Moeskops, B., De Gusseme, B., Ortas, I., ve De Neve, S. 2015. Changes in Soil Ergosterol Content, Glomalin-Related Soil Protein, and Phospholipid Fatty Acid Profile as Affected by Long-Term Organic and Chemical Fertilization Practices in Mediterranean Turkey. *Arid Land Research and Management* 29 (2): 180-198.10.1080/15324982.2014.944246
- Zanin, G., Gobbi, V., Coletto, L., Passoni, M., Nicoletto, C., Ponchia, G., ve Sambo, P. 2014. Use of organic fertilizers in nursery production of ornamental woody species. In "29th International Horticultural Congress on Horticulture - Sustaining Lives, Livelihoods and Landscapes (IHC) / International Symposia on Water, Eco-Efficiency and Transformation of Organic Waste in Horticultural Production", Vol. 1112, pp. 379-385. Int Soc Horticultural Science, Brisbane, AUSTRALIA.