

Farklı Toprak İşleme Sistemlerinin Sürdürülebilir Organik Madde Yönetimine Etkileri

Effects of Different Tillage Systems on Sustainable Organic Matter Management

Haydar Polat^{1*} 

¹ Toprak Gübre ve Su Kaynakları Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Ankara, Türkiye

* Corresponding author (Sorumlu Yazar): H. Polat, e-mail (e-posta): haydar.polat@tarim.gov.tr

Makale Bilgisi

Alınış tarihi : 12 Eylül 2018
Düzeltilme tarihi : 29 Mart 2020
Kabul tarihi : 29 Mart 2020

Anahtar Kelimeler:

Toprak Organik Maddesi
Geleneksel Toprak İşleme
Koruyucu Toprak İşleme

ÖZET

Bitkilerin en fazla ihtiyaç duyduğu ancak toprakların mineral kısmında yok denecek kadar az bulunan azotun kaynağı olmasının yanı sıra, toprağın birçok fiziksel, kimyasal ve biyolojik karakteristiklerinin oluşmasında önemli rol oynayan organik madde, toprak kalitesinin ve tarımsal sürdürülebilirliğin en önemli göstergesi olarak kabul edilmektedir. Toprakların organik madde miktarını; uygulanan münavebe sistemi, toprağın işlenme süresi, toprak işleme teknikleri, toprak üstü bitki örtüsünün durumu veya tahrip derecesi, bitki atıklarının yakılması veya gömülmesi, kullanılan tarım tekniği, gübreleme şekli gibi kontrol edilebilir faktörler yanında, sıcaklık ve yağış rejimi gibi iklim faktörleri de etkilemektedir. Bu çalışmada, toprak işleme yönetiminin toprak organik maddesini nasıl etkilediği özetlenmeye çalışılmıştır. Toprak işleme uygulamaları, organik maddenin ayrışması, karbon ve azotun dağılımı ile N mineralizasyonu üzerinde büyük bir etkiye sahiptir. Dolayısıyla toprak işleme genel olarak toprakların organik madde içeriğinin azalması ve toprakların bozulmasına neden olabilmektedir. Koruyucu toprak işleme sistemlerinin benimsenmesi, amacına uygun bir şekilde uygulanması ile toprak organik maddesi miktarı ve kalitesi artırılabilir böylece toprağın kimyasal ve fiziksel özellikleri geliştirilerek muhafaza edilebilir. Azaltılmış toprak işleme yönetimiyle birlikte uygun kimyasal ve organik gübre ilaveleri ile toprak organik maddesi sürdürülebilir şekilde korunabilir.

Article Info

Received date : 12 September 2018
Revised date : 29 March 2020
Accepted date : 29 March 2020

Keywords:

Soil Organic Matter
Conventional Tillage
Conservation Tillage

ABSTRACT

The organic matter, which plays an important role in the formation of many physical, chemical and biological characteristics of the soil as well as being a source of nitrogen which is most needed by the plants but which is not found in the mineral part of the soil, is accepted as the most important indicator of soil quality and agricultural sustainability. The amount of organic matter in soils is affected the applied rotation system climate factors such as temperature and precipitation regime as well as controllable factors such as the duration of soil treatment, soil treatment techniques, the status or destruction level of vegetation, the burning or burial of plant wastes. In this study, it was explained to summarize how soil management affected soil organic matter. Soil treatments have a great influence on the N mineralization with decomposition of organic matter, carbon and nitrogen distribution. Therefore, soil treatment in general can reduce the content of organic matter in the soil and cause soil degradation. Adoption of protective soil tillage systems and their application for the purpose can increase the quantity and quality of soil organic matter so that the chemical and physical properties of the soil can be improved and preserved. Along with reduced tillage management, suitable chemical and organic fertilizer additives can be maintained in a sustainable manner of soil organic matter.

1. GİRİŞ

Çok genel anlamda toprak, üzerinde bitki yetişen ve herkese, her şeye zemin oluşturan doğal bir madde olarak görülmektedir. Toprağın bu şekilde algılanması, bir materyal olarak, onun uzun süre önemsenmemesine, ona sıradan davranılmasına ve pek fazla özen gösterilmemesine yol açmıştır. Ancak toprağa meydana getirdiği bir arazi varlığı olarak bakıldığında, durum tamamen değişmiş, tarih boyunca bütün uluslar onun uğruna kan dökmüşler, can vermişlerdir (Bahtiyar, 2018). Zaman ölçeğinde yenilenemeyen, karasal ekosistemlerde birçok kilit rol oynayan doğal, canlı, dinamik bir yapı özelliği gösteren (Jenny, 1980) ve tüm canlıların yaşamı için gerekli olan besin zincirinin ana kaynağı olan toprak; kayaların ve organik maddelerin, çeşitli faktörlerin çok uzun süreli etkisi altında fiziksel, kimyasal ve biyolojik ayrışma ürünlerinden meydana gelen, içinde çok çeşitli canlı barındıran, bitkilere durak yeri ve besin kaynağı görevi yapan, su ve hava içeren bir maddedir.

Toprağın sadece sınırlı bir alanı, bitkileri yetiştirmek için kullanılabilir ve uygunsuz bir şekilde yönetildiğinde, aşınabilir, kirlenebilir ve hatta yok edilebilir (Brady ve Weil, 2000). Liu ve arkadaşları (2006) tarafından, Hammond, 1992; Gardiner ve Miller, 2004 ve Bakker, 1990'na atfen tahmini olarak 1945'ten beri Çin ve Hindistan'ın büyüklüğünde bir alana denk gelecek şekilde, vejetasyon alanının %11'inin ve dünyadaki ekili alanların %38'inin bozulduğu, her yıl yaklaşık 24 milyar ton toprağın kaybedildiği, bunun da yaklaşık 9.6 milyon hektarlık bir alana denk geldiği bildirilmektedir. Toprağın doğal haliyle sürdürülebilir bir şekilde korunması esastır. Bu nedenle, dünyadaki her tarım bölgesinde rüzgar ve su erozyonu, tuzlanma, organik madde ve besin kayıpları veya toprak sıkışmasından kaynaklanan toprak bozulumu veya toprak kalitesindeki değişiklikler büyük önem taşımaktadır.

Son yıllarda, artan çevre bilinci ve doğal beslenmeye olan ilgi nedeniyle, toprak kayıpları, toprak bozulumu, toprak kalitesi ve toprakların sürdürülebilir kullanımına yönelik duyarlılık dünya genelinde artmaktadır. Toprak kalitesi kavramı ilk kez 1977 yılında yoğun tarımla ilişkili risk ve faydalara odaklanan bir konferansta önerilmiştir (Doran ve Parkin, 1994). Toprak kalitesi birçok farklı şekilde tanımlanmıştır. Power ve Meyers (1989), toprak kalitesini, bitkinin büyüme ve gelişmesini desteklemek için gerekli toprak işleme, agregasyon, organik madde içeriği, toprak derinliği, su tutma kapasitesi, infiltrasyon oranı, pH değişiklikleri ve besin kapasitesi gibi faktörleri içeren toprağın elverişliliği olarak tanımlarken, Larson ve Pierce (1991), toprak kalitesini, toprağın ekosistem sınırları içinde faaliyet gösterme kapasitesi ve bu ekosistemin dışındaki çevre ile olumlu bir şekilde etkileşime girme kapasitesi olarak tanımlamıştır. ABD Ulusal Bilimler Akademisi'nin 1993 yılında "Toprak ve Su Kalitesi: Tarım için Gündem" isimli bildiriye yayınlamasından sonra kavram, toprak kalitesinin korunması ve sürdürülebilir toprak yönetiminin toprak erozyonu kontrolünden daha fazlasına ihtiyaç duyduğunu vurgulayan bütünsel bir yaklaşımla gelişmiştir (X. Liu ve ark., 2006).

Sojka ve Upchurch (1999), toprak kalitesinin, belirli bir kullanım için açık koşullar altında, bir toprağa özgü sosyal, ekonomik, biyolojik ve diğer değer yargılarını içeren farklı yönetim biçimlerini ve çevresel hususları dikkate alacak şekilde tanımlanması gerektiğini ileri sürmüşlerdir. Hava ve suya çok benzer bir şekilde, toprağın kalitesi, belirli bir ekosistemin ve onunla ilgili ortamların sağlığı ve üretkenliği üzerinde büyük bir etkiye sahiptir. Bununla birlikte, kalite standartlarına sahip olduğumuz hava ve sudan farklı olarak toprak, insanlar ve hayvanlar tarafından doğrudan tüketilmediği için kalitesinin tanımı ve ölçülebilmesi karmaşıktır (Doran ve Parkin, 1994; Liu ve Herbert, 2002). Toprak kalitesi doğrudan ölçülemez, bu nedenle göstergeleri değerlendirmeye ihtiyaç vardır. Toprak göstergeleri, toprağın ne kadar iyi işlediğine dair ipuçları veren toprak veya bitkilerin ölçülebilir özellikleridir. Göstergeler olarak çeşitli fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikler kullanılabilir. Ancak, toprak kalitesini izlemek için kullanılan tanımlayıcı göstergeler ve kantitatif araçların tanımlanması çok zordur (X. Liu ve ark., 2006). Arshad ve Coen (1992), toprak kalitesini karakterize etmek için erozyon durumu, toprak strüktürü, ufalanabilirlik, kaymak bağlama durumu ve su tutma kapasitesi gibi özelliklerin yer aldığı olası tanımlayıcı göstergeler vermişlerdir. Toprak kalitesi göstergeleri birbiriyle etkileşir ve dolayısıyla birinin değeri diğer seçilmiş parametrelerin bir veya daha fazlasından etkilenir. Toprak kalitesi aynı zamanda arazi kullanımı, toprak ve ürün yönetimi, çevresel etkileşimler, toplumsal hedefler ve doğal koşullardaki değişiklikler gibi birçok dış etkene bağlı olarak değişmektedir (Campbell ve ark., 2001; Follett, 2001; Arshad ve Martin, 2002; Dao ve ark., 2002; Liu ve ark., 2003; Liebig ve ark., 2004).

Toprak organik maddesi, toprak yönetiminin güçlü bir şekilde etkilediği toprak kalitesinin ve sağlığının temel bir göstergesi (Lal ve ark., 1995; Farquharson ve ark., 2003) olup, toprak verimliliğine, toprak derecesine, ürün verimine ve genel toprak sürdürülebilirliğine olumlu katkıda bulunan karmaşık bir yapıdır. Negatif çevresel etkileri en aza indirir ve böylece toprak kalitesini artırır (Lal ve ark., 1997; Reeves 1997; Freixo ve ark., 2002; Farquharson ve ark., 2003).

2. ORGANİK MADDE YÖNETİMİ

Toprak organik maddesi bitkisel ve hayvansal doku artıklarının toprağa düşüp ayrışmaya başlamasından mineralize oluncaya kadar, ayrışmanın değişik aşamalarındaki çeşitli organik bileşikleri ifade eder (Oruç ve Sağlam, 1972). Toprağa katılan organik maddeler iki farklı değişime uğrar. Bu maddeler ya parçalanarak ayrışır ya da dayanıklı ve uzun sürede ayrışabilen ürünlere dönüşürler. Bu olaylar; ayrışma ve humuslaşma olarak tanımlanmakta olup, her iki olayda da pek çok ara ürünler oluşmaktadır. Organik maddenin ayrışması üç aşamadan oluşmaktadır. Bunlardan birincisi basit renk değişimleri gibi biyokimyasal bazı hidroliz ve oksidasyon olaylarının cereyan ettiği başlangıç aşaması olup, bu aşamada hücre ve doku yapısında görünürde bir değişim olmamaktadır. İkinci aşama mekanik parçalanma, üçüncü aşama ise mikrobiyal parçalama aşamasıdır. Bu aşamaların sonucunda organik maddelerde tutulan enerjinin serbest bırakılması ile

organik bileşiklerin bir kısmı CO₂ ve H₂O'ya kadar parçalanır. Bu esnada organik bileşikler inorganik bileşiklere dönüşürler. Mikroorganizmalar ayrıştırdıkları maddelerin bir kısmını yapı metabolizmasında kullanır, bu arada enerji kazanılır, bir kısım mineral maddeleri de dışarı bırakarak bitkilerin ve diğer canlıların hizmetine sunarlar (Çolak, 1994). Organik maddenin ayrışmasında ilk iki aşama fiziksel ve mekanik olayları kapsamaktadır. Ancak parçalanma ayrışmanın üçüncü aşaması olan mineralizasyon sonucunda tamamlanmış olmaktadır. Bitkisel ve hayvansal dokular, toprağa karışır karışmaz toprak canlılarının hücumuna uğrayarak parçalanıp ayrılmaya başlar ve mineralizasyona uğrarlar. Yani kompleks organik maddeler basit inorganik bileşiklere ayrılır veya dönüşürler. Böylece organik maddeler içinde bitkilerin besin olarak kullanmadığı bileşikler bitkilerin yararlanabileceği formlara dönüşmüş olur (Ergene, 1982).

Havali (aerob) koşullarda nişastalar, şekerler, lignin, selüloz, organik asitler, yağlar daha basit organik ara ürünlere ve en sonunda da su ve karbondioksite dönüşürler. Yeterli oksijenin bulunmadığı havasız koşullarda ayrışma hızı düşük olup, mikroorganizmalar tarafından organik maddeler üzerinde yapılan kimyasal değişiklikler tam değildir. Ayrışma sırasında bir miktar CO₂, NH₃ ve H₂O açığa çıksa da organik madde içerisindeki N, C, H ve O'nin çoğu daha basit yapılı organik ara ürünlere dönüşür (Ergene, 1982). Toprakların azot kaynağı olmasının yanı sıra, toprağın havalanmasında, ısınmasında, agregasyonunda, su tutma kapasitesinde, infiltrasyon kapasitesinde ve toprağın diğer birçok fiziksel, kimyasal ve biyolojik karakteristiklerinin oluşmasında önemli rol oynayan organik madde, toprak verimliliği ile çok yakından ilgilidir. Toprağın organik madde döngüsü, mikrobiyal kütle aktivitesi ve büyüklüğü ile kontrol edilir. Bundan dolayı, toprağın biyolojik ve biyokimyasal parametreleri toprağın ekolojik olarak biçimlenmesinde önemli bir role sahiptir (Rolda'n ve ark., 2003). Lal ve ark., 1998, toprakta organik madde içeriğinin artmasının, toprağın su tutma kapasitesi ve nitrojen döngüsü yönünden çok önemli olduğunu belirtmişlerdir. Organik maddede azalma, katyon değişim kapasitesi (Malavolta, 1999), agregat stabilitesi (Castro Filho ve ark., 1998), ürün verimi (Burle ve ark., 1997) ve dolayısıyla toprak kalitesinde (Gregorich ve ark., 1994) azalmaya neden olmaktadır.

Toprakların en önemli bileşenlerinden birisi olan ve varlığı ile toprağın yapısını, stabilitesini, tamponlama kapasitesini, su tutma kapasitesini, biyolojik aktivitesini, besin maddesi dengesini ve erozyon riskini etkileyen (Evans, 1996) topraktaki organik madde miktarını; uygulanan münavebe sistemi, toprağın işlenme süresi, toprak işleme teknikleri, toprak üstü bitki örtüsünün durumu veya tahrip derecesi, bitki atıklarının yakılması veya gömülmesi, kullanılan tarım tekniği, gübreleme şekli gibi kontrol edilebilir faktörler yanında, sıcaklık ve yağış rejimi gibi iklim faktörleri de etkilemektedir. Toprak organik maddesinin sürdürülebilir olarak uygun bir şekilde yönetilmesi, toprak verimliliği bakımından son derece önemli olduğundan, organik maddenin toprakta yeterli oranda tutmanın önemi açıktır. Organik maddenin toprakta korunması, aynı zamanda toprağın verimlilik özelliklerinin korunması anlamına gelmektedir. Bu sebeple, topraklarda organik madde miktarının azalmasına izin verilirse, toprak fiziksel özelliklerinin ve toprak besin döngüsü mekanizmalarının bozulması ile daha sonra tarımsal üretim kapasitesinin tehlikeye gireceğinden endişe edilmektedir (Bauer ve Black 1994; Loveland ve Webb, 2003). Loveland ve Webb (2003), ılıman bölgelerde toprak organik maddesi eşiğinin yaklaşık %3.4 olduğunu, bunun altında toprak kalitesinde potansiyel olarak ciddi düşüşlerin meydana geleceğini öne sürmüşlerdir.

Toprakların organik madde içeriğini arttırmanın iki yolu vardır; bunlardan biri toprağa organik artıklar ilave ederek organik madde miktarını arttırmak, diğeri ise organik madde kayıplarını azaltmaktır (Magdoff ve van Es, 2000). Toprağa kazandırılan organik madde, doğrudan hasat edilmemiş bitki kalıntılarında, çiftlik gübresi ve yeşil gübre uygulamalarından oluşur. Organik madde kayıplarını azaltmak için anız yakılmaması ve benzeri tedbirler alınabileceği gibi en önemlisi uygun toprak işleme sistemlerinin kullanılmasının sağlanmasıdır. Bununla beraber toprak organik maddesi veya toprak organik karbon miktarı yönetim uygulamalarına göre değişmekle birlikte toprak özelliklerinden de etkilenmektedir. Nitekim, Khanna ve arkadaşları (2001), organik karbon miktarının kumlu topraklarda yönetim uygulamalarından, buna karşın killi topraklarda çevre koşulları ile kimyasal ve fiziksel faktörlerden daha fazla etkilendiğini ifade etmişlerdir.

3. TOPRAK İŞLEME

Toprak işleme sistemi, bitki artığı, toprak sıcaklığı, su içeriği, pH, yükseltgenme-indirgenme potansiyeli, mikroorganizma tür ve sayısı ve toprak ekolojisi dahil olmak üzere toprak solunumunu kontrol eden tüm faktörleri etkileyebilir (Robinson ve ark., 1994; Kladvko, 2001) ve toprak kalitesini, toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik kalite göstergelerine etki ederek değiştirebilir (Cannell ve Hawes 1994). Toprakların verimlilik gücünü belirleyen bazı önemli fonksiyonlarını kaybetmesi de esas olarak başta toprak işleme olmak üzere, insan aktiviteleri sonucu toprağın dinamik özelliklerine derinden etki edilmesinden kaynaklanmaktadır (Günel ve ark., 2015). Toprak işleme sistemleri genel anlamda geleneksel ve koruyucu toprak işleme olmak üzere iki kategoriye ayrılabilir. Toprak işlemede ürün artıklarının %85'nin gömüldüğü, toprak yüzeyinde %15'ten daha az ürün artıklarının kaldığı sisteme geleneksel toprak işleme denilmekte olup, bu tip toprak işlemede birinci sınıf toprak işleme aletlerinden kulaklı pullukla toprağın devrilmesi ve yoğun bir toprak işleme söz konusu olduğundan yüzey toprağında biyolojik çeşitliliği önemli ölçüde azaltır (İşler, 2020). Özellikle toprak işleme yoğunluğunun toprak kalitesini bozucu insan kaynaklı en temel faktörlerden biri olduğunu belirten Karlen ve arkadaşları (2013) yaptıkları çalışmada toprak kalitesi indikatörlerine en büyük negatif etkiyi kulaklı pulluğun yaptığını teyit etmişlerdir. Karlen ve arkadaşları (2008), yaptıkları diğer bir çalışmada da toprak işlemeden etkilenen bazı toprak kalitesi indikatörlerine ait elde ettikleri ortalama değerlere göre, uygulamalar içerisinde derin toprak işleminin azaltılmış toprak işleme yöntemlerine göre belirlenen indikatörlerin birçoğunu önemli ölçüde etkilediğini bildirmişlerdir. Koruyucu

toprak işleme sistemi, toprağın işlenmesinden sonra toprak yüzeyinde %30'dan daha fazla bitki artığı (anız) bırakan ve azaltılmış toprak işleme, malçlı toprak işleme, ekim sırasında toprak işleme, şeritvari toprak işleme ve toprak işlenmez veya doğrudan ekim gibi farklı şekillerde uygulanan toprak işleme sistemidir (İşler, 2020). Koruyucu toprak işleme sisteminde pulluk kullanılmaz. Toprak sıkışıklığının sorun olduğu yerlerde toprağı belli bir derinlikte yırtarak işleyen çizel ve benzeri aletler kullanılır (Aykas ve ark., 2005). Toprak organik karbonunu azaltan yoğun toprak işleme sistemlerine alternatif olarak, koruyucu toprak işleme sistemlerine popülarite artmakta olup, yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçlar neticesinde de toprakların asırı işlenmesi yerine sadece toprağı gevseten ve geleneksel toprak işleme yöntemleri yerine koruyucu toprak işleme yöntemlerinin uygulanması, organik maddenin sürdürülebilirliği açısından önerilmektedir (Okur ve ark., 2003).

4. TOPRAK İŞLEMENİN ORGANİK MADDE YÖNETİMİNE ETKİSİ

Toprak işleme uygulamalarının iyi bir tohum yatağı hazırlanması yanında, organik madde ayrışması, azot mineralizasyonu, karbon ve azotun dağılımı ve dolayısıyla doğrudan bunlardan etkilenen toprak özellikleri ve toprak verimliliği üzerinde önemli bir etkisi olduğu açıktır. Toprak işleme yoğunluğu ile toprak organik maddesi arasında genellikle negatif bir ilişki mevcut olup, artan toprak işleme uygulamalarına paralel olarak toprak organik maddesi azalış göstermektedir. Glanz (1995), sürülmüş topraklarda kısa sürede ciddi organik madde kayıpları olabildiğini, tekrarlanan toprak işleme pratiklerinin toprakta organik madde kayıplarını artırdığını, doğrudan ekim yönteminde topraktan kaybolan organik madde miktarı ile sık tekrarlanan toprak işleme pratiklerini içeren yöntemler arasında belirgin olarak fark görüldüğünü, doğrudan ekim ile kaybolan organik madde miktarının 860 kg/ha iken, pulluk + diskli tırmık ile 2 kez tekrarlanan toprak işleme yönteminde organik madde miktarı kaybının yaklaşık 5 kat daha fazla olup, 4300 kg/ha olduğunu belirtmiştir. Toprak işleme ile organik maddede meydana gelen azalma; toprak tipine, iklime ve ürün rotasyonuna bağlı olarak değişmektedir (Lal ve ark., 1998). Toprak işlemenin bir sonucu olarak ayrışmanın büyük bir kısmı toprağın sürülmesinden hemen sonra gerçekleşir ve ayrışmanın derecesi toprak bozunumu ve yüzey pürüzlülüğü ile doğrudan ilişkilidir (Dao ve ark., 2002). Organik maddenin ayrışması ve parçalanması genellikle aerobik koşullarda meydana gelmekte ve bu şartlar sürdüğü müddetçe hızlı bir şekilde cereyan etmektedir. Toprak işleme uygulamaları öncelikle toprağın havalanmasını iyileştirmek suretiyle toprak organik maddesinin daha hızlı ayrışması ve parçalanmasına neden olmaktadır. Bunun nedeni, O₂'nin daha iyi kullanılabilirliği ve daha fazla ayrışma yüzeyinin ortaya çıkması, dolayısıyla artan mikrobiyal aktivitenin uyarılmasıdır (Beare ve ark., 1994; Jastrow ve ark., 1996). Toprağın işlenmesine bağlı olarak organik madde miktarında meydana gelen kayıplar toprağın fiziksel, kimyasal ve besin elementi statüsünü önemli ölçüde etkilemektedir. Nitekim, Zhao ve arkadaşları (2005), Kuzey Çin'de Bashang bölgesinde doğal bir mera alanında toprak işleme uygulamalarının, toprak özellikleri üzerine yapmış olduğu etkileri araştırmışlardır. Mera alanında toprak işleme sonucunda toprak bozulmasının meydana geldiğini, toprağın tekstürel fonksiyonlarının erozyon nedeniyle büyüdüğünü ve organik karbon içeriğinin azaldığını saptamışlardır. Genel olarak koruyucu toprak işleme yöntemlerinde toprakların yüzeyinde organik madde miktarı fazla iken, geleneksel toprak işleme yapılan topraklarda ise toprağın devrilerle derin işlenmesi, organik maddenin pulluk tabanı boyunca dağılmasına yol açtığından, organik madde dağılımı, puluk sürüm derinliğine bağlı olarak toprağın daha derin kısımlarında daha yüksek olmaktadır. Kern ve Johnson (1993), 17 deneyin sonucunda yaptıkları değerlendirmelerde, karbonun en büyük değişiminin, toprağın en üst 8 cm'sinde olduğunu, 8-15 cm derinlikte daha az miktarda ve 15 cm'nin altında daha önemsiz bir miktarda meydana geldiği sonucuna varmışlardır. Ayrıca, toprak organik karbonunun artmış olduğu işlenmiş tarımdan farklı olarak, azaltılmış toprak işleme uygulamasında toprak organik karbonunda önemli bir değişiklik olmadığı bildirmekte olup, bu çalışmalardan, C birikiminin süresini 10 ila 20 yıl arasında olacağını tahmin etmişlerdir. Kulaklı pulluk, en büyük miktarda karbon ve dolayısıyla organik madde kaybına neden olurken, toprağı devirmeyen derin bir toprak işleme aracı, organik maddenin çok az parçalanmasına neden olur. Dolayısıyla toprak işlemenin azaltılması ile toprak karbon kayıplarının da azaltılması beklenebilir. Bu nedenle yüzeyel sürüm, minimum toprak işleme ve toprak işlenmez sistemlerde organik madde bozunmasının diğer bir ifade ile kaybının daha yavaş ve az olduğu (Acquaah, 2002), genellikle organik maddenin toprak üst yüzeyinde birikimine neden olduğu (Campbell ve ark., 1998) söylenebilir. Genellikle tropik ve yarı tropik iklim özelliklerine sahip tarım topraklarında toprağın yoğun işlenmesi toprak organik maddesinde azalmaya neden olmaktadır (Bayer ve ark., 2001). Feng ve arkadaşları (2003), geleneksel toprak işleme ile anıza doğrudan ekim yönteminin toprak organik madde içeriğine olan etkilerini araştırdıkları bir çalışmada; anıza doğrudan ekimin uygulandığı parsellerde toprak yüzeyindeki organik madde birikiminin geleneksel toprak işlemenin uygulandığı parsellere göre %130 oranında daha fazla olduğunu belirtmişlerdir. Çeşitli araştırmalarda azaltılmış toprak işleme uygulamalarının topraktaki organik karbon, N ve P içeriğini artırdığı belirtilmiştir (Campbell ve ark., 1998; Diaz-Zorita ve Grove, 2002; Zibilske ve ark., 2002). Liebig ve arkadaşları (2004), 0-7.5 cm toprak derinliğinde anıza doğrudan ekim yönteminde geleneksel toprak işleme göre organik madde, mineralize N, mikrobiyal kütle, infiltrasyon oranı ve agregat stabilitesini daha yüksek bulmuşlardır. Roldo'n ve arkadaşları (2005), 0-5 cm toprak derinliğindeki organik madde içeriğinin toprak işleme yoğunluğuna bağlı olarak azaldığını ve anıza doğrudan ekim yönteminin uygulandığı parsellerde %33 oranında daha fazla organik madde birikimi olduğunu belirlemişlerdir. ABD, Kanada ve İngiltere yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçlara göre, toprak üst katmanlarındaki organik madde, mikrobiyal biyokütle ve potansiyel mineral azot miktarlarının, doğrudan ekim yapılan sistemde, toprak işlemenin pullukla yapıldığı sisteme göre istatistiksel olarak daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Doran ve Smith, 1987). Yapılan benzer

çalışmalarda da topraklarda organik karbonun depolanmasındaki artışın özellikle toprak işlemez tarım yapılan alanlar başta olmak üzere koruyucu toprak işleme altındaki topraklarda gözlemlendiği rapor edilmektedir (Unger, 1991; Alvarez ve Alvarez, 2000; Kushwaha ve ark., 2001; Zibilske ve ark., 2002; Balota ve ark., 2003). Örneğin, toprak işlemez sistem altındaki topraklarda, geleneksel sistem altındaki topraklara göre toprağın 7.5 cm yüzeyinde, önemli ölçüde daha fazla toprak organik karbonuna (7.28 ton/ha), bitkisel artıklardan kaynaklanan organik karbona (4.98 ton/ha), potansiyel olarak mineralleştirilebilir azota (32.4 kg/ha), mikrobiyal biyokütle karbonuna (586 kg/ha), daha yüksek agregat stabilitesi (%33.4) ve daha hızlı infiltrasyon oranlarına sahip olduğu (55.6 cm/sa) tespit edilmiştir (Liebig ve ark., 2004). Benzer şekilde, Guelph Üniversitesinde yapılan ve mısır üretimi için farklı toprak işleme uygulamalarını karşılaştıran bir deneyde, mısır bitkisi üretimine ayrılan arazilerin 0-15 cm derinlikteki toprağının 18 yıllık araştırmadan sonra işlemez tarım yapılan alanlarda, geleneksel toprak işleme (ilkbaharda kulaklı pulluk + ikincil toprak işleme) yöntemleri kullanılarak mısır yetiştirilen arazilere göre ortalama 19.8 t/ha daha fazla organik madde birikiminin olduğu tespit edilmiştir (Vyn ve Raimbault, 1993). Wander ve arkadaşları (1998), on yıl süreyle yürüttükleri çalışmalarında sıfır toprak işleme sisteminde toprak organik karbon miktarının üst 5 cm toprak derinliğinde normal toprak işlemeye göre %25-%75 arttığını rapor etmişlerdir. Carter ve arkadaşları (1999), tarafından yapılan uzun süreli bir denemede toprak işleme yöntemlerinin 0-30 cm derinlikte toprak organik karbonuna etkilerini siltli tınlı toprakta incelemişlerdir. Sonuçlara göre ilk 5 yıl içerisinde hem doğrudan ekim sisteminde hem geleneksel sistemde organik karbonun azaldığını, ardından ikinci 5 yıllık dönemde her iki toprak işleme sisteminde de organik karbon seviyelerinin değişmediğini fakat organik karbon miktarının toprak işlemez yöntemde normal toprak işlemeye göre daha fazla olduğunu belirtmişlerdir. Lopez-Fanda ve Pardo (2009), İspanya'nın merkezindeki yarı kurak bölge topraklarında sıfır toprak işleme (no-till), çizel ile minimum toprak işleme (MT), pullukla geleneksel toprak işleme (CT) ve dipkazan ile 0-30 cm toprak altı işleme (ZT) yöntemlerinin toprak organik karbonu, azot miktarına ve besin maddesi birikimine etkilerini araştırmışlardır. Beş yıl sonrasında 0-30 cm derinlikte toprak organik karbonu ve toplam azot miktarları no-til ile ZT işleme yöntemlerinde CT ve MT toprak işleme sistemlerine nazaran artış göstermiştir ve sırasıyla bu artış miktarları 7.0 ton/ha ve 6.2 ton/ha olmuştur. Nitekim 0-5 cm derinlikte 0.5 ton/ha organik karbon ve 0.3 ton/ha azot miktarları MT ve CT işleme yöntemlerine göre fazla olduğu belirlenmiştir. Ayrıca 0-5 cm derinlikten 20-30 cm derinliğe inilirken no-till ile ZT toprak işleme sistemleri altında toprak organik karbonu kapsamı ve toplam azot miktarı azalma göstermiştir. 0-20 cm'derinlikte MT ve CT toprak işleme yöntemleri altındaki parsellerde no-til ve ZT işleme sistemlerine nazaran daha yüksek miktarda fosfor ve potasyum tespit edilmiştir. Sonuçta araştırmacılar sıfır toprak işleme (no-till) ve dip kazanla toprak işleme (ZT) rotasyonunu pratik bir toprak işleme yöntemi olarak önermişlerdir. He Jin ve arkadaşları (2011), onbir yıllık bir çalışma periyodunda kuzey Çin'de sıfır toprak işleme ve geleneksel toprak işleme yöntemlerinin toprak fiziksel özellikleri ve ürün verimine etkilerini araştırmışlardır. Bu süreçte her sene kışlık buğday ve mısır ekimi yapmışlardır. Araştırmacılar sıfır toprak işleme yönteminde, toprak organik maddesi ile kullanılabilir azot ve fosfor miktarlarını 10 cm derinlikte sırasıyla %16, %31 ve %29.6 olarak geleneksel toprak işlemeye göre artış gösterdiğini belirtmişlerdir. Melero ve arkadaşları (2011), İspanya'nın güney batısında, vertisol topraklarda dört farklı derinlikte (0-5, 5-10, 10-30, 30-50 cm) iki toprak işleme yöntemi; geleneksel toprak işleme ve toprak işlemez yöntem, bitki rotasyonlarını; buğday-ayçiçeği, buğday-nohut, buğday-bakla, buğday-nadas ve sürekli buğday sistemleri ile üç azotlu gübre dozlarını (0, 50 ve 150 kg/ha) uygulayarak yaptıkları uzun dönemli çalışmada, söz konusu öğelerin toprağın karbon ve azot miktarlarına olan etkilerini araştırmışlardır. Bulgularına göre 0-5 cm derinlikte toprak işlemez sistemde, buğday-bakla ile buğday-buğday rotasyonlarında toplam organik karbon ile azot düzeylerini geleneksel işleme sisteminden daha yüksek bulmuşlardır. Diğer taraftan, her iki işleme sisteminde de buğday-nadas rotasyonunda toplam organik karbon ile azot düzeyleri daha az bulunmuştur. Genelde toprağın C/N oranı işleme yöntemlerinde ve rotasyonlarda artış göstermiştir. Bununla birlikte, sıfır toprak işleme, doğrudan ekim için yeterli şartlara sahip olmayan topraklarda her zaman organik karbon veya azotta bir artışa neden olmayabileceği de rapor edilmektedir (Campbell ve ark., 2001).

Toprak işleme yalnızca toprağın havalanmasını iyileştirmekle kalmayıp, aynı zamanda toprak ve bitki artıkları arasındaki teması arttırmak suretiyle mikrobiyal parçalanmayı ve organik karbonun karbondioksit oksidasyonunu hızlandırır, buna bağlı olarak kısa süreli CO₂ salınımı ve mikrobiyal biyokütle dönüşümünü artırır (Beare ve ark., 1994). İşleme esnasında toprak işleme makinaları toprağı kırdığı, çatlattığı ya da sıkıştırdığı için mekanik kuvvetlerin agregatları parçalama üzerine önemli bir etkisi bulunmaktadır (Blanco-Canqui ve Lal, 2006). Mikro agregatlardan ziyade makro agregatların, toprak işleminin bu etkisine daha duyarlı olduğu bilinmektedir (Six ve ark., 2000; Christensen, 2001; Barbera ve ark., 2012). Sürekli olarak işlenen bir alanda topraktaki makro agregatlar bu şekilde parçalandığı için agregatlar tarafından korunan organik madde açığa çıkmaktadır (Nardi ve ark., 1996; Islam ve Weil, 2000). Bu yüzden toprağın toplam karbon ve azot içeriğinde mineralizasyona bağlı olarak azalmalar meydana gelmektedir. Buna karşın işlenmeyen veya geleneksel işleme yöntemlerine kıyasla daha az sayıda ve yoğunlukta işlenen koşullar altında gelişim gösteren makro agregatlar ise, daha yüksek organik karbon (Dexter, 1988; Jiang ve ark., 2011) ve daha yüksek toplam azot içeriğine (Kushwaha ve ark., 2001) sahiptir. Yapılan diğer çalışmalarda da benzer şekilde toprak işleminin parçalayıcı etkisinden dolayı toprak tanelerinin iç kısmına yerleşmiş olan organik karbonu daha fazla oksijene maruz bırakarak daha hızlı oksidasyona uğramasını sağlamak suretiyle hem iç hem de kümeler arası bölgelerdeki organik karbonu açığa çıkardığı ve mikrobiyal hücrel dokularda hızlı bir şekilde oksidasyona uğrayarak immobilize olmasını sağladığı bildirilmektedir (Reicosky ve Lindstrom, 1993; Roscoe ve Burman, 2003). Pullukla yapılan geleneksel toprak işlemede toprağın makro agregatları (>0.25 mm) tahrip olmakta ve mikroagregatlar (<0.25 mm) ile toprak organik maddesi mikrobiyal ayrışmaya

uğramaktadır (Zotarelli ve ark., 2007). Makroagregatları tahrip olan topraklarda organik madde kaybı gerçekleşmekte ve bu da bitki besin maddelerinin kaybına neden olmaktadır (Lupwayi ve ark., 1999). Oorts ve arkadaşları (2007), sıfır toprak işleme yönteminin toprakta organik maddenin birikimine neden olduğunu, makro ve mikro agregat teşekkülünde rol aldığını, ayrıca makro agregatların organik maddenin degradasyona uğramasını önlemede önemli bir role sahip olduğunu belirtmişlerdir. Hussain ve arkadaşları (1999), ABD'nin Illinois Eyaletinde yaptıkları sekiz yıllık araştırmada sıfır toprak işleme, geleneksel ve azaltılmış toprak işleme (çizel ve pullukla) yöntemlerini karşılaştırmışlardır. Elde ettikleri bulgulara göre toplam organik karbon ve kaba organik karbon miktarlarının diğer toprak işleme yöntemlerinde sıfır toprak işlemeye nazaran azaldığını, bu azalmanın sırasıyla azaltılmış ve geleneksel toprak işlemlerinde, toplam organik karbonda %17 ve %30 kaba organik karbonda ise %22 ve %43 oranında olduğunu belirtmişlerdir. Pikul ve arkadaşları (2007), ürün rotasyonu ve toprak işleme yönetiminin toprak organik maddesi, ince ve kaba fraksiyonlu partiküler organik madde ve suya dayanıklı agregat yüzdesi ve ortalama ağırlıklı çap üzerine olan etkilerini araştırdıkları çalışmalarında, toprak organik maddesinin agregat büyüklük sınıflarına göre tekdüze bir şekilde dağılım göstermediğini, alternatif toprak işleme sistemleriyle yönetilen alanların geleneksel yöntemlere kıyasla daha fazla toprak karbonu içerdiğini belirtmişlerdir. Abid ve Lal (2008), drenajlı ve drenajsız koşullarda çizelle işleme ve sıfır işlemenin toprak kalitesine etkilerini araştırdıkları bir çalışmada, 0-10 cm derinlikte agregat boyut dağılımındaki organik karbon ve toplam azotun toprak işleme sistemlerinden önemli bir şekilde etkilendiğini ve bu değerlerin derinlikteki artışla birlikte azaldığını rapor etmişlerdir. Ayrıca >1 mm boyutundaki agregatlarda organik karbon konsantrasyonunun, 1-2 mm boyutundaki agregatlarda ise toplam azotun sıfır işlemede daha fazla olduğu da bildirilmiştir. Kasper ve arkadaşları (2009) yaptıkları bir çalışmada üç farklı agregat boyutunda (0.63-1, 0.25-0.63 ve 0.063-0.25 mm) en yüksek organik karbon ve toplam azot değerlerinin minimum toprak işlemede saptandığını belirtmişlerdir. Ergül (2011), yaptığı çalışmada kuru tarım koşullarında farklı toprak işleme ve ekim nöbeti sistemleri altında buğday verimi ve bazı toprak fiziksel özelliklerini incelemiştir. Toprak işleme sistemi olarak toprak işlemeli ve işlemez; ekim nöbeti olarak nadas-buğday, mercimek-buğday ve sürekli buğday konularını incelemiştir. Kurak yılda buğday verimi, toprak işlemez sistemde işlemeli sisteme göre, nadas-buğday ekim nöbetinde diğer ekim nöbetlerine göre daha yüksek bulunmuştur. Toprak işlemez sistem ile toprakta organik madde içeriği artmış ve buna bağlı olarak agregat stabilitesi ve infiltrasyon hızında artış meydana gelmiştir. Zhang ve arkadaşları (2012) yaptıkları bir çalışmada toprak agregatları bir arada tutan çimentolayıcı maddeler üzerine sıfır toprak işleme, sırta ekime yönelik toprak işleme ve geleneksel işleme yöntemlerinin etkilerini araştırmışlardır. Araştırmacılar, sırta ekime yönelik işlemin geleneksel işleme göre bütün agregat boyutlarında organik karbonu arttırdığını, sıfır işleminin ise sadece mikro agregatlardaki (<0.25 mm) organik karbonu arttırdığını belirlemişlerdir. Dört farklı agregat fraksiyonu arasında (>2.0 mm, 2.0-1 mm, 1-0.25 mm ve <0.25 mm) en yüksek organik karbon değerleri mikro agregatlarda belirlenmiş olup, bu agregat fraksiyonları geleneksel toprak işlemeden ziyade sıfır toprak işleme ve sırta ekime yönelik toprak işlemede daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Quintero ve Comerford (2013) agregatlara bağlı organik karbon üzerine korumalı toprak işleminin etkilerini araştırmışlardır. Çalışmada geleneksel işleme kıyasla azaltılmış işlemin, topraktaki karbon konsantrasyonunu ve tüm profildeki ortalama karbon içeriğini sırasıyla %50 ve %33 oranında arttırdığı belirtilmektedir. Araştırmacılar bu karbon artışının 2 mm'den daha küçük makro agregatlar içindeki mikro agregatlarda meydana geldiğini bildirmektedir. Zhang-liu ve arkadaşları (2013) anızlı ve anızsız geleneksel, anızlı azaltılmış ve anızlı sıfır toprak işleme olmak üzere farklı toprak işleme sistemlerindeki agregat stabilitesi ve agregatlara bağlı karbonu araştırmışlardır. Sıfır ve azaltılmış toprak işleme uygulamalarının makro agregat boyutlarındaki oranları önemli derecede arttırdığı belirlenmiştir. Araştırmada ayrıca organik karbon konsantrasyonunun 0-5 cm derinlikteki makro agregatlarla ve ortalama ağırlık çapı ile de pozitif bir ilişki gösterdiği belirlenmiştir. 0-20 cm derinlikte ise 2 mm'den daha büyük fraksiyonda bulunan toplam C miktarı sıfır işleme ve azaltılmış işlemede sırasıyla %9 ve %6 oranında arttığı belirlenmiştir. Andruschkewitsch ve arkadaşları (2014) geleneksel, malçlı ve sıfır toprak işleme yöntemlerinin suya dayanıklı agregat boyut dağılımına etkilerini belirlemişlerdir. Sıfır ve malçlı toprak işleme koşulları altında 0-5 cm toprak derinliğinde makro (>0.25 mm) agregatların ve bunların karbon içeriklerinin daha yüksek olduğu rapor edilmiştir. Yine aynı çalışmada, 0-5 cm toprak derinliğinde makro agregatlar içerisindeki mikro (0.250-0.053 mm) agregatların karbon içeriklerinin malçlı ve sıfır toprak işleme koşulları altında daha yüksek olduğu da rapor edilmiştir. Arai ve arkadaşları (2014) 0, 5, 10, 15 ve 17 yıl geleneksel toprak işleme sistemi uygulanmış arazilerin, yabancı otların kaplanmış malçlı toprak işlemez sisteme dönüştürülmesiyle meydana gelen toprak karbonu ve suya dayanıklı agregatlardaki değişimini araştırmışlardır. Çalışmada 0-5 cm derinlikteki 0.25-1.00 mm'lik suya dayanıklı agregatlardaki karbon birikimi azalırken 0-15 cm derinlikteki 2 mm'den büyük suya dayanıklı agregatların ve bu agregatlardaki karbon birikiminin zamanla arttığı rapor edilmiştir. Kabiri ve arkadaşları (2015) farklı işleme yöntemlerinin agregatlara bağlı organik madde değişimini inceledikleri araştırmalarında ise kulaklı pulluk ve diski pulluğa kıyasla çizel ve rototiller ile toprak işleminin makro agregatları (4.00-0.25 mm) arttırdığını, buna karşılık mikro agregatları (0.250-0.053mm) azalttığını rapor etmişlerdir. Ayrıca çizel ve rototiller ile toprak işleme uygulamalarının mikro agregata bağlı karbon (%50-%66) ve azot (%48-%61) değerlerini azalttığı, makro agregata bağlı karbon (%10-%11) ve azot (%13-%15) değerlerini ise arttırdığı da rapor edilmiştir. Garcia-Franco ve arkadaşları (2015), 14 yıldır azaltılmış toprak işleme ile işlenen ve yağmur suyu ile sulanan organik bir badem bahçesinde agregat dağılımı ve organik karbon stabilizasyonu üzerine 4 yıllık azaltılmış toprak işleme, yeşil gübreli azaltılmış toprak işleme ve sıfır toprak işleminin etkilerini araştırmışlardır. Çalışmada azaltılmış toprak işleme ile yeşil gübrenin birleşimi karbon bağlama yönünden en etkili sürdürülebilir toprak yönetimi olduğu ve yüzey katmanında (0-5cm) toplam organik karbonun azaltılmış toprak

işlemeyle kıyaslandığında yaklaşık %14 artış sağladığı belirlenmiştir. Araştırmada en yüksek organik karbon konsantrasyonu bütün uygulamalar ve derinlikler için silt+kil boyutundaki (<0.063mm) agregatlarda bulunmasına rağmen uygulamalar ve derinlikler arasında herhangi önemli bir farklılık bulunmamıştır. Ayrıca azaltılmış toprak işlemeden azaltılmış toprak işleme + yeşil gübreye dönüşüm ile yüzey katmanında (0-5cm) toplam makro agregatlar ve mikro agregatların organik karbon içeriklerinde sırasıyla %30 ve %20 artışa sebep olduğu saptanmıştır. Yapılan bir diğer çalışmada, yaklaşık %50 oranında kil içeren bir toprakta uzun süreli buğday-mısır ve buğday-soya rotasyonu altında altı farklı toprak işleme yönteminin iki farklı derinlikte (0-15 ve 15-30 cm) agregatlara bağlı toplam karbon ve azot içeriğine etkileri araştırılmıştır. 0-15cm derinlikte bütün agregat boyutlarında (>4.0 mm, 4.0-2.0 mm, 2.0-1.0 mm ve 1.0-0.5 mm) toplam karbon değerleri geleneksel işleme yöntemlerine kıyasla korumalı işleme uygulamaları altında daha yüksek değerler elde edilmiştir. Derinlikteki artışla birlikte korumalı işleme yöntemleri altındaki agregatlarda bulunan toplam karbon değerleri azalmıştır (Çelik ve Acar, 2017).

Toprak organik maddesindeki değişim sadece organik maddenin mineralizasyonu ve çoğunlukla CO₂ emisyonu şeklinde kaybına bağlı olmayıp, aynı zamanda toprak üzerinde bırakılan bitki artıklarından ve toprağa ilave edilen organik gübrelere gelen miktarına da bağlıdır. Anızın toprağa karıştırılması, işleme derinliğinde toprağın organik madde içeriğini artırmaktadır (Paustian ve ark., 1997). Tarım topraklarında üst katmanda anız birikimi özellikle anıza doğrudan ekimin uygulandığı parsellerde toprağın organik madde içeriğini artırır (Halvorson ve ark., 2002) ve toprak kalitesini iyileştirir (Arshad ve ark., 1999). Buna ilaveten, minimum toprak işleme ile malçlama uygulamalarının birlikte uygulaması toprak kalitesini ve ürün verimliliğini artırmaktadır (Ghuman ve Sur, 2001). Ayrıca sıfır toprak işleme ve koruyucu toprak işleme yapılan topraklarda toprak yüzeyinde kalan ürün artıkları mikroorganizmaya substrat görevi yapmakta ve mikrobiyal biyokütleyi de artırmaktadır. Kushwaha ve arkadaşları (2001), farklı toprak işleme yöntemlerinin suya dayanıklı agregatlar ve toprak organik maddesi üzerine etkilerini araştırmışlardır. Toprak organik karbon değerlerini en yüksek minimum toprak işleme ve bitki artıklarının araziye terk edildiği uygulamalarda, en düşük ise geleneksel toprak işleme ve artıkların uzaklaştırıldığı uygulamalarda elde ettiklerini belirtmişlerdir. Araştırmacılar, makro agregatlarda organik karbon miktarındaki artışın mikro agregatlardan daha büyük olduğunu, makro ve mikro agregatlarda organik karbonun en düşük değerlerinin artıkların uzaklaştırıldığı uygulamalar olduğunu ve makro agregatlardaki C/N oranının mikroagregatlara kıyasla daha düşük olduğunu bildirmişlerdir. Dao (1998), toprak işleme tekniği, yüksek sıcaklık ve yarı kurak iklimin, organik karbon kaybını ve zayıflamış toprak yapısını hızlandırdığını, anız bırakmayan geleneksel toprak işlemenin karbon mineralizasyonunu dolayısıyla atmosferik akışları artırdığını ve topraktan karbon kaybının azaltılması için toprak işlemenin azaltılması gerektiğini bildirmektedir. Singh ve Singh (1993), sıcak ve ılıman bölgelerde toprağa bitki artıklarının bırakılmasının zaman içerisinde toprak organik maddesini artırdığını, tınlı kum bünyeli bir toprakta 5-6 ton/ha çeltik kalıntısının beş yıl uygulanması sonrasında organik karbonun 15 cm derinlikte 3.6'dan 4.6 g/kg toprak değerine yükseldiğini belirtmişlerdir. Petrerson ve arkadaşları (1998), Amerika'da yaptıkları çalışmada toprak işleme uygulamalarının azalması ve toprak yüzeyinde saman malçı kullanılmasının giderek artmakta olduğunu bildirmişlerdir. Araştırmacılar onbeş yıl boyunca saman malçı uygulamasının 20 cm toprak katmanında uygulanmamış toprağa göre 1850 kg/ha daha fazla karbon biriktirdiğini belirlemişlerdir. Alijani ve arkadaşları (2012), İran'ın Şiraz bölgesinde kısa dönemli iki yıllık bir çalışmada, sulu koşullarda mısır bitkisi kalıntılarını (%0, %25 ve %50) buğday-mısır rotasyonunda, geleneksel toprak işleme yöntemleri (çizel, pulluk) ve iki azot düzeyi (75 ve 150 kg/ha) altında uygulamışlardır. Çizel uygulamasının pulluk uygulamasına göre sırasıyla %8 ve %15 daha fazla karbon ve azot biriktirdiğini belirtmişlerdir. Sonuç olarak %25 ile %50 bitki artıklarının arazide bırakılması (7500 veya 15000 kg/ha mısır bitki kalıntısı) ve 150 kg/ha azot uygulamasının buğday-mısır-buğday ürün rotasyon sisteminde bölgede toprağın organik karbonunu artırması için önermişlerdir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Toprak işlemenin esas amacı; toprak verimliliğini korumak, toprak sıkışmasını önlemek, topraktaki flora ve faunanın korunması ile çeşitliliğin korunmasını sağlayarak iyi bir tohum yatağı hazırlamaktır. Ancak gereksiz ve aşırı yapılan toprak işleme uygulamaları zamanla toprak verimliliğini düşürdüğü için birçok çiftçi bu uygulamalardan uzaklaşmaktadır. Çünkü gereksiz toprak işlemler, bilimsel olarak da açık bir şekilde ortaya konduğu gibi bir yandan topraklarımızın verimliliğini azaltarak bozulmalara sebep olurken diğer yandan yüksek girdi kullanımı sonucu çiftçiye yüksek maliyet çıkarmaktadır. Bu nedenle toprak işlemenin esas hedeflerine uygunluğu ve toprak özelliklerine etkileri değerlendirilerek, toprak işleme yönteminin belirlenmesinde toprak verimliliği ve kalitesi durumu da göz önünde bulundurularak en uygun toprak işleme sistemi seçimi yapılmalıdır. Toprak kalitesine etki eden toprak özelliklerinde meydana gelen değişimler kullanılarak yapılan değerlendirmeler sayesinde toprak işleme ihtiyaçları en az seviyeye indirilmelidir. Bununla birlikte toprak işleme zamanının da toprak işleme etkinliğini etkileyen en önemli faktörlerden biri olduğu göz önünde bulundurularak toprak en uygun zamanda (tavında) işlenmelidir.

Bu çalışma ile halen çoğunlukla uygulanmakta olan geleneksel toprak işleme sistemi ile sıfır toprak işleme sistemini de içine alan koruyucu toprak işleme tekniklerinin toprak organik madde yönetimine olan etkileri incelenmiştir. Elde edilen bulgulara göre topraktaki organik madde varlığı ve mikrobiyal kütle ile mikrobiyal aktiviteye olan doğrudan etkisi nedeniyle, toprağın nitrojen döngüsü, katyon değişim kapasitesi, agregat stabilitesi gibi toprak özellikleri başta olmak üzere genel anlamda tüm toprak özelliklerini önemli düzeyde etkilemektedir. Anıza doğrudan ekim, azaltılmış toprak işleme ve organik tarım uygulamaları geleneksel toprak işleme yöntemine göre toprağın organik madde içeriğini dolayısıyla toprağın

mikrobiyal kütlesini ve aktivitesini daha fazla artırmaktadır. Anızlı tarla koşullarında ekim ve malçlama uygulamaları da toprak organik maddesinde artışa neden olmaktadır. Ayrıca, toprak işleme sistemlerinin toprak kalitesi üzerine etkilerinin değerlendirildiği pek çok çalışmada elde edilen sonuçlara göre, koruyucu toprak işleme sistemleri verim ve organik madde artışı yanında diğer pek çok toprak özelliğini olumlu etkileyerek toprak kalitesini korumakta veya iyileştirmektedir. Toprak organik karbonunu azaltan yoğun toprak işleme sistemlerine alternatif olarak, koruyucu toprak işleme sistemlerine olan ilgi artmakta olup, yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçlar neticesinde de toprakların aşırı işlenmesi yerine sadece toprağı gevşeten ve geleneksel toprak işleme yöntemleri yerine koruyucu toprak işleme yöntemlerinin uygulanması, organik maddenin sürdürülebilirliği açısından önerilmektedir. Koruyucu toprak işleme sistemlerinin yaygın bir şekilde benimsenmesi, tarım arazilerindeki organik madde birikiminde net artışlara yol açabilir ve yüzyıllardır kullanılan geleneksel toprak işleme uygulamalarının neden olduğu düşüşü tersine çevirebilir.

KAYNAKLAR

- Abid, M., Lal, R., 2008. Tillage and drainage impact on soil quality I. Aggregate stability, carbon and nitrogen pools. *Soil and Tillage Research*, 100: 89-98.
- Acquaah G., 2002. *Principles of Crop Production: Theory, Techniques, and Technology*. Pearson Education, Inc., Upper Saddle River, New Jersey.
- Alijani, K., Bahrami, M.J. and Kazemeini, S.A. 2012. Short -term responses of and wheat yield to tillage, corn residue management and nitrogen fertilization. *Soil and Tillage Research*, 124; 78-82.
- Alvarez C.R., Alvarez R., 2000. Short-term effects of tillage systems on active soil microbial biomass. *Biol. Fert. Soils*, 31: 157-161.
- Andruschkewitsch, R., Koch, H., And Ludwig, B., 2014. Effect of long-term tillage treatments on the temporal dynamics of water-stable aggregates and on macro-aggregate turnover at three German sites. *Geoderma*, 217-218: 57-64.
- Arai, M., Minamiya, Y., Tsuzura, H., Watanabe, Y., Yagioka, A., And Kaneko, N., 2014. Changes in water stable aggregate and soil carbon accumulation in a no-tillage with weed mulch management site after conversion from conventional management practices. *Geoderma*, 221-222: 50-60.
- Arshad M.A., Coen G.M., 1992. Characterization of soil quality: physical and chemical criteria. *Am. J. Alter. Agr.*, 7: 25-30.
- Arshad, M. A., Franzluebbers, A. J., And Azooz, R. H., 1999. Components of surface soil structure under conventional and no-tillage in northwestern Canada. *Soil and Tillage Research*, 53: 41-47.
- Arshad MA, Martin S., 2002. Identifying critical limits for soil quality indicators in agro-ecosystems. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 88: 153-160.
- Aykas, E., Yalçın, H., Önal, İ. Evcim, Ü., 2005. İkinci Ürün Pamuk Üretiminde Doğrudan Ekim Uygulama Olanakları, Tübitak Sonuç Raporu Proje No: TOVAG 2675 Bornova/İZMİR.
- Bahtiyar, M., 2018. Toprak. <http://web.firat.edu.tr/cevremuh/bilgi/data2/ToprakNedir.pdf>. Erişim: Mayıs 2018.
- Balota E.L., Colozzi A., Andrade D.S., Dick R.P., 2003. Microbial biomass in soils under different tillage and crop rotation systems. *Biol. Fert. Soils*, 38: 15-20.
- Barbera, V., Poma, I., Gristina, L., Novara, A., Egli, M., 2012. Long-term cropping systems and tillage management effects on soil organic carbon stock and steady state level of C sequestration rates in a semiarid environment. *Land Degradation and Development*, 23: 82-91.
- Bauer A., Black A.L., 1994. Quantification of the effect of soil organic matter content on soil productivity. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 58: 185-193.
- Bayer, C., Martin-Neto, L., Mielniczuk, J., Pillon, C.N. ve Sangoi, L., 2001. Changes in soil organic matter fractions under subtropical no-till cropping systems. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 65, 1473- 1478.
- Beare, M. H., Cabrera, M. L., Hendrix, P. F., And Coleman, D. C., 1994. Aggregate-protected and unprotected organic matter pools in conventional- and no-tillage soils. *Soil Science Society of America Journal*, 58: 787-795.
- Blanco-Canqui, H., Lal, R., 2006. Tensile Strength of Aggregates. *Encyclopedia of Soil Science*, vol. 45-48. The Ohio State University, Columbus, OH, USA.
- Brady N.C., R.R. Weil, 2000. *Elements of the Nature and Properties of Soils*. Prentice-Hall, Inc., Upper Saddle River, New Jersey.
- Burle, M.L., Mielniczuk, J. ve Focchi, S., 1997. Effect of cropping systems on soil chemical characteristics, with emphasis on soil acidification. *Plant and Soil*, 190, 309-316.
- Campbell, C.A., Mc Conkey, B.G., Biederbeck, V.O., Zenner, R.P., Curtin, D. ve Peru, M.R., 1998. Long-term effects of tillage and fallow-frequency on soil quality attributes in a clay soil in semiarid southwestern Saskatchewan. *Soil & Tillage Research*, 46, 135-144.
- Campbell C.A., Selles F., Lafond G.P., Biederbeck V.O., Zentner R.P., 2001. Tillage-fertilizer changes: Effect on some soil quality attributes under long-term crop rotation in a thin Black Chernozem. *Can. J. Soil Sci.*, 81: 157-165.
- Cannell, R.Q., Hawes, J.D., 1994. Trends in tillage practices in relation to sustainable crop production with special reference to temperate climates. *Soil & Tillage Research*, 30: 245-282.
- Carter, M.R and Angers, D.A. and Topp, G.C., 1999. Characterizing equilibrium physical condition near the surface of a fine sandy loam under conservation tillage in a humid climate. *Soil Science* 164; 101-110.

- Castro Filho, C., Muzilli, O. and Podanoschi, A.L., 1998. Estabilidade de agregados e sua relac, ao com o teor de carbono organico num Latossolo Roxo distro'fico, em funca de sistemas de plantio, rotac, oes de culturas e me'todos de preparo das amostras. Rev. Bras. Ci. Solo, 22, 527-538.
- Christensen, B.T., 2001. Physical fractionation of soil and structural and functional complexity in organic matter turnover. European Journal of Soil Science, 52: 345-353.
- Çelik, İ., Acar, M., 2017. Çukurova koşullarında toprak işleme yöntemlerinin agregatlara bağlı toplam karbon ve azot içerikleri üzerine etkileri. Anadolu Tarım Bilim. Derg./Anadolu J Agr Sci, 32. ISSN: 1308-8750 (Print) 1308-8769 (Online) doi: 10.7161/ omuanajas. 289801.
- Çolak, A. K., 1994. Toprak Biyolojisi. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Kitabı No:99, Adana.
- Dao T.H., 1998. Tillage and crop residue effects on carbon dioxide evolution and carbon storage in a Paleustoll. Soil Sci. Soc. Am. J., 62: 250-256.
- Dao T.H., Stiegler J.H., Banks J.C., Boerngen L.B., Adams B., 2002. Post-contrast use effects on soil carbon and nitrogen in conservation reserve grasslands. Agron. J., 94: 146-152. Dexter, A.R., 1988. Advances in characterization of soil structure. Soil and Tillage Research, 11: 199-238.
- Diaz-Zorita, M. and Grove, J.H., 2002. Duration of tillage management affects carbon and phosphorus stratification in phosphatic Paleudalfs. Soil & Tillage Research, 66, 165 - 174.
- Doran J.W., Parkin, T.B., 1994. Defining ve assessing soil quality. Ed: Doran, J.W., Coleman, D.C., and Bezdicek, D.F. Defining soil quality for a sustainable environment, 35. USA: Soil Science Society of America, 3-21.
- Doran J.W., Smith M.S., 1987. Organic matter management and utilization of soil and fertilizer nutrients. In: Follett R.F. et al. (eds.): Soil Fertility and Organic Matter as Critical Components of Agricultural Production Systems. SSSA Spec. Publ. No. 19, ASA and SSSA, Madison, WI: 53-72.
- Ergene, A., 1982. Toprak Biliminin Esasları, Atatürk Üniversitesi Yayın No:586. Ziraat Fakültesi Yayın No: 267, Erzurum.
- Ergül, F., 2011. Farklı toprak işleme ve ekim nöbeti sistemlerin altında su bütçesi, bazı toprak fiziksel özellikleri ve buğday verimindeki değişimlerinin saptanması. Doktora tezi (yayınlanmamış). Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Ankara.
- Evans, R., 1996. Soil erosion and its impacts in England and Wales. Friends of the Earth, London, 121 pp.
- Farquharson R.J., Schwenke G.D., Mullen J.D., 2003. Should we manage soil organic carbon in Vertosols in the northern grains region of Australia? Aust. J. Exp. Agr., 43: 261-270.
- Feng, Y., Motta A.C., Reeves D.W., Burmester, C.H., Van, S. ve Osborne, J.A., 2003. Soil microbial communities under conventional-till and no-till continuous cotton systems. Soil Biology & Biochemistry, 35, 1693-1703.
- Follett, 2001. Soil management concepts and carbon sequestration in cropland soils. Soil Till. Res., 61: 77-92.
- Freixo A.A., Machado Plod, dos Santos H.P., Silva C.A., Fadigas F.D., 2002. Soil organic carbon and fractions of a Rhodic Ferralsol under the influence of tillage and crop rotation systems in southern Brazil. Soil Till. Res., 64: 221-230.
- Garcia-Franco, N., Albaladejo, J., Almagro, M., And Martinez-Mena, M., 2015. Beneficial effects of reduced tillage and green manure on soil aggregation and stabilization of organic carbon in a Mediterranean agroecosystem. Soil and Tillage Research, 153: 66-75.
- Ghuman, B.S. and Sur, H.S., 2001. Tillage and residue management effects on soil properties and yields of rainfed maize and wheat in a subhumid subtropical climate. Soil and Tillage Research, 58 1-10.
- Glanz, J.T., 1995. Saving Our Soil: Solutions for Sustaining Earth's Vital Resource. Johnson Books, Boulder, Co, USA.
- Gregorich, E.G., Carter, M.R., Angers, D.A., Monreal, C.M. and Ellert, B.H., 1994. Towards a minimum data set to assess soil organic matter quality in agricultural soils. Can. J. Soil Sci., 74, 367-385.
- Günel, H., Korucu, T., Birkas, M., Özgöz, E., Cotoara-Zamfir, R.H., 2015. Threats to sustainability of soil functions in Central and Southeast Europe. Sustainability, 7: 2161-2188.
- Halvorson, A.D., Wienhold, B.J. and Black, A.L., 2002. Tillage, nitrogen, and cropping system effects on soil carbon sequestration. Soil Sci. Soc. Am. J., 66, 906-912.
- He Jin, L., Hongwen, R., Rasaily, G., Qingjie, W., Guohua, C., Yanbo, S., Xiaodong , Q. and Lijin, L., 2011. Soil Properties and crop yields after 11 years of no tillage farming in wheat- maize cropping system in North China Plain. Soil and Tillage Research, 113; 48-54.
- Hussain, İ., Olson, K.R. and Ebelhar, S.A., 1999. Long-term tillage effects on soil chemical properties and organic matter fraction. Soil Sci. Soc. Am., 63; 1335-1341.
- Islam, K.R., Weil, R.R., 2000. Land use effects on soil quality in a tropical forest ecosystem of Bangladesh. Agriculture, Ecosystems and Environment, 79(1): 9-16.
- İşler, N., 2020. Toprak işleme. <http://www.mku.edu.tr/files/898-8fe4f878-bf3a-4d15-b9f6-2a3c781be95a.pdf>. Erişim: Mart 2020.
- Jastrow J.D., Boutton T.W., Miller R.M., 1996. Carbon dynamics of aggregate-associated organic matter estimated by carbon-13 natural abundance. Soil Sci. Soc. Am. J., 60: 801-807.
- Jenny, H., 1980. *The Soil Resource: Origin and Behavior*. Ecol. Stud. 37. Springer-Verlag, New York.
- Jiang, X., Wright, A.L., Wang, J., Li, Z., 2011. Long-term tillage effects on the distribution patterns of microbial biomass and activities within soil aggregates. Catena, 87: 276-280.

- Kabiri, V., Raiesi, F., Ghazavi, M.A., 2015. Sixyears of different tillage system saffecte daggregate-associated SOM in a semi-arid loam soil from Central Iran. *Soil and Tillage Research*, 154: 114–125.
- Karlen, D.L., Tomer, M.D., Neppel, J., Cambardella, A.C., 2008. A preliminary watershed scale soil quality assessment in north central Iowa, USA . *Soil & Tillage Research*, 99: 291–299.
- Karlen, D.L., Cambardella, C.A., Kovar, J.L., Colvin, T.S., 2013. Soil Quality response to long term tillage and crop rotation practices. *Soil & Tillage Research*, 133:54-64.
- Kasper, M., Buchan, G.D., Mentler, A., Blum, W.E.H., 2009. Influence of soil tillage systems on aggregat estabilyand the distribution of C and N in different aggregat fractions. *Soil and Tillage Research*, 105: 192–199.
- Kern J.S., Johnson M.G., 1993. Conservation tillage impacts on national soil and atmospheric carbon levels. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 57: 200–210.
- Khanna, P. K., Ludwig, B., Bauhus, J. and O Hara, C., 2001. Assesment and signficance of labil organic C pools in forest soils. In: Lal ,R., Kimble, J. M., Follet, R. F., Stewart, B. A., (Eds), Assesment Methods For Soil Carbon . Lewis Publishers. Boca Raton, FL, pp. 167-182.
- Kladivko E.J., 2001. Tillage systems and soil ecology. *Soil Till. Res.*, 61: 61–76.
- Kushwaha, C.P., Tripathi, S. K. and Singh, K.P., 2001. Soil organic matter and water-stable aggregates under different tillage and residue conditions in a tropical dryland agroecosystem, *Applied Soil Ecology*, 16; 229-241.
- Lal R., Kimble J., Levine E., Whitman C., 1995. World soils and greenhouse effect: An overview. In: Lal R. et al. (eds.): *Soils and Global Change*. Lewis Publ., Boca Raton, FL: 1–8.
- Lal R., Kimble J., Follett R., 1997. Soil quality management for carbon sequestration. In: Lal R. et al. (eds.): *Soil Properties and their Management for Carbon Sequestration*. US Dep. Agr., Nat. Res. Conserv. Serv., Nat. Soil Surv. Cent., Lincoln, NE: 1–8.
- Lal, R., Kimble, J. ve Follett, R.F., 1998. Need for research and need for action. CRC Press, Boca Raton, FL, s. 447–454.
- Larson W.E., Pierce F.J., 1991. Conservation and enhancement of soil quality. In: Mumanski J. et al. (eds.): *Evaluation for Sustainable Land Management in the Developing World*. Vol. 2. Techn. Pap. In: Proc. Int. Workshop, Chiang Rai, Thailand, Int. Board Soil Res. Manage. Bangkok: 175–203.
- Liebig, M.A., Tanaka, D.L. and Wienhold, B.J., 2004. Tillage and cropping effects on soil quality indicators in the northern Great Plains. *Soil & Tillage Research*, 78,131–141.
- Liu X.B., Han X.Z., Herbert S.J., Xing B., 2003. Dynamics of soil organic carbon under different agricultural management systems in the black soil of China. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, 34: 973–984.
- Liu X.B., Herbert S.J., 2002. Fifteen years of research examining cultivation of continuous soybean in Northeast China. *Field Crops Res.*, 79: 1–7.
- Lopez-Fanda, C.and Pardo, M.T., 2009. Changes in soil chemical characteristics with different tillage practices in a semi arid environment. *Soil andTillage Research* 104; 278-284.
- Loveland P., Webb J., 2003. Is there a critical level of organic matter in the agricultural soils of temperate regions: a review. *Soil Till. Res.*, 70: 1–18.
- Lupwayi, N.Z., Rice, W.A., Clayton, G.W., 1999. Soil mivrobial biomass and carbon dioxide flux under wheat as influenced by tillage and crop rotation . *Can. J. Soil Sci.* 79, 273-280.
- Magdoff F., van Es H., 2000. *Building Soils for Better Crops*. Univ. Vermont, Burlington VT, USA: 9–13.
- Malavolta, E., 1999. The fertility of Brazilian soils. *Academia Brasileira de Cieˆncias*, Rio de Janeiro, RJ, Brazil, s. 171–184.
- Melero, S. Bellido, R.J.L., Bellido, L.L., Romero, V.M., Moreno, F. and Murillo, J.M. 2011. Long-term effect of tillage, rotation and nitrogen fertiliser on soil quality in a Maditerranean vertisol. *Soil andTillage Research*, 114; 97-107.
- Nardi, S., Cocheri, G., DellAgnola, G., 1996. Biological activity of humus. In: Piccolo, A. (Ed.), *Humic Substances in Terrestrial Ecosystems*. Elsevier, Amsterdam, pp. 361-406.
- Okur, B., Okur, N., Anaç, D., 2003. Tarım Topraklarında Organik Maddenin Sürdürülebilirliği. *Koruyucu Toprak İşleme ve Dogrudan Ekim Çalıştay*, E.Ü.Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları Bölümü, Bornova-İzmir.
- Oorts, K., Bossuyt, H., Labreuche, J., Merckx, R., Nicolardot, B., 2007. Carbon and nitrogen stocks in relation to organic matter fractions, aggregation and pore size distribution in no-tillage and conventional tillage in northern France. *Eur. J. Soil Sci.* 58, 248-259.
- Oruç, N., Sağlam, T., 1972. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak İlmi Bölümü Ders Notu, Erzurum.
- Paustian, K., Collins, H.P., Paul, E.A., 1997. Management controls on soil carbon. In: Paul, E.A., et al. (Eds.), *Soil Organic Matter in Temperate Agroecosystems, Long term Experiments in North America*. CRC Press, Boca Raton, FL, USA, pp. 15–49.
- Petrerson, G.A., Halvorson, A.D., Halvin, J. L., Jones, O.R., Lyon, D.J. and Tanaka, D.L., 1998. Reduced tillage and increasing cropping intensity in the Great Plains conserves soil C. *Soil and Tillage Research*, 47; 207-218.
- Pikul, J.L., Osborne, S., Ellsbury, M., and Riedell, W., 2007. Particulate organic matter and water-stable aggregation of soil under contrasting management. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 71; 766–776.
- Power J.F., Meyers R.J.K., 1989. The maintenance or improvement of farming systems in North America and Australia. In: Stewart J.W.B. (ed.): *Soil quality in semi-arid agriculture*. In: Proc. Int. Conf. Univ. Saskatchewan, Saskatoon, Canada: 273–292.

- Quintero, M., And Comerford, N. B., 2013. Effects of Conservation Tillage on Total and Aggregated Soil Organic Carbon in the Andes. *Open Journal of Soil Science*, 3: 361-73.
- Reeves D.W., 1997. The role of soil organic matter in maintaining soil quality in continuous cropping systems. *Soil Till. Res.*, 43: 131-167.
- Reicosky, D.C. and Lindstrom, M.J. 1993. Fall tillage method: Effect on short term carbon- dioxide flux from soil. *Agronomy Journal*, 85; 1237-1243.
- Robinson C.A., Cruse R.M., Kohler K.A., 1994. Soil management. In: Hatfield J.L., Karlen D.L. (eds.): *Sustainable agricultural systems*. Lewis Publ., Boca Raton, FL: 109-134.
- Rolda'n, A., Caravaca, F., Herna'ndez, M.T., Garc'ia, C., Sa'nchez- Brito, C., Vela'squez, M. and Tiscaren'o, M., 2003. No-tillage, crop residue additions, and legume cover cropping effects on soil quality characteristics under maize in Patzcuaro watershed (Mexico). *Soil & Tillage Research* 72, 65-73.
- Rolda'n, A Salinas-Garc'ia,J., Alguacil, M., D'az, E. and Caravaca, F., 2005. Soil enzyme activities suggest advantages of conservation tillage practices in sorghum cultivation under subtropical conditions. *Geoderma*, 129,178- 185.
- Roscoe R., Burman P., 2003. Tillage effects on soil organic matter in the density fractions of a Cerrado Oxisol. *Soil Till. Res.*, 70: 107-119.
- Singh, G. and Singh, O. P. 1993. Effect of tillage practices and fertility on yield and economics of linseed growth after rice. *Indian Journal of Agricultural Sciences* 63; 647-648.
- Six, J., Elliott, E.T., Paustian, K., 2000. Soil Macro aggregate Turnover and Microaggregate Formation: A Mechanism for C Sequestration under No-Tillage Agriculture. *Soil Biology and Biochemistry*, 32(14): 2099-2103.
- Sojka R.E., Upchurch D.R., 1999. Reservations regarding the soil quality concept. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 63: 1039-1054.
- Unger P.W., 1991. Organic matter, nutrient, and pH distribution in no- and conventional - tillage semiarid soils. *Agron. J.*, 83: 186-189.
- Vyn T.J., Raimbault B.A., 1993. Long-term effects of 5 tillage systems on corn response and soil structure. *Agron. J.*, 85: 1074-1079.
- Wander, M.M., Idart, G.B. and Aref, S., 1998. Tillage impacts on depth distribution of total particulate organic matter in three Illinois soil. *Soil Science Society of America journal*, 62; 1704-1711.
- X. Liu, Herbert, S.J. Hashemi, A.M. Zhang, X. Ding, G., 2006. Effects of agricultural management on soil organic matter and carbon transformation - a review. *Plant Soil Environ.*, 52, 2006 (12): 531-543.
- Zhang, S., Li, Q., Zhang, X., Wei, K., Chen, L., And Liang, W., 2012. Effects of conservation tillage on soil aggregation and aggregate binding agents in black soil of Northeast China. *Soil and Tillage Research*, 124: 196-202.
- Zhang-Liu, D., Tu-Sheng, R., Chun-Sheng, H., Qing-Zhong, Z., And Blanco-Canqui, H., 2013. Soil Aggregate Stability and Aggregate-Associated Carbon Under Different Tillage Systems in the North China Plain. *Journal of Integrative Agriculture*, 12: 2114-2123.
- Zhao, W.Z., Xiao, H.L., Liu, Z.M. and LI, J., 2005. Soil degradation and restoration as affected by land use change in the semiarid Bashang area, Northern China. *Catena*, 59; 173-186.
- Zibilske, L.M., Bradford, J.M. ve Smart, J.R., 2002. Conservation tillage induce changes in organic carbon, total nitrogen and available phosphorus in a semi-arid alkaline subtropical soil. *Soil & Tillage Research*, 66, 153-163.
- Zotarelli, L., Alves, B.J.R., Urquiga, S., Boddey, R.M., Six, J., 2007. Impavt of tillage and crop rotation on light fraction and intraaggregate soil organic matter in two Oxisols. *Soil Tillage Res.* 95 (1/2), 196-206.