

TOPRAK STRÜKTÜRÜNÜN OLUŞUM SÜREÇLERİ VE YÖNETİMİ

Nutullah ÖZDEMİR⁽¹⁾

Mustafa Y. CANBOLAT⁽¹⁾

GİRİŞ

Bitki gelişme ortamı olarak ideal bir toprak, tohumun çimlenebilmesi, filizin yüzeye çıkabilmesi ve bitki kök sisteminin gelişme ve fonksiyonlarını yerine getirebilmesi için gerekli olan çevre koşullarını sağlamaktadır. Böyle bir toprak bu işlevleri yaparken yalnızca bitki gelişimi için gerekli bitki besin maddelerini sunmakla kalmayıp, aynı zamanda bitkinin fonksiyonlarını yerine getirebilmesi için gerekli olan uygun bir hava-su düzenini de sağlamaktadır. Bu durum, toprağın iyi bir strüktüre sahip olmasıyla gerçekleştirilmektedir.

Bir çok durumda bitki tarafından topraktan besin elementi alımı, suyun noksanlık ve fazlalığı, oksijen yetersizliği, ya da toprak sıkışması nedeniyle yetersiz kök gelişimi tarafından sınırlandırılmaktadır. Toprakta sıkışmanın fazlalığıyla ilgili olarak havalanmanın azalması yalnızca kök faaliyetini kısıtlamakla kalmayıp, aynı zamanda mikrobiyal aktiviteyi de olumsuz etkilemektedir. Bütün bunlar uygun olmayan toprak strüktürünün bitki üretiminde sınırlayıcı bir etmen olduğunu, bu bakımdan strüktürün, toprak verimliliğinin bir parametresi olarak dikkate alınması gerektiğini ortaya koymaktadır.

TOPRAK STRÜKTÜRÜ VE YÖNETİMİ

Toprak Strüktürünün Oluşumunu Etkileyen Faktörler

Toprak yüzeyi, atmosfer ve toprak tanelerinin düzenlenme ortamı arasındaki ortak bir yüzeydir. Bu ortak yüzeyin pozisyonu, iklim şartlarının, toprak özelliklerinin ve sürüm uygulamalarının bir sonucu olarak ortaya çıkar. Bu yüzeyin durumu sıra ile, bir yağış esnasında toprakta suyun depolanmasını, rüzgar erozyonuna karşı toprağın aşınma durumunu, su erozyonu ile ilgili olarak oluşacak yarıntıları ve toprak kaybını, fide çıkışlarını ve dolaylı olarak bitki yetişmesini etkileyebilmektedir.

Ortak yüzeyde yer alan primer tanelerin düzenlenmesinde veya agregasyonunda özellikle dört unsur etkili olmaktadır. Bunlardan birincisi, tane yüzey alanıdır. Bir toprakta toplam yüzey alanı miktarı tanelerin agregasyonunda önemli bir rol oynamaktadır. İkincisi, toprak organik maddesidir. Organik madde, yavaş bir şekilde parçalanmaya uğramış bitki artıklarından, bitki köklerinden, bakteri salgılarından ve mantar misellerinden ibaret olup taneler arasında bir yapıştırıcı gibi etki göstererek toprak matriksinin belli bir yapı

⁽¹⁾ Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü, Erzurum

kazanmasını sağlamaktadır. Agregasyonda üçüncü unsur, demir, manganez ve alüminyumun oksit ve hidroksitleridir. Bu oksitler, primer toprak taneleri arasında kaplamalar ve/veya bağlar oluştururlar. Özellikle kaplamaların meydana getirdiği agregatlar oldukça stabil ve dayanıklı bir yapı gösterir. Toprak sistemi içinde yer alan bu üç unsura ilave olarak, yapay toprak düzelticileri de, uygulandığı toprağın agregasyonunda etkili olmaktadır.

Toprak strüktürünün gelişmesinde bu dört unsur, toprakta stabil agregat oluşumunda önemli bir rol oynamaktadırlar. Stabil agregat oluşumundaki unsurlar zaman, su ve organizma gibi ana faktörlerin etkisi altındadır. Zaman, toprak içindeki tanelerin yeniden düzenlenmesinde ve hareketinde strüktürel oluşum için bir olanak sağlar. Bu düzenlenmede, taneler arasında ortaya çıkan enerji minimum düzeye düşürülür. Strüktürel değişimin ortaya çıkmasında, aylık veya yıllık olarak ifade edilebilecek bir zamana ihtiyaç duyulabilir. Kısa ve uzun süreli toprak yönetim uygulamalarında ortaya çıkan strüktürel değişimi değerlendirmek için zaman periyodu önemli bir faktör olarak ortaya çıkmaktadır. İkinci faktör olarak su, tanelere hareket serbestliği sağlayan bir ortam oluşturarak, tanelerin hareketi ve yeniden düzenlenmesinde rol oynar. Su içeriğinde ve özelliklerinde meydana gelen değişimler, tanelerin yeniden düzenlenmesinde etkili olmaktadır. Organizmalar olarak ifade edilen toprak faunası, ve bitki populasyonu toprakta organik maddenin kaynağı ve karıştırıcı etmenler olarak, tanelerin yapısal bir model içinde düzenlenmesinde önemli bir etkiye sahiptir. Organik madde, değişik şartlar altında toprağın agregasyonunda ve erozyona duyarlılığı üzerinde etkili olup, bunda özellikle organo-mineral madde kompleksleri, polisakkaritler, mikoriza ile kök ve kök uzantıları önemli bir rol oynamaktadır. Toprak faunasının, özellikle toprak solucanlarının, toprak strüktürü üzerindeki etkilerinin pozitif olduğu bilinmektedir. Fakat son yıllardaki araştırma bulguları bu etkinin toprak özellikleri ve bu işlemi gerçekleştiren solucanın özelliğine bağlı olarak pozitif yada negatif olabileceğini ortaya koymaktadır.

Toprak Strüktürüne İlişkin Yönetim Uygulamaları

Uygulanan bitki yönetimi, gübreleme, drenaj ve sulamada kullanılan suyun kalitesi, toprak agregatlarının dayanıklılığında etkili olmaktadır.

Pratikte tarım arazilerinde yapılan yönetim uygulamalarında, toprağın kimyasal ve fiziksel özelliklerinin geliştirilmesi ile bitkisel üretim gücünün devamlılığı esas alınır. Bu nedenle, arazi yönetimi ile ilgili uygulamalarda toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerindeki etkilerin belirlenmesi gerekir. Bu sonuçlardan yararlanılarak hangi koşullarda ve hangi toprak özelliklerinde maksimum ürün alınacağı açıklanabilir.

Araştırma sonuçları, toprağın sürüm işlemlerinde kullanılan aletlerle fiziksel olarak karıştırılmasına gerek duyulmaksızın yönetilebileceğini ortaya koymaktadır. ABD'nin

doğusundaki eğimli arazilerde toprak işlemeksizin yapılan mısır üretimi ile ilgili bir araştırma bu amaca hizmet eden iyi bir uygulama örneğidir. Bu çalışmada, toprak işlemeksizin üretim yapılan alanlarda meydana gelen yüzey akış kayıplarının, geleneksel toprak işleme yöntemlerinin kullanıldığı alanlarda meydana gelen kayıptan çok daha düşük düzeyde olduğu belirlenmiştir. (Tablo 1).

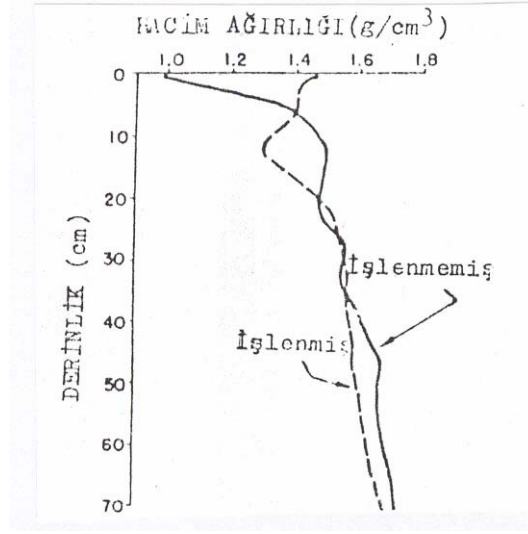
Tablo 1. Geleneksel Toprak İşleme Yöntemleri Kullanılarak Toprak İşlemeksizin Sürekli Mısır Yetiştirilen Havzada Yıllık Yağış ve Yüzey Akış Miktarları (Edwards ve ark.,1988).

Yıl	Yağış, mm	Yüzey akış	
		Toprak İşlemeli, mm	Toprak işlemesiz,mm
1979	1124	140.2	3.81
1980	1175	312.8	4.90
1981	1057	142.2	0.14
1982	899	113.2	0.00

Yapılan araştırma sonucunda, toprak işlemeksizin mısır yetiştirilen toprakların üst ve orta horizonlarda toprak solucanları (*Lumricus terrestris* L.) tarafından oluşturulan 5 mm çapında çok sayıda düşey açık kanal olduğu saptanmıştır. Yüzey toprak tabakasının geleneksel toprak işleme yöntemleri ile işlenmesi ise bu tabakadaki kanalcıkların kapanmasına ve solucanların gıda kaynağı olarak kullandıkları artıkların azalmasına neden olmuştur.

Toprak işlemeksizin yürütülen tarımsal faaliyetin diğer bir sonucu da derinliğe bağlı olarak hacim ağırlığında meydana gelen değişimdir. (Şekil 1). Toprak işlemeksizin üretim yapılan alanlarda sürüm işleminin olmayışı, bitki artıklarının toprak yüzeyine yakın kısımlarda birikmesine, hacim ağırlığı ile kabuk oluşumunun azalmasına ve yüksek infiltrasyon oranının sürdürülmesine yardımcı olur.

Strüktürle ilişkili olarak, toprak yönetim uygulamalarında gözlenebilen iki önemli özellik makro porozite ve toprak hacim ağırlığıdır. Sürümün yıkıcı etkisinin ortadan kalkması, bitki artıklarının yüzeyde birikmesi sürümün yapıldığı alana oranla yapılmadığı alanlarda toprak mikroorganizmalarının lehine bir ortam yaratır. Bu durum, çoğunlukla toprak yüzeyine yakın kısımlarda suyun hareketine etki eder.



Şekil 1. Toprak işlemeksizin ve toprak işlenerek mısır yetiştirilen siltli tınlı toprakta hacim ağırlığının derinlikle değişimi (Lal ve Pierce, 1991).

Toprakta organik maddenin kaybedilmesi yoğun tarımla ilgili olup bu durum, sadece zayıf strüktür oluşumuna değil aynı zamanda verim düşüklüğüne de neden olmaktadır. Çayır bitkileri diğer bitkilerden daha iyi bir strüktür oluşturur ve toprağı korur. Bunun aksine çıplak alanların işlenmesi ise strüktürü en fazla bozan işlemlerdir. Toprak strüktürü ve bitki gelişimi ile ilgili olarak yapılan çalışmalar, 1-10 mm arasındaki suya stabil agregatların bitki gelişimi için uygun bir strüktürün oluşumunda önemli bir rol oynadığını ortaya koymaktadır. Toprak işleme ve makinalı tarım sonucunda meydana gelen toprak sıkışması özellikle siltli ve kumlu topraklarda kök gelişmesini etkiler. Aynı zamanda bazı topraklar geçirimsiz horizonları (fragipan) içerebilir. Bu horizonlar kök girişini doğal olarak sınırlandırır.

Bitki yetiştirmek için kullanılan tarımsal yönetim işlemleri; toprak işleme, bitkinin yetiştirilmesi ve hasat edilmesi toprak strüktürünü ve suyun toprakta hareketini etkiler. Sürüm makinalarının toprağı sıkıştırması genellikle makro porozitenin, toprak havalanmasının ve su hareketinin azalmasına neden olur.

Bitki kök büyümesi ile toprağın hava kapasitesi arasında yakın bir ilişki mevcuttur. Toprakların hava kapasitesini agregat büyüklüğünün önemli derecede etkilediği tesbit edilmiştir. Agregatlar arasındaki geniş gözenekler sayesinde, agregat büyüklüğü arttıkça hava kapasitesinin bir maksimum değere ulaştığı ve sonra azaldığı kabul edilmektedir.

Toprak nem miktarının artması toprak hava porozitesinin azalmasına ve havalanmanın güçleşmesine sebep olmak sureti ile, toprak havasında karbon dioksit miktarının artması ve oksijen miktarının ise azalması ile sonuçlanmaktadır. Bir toprağın 30°C sıcaklık koşullarında, nem miktarının %6.8'den %20.8'e değişmesiyle karbon dioksit miktarının 10 misli arttığı tesbit edilmiştir.

Toprakta, toplam hava dolu gözenek hacmi difüzyon nisbetini tayin ettiğinden ve gözeneklerin büyüklüğü de difüzyon olayında çok küçük bir etkiye sahip olduğundan, strüktür ve nem miktarını birlikte tartışmak gerekir. Kuru durumda bir toprak kabuğu veya sıkışmış bir pulluk tabakası oksijen ve karbon dioksitin difüzyonuna bir engelleme oluşturmamaktadır. Ancak, böyle toprakların ince gözenekleri bir ıslanmadan sonra uzun süre suyu tutar ve dolayısıyla difüzyonu engeller. Onun için, kaymak tabakası oluşumunu ve toprak sıkışmasını engellemek önemli bir husustur. İyi agregatlaşmış stabil bir toprak strüktürü sağlamaya hizmet eden bütün yöntemler, toprak havalanmasına ve aynı zamanda bitki kök gelişimi için uygun bir ortam oluşmasına hizmet ederler.

Normal olarak kökler kendi çaplarından daha küçük olan gözeneklerde büyüyemezler. Kökü çevreleyen gözenek rijit değilse, söz konusu gözenek kök basıncı sonucu, kökün gelişebileceği bir genişliğe ulaşabilir. Aksi takdirde kök fonksiyonunu kaybeder. Kök gelişmesinin mekanik direnci üzerinde yapılan bir çalışmada, arpa köklerinin gözenekleri büyütme için 0.2 bar'lık bir dış basıncı yenebildiği, bu durumda kök uzamasının %50 azaldığı, topraktaki basıncın 0.5 bar'a yükselmesi durumunda ise kök uzamasının %80 azaldığı saptanmıştır.

Toprak Strüktüründe Ortaya Çıkan Değişimler

Toprağın strüktürü dinamik bir karektere sahip olup, iklim ve toprak özelliklerinin etkisi altında sürekli bir değişime uğrayabilen bir durum gösterir. Toprağın bitkisel üretime hazırlanması için işlenmesi ve kullanılan ekipmanlar kadar toprakta devam eden biyolojik ve kimyasal süreçler de toprak strüktürüne etki etmektedir. Donma-çözülme ve ıslanma-kuruma (şişme-büzülme) olayları da toprağın strüktürü ve agregatların dayanıklılığı üzerinde etkili olabilmektedir.

Sürüm işlemi, toprağın karıştırılmasının ve içerdiği nem düzeyinin bir sonucu olarak, toprak agregatlarının boyut ve yapısının değişmesine neden olur.

Sürüm anındaki traktörün sıkıştırma etkisi ile toprağın karıştırılması, aşınımdaki değişimi tamamlayan faktörlerdir. Yine toprağın işlenmesi, hacim ağırlığını ve bunun bir sonucu olarak hidrolik özellikleri etkiler. Sürüm işleminden sonraki peryotta, ortaya çıkan ince toprak taneleri toprak içerisinde geçen suyun hareketine bağlı olarak çöker. Çökme işlemi, toprak yüzeyindeki pürüzlülüğün azalması, agregatların parçalanması, ince materyalin içe taşınması, daha yoğun bir tabakanın oluşumu ile sonuçlanır. Sürüm işleminin olmadığı durumlarda, hayvan aktivitesine bağlı olarakta aşınımda değişme meydana gelir. Bu değişimde, mera alanlarının aşırı ve erken otlatılması ile kazıcı hayvanların toprağı karıştırması önemli bir rol oynamaktadır. Hayvan otlatma ile, üst toprağın hacim ağırlığının 1.22 g/cm³'ten 1.43 g/cm³'e yükseldiğini, buna uygun olarak hava dolu gözeneklerin

%17.3'ten %7.2'ye düştüğünü ve penetrometre direncinin ise 3.2 bar'dan 19.5 bar'a yükseldiği belirlenmiştir.

Strüktürel değişim, değişik biyolojik ve kimyasal süreçlere bağlı olarak ta meydana gelir. Bitki kökleri, yaptıkları fiziksel etkilerle toprak tanelerini yapııştırarak, saçakları ile bir arada tutarak ve çevresindeki suyu kullanarak agregatlaşmaya katkıda bulunur. Kök salgıları ile bitki artıklarının parçalanma ürünleri mikrobiyal aktiviteyi teşvik eder. Artıkların parçalanma ürünleri ise, toprak tanelerinin bağlanması önemli bir rol oynar

Toprakta 0.25 mm'den küçük agregatların oluşmasında organo-mineral madde kompleksleri ve polisakkaritler önemli bir rol oynamaktadır. Bu bağlayıcılarla oluşan agregatlar oldukça stabildir ve toprak işleme ile bundan kaynaklanan organik madde değişiminden etkilenmezler. Daha büyük toprak agregatları esas olarak bitki kökleri ve bakteri ile mantar miselleri tarafından oluşturulurlar. Bu yolla oluşan agregatların stabilitesi bitki kök yoğunluğunun ve mikroorganizma aktivitesinin azalması ile zayıflar. Mineral topraklar, tarıma açıldığı zaman organik maddenin azalmasına paralel olarak strüktürel dayanıklılıkta bir azalma ve erozyona uğrama eyliminde bir artış meydana gelir. Organik maddenin dispers durumdaki topraklarda strüktürü iyileştirme etkisi yavaş olmaktadır.

Donma ve çözülme işlemi, toprağın hacim ağırlığını, hidrolik iletkenlik değerini, ve agregat stabilitesi değerini önemli ölçüde etkiler. Toprak yüzeyinde uygun nem ve sıcaklık koşullarındaki, donma ve çözülme işlemi, yüzey toprağının hacim ağırlığının azalmasına neden olur. Düşük toprak hacim ağırlığı ve yüksek su içeriği değerleri, yüzey toprağının yağmur damlaları ile sıçratılması ve taşınması için uygun bir ortam oluşturur. Toprak yoğunluğundaki farklılık, donmuş katmanın çözülmesinden sonra da devam eder. Bu koşullar yüksek intensitedeki ilkbahar yağmurları ile birleştiği zaman önemli miktarda toprak kaybına neden olur. Birbirini takip eden donma ve çözülme ile ıslanma ve kuruma işlemleri bu olayları teşvik eder. Bu olayların karşılıklı etkileri agregat stabilitesinin ve dolayısı ile toprak aşınımını etkiler.

Donma ve çözülme periyodu boyunca, toprağın yarayışlı nem içeriği, donma koşulları, donma- çözülme sayısı agregat stabilitesi üzerinde önemli bir rol oynamaktadır. Donma anındaki nem içeriği, dayanıklılığı etkileyen önemli bir faktör olup, nem düzeyinin artması parçalanmayı artırmaktadır. Donma anındaki topraktaki elverişli nem düzeyi toprak strüktür şartlarını ortaya koyan önemli bir gösterge olarak değerlendirilmekte olup, donmanın plastiklik koşullarına yakın nem düzeyinde meydana gelmesi, özellikle killi topraklarda uygun drenaj ve havlanmanın oluşması açısından önemlidir. Donma süratli şekilde meydana gelirse çok sayıda küçük buz kristalleri oluşur ve agregatlar parçalanır. Yavaş donmanın meydana gelmesi durumunda, oluşan buz kristalleri bir merkez oluşturarak agregatlaşmaya katkıda bulunur.

Ani donma zararına maruz kalan alanlarda, donma başlangıcındaki yüksek su içeriği geçirimsiz bir don katmanının oluşmasına neden olur. Toprak donduğu zaman aşınım minimumdur. Bununla birlikte, yüzeydeki donmuş toprak katmanı çözülmeye başladığında, çözülmüş katmanın altındaki donlu tabaka infiltrasyonu ve suyun hareketini engelleyerek drenajın olmadığı bir ortam yaratır. Bu şartlar altında, toprağın aşınabilirliği çok yüksektir ve bundan dolayı önemli miktarda toprak kaybı meydana gelir.

Eğer karla örtülü periyot uzun ise ilkbahar çözünmeleri esnasında toprak yüzeyi önemli sayıdaki donma-çözülme işlemine maruz kalır. Donma-çözülme sayısının artması, bu periyodun uzun olması, toprağın erozyona karşı dayanıklılığının minimum olması bu bölgelerde kar erimeleri ve ilkbahar yağmurlarından meydana gelen toprak kayıplarının artmasına neden olur.

Donmanın problem olmadığı bölgelerde, toprağın aşınabilirliği ısı değişimlerinden çok ıslanma-kurmanın bir fonksiyonu olarak meydana gelir. Kuru bir kesek ıslandığı zaman, çimento materyalinin dispersiyonu, nem miktarındaki artışa paralel olarak kohezyondaki azalma, gözeneklerde hapsedilen havanın sıkışması ve heterojen toprak yapısının neden olduğu üniform olmayan şişme ve büzülmeden dolayı küçük parçalara ayrılır. Toprak kolloidlerinin kuruması ise, dehidrasyonla toprak kitlesinin büzülmesine ve kil tanelerinin birbirine yapışmasına neden olur. Kurumanın hızlı olması durumunda dehidrasyon üniform olmaz ve bu nedenle toprak kitlesi her tarafta eşit olmayan büzülme ve gerilmeye maruz kalır. Bu durum, keseklerin parçalanması ile sonuçlanır. Toprak aşınabilirliği bu bölgelerde bitki gelişme periyodunun sonlarına doğru olan bir dönemde minimum değere ulaşır. Bu noktadan sonra, aşınabilirlik göreceli olarak sonbahar ve kış boyunca tekrar artmaya devam ederek maksimum bir değere ulaşır.

KAYNAKLAR

- Bajracharya, R.M., R. Lal, 1992. Seasonal Soil Loss and Erodibility Variation on a Miamian Silty Loam Soil. Soil Sci. Soc. of American J., 56:1560-1565.
- Benoit, G.R., 1973. Effect of Freeze-Thaw Cycles on Aggregate Stability and Hydrolic Conductivity of Three Soil Aggregate Sizes. Soil. Soil Sci. Soc. of American P., 37: 3-5.
- Blevins, R.L., W.W. Frye, 1993. Conservation Tillage: an Ecological Approach to Soil Managemant. Advances in Agronomy, 51: 33-78.
- Bryan, R.B., 1990. Soil Erosion, Experiments and Models. Catena Supplement, 17:41-55.
- Çelebi, H, H. Bal,1976. Orta Anadolu Şartlarında Toprak İşleme ve Ekim Metotlarının Toprak ve Su Muhafaza Bakımından Önemi. Atatürk İni. Ziraat Fak. Ziraat Dergisi, 7(2): 193-204.

- H.,Edward, L.M., J.R. Burney, 1987. Soil Erosion Losses Under Frezee-Thaw and Winter Ground Cover Using a Laboratory Rainfall Simulator. Canadian Agricultural Engineerring, 29(2): 109-115.
- Edwards, W.M., L.D. Norton, C.E. Redmond, 1988. Charecterizing Macroporres That Affect Infiltration Into Nontilled Soil. Soil Sci. Soc. of American J., 52(2): 483-487.
- Kirby, P.C., G.R. Mehuyd, 1987. Seasanal Variation of Soil Erodibilities in Southwestern Quebec. J. of Soil and Water Conservation, 42: 211-215.
- Lal, R., F.J. Pierce, 1991. Soil Management for Sustainability. Soil and Water Conservation Soc., USA.
- Munsuz, N., 1985. Toprak Mekaniği ve Teknolojisi. Ankara Üni.Ziraat Fak. Yayınları, No:923, s.448, Ankara.
- N'dayegamiye, A., D.A. Angers, 1993. Organic Matter Characteristics and Water-Stable Aggregation of a Sandy Loam Soil After 9 Years of Wood-Residue Applications. Can. J. Soil Sci.,73: 115-122.
- Özkan, İ.,1985. Toprak Fiziği. Ankara Üni. Ziraat Fak. Yayınları, No:946, Ders Kitabı No: 270. s.171, Ankara.
- Pagliai, M., M. De Nobili, 1993. Relationships Between Soil Porosity, Root Development and Soil Enzyme Activity in Cultivated Soils. Geoderma, 56: 243-256.
- Piccolo, A., J.S. Mbagwu, 1989. Effects of Humic Substances and Surfactants on the Stability of Soil Aggregates. Soil Sci., 147(1): 47-54.