

Karasal Ekosistemde Karbon Yönetimi ve Önemi

Rasim Koçyiğit

Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bölümü, 60240, Tokat

Özet: Son yıllarda yapılan çalışmalar, toprak karbon stoklarındaki hızlı oksidasyonun çevrede özellikle atmosferin kimyasında önemli değişimlere neden olduğunu ortaya koymuştur. Atmosferdeki sera gazlarından özellikle CO₂'nin miktarındaki artış, iklimi, bitkilerin fizyolojisini, toprağın mikrobiyal aktivitesini ve organik maddenin oluşumunu ve parçalanmasını önemli ölçüde etkiler. Topraklar atmosferdeki karbon için bir depo olabileceği gibi kaynak da olabilir. Bir ekosistemde toprakta depolanan veya topraktan atmosfere salınan C miktarı, net ekosistem üretimi ile ekosistemden atmosfere salınan toplam heterotrofik solunuma bağlıdır. Arazi kullanımına bağlı olarak yoğun toprak işleme, topraktaki organik C'un hızla oksidasyonuna neden olarak toprakların atmosferdeki CO₂ için bir kaynak olmasına neden olur. Toprakların yıllardır yapılan geleneksel toprak işleme sonucu başlangıç karbonunun yaklaşık % 50'si kaybolmuş bulunmaktadır. Minimum sürüm ve sürümsüz tarım teknikleri organik karbonun oksidasyonunu azaltarak toprağın net C kazanımına neden olur. Böylece çeşitli yollarla atmosfere salınmış olan C'nin yeniden toprakta depolanması sağlanabilir. Yüksek organik karbon aynı zamanda toprağın kalitesi ve verimliliğini de artırır. Böylece topraklar atmosferdeki karbonun depolanması için iyi bir kaynak görevi görür.

Anahtar kelimeler: Karbon depolanması, arazi kullanımı, toprak organik maddesi, tarımsal kullanım, mera ve orman

Carbon Management and Importance in Terrestrial Ecosystem

Abstract: Recently, researchers indicated great changes in the chemistry of atmosphere due to faster oxidation of soil organic carbon. The increases of greenhouse gasses especially CO₂ concentration can affect climate, plant physiology, microbial activity, soil organic matter, and decomposition. Soil can be a store or source for atmospheric CO₂. The amount of soil organic carbon stored in the soil or release to the atmosphere depends on net ecosystem productivity and heterotrophic respiration. Soil management systems with intensive cultivation may stimulate oxidation of old organic matter, and create the soil a source of atmospheric CO₂. Similarly, almost lost 50% of organic carbon was lost due to conventional tillage systems and cultivation. Minimum tillage and no-till practices reduce oxidation of soil organic carbon and result net C gain. Thus, atmospheric CO₂ can be stored in soils using these management systems. The greater level of soil organic carbon can also increase soil quality and fertility. This indicates our soils can be a greater potential to store atmospheric CO₂.

Key words: Carbon storage, land management, soil organic matter, agricultural use, pasture and forest

1. Giriş

Atmosferde önemli sera gazlarından biri olan CO₂ konsantrasyonundaki hızlı artış ve küresel iklim değişimleri karbon dioksit ve diğer karbonlu gazların (metan ve hidrokarbonlar) toprakta depolanmasına olan ilgiyi artırmıştır. Atmosferdeki CO₂ konsantrasyonu endüstriyel gelişmeden önce 270 ppm iken günümüzde 360 ppm ulaşmıştır (IPCC, 2001). Bu artışın en büyük sebebi fosil yakıtların kullanımı, kısmen de olsa arazi kullanımındaki değişme, ormanların kesilmesi, meraların tarıma açılması ve geleneksel toprak işleme yöntemleridir.

Karasal ekosistemde karbonun depolanması, atmosferdeki CO₂ artışını engellemek için en iyi ve düşük maliyetli bir yoldur. Karbonun topraklarda depolanması aynı zamanda toprağın verimliliği açısından da

önemlidir. Topraklardaki mevcut organik karbonun korunup sürekliliğinin sağlanması, bitki örtüsü ve mevcut organik ve inorganik karbonun korunmasını gerektirir. Bu amaca yönelik yapılacak bir çalışmanın toprağa ve çevreye olumlu yararları olacaktır. Toprakta karbon depolanmasının çevrede yaratacağı olumlu etkilerin yanında, bazı ülkelerde enerji üreten firmalar üreticilerin topraklarında depoladıkları karbona karşılık karbon kredisi sağlamaktadırlar (Marland et al., 2001). Bu bağlamda, organik maddenin yapı taşı olan karbonun korunup muhafaza edilmesi organik maddenin iyi bir yönetimini gerektirir.

2. Toprak Organik Maddesi

Topraktaki karbonun büyük bir kısmı organik maddenin yapısında bulunur. Bununla birlikte kurak ve yarı kurak iklim bölgelerinde

kireçli ana materyal üzerinde oluşmuş topraklarda CO₃-C önemli bir yer tutar (Sanford et al., 1985). Yeryüzünde karasal ekosistemde toprağın 1 m'lik kısmında depolanan organik karbon miktarı yaklaşık 1200-1600 Gt C (Giga ton C) (Batjes and Sombroek, 1997). Bu haliyle toprak bitkilerin yapısındaki karbondan 2.5 kat daha fazla (560 Gt C) ve atmosferdeki karbondan ise yaklaşık iki kat fazla C içerir (Schlesinger, 2003). Topraklarda depolanan bu karbon miktarı ekosistemden ekosisteme farklılık göstermekle beraber, toprak içerisindeki dağılımı da değişir. Genellikle, toprak yüzeyinden derine doğru inildikçe organik karbon miktarı azalır. Bu yüzeyde depolanan organik karbon miktarı toprakta bitki besin döngüsünü ve atmosferle olan gaz değişimini doğrudan etkiler. Topraktaki organik maddenin dinamiği bölgenin sıcaklığı, yağış durumu, toprağın tekstürü ve drenaj durumuna bağlıdır. Toprakların verimliliği toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri tarafından kontrol edilmekte ve bu özelliklerde toprağın organik madde içeriğiyle yakından ilişkilidir. Bu durum, karbonun toprakta depolanmasının yalnızca çevresel açıdan değil, aynı zamanda tarımsal açıdan da ne kadar önemli olduğunu ortaya koymaktadır.

3. Karbonun Toprakta Depolanmasının Önemi

Toprak üstü bitki örtüsü ve organik karbon toprağı erozyondan koruyarak, toprağın su tutma ve besin maddesi kapasitesini artırır. Çeşitli yollarla (fosil yakıtlar ve degradasyonla) topraktan atmosfere salınmış olan C'nin yeniden toprağa kazanılmasında arzu edilen en doğru yol bitkiler tarafından fotosentezle tekrar organik yapıya bağlanmasıdır. Atmosferdeki CO₂ konsantrasyonundaki bu hızlı artışın engellenerek tekrar eski durumuna getirilmesi lokal ölçekli bir planlamadan ziyade, bölgesel ölçekli küresel arazi kullanım planlamasını gerektirir (Jacobs and Graham, 2000). Bu planlamalar insanların gıda ihtiyacını ve biyolojik çeşitliliği koruyacak şekilde yapılmalıdır. Karasal ekosistemlerde karbon depolanmasını sağlayan arazi kullanım planlaması, arazi kullanım yetenek sınıfına uygun farklı kullanımlardan oluşan kombine bir planlamayı gerektirir. Karbonun toprakta depolanmasının maliyeti düşük ve kısa sürede atmosferdeki yüksek CO₂ kontrol altına almak

için atılacak en kolay adımdır. Karbonun toprakta depolanmasının yaratacağı maliyet, bazı endüstri kurumları, ülkeler ve sivil toplum örgütleri tarafından karşılanabilmektedir. Bu şekilde üreticiye yapılan ödemeler karbon kredisi olarak adlandırılmakta olup gelişmiş ülkelerde uygulamaya konulmuştur. Uygun arazi yönetim sistemleriyle karbonun toprakta korunması ve muhafazası ile yılda yaklaşık 1 ila 3 Gt C depolanabilir (DOE 2000). Bu durum atmosferdeki yüksek CO₂'nin bir kısmının fosil yakıtlar ve arazi kullanımından kaynaklandığını ortaya koymaktadır. Fosil yakıtlar ve arazi kullanımı sonucu, atmosfere salınmış olan CO₂'nin yeniden toprağa bağlanması küresel ısınmanın yavaşlatılıp engellenmesi için bir araç olacaktır.

4. Arazi Kullanımının Karbon Depolanmasına Etkisi

Atmosferde bulunan sera gazları yeryüzünden yansıyan ısıyı tutarak yeryüzünün sıcaklığının daha da artmasına neden olur. Son yıllarda küresel ısınmanın iyice hissedilir hale gelmesi karbon döngüsü, karbonun toprak verimliliğindeki önemi, küresel iklim değişimleri ve bunun atmosferdeki yüksek CO₂ konsantrasyonuyla olan ilişkisi ve tarımsal faaliyetlerin karbon depolanması üzerine olan etkisi konusunda yapılan araştırmaların artmasına neden olmuştur.

Topraklar yaklaşık 1500 Gt. karbonla karasal ekosistemin en büyük karbon deposunu oluşturur. Bu dinamik depo ile atmosfer arasındaki yıllık CO₂ değişimi, fosil yakıtlar tarafından atmosfere salınan karbonun yaklaşık on katıdır (Schlesinger, 2003). Fakat, yıl içerisinde topraklardan atmosfere salınan karbon ile fotosentezle atmosferden uzaklaşan karbon arasında belirli bir denge mevcuttur. Arazi kullanımındaki değişme bu dengeyi doğrudan etkiler. Tarım toprakları başlangıç karbonunun %50-66 kaybetmiş durumda olup bu da 42 ila 78 Gt. C eşdeğerdir (Lal, 2004). Bu tarım topraklarının ne kadar karbonu depolama potansiyeline sahip olduğunu da ortaya koymaktadır.

Toprakların karbon depolama kapasitesine ulaşması toprağın verimliliğini, erozyona karşı direncini artıracak ve erozyon sonucu tarımsal değerini yitirmiş olan toprakları yeniden rahabilite edecektir. Erozyonun önlenmesiyle akarsularla göllere ve barajlara taşınan sediment

miktarı azalacak, suyun kalitesi ve aquatik yaşam olumlu yönde etkilenecektir. Sonuç olarak, toprakta karbon depolanmasının bu çok yönlü faydası yıllardır geleneksel olarak yapılan tarımsal faaliyetlerin yeniden gözden geçirilmesinin bir ihtiyaç olduğunu ortaya koymaktadır.

5. Tarımsal Kullanımın Karbon Depolanmasına Etkisi

Topraklarda depolanan karbon miktarı, fotosentezle organik yapıya bağlanan karbonla, organizmalar tarafından organik maddenin parçalanması ve solunum sonucu atmosfere salınan karbon arasındaki bir dengeyi ifade eder. Karasal ekosistemdeki bu iki olay fiziksel ve biyolojik faktörler tarafından kontrol edilir. Bitkisel üretim ve fotosentez büyük ölçüde iklim, toprağın su tutma kapasitesi, toprağın besin maddesi durumuna ve atmosferin CO₂ içeriğine bağlıdır. Atmosferdeki CO₂ konsantrasyonunun artması fotosentez ve bitkisel üretimin artacağına bir işarettir. Fakat, atmosferdeki yüksek CO₂'nin yaratacağı küresel ısınma toprakta organik maddenin parçalanmasını hızlandırarak uzun vadede bitkisel üretimi olumsuz yönde etkileyecektir.

Toprakta organik karbonun depolanması toprağın verimliliğini olumlu yönde etkileyerek sürdürülebilir üretim için bir anahtar görevi görür (Bauer and Black, 1994; Lal et al., 1997). Toprak yönetim sistemindeki değişme toprakta depolanan organik C miktarını artırıp azaltabilir. Optimum tarımsal yönetim sistemleri organik karbonun depolanmasını sağlayarak atmosferdeki yüksek CO₂'nin yeniden dengelenmesini sağlar (Sampson and Scholes, 2000). Bu optimum tarımsal yönetim sistemleri, minimum toprak işleme veya işlemez tarım, münavebe ve organik atıkların (bitkisel ve hayvansal) kullanımını gerektirir. Yapılan bir çalışma geleneksel sürüm sisteminden sürümsüz tarıma geçmekle, toprağın ilk 8 cm kısmında önemli miktarda karbon depolandığını ve 8-15 cm de ise depolanan karbon miktarındaki artışın daha az olduğunu ortaya koymuştur (Kern and Johnson 1993). Uygun toprak işlemenin yanında, münavebe sisteminin kullanılması da toprakta depolanan karbon miktarında önemli artışa sebep olur (Machado et al., 2006). Kuru tarım yapılan alanlarda minimum sürüm sistemiyle birlikte uygun münavebe sisteminin

kullanılması toprakta depolanan karbon miktarını artırmaktadır (Sainju et al., 2006).

Toprağa ilave olan organik karbon miktarı, topraktan oksidasyon yoluyla kaybolan karbon miktarından fazlaysa toprağın organik karbon içeriği artar. Böyle bir artış sürüm sistemlerine ve bitki gelişimini teşvik eden faktörlerin (gübreleme ve sulama) varlığına bağlıdır. Bunlar içerisinde en fazla etkiyen faktör minimum sürüm sistemleridir (sürümsüz tarım, çizerek sürüm ve malçlı sürüm). Diğer bir faktör olan hasat atıklarının yönetimi ve nadas süresinin kısaltılmasında organik karbon miktarını etkiler. Amerika da yapılan bir çalışmada minimum toprak işleme ve hasat atıklarının yönetimiyle yılda yaklaşık 30 ila 105 milyon m⁻³, münavebe ve kışık örtü bitkisi kullanımıyla 14 ila 29 milyon m⁻³ ve uygun gübreleme ve sulamayla 11 ila 30 milyon m⁻³ karbonun depolanabileceği tahmin edilmektedir (Follett, 2001). Yapılan araştırmalar tarımsal ekosistemde karbon depolanmasıyla atmosferdeki CO₂ konsantrasyonunun % 20 ve daha fazla azalacağını ortaya koymaktadır (Follett, 2001).

Tarımsal ekosistemde karbon depolanmasını artırmak için, sürümsüz tarım ve minimum sürüm sistemlerinin uygulanması, monokültür ürün deseni yerine polikültür ürün deseninin kullanılması, nadasa bırakmanın terk edilerek bitkisel üretimin bütün bir yıla yayılması, erozyonun önlenmesi, hasat atığı fazla olan bitkilerin yetiştirilmesi, karbon depolama yeteneği yüksek olan hibritlerin kullanılması ve tarıma uygun olmayan alanların otlak ve orman alanı olarak kullanılması gerekir.

6. Mera ve Ormanların Karbon Depolanmasına Etkisi

Doğal ekosistemlerde depolanan organik karbon miktarı büyük ölçüde o bölgenin enlemine ve almış olduğu yıllık yağış miktarına bağlı olarak değişir. Ekvatordan güney ve kuzeye doğru gidildiğinde organik karbon miktarı önemli ölçüde artmaktadır. Bunun yanında bölgenin almış olduğu yağış miktarındaki artış da doğal ekosistemlerde depolanan karbon miktarını artırmaktadır. Ülkemizden örnek vermek gerekirse karedeniz bölgesinde yüksek yağış miktarı yüksek bitkisel üretime neden olduğundan depolanan karbon miktarı diğer bölgelere göre daha fazladır.

Orman alanları atmosferdeki CO₂ konsantrasyonu üzerine önemli bir etkiye sahiptir. Tropikal ormanlar CO₂'nin depolandığı en önemli doğal ekosistemi oluşturur. Tropikal ormanların tahribi atmosfere salınan CO₂'nin % 20'den sorumludur (IPCC, 2001). Orman alanları, sera gazlarının artışına katkı sağlayacağı gibi atmosfere salınan CO₂'yi organik yapıya bağlayarak iklim değişimini engelleyebilir. Orman ve otlakların tarıma açılmasıyla organik C miktarının % 20 düzeyinde azaldığı rapor edilmiştir (Mann, 1986). Bu azalmanın miktarı toprak işleme süresi ve işleme yoğunluğunun artmasıyla artar. Amerika da yapılan bir çalışmada, doğal bir ekosistemim tarıma açılması ile başlangıç karbonunu yaklaşık % 50-60 kaybolmakta diğer bir ifadeyle atmosfere geçmektedir (Buyanovsky et al., 1987; Paul et al., 1997; Sotomayor and Rice, 1999; Koçyiğit and Rice, 2004). Yapılan başka bir çalışma, otlağın tarıma açılmasıyla ilk 7 yılda organik karbon miktarında ani bir azalma olduğu ve 12 yıl sonra toprakta yeni bir denge oluştuğunu ortaya koymuştur (Sandra et al., 2008). İşlemeli tarım yapılan bir alanın ise orman veya otlağa dönüştürülmesiyle yılda yaklaşık 33.8 veya 33.2 g C m⁻² depolanabilmektedir (Post and Kwon, 2000). İşlemeli tarım yapılan alanın otlağa dönüştürülmesiyle yüzeyde agregatlar

tarafından korunan organik karbon miktarının arttığını, yüzey altında ise bu artışın ilk 30 yılda önemsiz olduğu ortaya konmuştur (Potter and Derner, 2006).

Ormanlarda depolanan C miktarını artırmak ağaçların ve toprağın yapısında bulunan karbonun parçalanmadan korunmasıyla mümkündür. Bu da orman alanlarının iyi bir şekilde yönetilmesine bağlıdır. Bu alanlarda depolanan C'nin miktarı ağacın türüne, toprağın tipine, bölgenin iklimine ve topografyaya bağlı olarak değişir. Topraklar depolayacağı maksimum C miktarına (saturasyon noktasına) ulaştığında daha fazla C'nin depolanması söz konusu değildir. Bu genellikle ağaçlardaki gelişmenin belirli bir büyüklüğe ulaştığı durumu gösterir. Bu aşamaya ulaşmış olan toprakların sahip olduğu C miktarını koruması için sürdürülebilir bir yönetim planlaması yapılmalıdır.

Doğal ekosistemlerde depolanan karbon miktarını artırmak için, mera ve otlaklarda vejetatif aksamı bol kaliteli yem bitkilerinin yetiştirilmesi, otlakların uygun görülen sıklıklarla kontrollü bir şekilde gübrelenip sulanması, aşırı otlatma engellenerek otlakların verimliliğinin artırılması ve meralarda otlatmanın belirli bir rotasyon içerisinde yapılması gerekir.

Kaynaklar

- Batjes, N.H. and Sombroek, W.G., 1997. Possibilities for carbon sequestration in tropical and subtropical soils. *Global Change Biol.*, 3,161-173.
- Bauer, A. and Black, A.L., 1994. Quantification of the effect of soil organic matter content on soil productivity. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 58,185-193.
- Buyanovsky, G.A., Kucera, C.L., and Wagner, G.H., 1987. Comparative analyses of carbon dynamics in native and cultivated ecosystems. *Ecology*, 68,2023-2031.
- DOE (U.S. Department of Energy). 2000. Carbon Sequestration Research and Development, DOE/SC/FE-1, Washington, D.C.
- Follett, R.F., 2001. Soil management concepts and carbon sequestration in cropland soils. *Soil Till. Res.*, 61,77-91.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) 2001. *Climate Change 2001: The scientific basis*. Cambridge University Press, Cambridge, England.
- Jacobs, G. K. and Graham, R.L., 2000. Carbon sequestration and bioenergy feedstock production seminar, Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, TN.
- Kern, J.S., and Johnson, M.G., 1993. Conservation tillage impact on national soil and atmospheric carbon levels. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 57,200-210.
- Koçyiğit, R. and Rice, C.W., 2004. Carbon dynamics in tallgrass prairie and wheat ecosystems. *Turk J. Agric. For.*, 28,141-153.
- Lal, R., Kimble, J., and Follett, R., 1997. Soil quality management for carbon sequestration. In: *Soil properties and their management for carbon sequestration*. Edited R. Lal et al., United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Services, National Soil Survey Center, Lincoln, NE.
- Lal, R., 2004. Soil Carbon Sequestration Impacts on Global Climate Change and Food Security. *Science*, 304,1623-1627.
- Machado, S., Rhinart, K., and Petrie, S. 2006. Long-term cropping system effects on carbon sequestration in eastern Oregon. *J. Environ. Qual.* 35, 1548-1553.
- Mann, L.K., 1986. Changes in soil carbon storage after cultivation. *Soil Sci.*, 142,279-288.
- Marland, G., Fruit, K., and Sedio, R., 2001. Accounting for sequestered carbon: The question of permanence. *Environ. Sci. Policy*, 4,259-268.

- Paul, E.A., Paustian, K.H., Elliot, E.T., and Cole, C.V., 1997. Soil organic matter in temperate agroecosystems: Long-term experiment in North America, CRC Press, Boca Raton, FL.
- Potter, K.N., and Derner, J.D., 2006. Soil carbon pools in central Texas: Prairies, restored grasslands, and croplands. *J. Soil water cons.* 61, 124-128.
- Post, W.M., and Kwon, K.C., 2000. Soil organic carbon sequestration and land use change: Processes and potential. *Global Change Biol.*, 6,317-327.
- Sainju, U.M., Lenssen, A., Caesar-Thonthat, T., and Waddell, J., 2006. Carbon sequestration in dryland soils and plant residue as influenced by tillage and crop rotation. *J. Environ. Qual.* 35: 1342-1347.
- Sampson, R.N. and Scholes, R.J., 2000. Additional human-induced activities. In: *Land use, land-use change, and forestry: A special report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Edited R.T. Watson et al. IPCC.
- Sanford, R.L., Saldarriaga, J., K.E. Clark, K.E., Uhe, C., Herrera, R., 1985. Amazon rainforest fires. *Science*, 227,53-55.
- Sandra, H., Thomas, A., Jens, L., and Peter, W., 2008. The effects of tillage system on soil organic carbon under moist, cold-temperature conditions. *Soil Till. Res.* 98, 94-105.
- Schlesinger, W., 2003. The Carbon Cycle: Human perturbations and potential management options. In: *Global Climate Change: The Science, Economics and Politics*. Edited J.M. Griffin, Edward Elgar, Cheltenham, UK.
- Sotomayor, D. and Rice, C.W., 1999. Soil air carbon dioxide and nitrous oxide concentrations in profiles under tallgrass prairie and cultivation. *J. Environ. Qual.*, 28,784-793.