



Impact of Long Term Phosphorus Doses Application on Soil Carbon, Nitrogen and Phosphorus Concentration[#]

Mehmet Işık^{1,a,*}, Feyzullah Öztürk^{1,b}, Veysi Akşahin^{1,c}, Berna Demirkol^{1,d}, İbrahim Ortaş^{1,e}

¹Department of Soil Science and Plant Nutrition, Faculty of Agriculture, Çukurova University, 01330 Adana, Turkey

*Corresponding author

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p>[#]This study was presented as an oral presentation at the 5th International Anatolian Agriculture, Food, Environment and Biology Congress (Tokat, TARGID 2020)</p> <p>Research Article</p> <p>Received : 11/11/2020 Accepted : 19/11/2020</p> <p>Keywords: Wheat Phosphorus Nitrogen Carbon Experiment</p>	<p>The aim of study is to investigate; the effect of increasing several doses P application on soil C, N and P concentration in Long term experiment conditions. Tested hypothesis; increasing P doses application increases soil C, N and P concentration, consequently plant yield can increase. The experiment has establish at University of Çukurova, Faculty of Agriculture, Research and Application field on Arık soil series from since 1998 until update. Four doses of P applied; such as 0 kg P₂O₅ ha⁻¹ (P0), 50 kg P₂O₅ ha⁻¹ (P50), 100 kg P₂O₅ ha⁻¹ (P100) and 200 kg P₂O₅ ha⁻¹ (P200) with tree replications. Under rain fed condition Adana-99 species wheat (<i>Triticum aestivum</i> L.) seeds were sown in November 2017 and harvested at May 2018. Soil samples were taken at different depth (0-15 cm and 15-30 cm) of rhizosphere and non-rhizosphere part at harvest. Soil P concentrations, organic C (OC), inorganic C (IC), soil total carbon C and N were analyzed. Result shown that there is a statistically difference as P concentration, especially in both depth of rhizosphere and non-rhizosphere soils, the best application is P200 compared to the control. As the P dose increased, also soil P content increased linearly. In terms of soil OC content, there was a statistically significant difference at a depth of 15-30 cm in rhizosphere and non-rhizosphere soils and, the best practice was got at P200 application compared to control treatment. In addition, due to increasing doses of P application, the mean soil OC, total N and C content increased. The founded results are support our hypothesis.</p>

Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 8(sp1): 150-154, 2020

Uzun Süreli Deneme Koşullarında, Artan Dozlarda Fosfor Uygulamasının Toprak Karbon, Azot ve Fosfor İçeriğine Etkisi

MAKALE BİLGİSİ	ÖZ
<p>Araştırma Makalesi</p> <p>Geliş : 11/11/2020 Kabul : 19/11/2020</p> <p>Anahtar Kelimeler: Buğday Fosfor Azot Karbon Tarla denemesi</p>	<p>Çalışmanın amacı uzun süreli çakılı deneme koşullarında artan dozlarda P uygulamasının toprak C, N ve P içeriği ve elementlerin kendi aralarındaki etkileşimlerini araştırmaktır. Test edilen araştırma hipotezi ise; artan dozlarda P uygulaması toprak C, N ve P konsantrasyonlarını arttırmakta ve buna bağlı olarak bitkisel üretim artmaktadır. Deneme Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama Çiftliğinde 1998 de Arık toprak serisinde çakılı deneme olarak kurulmuş ve günümüze kadar buğday-mısır rotasyonu olarak devam ettirilmektedir. Söz konusu çalışmada her üretim sezonu öncesi 0 kg P₂O₅ ha⁻¹ (P0), 50 kg P₂O₅ ha⁻¹ (P50), 100 kg P₂O₅ ha⁻¹ (P100) ve 200 kg P₂O₅ ha⁻¹ (P200) konuları üç tekerrürlü olarak uygulanmaktadır. Çalışma Kasım 2017 de Adana-99 çeşidi Buğday (<i>Triticum aestivum</i> L.) ekilerek kurulmuş olup Mayıs 2018 de hasat edilmiştir. Hasat ile birlikte farklı toprak derinliklerinden (0-15 ve 15-30 cm) ve farklı bölgelerden (rizosfer ve rizosfer olmayan) toprak örnekleri alınarak analize hazır hale getirilmiştir. Toprak organik C (OC), inorganik C (IC), toplam C ve N içeriği ve P konsantrasyonları tayin edilmiştir. Araştırma Bulguları gösteriyor ki; her iki derinlikte rizosfer (R) ve rizosfer olmayan (NR) bölgelerde P içeriği bakımından istatistiksel olarak dikkate değer bir fark olup; kontrole kıyasla en iyi uygulama P200 uygulamasında elde edilmiştir. Artan P doz uygulaması ile toprak P içeriği doğrusal bir şekilde artmıştır. Toprak OC içeriği bakımından ise rizosfer ve rizosfer olmayan bölgelerde (15-30 cm derinlikte) istatistiksel olarak dikkate değer bir fark olup, kontrole kıyasalar en iyi uygulama P200 uygulamasında sağlanmıştır. Ayrıca, artan P doz uygulamasına bağlı olarak ortalama toprak OC, toplam N ve C içeriği artış göstermekte olup sonuçlar hipotezimizi destekler niteliktedir.</p>

^a isikm@cu.edu.tr
^c veysiaksahin@gmail.com
^e iortas@cu.edu.tr

^{ib} <https://orcid.org/0000-0003-2619-3317>
^{id} <https://orcid.org/0000-0002-4406-9275>
^{ie} <https://orcid.org/0000-0003-4496-3960>

^b ozturk2421@gmail.com ^{id} <https://orcid.org/0000-0002-2468-9098>
^d demirkolberna@gmail.com ^{id} <https://orcid.org/0000-0001-5398-3002>



Giriş

Dünyadaki tüm varlıklar elementlerden oluşmakta olup, elementel kompozisyon biyoloji ve ekoloji için hayati öneme sahiptir (Michaels, 2003). Toprak karbon (C), azot (N) ve fosfor (P) içeriğinin birbirleri ile ilişkili olduğu pek çok çalışmada görülmektedir (Walker ve Adams, 1958; Melillo ve ark., 2003; Tian ve ark., 2010). Söz konusu elementler toprağın kimyasal, fiziksel ve biyolojik verimliliğini doğrudan etkiledikleri için her zaman ölçülmektedirler.

Toprak C ve N içeriği atmosferik sera gazlarını kontrol etmek adına büyük öneme sahiptir. Atmosferik karbonu depo yeri olan toprağa bağlamak, atmosferik CO₂ i azaltmanın yanı sıra toprak verimliliğini de arttırmaktadır. Öte yandan, toprak N stabilitesi üretkenliği arttırmanın yanı sıra gübrelerden kaynaklanan ekonomik girdilerde azalma ve çevreye olumsuz etkilerini azaltmak adına son derece önem arz etmektedir (Qiu ve ark., 2016).

Toprak C ve N içerikleri yönetim uygulamalarından (gübre uygulamaları ve toprak işleme uygulamaları gibi) kaynaklanan zararlardan dolayı tarımsal sistemlerde doğal ekosistemlere göre daha hassas ve karmaşıktır (Qiu ve ark., 2010; Qiu ve ark., 2016). Ayrıca C ile N 'un oranı toprakta mikrobiyal aktivitesi ve organik madde mineralizasyonunu (Brust, 2019) yani toprak verimliliğini doğrudan etkilemektedir. Atmosferden toprak ekosistemine dâhil olabilen C ile N 'un aksine P un toprakta varlığı apatiti kayası ile ilişkilidir (Schnug ve Haneklaus, 2016). P kaynağı olan apatit kayasının önümüzdeki 50-150 yıl içerisinde tükenebileceği varsayılmaktadır (Cordell ve ark., 2009; Schnug ve Haneklaus, 2016). Düşük P uygulaması toprak ve bitki verimini azaltırken, yüksek P uygulaması ötrofikasyona sebep olabilir (Yli-Halla ve ark., 2016).

Bu noktadan hareketle artan kimyasal gübre uygulamasının uzun vadede toprak C, N ve P içeriğine etkisi her zaman anahtar elementler olarak araştırma konusudurlar. Bu bağlamda çalışmanın amacı uzun süreli(çakılı) deneme koşullarında artan dozlarda P uygulamasının toprak C, N ve P içeriği ve aralarındaki etkileşimi araştırmaktır. Test edilecek Hipotez ise artan dozlarda P uygulaması toprak C, N ve P konsantrasyonlarını arttırmaktadır.

Materyal ve Yöntem

Deneme Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama Çiftliğinde çakılı deneme olarak 1998'de tesadüf blokları deneme desenine göre Arık serisi toprak üzerinde kurulmuş ve halen devam etmektedir. Arık serisi toprağın bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 1'de görülmektedir. Çalışma Kasım 2017 de Adana-99 çeşidi Buğday (*Triticum aestivum L.*) ekilip Mayıs 2018 de hasat edilmiştir. Çalışmada her üretim sezonu öncesi 0 kg P₂O₅ ha⁻¹ (P0), 50 kg P₂O₅ ha⁻¹ (P50), 100 kg P₂O₅ ha⁻¹ (P100) ve 200 kg P₂O₅ ha⁻¹ (P200) konuları ile buğday bitkisi için 200 kg N ha⁻¹ ve 50 kg K ha⁻¹ üç tekerrürlü olarak uygulanmaktadır. Hasat ile birlikte farklı toprak derinliklerinden (0-15 ve 15-30 cm) ve farklı bölgelerden (rizosfer ve rizosfer olmayan) toprak örnekleri alınarak analize hazır hale getirilmiştir. Toprak P içeriği Olsen metoduna, Organik C (OC) içeriği Walkley Black metoduna, İnorganik C (IC) içeriği Shibley Kalsimetresi yardımıyla ve Toplam C (TC) ve N (TN) içeriği ise Fisher CN aleti yardımı ile belirlenmiştir. JMP 8 programı ile ANOVA istatistik analizi ve LSD testi gerçekleştirildi.

Bulgular ve Tartışma

Artan Dozlarda P Uygulamasının Toprak P İçeriğine Etkisi

Artan dozlarda P uygulamasının toprak P içeriğine etkisi incelemediğinde farklı derinlik ve farklı bölgelerde istatistiksel olarak önemli bir fark olduğu (Çizelge 2) görülmektedir. Derinlik olarak 0-15 cm de en fazla P içeriğine sahiptir. Toprakta P elementinin 0-15 cm derinlikte birikmesi beklenen bir durumdur. Toprakta hareketliliği düşük olan P (Schnug ve Haneklaus, 2016) toprağın tipi, kil mineralojisi, organik maddesi, pH, Al ve Fe oksitler özelliklerine bağlı olarak hareketliliği düşer (Schnug ve De Kok, 2016). Paulsen ve ark. (2016) yapmış oldukları derleme çalışmada uzun süreli deneme koşullarında P gübresi uygulanan parsellerde P gübrelemesi uygulanmayan parsellere kıyasla daha fazla P içerdiği görülmekte olup araştırma bulgularımızı destekler niteliktedir.

Çizelge 1. Arık toprak serisinin bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri (Turgut ve Koca, 2019)

Table 1. Some physical and chemical properties of Arık soil series (Turgut and Koca, 2019)

pH	Tuz	Org.Mad.	P ₂ O ₅	Kireç	Tekstür dağılımı (%)			Tekstür
(sat.)	(mmhos cm ⁻¹)	(%)	(kg da ⁻¹)	(%)	Kum	Silt	Kil	Sınıfı
7,63	0,06	1,17	7,11	27,2	17	28	55	C

Çizelge 2. Artan dozlarda P uygulamasının toprak P içeriğine etkisi

Table 2. The effect of increasing doses P application on soil P content

Uygulamalar	R 0-15 cm	R 15-30 cm	NR 0-15 cm	NR 15-30 cm
	P ₂ O ₅ (kg da ⁻¹)			
P 0	0,37±0,37 ^d	0,08±0,00 ^c	0,75±0,22 ^b	0,33±0,26 ^c
P 50	4,37±0,65 ^c	1,34±0,14 ^b	1,21±0,01 ^b	1,44±0,37 ^b
P 100	6,50±0,05 ^b	1,46±0,23 ^b	4,84±0,50 ^b	3,42±0,02 ^a
P 200	10,66±1,14 ^a	2,64±0,22 ^a	14,42±0,11 ^a	3,82±0,03 ^a
	P<0,001	P<0,001	P<0,009	P<0,001

Çizelge 3. Artan dozlarda P uygulamasının toprak IC, OC ve TC içeriğine etkisi

Table 3. The effect of increasing doses P application on soil IC, OC and TC content

Uygulamalar	R 0-15 cm	R 15-30 cm	NR 0-15 cm	NR 15-30 cm
	IC (%)			
P 0	3,21±0,2	3,07±0,2	2,89±0,2	3,16±0,0
P 50	3,24±0,1	3,09±0,1	2,95±0,1	3,00±0,1
P 100	3,07±0,1	3,11±0,3	3,01±0,1	2,98±0,0
P 200	3,11±0,1	2,85±0,2	2,90±0,1	3,02±0,1
	P>0,05	P>0,05	P>0,05	P>0,05
Uygulamalar	R 0-15 cm	R 15-30 cm	NR 0-15 cm	NR 15-30 cm
	OC (%)			
P 0	0,54±0,1	0,50±0,2 ^b	0,63±0,1	0,54±0,1 ^b
P 50	0,68±0,1	0,72±0,1 ^b	0,76±0,1	0,67±0,0 ^a
P 100	0,98±0,0	0,79±0,0 ^{ab}	0,73±0,1	0,68±0,0 ^a
P 200	0,99±0,2	1,07±0,1 ^a	0,87±0,1	0,71±0,0 ^a
	P>0,05	P<0,05	P>0,05	P<0,05
Uygulamalar	R 0-15 cm	R 15-30 cm	NR 0-15 cm	NR 15-30 cm
	TC (%)			
P 0	3,75±0,2	3,57±0,1 ^b	3,52±0,2 ^b	3,70±0,0
P 50	3,92±0,0	3,88±0,0 ^a	3,71±0,2 ^a	3,75±0,1
P 100	4,05±0,2	3,84±0,0 ^a	3,74±0,0 ^a	3,73±0,1
P 200	4,10±0,2	3,92±0,1 ^a	3,77±0,0 ^a	3,73±0,0
	P>0,05	P<0,05	P>0,05	P>0,05

Artan Dozlarda P Uygulamasının Toprak IC, OC ve TC İçeriğine Etkisi

Artan dozlarda P uygulamasının toprak IC oranına etkisi incelendiğinde (Çizelge 3) istatistiksel olarak önemli bir fark olmadığı görülmektedir. Bilindiği üzere toprak kireç (CaCO₃) içeriği toprağın kolay değişmeyen özelliklerinden biridir. Dolayısıyla Toprak IC içeriği de toprağın kısa zamanda değişmeyen özelliklerinden biridir.

Ancak istatistiksel olarak toprak OC içeriği bakımından dikkate değer bir fark vardır. Artan dozlarda P uygulamasına bağlı olarak toprak OC içeriği de artış göstermekte olup en yüksek OC içeriği tüm derinlik ve bölgelerde P200 dozunda görülmekle birlikte derinlik bakımından ise en yüksek OC içeriği R 15-30 cm derinliğinde görülmektedir (Çizelge 3). He ve ark. (2015) uzun dönem gerçekleştirmiş oldukları çalışmada organik gübre ve kimyasal gübre uygulamalarının toprak OC ve TN içeriğine etkisini araştırmışlardır. Söz konusu çalışmanın araştırma bulguları kontrolle kıyasla kimyasal gübre uygulamalarının toprak OC içeriğini arttırdığını göstermektedir. Çalışmada anız atıklarının da bir organik karbon kaynağı olabileceği belirtilmiştir. Aynı zamanda rizosfer bölgesinde kök salgıları (alkol, enzim aktivitesi ve fenol bileşikler gibi) ve mikrobiyal aktivite gerçekleştiği için (Van Aken, 2011) söz konusu bölgede OC içeriğinin dolayısıyla TC içeriğinin de yüksek olması beklenen bir durumdur.

Ayrıca TC içeriği bakımından ise istatistiksel olarak sadece R 15-30 cm derinliğinde fark var iken P200 dozu en iyi P dozudur. Artan dozlarda P uygulamasına bağlı olarak ortalama TC içeriği de artış göstermektedir. Uzun süreli denemede artan dozlarda P uygulamasına bağlı olarak toprak OC içeriğinin artmasının sebebi gübre uygulanan parsellerde yetişen bitkilerin daha verimli olması ve hasat artıklarının da daha fazla olmasından dolayı toprak organik madde içeriğini dolayısıyla TC içeriğini de arttırabilmesi olabilir. Kanazawa ve ark. (1988) gerçekleştirmiş oldukları çalışmanın araştırma bulguları kimyasal gübre uygulanan

topraklarda TC içeriği kontrole göre yüksek çıkmış olup yüzey toprağında yüzey altı toprağına kıyasla daha az TC içerildiği görülmekte olup araştırma bulgularımızı destekler niteliktedir.

Artan Dozlarda P Uygulamasının Toprak N İçeriği ve C:N Oranına Etkisi

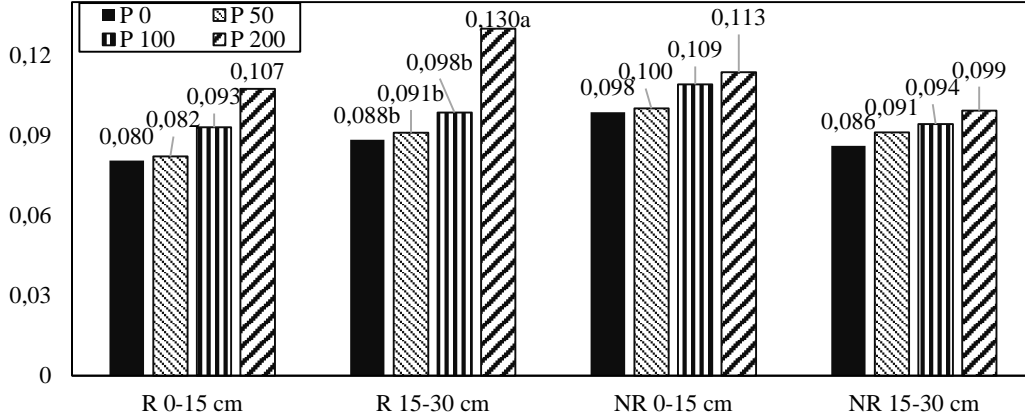
Artan dozlarda P uygulamasının toprak TN içeriğine etkisi incelendiğinde R 15-30 cm derinlikte istatistiksel olarak önemli bir fark (P<0,05) görülmüştür (Şekil 1). Ayrıca R 0-15, NR 0-15 ve NR 15-30 cm derinliklerde istatistiksel olarak dikkate değer bir fark yoktur, ancak tüm derinliklerde artan dozlarda P içeriğine bağlı olarak ortalama TN içeriği artış göstermektedir. Tüm derinliklerde en iyi TN içeriği P 200 dozunda görülmektedir. Bunun nedeni uzun süreli deneme koşullarında biriken organik atıkların toprakta birikmesi ile toprak TN içeriğini arttırması olabilir. Organik maddenin ayrışma ve parçalanması sonucu bitkilerin ve toprak canlılarının temin edebileceği N formunda ortaya çıkmaktadır (Leinweber ve ark., 2013).

Islam ve ark. (2019) gerçekleştirmiş oldukları çalışmada; uzun dönem deneme koşulları altında P, K veya hayvan gübresi uygulamalarının N gübresi uygulaması ile birlikte toprak N içeriği üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu rapor etmiş olup araştırma bulgularımızı kısmen destekler niteliktedir. Ayrıca söz konusu çalışmada toprak N içeriğini C:N oranını etkileyebileceği belirtilmiştir.

Artan dozlarda P uygulamasının toprak C:N oranına etkisi incelendiğinde (Çizelge 4) istatistiksel olarak R bölgesinde 0-15 ve 15-30 cm derinliklerinde dikkate değer bir fark var iken NR bölgesinde her iki derinlikte de istatistiksel olarak dikkate değer bir fark yoktur. C:N oranı hassas bir toprak kalite indeksi olup toprağın C ve N döndüğüsün de doğrudan rol almaktadır (Wang ve ark., 2018).

Çizelge 4. Artan dozlarda P uygulamasının toprak C:N oranına etkisi
Table 4. The effect of increasing doses P application on soil C: N ratio

Uygulamalar	R 0-15 cm	R 15-30 cm	NR 0-15 cm	NR 15-30 cm
	C:N Oranı			
P 0	48,5±0,5 ^a	45,1±4,0 ^a	35,7±2,9	41,8±1,2
P 50	47,8±1,0 ^a	41,0±5,6 ^a	35,6±0,1	41,2±1,2
P 100	43,7±2,7 ^{ab}	39,9±5,0 ^a	34,5±3,0	39,8±3,1
P 200	38,9±3,2 ^b	29,1±1,7 ^b	33,2±1,1	37,6±0,1
	P<0,05	P<0,05	P>0,05	P>0,05



Şekil 1. Artan dozlarda P uygulamasının toprak TN içeriğine etkisi
Figure 1. The effect of increasing doses P application on soil TN content

Toprak Organik maddenin mineralizasyonunun gerçekleşmesinde önemli rolü olan C:N oranının 20 ila 30 arasında olması istenir (Lin ve ark., 2019 ;Güzel ve ark., 2002). Araştırma bulgularımız artan P uygulamasına bağlı olarak toprak C:N oranının azalış gösterdiğini ve en iyi C:N oranı R 15-30 bölgesinde P 200 uygulamasında olduğu görülmektedir.

P 200 uygulamasında R 15-30 cm toprağının C:N oranının istenilen düzeyde olmasının sebebi bitkisel üretimden kalan hasat artıklarının birikmesi sonucu mikrobiyal aktivitenin artması ve buna bağlı olarak C:N oranının istenilen düzeyde olması olabilir. Valadares ve ark. (2018) yapmış oldukları rizosfer model çalışmasında bitki R bölgesinde organik (karbonlu) salgıların salgılanabildiği ve mikrobiyal aktivitenin söz konusu bölgede arttığı belirtilmiş olup araştırma bulgularımızı kısmen desteklemektedir.

Artan organik karbon doğal olarak toprak kimyasal verimliliğini olumlu etkilemiştir. Bu bağlamda buğday-mısır rotasyonu altında toprak karbon fraksiyonlarının toprağın verimliliği üzerine olan etkilerinin araştırılması önem teşkil etmektedir.

Sonuç

Araştırma bulgularımız artan dozlarda P uygulamasına bağlı olarak toprak OC, TC, P ve TN içeriğini artırdığını, ancak IC içeriğine dikkate değer bir fark oluşturmadığını ve C:N oranını ise R 15-30 bölgesinde P 200 dozun da istenilen düzeye yakın olduğu görülmektedir. Artan dozlarda P uygulaması toprağın OC, TC, P ve TN içeriğini artırdığı belirlenmiştir. Artan P gübre uygulaması ile artan OC ve TN konsantrasyonları beraberinde C:N oranının da düşmesine neden olmuştur.

Kaynaklar

- Brust GE. 2019. Chapter 9 - Management Strategies for Organic Vegetable Fertility. In: Biswas, D., Micallef, S.A. (Eds.), Safety and Practice for Organic Food. Academic Press, pp. 193-212.
- Cordell D, Drangert J-O, White S. 2009. The story of phosphorus: global food security and food for thought. Global environmental change 19: 292-305.
- Güzel N, Gülüt K, Büyük G. 2002. Toprak verimliliği ve gübreler. Bitki Besin Elementleri Yönetimine Giriş. Çukurova Üniv. Ziraat Fak. Genel Yayın.
- He YT, Zhang WJ, Xu MG, Tong XG, Sun FX, Wang JZ, Huang SM, Zhu P, He XH. 2015. Long-term combined chemical and manure fertilizations increase soil organic carbon and total nitrogen in aggregate fractions at three typical cropland soils in China. Science of The Total Environment 532: 635-644.
- Islam MM, Hossain MF, Mia MM, Islam MS, Bhuiyan MS, Talukder JA, Kader M. 2019. Long-term fertilization effect of organic carbon and total nitrogen on floodplain soil. International Journal of Advanced Geosciences 7: 139-141.
- Kanazawa S, Asakawa S, Takai Y. 1988. Effect of fertilizer and manure application on microbial numbers, biomass, and enzyme activities in volcanic ash soils: I. Microbial numbers and biomass carbon. Soil Science and Plant Nutrition 34: 429-439.
- Leinweber P, Kruse J, Baum C, Arcand M, Knight JD, Farrell R, Jandl, G. 2013. Advances in understanding organic nitrogen chemistry in soils using state-of-the-art analytical techniques. In Advances in agronomy (Vol. 119, pp. 83-151). Academic Press.
- Lin L, Xu F, Ge X, Li Y. 2019. Biological treatment of organic materials for energy and nutrients production—Anaerobic digestion and composting. In Advances in Bioenergy (Vol. 4, pp. 121-181). Elsevier.
- Melillo JM, Field CB, Moldan B. 2003. Interactions of the major biogeochemical cycles: global change and human impacts. Island Press.

- Michaels AF. 2003. The ratios of life. American Association for the Advancement of Science.
- Paulsen HM, Köpke U, Oberson A, Rahmann G. 2016. Phosphorus the predicament of organic farming. *Phosphorus in Agriculture: 100% Zero*. Springer, pp. 195-213.
- Qiu S, Gao H, Zhu P, Hou Y, Zhao S, Rong X, Zhang Y, He P, Christie P, Zhou W. 2016. Changes in soil carbon and nitrogen pools in a Mollisol after long-term fallow or application of chemical fertilizers, straw or manures. *Soil and Tillage Research* 163: 255-265.
- Qiu S, Ju X, Ingwersen J, Qin Z, Li L, Streck T, Christie P, Zhang F. 2010. Changes in soil carbon and nitrogen pools after shifting from conventional cereal to greenhouse vegetable production. *Soil and Tillage Research* 107: 80-87.
- Schnug E, De Kok LJ. (Eds.). 2016. *Phosphorus in agriculture: 100% zero*. Dordrecht: Springer.
- Schnug E, Haneklaus SH. 2016. The enigma of fertilizer phosphorus utilization. *Phosphorus in Agriculture: 100% Zero*. Springer, pp. 7-26.
- Tian H, Chen G, Zhang C, Melillo JM, Hall CA. 2010. Pattern and variation of C: N: P ratios in China's soils: a synthesis of observational data. *Biogeochemistry* 98: 139-151.
- Turgut MM, Koca YK. 2019. Farklı toprak işleme yöntemlerinin iki farklı toprak serisinde CO₂ salımına etkileri. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi* 7: 51-56.
- Valadares RV, Neves JCL, Costa MD, Smethurst PJ, Peternelli LA, Jesus GL, Cantarutti RB, Silva IR. 2018. Modeling rhizosphere carbon and nitrogen cycling in Eucalyptus plantation soil. *Biogeosciences* 15: 4943-4954.
- Van Aken B. 2011. Transgenic plants and associated bacteria for phytoremediation of organic pollutants.
- Walker T, Adams A. 1958. Studies on soil organic matter: I. Influence of phosphorus content of parent materials on accumulations of carbon, nitrogen, sulfur, and organic phosphorus in grassland soils. *Soil science* 85: 307-318.
- Wang S, Adhikari K, Wang Q, Jin X, Li H. 2018. Role of environmental variables in the spatial distribution of soil carbon (C), nitrogen (N), and C:N ratio from the northeastern coastal agroecosystems in China. *Ecological Indicators* 84: 263-272.
- Yli-Halla M, Schick J, Kratz S, Schnug E. 2016. Determination of plant available P in soil. *Phosphorus in Agriculture: 100% Zero*. Springer, pp. 63-93.