

# Karbon / Azot Oranının Organik Toprakların Bazı Özellikleri Üzerine Etkisi

Rawaz Khasro QADER Hüseyin DİKİCİ\* Ömer Faruk DEMİR

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Kahramanmaraş

\*Sorumlu yazar e-posta (Corresponding author e-mail): hdikici@ksu.edu.tr  
DOI: 10.21657/topraksu.338308

## Öz

Bu çalışma C/N oranının Kahramanmaraş İli, Sağlık Ovası organik topraklarının bazı toprak özellikleri üzerine olan etkisini belirlemek amacıyla yürütülmüştür. Bu amaç için alandan 50 adet toprak örneği alınmış, analizleri yapılmış, daha sonra veri seti hesaplanan C/N oranlarına göre üç farklı gruba ayrılmıştır. Grup 1 en düşük C/N oranlarına sahip iken grup 3 en yüksek C/N oranlarını içermiştir. Analizi yapılan toprak özelliklerinden pH, elektriksel iletkenlik, kation değişim kapasitesi, kireç içeriği, organik madde, toplam azot, organik karbon ve bitkice alınabilir P, Mg, Na, Cu, Zn ve Mn konsantrasyonları üzerine C/N oranlarının etkisi istatistiksel olarak önemli bulunurken, bitkiye yararlı Ca ve K bu değişimlerden etkilenmemiştir. C/N oranı grup 1'den grup 3'e doğru arttıkça, organik madde, organik karbon, pH, KDK, MVR ve CDFA yöntemleriyle humik asit değerleri de artış göstermiştir. Bu sonuçlar C/N oranlarının organik topraklarda toprak kalitesinin bir göstergesi olarak kullanılabileceğini göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** C/N oranı, humik asit, organik toprak, toprak degradasyonu

# Effect of Carbon to Nitrogen Ratio on Some Properties of Organic Soils

## Abstract

This study was performed to determine the effect C/N ratio on some properties of organic soils in Sağlık Plain, Kahramanmaraş. To achieve this objective, 50 soil samples were collected from the area and analyzed for some soil attributes, and data set were divided into three almost equally numbered groups based on the calculated C/N ratio values. The group 1 had the lowest C/N ratios, and the group 3 had the highest among the three. The measured soil attributes such as pH, electrical conductivity, cation exchange capacity, lime content, organic matter, total nitrogen, organic carbon, and extractable P, Mg, Na, Cu, Zn, and Mn were significantly affected by C/N ratios except for plant available Ca and K. As C/N ratio increased from group 1 to 3, soil organic matter, organic C, soil pH, CEC, humic acid contents by MVR and CDFA methods also increased significantly. The results showed that C/N ratio can be used as an indicator of soil quality in organic soils.

**Key Words:** C/N ratio, humic acids, organic soil, soil degradation

## GİRİŞ

Toprak organik karbonu ve azotu, sürdürülebilir toprak kalitesi, bitkisel üretim ve çevresel etkilerden açısından oldukça önemli bir role sahiptir (Bauer ve Black, 1994; Doran ve Parkin, 1994). Organik materyalin C/N oranı mikroorganizmalar tarafından açığa çıkarılan CO<sub>2</sub> gazına oranla ne kadar azotun mineralize olacağını gösterir. Topraklarda C/N oranı 8 ile 17 arasında değişkenlik

gösterir (Alistair, 1979) ve bu oran toprak kalitesi için oldukça önemli bir indekstir (Zhang vd., 2011). Bu oran ayrıca pH, besin maddesi birikimini ve toprakta humik madde içeriğini de etkilemektedir (Yano vd., 2000). Berg ve McClaugherty (2003) humus tabakaların kalınlığı ile C/N oranı arasında pozitif bir ilişki olduğunu bildirmiştir.

Toprak işleme organik maddenin parçalanmasına yol açar, işlenen topraklarda C/N oranının daha dar olduğu bildirilmiştir (Seeber ve Seeber, 2005). Orman topraklarının tarım topraklarına göre daha yüksek C/N oranına sahip olduğu da rapor edilmiştir (John vd., 2005; Puget ve Lal, 2005).

Hüyük maddeler doğal olarak oluşan, biyogenetik ve heterojen yapıda, siyahtan sarıya değişen renkleriyle kolaylıkla tanımlanabilen, yüksek moleküler ağırlığa sahip ve parçalanmaya karşı dayanıklı materyallerdir (Sparks, 2003). Hüyük maddeler fulvik asit, hüyük asit ve hüyük olarak sınıflandırılırlar. Fulvik asitler, hüyük asitlere göre daha yüksek C/N oranına sahiptir (Anderson ve Hepburn, 1986). Hüyük olmayan organik materyaller mikroorganizmalarca kolaylıkla parçalanır ve toprakta daha kısa süre kalırlar (Schnitzer ve Kahn, 1972; Sparks, 2003).

Sulak alanlarda önemli düzeylerde organik karbon bulunmaktadır ve peat materyallerinde organik maddenin %60-85'i hüyük maddelerdir (Garnier-Sillam vd., 1999). Organik topraklar drene edildiğinde, temel fonksiyonları olan su ve karbon rezervleri olma görevleri yerine birer sera gazı kaynağı haline gelirler (Okrusko, 1993).

Karbon ve azot arasındaki oran humifikasyon işleminin bir indeksi olarak değerlendirilebilir (Brady, 1990; Miller ve Gardiner, 1998). Bu oran ayrıca organik topraklarda degradasyonun bir ölçüsü olarak da kullanılabilir. Bu orandaki azalmalar degradasyonun artmasının bir göstergesi olabilir. Bu çalışmanın amacı drene edildiği 1950'li yıllardan bu yana önemli değişimlere uğrayan Sağlık Ovası organik topraklarının C/N oranlarının diğer toprak özellikleri üzerine etkisini araştırmaktır.

## MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada araştırma materyali olarak Kahramanmaraş İli, Sağlık Ovası organik toprakları kullanılmıştır. Bölgeden yanmamış organik topraklardan ve birbirine komşu yaklaşık 4 tarladan, 0-30 cm derinlikten 50 adet toprak örneği alınmıştır. Çalışma alanı ile ilgili detaylı bilgiler Dikici ve Yılmaz (2006) tarafından verilmektedir. Kurutulan toprak örnekleri öğütülüp polietilen torbalara konulmuştur. Böylece analize hazır hale getirilmiştir. Toprak örneklerinde EC tayini YSI 32 marka elektriksel iletkenlik aleti ile saturasyon çamurunda (Rhoades, 1996), pH

tayini yine saturasyon çamurunda WTW-Inolab marka pH metre ile (Thomas, 1996) ve organik madde modifiye edilmiş Walkley-Black yöntemine (Nelson ve Sommers, 1996) göre belirlenmiştir. Toplam kireç Gülçür (1974), toprakların katyon değişim kapasitesi ise sodyum asetat kullanılarak belirlenmiştir (Chapman, 1965). Toprak ve bitki örneklerinde toplam N Kjeldahl yöntemine göre belirlenmiştir (Bremner, 1996). Bitkiye yarayışlı Ca, Mg ve K ve ekstrakte edilebilir Na 1 N amonyum asetat (NH<sub>4</sub>OAC, pH=7) yöntemiyle (Helmke ve Sparks, 1996) ve Atomik Absorbsiyon Spektrofotometresi (Perkin Elmer, 3110) aletinde belirlenmiştir. Bitkiye yarayışlı fosfor 0,5 M NaHCO<sub>3</sub> yöntemiyle (Kuo, 1996) Optima SP-3000 spektrofotometresinde, ekstrakte edilebilir Zn, Cu ve Mn ise DTPA yöntemiyle Perkin Elmer 3110 AAS ile belirlenmiştir (Lindsay ve Norvell, 1978).

Toprak örneklerinde hüyük asit tayini Türk Standartları Enstitüsü (Anonim, 2003), Mesa Verda Resources (MVR) (Reid, 1999) ve Kaliforniya Gıda ve Tarım Departmanı (CDFA) (Page, 1982) yöntemlerine göre tayin edilmiştir.

Çalışma sonunda tüm istatistiksel analizler SPSS programı kullanılarak yapılmıştır. Farklı C/N grupları varyans analizi ve Duncan çoklu karşılaştırma testi ile karşılaştırılmıştır. Buna göre uygulamalar arasındaki farklar, p değeri 0,05'ten küçükse (p<0,05) önemli olarak kabul edilmiştir.

## BULGULAR VE TARTIŞMA

Organik topraklarda yapılan bazı fiziksel ve kimyasal analizlerin sonuçları Çizelge 1'de verilmiştir. Toprakların pH değerleri 6,80 ile 7,53 arasında değişmiş, ortalama değer 7,22 olarak bulunmuştur. Organik topraklar için ana materyale bağlı olarak benzer, daha düşük ve daha yüksek pH değerleri rapor edilmiştir (Bascomb, 1964; Ponnampereuma, 1972; Collins vd., 1997; Bridgham ve Richardson, 1993). Saturasyon çamurunda ölçülen ve 1,78 ile 3,70 dS m<sup>-1</sup> arasında değişen elektriksel iletkenlik değerleri bu topraklarda tuzluluk probleminin bir göstergesidir. Toprakların katyon değişim kapasitesi 35,20 ve 90,10 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup> arasında değişmiş ve ortalama değer ise 68,37 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup> olarak bulunmuştur (Çizelge 1). Toprakların kireç içerikleri ise % 4,82'nin altında bulunmuştur.

Organik topraklarda organik karbon değerleri %12,50 ile %30,60, organik madde içerikleri ise

% 21,50 ile % 52,70 arasında bulunmuştur (Çizelge 1). Toprakların ortalama organik karbon ve organik madde değerleri sırasıyla %22,81 ve %39,82 olarak hesaplanmıştır. Leeper ve Uren (1993) yaptıkları çalışmada peat toprakları için organik madde içeriklerini % 27-33 olarak bildirmişlerdir. Toplam azot %1,39-2,55, C/N oranları ise 8,99-13,20 aralıklarında bulunmuştur. Organik topraklara ait % 0,5 ile % 2,6 arasında değişen toplam azot değerleri diğer araştırmacılar tarafından da rapor edilmiştir (Kaila, 1958; Scheffer, 1976).

Toprakların hümik asit içerikleri üç farklı yöntem (TSE, MVR ve CDFA) ile ölçülmüş ve değerler TSE yöntemi için %6,00-15,20, MVR yöntemi için %1,67-5,23 ve CDFA yöntemi için %2,58-30,57 aralığında bulunmuştur. Türk Standartları Enstitüsü metodu yaş yakma yöntemi ile hem hümik hem de fulvik asitleri ekstrakte etmektedir (Anonim, 2003). Bulgular Bozkurt (2005)'in peat toprakları için bildirdiğine benzer (%5-15) fakat Çelik (2003)

tarafından bildirilen değerlere (%15-30) göre daha düşüktür. Mesa Verda Resources (MVR) yöntemi kalorimetrik olarak sadece hümik asitleri ölçtüğü için diğer iki yöntemle göre daha düşük değerler ortaya koymuştur.

Organik topraklarda analizi yapılan bitkiye yararlı makro- ve mikro-elementlerin analiz sonuçları Çizelge 2'de verilmiştir. Genel olarak toprakların bitkiye yararlı Ca ve Mg içeriklerinin oldukça yüksek, bitkiye yararlı P ve K içeriklerinin ise düşük olduğu bulunmuştur. Bitkiye yararlı Cu, Zn ve Mn içerikleri mineral topraklar için yeterli kategoride yer alsa da organik topraklar için bu değerler düşüktür.

Karbon/azot oranının toprak özellikleri üzerine olan etkisini araştırmak için veri seti hesap edilen C/N oranına göre küçükten büyüğe sıralanıp ve bu sıralamaya göre üç gruba ayrılmıştır. Sıralama ile Grup 1 en düşük ve Grup 3 ise en yüksek C/N oranına sahip örnekleri kapsamıştır (Çizelge 3).

**Çizelge 1.** Ölçülen bazı kimyasal ve fiziksel toprak parametrelerine ait özet istatistikler

**Table 1.** Summary statistics of the some properties of organic soils

	Minimum	Maksimum	Ortalama
pH	6,80	7,53	7,22
EC (dS m <sup>-1</sup> )	1,78	3,70	3,19
KDK (cmolc kg <sup>-1</sup> )	35,20	90,10	68,37
Kireç (%)	2,10	4,80	3,77
OM (%)	21,50	52,70	39,32
OC (%)	12,50	30,60	22,81
N (%)	1,39	2,55	2,05
C/N	8,99	13,20	11,00
H.A (TSE, %)	6,00	15,20	10,30
H.A (MVR, %)	1,67	5,23	3,33
H.A (CDFA, %)	2,58	30,57	16,56

**Çizelge 2.** Ölçülen bitkice alınabilir makro ve mikro elementlere ait özet istatistikler

**Table 2.** Summary statistics of plant available macro and micro-nutrients in organic soils

	Minimum	Maksimum	Ortalama
P (mg kg <sup>-1</sup> )	6,01	11,27	8,41
Ca (mg kg <sup>-1</sup> )	6634,87	10904,50	8941,64
Mg (mg kg <sup>-1</sup> )	2994,80	5426,08	4183,30
K (mg kg <sup>-1</sup> )	32,27	120,88	63,96
Na (mg kg <sup>-1</sup> )	36,30	60,09	47,43
Cu (mg kg <sup>-1</sup> )	0,42	1,27	0,91
Mn (mg kg <sup>-1</sup> )	2,88	11,48	7,61
Zn (mg kg <sup>-1</sup> )	1,58	3,38	2,54

**Çizelge 3.** Toprak örnekleri için oluşturulan C/N gurupları  
**Table 3.** Soil groups based on C/N ratios

C/N Gurupları	C/N Aralıkları
Gurup 1	8,99-10,29
Gurup 2	10,30-11,70
Gurup 3	11,71-13,20

**Çizelge 4.** C/N oranına göre toprak özelliklerinin istatistiksel karşılaştırılması  
**Table 4.** Statistical comparisons of some soil properties among the different C/N groups

C/N Gurupları	% O.M	% OC	% N	pH	ECdS m <sup>-1</sup>	KDK cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	% Kireç	% H.A TSE	% H.A MVR	% H.A CDFA
1	31,02c	18,00c	1,85b	7,01c	2,93b	59,15c	3,43b	8,70b	2,27c	9,76c
2	38,79b	22,49b	2,05b	7,22b	3,17b	69,03b	3,58b	10,02b	3,07b	15,38b
3	48,72a	28,26a	2,28a	7,43a	3,47a	77,46a	4,32a	12,28a	4,75a	25,05a

**Çizelge 5.** C/N oranına göre toprak özelliklerinin istatistiksel karşılaştırılması  
**Table 5.** Statistical comparisons of some soil properties among the different C/N groups

C/N Gurupları	P mg kg <sup>-1</sup>	Mg mg kg <sup>-1</sup>	Ca mg kg <sup>-1</sup>	K mg kg <sup>-1</sup>	Na mg kg <sup>-1</sup>	Mn mg kg <sup>-1</sup>	Zn mg kg <sup>-1</sup>	Cu mg kg <sup>-1</sup>
1	7,79b	4006,05b	8708,78	57,14	45,52b	6,43b	2,21b	0,83b
2	8,08b	4065,07b	8710,25	63,97	46,13b	7,45b	2,60a	0,91ab
3	9,44a	4497,25a	9434,90	71,20	50,85a	9,04a	2,84a	1,00a

Karbon/azot oranı arttıkça toprak organik maddesi, organik karbon, pH, KDK, MVR ve CDFA yöntemi ile hümik asit içerikleri de artış gösterdi. Organik azot, elektriksel iletkenlik, kireç içeriği ve TSE yöntemi ile hümik asit içeriği ise C/N oranının en yüksek olduğu grupta diğer iki gruptan istatistiksel olarak daha yüksek bulundu (Çizelge 4). Bu çalışmadaki bulgulara benzer şekilde, Leeper ve Uren (1993) C/N oranındaki artış ile toprakların pH ve KDK'larının arttığını rapor etmiştir.

Bitkice alınabilir makro ve mikro besin elementlerinin C/N oranı ile değişimi incelendiğinde, P, Mg, Na ve Mn yarayırlılığının en yüksek C/N oranı grubunda (Grup 3) artış gösterdiği, gruplar arasında bitkiye yarayırlı Ca ve K açısından istatistiksel bir fark olmadığı bulunmuştur (Çizelge 5). Bitkice alınabilir Mn açısından Grup 1 istatistiksel olarak Gruplar 2 ve 3'ten daha düşük olarak bulundu. Bitkiye yarayırlı Cu ise en yüksek C/N oranına sahip grupta, Grup 1'e göre daha yüksek olarak ölçüldü.

Bu çalışma ile C/N oranı ile ölçülen diğer toprak özellikleri arasında önemli ilişkiler bulunmuştur, bu bulgular C/N oranlarının organik topraklarda toprak kalitesinin bir göstergesi olarak kullanılabileceğini göstermektedir.

## SONUÇLAR

Sağlık ovası organik toprakları 1950'li yılların sonlarında drene edilmiş ve zamanla alan tarıma açılmıştır. Alandaki organik topraklar gerek oksidasyonunun artması gerek ise çıkan yangınlarla önemli değişimlere uğramışlardır. Geride kalan organik toprakların korunması için çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışma ile C/N oranı ile ölçülen toprak özellikleri arasında önemli ilişkiler bulunmuştur, bu bulgular C/N oranlarının organik topraklarda toprak kalitesinin bir göstergesi olarak kullanılabileceğini göstermektedir. Karbon/azot oranındaki azalmalar topraklarda degradasyonun bir ölçüsü olarak değerlendirilmiştir. Sağlık ovası organik topraklarının tarım alanı olarak kullanılmasının topraklarda degradasyonu arttıracığı ve aşırı kullanılacak azotlu gübrelerin de süreci hızlandırabileceği düşünülmektedir.

## Teşekkür

Bu çalışma Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Başkanlığı tarafından desteklenmiştir (2014/2-40YLS).

## KAYNAKLAR

Alistair F (1979). Pitty Geography and soil properties, Taylor and Francis.

- Anderson H, Hepburn A (1986). Variation of humic substances within peat profile. In: Peat and water (Ed. C. H. Fuchsman), N.Y.: Academic Press, 177–194.
- Anonim (2003). Türk Standardı TS 5869 ISO 5073. Kahverengi kömürler ve linyitlerde humik asitlerin tayini.
- Bascomb C L (1964). Rapid method for the determination of cation exchange capacity of calcareous and non-calcareous soils. *J. Sci. Food Agric.* 15:821-823.
- 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.
- Berg B, McClaugherty C (2003). Plant litter: decomposition, humus formation, carbon sequestration. Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg, Germany. 286 pp.
- Bozkurt M (2005). Ayrışma Dereceleri Farklı Peatlerin Humik Asit Kapsamlarının İki Ayrı Yöntemle Karşılaştırılması. A.Ü.Fen Bilimleri Enstitüsü. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi.
- Brady N C (1990). The Nature and Properties of Soils. Tenth edition. Macmillan Publ. Co., New York, NY.
- Bremner J M (1996). Nitrogen Total. in D.L. Sparks (Eds) *Methods of Soil Analysis, Part 3, Chemical Methods, SSSA Book Series Number 5, SSSA., Madison,WI, P:1085–112.*
- Bridgham S D, Richardson C J (1993). Hydrology and nutrient gradients in North Carolina peatlands. *Wetlands* 13:207–218.
- Chapman H D (1965). Cation-exchange capacity. In: C.A. Black (ed.). *Methods of soil analysis - Chemical and microbiological properties. Agronomy* 9:891-901.
- Collins D W, Maydew E L, Weiss I S (1997). Changes in the value-relevance of earnings and book values over the past forty years. *Journal of Accounting and Economics*, 24(1), 39.
- Çelik C (2003). Tabiat ananın gizemli hediyesi; humik maddeler (II), *Hasad Dergisi*, Yıl: 19, Sayı: 217.
- Dikici H, Yılmaz C H (2006). Peat Fire Effects on Some Properties of an Artificially Drained Peatland. *J. Environ. Qual.*, 35(3):866-870.
- Doran J W, Parkin T B (1994). Defining and assessing soil quality. Doran, J.W., et al., (Eds.), *Defining Soil Quality for a Sustainable Environment. Special Publication No. 35. Soil Science Society of America, Madison, WI, pp. 3–21.*
- Garnier-Sillam E, Hariyanto S, Bourezgui Y (1999). Humic substances in peats. *Analysis*, 27(5), 405–408.
- Gülçur F (1974). Topragın Fiziksel ve Kimyasal Analiz Metodları, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, İ. Ü. Yayın No: 1970, O. F. Yayın No: 201, Kutulmuş Matbaası, İstanbul.
- Helmke PA, Sparks DL (1996). Lithium, Sodium, Potassium, Rubidium, and Calcium, in Sparks, D.L., (Eds). *Methods of Soil Analysis, Part 3, Chemical Methods, SSSA Book Series Number 5, SSSA., Madison,WI, P:551–574.*
- John B, Yamashita T, Ludwig B, Flessa H (2005). Storage of organic carbon in aggregate and density fractions of soils under different types of land use. *Geoderma*. 128:63-79.
- Kaila A (1958). Effect of superphosphate on the mobilization of nitrogen in a peat soil. *J. Sci. Agric. Soc. Finland*, 30:114–124.
- Kuo S (1996). Phosphorus. (*Methods of Soil Analysis: Chemical Methods. Part 3. Madison, WI., USA: Ed. Sparks, D.L.)* 869-921.
- Leeper G W, Uren N C (1993). *Soil science, an introduction (5th edn ed.)*. Melbourne: Melbourne University Press. ISBN 0-522-84464-2.
- Lindsay, W.L., ve Norvell, W.A., (1978). Development of a DTPA Micronutrient Soil Test for Zinc, Iron, Manganese, and Copper. *SSSA. Journal*, 42:421–428.
- Miller R W, Gardiner D T (1998). *Soils in Our Environment. Eight edition. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ.*
- Nelson D W, Sommers L E (1996). Total Carbon, Organic Carbon, and Organic Matter. in D.L. Sparks (Eds) *Methods of Soil Analysis, Part 3, Chemical Methods, SSSA Book Series Number 5, SSSA., Madison,WI, P: 961 1011. Odin, S., Huminsäuren. Th. Steinkopff, Dresden und Leipzig, 1922, 199 pp.*
- Okruszko H (1993). Transformation of fen-peat soils under the impact of draining. *Zeszyty Problemowe Postepow Nauk Rolniczych*, 406:3–73.
- Page A L (1982). *Methods of Soil Analysis Part 2, American Society of Agronomy, Inc., Madison, Wisconsin.*
- Ponnamperuma F N (1972). The chemistry of submerged soils. *Adv. Agron.* 24:29–96.
- Puget P, Lal R (2005). Soil organic carbon and nitrogen in a Mollisol in central Ohio as affected by tillage and land use. *Soil and Tillage Research*. 80: 211-213.
- Reid B (1999). University of New Mexico, Owner of Mesa Verde Resources.
- Rhoades J D (1996). Salinity: Electrical conductivity and total dissolved gasses. p. 417–437. In D.L. Sparks (ed.) *Methods of soil analysis. Part 3. SSSA Book Ser. 5. SSSA, Madison, WI.*
- Scheffer B (1976). Nitrogen transformations in fen soils (in German). *Landwirtschaftliche Forschung*, 33:20–28, J.D. Sauerländer's Verlag, Frankfurt-am-Main, Germany.
- Schnitzer M, Khan S U (1972). *Humic Substances in the Environment. Marcel Dekker, Inc., New York, NY.*
- Seeber J, Seeber G U H (2005). Effects of landuse changes on humus forms on alpine pastureland (Central Alps, Tyrol). *Geoderma*. 124:215-222.
- Sparks D L (2003). *Environmental Soil Chemistry 2nd Ed., Academic Press, Amsterdam, The Netherlands.*
- Thomas G W (1996). Soil pH and Acidity. (*Methods of Soil Analysis: Chemical Methods. Part 3. Madison, WI., USA: Ed. Sparks, D.L.)* 475-491.
- Yano Y, McDowell W H, Aber J D (2000). Biodegradable dissolved organic carbon in forest soil solution and effects of chronic nitrogen deposition. *Soil Biology and Biochemistry* 32, 1743-1751.
- Zhang C H, Wang Z M, Ju W M, Ren C Y (2011). "Spatial and Temporal Variability of Soil C/N Ratio in Songnen Plain Maize Belt," *Environmental Science*, Vol. 32, No. 5, pp. 1407-1414.