



Toprak Özelliklerinin Tahmininde Sayısallaştırılmış Renk Parametrelerinin Kullanımı

Hikmet GÜNAL¹

Sabit ERŞAHİN¹

Geliş Tarihi: 08.02.2006

Öz: Toprak biliminde toprağın doğal yapısını bozmadan, hızlı, güvenilir ve tekrarlanabilir analiz tekniklerinin geliştirilmesi sürdürülebilir tarım için gerekli olan güncel veri tabanlarının vakit kaybedilmeden oluşturulması için gereklidir. Bu çalışmanın amacı bozulmuş ve bozulmamış toprak örneklerinden kolorimetre ile elde edilen sayısallaştırılmış renk parametrelerinin toprak özelliklerini tahmin etme yeteneklerini araştırmak ve incelenen bozulmuş ve bozulmamış toprak örneklerindeki renk farklılıklarının nedenlerini ortaya koymaktır. Bu amaçla, koluviyal arazilerde gelişmiş dört farklı toprak profilinden horizon esasına göre alınmış yirmi dokuz toprak örneğinin bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri laboratuarda belirlenmiş ve toprak profillerinin detaylı tanımlamaları arazide yapılmıştır. Her horizontandan alınan bozulmuş ve bozulmamış (agregat halindeki) toprak örneklerinde kolorimetre yardımı ile renk okumaları yapılmış ve belirlenen L*, a* ve b* renk parametreleri yardımı ile kroma, hue ve renk farklılıkları hesaplanmıştır. Yapılan istatistiksel analizler bozulmuş ve bozulmamış örneklerin renklerinin birbirlerinden önemli derecede farklı olduklarını göstermiştir (P<0.001). Hesaplanan renk değerleri ile analizi yapılan toprak özellikleri arasında yapılan regresyon analizi ile; kroma ve dithionit ile ekstrakte edilebilir Fe arasında ($R^2=0.58$ ve 0.66 , sırası ile bozulmamış ve bozulmuş örnekler için) ve renk farklılığı ile organik madde arasında ($R^2=0.35$) istatistiki olarak önemli ilişkiler olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Toprak rengi, kolorimetre, CIELAB, renk farklılığı, hue, kroma

Use of Quantified Color Parameters in Estimation of Soil Properties

Abstract Development of fast, reliable, and repeatable soil analyses techniques that causes minimum disturbance soil materials are required to create soil data bases that are needed to achieve sustainable agriculture. The aims of this study were to; i.) investigate the ability of soil color parameters obtained by chromameter measurement of disturbed and undisturbed soil samples to estimate soil characteristics, and ii.) explain the reasons of color difference observed between disturbed and undisturbed soil samples. Thirty nine soil samples collected from each horizon of four soil profiles developed in colluviums. Physical and chemical properties of soil samples were analyzed in the laboratory, and detailed descriptions of soil profiles were performed in the field. Chroma, hue and color differences were calculated from chromameter measured soil color parameters for both disturbed and undisturbed soil samples of each soil horizon. Color of disturbed and undisturbed soil samples were significantly different from each other (P<0.001). Regression analyses between soil characteristics and soil color parameters revealed that chroma and dithionite extractable iron ($R^2=0.58$ and 0.66 for undisturbed and disturbed soil samples, respectively), and color difference and organic matter ($R^2=0.35$) are significantly related to each other.

Key Words: Soil color, chromameter, CIELAB, color difference, hue, chroma

Giriş

Toprağın rengi onun en önemli morfolojik özelliklerinden olup, kolaylıkla belirlenebildiği için toprak bilimcileri tarafından farklı toprakların tanımlanmasında ve sınıflandırılmasında yaygın olarak kullanılmaktadır (Anonymous 1999). Toprak rengi aynı zamanda toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin ve toprak oluşum işlemlerinin de bir göstergesi olarak değerlendirilmektedir.

Çünkü toprakta bulunan farklı bileşenlerin kendilerine özgü yansıma karakteristikleri

bulunmaktadır. Kalın koyu renkli yüzey horizonları olan topraklar toprak sınıflama sistemlerinin çoğunda diğer topraklardan ayırt edilmişler ve verimliliklerinin yüksek olmasından dolayı en yüksek kategorilerde sınıflandırılmışlardır (Schulze ve ark. 1993). Toprak renginin oluşmasında en fazla etkili üç bileşen: i.) demir oksit ve hidroksitler (sarıdan kırmızıya kadar) (Sanchez-Maranon ve ark. 2004, Scheinost ve Schwertmann 1999, Schwertmann 1993), ii.) organik madde (siyah) (Schulze ve ark. 1993; Konen ve ark. 2003,.

¹Gaziosmanpaşa Üniv. Ziraat Fak. Toprak Bölümü-Tokat

Spielvogel ve ark. 2004) ve iii.) silikat ve karbonat mineralleridir (beyazdan gri renye kadar) (Sanchez-Maranon ve ark. 2004, Evans ve Franzmeier 1986, Blavet ve ark. 2000, Barret 2002)

Toprağın bu bileşenlerinin yanında toprak nemi ve parçacık büyüklüğü ile toprakların agregatlaşma durumları da toprak renye etki etmektedirler. Çoğunlukla parçacık büyüklüğü küçüldükçe toprak renge parlaklığının arttığı rapor edilmiştir (Sanchez-Maranon ve ark. 2004).

Toprak renye arazi yüzeyinde hem yatay hem de dikey yönde değişkenlik göstermektedir. Toprak renge toprak profilinde dikey değişiminin belirlenmesi ile farklı toprak horizonları ayırt edilmektedir (Rossel ve ark. 2006). Demir içeren toprak minerallerinin renkleri toprakların hidrolojik özellikleri üzerine önemli bilgiler edinmemizi sağlar. Kırmızı renkli hematit mineralinin varlığı, toprağın iyi drene olduğunun ve sarı renkli lepidocrit mineralinin varlığı ise toprağın belirli bir dönem oksijensiz koşullarda bulunduğunun bir göstergesi olarak kabul edilmektedir (Barron ve Torrent 1986, Schwertmann 1993).

Normalde toprak renye, alınan örnek renye ile Munsell Renk Skalasında bulunan renklerin eşleştirilmesi ile belirlenmektedir (Anonymous 1993, Munsell Color 1994). Bu yöntem uygulaması çok kolay olmakla birlikte Renk Skalasında bulunan belirli sayıdaki renk ile sınırlı olması ve renk algılamasının kişiye göre değişmesinden dolayı bazı dezavantajları bulunmaktadır (Scheinost ve Schwertmann 1999, Melville ve Atkinson 1985, Post ve ark. 1993, Barret 2002). Post ve ark. (1993) çok sayıda toprak bilimcisi ile yaptıkları bir çalışmada, aynı örneğin farklı araştırmacılar tarafından aynı renk olarak ifade edilme oranının çok düşük olduğunu görmüşlerdir. Melville ve Atkinson (1985) insanlar tarafından algılanan renge farklılaşmasına etki eden faktörleri üç başlık altında toplamışlardır. Buna göre; i.) renye bakılan nesneyi aydınlatan ışık kaynağının özellikleri, ii.) nesnenin yüzey karakteristikleri ve iii.) algılama yeri olan insan gözünün ışığa karşı olan tepkisindeki farklılıklardır. Bu özellikler renge kişiler tarafından farklı algılanmasına neden olmaktadır (Post ve ark 1993).

Son zamanlarda toprak renge belirlenmesine yönelik olarak geliştirilmiş olan yeni sistemler, özellikle Comission Internationale d'Eclairage (CIE) tarafından geliştirilenler, ortaya çıkan sorunları çözmekle birlikte, kullanımları henüz yaygınlaşmış değildir. Munsell Renk Skalası yerine kolorimetre kullanımı ile daha hızlı, doğru ve tekrarlanabilir bir şekilde örneklerin renklerinin ölçümünün yapılması mümkündür (Torrent ve Baron 1993).

Bu çalışma geçit iklimine sahip olan Tokat yöresinde eğimli arazilerde yaygın olarak yer alan, kireç taşı ana materyaline sahip koluviyal toprakların renklerinin CIELAB sistemi kullanılarak sayısallaştırılması üzerine yoğunlaşmıştır (Anonymous 1978). Toprak renklerine hem Anonymous (1999)'da belirtildiği gibi bozulmamış agregatlarda hem de aynı toprakların 2 mm'lik elekten geçirilmiş olan örneklerinde bakılmıştır. Kolorimetre yardımı ile bozulmuş ve bozulmamış toprak örneklerinde belirlenmiş olan L*, a* ve b* renk parametreleri kullanarak Kroma (C), Hue (H) ve renk farklılıkları (ΔE değerleri) hesaplanmıştır. Daha önceden belirlenmiş olan analitik toprak özellikleri ile hesaplanan C, H ve ΔE arasındaki olası ilişkiler istatistiksel analizler ile incelenmiş ve bu parametrelerin toprak özelliklerinin tahmin yetenekleri araştırılmıştır. Ayrıca incelenen bozulmuş ve bozulmamış toprak örneklerindeki renk farklılıklarının nedenleri açıklanmaya çalışılmıştır.

Materyal ve Yöntem

Koluviyal materyaller üzerinde gelişmiş olan dört farklı toprak profilinde 29 adet horizon tanımlanmıştır. Horizonların ayırımları ve tanımlamalarında arazi el kitabındaki kriterler dikkate alınmıştır (Schoeneberger ve ark. 2002). Genetik horizonları dikkate alınarak topraklar; Calcic Paleustolls, Calcic Haplustolls ve Typic Calcustolls olarak sınıflandırılmışlardır (Anonymous 1999). Çalışma alanının toprak nem rejimi Ustic ve sıcaklık rejimi ise mesic'dir.

Araziden alınan bozulmuş toprak örnekleri, 2 mm'lik elekten geçirildikten sonra toprak tekstürü (Gee ve Bauder 1986), toprak pH'sı (Thomas 1996), organik madde yaş yakma yöntemine göre (Nelson ve Sommers 1982), kalsiyum karbonat içeriği (McLean 1982), dithionit ile ekstrakte edilebilir Fe (Mehra ve Jackson 1960) için analiz edilmiştir.

Alınan toprak örneklerinin renkleri CR-300 model bir Kroma Meter (Minolta, Osaka, Japonya) kullanılarak ölçülmüştür. Alet, standart beyaz kalibrasyon kağıt kullanılarak kalibre edilmiştir (Anonymous 1978). Her örnek için ortalama bir değer elde edebilmek ve özellikle toprak agregatlarının her tarafındaki değişkenliği yansıtabilmek için 10 okuma yapılmıştır. Toprak neminin etkini her iki toprak tipinde de eşleyebilmek için, toprak agregatları da bozulmuş örnekler gibi oda sıcaklığında kurutulduktan sonra renk okuması yapılmıştır. Bu yöntem, üç renk skalasına (L,a,b) ait sayısal değerler vermektedir. L herhangi bir yansımanın olmadığı siyah renkler ile (L = 0) yansımanın mükemmel olduğu beyaz renkler (L = 100) arasındaki sayısal değerleri ifade eden parlaklıktır.

Kırmızılığı ifade etmekte kullanılan “a” değerinin eksi değerleri yeşil rengi artı değerleri ise kırmızı rengi ifade etmektedir. Sarı rengin ifade edilmesinde kullanılan “b” değerleri ise negatif olduklarında mavi rengi, pozitif olduklarında ise sarı rengi ifade etmektedirler.

Hue açısı (h_{ab}), kroma değeri (C_{ab}) ve renk farklılığı (ΔE) sırasıyla 1. 2. ve 3 nolu bağıntılar kullanılarak aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$h_{ab} = \tan^{-1}(b/a), \quad (1)$$

$$C_{ab} = (a^2 + b^2)^{1/2} \quad (2)$$

$$\Delta E = \sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2} \quad (3)$$

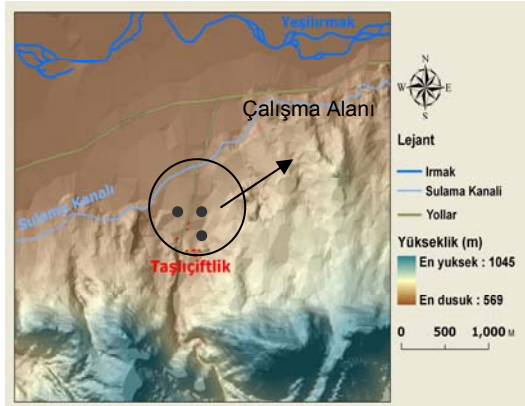
Eşitlik 3'te

$$\Delta L = L \text{ (agregat)} - L \text{ (bozulmuş toprak)}$$

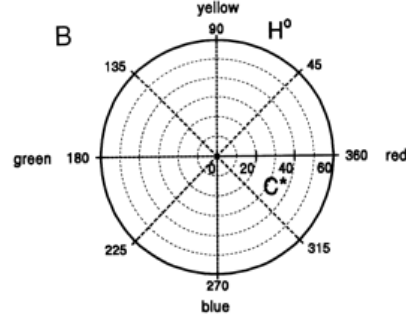
$$\Delta a = a \text{ (agregat)} - a \text{ (bozulmuş toprak)}$$

$$\Delta b = b \text{ (agregat)} - b \text{ (bozulmuş toprak)}$$

Hue ve Kroma çoğunlukla renk ölçümlerinde kullanılan daha pratik parametreler olarak bilinmektedir. Bunlar silindirik şeklindeki koordinasyon sisteminde yer aldıklarından dolayı (Şekil 2) standart Munsell renk sistemi ile karşılaştırılma imkanı vardır (Melville ve Atkinson 1985). Renk parametrelerinin ve analitik toprak özelliklerinin normaliteleri Kolmogoroff-Smirnoff test ile kontrol edilmiş, normal dağılım göstermeyen verilere log ve ln transformasyon uygulanmış ve daha sonra bu verilerle renk parametreleri arasında regresyon analizleri yapılmıştır. İstatistiksel analizler SPSS 13 ve STAT MOST programları kullanılarak yapılmıştır.



Şekil 1. Çalışma alanına ait eğim haritası



Şekil 2. CIELAB sisteminde renklerin belirtilmesi. Kroma (C) ve hue (H) nün yer aldığı kutup koordinat sistemi. Parlaklığın ifade edildiği eksen olan, L, ise düzleme paraleldir (Scheinost ve Schwertmann 1999).

Bulgular ve Tartışma

Genel toprak özellikleri: Çalışmada toplam dört toprak profilinde 29 adet genetik horizon ayırt edilmiştir. Topraklara ilişkin bazı fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları Çizelge 1’de verilmiştir. Horizontlardaki ani tekstür değişimleri ve renk farklılıkları gibi özellikler göz önüne alınarak çalışmanın yürütüldüğü toprakların poli-genetik olduklarına karar verilmiştir. Üç tanesi Gaziosmanpaşa Üniversitesi Yerleşkesinde ve bir tanesi de Tokat-Sivas karayolunun Kızılıniş mevkiinde bulunan toprak profilleri %10-12 eğimli arazilerde yer almaktadır (Şekil 1).

Kireçtaşı ana materyali üzerinde gelişmiş olan topraklar zamanla doğal nedenler ve bitki örtüsünün tahrip edilmesi ile erozyona uğramış, yüzey horizonları taşınmış ve daha yukarılardan gelen materyallerle örtülmüşlerdir.

Üniversite Kampüsünde bulunan P1 ve P2 profillerinde 100 cm’de P3 profilinde ise 49 cm’de alt ve üstte bulunan horizonlara göre daha kumlu olan bir katman bulunmaktadır. Bu katman muhtemelen Şekil 2’de görülen derenin zamanla taşkın yapması neticesinde oluşmuştur. Bu derinliklerin üstünde özellikle P1 profilinde çok kaba, köşeli koluviyal materyaller, altında ise daha ince bünyeli gömülü toprak materyalleri bulunmaktadır. P1 profilinin yüzeyden 100 cm’lik kısmı, boyutları diğer üç profildeki kireç taşı parçalarından çok daha iri olan malzeme ile örtülmüştür. Kum katmanının üzerinde bulunan kaba malzeme bu derinlikte yer alan horizonların çok iyi havalanmasına ve suyun hızla infiltrasyonuna neden olmaktadır. Yağışlar ile sızan su, kaba malzemenin olduğu bölgeden hızla geçerek kumlu materyale taşınmaktadır. Bu bölgede belirli bir süre doygunluk oluşturan suyun alttaki killi katmana geçmesi zaman almaktadır.

Çizelge. 1. Dört farklı toprak profilinde tanımlanan toprak horizonlarına ilişkin bazı toprak özellikleri*.

Horizon	Derinlik cm	pH	OM %	CaCO ₃ %	Fed ppm	KDK	pb gcm ⁻³	Kum	Silt -----%-----	Kil -----%-----	Bünye
Profil 1 (P1)											
A	0-26	7,4	2,0	19,8	151	35,4	1,21	20,3	27,7	52,0	C
Bw1	26-51	7,6	0,8	54,2	255	17,9	1,35	38,9	28,8	32,3	CL
Bw2	51-86	7,7	0,6	60,1	306	14,6	1,44	42,6	24,8	32,6	CL
Ck	81-100	8,0	0,3	18,5	913	26,0	1,26	26,1	30,9	43,0	C
2Ctk	100-127	7,9	0,3	5,7	132	23,0	1,30	47,5	19,8	32,6	SCL
3Btk1	127-162	8,1	0,1	19,5	80	40,2	1,43	6,8	27,6	65,6	C
3Btk2	162-185	7,8	0,1	17,4	186	42,8	1,29	5,9	38,5	55,7	C
Profil 2 (P2)											
A	0-22	7,4	2,2	17,8	120	35,1	1,15	19,1	29,9	51,0	C
Bw1	22-50	7,5	1,1	20,2	119	36,4	1,11	20,4	27,0	52,7	C
Bwk	50-81	7,6	0,5	13,7	143	35,1	1,14	24,4	31,4	44,2	C
Ck	81-101	7,7	0,1	14,5	110	35,6	1,25	21,0	35,4	43,6	C
2Ctk	101-119	7,6	0,1	6,3	87	31,2	1,26	44,5	24,7	30,9	CL
3Btk1	119-141	7,9	1,1	17,2	64	41,6	1,25	10,7	34,5	54,8	C
3Btk2	141-158	8,1	0,1	18,7	95	39,9	1,21	9,1	36,9	54,0	C
3Btk3	158-169	8,0	0,2	15,8	81	38,2	1,38	9,9	39,7	50,4	C
3C	169-190	7,9	0,1	10,6	73	41,0	1,35	7,9	39,0	53,1	C
Profil 3 (P3)											
A	0-16	7,5	2,1	21,1	99	35,9	1,13	18,1	29,4	52,6	C
Bw	16-49	7,3	1,1	26,5	110	33,5	1,13	20,2	26,8	53,1	C
2Ckt1	49-70	7,5	0,4	17,4	115	34,6	1,19	25,2	36,0	38,9	CL
2Ctk2	70-89	7,7	0,3	18,4	78	34,9	1,25	11,8	40,2	48,0	C
3Btk1	89-127	7,9	0,2	16,9	93	36,7	1,24	4,8	42,1	53,1	SiC
3Btk2	127-170	8,0	0,3	15,8	86	41,6	1,17	10,9	38,0	51,1	C
Profil 4 (P4)											
Ap	0-12	7,9	1,9	9,6	159	49,5	1,13	18,7	20,2	61,2	C
A2	12-28	8,0	1,6	10,0	194	49,4	1,12	21,9	19,0	59,1	C
Bw	28-45	8,0	1,4	9,3	206	48,2	1,17	20,2	18,3	61,6	C
BCk	45-59	8,3	0,8	28,7	99	38,3	1,24	18,8	15,5	65,7	C
2Btk1	59-78	8,4	0,3	35,0	70	32,2	1,21	18,9	14,6	66,5	C
2Btk2	78-97	8,6	0,3	34,1	93	27,6	1,11	23,3	23,3	53,4	C
2Btk3	97-140	8,6	0,1	25,9	109	40,4	1,20	20,0	22,2	57,8	C

* **OM**: Organic matter; **Fed** : Dithionit ile ekstrakte edilebilir demir; **KDK**: Katyon Değişim Kapasitesi; **pb**: Hacim ağırlığı

Kumlu katmanın üzerinde bulunan yaklaşık 15 cm lik bir kısmın renginin çok belirgin bir şekilde açık sarımsı kahverengi olması (10 YR 6/8), bu katmanda belirli bir süre anaerob koşulların hakim olduğuna işaret etmektedir. Suyun profilden uzaklaşması ile beraber, demir tekrar okside olmakta ve kireçli topraklarda yaygın olarak bulunan sarı renkli demir oksit minerali olan götit oluşmaktadır. Kum içeriği yüksek olan bu ara katman P2 ve P3'te de bulunmasına karşın götit mineralinin baskın olduğu sarımsı katman bu profillerde görülmemiştir. Bunun nedeni ise, bu profillerde bulunan kum katmanlarının

üzerindeki toprak gövdesinin çok az miktarda ve küçük çakıllar içermesinden dolayı su geçirgenliğinin P1'e göre daha düşük olmasıdır.

Tüm çalışılan profillerde gömülü olan katmanlarda yukardan yıkanan kirecin birikiminin olduğu değişik büyüklüklerde kireç beneklerine yaygın olarak rastlanılmıştır. Yine derinlikle beraber ped yüzeylerinde parlak kil kütanları artış göstermektedir. Toprak pH'sı derinlikle beraber yükselmekte ve 7.3 ile 8.6 arasında değişmektedir. Tüm profillerde baskın olan değişebilir katyon, Ca'dur.

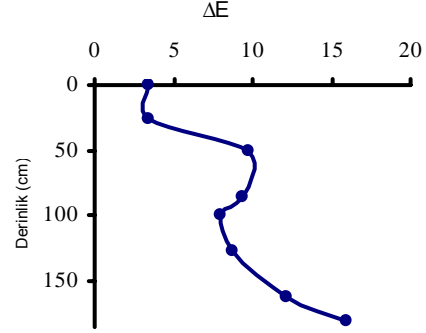
Hue, kroma, ΔE ve toprak özellikleri arasındaki ilişkiler: Çizelge 2'de çalışılan topraklara ait, arazide Munsell Renk Skalasında belirlenmiş renkler ile birlikte, hesaplanan renk parametreleri verilmektedir.

Bozulmuş ve bozulmamış örneklerde belirlenmiş olan renk parametrelerinin birbirlerinden farklı olup olmadıklarını test etmek için t-testi yapılmıştır. Bu test sonucunda aynı horizonlardan alınmış bozulmuş ve bozulmamış toprak özelliklerine ilişkin renk karakteristiklerinin önemli derecede ($P<0.001$) farklı oldukları belirlenmiştir. Bozulmuş ve bozulmamış toprak örneklerinin renklerinin farklılığının nedenlerini incelemek için, kolorimetre ile ölçülen Lab değerleri kullanılarak her bir horizon için renk farklılıkları (ΔE) hesaplanmış ve belirlenen toprak özellikleri ile arasındaki ilişkiler incelenmiştir.

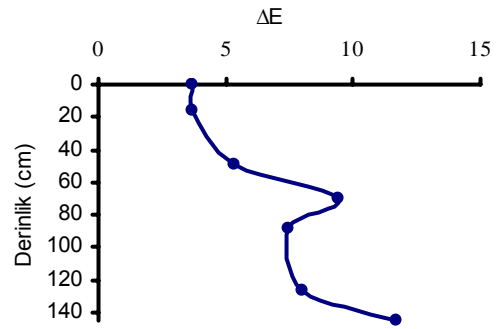
Yapılan korelasyon analizi ΔE ile en fazla ilişkili olan analitik toprak özelliğinin organik madde içeriği olduğunu göstermiştir ($P<0.001$). Bunu sırası ile toprakların hacim ağırlığı ve değişebilir silt içeriği takip etmektedir (Çizelge 3). Toprak renginin farklılaşmasında önemli bir yeri olan demir içeriği (Fe_d) ile hesaplanan renk farklılıkları arasında herhangi bir ilişki görülmemiştir.

Toprak agregatlarının bozulup daha küçük parçalara ayrılmasının toprak renginin çok belirgin bir şekilde değişimine neden olduğu ve özellikle ufalanmış toprakların renklerinin parlaklıklarının fark edilir derecede arttığı rapor edilmiştir (Torrent ve Barro'n 1993). İncelenen toprak profillerinde ΔE , genellikle organik madde içeriklerinin göreceli olarak daha yüksek olduğu yüzey horizonlarında daha düşük, ancak derinlikle beraber özellikle ped yüzeylerindeki kalsiyum karbonat birikimlerinin yoğun olduğu yerlerde ise en fazladır (Şekil 3 ve 4).

Demir oksitlerin daha yoğun olduğu ve kil kütanlarının görüldüğü B horizonlarında renk farklılıkları yüzey horizonlarında olduğundan daha fazla ancak kalsik horizonlardan daha düşüktür. Renk farklılıklarına neden olan en önemli etmen parlaklık (L) değerindeki değişimdir. Parlaklık toprak agregatlarının parçalanmasına paralel olarak artmıştır. Toprak içersindeki bireysel parçacıkların (kum, silt ve kil) organik madde, kireç, kil mineralleri gibi çimentolayıcı materyallerin yardımı ile bir araya getirilmesi ile oluşan agregatlar ışığın soğurulmasını arttırmaktadır. Neticede daha az ışık yansıtacağı için agregatların parlaklık değerleri azalmıştır ve bozulmuş toprak örneklerine göre daha yansıtma değerleri oluşmaktadır. Hesaplanan hue değeri toprak agregatlarının parçalanması ile birlikte toprak horizonlarının büyük çoğunluğunda hafif artış göstermiştir (Çizelge 2).



Şekil 3. Renk farklılığının (ΔE) bir nolu toprak profilinde derinlikle beraber değişimi.



Şekil 4. Renk farklılığının (ΔE) üç nolu toprak profilinde derinlikle beraber değişimi.

Agregatların parçalanması özellikle kalsiyum karbonat birikiminin çok belirgin olarak gözlemlendiği kalsik horizonlarda Kroma değerinin fark edilir derecede azalmasına neden olmuştur. Ancak P1 pedonun, demir içeriği göreceli olarak yüksek olan Bw (Çizelge 1) ve Ck horizonlarında ise agregatların parçalanması ile kroma değerleri artmıştır.

Sanchez-Maranon ve ark. (2004) genellikle demir içeriğinin yüksek olduğu örneklerin agregatlarının parçalandıktan sonra kroma değerlerinin ortalama %7 oranında arttığını rapor etmişlerdir. Ölçülen toprak özellikleri ve hesaplanan renk parametreleri (kroma ve hue) arasında yapılan regresyon analizleri, bazı toprak özelliklerinin, özellikle demir içeriğinin hesaplanan renk parametreleri yardımı ile tahmin edilebileceklerini göstermiştir. Bozulmuş ve bozulmamış toprak örneklerine ait Kroma değerleri ile dithionit ile ekstrakte edilebilen Fed arasındaki ilişkiler, ikinci dereceden polinomial eşitlikler kullanılarak başarılı bir şekilde açıklanmıştır (Şekil 5 ve 6).

Çizelge 2. İncelenen toprak horizonlarına ilişkin Munsell Renk Skalası ve kolorimetre ile ölçüm sonucunda elde edilen Lab değerlerinden hesaplanan parametreler*

Horizon	Munsell notasyonu (kuru)	L1	L2	C1	C2	hue1	hue2	ΔE
Profile 1 (P1)								
A ₁	7.5 YR 3/4	37,97	40,39	22,03	20,20	1,07	1,11	3,42
Bw1	5 YR 4/8	34,16	43,62	28,60	29,14	1,00	1,01	9,80
Bw2	5 YR 5/6	36,54	45,42	29,60	27,95	1,00	1,04	9,37
Ck	10 YR 6/8	52,28	59,03	30,12	32,34	1,27	1,33	7,93
2Ctk	7.5 YR 5/4	67,33	62,50	13,61	18,58	1,29	1,14	8,76
3Btk1	5 YR 4/6	53,97	58,49	22,80	20,43	1,03	1,05	12,13
3Bt	7.5 YR 6/4	42,61	57,81	22,25	20,72	1,05	1,07	15,99
Profile 2 (P2)								
A ₂	7.5 YR 4/4	34,17	40,70	18,99	19,17	1,11	1,10	6,96
Bw1	5YR 4/6	37,29	42,01	20,88	19,26	1,09	1,09	5,39
Bwk	5 YR 5/6	48,07	50,66	22,63	21,48	1,08	1,11	3,63
Ck	5 YR 5/6	47,68	56,77	20,73	20,61	1,09	1,09	9,18
2Ctk	5 YR 5/6	61,61	59,65	16,20	17,55	1,17	1,15	4,48
3Btk1	7,5 YR 6/4	46,57	53,53	19,07	17,54	1,05	1,07	8,63
3Btk2	5 YR 5/6	53,96	57,01	17,07	21,23	1,10	1,07	7,18
3Btk3	7.5 YR 6/6	48,65	62,76	20,51	17,22	1,05	1,11	14,66
3C	7,5 YR 6/4	48,65	56,59	20,51	16,98	1,05	1,05	8,95
Profile 3 (P3)								
A ₃	5 YR 4/6	38,28	38,41	20,49	18,07	1,10	1,10	3,66
Bw	5YR 3/4	37,08	41,62	20,12	18,54	1,09	1,09	5,36
2Ckt1	5 YR 4/6	46,59	55,98	20,39	20,17	1,08	1,09	9,45
2Ctk2	5 YR 6/3	63,76	63,16	22,07	17,00	1,04	1,12	7,44
3Btk1	5 YR 5/6	48,51	55,16	22,80	20,17	1,05	1,07	7,99
3Btk2	5 YR 4/6	41,36	52,93	21,69	21,67	1,06	1,05	11,69
Profile 4 (P4)								
Ap	5 YR 3/2	29,69	31,10	14,53	13,57	1,08	1,10	2,37
A2	5 YR 2/3	28,78	34,05	13,61	12,99	1,09	1,11	5,46
Bw	5 YR 3/3	32,80	36,39	13,45	12,93	1,10	1,14	2,72
Bck	5 YR 5/3	44,16	54,21	15,10	13,25	1,11	1,16	8,86
2Btk1	7,5 YR 6/4	51,86	60,81	19,06	13,43	1,11	1,15	10,99
2Btk2	5 YR 5/6	52,41	54,99	20,51	17,37	1,08	1,08	10,29
2Btk3	5 YR 5/4	48,85	56,08	20,85	17,21	1,06	1,07	10,06

* **C1**: Bozulmamış toprak örneği ortalama kroma, **C2**: Bozulmuş toprak örneği ortalama kroma
hue1: Bozulmamış toprak örneği hue, **hue2**: Bozulmuş toprak örneği ortalama hue
ΔE: Bozulmuş ve bozulmamış toprak örnekleri arasındaki renk farkı

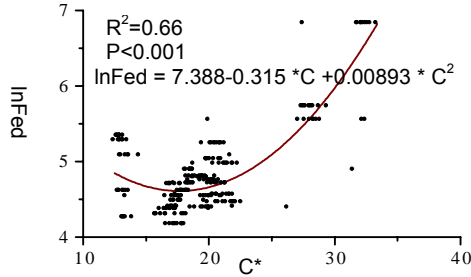
Çizelge 3. Bozulmuş ve bozulmamış toprak örneklerine ait hesaplanan parametreleri ve analitik toprak özellikleri arasındaki korelasyon analizi sonuçları

Renk#	Org. M.	CaCO ₃	Kum	Silt	Kil	KDK	Fed	pb
C1	-0,24	0,62**	0,05	0,39*	-0,37*	-0,59**	0,53**	0,44**
H1	-0,03	-0,43**	0,42*	-0,31*	-0,23	-0,17	0,44**	-0,20
C2	-0,24	0,45**	0,29	0,37*	-0,62**	-0,66**	0,65**	0,40*
H2	0,02	-0,30	0,19	-0,26	-0,01	-0,06	0,66**	-0,17
ΔE	-0,64**	0,27	-0,26	0,33*	0,02	-0,16	-0,05	0,56**

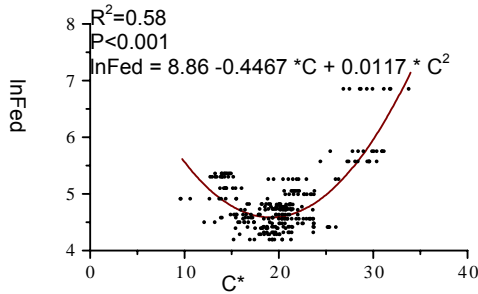
** : Korelasyon 0.01 düzeyinde önemlidir

* : Korelasyon 0.05 düzeyinde önemlidir

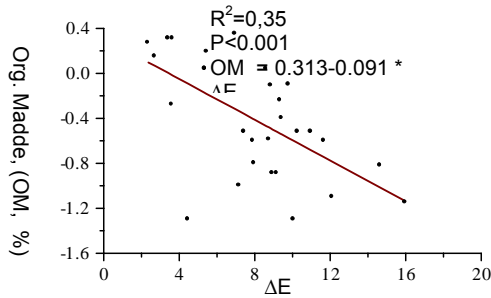
C1: Bozulmamış toprak örneği ortalama kroma, **C2**: Bozulmuş toprak örneği ortalama kroma
hue1: Bozulmamış toprak örneği hue, **hue2**: Bozulmuş toprak örneği ortalama hue
ΔE: Bozulmuş ve bozulmamış toprak örnekleri arasındaki renk farkı



Şekil 5. Bozulmuş toprak örneklerindeki C* değerleri (kroma) ve lnFed arasındaki ilişki



Şekil 6. Bozulmamış toprak örneklerindeki C* değerleri (kroma) ve lnFed arasındaki ilişki



Şekil 7. Toprakların organik madde içerikleri ve bozulmuş ve bozulmamış toprak örneklerinin renk farklılıkları (ΔE) arasındaki ilişki

Benzer şekilde, çalışılan toprakların ΔE değerleri ile organik madde içerikleri arasında önemli bir ilişkinin olduğu belirlenmiş ve bu ilişki de linear bir regresyon eşitliği ile ifade edilmiştir (Şekil 7).

Sonuçlar

Bozulmuş ve bozulmamış toprak örneklerinde kolorimetre yardımı ile sayısallaştırılan renk parametrelerinin incelenmesi neticesinde, ağırlaşmanın ve toprağın kimyasal bileşiminin toprak rengi üzerine önemli etkilerinin olduğu belirlenmiştir. Her bir horizonttan alınan toprak agregatlarına ve bozulmuş toprak örneklerine ait renk parametrelerinin incelenmesi neticesinde, örnek tipinin ölçülen renge önemli derecede etki ettiği saptanmıştır. Renk farklılıkları en az yüzey horizonlarında (mollik epipedon) en fazla ise kalsik horizonlarda görülmüştür. Dithionite ekstrakte edilebilir demir içeriği ile hesaplanan kroma değerleri arasında her iki örnek tipinde de önemli bir ilişki olduğu belirlenmiş ve ikinci derece polinomial regresyon eşitliği ile ifade edilmiştir. Toprak renginin sayısallaştırılmasında kolorimetre kullanımı ile, toprak bilimcileri tarafından çok yaygın olarak kullanılan Munsell Renk Skalasına göre daha hassas ve tekrarlanabilir ölçüm yapmak mümkündür. Hızlı ve güvenilir bir şekilde toprak renginin ölçümünü gerçekleştirmesinden dolayı, topraklarımıza ait veri tabanlarının oluşturulması ile ilgili çalışmalarda kolorimetre kullanımı yapılan işin kesinliğini arttıracaktır.

Kaynaklar

- Anonymous 1978. Commission Internationale de l'Eclairage (CIE), Recommendations on Uniform Color Spaces, Color Differences, and Psychometric Color Terms. Colorimetry CIE, Paris Suppl. no. 2 to Publication no. 15.
- Anonymous 1993. Soil Survey Division Staff..Soil survey manual. Agric. Handbook. 18. Washington, DC: USDA. pp. 437
- Anonymous 1999. Soil Survey Staff, Soil taxonomy: a basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys, 2nd edition. Agriculture Handbook, v. 435.USDA, NRCS., US Government Printing Office, Washington DC.
- Barron, V. and J. Torrent. 1986. Use of the Kubelka–Munk theory to study the influence of iron oxides on soil colour. Journal of Soil Science 37:499– 510.
- Barret, L.R. 2002. Spectrophotometric color measurement in situ in well drained sandy soils. Geoderma. 108: 49-77.
- Blavet, D., E. Mathe and J. C. Leprun. 2000. Relations between soil colour and waterlogging duration in a representative hillside of the West African granitogneissic bedrock. Catena. 39:187- 210.
- Evans, C. V. and D. P. Franzmeier. 1986. Saturation, aeration, and color patterns in a topequence of soils in North central Indiana. Soil Sci. Soc. Am. J. 50:975- 980.

- Gee, G. W., and J. W. Boudier. 1986. Particle size analysis. In: *Methods of Soil Analysis*. A. Klute (Ed), Part 1, 2nd ed. Agronomy No. 9. Am. Soc. Agron., Madison, WI, pp. 825-844.
- Konen, M. E., C. L. Burras, J. A. Sandor. 2003. Organic Carbon, Texture, and Quantitative Color Measurement Relationships for Cultivated Soils in North Central Iowa. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 67, 1823-1830.
- McLean, E. O. 1982. Soil pH and lime requirement. In: Page, A.L. (Ed.) *Methods of Soil Analysis*. Part 2, 2nd ed. Agron. Monogr. 9. ASA and SSSA, Madison, WI, pp. 199-224.
- Mehra, O. P. and M. L. Jackson. 1960. Iron oxide removal from soils and clays by a dithionite-citrate system buffered with sodium bicarbonate. *Clays Clay Miner.* 7:317-327.
- Melville, M. D. and G. Atkinson. 1985. Soil color: its measurement and its designation in models of uniform color space. *J. Soil Sci.* 36: 495- 512.
- Munsell Color. 1994. *Munsell Soil Color Charts*, 1994 Revised Edition. Macbeth Division of Kollmorgen Instruments, New Windsor, NY.
- Nelson, D. W. and L. E. Sommers. 1982. Total carbon, organic carbon, and organic matter. In: *Methods of Soil Analysis*. Page, A.L. (Ed) Part 2, 2nd ed. Agron. Monogr. 9. ASA. and SSSA, Madison, WI, pp. 539-579.
- Post, D. F., S. J. Levine, R. B. Bryant, M. D. Mays, A. K. Batchily, R. Escadafal and A. R. Huete. 1993. Correlations between field and laboratory measurements of soil color. In: Bigham, J.M., Ciolkosz, E.J. (Eds.), *Soil Color*. Soil Science Society of America, Madison, WI, pp. 35-50.
- Sanchez-Maranon, M., G. Delgado, M. Melgosa, E. Hita and R. Delgado. 1997. CIELAB color parameters and their relationship to soil characteristics in Mediterranean red soils. *Soil Sci.* 162 : 833- 842.
- Sanchez-Maranon, M., M. Soriano, M. Melgosa, G. Delgado and R. Delgado. 2004. Quantifying the effects of aggregation, particle size and components on the colour of Mediterranean soils. *European Journal of Soil Science.* 51: 551-565.
- Scheinost, A. C. and U. Schwertmann. 1999. Color identification of iron oxides and hydroxysulfates: use and limitations. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 63, 1463- 1471.
- Schoeneberger P. J., D. A Wysocki, E. C. Benham and W. D. Broderson. 2002. *Field book for describing and sampling soils*, Version 2.0. Natural Resource Conservation Service, USDA, National Soil Survey Center, Lincoln, NE
- Schulze, D. G., J. L. Nagel, G. E. Van Scoyoc, T. L. Henderson and M. F. Baumgardner, D. E. Scott. 1993. Significance of organic matter in determining soil colors. In: Bigham, J.M., Ciolkosz, E.J. (Eds.), *Soil Color*. Soil Sci. Soc. of Am., Madison, WI, pp. 71-90.
- Spielvogel S., H. Knicker and I. Kögel-Knabner. 2004. Soil organic matter composition and soil lightness. *J. of Plant Nutr. and Soil Sci.* 167: 545-555.
- Schwertmann, U. 1993. Relations between iron oxides, soil color, and soil formation. In: Bigham, J.M., Ciolkosz, E.J. (Eds.), *Soil Color*. Soil Sci. Soc. of Am., Madison WI, pp. 51- 70.
- Thomas, G. W. 1996. Soil pH and soil acidity. In: *Methods of Soil Analysis*. Sparks J.M. Bigham, (Ed) Part 3, Agron. Monogr. 5. ASA. and SSSA, Madison, WI, pp. 475-491.
- Torrent, J. and V. Barron. 1993. Laboratory measurement of soil color: theory and practice. In: Bigham, J.M., Ciolkosz, E.J. (Eds.), *Soil Color*. Soil Science Society of America, Madison, WI, pp. 21-34.
- Rossel, R. A. V., D. J. J. Walvoort, A. B. McBratney, L. J. Janik and J. O. Skjemstad. 2006. Visible, near infrared, mid infrared or combined diffuse reflectance spectroscopy for simultaneous assessment of various soil properties. *Geoderma*, 131 (1-2) 59-75.

İletişim Adresi:

Hikmet GÜNAL

Gaziosmanpaşa Üniv. Ziraat Fak. Toprak Bölümü, 60240

Tokat

Tel: 0356 2521616 (iç hat:2278)