

Konya Ovasında Toprak Özellikleri ile Kırılma Değerleri Arasındaki İlişkiler*

Cevdet ŞEKER, Saim KARAKAPLAN
Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Toprak Bölümü, Konya-TÜRKİYE

Geliş Tarihi: 14.05.1996

Özet: Konya-Çumra-Karapınar arasında, kaymak tabakası sorununun görüldüğü arazilerden, 0-15 cm derinlikten alınmış 16 adet toprak örneğinde toprak özellikleri ile kırılma değerleri arasındaki ilişkiler incelenmiştir.

Toprak örneklerinden silt yüzdesi, dispersiyon oranı, elektriksel iletkenlik, organik madde, kireş, suda çözünebilir kalsiyum, magnezyum, sodyum, sülfat ve klor içerikleri ile kırılma değerleri arasında istatistiksel bakımdan önemli pozitif ilişkiler; kum yüzdesi, agregat stabilitesi, değişebilir kalsiyum, potasyum ve suda çözünebilir bikarbonat içerikleri ile kırılma değerleri arasında ise önemli negatif ilişkiler saptanmıştır. Tane yoğunluğu, tarla kapasitesi, solma noktası, kil yüzdesi, pH, katyon değişim kapasitesi, değişebilir magnezyum ve sodyum içerikleri, değişebilir sodyum yüzdesi ve suda çözünebilir potasyum içeriği ile kırılma değerleri arasındaki ilişkinin istatistiksel bakımdan önemli olmadığı bulunmuştur.

Relationships of Modulus of Rupture to Soil Properties in Konya Plain

Abstract: Some physical and chemical analyses were done in sixteen surface (0-15 cm) soil samples from the area among Konya-Çumra-Karapınar, showing soil crusting. Relationships between soils properties and modulus of rupture were studied.

There was a positive relationship between modulus of rupture and available water silt percentages, dispersion ratio, electrical conductivity, organic matter percentage, lime content and soluble calcium, magnesium, sodium, sulfate and chlorine contents. There was a negative relationship between modulus of rupture and sand percentage, aggregate stability, exchangeable calcium content, soluble bicarbonate content. The relationships between modulus of rupture and particle density, field capacity percentage, wilting point percentage, clay percentage, pH, cation exchange capacity, exchangeable sodium percentage, soluble potassium content were found non-significant.

Giriş

Toprakta kaymak tabakası ya da kabuk; yüzeydeki toprak tanelerinin yeniden istiflenmesi sonucunda oluşan sert bir yüzey katmanıdır. Bu katmanın hacim ağırlığı alttaki topraktan daha yüksektir.

Agregatların dağılması kaymak tabakası oluşumuna önemli ölçüde katkıda bulunur. Bir kısım toprak agregatları; toprak işleme, bazı değişebilir katyonlar, yağmur damlalarının ve sulama suyunun çarpma-ıslatma etkisiyle dağılırlar. Toprak parçacıkları, yağmur damlalarının sıkıştırma etkisi veya teksel tanelerin harekete geçmesi sonucunda yeniden istiflenerek, toprağın kurumasıyla yüzeyde sıkı bir kaymak tabakası oluştururlar. Bu tabakanın sertliği ve kalınlığı birçok faktöre bağlıdır. Toprak tekstürü, agregat stabilitesi, dispersiyon oranı, agregat büyüklük dağılımı etkili toprak özelliklerindedir. Yağışın çeşidi, yoğunluğu ve yağmur damlalarının toprağa çarpma hızı, sulama suyunun tuz konsantrasyonu diğer etkili unsurlardır.

Kaymak tabakası gerek toprak ile atmosfer arasındaki su ve hava hareketini engellediği ve mekanik engel oluşturduğu için bitkilerin toprak altı ve toprak üstü aksamalarının gelişimini olumsuz yönde etkilemektedir. Kaymak tabakası infiltrasyonu azalttığı için, toprakta depolanan su miktarını ve dolayısıyla bitkilere faydalı su miktarını düşürür. İnfiltrasyonu azaltarak yüzey akışı artırır ve erozyonun artmasına sebep olur. Kaymak tabakası çimlenen tohumdan çıkan sürgünlerin toprak yüzeyine ulaşmasını zorlaştırır. Eğer filizin sürme gücü oluşan kabuğun kırılma kuvvetinden düşük ise, tohumdan çıkan filiz toprak yüzeyine ulaşamayıp kabuk altında aşağı doğru kıvrılır ve sarı kıvrım denen olay meydana gelir. Kaymak tabakası bu tür olumsuz etkilerinden dolayı, daha bitkisel üretimin başlangıcında büyük kayıplara sebep olabilmektedir. Bu konuda birçok araştırma yapılmış olup, araştırmalardan bir kısmı aşağıda özetlenmiştir.

Lutz (1), çok az silt ve ince kum içeren topraklarla birlikte kaba kumlu topraklar hariç hemen hemen her çeşit tekstürdeki topraklarda kaymak tabakası oluşabileceğini

* Bu araştırma, C. Şeker'in doktora çalışmasından özetlenmiştir.

ileri sürmektedir. Araştırmacı, genellikle aşırı derecede ince kum ve silti içeren toprakların kuvvetli derecede kabuk oluşturma özelliğine sahip olduklarını bildirmiştir.

Lemos ve Lutz (2), toprakların kırılma değerlerinin silt içeriklerindeki artış ve suya dayanıklı agregat miktarındaki azalış ile arttığını bildirmişlerdir.

Gerard (3), kabuk direncinin toprağın silt, kil ve değişebilir sodyum kapsamındaki artış ile arttığını ortaya koymuştur. Ayrıca, araştırmacı kabuk direncini belirlemede silt ve organik karbon içeriğinin belirleyici faktör olmasına karşın, kil içeriğinin önemli bir ilişki gösterdiğini bildirmektedir.

Ferry ve Olsen (4), toprak parçacıklarının düzenli olarak sıkı istiflenmeleri, değişebilir durumda tek değerli katyonların fazla bulunması ve düşük elektrolit konsantrasyonunun kabuk oluşumu ve kabuk direncini artırırken, parçacıkların düzensiz olarak gevşek istiflenmeleri, değişebilir durumda çok değerli katyonların fazla bulunması ve yüksek elektrolit konsantrasyonunun kabuk oluşumunu azaltıcı yönde bir etkiye sahip olduğunu bildirmektedirler.

Gür (5), Van ve Muş yörelerinden almış olduğu toprak örneklerine çeşitli bitkisel artıkları ilave ederek, belli sürelerde inkübasyona tabi tutmuştur. Inkübasyon süreleri sonunda toprakların agregat stabiliteilerinin arttığını ve kırılma değerlerinin düştüğünü ifade etmiştir.

Sönmez (6), Van yöresi toprakları üzerinde yaptığı çalışmada, toprakların agregat stabiliteileri üzerine artırıcı uygulamalar yapılmasının hazırlanan birkeretlerin kırılma değerlerini düşürdüğünü bildirmiştir.

Nuttal (7), kabuk direnci ve penetrasyon direncinin silt yüzdesiyle pozitif, organik madde içeriğiyle negatif ilişki verdiğini ve sürgün çıkışının bunlara bağlı olarak değiştiğini bildirmektedir. Ayrıca, araştırmacı kil içeriğinin kabuk direnci ve penetrasyon direnciyle bazı topraklarda negatif, bazı topraklarda da pozitif ilişki verdiğini bulmuştur.

Hussain ve ark. (8), üzerinde çalıştıkları toprakların penetrasyon dirençlerinin örneklerin organik karbon ve kum içeriklerindeki artış ile azaldığını, silt içeriklerindeki artış ile ise arttığını bildirmişlerdir.

Berkman (9), Çukurova bölgesinde kabuk oluşma problemi olan silt içeriği yüksek topraklar üzerinde yapmış olduğu çalışmada, topraklara değişik düzeylerde hidroklorik asit ilave ederek kirecin bir kısmını uzaklaştırmış ve bu toprakların kırılma değerlerine tesbit etmiştir. Araştırmacı kireç içeriğiyle kırılma değeri arasında herhangi bir ilişki elde edememiştir.

Arshad ve Mermut (10), toprakların yüksek kil ve silt içeriği, değişebilir durumdaki Na⁺ ve Mg⁺⁺ fazlalığı, düşük organik madde içeriği gibi faktörler strüktürel bozulmayı artırarak kabuk oluşumunu teşvik ettiğini bildirmektedirler.

Canpolat (11), Iğdır yöresi topraklarında yaptığı çalışmada örneklerin silt içeriği ve değişebilir sodyum yüzdeleri ile kırılma değerleri arasında önemli pozitif ilişkiler, agregat stabilitesi ile kırılma değeri arasında önemli negatif bir ilişki, kil, organik madde, kireç içerikleri ve katyon değişim kapasitesi ile kırılma değeri arasında önemli olmayan ilişkiler saptamıştır.

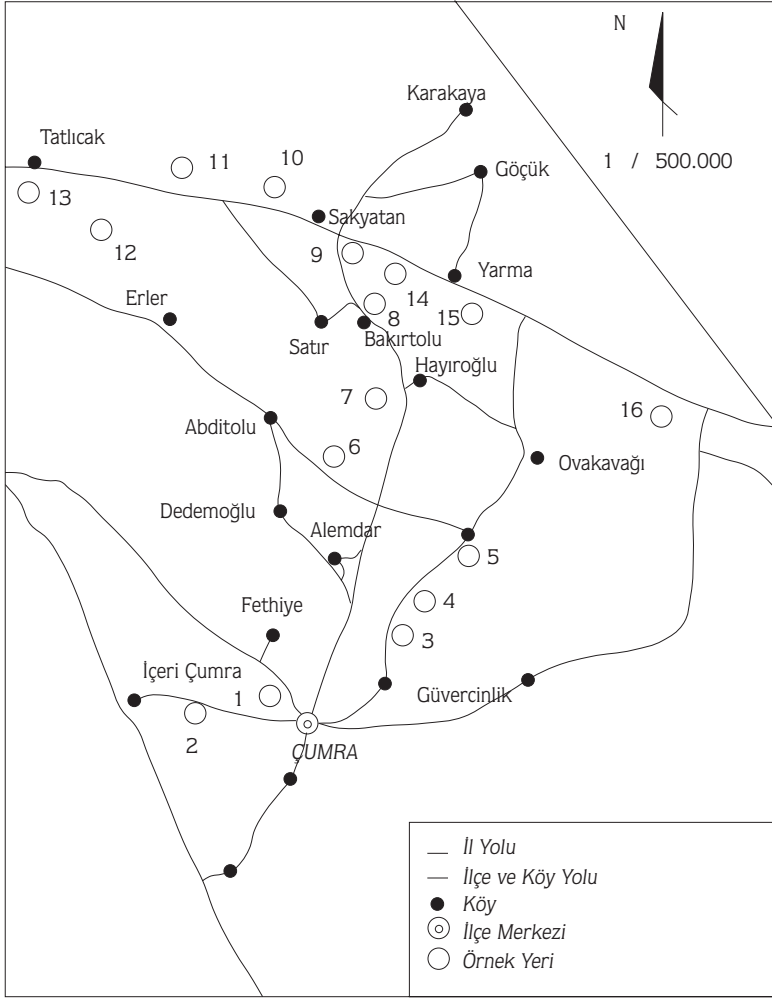
Bu çalışmayla, Konya yöresindeki topraklarda kaymak tabakası oluşumunun sebeplerini belirleyerek, bunları gidermede etkili olabilecek materyal ve metotlara ışık tutmak amaçlanmıştır.

Materyal ve Metot

Araştırmada, Konya ovasından, kaymak tabakası oluşturma eğilimi bulunan 16 farklı yerden 1992 yılı Temmuz ayında alınan yüzey toprak örnekleri (0-15 cm) kullanılmıştır. Örnekleme yerleri Şekil 1'de gösterilmiştir. Örneklerin alındığı sahanın topraklarının büyük çoğunluğu alüviyal topraklar olarak sınıflandırılırken, hidromorfik alüviyal, kolüviyal ve vertisol toprakların da daha az miktarda bulunduğu bildirilmiştir (Anonymous, 12).

Örnek yerleri, toprak haritası (12) ve arazi gözlemleri neticesinde tesbit edilmiş ve her noktadan 0-15 cm derinlikten yeter miktarda toprak örneği alınarak havada kurutulmuştur. Bir kısmı 2 mm'lik elekten geçirilen örneklerin diğer kısmı doğal haliyle plastik saksılar içerisinde saklanmıştır.

Tane yoğunluğu, piknometre yöntemi (Black, 13), mekanik analiz, "Bouyoucos Hidrometresi" yöntemi (Day, 14), tarla kapasitesi, basınç tablası ve solma noktası ise basınç mebranı aleti kullanılarak belirlenmiştir. Dispersiyon oranı, dispers edilmeden önce ve sonra topraktaki silt+kil fraksiyonlarının yoğunlukları hidrometre ile ölçülerek hesaplanmıştır (Ngautunga ve ark., 15). Toprak örneklerinin agregat stabilitesi değerlerinin belirlenmesinde "ıslak eleme" yöntemi kullanılmış ve bunun için Kemper (16) esas alınmıştır. Deneme topraklarının kırılma değerini saptamada, Richards'in (17) geliştirdiği ve Reeve (18) tarafından ayrıntıları verilen kırılma değeri "modulus of rupture" ölçme yöntemi kullanılmıştır. Toprakların pH değerleri 1: 2.5'lük toprak-su karışımında (Peech, 19), elektriki iletkenlik iletkenlik aleti kullanılarak tayin edilmiştir (U.S. Salinity Lab. Staff., 20). Organik madde, "Smith Weldon" yöntemi uygulanarak tayin



Şekil 1. Toprakların alındığı örnekleme yerleri

edilmiştir (Hocaoğlu, 21). Örneklerin kireç içerikleri "Scheibler Kalsimetresi" ile hacimsel olarak belirlenmiştir (Hızalan ve Ünal, 22). Toprak fraksiyonlarındaki kireç miktarları, eleme ve sedimentasyon yöntemine göre ayrılan fraksiyonlarda kalsimetre kullanılarak yapılmıştır. Bouyoucos yöntemine göre dispersiyonu sağlanan örneklerdeki 0.05 mm'den büyük taneler ıslak eleme yapılarak ayrılmıştır. Elek altına geçen kısım ise sedimentasyon silindirine doldurulduktan sonra kil ve silt Stokes kanununa göre ayrılmıştır. Örneklerin katyon değişim kapasitesi (KDK) "Bower" yöntemine göre belirlenmiştir. Bunun için değişim kompleksleri önce sodyum ve sonrada amonyum ile doyurulmuş, açığa çıkan sodyum miktarı alev fotometresinde (U.S. Salinity Lab. Staff., 20). Suda çözünebilir katyonların tayininde, toprak örneklerinden 10 g tartılıp üzerine 50 ml saf su ilave edilmiştir. Hazırlanan karışım 30 dakika çalkalandıktan sonra mavi bant filitre kağıdından geçirilerek elde edilen süzektteki

sodyum ve potasyum alev fotometresi ile, kalsiyum ve magnezyum ise aynı süzükte EDTA ile tayin edilmiştir (U.S. Salinity Lab. Staff., 20). Suda çözünebilir anyonlar, karbonat ve bikarbonat, suda çözünebilir katyonların tayin edildiği süzükte sülfirik asit titrasyonu yoluyla belirlenmiştir (Richards, 23). Sülfat tayini, yine aynı süzükte asit-tuz çözeltisi kullanılarak kolorimetrik olarak tayin edilmiştir (Gamsız ve Ağacık, 24). Klor tayini de aynı süzükte potasyum kromat indikatörü kullanılarak $AgNO_3$ ile titre edilmek suretiyle belirlenmiştir (Kacar, 25). Değişebilir katyonlar, 1 N amonyum asetat ile ekstrakte edilebilir katyonlardan suda çözünebilir katyonların çıkartılması ile hesaplanmıştır (U.S. Salinity Lab. Staff., 20). Değişebilir sodyum yüzdesi, 100 g toprak miliekivalan (me) olarak değişebilir sodyum değerinin katyon değişim kapasitesi (me/100 g) değerine bölünüp 100 ile çarpılmasıyla bulunmuştur (Sağlam, 26).

Bulgular ve Tartışma**Toprakların Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri**

Araştırmada kullanılan toprak örneklerinin bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerine ait bulgular Tablo 1'de verilmiştir.

Tablonun incelenmesinden de anlaşılacağı üzere araştırma konusu toprak örneklerinin kil içerikleri %4.13 ile %49.05, silt içerikleri %17.80 ile %77.64, kum içerikleri %15.42 ile %64.70, tane yoğunlukları 2.57

g/cm³ ile 2.77 g/cm³, tarla kapasiteleri %14.91 ile %37.08, solma noktaları %8.77 ile 25.52 dispersiyon oranları %10.79 ile %33.71, agregat stabiliteleri %13.88 ile %75.14, kırılma değerleri 131 mbar ile 5347 mbar, toprak reaksiyonları 7.55 ile 9.22, elektriksel iletkenlikleri 0.113 mmhos/cm ile 1.839 mmhos/cm, organik madde içerikleri %1.23 ile %3.44, kireç içerikleri %8.31 ile %60.31, değişebilir kalsiyum içerikleri 13.699 me/100 g ile 25.901 me/100 g, değişebilir magnezyum içerikleri 2.752 me/100 g ile 16.664 me/100 g,

Tablo 1. Araştırmada Kullanılan Toprak Örneklerinin Bazı Fiziksel ve Kimyasal Analiz Bulguları

Örnek No	Kil (%)	Silt (%)	Kum (%)	Tekstür Sınıfı	Zerre Yoğun. (g/cm ³)	Tarla Kapasit. (%)	Solma Noktası (%)	Dispers. Oranı (%)	Agregat Stabil. (%)	Kırılma Değeri (mbar)	pH		Org. Madde (%)	Karbonatlar (CaCO ₃) eşdeğeri (%)
											1:2.5 Top.-Su Süspan.	EC25°C 1:2.5 Top.-Su Süs. (mmhos/cm)		
1	19.62	50.04	30.34	L	2.62	30.31	18.63	12.81	59.91	131	8.17	0.172	1.99	10.78
2	18.47	36.19	45.34	L	2.57	27.52	16.97	16.28	37.89	448	8.15	0.113	1.23	9.63
3	17.50	17.80	64.70	SL	2.63	14.91	8.71	25.95	26.10	532	8.81	0.140	1.47	8.31
4	17.13	45.12	37.75	L	2.57	29.43	19.05	16.30	60.22	313	8.37	0.118	1.26	12.20
5	27.21	42.91	29.88	CL	2.67	30.83	19.78	19.42	69.48	688	8.15	0.143	1.55	17.94
6	26.90	46.20	26.90	CL	2.65	30.51	21.09	10.79	65.05	445	8.11	0.220	1.52	13.88
7	32.81	42.50	24.69	CL	2.58	37.08	25.52	15.28	75.14	1343	8.08	0.153	2.38	25.72
8	4.13	77.64	18.23	SIL	2.59	33.41	20.81	31.06	43.91	4463	7.55	1.839	2.15	51.44
9	34.10	47.92	17.98	SICL	2.58	32.23	16.85	17.97	37.19	1873	7.99	0.366	3.44	50.73
10	36.89	40.57	22.54	CL	2.66	26.37	13.45	29.47	20.79	2228	7.75	0.685	2.54	57.45
11	19.75	63.84	16.41	SIL	2.63	30.93	15.06	33.71	13.88	5347	8.14	1.452	1.89	60.31
12	49.05	35.53	15.42	C	2.62	29.22	15.19	29.26	22.14	2667	8.41	0.409	2.20	51.26
13	22.76	39.34	37.90	L	2.62	22.90	10.84	31.89	15.07	2100	9.22	0.269	1.81	26.87
14	38.48	44.41	17.11	SICL	2.77	31.56	16.36	25.87	28.26	2279	7.82	1.016	3.39	53.04
15	40.02	41.87	18.11	SIC	2.63	29.90	16.29	21.19	42.75	2935	8.46	0.331	2.48	42.07
16	30.23	42.32	27.45	CL	2.66	27.63	15.52	24.71	32.51	1754	7.61	0.658	2.25	39.42

Tablo 1'in Devamı

Örnek No	Değişebilir Katyonlar, (me/100 g)				Değişebilir Sodyum Yüzdesi (%)	Suda Çözünebilir Katyonlar, (me/100 g)				Kation Değişim Kapasitesi (me/100 g)	Suda Çözünebilir Anyonlar, (me/100 g)			
	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺		Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺		CO ₃ ⁻	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ⁻	Cl ⁻
1	21.881	9.842	1.313	0.622	2.560	0.381	0.284	0.099	0.374	24.301	Eser	0.934	0.218	0.323
2	20.713	8.533	1.139	0.266	1.126	0.333	0.224	0.099	0.179	23.630	"	0.694	0.143	0.101
3	13.699	2.752	3.059	0.434	2.643	0.174	0.050	0.389	0.291	16.240	"	0.789	0.388	0.152
4	22.760	12.205	1.015	0.828	3.210	0.249	0.199	0.038	0.394	25.790	"	0.808	0.156	0.065
5	23.252	12.367	0.977	0.590	2.242	0.567	0.113	0.053	0.351	26.314	"	0.732	0.180	0.244
6	24.251	16.664	1.195	1.041	3.287	0.447	0.075	0.058	0.572	31.674	"	0.542	0.177	0.027
7	25.901	14.176	1.569	0.687	1.887	0.421	0.209	0.103	0.363	36.413	"	0.669	0.270	0.092
8	22.129	10.767	0.659	0.582	2.254	4.126	4.468	0.162	0.621	25.825	"	0.541	8.340	0.669
9	17.038	10.584	0.957	0.507	1.848	0.962	0.274	0.145	0.411	27.432	"	0.705	1.424	0.170
10	15.653	7.097	0.869	0.528	2.457	2.278	0.217	0.220	0.519	21.491	"	0.636	2.815	0.318
11	14.523	7.373	0.667	0.058	0.293	3.054	0.834	0.022	2.801	19.814	"	0.670	4.750	0.267
12	16.153	4.674	1.116	1.033	4.670	0.510	0.338	0.182	0.873	22.120	"	0.814	1.432	0.166
13	13.701	3.819	2.914	0.827	4.211	0.351	0.109	0.556	0.569	19.639	"	1.075	0.319	0.041
14	19.056	7.886	0.837	0.459	1.701	2.517	1.663	0.205	0.439	26.978	"	0.707	4.665	0.120
15	18.158	6.049	1.084	1.091	4.081	0.649	0.047	0.132	0.796	26.733	"	0.638	0.824	0.133
16	19.142	5.509	1.207	0.683	2.592	1.287	0.209	0.228	0.574	26.349	"	0.530	2.223	0.729

değişebilir potasyum içerikleri 0.659 me/100 g ile 3.059 me/100 g, değişebilir sodyum içerikleri 0.058 me/100 g ile 1.091 me/100 g, değişebilir sodyum yüzdeleri %0.293 ile %4.670, suda çözünebilir kalsiyum içerikleri 0.174 me/100 g ile 4.126 me/100 g, suda çözünebilir magnezyum içerikleri 0.047 me/100 g ile 4.468 me/100 g, suda çözünebilir potasyum içerikleri 0.022 me/100 g ile 0.556 me/100 g, suda çözünebilir sodyum içerikleri 0.179 me/100 g ile 2.801 me/100 g, katyon değişik kapasiteleri 16.420 me/100 g ile 36.413 me/100 g, suda çözünebilir bikarbonat içerikleri 0.530 me/100 g ile 1.075 me/100 g, suda çözünebilir sülfat içerikleri 0.143 me/100 g ile 8.340 me/100 g ve suda çözünebilir klor içerikleri 0.027 me/100 g ile 0.729 me/100 g arasında bulunmuştur. Sonuçlardan anlaşılacağı gibi, toprakların tamamında kaymak tabakasının olduğu görülmekte ve bir kısmının ise kırılma değerinin yüksek olduğu anlaşılmaktadır (Tablo 1).

Kırılma Değeri ile İncelenen Toprak Özellikleri Arasındaki İlişkiler

Araştırma konusu toprak örneklerinin bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri ile kırılma değerleri arasındaki ilişkiler Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2'den görüleceği gibi silt içerikleri ile kırılma değerleri arasında ($P<0.01$) pozitif ($r=0.618$), kum içerikleri ile kırılma değerleri arasında ($P<0.01$) negatif ($r=-0.612$), dispersiyon oranları ile kırılma değerleri arasında ($P<0.01$) pozitif ($r=0.758$), agregat stabiliteleri ile kırılma değerleri arasında ($P<0.01$) negatif ($r=-0.528$), elektriksel iletkenlik değerleri ile kırılma değerleri arasında ($P<0.01$) pozitif ($r=0.853$), organik madde içerikleri ile kırılma değerleri arasında ($P<0.01$) pozitif ($r=0.361$), kireç içerikleri ile kırılma değerleri arasında ($P<0.01$) pozitif ($r=0.841$), değişebilir kalsiyum içerikleri ile kırılma değerleri arasında ($P<0.01$) negatif ($r=-0.396$), değişebilir potasyum içerikleri ile kırılma değerleri

Tablo 2. Araştırmaya Konu Toprak Örneklerinin Bazı Özellikleri ile Kırılma Değerleri Arasındaki İlişkiler

Bağımlı Değişken	Sembolü	Bağımsız Değişken	Sembolü	Hata Serbestlik Derecesi	Korelasyon Katsayısı (r)	Standart Hata (Sr)	"t" Oranı	Regresyon Denklemi
Kırılma Değeri	Y	Zerre Yoğunluğu	X_1	46	0.071	0.147	0.49	
"	"	% Tarla Kapasitesi	X_2	46	0.247	0.143	1.73	
"	"	% Solma Noktası	X_3	46	-0.114	0.146	0.76	
"	"	% Kil	X_4	46	0.009	0.147	0.10	
"	"	% Silt	X_5	46	0.618	0.116	5.33**	$Y=-1391+72.57X_5$
"	"	% Kum	X_6	46	-0.612	0.117	5.26**	$Y=3819-69.9X_6$
"	"	Dispersiyon Oranı	X_7	46	0.758	0.096	7.86**	$Y=-1665+155X_7$
"	"	Agregat Stabilitesi	X_8	46	-0.528	0.125	4.22**	$Y=3431-39.10X_8$
"	"	pH	X_9	46	-0.226	0.144	1.57	
"	"	EC	X_{10}	46	0.853	0.077	11.07**	$Y=591+2.49X_{10}$
"	"	% Organik Madde	X_{11}	46	0.361	0.019	2.63**	$Y=131+820X_{11}$
"	"	CaCO ₃	X_{12}	46	0.841	0.080	10.56**	$Y=-323+65.4X_{12}$
"	"	KDK	X_{13}	46	-0.197	0.145	1.37	
"	"	Değişebilir Ca ⁺²	X_{14}	46	-0.396	0.115	2.92**	$Y=4752-151X_{14}$
"	"	Değişebilir Mg ⁺²	X_{15}	46	-0.276	0.142	1.94	
"	"	Değişebilir K ⁺	X_{16}	46	-0.346	0.138	2.51*	$Y=2797-739X_{16}$
"	"	Değişebilir Na ⁺	X_{17}	46	-0.228	0.144	1.58	
"	"	Değişebilir Sodyum Yüzdesi	X_{18}	46	-0.214	0.144	1.50	
"	"	Suda Serbest Ca ⁺²	X_{19}	46	0.789	0.091	8.71*	$Y=712+992X_{19}$
"	"	Suda Serbest Mg ⁺²	X_{20}	46	0.547	0.123	4.43**	$Y=1386+718X_{20}$
"	"	Suda Serbest K ⁺	X_{21}	46	0.265	0.142	1.86	
"	"	Suda Serbest Na ⁺	X_{22}	46	0.749	0.098	7.66**	$Y=670+1861X_{22}$
"	"	Suda Serbest HCO ₃ ⁻	X_{23}	46	-0.251	0.143	1.75	
"	"	Suda Serbest SO ₄ ⁻²	X_{24}	46	0.785	0.091	8.62*	$Y=956+304X_{24}$
"	"	Suda Serbest Cl ⁻	X_{25}	46	0.369	0.137	2.69**	$Y=1242+2676X_{25}$

* : $P<0.05$

** : $P<0.01$

arasında ($P<0.05$) negatif ($r=-0.346$), suda çözünebilir kalsiyum içerikleri ile kırılma değerleri arasında ($P<0.01$) pozitif ($r=0.789$), suda çözünebilir magnezyum içerikleri ile kırılma değerleri arasında ($P<0.01$) pozitif ($r=0.547$), suda çözünebilir sodyum içerikleri ile kırılma değerleri arasında ($P<0.01$) pozitif ($r=0.749$), suda çözünebilir sülfat içerikleri ile kırılma değerleri arasında ($P<0.01$) pozitif ($r=0.785$) ve suda çözünebilir klor içerikleri ile kırılma değerleri arasında ($P<0.01$) pozitif bir ilişki saptanmıştır ($r=0.369$).

Korelasyon ve regrasyon analizlerinden anlaşıldığı üzere kırılma değerleri incelenen bazı toprak özellikleriyle pozitif yönde önemli ilişki verirken, bazı özellikleriyle de negatif yönde önemli ilişki vermiştir. Diğer taraftan bir kısım toprak özellikleri ile kırılma değerleri arasında istatistiksel bakımdan önemli bir ilişki olmadığı saptanmıştır (Tablo 2). Bu ilişkilere ait açıklamalar aşağıda verilmiştir.

Toprak örneklerinin silt içeriklerindeki artışın, kırılma değerlerini önemli ölçüde artırdığı belirlenmiş olup, benzeri sonuçlar birçok araştırmacı tarafından ortaya konmuştur (1, 2, 3, 7, 8, 10 ve 11).

Topraktaki kum miktarı arttığında, yağmur veya sulamanın etkisiyle oluşan kaymak tabakasının direnci düşmektedir. Zira, kum taneleri toprak parçacıklarının düzgün dizilimini bozarak taneler arasındaki kohezyonu azaltmakta ve zayıf kaymak tabakası oluşumunu sağlamaktadır. Benzer etki, hem yapılan araştırmada hem de literatürde ortaya konmuştur (8).

Toprak örneklerinin dispersiyon oranı değerleri ile kırılma değerleri arasında önemli pozitif bir ilişki bulunmuştur. Dispersiyon oranının yüksek olması, topraklar yağışlarla veya sulamayla ıslandıkları zaman, toprak tanelerinden olan kil ve siltin daha fazla dispers olacağı anlamına gelmektedir. Dispers olmuş kil ve silt taneleri suyun etkisiyle hareket ederek bir kısım gözenekleri dolduracaktır. Bu tip topraklarda kurumayla birlikte gözenekliliği düşük, hacim ağırlığı yüksek sıkı bir yüzey katmanı oluşmaktadır. Bu yüzey katmanının kırılma değeri ise artmaktadır. Yapılan çalışmadan da bu durum açıkça anlaşılmaktadır.

Toprak örneklerinin agregat stabilitesi ile kırılma değerleri arasında önemli negatif bir ilişki bulunmuştur. Topraklarda suya dayanıklı olan agregatların miktarı azaldıkça oluşacak kaymak tabakasının kırılma direnci artacaktır. Bu durum dispersiyon oranıyla ilgili olarak açıklanan bölümdekine benzer nedenlerden kaynaklanmaktadır. Ayrıca çok sayıda araştırmacı agregat stabilitesi ile kırılma değeri arasında önemli negatif ilişkiler bulmuşlardır (2, 5, 6, 10, 11).

Örneklerin elektriki iletkenlikleri ile kırılma değerleri arasında önemli pozitif bir ilişki bulunmuştur. Elde edilen sonucun bazı literatürle benzerlik göstermemesi suda çözünebilir tuz çeşitlerinin ve araştırma konusu toprak özelliklerinin kaymak tabakasının direnci üzerinde farklı şekilde etkimiş olabileceği ile açıklanabilir. Tablo 2’de verilen suda çözünebilir kalsiyum, magnezyum, sülfat ve klor içerikleri ile kırılma değerleri arasındaki ilişkiler incelendiğinde bu durum daha açık olarak görülmektedir. Söz konusu katyon ve anyonların artışı kırılma değerini de artırmaktadır. Aynı zamanda bu iyonlar toprakların elektrikli iletkenliklerinde de artışa sebep olur ve toprak ıslanıp arkasından kurduğunda ise, bu iyonların tuzlarının kaymak tabakası oluşumunu ve direncini artırdığı söylenebilir.

Organik madde içerikleri ile kırılma değerleri arasında bulunan önemli pozitif ilişki, bazı literatürlerle çelişki içerisindedir. Ancak son yıllarda yapılan araştırmalar toprakların fiziksel özellikleri üzerinde organik maddenin toplam miktarından ziyade, humuslaşma derecesinin daha önemli olduğunu ortaya koymuştur (8). Yapılan çalışmada sadece toplam organik madde miktarı belirlendiğinden istatistiksel olarak önemli pozitif ilişki bulunmuştur.

Kireç içerikleri ile kırılma değerleri arasında bulunan önemli pozitif ilişki kireç parçacıklarının irilik dağılımıyla açıklanabilir. Kırılma değeri en yüksek olan 11 no’lu toprağın içerdiği kirecin, fraksiyonlara dağılımı incelendiğinde kireç miktarının büyük çoğunluğunun silt fraksiyonlarında bulunduğu saptanmıştır. Bu toprak örneğindeki kirecin %17.42’sinin kil, %64.67’sinin silt ve %19.91’inin kum iriliğinde bulunduğu belirlenmiştir. Çok sayıda araştırmacı ise toprakların silt içerikleri ile kırılma değerleri arasında önemli pozitif ilişkiler olduğunu bildirmiştir (1, 2, 3, 7 ve 8).

Örneklerin değişebilir kalsiyum içerikleri ile kırılma değerleri arasında bulunan önemli negatif ilişkiler, kalsiyumun flokülasyonu artırıcı etkisine bağlanabilir. Flokülasyonun artışı ise agregat oluşumunu teşvik ederek, kaymak tabakası oluşumunun ve direncinin düşmesine sebep olabilir.

Örneklerin değişebilir potasyum içerikleri ile kırılma değerleri arasında önemli negatif ilişki bulunmuştur. Üzerinde çalışma yapılan topraklar tarım alanı olarak kullanılmaktadır. Bu alanlara kimyasal gübreler, özellikle azotlu, fosforlu ve potasyumlu gübreler uygulanmaktadır. Bu durumun potasyumlu gübrelerin etkisinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Suda çözünebilir sodyum içerikleri ile kırılma değerleri arasında bulunan önemli pozitif ilişki, sodyumun dispersiyonu artırıcı etkisine bağlanabilir. Bilindiği gibi sodyum, kalsiyumun zıddına dispersiyonu artırarak agregatların dağılımını teşvik etmektedir. Bu durum, topraklarda kaymak tabakası oluşumunu ve direncini yükseltmektedir (3, 5 10 ve 11).

Araştırma sonuçlarından anlaşılacağı gibi, üzerinde çalışılan toprakların silt içerikleri, silt iriliğindeki kireç

içerikleri ve kireç içeriklerindeki artışlar ile agregasyonlarındaki azalışın kaymak tabakasının direncini artırdığı görülmektedir. Aynı şekilde, suda serbest kalsiyum ile sodyumun sülfat ve klor tuzlarının kaymak tabakası direncini artırıcı yönde etkiledikleri saptanmıştır. Bundan dolayı kaymak tabakası sorunu görülen arazilerde agregasyonu artırmaya yönelik çalışmalar yapılmalıdır.

Kaynaklar

1. Lutz, J.F., Mechanical Impedance and Plant Growth. In: Soil Physical Conditions and Plant Growth Shaw, B.T., ed.), Academic Press, New York, 491, 1952.
2. Lemos, P. ve Lutz, J.P., Soil Crusting and Some Factor Effecting It. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 21, 484-491, 1957.
3. Gerard, C.J., The Influence of Soil Moisture, Soil Texture, Drying Conditions and Exchangeable Cations on Soil Strength. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 29, 641-645, 1965.
4. Ferry, D.M. ve Olsen, R.A., Orientation of Clay Particles as It Relates to Crusting of Soil. Soil Sci. 120 (C), 367-375, 1975.
5. Gür, K., Muş ve Van Yöresi Topraklarında Mantar (Mikro fungus) Dağılımı ve Bunlardan Aspergillus versicolor ile Penicillium Chrysogenum'un Toprakların Agregat Stabilitesi ve Kırılma Değeri Üzerine Etkileri. Atatürk Üniv. Ziraat. Fak., Erzurum (Yayınlanmamış), 1982.
6. Sönmez, K., Van Yöresi Topraklarında Fosforik Asit, Triple Süperfosfat ve Ahır Gübresinin Agregasyon, Agregat Stabilitesi ve Kırılma Değeri Üzerine Etkileri. Atatürk Üniv. Ziraat Fak., Erzurum (Yayınlanmamış), 1982.
7. Nuttal, W.F., The Effect of Seedling Depth, Soil Moisture Regime and Crust Strength on Emergence of Rape Cultivars. Agronomy J., 74, 1018-1022, 1982.
8. Hussian, S.M., Smlille, G.W. ve Collins, J.F., Laboratory Studies of Crust Development in Irish and Iraqi Soils. II. Effects of Some Physico-Chemical Constituents on Crust Strength and Seedling Emergence. Soil & Tillage Res., 6, 123-138, 1985.
9. Berkman, A., Topraklarda Kaymak Tabakası Oluşumunu ve Kaymak Sertliğini Etkileyen Faktörlerin Laboratuvar Koşullarında Araştırılması. Toprak İlimi Derneği 9. Bilimsel Toplantı Tebliğleri, Adana, 4, 18-29, 1986.
10. Arshad, M.A. ve Mermut, A.R., Micromorphological and Physico-Chemical Characteristics of Soil Crust Types in Northwestern Alberta, Canada, Soil Sci. Soc. of Amer. J., 52 (3), 724-729, 1988.
11. Canpolat, M.Y., Toprağa Organik Materyal İlavasının Toprağın Organik Maddesi, Agregat Stabilitesi ve Geçirgenliği Üzerine Etkileri. Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Derg., 23 (2), 113-123, 1992.
12. Anonymous, Konya Kapalı Havzası Toprakları, Topraksu Genel Müdürlüğü Yayınları, Yayın No: 228, Ankara, 1978.
13. Black, C.A., Particle Density. In: Methods of Soil Analysis Part I (Black, C.A., ed.), American Society of Agronomy, Inc., Madison, Wisconsin, USA, 371-373, 1965.
14. Day, P.R., Particle Fractionation and Particle-Size Analysis. In: Methods of Soil Analysis Part I (Black, C.A., ed.), American Society of Agronomy, Inc., Madison, Wisconsin, USA, 545-556, 1965.
15. Ngatunga, E.L. Lal, N., I ve Singer, M.J. Effect of Surface Management on Runoff and Soil Erosion From Some Plot a Milangano, Tanzania. Geoderma, 33, 1-12, 1984.
16. Kemper, W.D., Aggregat Stability. In: Methods of Soil Analysis Part I (Black, C.A., ed.), American Society of Agronomy, Inc. Madison, Wisconsin, USA, 511-519, 1965.
17. Richards, L.A., Modulus of Rupture as an Index of Soil Crusting. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 17, 321-323, 1953.
18. Reeve, R.C., Modulus of Rupture. In: Methods of Soil Analysis. Part I (Black, C.A., ed.), American Society of Agronomy, Inc., Madison, Wisconsin, USA, 466-671, 1965.
19. Peech, M., Hydrogen-Ion Activity. In: Methods of Soil Analysis Part 2 (Black, C.A. ed.), American Society of Agronomy, Inc., Madison, Wisconsin, USA, 914-926, 1965.
20. U.S. Salinity Laboratory Staff, Diagnosis and Improvement of Saline and Alkalin Soils. Agricultural Handbook No. 60, 1954.
21. Hocaoğlu, Ö.L., Toprakta Organik Madde, Nitrojen ve Nitrat Tayini. Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Zirai Araştırma Ens., Tenkik Bülten No:9, 1966.
22. Hızalan, E. ve Ünal, H., Toprakta Önemli Kimyasal Analizler. Ankara Üniv. Ziraat Fak. Yayınları, 278, 1966.

23. Richards, L.A., Diagnosis and Improvement of Saline and Alkalin Soils. United States Department of Agriculture. Agriculture Handbook, No: 60, 1954.
24. Gamsız, E. ve Ağacık, G., Su ve Analiz Metotları. T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü Yayınları, DSI Basım ve Foto-Film İşletme Müdürlüğü Matbaası Ankara, 1981.
25. Kacar, B., Gübre Analizleri, Ankara Üniv. Basımevi, 1990.
26. Sağlam, M.T., Toprak Kimyası Tatbikatı Notları (Teksir), Atatürk Üniv. Yayınları, Erzurum, 1978.