

İĞDIR OVASI TUZLU-SODYUMLU TOPRAKLARINDA BAZI FİZİKSEL VE KİMYASAL ÖZELLİKLERİN AGREGASYON ÜZERİNE ETKİLERİ

Ömer ANAPALI (1)

ÖZET : *Bu araştırmada Iğdır Ovası tuzlu-sodyumlu topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerin agregasyon üzerine etkileri incelenmiştir. Iğdır ovasını temsilen 30 adet yüzey toprağı (0-30 cm) alınmış ve araştırma materyali olarak değerlendirilmiştir.*

Araştırma topraklarında agregasyonla; kil, porozite, elektriksel iletkenlik (EC), katyon değiştirme kapasitesi (KDK) ve değeşebilir ($Ca^{++} + Mg^{++}$) arasında önemli pozitif ilişkiler, silt ve kireç ile önemsiz negatif ilişkiler, hacim ağırlığı ile önemli negatif ilişki, organik madde ile önemsiz pozitif ilişki, değişebilir Na^+ ve K^+ ile önemsiz negatif ilişkiler elde edilmiştir.

EFFECTS OF SOME PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES OF SALINE-SODIC SOILS OF İĞDIR PLAIN ON THEIR AGGREGATION

SUMMARY : *This research has been conducted to determine effects of some physical and chemical properties of Iğdır Plain saline-sodic soils on their aggregation. For this purpose, 30 samples were collected from the soil surface (0-30 cm) in the salty lands representing Iğdır Plain, and were used as research material.*

According to the results; a significant positive relationship was found between aggregation and clay, porosity, electrical conductivity, cation exchange capacity and exchangeable calcium and magnesium, a slight negative relationship was obtained between aggregation and silt, lime, a significant negative relationship was obtained between aggregation and volum density, a slight positive relationship was obtained between aggregation and organic matter, a slight negative relationship was found between aggregation and exchangeable sodium and exchangeable potassium.

GİRİŞ

Tuzlu ve sodyumlu toprakların ıslah edilerek tarım arazilerine katılmaları ve bu topraklar üzerinde bitki yetiştirilmesinin başarıyla yapılabilmesi için bitki yetişmesi üzerine etkili olan; toprağın su geçirgenliği, su tutma kapasitesi, havalanma durumu, işlenebilmesi, köklerin toprağa nüfuzu, mikroorganizma faaliyetleri ve bitki besin elementlerinin yararlılık dereceleri gibi hususların iyileştirilmesi gerekir. Bu durum ise toprak agregasyonu ile yakından ilgilidir (Kemper, 1965; Sönmez, 1980; Tisdall ve Oades, 1982; Glauser ve ark., 1988). Bu nedenle tuzlu ve sodyumlu toprakların ıslahı sırasında veya toprak yönetimi planlamalarında agregasyonu artırıcı işlemlerin yapılması gerekmektedir.

Değişik yörelerde yapılan araştırma sonuçlarına göre, agregasyonla kil arasında önemli pozitif ilişkilerin varlığı ortaya konulmuştur (Demiralay, 1975; Sönmez, 1980; Douglas ve Goss, 1982; Shouse ve ark., 1990; Wu ve ark., 1990; Kay ve Dexter, 1990).

Organik madde ile agregasyon arasındaki ilişki incelenirken topraktaki kil miktarının dikkate alınması gerekir. Çünkü kil miktarı fazla olan topraklarda organik maddenin agregasyon üzerine etkisi önemsiz bulunabilmektedir. Örneğin Aksoy (1973)'te olduğu gibi. Benzer sonuç Sönmez'in (1980) yaptığı bir çalışmada da görülmektedir. Bu çalışmada agregasyonun asıl nedeninin kil yüzdesi olduğu, organik madde ile agregasyon arasında ise bir ilişkinin olmadığı belirtilmektedir.

Aksoy (1973), yaptığı bir çalışmada ıslak eleme yöntemini uygulayarak çeşitli toprakların agregasyonlarını tespit etmiştir. Bu çalışmada kil, organik madde, kation değiştirme kapasitesi ve değişebilir kalsiyum miktarlarıyla agregasyon arasında önemli ilişkiler elde etmiştir. Demiralay (1982)'de ise toprağa organik madde ilave edilmesinin agregat stabilitesini artırdığı kireç ilavesinin ise azalttığı belirtilmektedir.

Çelebi (1970), Atatürk Üniversitesi Çiftliği topraklarında yaptığı çalışmada porozite ile agregasyon arasında pozitif ilişki bulunmuştur. Aynı topraklarda Çelebi (1971)'de kireç ile agregasyon arasında hiçbir ilişki bulunmadığı, Çelebi (1971a)'da ise organik madde ile agregasyon arasında önemli pozitif bir ilişkinin olduğu belirtilmektedir.

Sönmez (1980) ise agregasyonla toprağın kil içeriği, porozitesi, likit limiti, plastiklik indeksi, elektriksel iletkenliği, değişebilir ($Ca^{++} + Mg^{++}$) ve kation değiştirme kapasitesi arasında önemli bir pozitif ilişkiler, volüm ağırlığı, kireç miktarı ve silt miktarı arasında önemli negatif ilişkiler bulmuş ve özgül ağırlık, organik madde miktarı, değişebilir sodyum ve değişebilir potasyum arasında ise bir ilişki tespit edememiştir.

Bu araştırmada Iğdır Ovası tuzlu ve sodyumlu topraklarında bazı fiziksel ve kimyasal toprak özellikleri ile toprak agregasyonu arasındaki ilişkileri incelemek amacıyla yürütülmüştür.

MATERYAL VE METOT

Materyal

Çalışma alanı olarak seçilen Iğdır Ovası, Doğu Anadolu Bölgesinin doğusunda Aras Havzası içerisinde yer almaktadır. Ovanın denizden yüksekliği 850 m olup alanı 83211 hektardır. Yörenin yıllık yağışı 256,1 mm, yıllık sıcaklık ortalaması 12 °C ve yıllık buharlaşması 1017 mm'dir (Anon., 1980). Ovada tuzluluk ve sodyumluluk sorunu mevcut olup 39824 hektar tuzlu, 14073 hektar tuzlu-sodyumlu toprak bulunmaktadır (Dizdar, 1978).

Iğdır Ovasını temsilen tuzluluk ve sodyumluluk sorunu nedeniyle bitki yetiştirilmesi yapılamayan sahalardan 30 adet yüzey toprak (0-30 cm) örneği alınıp araştırma materyali olarak değerlendirilmiştir.

Metot

Toprak örneklerinde agregasyon yüzdesi, A.B.D. Tuzluluk Laboratuvarının organik madde bakımından fakir topraklara uygulamakta olduğu yöntem esas alınmıştır. Mekanik analiz, Bouyoucos hidrometre yöntemiyle; Hacim ağırlığı, silindir yöntemiyle; Toprak reaksiyonu (pH), cam elektrodlu pH metre ile; Porozite, hacim ağırlığı ve özgül ağırlıktan hesaplanarak Elektriksel iletkenlik, elektriksel iletkenlik aletiyle belirlenmiştir (Anon., 1951; Richards, 1954). Kireç, Scheibler salsimetresi yöntemiyle. Organik madde, Smith-Weldon yöntemiyle (Hocaoğlu, 1966). Katyon değiştirme kapasitesi, amonyum asetat yöntemiyle. Değişebilir sodyum ve potasyum, amonyum asetatla ekstrakte edilebilen miktarlardan çözünebilir miktarların çıkarılmasıyla (Richards, 1954). Değişebilir kalsiyum ve magnezyum, katyon değiştirme kapasitesinden değişebilir sodyum ve potasyum miktarlarının çıkarılmasıyla belirlenmiştir (Kelley, 1951).

Değerlendirmede agregasyonla toprak özellikleri arasında ikili regresyon analizleri yapılmıştır.

ARAşTIRMA SONUÇLARI VE TARTIşMA

Araştırmada kullanılan toprak örneklerinin fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları Tablo 1'de verilmiştir. Tablo 1 incelendiğinde; topraklar ağır bünyeli olup killi tun hakim durumdadır. Toprakların pH'sı 7,63-8,80, kireç içerikleri % 6,30 - %25,38,

Tablo 1. Denemede Kullanılan Toprakların Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri.

Table 1. Physical and Chemical Properties of Soil Studied.

Toprak No	Agregasyon %	Kil %	Silt %	Kum %	Bünye	Hacim ağırlığı g/cm ³	Porozite %	EC runhos/cm.	pH sat. eks.	Kireç %	Organik madde %	KDK me/100g	Değişebilir Kasyonlar me/100g		
													Ca ⁺⁺ +Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺
1	47,00	25,00	48,35	26,65	L	1,42	40,53	3,05	7,85	22,30	1,05	15,55	12,74	1,81	1,00
2	48,00	26,10	23,40	50,50	SCL	1,44	41,62	3,25	7,68	12,40	1,60	16,63	13,20	1,69	1,76
3	54,56	37,25	40,30	22,45	CL	1,30	44,25	4,10	7,63	10,25	1,38	20,25	17,55	0,90	1,80
4	53,21	40,30	34,60	25,10	CL	1,32	45,45	4,25	7,89	15,30	0,86	20,45	7,29	11,66	1,50
5	44,15	20,20	40,30	39,50	L	1,49	42,30	2,40	8,40	16,10	0,65	22,20	5,80	13,15	3,25
6	47,40	24,45	50,15	25,35	SiL	1,31	40,15	4,00	8,55	14,20	0,80	18,30	5,27	8,35	4,68
7	60,20	48,80	40,10	11,10	SiC	1,25	52,15	6,28	7,93	8,75	1,64	23,10	15,99	4,01	3,10
8	50,10	30,90	26,30	42,80	CL	1,31	44,54	4,30	8,00	18,30	1,20	15,10	12,67	1,53	0,90
9	52,00	41,00	20,60	38,40	C	1,35	45,73	8,10	7,87	8,20	1,26	19,45	17,31	0,92	1,22
10	43,00	25,10	52,00	22,90	SiL	1,50	44,40	2,80	8,52	10,30	0,70	16,60	2,72	13,00	0,88
11	47,20	26,50	48,25	25,25	L	1,40	41,00	5,00	8,55	7,00	0,35	20,40	6,03	12,15	2,25
12	44,30	23,00	48,50	28,50	L	1,48	40,30	3,15	8,60	9,65	1,00	22,60	4,99	15,15	2,46
13	50,00	37,50	30,70	31,80	CL	1,23	46,25	6,80	7,96	25,38	0,95	19,10	9,47	7,63	2,00
14	52,00	35,80	45,60	18,60	CL	1,25	32,10	5,40	7,85	10,00	1,48	18,40	15,57	0,62	2,21
15	50,30	30,00	40,00	30,00	CL	1,34	46,22	6,00	8,40	7,50	1,05	18,70	4,50	10,75	3,45
16	50,00	30,00	44,50	25,50	CL	1,15	46,72	6,30	8,00	6,30	0,86	16,25	13,18	1,07	2,00
17	56,00	41,60	31,00	27,40	CL	1,28	52,25	4,30	8,10	9,25	1,15	22,45	18,92	2,03	1,50
18	44,00	26,70	30,00	43,30	L	1,40	42,15	2,85	7,86	18,80	1,30	15,35	13,64	0,90	0,81
19	49,45	25,00	38,50	36,50	L	1,33	46,60	9,00	8,75	6,50	0,68	23,00	5,75	13,25	4,00
20	51,15	43,50	40,00	26,50	L	1,20	35,20	5,30	7,63	17,25	1,10	22,10	12,40	7,60	2,10
21	55,18	42,10	35,50	22,40	CL	1,25	52,10	8,15	8,15	10,40	1,00	20,45	18,28	1,07	1,10
22	50,00	32,10	36,60	31,30	CL	1,32	45,40	8,00	8,80	8,40	1,05	20,00	5,35	10,40	4,25
23	48,43	29,60	44,40	26,00	CL	1,28	51,20	7,30	7,82	13,45	1,05	16,15	13,90	1,55	0,70
24	62,00	30,80	40,75	28,45	L	1,18	53,10	8,20	7,88	9,25	0,80	16,25	14,33	0,80	1,12
25	49,25	25,60	38,80	35,60	L	1,33	40,00	7,00	8,76	6,80	1,10	24,00	7,80	12,25	3,95
26	60,40	47,70	30,10	22,20	C	1,15	52,25	8,45	8,20	22,25	0,60	24,35	20,72	2,10	1,53
27	66,00	58,30	20,75	20,95	C	1,24	53,25	12,00	8,15	8,40	1,05	30,46	16,59	12,05	1,82
28	51,00	38,90	24,45	36,65	CL	1,20	47,10	5,25	7,95	8,45	1,15	20,25	9,45	8,80	2,00
29	44,00	28,30	30,75	40,95	L	1,25	37,00	5,05	7,96	18,25	1,42	15,40	8,36	4,06	3,00
30	45,00	25,00	32,50	42,50	L	1,28	41,25	2,10	8,00	9,40	0,90	15,45	10,25	4,10	1,10

organik madde içeriği % 0,35- % 1,64, elektriksel iletkenliği 2,10 mmhos/cm - 12 mmhos/cm, katyon değiştirme kapasiteleri 15,10-30,46 me/100 g arasında değişmektedir.

Toprak örneklerinin agregasyon (%) değerleri ile kil (%), silt (%), hacim ağırlığı (g/cm³), porozite (%), elektriksel iletkenlik (mmhos/cm), organik madde (%), katyon değiştirme kapasitesi (me/100 g), değişebilir katyonlar (me/100 g) arasında yapılan ikili regresyon sonuçları aşağıda verilmiştir.

Agregasyon = 33,54 + 0,521 (Kil)	r = + 0,83	% 1 önemli
Agregasyon = 58,79 - 0,215 (Silt)	r = - 0,33	% 5 önemsiz
Agregasyon = 43,12 + 1,378 (EC)	r = + 0,59	% 1 önemli
Agregasyon = 52,95 - 0,171 (Kireç)	r = - 0,16	% 5 önemsiz
Agregasyon = 48, 79 + 1,969 (Org. mad.)	r = + 0,10	% 5 önemsiz
Agregasyon = 33,27 + 0,896 (KDK)	r = + 0,56	% 1 önemli
Agregasyon = 42,51 + 0,735 (Ca ⁺⁺ + Mg ⁺⁺)	r = + 0,65	%1 önemli
Agregasyon = 52,47 - 0,264 (Na ⁺)	r = - 0,23	% 5 önemsiz
Agregasyon = 52,13 - 0,608 (K ⁺)	r = - 0,12	% 5 önemsiz
Hacim ağırlığı = 1,84 - 0,0105 (Agregasyon)	r = - 0,62	% 1 önemli
Porozite = 12,40 + 0,635 (Agregasyon)	r = + 0,66	% 1 önemli

Toprakların kil miktarı ile agregasyonu arasında önemli (P < 0,01) pozitif bir ilişki elde edilmiştir. En yüksek agregasyon kil miktarı % 58,30 olan 27 nolu toprak ile en düşük agregasyonda kil miktarı % 26,70 olan 18 nolu topraklarda elde edilmiştir. Benzer sonuçlar Ertuğrul (1971) tarafından da bulunmuştur.

Silt miktarı ile agregasyon arasında önemli bir ilişki bulunmamıştır. Aynı Őekilde Aksoy (1973)'de topraktaki silt miktarı artışının istatistiki olarak agregasyonu etkilemediği belirtilmektedir.

Toprakların büyük bir kısmında elektriksel iletkenlik değeri 4 mmhos/cm'den fazladır. Bu durum toprakta tuzluluk sorununun varlığını gösterir. Agregasyonla elektriksel iletkenlik arasında önemli (P < 0,01) pozitif bir ilişki elde edilmiştir. Elektriksel iletkenlik değerleri yüksek olan toprakların agregasyonları da yüksek olacaktır. Örneğin, elektriksel iletkenliği 2,1 mmhos/cm olan 30 nolu toprakta agregasyon % 45 olurken elektriksel iletkenliği 12 mmhos/cm olan 27 nolu toprakta agregasyon % 66 olarak bulunmuştur. Benzer sonuçlar Abu-Sharar ve ark., (1987) tarafından da bulunmuştur.

Agregasyonla kireç içeriği arasında önemli olmayan negatif bir ilişki bulunmuştur. Aldrich ve Martin (1954), fazla kirecin agregasyonu önemsiz olarak azalttığını tespit etmişlerdir. Aksoy (1973) ve Çelebi (1971) ise kireç ile agregasyon arasında bir ilişki bulmamışlardır.

Organik madde ile agregasyon arasında önemsiz pozitif bir ilişki bulunmuştur. Sönmez (1980)'de benzer bir sonuç elde etmiştir. Buna karşılık Çelebi (1971) agregasyonla organik madde arasında önemli pozitif bir ilişki bulmuştur. Organik madde ile agregasyon arasındaki ilişki incelenirken toprak kil miktarının da dikkate alınması gerekir. Çünkü kil yüzdesi fazla olan topraklarda organik madde ile agregasyon arasında önemsiz ilişkiler elde edilebilmektedir (Baver, 1959; Aksoy, 1973). Ancak toprakta % 2'den fazla organik madde ve % 25'ten az kil mevcut ise organik madde agregasyon üzerine önemli derecede etkili olabilmektedir (Baver, 1959). Çalışılan bu topraklarda organik madde içeriği % 0,35- % 1,60 arasında özellikle % 1 civarında olmasından dolayı organik maddenin agregasyon üzerine olan etkisi bulunamamıştır.

Kasyon değiştirme kapasitesi ile agregasyon arasında önemli ($P < 0,01$) pozitif bir ilişki bulunmuştur. Kasyon değiştirme kapasitesi değerleri; kil miktarı, kil mineralinin tipi ve organik maddeye bağlı olarak değiştiği düşünülürse kil miktarı yüksek olan toprakların kasyon değiştirme kapasitelerinin de yüksek olması gerekir. Gerçekten en yüksek agregasyon 27 nolu toprak örneğinde % 66 olarak bulunmuş ve bu toprakta % 58,30 ile en yüksek kil yüzdesi ve 30,46 me/100 g olarak en yüksek kasyon değiştirme kapasitesi tespit edilmiştir.

Toprakların değişebilir sodyum ve değişebilir potasyum miktarı ile agregasyon arasında önemli ilişkiler bulunmamıştır. Ancak kalsiyum ve magnezyum toplamı ile agregasyon arasında önemli ($P < 0,01$) pozitif bir ilişki bulunmuştur. Bu hususta birçok araştırmacı değişik sonuçlar bulmuştur. Baver (1959), önemli bir ilişki bulmamış, Aksoy (1973) ise önemli ilişkiler elde etmiştir. Bu farklılık Sönmez (1980) tarafından belirtildiği gibi toprakların kil ve organik madde miktarlarının farklı olmasına bağlanabilir.

Agregasyon ile hacim ağırlığı arasında önemli ($P < 0,01$) negatif bir ilişki elde edilmiştir. Genel olarak toprakta agregasyon düşük ise porozite az, buna karşılık hacim ağırlığı yüksek olmaktadır. Toprak agregasyonu hacim ağırlığını belirleyici faktörlerden biri olduğu için bağımsız değişken olarak agregasyonu almak daha doğru olacaktır.

Toprakların porozitesi ile agregasyon arasında önemli ($P < 0,01$) pozitif bir ilişki bulunmuştur. Fazla kil içeren topraklarda yani agregasyonun yüksek olduğu

topraklarda porozite de fazla olacaktır. Yine burada da agregasyon bağımsız değişken olarak poroziteyi etkilemektedir. Çünkü agregasyon arttıkça gözenekler sadece toprak parçacıkları arasındaki boşluklardan ibaret olmayıp agregatlar arasındaki boşlukları da içermektedir. Bu durum araştırma topraklarında görülmektedir. Nitekim en yüksek agregasyonun elde edildiği 27 nolu toprakta kil yüzdesi en yüksek, porozite en yüksek olarak bulurken hacim ağırlığı düşük bir değerde bulunmuştur.

Sonuç olarak sodyumlu toprakların ıslahında kullanılacak jips toprak daneciklerinin dispers halden floküle hale geçmesine hizmet edecektir. Islah işleminde bitki yetiştirilmesi özellikle fazla kök yapan örneğin arpanın yetiştirilmesi başlangıçta toprağı organik madde ilavesi yönünden yararlı olabilir. Daha sonraki dönemlerde çiftlik gübresi ilavesiyle topraktaki organik madde içeriği daha da artırılabilir. Böylece organik maddeden agregasyon lehine yararlanılmış olunabilir.

KAYNAKLAR

- Abu-Sharar, T.M., F.T. Bingham, J.D. Rhoades, 1987. Stability of soil aggregates as affected by electrolyte concentration and composition. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 51 : 309-314.
- Aksoy, N., 1973. Mikroorganizmalarla aşılama ve fumikasyonun muhtelif rutubet seviyelerinde inkübasyona tabi tutulan bazı Doğu Karadeniz, Doğu Anadolu ve Güneydoğu Anadolu topraklarının agregatlaşmalarına olan etkileri. Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayını, N o: 93.
- Aldrich, D.G., J.P. Martin, 1954. a Chemical-microbiological study of effects of exchangeable cations on soil aggregation. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 18 : 276-281.
- Anonymous, 1951. *Soil Survey Manuel. U.S.D.A. Handbook No : 18.*
- Anonymous, 1980. *Topraksu İstatistik Bülteni. Topraksu Genel Müd. Yayını.*
- Baver, L.D., 1959. *Soil Physics. John Wiley and Sons. Ine. New York.*
- Çelebi, H., 1970. Atatürk Üniversitesi Çiftliği topraklarında porozitelerin agregat stabilitesi ile ilgisi üzerine bir araştırma. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 1 : 26-31.
- Çelebi, H., 1971. Atatürk Üniversitesi Erzurum Çiftliği topraklarında kireç miktarı ile agregat stabilitesi arasındaki ilgi üzerinde bir araştırma. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2 : 44-50.
- Çelebi, H., 1971a. Atatürk Üniversitesi Erzurum Çiftliği topraklarında organik madde miktarı ile agregat stabilitesi arasındaki ilişki. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2 : 79-87.

- Demiralay, İ., 1975. Islak eleme yöntemlerinde kullanılan darbe uzunluğu ve frekansının agregat stabilitesi ölçmesine etkisi ve Erzurum Ovası topraklarının bazı özellikleri ile agregat stabilitesi arasındaki ilişkiler üzerinde araştırmalar. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi (Basılmamış Doçentlik Tezi).
- Demiralay, İ., 1982. Muş-Alpaslan Devlet Üretme Çiftliği killi toprağına organik materyal ve kireç ilavesinin agregat stabilitesi üzerine etkisi. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 13 : 87-93.
- Dizdar, M.Y., 1978. Türkiye'de tuzdan etkilenmiş topraklar. Toprak Su Teknik Dergisi, 47 : 36-57.
- Douglas, J.T., M.J. Goss, 1982. Stability and organic matter content of surface soil aggregates under different methods of cultivation and in grassland. Soil Tillage Research : 155-175.
- Ertuğrul, H., 1971. Erzurum Ovası topraklarında toprak-su münasebetleri ve ovanın sulama suyu ihtiyacı üzerinde bir araştırma. Atatürk Üniversitesi Yayını no : 128, Ziraat Fakültesi Yayını No : 61.
- Glauser, R., H.E. Doner, E.A. Paul, 1988. Soil aggregate stability as a function of particle size in sludge treated soils. Soil Sci., 146:37-43.
- Hocaoğlu, Ö.L., 1966. Topraklarda organik madde nitrojen ve nitrat tayini. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ziraat Araştırma Enstitüsü Teknik bülteni, 6 : 14-18.
- Kay, B.D., A.R. Dexter, 1990. Influence of aggregate diameter, surface area and antecedent water content on the dispersibility of clay. Can. J. Soil Sci., 70 : 655-671.
- Kelley, W.P., 1951. Alkali Soils, Their Formation Properties and Reclamation. Reinhold Pub. Co., New York.
- Kemper, W.D., 1965. Aggregate stability. Methods of Soil Analysis. Part 1, 511-519. (Ed. Black, C.A.) Am. Soc. of Agr. Inc. Pub. Madison U.S.A.
- Richards, L.A., 1954. Diagnosis and Improvement of saline and Alkali Soils. Agriculture Handbook No : 60.
- Shouse, P.J., T.J. Gerik, W.B. Russell, D.K. Cassel, 1990. Spatial distribution of soil particle size and aggregate stability index in a clay soil. Soil Sci., 149 : 351-360.
- Sönmez, K., 1980. Atatürk Üniversitesi Elazığ Çiftliğinde toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerin agregasyon üzerine tesirleri ile ilgili araştırmalar. Atatürk Üniversitesi Yayınları No : 531, Ziraat Fakültesi Yayını No : 243.

Tisdall, J.M., J.M. Oades, 1982. The management of rye grass to stabilize aggregates in soil. *Soil Sci.*, 33 : 141-163.

Wu, L., J.A. Vomocil, S.W. Childs, 1990. Pore size, particle size, aggregate size and water retention. *Soil Sci., Soc. Am. J.*, 54 : 952-956.