

ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ ERZURUM ÇİFTLİĞİ TOPRAKLARINDA ORGANİK MADDE MİKTARI İLE AGREGAT STABİLİTESİ ARASINDAKİ İLİŞKİ

Hayati ÇELEBİ(1)

ÖZET

Bu araştırma, Atatürk Üniversitesi Erzurum Çiftliği topraklarında organik madde miktarı ile agregat stabilitesi arasında bir ilişkinin tesbiti gayesiyle yapılmıştır. Çiftlik arazisini karakterize edecek şekilde yüzeyden alınan 12 adet toprak örnekleri üzerinde çalışılmıştır. Bunun sonucu olarak aşağıdaki hususlar tesbit ve tavsiye edilmiştir :

1. *Adı geçen toprakların üst katlarında organik madde miktarı ortalama % 1,84 olup, bunlar organik maddece fakirdirler. Bu miktarın artırılması icabetmektedir.*

2. *Bu toprakların agregat stabilite indeksleri % 35,7-84,6 arasında değişmektedir. Ortalama kıymet % 56,6 dır. Bu değer vasat seviyede olup daha da yükseltilmelidir.*

3. *Araştırma konusu toprakların organik madde miktarları ile agregat stabilite indeksleri arasında % 5 ihtimale göre önemli pozitif bir korelasyon katsayısı ($r=+0,5886$) bulunmuştur.*

4. *Araştırma konusu toprakların organik madde muhtevasını, dolayısıyla agregasyon değerini artırmak için şu tedbirlerin alınmasına ihtiyaç vardır :*

a) *Münavebede baklagil yem bitkilerine ve çayır otlarına fazla yer vermek ,*

b) *Topraklara yeteri kadar ahır gübresi vermek,*

c) *Bitki artıklarının toprağa karıştırılmasına önem vermek, ve*

d) *Toprakları mikroorganizma kültürleri ile aşılaktır.*

(1) Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak İlimi Bölümü (Doc. Dr.)

Dergi Komisyonuna geliş tarihi : 30.9.1971

GİRİŞ

Organik madde, toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerine etkili olan önemli bir unsurdur. Nitekim; toprağın iyi bir struktur kazanması, agregatların stabil bir hale gelmeleri, toprağın su tutma kapasitesi, havalanması ve tav durumu gibi fiziksel özellikler geniş çapta toprakta mevcut organik madde muhtevası ile ilgilidir. Organik madde bakımından zengin olan toprakların kation değişim kapasitesi de yüksektir. Dolayısıyla, bu topraklar verimlidirler.

Organik maddenin toprak verimliliğini artırdığı çok önceleri bilinen bir gerçektir. Çiftçiler, genellikle, koyu renkli toprakların açık renkli olanlara nazaran daha verimli olduklarını biliyorlardı.

Memleketimiz toprakları umumiyetle organik madde bakımından fakirdir. Bu duruma, gübrenin tezek olarak kullanılması gibi ekonomik zorunluklar ve uygun bir bitki münavebesinin uygulanmaması gibi teknik noksanlıklar sebep olarak gösterilebilir.

Toprakta organik maddenin kaynağını bitkisel ve hayvansal dokular meydana getirirler. Organik madde terimi, mikroorganizma faaliyeti ile henüz tamamen ayrılmamış her türlü bitkisel ve hayvansal artıkları ifade etmektedir. Bunlar toprağa intikal ettikten sonra toprakta mevcut sayısız mikroorganizmaların etkisile ayrılmaya başlarlar.

Bu suretle "Humus" adı verilen bir madde hasıl olur. Rengi kahve renginden koyu siyaha kadar değişen amorf ve oldukça stabil bir madde olan humusun içinde artık bitki ve hayvan dokuları teşhis edilemez. Bu madde, bitkilerin faydalanmasına yarayan erimiş mineral maddeler için önemli bir kaynaktır.

Topraklarda agregat oluşumu ve stabilizasyonu bahsi toprak ilminde en az açıklığa kavuşmuş bir konudur. Agregatlar, primer toprak zerrelere birbirleri ile birleşmesi sonucu hasıl olan sekonder oluşumlardır. Bu hususta en önemli faktör, toprağın koloidal fraksiyonudur. Topraklarda agregat oluşumunu açıklayan pek çok teoriler vardır. Fakat bunların hiçbirisi de konuyu tam mânasile aydınlatacak nitelikte değildir. Bu teoriler arasında Russell (1956) tarafından ileri sürüleni daha fazla tutulmuştur. Russell'e göre, kil zerrelere, toprak çözeltisinde dissosiy olmuş kationlar ile kil zerrelere yüzeyindeki negatif yük arasına yerleşmiş olan su molekülleri ile birbirine bağlanmışlardır. Burada su molekülleri, negatif yüklü kil kolloidleri ile pozitif yüklü kationlar arasında dipoller hasıl ederek zerrelere birbirine bağlarlar. Fakat bu izah tarzı, kil zerrelere mütetekkil ünitelere bir kere kuru-dukdan sonra neden su içinde stabil olduklarını açıklamaktan uzaktır. Bu

şekilde, toprak zerrelere kuvvetle bağlı bulunan su, miktar itibarıyla azalınca kil zerrelere birbirlerine yaklaşmaya başlar ve kümeler oluşur. Bu duruma göre, agregatların oluşumunda dehidratasyon olayı esastır. Agregasyonun kuvveti, parçacıkların temas yüzeylerinin büyüklüğüne bağlıdır.

Agregat oluşumu için floküle olmuş zerrelere birbirlerine yapışık olması şarttır. Yapıştırıcı maddelerin çoğu da inorganik ve organik tabiatlı kolloidlerden ibarettir. Suya mukavim agregatlar ancak bunların yapıştırıcı etkisiyle oluşabilirler. Toprakta agregatların oluşumuna yardım eden kolloidlerden kolloidal kil, kolloidal demir oksitler ve alüminyum oksitler ve kolloidal organik madde önemlidir. Toprağın 5 mikrondan küçük fraksiyonu ile 50 mikrondan büyük agregatları arasında yüksek bir korelasyonun mevcudiyeti, kolloidal kilin agregat oluşumu üzerindeki rolüne işaret eder (Ergene, 1966). Kil kolloidlerinin yapıştırıcı etkisi küçük toprak zerrelere için daha ehemmiyetlidir. Demir ve alüminyum oksit gibi kolloidal mahiyetteki bileşikler de toprak zerrelere birbirlerine yapışmasına hizmet ederler. Kolloidal organik maddenin agregat oluşumunda önemli olduğu bilinmektedir. Organik karbon miktarı ile 50 mikrondan büyük agregatlar arasında bulunmuş olan korelasyon bu durumu teyit etmektedir (Ergene, 1966). Organik maddenin agregat oluşumundaki rolü bugüne kadar tam olarak anlaşılamamıştır. Fakat kil zerrelere ile organik moleküllerin karışık bir zincir meydana getirerek bilâhara dehidratasyon olayı ile stabilize olmalarından ileri geldiği izah edilmektedir.

Elson ve Lutz (1940) yapmış oldukları araştırmalarda; suya mukavim agregatlar nispetinin topraklarda erozyon indeksi olarak kullanılabilceğini, suya mukavim agregatların miktar ve büyüklüğü arttıkça yüzey akışın azaldığını ve mahsul münavebesinin, devamlı mısır ve kısa köklü çayır otlarına nazaran büyük çaplı suya mukavim agregatlar nispetini artırdığını tespit etmişlerdir.

Baver ve Rhoades (1932) ve Cole ve Edlefson (1935), suya mukavim agregatların tayininde sürüklenme veya çöktürme veyahut ta ıslak eleme ve çöktürme metodları kombinasyonunu kullanmışlardır.

Baver (1934), primer ve sekonder toprak zerrelere dizilişlerini esas alarak büyük toprak gruplarındaki yapıları incelemiş ve bunların iklim ile olan münasebetlerini şematik olarak göstermiştir. Keza, Baver (1935), organik maddenin agregat oluşum derecesi ile ilişkisi üzerinde çalışmış ve neticede organik madde miktarı fazla olan toprakların genel olarak çok sayıda suya mukavim agregatlara sahip olduklarını tespit etmiştir.

Ertuğrul (1966) yazmış olduğu "Erzurum Ovası Topraklarında Toprak-su Münasebetleri ve Ovanın Sulama Suyu İhtiyacı Üzerinde Bir Araştırma" adlı eserde, bu toprakların agregat stabiliteilerinin tayininde "Islak eleme" metodunu tatbik etmiş ve buna göre, agregat stabilitesi üzerinde genellikle organik maddenin fazla rol oynadığını ve toprakların stabilite indekslerinin organik madde miktarı ile doğru orantılı olarak çoğaldığını tespit etmiştir.

Browning (1927), organik maddenin süzülme ve infiltrasyonu çoğalttı-

ğını, organik madde ile birlikte kireç tatbikinin süzülme nispetini azaltacağı ve yalnız organik madde ilâvesile suya mukavim agregatlar miktarının çoğalmış olduğunu araştırmıştır. Metzger ve Hidé (1938) de, kireçlemenin muhtelif tırfıl ekili topraklarda agregat oluşumuna müspet bir şekilde etki ettiğini, fakat nadasa terkedilen topraklarda bu hususta bir tesire sahip olmadığını müşahade etmiştir.

McCalla (1944), suya mukavim agregatlar miktarının tayininde "Damla metodu" nun kullanılmasını teklif etmiştir. Buna göre, iyi agregat özelliği gösteren bir üst toprağın stabilitesinin bozulması için çok sayıda su damlasına ihtiyaç vardır. Bundan ayrı olarak, McCalla (1946) çeşitli mikroorganizmaların suya mukavim agregatların oluşumu üzerindeki etkisini incelemiş ve özellikle mantarların su damlalarının çarpma tesirlerini azaltarak yapı stabilitesinin inkişafında çok müspet bir fonksiyonda bulduklarını araştırmıştır. Aynı araştırmacı, ayrılmış bitki artıklarının toprak agregat stabilitesini ve dolayısıyla infiltrasyonu artırdığını tespit etmiştir (Mc Calla ve Army, 1961).

Puri ve Rai (1944) toprak agregat oluşumunda kil fraksiyonunun önemini ortaya koymuşlardır.

Gish ve Browning (1949) agregat stabilitesi üzerinde etkili faktörleri ele almışlar ve mevsim, mahsul münavebesi ve örneğin alınış anında toprağın havi olduğu rutubet miktarının agregat oluşması üzerinde dikkate değer bir tesir gösterdiğini açıklamışlardır.

Mazurak, Valassis ve Harris (1954), Batı Nebraska'da sulu şartlarda devamlı nadasa bırakılan ve muhtelif mahsul

münavebe sistemleri uygulanan patates tarlalarında agregatların suya mukavemet derecelerinin tayininde, agregatların geometrik ortalama çaplarını, aynı agregatların disperse edilen zerreciklerinin geometrik ortalama çaplarına oranını esas almışlar ve bu oranları devamlı mahsulde 16, üç yıllık münavebede 10 ve altı yıllık münavebede ise 31 olarak tespit etmişlerdir.

Van Bavel (1949), agregat analiz sonuçlarının daha iyi bir şekilde kıymetlendirilebilmesi için "Ortalama Ağırlık Çap" değerinin kullanılmasını teklif ve tavsiye etmiştir.

Toprak agregat stabilitesinin tayininde Yoder'in ıslak eleme metodunu kullanan Robinson ve Page (1950); agregatların suda dağılımları üzerinde katyonların, organik maddenin, kil mineral tiplerinin, agregat büyüklüğünün ve toprağın ıslanmaya karşı mukavemet derecesinin etkilerini münferiden incelemişlerdir.

Reeve (1953), toprağın hava ve su permeabilite değerlerinin birbirine oranını agregat stabilitesi yönünden kıymetlendirmekte ve bu oranın bire eşit olması halinde toprak yapısının çok fazla stabil olduğunu; iki buçuk değerinin az miktarda kil ve değişebilir sodyuma işaret ettiğini ve 50 bin gibi çok yüksek kıymetlerin daha fazla miktarda değişebilir sodyumun mevcudiyetini gösterdiğini yazmaktadır.

Akalan (1969), "Kuzey-Batı Çukurova Topraklarında Organik Madde Miktarı ile Suya Dayanıklı Agregatlar Arasındaki İlişki" adlı eserinde adı geçen topraklarda bu iki husus arasında orta derecede pozitif bir korelasyon bulmuştur.

Çagauan ve Uehara (1965), agregat stabilitesinin kıymetlendirilmesinde yeni bir metod geliştirmişler ve beraberce yazmış oldukları "Toprak Anizotropisi ve Bunun Agregat Stabilitesi ile Münasebeti" adlı eserde bu hususta geniş bilgi vermişlerdir. Söz konusu metodun esası, toprak zerrelere içinden geçirilen polarize ışınların bir fotometre yardımı ile okunmasıdır. Şayet agregatlar içinde birbirlerine paralel ince kil tabakaları mevcutsa, bu taktirde polarize ışın daha fazla geçecektir.

Rost ve Rowles (1940), A.B. Devletlerinde yapmış oldukları araştırma sonucunda, organik madde miktarı ile agregat oluşumu arasında oldukça yüksek bir korelasyon tespit etmişlerdir. Bu hususta, Alderfer ve Merkle (1941) de daha yüksek bir münasebet bulmuşlardır.

MATERYAL ve METOT

Toprak Örneklerinin Alınması ve Analize Hazırlanması

Söz konusu araştırma Atatürk Üniversitesi Çiftliği arazisi üzerinde yapıldığı için, adı geçen sahada çeşitli toprak tiplerini karakterize edecek şekilde yüzeyden (0-30 cm.) on iki adet toprak örneği alınarak bez torbalara konup, bilâhare bunlar iki milimetre çapındaki eleklerle elenerek laboratuvarında analize hazır duruma getirilmişlerdir.

Analiz Metotları

Mekanik analiz: Mekanik analiz "Pipet metodu"na göre yapılmıştır (Baver, 1956)

Suya mukavim agregatlar: Bu maksatla elli mikrondan küçük suya mukavim agregatların analizi yapılmıştır. Suya

Çelebi (1967), "Atatürk Üniversitesi Erzurum Çiftliği Topraklarının Agregat Stabilite ve Erozyona Mukavemetleri Üzerinde Araştırmalar" adlı eserinde; söz konusu toprakların suya mukavim agregatlar nispetlerini, stabilite indekslerini ve toprakların erozyona mukavemet derecelerini ayrı,ayrı tayin etmiştir. Araştırmacı, suya mukavim agregatların analizinde ıslak eleme metodunu tatbik etmiş; stabilite indeksi olarak suya mukavim agregatlar ve mekanik analiz sonuçlarının geometrik ortalama çap değerlerinin birbirlerine oranlarını ve Van Bavel'in ortalama ağırlık çap değerlerini esas almış ve toprakların erozyona mukavemetlerinin tesbitinde ise dispersiyon faktörü, dispersiyon nispeti ve erozyon nispetini esas almıştır.

mukavim agregatlar analizinde Amerikan Tuzluluk ve Alkalilik Laboratuvarı'nın uygulamakta olduğu esas dikkate alınmıştır (U.S. Salinity Lab. Staff, 1954).

Agregasyon yüzdesi: Agregasyon yüzdesi, önceden tayin edilmiş olan mekanik analiz sonuçları ve suya mukavim agregatların yüzde değerleri esas alınarak hesap yolu ile bulunmuştur. Bu hususta, Amerikan Tuzluluk ve Alkalilik Laboratuvarının tatbik etmekte olduğu aşağıdaki formül kullanılmıştır (U.S. Salinity Lab. Staff, 1954).

Organik madde: Organik madde nin tayininde "Islak yakma" metodu kullanılmıştır (Peech, Dean ve Reed, 1947).

$$\text{Agregasyon, \%} = \frac{\left(\frac{\text{< 50 } \mu. \text{ Mekanik analiz sonuçları, \%}}{\text{< 50 } \mu. \text{ Suya mukavim agregatlar, \%}} - \frac{\text{< 50 } \mu. \text{ Suya mukavim agregatlar, \%}}{\text{< 50 } \mu. \text{ Mekanik analiz sonuçları, \%}} \right) \times 100$$

SONUÇLAR ve TARTIŞMA

Araştırma konusu toprakların numaraları, derinlikleri, mekanik analiz sonuçları, suya mukavim agregatlar yüzdeleri, agregasyon yüzdeleri ve organik madde değerleri (Cetvel I) de görülmektedir.

Bu cetvelin tetkikinden anlaşılacağı üzere, adı geçen toprakların organik madde miktarları % 0,80 ile % 2,94 arasında değişmekte olup ortalama değer % 1,84 olarak hesap edilmiştir. Bu vaziyet gösteriyor ki, araştırma sahası toprakları umumiyetle organik maddece fakirdir. Bunun sebebi; yem bitkileri ve çayır otlarını ihata eden uygun bir münavebe sisteminin uygulanmaması, bitki artıklı ziraate önem verilmemesi ve yeşil gübreleme yapılmamasına atfedilebilir.

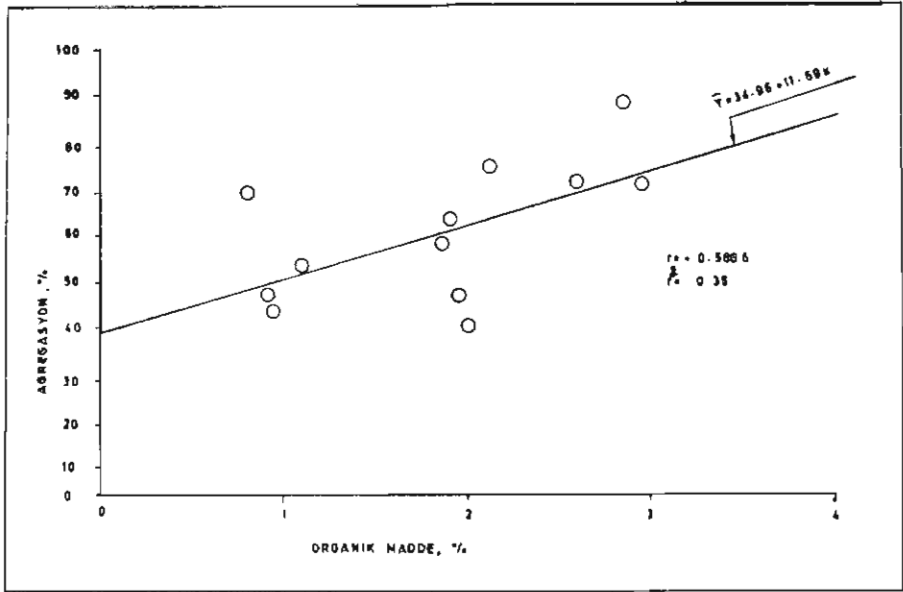
Toprakların agregasyon yüzdelere ait rakamlar % 35,7-84,6 arasında değişmekte olup ortalama kıymet % 56,6 olarak tespit edilmiştir. Toprakların mühim bir kısmında bu değer % 50 nin üzerinde bulunmaktadır.

Şekil (I) de de görüleceği gibi, organik madde miktarları ile agregasyon yüzdeleri arasında % 5 seviyede önemli pozitif bir korelasyon bulunmuştur.

Bu hususta Amerika şartlarında yapmış oldukları araştırmalarda, Rost ve Rowles (1940) korelasyon katsayısı olarak pozitif 0,675 ve Alderfer ve Merkle (1941) de pozitif 0,730 değerini tespit etmişlerdir. Diğer taraftan, Ertuğrul (1966), Atatürk Üniversitesi Çiftliği topraklarında bu değeri pozitif 0,534 olarak bulmuştur.

Cetvel I. Araştırma konusu toprakların derinlikleri, mekanik analiz sonuçları, suya mukavim agregatlar yüzdeleri, agregasyon değerleri ve organik madde miktarları.

Toprak örnek No	Derinlik (cm.)	Mekanik analiz		Suya mukavim agregatlar		Agregasyon (%)	Organik madde (%)
		(> 50 μ .) (%)	(< 50 μ .) (%)	(> 50 μ .) (%)	(< 50 μ .) (%)		
1	0 - 30	14,1	85,9	86,8	13,2	84,6	2,85
11	«	41,9	58,1	83,2	16,8	71,0	2,22
2	«	16,0	84,0	72,3	27,7	67,0	2,94
5	«	48,8	51,2	83,1	16,9	67,0	2,61
10	«	21,7	78,3	72,7	27,3	65,1	0,80
7	«	43,5	56,5	76,7	23,3	58,7	1,92
12	«	33,0	66,4	70,1	29,9	55,0	1,84
9	«	24,5	75,5	61,8	38,2	49,4	1,18
8	«	26,8	73,2	58,9	41,1	43,9	0,89
3	«	28,8	71,2	59,5	40,5	43,1	1,94
6	«	43,3	56,7	65,2	34,8	38,6	0,96
4	«	36,1	63,9	58,9	41,1	35,7	2,00



Şekil 1 Organik madde ile agregasyon yüzdeleri arasındaki münasebet.

SUMMARY

AN INVESTIGATION ON THE RELATIONSHIP BETWEEN THE ORGANIC MATTER CONTENTS AND AGGREGATION STABILITY INDEXES OF THE SOILS ON ATATURK UNIVERSITY FARM IN ERZURUM, TURKEY

This investigation has been carried to find out the relationship between the organic matter contents and aggregation stability indexes of the soils on Atatürk University farm in Erzurum, Turkey. The investigated area extends from the base of Palandöken Mountains in the south to the canal of Karasu in the north. It consists of young alluvial material formed by deposits, carried by the Paşalar and Kırkdeğirmenler streams.

For this intention, twelve soil samples collected from the topsoil have been taken into consideration, in order to characterize the farm area. Consequently, the following matters have been obtained and recommended:

1. In the upper layer of the soil investigated, the organic matter content is between 0.80 per cent and 2.94 per cent. The mean value is 1.84 per cent. This indicates that these soils are poor in organic matter content. This amount is to be increased.

2. The aggregation stability indexes of these soils differ from 35.7 per cent to 84.6 per cent. The mean value is 56.6 per cent. This shows That the aggregation stability is an average value. But this should be further increased.

3. Between aggregation stability indexes and the organic matter contents of the soils investigated, a significant correlation coefficient ($r=+0.5886$) has been calculated at the level of 5 per cent.

4. In this case, it is necessary to take the following practices, in order to increase the organic matter content, and consequently the value of aggregation of these soils :

a) To give much importance to legumes and grasses in the crop rotation.

b) To apply the sufficient amounts of farm manure to the soils investigated,

c) To give more emphasis to plowing under the plant residues (stubble mulch), and,

d) To inoculate the soils with microorganism cultures.

LİTERATÜR LİSTESİ

Alderfer, R.B. and Merkle, F.G. (1941) The Measurement of Structural Stability And Permeability and The Influence Of Soil Treatments Upon These Properties. Soil Sci. 51:201-212.

Akalan, İ.(1969) Kuzey - Batı Çukurova Topraklarında Organik Madde Miktarı İle Suya Dayanıklı Agregatlar Arasındaki İlişki. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yıllığı, Yıl: 19, Fasikül 1-2. Ankara Üni. Basımevi, sa: 170-227.

Baver, L.D. and Rhoades, H.F. (1932) Aggregate Analysis As and Aid In The Study Of Soil Structure Relationships. Journal Amer. Soc. Agron. 24: 920.

Baver, L.D. (1934) A Classification Of Soil Structure And Its Relation To The Main Soil Groups. Amer. Soil Survey Assoc., Bulletin XV, Houma, Luisiana, sa: 107-109.

Baver, L.D. (1935) Factors Contributing To The Genesis Of Soil Microstructure. Amer. Soil Survey Assoc., Bulletin, 16:55-56.

Browning, G.M. (1927) Changes In Erodibility Of Soils Brought About By The Application Of Organic Matter. Proc. Soil Sci. Amer., 2:85-96.

Cagauan, B. and Uehara, G. (1965) Soil Anisotropy And Its Relation To Aggregate Stability. Soil Soc. Soc. Amer. Proc. 29:198-200.

Cole, R.C. and Edlefsen, N.E. (1935) A Sedimentation Tube For Analyzing Water Stable Soil Aggregates. Soil Sci., 40: 473-479.

Çelebi, H. (1967) Atatürk Üniversitesi Erzurum Çiftliği Topraklarının Agregat Stabiliteleri ve Erozyona Mukavemetleri Üzerinde Araştırmalar. Habilitasyon tezi, basılmamış. A.Ü. Ziraat Fakültesi, Erzurum.

Elson, J. And Lutz, J. (1940). Factors Affecting Aggregation Of Cecil Soils And Effect Of Aggregation On Run-off and Erosion. Soil Sci., 50: 265.

Ergene, A. (1966). Toprak Biliminin Esasları. Ziraat Fakültesi Ders Kitabı, Atatürk Üniversitesi Yayın-

- ları: 42. A.Ü. Basımevi, Ankara, sa: 123.
- Ertuğrul, H. (1966) Erzurum Ovası Topraklarında Toprak - Su Münasebetleri ve Ovanın Sulama Suyu İhtiyacı Üzerinde Bir Araştırma. Habilitasyon tezi, basılmamış. A.Ü. Ziraat Fakültesi, Erzurum. sa:88.
- Gish, R.E. and Browning, G.M. (1949) Factors Affecting The Stability Of Soil Aggregates. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 13: 51-55.
- Mazurak, A.P., Valassis, V.T. and Harris, L.C. (1954) Water - Stability Of Aggregates From Potato Plots As Affected By Different Rotation Systems Under Irrigation In Western Nebraska. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 18(3): 243-247.
- McCalla, T.M. (1944) Water - Drop Method Of Determining Stability Of Soil Structure, Soil Sci. 58: 117-121.
- McCalla, T.M. (1946) The Biology Of Soil Structure. Jour. Soil and Water Cons. 1:71-75.
- McCalla, T.M. and Army, T.J. (1961) Stubble Mulch Farming. Advance in Agronomy. 13:125-196.
- Metzger, W.H. and Hide, J.C. (1938) Effect Of Certain Crops And Soil Treatments On Soil Aggregation and The Distribution Of Organic Carbon In Relation To Aggregate Size. Jour. Amer. Soc. Agron., 30: 833-843.
- Peech, M., Dean, L.A. and Reed, J.F. (1947) Methods Of Soil Analysis For Soil Fertility Investigations. Circular No. 757, U.S.D.A., Washington, 25, D.C.
- Reeve, R.C. (1953) A Method For Determining The Stability Of Soil Structure Based Upon Air and Water Permeability Measurements. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 17(4):324-329.
- Robinson, D.O. and Page, J.B. (1950) Soil Aggregate Stability. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 15:25-29.
- Rost, C.O. and Rowles, C.A. (1940) A Study Of Factors Affecting The Stability Of Soil Aggregates. Soil. Sci. Soc. Amer. Proc., 5: 421-433.
- Russell, E.W. (1956) Soil Condition and Plant Growth. Eighth edition, Green And Co. Longmans, London, sa: 413-414.
- U.S. Salinity Laboratory Staff (1954) Diagnosis and Improvement Of Saline and Alkali Soils. Agr. Handbook No. 60, sa: 125-126.
- Van Bavel, C.H.M. (1949) Mean Weight-Diameter Of Soil Aggregates As A Statistical Index Of Aggregation. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 14:20-22.