

# HASANKALE, HINIS VE RİZE TOPRAKLARINA İLÂVE EDİLEN FARKLI SEVİYELERDEKİ HPAN'IN SUYA DAYANIKLI AGREGAT TEŞEKKÜLÜNE TESİRİ

Sücaattin KIRIMHAN(1)

## ÖZET

*Bu çalışmada Hasankale, Hınıs ve Rize bölgeleinden alınan (0-20 cm. derinlik) toprak örneklerine dört farklı seviyede uygulanan HPAN'in topraklarda, suya dayanıklı agregatların teşekkülüne olan tesiri araştırılmıştır.*

*Havada kuru toprak örnekleri 2mm.lik elekten geçirildikten sonra 50'şer gramlık porsiyonlar halinde petri kutularına konulmuş ve toprakların kuru ağırlıklarına göre %0-%0,02-%0,1 ve %0,2 olmak üzere dört seviyede, süspansiyon haline getirilmiş HPAN ilâve edilmiştir. Laboratuvar şartları altında muhafaza edilen topraklar, iki ay müddetle ıslatma ve kurutmaya tabi tutulmuştur. İki ay sonra, topraklar, 2mm, 1mm ve 0,5 mm. çaplarındaki elekleri ihtiva eden ıslak eleme aletiyle elenmiş ve suya dayanıklı agregat miktarları tesbit edilmiştir.*

*Elde edilen sonuçlar :*

*1- 2mm. den büyük suya dayanıklı agregatların teşekkül etmediği görüldü,*

*2- 1mm-0,5mm çapları arasında suya dayanıklı agregatların, 2mm-1mm çapları arasındaki suya dayanıklı agregatlardan daha fazla olduğu tesbit edildi,*

*3- 2mm-1mm. çapları arasındaki suya dayanıklı agregat teşekkülü ile ilgili varyans analizinde topraklar ve HPAN'e ait kareler ortalamaları sıra ile 23,95<sup>xx</sup> ve 19,22<sup>xx</sup> olarak bulundu,*

*4- 1mm-0,5mm. çapları arasındaki suya dayanıklı agregatların teşekkülü ile ilgili varyans analizinde topraklar ve HPAN'e ait kareler ortalamaları sıra ile 94,86<sup>xx</sup> ve 72,69<sup>xx</sup> olarak bulundu,*

[1] Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak İlimi Bölümü Asistanı.  
Dergi Komisyonuna geliş tarihi: 7.7.1971

5- HPAN ilâvesinin, 0,5mm. den daha büyük suya dayanıklı agregat teşekkülüne farklı topraklarda değişik tesirlere sebep olduğu varyans analizleriyle bulunmuş, ayrıca guruplar ortalamalarının Duncan Testine (%5 seviyesinde) göre mukayese neticeleri aşağıda belirtilmiştir.

Hasankale				Hınıs				Rize			
H <sub>0</sub>	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	H <sub>3</sub>	H <sub>0</sub>	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	H <sub>3</sub>	H <sub>1</sub>	H <sub>0</sub>	H <sub>2</sub>	H <sub>3</sub>
2,84	4,44	8,91	32,37	1,68	1,47	1,96	5,57	3,11	4,17	3,96	3,96

Duncan testinden anlaşılacağı gibi, Hasankale toprağına ilâve edilen HPAN arttıkça 0,5 mm. den büyük suya dayanıklı agregat yüzdesinin arttığı, Rize toprağında tesirli olmadığı ve Hınıs toprağında ise ancak son dozun tesirli olduğu tesbit edilmiştir.

## GİRİŞ

Toprağına ilâve olunan organik artıkların toprak mikroorganizmaları tarafından parçalanması neticesinde oluşan poliüronidlerin ve polisakaritlerin toprak strüktürü üzerine olumlu yöndeki etkilerinin bilinmesinden sonra, araştırmacılar, bu maddelere benzeyen kimyasal maddeler sentezleyerek toprak strüktürünün bitki büyümesindeki tesirini araştırmada kullanmışlardır.

Allison'a göre (1952), sentetik toprak düzelticiler, çiftçilerin tarlalarında kullanmaları için ekonomik olmamasına rağmen toprak strüktürünün bitki büyümesine tesirini araştırmada kullanılan en tesirli maddelerdir.

Toprakların fiziksel özelliklerini düzeltmekte kullanılan sentetik organik maddeler, birçok monomerin yanyana gelmesiyle polimerizasyonları neticesinde oluşan 10.000-200.000 molekül ağırlığına sahip, uzun zincirli polimerlerdir. Bu özelliğe sahip farklı

kimyasal yapıdaki sentetik polielektrolitlerin bir çoğu KRİLİUM adı altında toz, pulumsu ve sıvı formda bulunmaktadır. Bunların bazıları; Poliakrilik asit (PAA), Poliakrilonitril (PAN), Hidrolize olmuş Poliakrilonitril (HAPN) ve Vinil asetat-Maleik asit kopolimeri (VAMA) dır.(Harris ve arkadaşları 1966).

Sentetik polielektrolitler mineral toprak zerrelere arasında bağ meydana getirmek suretiyle onları birbirlerine bağlarlar. Polianyon veya polikasyon halinde olan bu sentetik ıslah maddeleri kil mineralleri tarafından adsorbe edilmektedirler. Ruehrwein ve Ward (1952) yaptıkları araştırmada polikasyonların montmorillonit tipi kil minerallerinde ve polianyonların da kaolonit tipi kil minerallerinde daha fazla adsorbe edildiklerini tesbit etmişlerdir. Araştırmacılara göre, polikasyonlar çok tesirli flokülasyon maddeleri olup, aynı zamanda killer için stabilize maddeleridir. Fakat, polianyonlar flo-

külasyonda tesirli olmayıp ancak floküle olmuş killerin stabil hale gelmelerinde tesirlidirler.

Sentetik polielektrolitler toprakların beslenme durumlarına doğrudan doğruya tesir etmemekte ve mikrobik popülasyona çok az tesir ederek agregatlaşmada büyük artışlar meydana getirmektedirler. Bunun için, sentetik polielektrolitlerin toprağa ilâvesiyle mahsulde meydana gelen artış rahatlıkla strüktürün düzelmesine atfedilebilmektedir. Strüktürün doğrudan doğruya tesiri ilk olarak kaymak tabakası bağlayan topraklarda tohumun çimlenerek toprak sathına çıkmak istemesinde kendini gösterir. Yeni çimlenen tohumun toprak yüzüne çıkmasını engelleyen kaymak tabakası mevcutsa bitki gelişmesi yavaşlar. Sentetik maddelerle yapılan çalışmalar göstermiştir ki, kaymak tabakasının kırılmağa karşı mukavemeti azaldıkça ilk gövdelerin toprak sathına çıkması daha fazla olmaktadır (Black, 1957).

Sentetik olarak hazırlanmış organik maddeler agregat teşkilinde aynı miktardaki bitki artıkları veya çiftlik gübresinden çok daha fazla tesirlidirler. Yapılan çalışmalarda VAMA'nın % 0.05'i ile sağlanan agregasyon, organik maddenin % 2-5'i ile ancak sağlanabilmektedir. Bunun yanında, sentetik polielektrolitlerin agregatlaştırması daha kısa bir zamanda kendini göstermektedir.

VAMA ve HPAN kullanılarak yapılan bir çalışmada, ıslah maddesi dozunun artmasıyla 0,1 mm. den büyük çaptaki suya dayanıklı agregat miktarında önemli miktarda artış bulunmuştur. Bu çalışmada, % 8 kil ihtiva

eden topraktaki agregasyon, daha fazla kil ihtiva eden topraklara nisbeten fazla olmuştur. Araştırmacılar toprak ıslah maddelerinin tesirini toprak zerrelere ile sentetik polielektrolitler arasındaki bir yüzey reaksiyonu olarak nitelendirmişlerdir (Allison ve Moore, 1956).

Laws (1954) tarafından yapılan çalışmadan elde edilen sonuçlara göre, asit toprağın pH'sı kireç ilâvesiyle 7 civarına çıkarıldığında sentetik polielektrolitlerin suya dayanıklı agregat teşkilindeki tesiri fazlalaşmış, fakat bu noktadan sonra kireç ilâvesine devam edildiğinde tesirlilik azalmıştır. Araştırmacıya göre bu durum, ortamda fazla miktarda bulunan serbest kalsiyum karbonatın polimeri floküle ederek tesirini azaltmasından ileri gelmektedir.

Buradan anlaşılacağı gibi asit topraklarda ve fazla kalsiyum karbonat ihtiva eden topraklarda sentetik polielektrolitlerin tesirlilikleri azalmaktadır. pH'nın 6,8-7,0 civarında olması hallerinde linear (düz) zincir halinde olan polimerler, asit ortamlarda yumak haline gelmekte ve tesirlilikleri azalmaktadır.

Suda eriyebilen sentetik polielektrolitlerden polianyon tipindeki hidrolize olmuş poliakrilonitrilin iyi strüktürde olmayan bir toprağa % 0,01 ve % 0,1 dozajlarında tabikiyle strüktürün düzeldiği tesbit edilmiştir. Suya dayanıklı agregatlarda meydana gelen artıştan dolayı da infiltrasyon ve perkülasyonda önemli miktarda artış görülmüştür (Hedrick ve Mowry, 1952)

Duley (1956), yaptığı çalışmada % 8,5 meyilli parsellerde Sharpsburg siltli killi tına HPAN tatbik ederek

8 cm. derinliğe çapa ile karıştırmıştır HPAN ilâve edilmemiş parsellerde 420 mikrondan büyük suya dayanıklı agregatlar % 27,9 iken HPAN ilâvesiyle % 46,9'a yükselmiştir. Suya dayanıklı agregatlarda meydana gelen bu artış infiltrasyonu artırarak yüzeyakış ve erozyonda önemli bir miktarda azalışa sebep olmuştur.

Allison (1952) tarafından yapılan çalışmada, tuzlu ve sodik topraklara sentetik polielektrolit ilâvesiyle suya dayanıklı agregatlarda meydana gelen artıştan dolayı, tuzlar ve değişebilir

sodyum yıkanarak topraktan uzaklaşmış ve mahsulde çok fazla miktarda artış sağlanmıştır.

Netice olarak denilebilir ki, sentetik polielektrolitlerin topraklara ilâvesiyle suya dayanıklı agregatlarda önemli miktarda artış sağlanmakta, bu nedenle de, toprakların fiziksel özellikleri düzelmekte ve mahsul artmaktadır.

Bu çalışmada Hasankale, Hınıs ve Rize Bölgelerinden alınan yüzey toprağına HPAN ilâve edilerek suya dayanıklı agregatların teşekkülü araştırılmıştır.

## MATERYAL ve METOD

A- Bu çalışmada, polianyon tipinde bir sentetik polielektrolit olan hidrolize olmuş poliakrilonitrilin sodyum tuzu (HPAN) kullanılmıştır. Sarı renkte bir toz olan HPAN'ın pH'sı 1:100 su çözeltisinde 9 dur.

B- Hasankale, Hınıs ve Rize bölgelerinden alınmış yüzey toprakları (0-20 cm.) havada kurutulduktan sonra 2 mm. lik elekten geçirilmiş ve plastik kutularda muhafaza edilmiştir.

Topraklarda aşağıdaki analizler yapılmıştır :

a- Tekstür tayininde Bouyoucos metodu kullanılmıştır.

b- Kireç tayininde volümetrik metod kullanılmıştır.

c- pH tayini 1:1 lik toprak-su karışımında pH metre ile yapılmıştır.

d- Suya dayanıklı agregatların tayini Yoder tipi ıslak eleme aletiyle 2;1;0,5 mm. lik elekler kullanılarak yapılmıştır.

C- Denemenin yapılışı :

2 mm.lik elekten geçirilmiş topraklardan her bölge için 8'er adet 50'şer gram tartılarak petri kutularına yerleştirilmiş ve toprakların kuru ağırlıkları esas alınarak % 0-% 0,02-% 0,1 ve % 0,2 seviyelerinde suda eritilmiş halde HPAN ilâve edilmiştir. Topraklar iki ay müddetle her defasında tarla kapasitesine gelecek şekilde ıslatma ve kurutmağa tabi tutulmuştur. Laboratuar şartlarında yapılan bu çalışmada son kurumayı müteakiben topraklarda iki tekerrürlü olmak üzere suya dayamlı agregatlar tayin edilmiştir.

2 mm.-1 mm. ve 1 mm.-0,5 mm. çapları arasındaki suya dayamlı agregatlar 3x4 faktöriyel düzende, tam şansa bağlı deneme plânında istatistikî olarak incelenmiştir. Ayrıca, 0,5 mm. den büyük çaptaki suya dayanıklı agregatlar üç toprak için ayrı ayrı tam şansa bağlı deneme plânında incelenmiş ve ortalamaların mukayesesi için Duncan testi kullanılmıştır (Steel ve Torrie 1960).

## SONUÇ ve TARTIŞMA

Araştırmada kullanılan toprakların pH, kireç ve mekanik analiz değerleri (Cetvel 1) de verilmiştir.

Cetvelin tetkikinden anlaşılacağı gibi, Hasankale ve Hınıs toprakları hafif alkalın, Rize toprağı ise çok kuvvetli asit reaksiyondadır. Hasankale toprağı diğerlerine nazaran fazla miktarda kireç, bunun yanında Rize toprağı ise daha fazla kil ihtiva etmektedir.

HPAN ilâvesiyle Hasankale, Hınıs ve Rize topraklarının suya dayanıklı agregatlarında meydana gelen artış ve değişiklikler (Cetvel 2) de götülmektedir.

Cetvelin tetkikinde görüleceğı gibi, HPAN ilâve edilmemiş topraklar içerisinde % suya dayanıklı agregatlar en fazla Rize toprağındadır. Bunun nedeni, Rize toprağının daha fazla kil ihtiva etmesidir (% 42).

Diğer taraftan, Hasankale ve Hınıs topraklarında kil miktarının hemen aynı olmasına rağmen Hasankale toprağındaki suya dayanıklı agregatların fazla olması, fazla miktarda kireç ihtiva etmesinden ileri gelmektedir.

HPAN'ın farklı seviyelerinin Hasankale, Hınıs ve Rize topraklarında 2 mm-1 mm, 1 mm-0,5 mm. çapları arasındaki suya dayanıklı agregat

Cetvel 1. Araştırma konusu toprakların bazı özellikleri.

Toprak	pH(1/1 su)	Kireç,%	MEKANİK ANALİZ			Tekstür Sınıfı
			Kil, %	Silt, %	Kum, %	
Hasankale	7,4	13,24	22	44	34	L
Hınıs	7,6	1,40	24	40	36	L
Rize	4,8	0,00	42	28	30	CL

Cetvel 2. HPAN ilâvesiyle suya dayanıklı agregatlarda görülen değişiklik.

Topraklar	HPAN,%	SUYA DAYANIKLI AGREGATLAR, %					
		2mm - 1mm		1mm - 0,5mm		0,5 mm. den büyük	
		1	2	1	2	1	2
Hasankale	0	0,79	0,58	2,40	1,90	2,69	2,98
	0,02	1,20	0,66	4,00	3,01	4,66	4,21
	0,1	2,56	1,94	6,76	6,56	8,70	9,12
	0,2	10,30	12,57	20,48	21,38	31,68	33,05
Hınıs	0	0,67	0,88	0,67	1,13	1,80	1,55
	0,02	0,63	0,25	0,92	1,22	1,55	1,39
	0,1	0,25	0,50	1,21	1,96	2,21	1,71
	0,2	1,34	0,38	4,31	5,11	5,49	5,46
Rize	0	0,92	1,63	2,64	3,14	4,06	4,27
	0,02	0,88	0,88	2,10	2,35	2,98	3,23
	0,1	0,63	1,51	2,59	3,18	3,81	4,10
	0,2	1,55	0,96	2,85	2,55	4,10	3,81

teşekkülüne ait varyans analiz neticeleri sırasıyla (Cetvel 3 ve 4) de verilmiştir.

Varyans analiz tablolarından görüldüğü gibi, HPAN dozajları ve topraklar, suya dayanıklı agregat teşkilinde % 1 seviyesinde istatistiki olarak farklılık göstermektedir. Toprakların tesirlerinin farklı olması kil, kireç ve pH'larının farklı olmasından ileri gelmektedir. Toprak ve HPAN interaksiyonunun önemli olması, toprak özelliklerinin HPAN'in tesirliğinde etkili olduğunu göstermektedir.

Cetvel 2 tetkik edilirse, üç toprağa ait 1 mm-0,5 mm. çapları arasındaki suya dayanıklı agregatların, 2mm.-1 mm. çapları arasındaki suya dayanıklı agregatlardan daha fazla olduğu gö-

rülür (104,42 ve 44,38). Buradan anlaşılıyor ki, HPAN küçük agregatların (1 mm.-0,5 mm.) teşekkülünde daha fazla tesirli olmuştur.

0,5 mm. çapından büyük suya dayanıklı agregatların teşekkülünde HPAN'in tesiri üç toprak için ayrı ayrı incelenmiş, Hasankale, Hınıs ve Rize topraklarına ait varyans analiz neticeleri ve HPAN'in farklı seviyelerinin tesirleri Duncan Testine göre % 5 seviyesinde (cetvel 5,6 ve 7) de sırasıyla gösterilmiştir.

Görüldüğü gibi, her üç toprakta da HPAN'in dozajları suya dayanıklı agregatların teşekkülünde önemli olarak belirtilen farklı tesirlere sahiptirler.

Cetvel 3. 2mm-1mm çapları arasındaki suya dayanıklı agregatlara ait varyans analiz tablosu.

Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması
Genel	23	210,13	
Muamele	11	205,77	18,70
a-Toprak	2	49,71	23,96 <sup>xx</sup>
b- HPAN	3	57,68	19,23 <sup>xx</sup>
c-(Toprak x HPAN)	6	100,18	16,69 <sup>xx</sup>
Hata	12	4,36	0,36

Cetvel 4. 1mm - 0,5 mm çapları arasındaki suya dayanıklı agregatlara ait varyans analiz tablosu.

Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması
Genel	23	657,65	
Muamele	11	655,48	59,59
a- Toprak	2	187,71	94,86 <sup>xx</sup>
b- HPAN	3	218,06	72,69 <sup>xx</sup>
c- (Toprak x HPAN)	6	247,71	41,29 <sup>xx</sup>
Hata	12	2,17	0,18

Cetvel 5. Hasankale toprağında.

Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması
HPAN'ler arası	3	1130,87	376,96 <sup>xx</sup>
Hata	4	1,17	0,29

Ortalamaların mukayesesi :

$H_0$	$H_1$	$H_2$	$H_3$
2,84	4,44	8,91	32,37

Cetvel 6. Hıms toprağında.

Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması
HPAN'ler arası	3	22,69	7,56 <sup>xx</sup>
Hata	4	0,18	0,04

Ortalamaların mukayesesi :

$H_0$	$H_1$	$H_2$	$H_3$
1,68	1,47	1,96	5,57

Cetvel 7. Rize toprağında.

Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler otoplamı	Kareler ortalaması
HPAN'ler arası	3	1,33	0,44 <sup>xx</sup>
Hata	4	0,12	0,03

Ortalamaların mukayesesi :

$H_1$	$H_0$	$H_2$	$H_3$
3,11	4,17	3,96	3,96

[x] Topraklara ilave edilen HPAN miktarları :

 $H_0$  : %0,00     $H_1$  : % 0,02     $H_2$  : % 0,1     $H_3$  : %0,2

Duncan Testi neticesine göre, Hasankale toprağına ilâve edilen HPAN'in miktarı arttıkça suya dayanıklı agregatlarda da artış olmuştur. Zira, bir polianyon olan HPAN, Hasankale toprağında bulunan kireç dolayısıyla, flokülü olmuş zerrelere arasında bir çimento maddesi vazifesi göreyerek onları birbirine bağlamıştır. Kalsiyum karbo-nattaki kalsiyum, polianyonun negatif yükleriyle killerin negatif yükleri arasında katyonik bağ teşekkül ettirmiş

ve zerrelere birbirlerine bu katyonik bağla bağlanmıştır.

Hınıs toprağında, HPAN'in tesir-liliğı ancak son dozajda kendini gös-terebilmiş, ilk üç doz arasında ista-tistiki olarak farklılık tesbit edilme-miştir.

Çok kuvvetli asit reaksiyondaki Rize toprağına ise, düz zincir formunu kaybeden HPAN müsbet yönde her-hangi bir tesir gösterememiştir.

## SUMMARY

*Effects of HPAN on The Water-Stable Aggregates of Hasankale, Hınıs and Rize Soils.*

The effects of HPAN (a hydrolized polyacrylonitrile) on the water-stable aggregates of Hasankale, Hınıs and Rize soils were studied.

The clay, silt and sand fractions obtained by mechanical analysis were 22 %, 44 % and 34 % for Hasankale soil indicating loam; 24 %, 40 % and 36 % for Hınıs soil indicating loam; 42 %, 28 % and 30 % for Rize soil indicating clay-loam texture.

As the lime contents of the soils studied, Hasankale loam contained 13.24 % and Hınıs loam 1.40 % but Rize clay-loam has no lime.

Hasankale loam and Hınıs loam were slightly alkaline, and Rize clay-loam was very strongly acid in reaction.

Lots of 50 gr. air-dry soil passed through 2-mm. sieve were weighed and placed in petry dishes. HPAN in various amounts was dissolved in wa-

ter and sprayed on dry soils. After soaking in water, the soils were mixed thoroughly with a spatula. The amounts of HPAN added were equal to 0,0,02, 0.1 and 0.2 % of the weight of the soil samples.

Under laboratory conditions, the soils were wetted and dried during two months. Then, the size-distribution of the water-stable aggregates were determined by a modified Yoder's method using 20 gr. samples and three sieves having openings of 2,1, and 0.5 mm in diameter.

It has been found that the soils had not water-stable aggregates greater than 2 mm in diameter. Statistical analyses showed that HPAN significantly affected the water-stable aggregates between 2-1 mm and 1-0.5 mm in diameter in Hasankale loam, Hınıs loam and Rize clay-loam.

According to Duncan tests the results are as follows :

1) HPAN increased the water-stable aggregates greater than 0.5 mm



in diameter in Hasankale loam, this effect being increased as the amount of HPAN increased.

2) HPAN increased the water-stable aggregates greater than 0.5 mm in diameter, only when the soil condi-

tioner was used at the rate of 0.2 per cent.

3) HPAN has no effect on the amounts of the water-stable aggregates greater than 0.5 mm in diameter in Rize clay-loam which was very strongly acid in reaction.

## LİTERATÜR LİSTESİ

- Allison, E.L. 1952. Effect of Synthetic Polyelectrolytes on the Structure of Saline and Alkali Soils. *Soil Sci.* 73: 443-454.
- , 1956. Soil and Plant Responses to VAMA and HPAN Soil Conditioners in the Presence of High Exchangeable Sodium. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 20: 147-151.
- , and D.C. Moore, 1956. Effect of VAMA and HPAN Soil Conditioners on Aggregation, Surface Crusting and Moisture Retention in Alkali Soils. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 20: 143-146.
- Black, C.A. (Tercüme: L. Ögüş) 1970. *Toprak Bitki Münasebetleri. Atatürk Üniversitesi. Yayın No:75. Sa: 5-13.*
- Bouyoucos, G.J. 1951. A recalibration of the hydrometer for making mechanical analysis of soils. *Agron. Jour.* 43: 434-438.
- Duley, F.L. 1956. The Effect of Synthetic Soil Conditioners (HAPN) on Intake, Runoff and Erosion. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 20: 420-422.
- Harris, R.F.; G. Chesters, and O.N.Allen. 1966. Dynamics of Soil Aggregation. *Advances in Agronomy.* 18: 107-169.
- Hedrick, R.M. and D.T. Mowry. 1952. Effect of Synthetic Polyelectrolytes on Aggregation Aeration, and Water Relationships of Soil. *Soil Sci.* 73: 427-441.
- Laws, W.D. 1954. The Influence of Soil Properties on The Effectiveness of Synthetic Soil Conditioners. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 18: 378-381.
- Ruehrwein, R.A. and D.W. Ward. 1952. Mechanism of Clay Aggregation By Polyelectrolytes. *Soil Sci.* 73: 485-492.
- Steel, G.D. and J.H. Torrie. 1960. *Principles and Procedures of Statistics.* McGraw-Hill Book Company. Inc. New York.