



**Araştırma/Research**

Anadolu Tarım Bilim. Derg./Anadolu J Agr Sci, 32 (2017)  
ISSN: 1308-8750 (Print) 1308-8769 (Online)  
doi: 10.7161/omuanajas.289019



## Aluviyal araziler üzerinde oluşmuş farklı toprakların uygun toprak işleme durumlarının belirlenmesi

Orhan Dengiz, Fatma Esra Gürsoy, Mustafa Sağlam\*

*Ondokuzmayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Samsun, Turkey*  
\* Sorumlu yazar/corresponding author/ mustafa.saglam@omu.edu.tr

Geliş/Received 21/01/2016

Kabul/Accepted 15/03/2016

### ÖZET

Toprakların uygun nem düzeyinde işlenmesi, tarımsal üretimin ve doğal kaynakların sürdürülebilirliği için temel esastır. Bu çalışma, toprak strüktürüne en az zararlar, toprak işlemenin yapılabileceği en uygun nem aralığını ve işleme zamanını değerlendirmek amacıyla Samsun İli Bafra ilçesine bağlı Dedeli ve Çetinkaya köyleri ile yakın çevresini kapsayan, yaklaşık 1762.4 ha'lık alanda yürütülmüştür. Çalışma alanına ait haritalama birimleri ve gerekli olan bazı toprak parametrelerinin belirlenmesinde, daha önce yapılmış olan detaylı toprak haritasından yararlanılmıştır. Alanın arazi kullanımı ve toprak özellikleri dikkate alınarak, toplam 50 adet bozulmuş toprak örneğinde (0-20 cm) tekstür, organik madde (OM), tarla kapasitesi (TK), plastik limit (PL), likit limit (LL) ve doğrusal genişleyebilirlik katsayısı (COLE) gibi toprak özellikleri belirlenmiş ve bu özellikler kullanılarak plastiklik indeksi (PI) ve kıvam indeksi (Ic) hesaplanmıştır. Kıvam indeksi (Ic) değerleri, detaylı toprak haritası ile birlikte her bir toprak serisinde toprakların toprak işleme için uygun nem aralıklarının belirlenmesi amacıyla değerlendirilmiştir. Ayrıca, Ic değerleri jeostatistiksel ve CBS yöntemleri ile değerlendirilerek toprak serilerinin toprak işleme zamanı için en uygun nem düzeylerini gösteren kriging haritası üretilmiştir. Elde edilen kriging haritası, çalışma alanında dağılım gösteren toprak serilerinin çoğunluğunda uygun olmayan nem koşullarında yapılacak toprak işlemlerinin, toprak strüktüründe önemli bozulmaların meydana geleceğini ortaya koymuştur. Araştırma alanında dağılım gösteren farklı topraklarda, uygun olmayan nem koşullarındaki toprak işlemlerine bağlı toprak strüktüründeki bozulmaları azaltmak için, araştırma alanı topraklarının toprak işleme zamanındaki nem içerikleri dikkate alınarak toprak işleme yapılması gerektiği önerilmektedir.

**Anahtar Sözcükler:**  
Uygun toprak nemi  
Toprak işlenebilirliği  
Jeostatistik  
Toprak haritası

### Determination of suitable workability case for different soils formed on alluvial land

#### ABSTRACT

Workability of soils in suitable moisture condition is essential in order to maintain sustainability of agricultural production and natural resources. This study was carried out with the aim of determining the most suitable moisture content and workability time of soils in Dedeli and Çetinkaya villages' area and close areas, about 1762.4 ha, located in Bafra- Samsun. Land units and required soil data of the study area were taken from detailed soil map. By taking into consideration of land use and soil properties, total 50 disturbed soil samples were collected from 0-20 cm soil depth. In these soil samples, some soil properties such as texture, organic matter (OM), field capacity (FC), plastic limit (PL), licit limit (LL) and coefficient of lineal extensibility (COLE) were analyzed and plastic (PI) and consistency indexes were also calculated (Ic). The values of Ic were evaluated to determine workability in the most suitable moisture for each soil series in detailed soil map. Furthermore, the kriging maps, which show the most suitable moisture values for workability times of each soil serial, were produced by evaluating of Ic values by using geostatistical and GIS techniques. The produced kriging map showed that the tillage practices applied under unsuitable moisture conditions would lead to serious damages in soil texture in most of the soil series found in study area. In order to decrease destruction of soil structure in unsuitable moisture condition when applied soil tillage in the study area, it should be taken into consideration of soil moisture condition for each soil workability time.

**Keywords:**  
Suitable soil moisture  
Soil workability  
Geostatistic  
Soil map

## 1. Giriş

Tarımsal amaçlı çalışmalarda genellikle toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleri değerlendirilirken, mekaniksel özellikleri üzerinde pek durulmamaktadır (Denef ve ark., 2004). Buna karşılık, kıvam limitleri olarak tanımlanan likit limit (LL), plastik limit (PL) ve plastiklik indeksi (Pİ), toprağın tarımsal veya mühendislik amaçlı kullanımındaki bazı özelliklerinin değerlendirilmesinde önem taşıyan özelliklerdir ve söz konusu bu özellikler, toprağın hakim kil minerali çeşidine, kil içeriğine, değişebilir katyonların cinsine ve organik madde miktarına bağlı olarak değer kazanır (Canbolat ve Öztaş, 1997). Ayrıca, toprağın fiziksel özelliklerinin değişiminde etkili olan ve ıslanma-kuruma süreci içinde ortaya çıkan kabuk oluşumu, çatlama, şişme-büzülme, sıkışma gibi olaylar da toprağın mekaniksel özelliklerinin etkisi altındadır (Canbolat ve ark., 1999). Bu nedenle, özellikle tarımsal alanlarda, toprakta bitki, kök ve gövde gelişimini etkileyen mekaniksel davranışların bilinmesine, hem toprak işleme için uygun işleme zamanlarının belirlenmesi hem de toprakların sıkışmasının ve strüktürel bozulmalarının önlenmesi için uygun mekaniksel yönetim uygulamalarının yürütülebilmesi bakımından ihtiyaç vardır.

Tarımsal üretimin en temel bileşenlerinden olan toprak işlemenin, tarımsal faaliyetlerin başlangıcını oluşturması sebebi ile, toprak işlemenin başlıca sorunlarından olan ‘toprağın işlenmeye uygunluğu’ veya ‘uygun toprak işleme zamanı’ bakımından kantitatif olarak değerlendirilmesi önem teşkil etmektedir. Bilindiği gibi topraklar, toprağın tipine göre değişen nem içeriklerinde farklı kıvam düzeyindedirler. Bu nedenle, toprakların toprak çeşidine göre uygun nem koşullarına sahip oldukları zamanlarda işlenmeleri, hem toprak işlemenin amacına ulaşması hem de tarımsal üretimin sürdürülebilirliğinin sağlanması için oldukça önemlidir. Keller ve ark. (2007), toprak işleme zamanındaki nem miktarının, toprak işlemenin sonuçları bakımından oldukça önemli olduğunu ifade etmektedir. Toprakların işlenebileceği en uygun nem içeriği olarak, toprak işleme zamanında küçük agregatların en geniş oranının olduğu su içeriği kabul edilirken (Dexter, 1988), birçok araştırmacı tarafından yapılan bir diğer tanımlamada ise, Atterberg (1911) tarafından tanımlanan PL değerinin, toprakla olan ilişkisi kullanılmaktadır (Mueller, 1985; Larney ve ark., 1988; Terzaghi ve ark., 1988; Smedema, 1993; Marshall ve ark., 1996; Mueller ve Schindler, 1998; Özdemir, 1998). Bu ilişkiye göre, toprak işleme için en uygun nem içeriğinin, çoğunlukla PL değerinin yaklaşık 0.7-0.9’ una karşılık gelen gravimetrik nem içeriğinin tarımsal mekanizasyon için en uygun nem içeriği olduğu bildirilmektedir (Dexter ve Bird, 2001; Keller ve ark. 2007). Toprakların mekanik özellikleri dikkate alınarak toprağın işlenmeye uygunluğunun belirlenmesine yönelik yapılan değerlendirmelerde,

genel olarak toprağın değişken nem içeriklerinde sahip olacağı farklı kıvam düzeyleri ve bu kıvam düzeylerinde toprak işlemeye karşı göstereceği direnç ile tarımsal mekanizasyon aletlerinin oluşturacağı basınçlara karşı toprağın fiziksel özelliklerindeki değişimler dikkate alınır.

Bir toprağın kıvam düzeyi, sahip olduğu nem miktarı ile ilişkilidir ve genel olarak toprak ıslakken akışkan, nemli iken yapışkan ve kuru olduğunda da katı durumdadır. Kuru bir toprağa su ilave edildiğinde yapışkanlık göstermeye başladığı andaki nem içeriği PL, su içeriğinin daha da artırılmasıyla toprağın akmaya başladığı andaki nem içeriği ise LL değeri olarak tanımlanır. LL ile PL arasındaki sayısal fark ise Pİ olarak adlandırılır (Baumgartl, 2002). Tarımda PL değeri, toprağın plastiklik gösterdiği minimum nem içeriği olarak ifade edildiğinden, toprak işleme ile çamurlaşmanın meydana gelmeye başladığı minimum nem değeri olarak kabul edilmekte ve toprak işleme zamanının belirlenmesinde iyi bir indeks olarak yaygın şekilde kabul görmektedir. Bu nedenle, pratik olarak toprak işleme en uygun zaman olarak, PL değerinin altında, ancak ona yakın nem içeriğinde yapılmalıdır. Bunun yanında plastiklik indeksi de, plastik bölgenin bir ölçüsü olup, toprağın işlenmeye uygunluk nem düzeyinin belirlenmesinde kullanılan başka bir ölçüttür. Kumlu topraklar sahip oldukları küçük plastiklik indeksi değerleri nedeniyle, toprağın çamurlaşmasına sebep olmaksızın işlenmeleri mümkündür (Demiralay ve Güresinli, 1979). Başka bir ifade ile toprağın işlenme tavında yakalanma güçlüğü yoktur. Ancak, killi topraklarda olduğu gibi toprakların Pİ değeri büyükse toprağın işlenmeye uygun nem koşulunda yakalanabilmesi oldukça zordur. Bu toprakların ya henüz ıslakken ya da uygun nem koşulu kaçırılmış olarak işlenme ihtimalleri yüksektir. Toprakların birinci durumda, yani ıslakken işlenmeleri toprakların çamurlaşmasına, ikinci durumda işlenmeleri ise, kesek ve toz oluşumuna sebep olabilmektedir. Her iki durumda da toprak strüktürü olumsuz yönde etkilenmektedir. Mueller ve ark. (2003), ince tekstürlü toprakların mekanik özelliklerinin içerdikleri su miktarına bağlı olarak büyük oranda değişiklik gösterdiğini ve bu durumunda killi toprakların işlenmeye uygun zaman dilimlerinin oldukça sınırlı olması durumunu ortaya çıkardığını bildirmektedirler. Fakat bu gibi bireysel toprakların araştırma çalışmalarının yapılmasına karşın, özellikle alana ait güncel ve farklı toprak sınıflarını ve sınırlarını içine alan detaylı toprak haritaları kullanılarak, alansal dağılım çalışmaları çok yaygın olmadığı görülmektedir.

Alüviyal arazilerin en önemli özelliklerinden birisi, bu alanlar içerisinde kısa mesafelerde çok değişkenlik gösteren ve bir birinden farklı karakteristiklere sahip toprakların yer alabilmesidir. Bu çalışma, Kızılırmak nehrinin getirmiş olduğu alüviyal depozitler üzerinde yer alan Samsun ili Bafra ilçesi Dedeli ve Çetinkaya köyleri ile yakın çevresini kapsayan alanlarda, daha

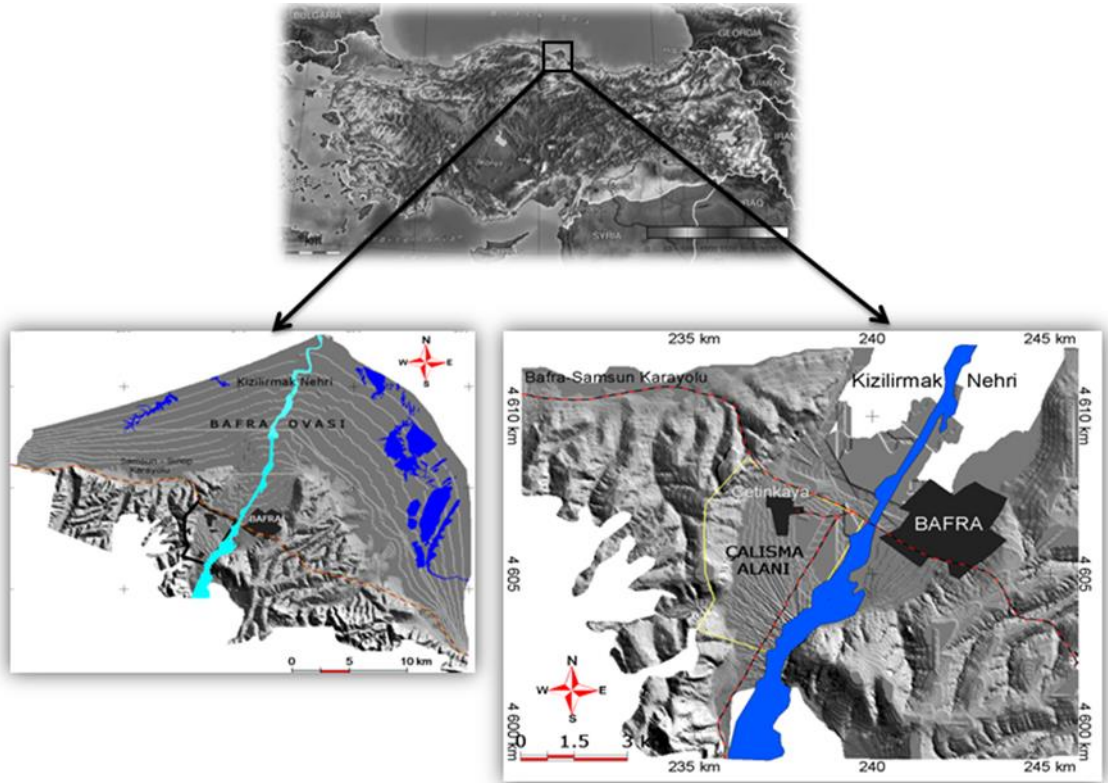
önce yapılan detaylı toprak etüd ve haritalama çalışmasından yararlanılarak, alan içerisinde dağılım gösteren toprakların kıvam limiti değerlerini belirlemek suretiyle toprakların işlenmesi için en uygun nem aralığının tesbit edilmesi ve toprak işlemeye uygunluk dağılım haritalarının oluşturulması amacıyla yürütülmüştür.

## 2. Materyal ve Yöntem

### 2.1. Materyal

#### 2.1.1. Araştırma alanının genel tanımı

Araştırma alanı Samsun ili Bafra ilçesine 5 km mesafede bulunan, Dedeli ve Çetinkaya köyleri ile yakın çevresini içermektedir (Şekil 1). Çalışma alanı yaklaşık olarak 1762.4 ha olup, 1:25.000 ölçekli haritada SAMSUN E35c4 paftası içerisinde ve Kızılırmak nehrinin sol sahilinde yer almaktadır. Araştırma alanı fizyografik özellik bakımından Kızılırmak nehrinin farklı zamanlarda getirdiği alüvyal depozitler üzerinde yer alan taban araziler ile etek arazilerden oluşmaktadır. Etek araziler üzerinde yer alan topraklar, daha ziyade ince bünyeli kolüvyal materyallerin üzerinde yer alırken; taban araziler, Kızılırmak nehrinin biriktirmiş olduğu alüvyonlardan oluşmuştur.



Şekil 1. Çalışma alanı yer bulduru haritası

#### 2.1.2. İklim

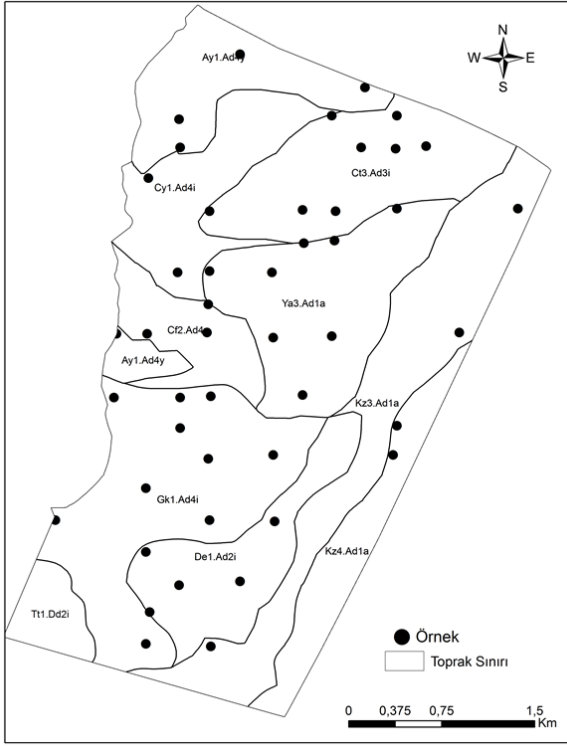
Samsun'un Bafra ilçesi uzun yıllar sıcaklık ve yağış ortalaması sırasıyla 13.6 °C ve 764.3 mm'dir. Yağışlar çoğunlukla kış ve ilkbahar aylarında düşmektedir. Ayrıca toprak nem kontrol kesiti kış gün dönümünden (21 Aralık) sonraki 5 ay içerisinde ardışık olarak 45 gün veya daha fazla nemli olması ve yaz gün dönümünden (21 Haziran) sonraki 4 ay içerisinde ardışık 45 gün kadar uzun süre kuru kalmaması (Xeric nem rejiminden farklı) nedeniyle toprak nem rejimi "Ustic" dir. Çalışma alanının toprak sıcaklık rejimi ise yıllık ortalama toprak sıcaklığı 8 °C' den fazla, 15 °C' den az ve 50 cm' deki yıllık ortalama kış ayları toprak sıcaklığı ile yıllık ortalama yaz ayları toprak sıcaklığı arasındaki fark 6 °C' den fazla olduğu için "Mesic" dir (Soil Survey Staff

1999).

#### 2.2. Yöntem

Çalışma alanını temsilen, toprak işleme derinliği olan 0-20 cm toprak derinliğinden toprak serileri ve arazi kullanım türleri dikkate alınarak 50 adet bozulmuş yüzey toprak örneği alınmış (Şekil 2) ve laboratuvar koşullarında havada kurutulan toprak örnekleri, tahta tokmakla ufalandıktan sonra 2 mm'lik elekten elenerek analize hazır duruma getirilmiştir.

Toprak örneklerinde tekstür tayini, Bouyoucos hidrometre yöntemiyle (Gee ve Bauder, 1986); tarla kapasitesi (TK), seramik levha üzerine yerleştirilen suyla doymun bozulmuş toprak örnekleri üzerine 1/3 atm'lik basınç uygulamasıyla (Klute, 1986); toplam



Şekil 2. Toprak örnekleme noktaları

organik madde (OM), Jackson tarafından modifiye edilmiş Walkley-Black yöntemi kullanılarak (Jackson, 1958). LL değerleri Casagrande aleti kullanılarak, PL değerleri toprakların 3 mm çapında bir çubuk şeklinde yuvarlandığında ufanmaya başladığı andaki nem miktarı olarak, Pİ değerleri ise LL ile PL arasındaki farktan belirlenmiştir (Sowers, 1965). Toprak örneklerinin doğrusal genişleyebilirlik katsayıları (COLE), doygunluktan biraz daha az nem düzeyinde iken balçıklaştırılan topraktan elde edilen 1 cm çapında ve 6-10 cm uzunluğundaki çubukların, kaygan bir yüzey üzerinde 48 saat süre ile atmosfer koşullarında kurutulduktan sonra uzunlukları ölçülmüş ve aşağıdaki eşitlik 1 kullanılarak değerler hesaplanmıştır (Schafer ve Singer, 1976).

$$COLE = \frac{L_m - L_d}{L_d} \quad (1)$$

COLE: Doğrusal genişleyebilirlik katsayısı,  
 $L_m$ : Nemli çubuğun uzunluğu (cm),  
 $L_d$ : Kuru çubuğun uzunluğu (cm).

Kıvam indeksi (Ic), LL ile TK arasındaki farkın Pİ değerine oranlanmasıyla aşağıdaki eşitlik 2 ile bulunmuştur (Baumgartl, 2002);

$$Ic = \frac{LL - TK}{PI} \quad (2)$$

Ic: Kıvamindeksi,  
 LL: Limit limit,  
 TK: Tarlakapasitesi,  
 Pİ: Plastiklikindeksi.

Hesaplanan Ic değerlerinin uzaysal değişkenlik bilgisini ortaya koymak amacıyla, öncelikle en uygun semivariogram modeli tahmin edilmiştir. Semivariogram modelinin tahmininde aşağıdaki eşitlik 3' den yararlanılmıştır.

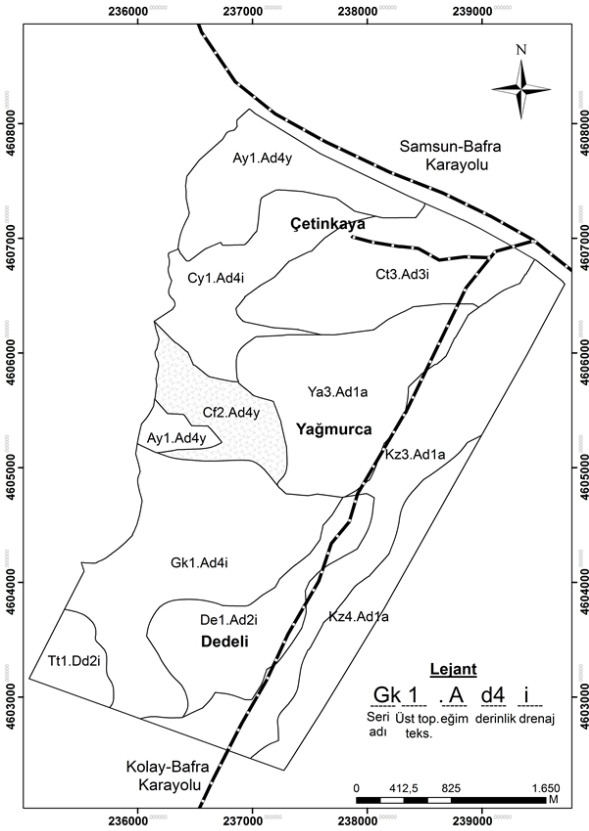
$$\gamma(h) = \frac{1}{2N} \sum_{i=1}^N (Z_{xi} - Z_{xi+h})^2 \quad (3)$$

$\gamma(h)$ : h uzaklığı için semivaryans,  
 h: ayırma uzaklığı (lag),  
 $Z_{(xi)}$ :  $x_i$  noktasında ölçülmüş örnek değeri,  
 $Z_{(xi+h)}$ :  $x_i+h$  noktasında ölçülmüş örnek değeri,  
 N: h ayırma uzaklığı için çiftlerin toplam sayısını tanımlamaktadır.

Kıvam indeksi (Ic) için en uygun semivariogram modeline karar verilirken, belirleme katsayısını (R2) en yüksek, hata kareler toplamını (HKT) en düşük ve çapraz doğrulamada regresyon katsayısını (r) en yüksek tahmin eden model uygun semivariogram modeli olarak seçilmiştir. Daha sonra tahmin edilen semivariogram modeli kullanılarak krigleme yapılmış ve bu şekilde çalışma alanı içerisinde Ic değerlerinin değişkenlikleri haritalanmıştır. Kıvam indeksine (Ic) ait semivariogram modeline karar verilirken GS+7.0 paket programı, krigleme haritalarının hazırlanmasında ise Arc GIS 9.3 ve CBS programı kullanılmıştır.

### 3. Bulgular ve Tartışma

Çalışma alanı toprakları, Sarioğlu ve Dengiz (2012) tarafından detaylı toprak haritalama çalışmasına göre topraklar Entisol, Inceptisol ve Vertisol ordolarında sınıflandırılmış ve 1:25.000 ölçekte toprak haritasını oluşturmuşlardır (Şekil 3). Oluşturulan temel toprak haritası, 10 adet toprak serisi ve bu serilere ait eğim, drenaj, derinlik gibi fazları içermektedir. Çalışma alanı topraklarına ait tanımlayıcı istatistikler Çizelge 1'de verilmiştir. Çizelge1 incelendiğinde, toprakların değişkenlik katsayısına (DK) göre genel olarak orta (% 15-35) ve yüksek (> %35) değişkenliğe sahip olduğu görülmektedir. İncelenen toprak özelliklerinden PL, LL, Pİ, COLE ve Ic gibi mekanik toprak özelliklerindeki orta ve yüksek değişkenliklerin öncelikli olarak alüvyal toprakların kil ve kum içeriklerindeki orta ve yüksek değişkenliklerden kaynaklandığı, OM içeriğindeki değişkenliklerin ise öncelikli olarak çalışma alanının da uygulanan farklı ürün amenajman sistemlerinden kaynaklandığı düşünülmektedir.



Şekil 3. Çalışma alanı temel toprak haritası (Sarıoğlu ve Dengiz, 2012)

Çalışma alanı topraklarının büyük bir bölümü ağır bünyeli topraklardan oluşurken, kil içeriği yüksek toprakların yaygın olarak Kızılırmak nehrinin kuzey ve kuzeybatı bölgelerinde yer alan Gökçesu, Hıdırellez ve Altınyaprak serilerinde dağılım sergilediği ve bu toprakların kil içeriklerinin de kimi yerlerde % 60'ın üzerine çıktığı görülmektedir (Şekil 3). Yüksek kil içerikleri nedeniyle yüksek kohezif özellikler sergileyen ve Ic değerleri yüksek bulunan bu toprakların, gerek tohum yatağı hazırlanması amacıyla gerekse diğer amaçlar için yürütülecek tarımsal mekanizasyon işlemleri için toprak işleme zamanlarının çok iyi belirlenmesi ve uygun tav değerlerinde işlenmeleri gerekmektedir.

Toprak tava, toprakların hava ve su kapasitelerinin istenilen düzeyde olmasının bir ölçüsüdür. Bir başka açıdan, toprağın işlenebilmesi ve bitki tohumlarının çimlenebilmesi için en uygun düzeyde su ve hava içeren topraklar, tavlı topraklar olarak ifade edilmektedir. Bu nedenle, toprak tavaının toprak suyu ile olan bu ilişkisi, farklı tekstürlere sahip topraklar için farklı tav zamanlarını ortaya çıkartmaktadır. Çalışma alanının Kızılırmak nehrinin taşıdığı sedimentler üzerinde oluşan bir alüviyal delta ovasında yer alması ve nehir yatağından itibaren mesafeye bağlı olarak toprakların tekstürel değişkenliklerinin yüksek olması, topraklarda farklı nem içeriklerinin ve tav durumlarının oluşmasına neden olmaktadır.

Çizelge 1. İncelenen toprak özelliklerine ait tanımlayıcı istatistikler

Toprak Özellikleri	Ortalama	En Büyük	En Küçük	Standart Sapma	DK	Çarpıklık	Basıklık	n
Kil	35.10	63.03	19.00	11.85	33.75	0.58	-0.52	50
Silt	36.65	56.90	19.31	6.69	18.26	0.01	1.30	50
Kum	28.76	51.16	10.69	10.73	37.33	0.31	-0.73	50
OM	2.39	3.60	1.10	0.73	30.60	-0.27	-0.76	50
TK	34.35	45.90	20.40	6.32	18.39	-0.13	-0.69	50
PL	27.62	36.20	19.30	4.61	16.68	-0.14	-0.89	50
LL	44.76	69.40	25.90	10.78	24.07	0.51	-0.53	50
Pİ	17.13	38.40	4.70	7.82	45.67	0.73	0.31	50
COLE	0.16	0.29	0.05	0.06	36.25	0.21	-0.77	50
Ic	0.60	1.96	0.04	0.38	64.14	1.43	2.35	49

OM: Organik Madde (%); TK: Tarla Kapasitesi (%); DK: Değişkenlik Katsayısı (%); PL: Plastiklik Limit (%); LL: Likit Limit (%); Pİ: Plastiklik İndeksi; COLE: Doğrusal Genişleyebilirlik Katsayısı; Ic: Kıvamİndeksi.

Toprakların tekstürel değişkenliğinin bir sonucu olan bu durum, dolaylı olarak çalışma alanı toprakları için farklı toprak işleme zamanlarını ortaya çıkarmaktadır. Tarımsal üretim sistemlerinde, tohum çimlenmesi ve bitki gelişimi için uygun tohum yatağı hazırlanması amacıyla yürütülen toprak işleme uygulamaları sırasında, toprağın temel fonksiyonu, işlenebilir olmasıdır. Toprak işleme uygulamaları için toprak koşulları, tarla trafiğine uygunluk ve işlenebilir olması bakımından sınıflandırılabilir. Tarla trafiğine uygunluk, toprak strüktürünün zarar görmeksizin trafiğe karşı koyabildiği ve toprağın çekilebildiği zaman olarak tanımlanırken; işlenebilir olması, toprağın kültivasyon ve toprak hazırlığı uygulamaları için uygun olduğu zaman olarak tanımlanır (Earl, 1997).

Çalışma alanı topraklarının yer aldığı Bafra Delta ovasında toprak işleme yöntemleri olarak, hem pullukla toprak işlemenin de içinde yer aldığı toprakların alt-üst edildiği geleneksel yöntemler hem de toprakların alt-üst edilmeden işlendiği azaltılmış toprak işleme yöntemleri kullanılmaktadır. Her iki yöntemin de ova toprakları için bazı avantajları ve dezavantajları vardır. Pullukla toprak işleme, ekilen alanlarda yabancı ot problemlerinin azaltılmasına yardımcı olma gibi avantajlar sağlarken, aynı zamanda oluşan pulluk tabanı, toprakların işlenebilirliğini azaltan toprak sıkışması ve drenaj yetersizliği gibi toprak sorunlarının ortaya çıkmasına neden olabilmektedir. Buna karşın, özellikle daha sığ toprak işleme derinliklerine sahip olan azaltılmış toprak işleme yöntemleri, toprak aşırı ıslak hale gelmeden hem tohum yatağı hazırlıklarına hem de çok başarılı şekilde bitki gelişimine izin veren daha hızlı arazi hazırlıklarına imkan vermektedir (Morris ve ark. 2010).

Çalışma alanı gibi değişkenliği fazla olan aluviyal depozitler üzerinde oluşmuş topraklara hem yazlık hem de kışlık ürün ekiminin yapıldığı yoğun tarımsal üretime sahip bölgelerde, toprak işleme sistemlerinin değişmesinin temel nedenleri, yakıt ve işçi fiyatlarının artması gibi kültivasyon ile ilgili maliyet baskılarının yanı sıra toprak işleme uygulamaları için iş günlerinin uygunluğuyla ilgili zamanlamalardır. Bafra delta ovası topraklarının nem içeriklerinde hem yoğun tarımsal üretim nedeniyle yürütülen farklı toprak yönetim sistemlerinden kaynaklı hem de bölgede dönem dönem yağış zamanı, yağış sıklığı, yağış miktarı ve sıcaklık değişkenliklerine bağlı evapotranspirasyon miktarında meydana gelen değişimlerden kaynaklı değişkenlikler yaşanabilmektedir. Bu nedenle, çalışma alanı toprakları için gerek azaltılmış toprak işleme uygulamaları gerekse pullukla toprak işlemeyi içine alan geleneksel toprak işleme uygulamaları, yürütülen toprak yönetim uygulamalarına ve iklim koşullarına bağlı olarak kültivasyon yöntemleri olarak düşünülmelidir.

Çalışma alanının özellikle kil içeriği fazla olan Calcic ve Chromic Hapustert olarak sınıflandırılan Çiftlik ve Altıyaprak Serilerine ait toprakların yüksek veya düşük su içeriklerine bağlı olarak, iş günlerinin sayısında meydana gelecek azalmalar sırasında, pullukla

toprak işlemeyi esas alan geleneksel toprak işleme sistemleriyle karşılaştırıldığında normal olarak daha az iş günleri sayısı gerektiren azaltılmış toprak işleme sistemlerinin kullanılması çok daha uygun bir seçenek olabilir.

Çalışma alanında genel olarak Kızılırmak nehir yatağına yakın bölgelerde dağılım gösteren kumlu tekstüre sahip Typic Ustifluent olarak sınıflandırılan Kızılırmak Serisi topraklar ise, kil içeriği yüksek olan topraklara göre ıslanmaları ve drenajları daha iyi, her türlü nem koşulunda işlenmeye daha uygun fakat bitkiye sağladıkları yetersiz yararışlı su içerikleri nedeniyle yetiştiricilikleri sorunlu olan topraklardır. Ayrıca, yüzey toprakları tınlı tekstüre sahip Yağmurca ve Çetinkaya Serileri gibi toprakların dağılım gösterdiği alanlarında ise, hem kumlu hem de killi teksüre sahip topraklara göre makropor ve mikroporların dağılımı yönünden daha dengeli bir dağılıma sahip olduklarından gerek bitkinin ihtiyaç duyduğu suyu tutmaları gerekse daha kolay tava gelmeleri bakımından daha avantajlıdır ve işlenebilirliği daha kolay topraklardır.

Daha öncede ifade edildiği gibi işlenebilirlik, toprağın kültivasyon ve toprak hazırlama uygulamaları için uygun olduğu zaman dilimidir ve bu zaman dilimi toprakların nem içeriğine ve buna bağlı ortaya çıkan kıvam durumlarına göre önemli değişkenlikler gösterir. Rounsevell (1993), farklı tekstüre sahip toprakların işlenebilirliğini belirlemek amacıyla kullanılan farklı model tiplerini incelediği çalışmasında, tarla kapasitesi ve plastik limit gibi toprak özellikleri ile yağış miktarı ve evapotranspirasyon gibi iklim verilerini ana bileşenler olarak ifade etmektedir. Mueller ve ark. (2003) ise, kil içeriği yüksek kohezif topraklarda uygun toprak işlemenin yapılabilmesi için maksimum toprak su içeriğinin, tarla kapasitesindeki su içeriğinin % 90'ına eşit olduğunu, silt ve kum içeriği yüksek, kohezif olmayan topraklarda ise, uygun toprak işleme için maksimum toprak su içeriğinin, 5 kPa negatif basınçtaki su içeriğinin % 70'ine eşit olduğunu bildirmektedirler. Ayrıca, yine aynı çalışmada, işlenebilirlik bakımından plastiklik ve toprak nem içeriğinin önemini ifade ederlerken, toprak plastikliği ve kuru hacim ağırlığının yerine göre OM içeriğine bağlı olabildiğini de ortaya koymuşlardır. Brady (1990), OM miktarının, Pİ etkilemediğini ancak OM'nin toprakta suyla olan güçlü bağının, PL ve LL değerlerinin yükselmesine neden olduğunu ifade etmiştir. Baver ve ark.(1972)'da, OM'nin topraklarda aşınma bölgesini oldukça yüksek nem içeriklerine ulaştırarak, Pİ değerinde bir değişime neden olabildiğini önermişlerdir.

Gülser ve Candemir (2006)'de, Ondokuz Mayıs Üniversitesi (OMÜ) Kurupelit Kampüs alanında yayılım gösteren toprak serilerinin Atterberg limitleri, hacimsel büzülme, doğrusal büzülme, doğrusal uzama katsayıları ve kıvam indeksleri gibi fiziksel özelliklerini ve bu özellikleri dikkate alarak toprakların işlenebilirliklerini değerlendirdikleri çalışmada, serilere ait toprakların yüksek kil içeriğine sahip olduklarını ve

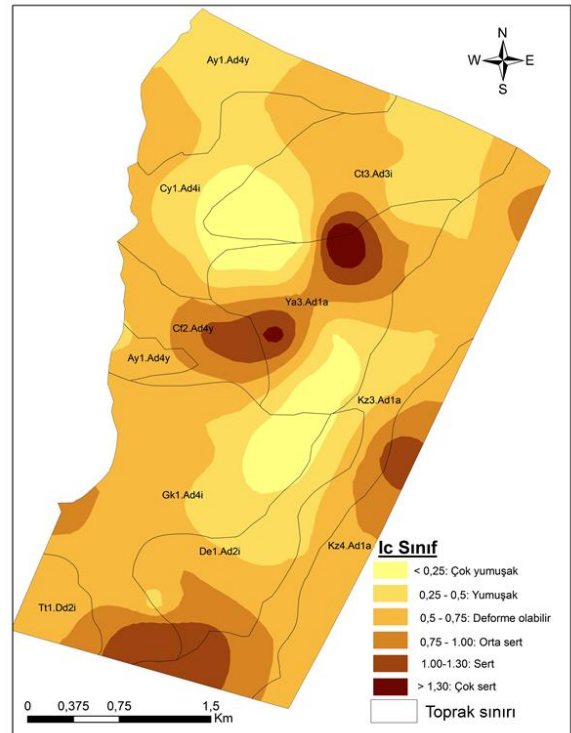
smektit grubu kil minerali içermeleri nedeniyle toprakların yüksek plastiklik gösterdiğini belirlemişlerdir. Serilere ait topraklarda toprak işleme için en uygun nem içeriğinin, tarla kapasitesi civarındaki nem düzeyleri olacağını belirtmişlerdir.

Çalışmada yürütülen bu tartışmalardan da anlaşılabilceği üzere toprak işleme için en uygun nem miktarının belirlenmesinde Atterberg limitlerinden oldukça yaygın olarak yararlanılmaktadır. Bu çalışmada da, Dedeli ve Çetinkaya köyleri ile yakın çevresinde bulunan araştırma sahası topraklarının, toprak işleme zamanı için en uygun nem içerikleri, LL, TK ve Pİ değerlerinden hesaplanan Ic değerleri kullanılarak değerlendirilmiş ve Ic değerlerinin çalışma alanı içerisindeki değişkenliği kriging yöntemi kullanılarak haritalandırılmıştır (Şekil 4). Baumgartl (2002), Ic değerinin toprağın herhangi bir nem değerindeki kıvam durumunu ifade ettiğini ve Ic değeri 1.0 değerine yaklaştıkça toprağın plastik, 0.0 değerine yaklaştıkça toprağın akışkan özelliğe sahip olduğunu ifade etmektedir. Yine Ic değerlerine göre toprakların kıvam durumunu, çok yumuşak (Ic= 0.0-0.25), yumuşak (Ic= 0.25-0.50), deforme olabilir (Ic= 0.50-0.75), katı (Ic= 0.75- 1.0), orta sert (Ic= 1.0-1.30) ve sert (Ic> 1.30) olarak sınıflandırmıştır. Ayrıca, toprak işleme için en uygun nem içeriğinin, sıkışma direnci 100 kPa'dan fazla olan katı fazdaki Ic değerlerini (0.75-1.0) sağlayabilen nem aralığı olduğunu ifade etmiştir. Bu sınıflandırmaya göre, çalışma alanı topraklarının kıvam durumları, Ic'nin en büyük ve en küçük değerlerine göre çok yumuşak sınıftan sert sınıfa değişirken, ortalama Ic değerine göre deforme olabilir sınıfında yer almıştır (Çizelge 1). Benzer şekilde bu sınıflandırma alınan örnek sayısına göre değerlendirildiğinde, alınan toprak örneklerinin % 16.33'ü çok yumuşak, % 24.49'u yumuşak, % 32.65'i deforme olabilir, % 14.29'u katı, % 6.12'si orta sert ve % 6.12'si sert sınıfında yer almıştır.

Çalışma alanı topraklarının Ic değerlerine ait kriging dağılım haritası da bu yüzde değerlerini doğrular nitelikte olup, harita incelendiğinde alanın büyük kısmında toprakların katı fazın dışındaki (Ic) değerlerine sahip olduğu görülmektedir (Şekil 4).

Alandaki toprakların önemli bir kısmının 0.75'in altında Ic değerleri olarak deforme olabilir, yumuşak ve çok yumuşak sınıflarında dağılım sergilerken, toprakların bu sınıf aralıklarına sahip Ic değerlerini karşılayacak nem aralıklarında işlenmeleri durumunda toprak işleme uygulamaları toprak sıkışmasına neden de olarak toprakların fiziksel özelliklerinin olumsuz yönetkilenebilmesi ve işlenen alanlarda drenaj ve havalanma problemlerinin ortaya çıkmasına neden olacaktır. Diğer taraftan çalışma alanının kil içeriği yüksek topraklarının, Ic'nin 1.0'in üzerinde değerler aldığı orta sert ve sert sınıflarını karşılayacağı nem aralıklarında işlenmeleri durumunda, hem toprak işleme uygulamaları daha fazla enerji gerektirecek hem de uygun tohum yatağının hazırlanabilmesi için ilave toprak işleme gerektirecek iri kesekli bir toprak

strüktürünün oluşmasına neden olarak maliyet hesaplarında artış yaratılacaktır. Baumgartl (2002), kil içeriği yüksek olan toprakların toprak işleme sırasında fazla kuru olması toprak işlemeyi güçleştirerek enerji girdisini artırdığını, Ic değerinin 0.75'ten daha düşük olduğu durumlarda ise, toprak işlemenin yapılmasının toprak strüktürünün bozulmasına neden olarak, hidrolik iletkenlik, havalanma, bitki besin elementlerinin alınmasını azaltarak, bitki gelişimini ve mikrobiyal aktiviteyi olumsuz şekilde etkilediğini ifade etmektedir. Çalışma alanı toprakları için Ic ile ilgili sonuçlar dikkate alınarak yapılan değerlendirmeler sonrasında, Ic'nin 0.75-1.0 aralığındaki değerlerini karşılayacak nem aralıklarının toprak işleme uygulamaları için en uygun nem aralığı olduğu düşünülmektedir.



Şekil 4. Çalışma alanında kıvam indeksinin dağılım haritası

#### 4. Sonuç

Çalışmanın yürütüldüğü Dedeli ve Çetinkaya köyleri ile yakın çevresi, hem sebze üretiminin hem de tahıl bitkileri ile çeltik üretiminin yoğun olarak yapıldığı bir bölge olması nedeniyle, topraklar yöre çiftçilerinin yılın hemen hemen her mevsimi yapmış oldukları toprak işleme uygulamalarına maruz kalmaktadır. Ayrıca bölge topraklarının, alüvyal toprak özelliklerinden kaynaklı tekstür bileşenlerindeki değişkenliklerinin yüksek olması, toprakların hem zamana hem de mesafeye bağlı nem değişkenliklerinin yüksek olmasına neden olmaktadır. Bunların yanı sıra, çalışma alanının kil içeriği yüksek olan bazı bölgelerinde, toprakların

yetersiz drenaj özellikleri nedeniyle, yürütülen sulu tarım uygulamalarından kaynaklanan yer yer taban suyu yükselmelerine maruz kalarak nem içeriklerinde artışlar olabildiği de görülmektedir. Hem nem içeriği değişkenlik kaynaklarının hem de üretim faaliyetlerinin yoğun olduğu bölge arazilerinde toprakların işlenebilirlik zamanlarının bilinmesi, toprakların sürdürülebilir tarımsal verimliliklerinin korunmasını sağlanmasının yanında bölge çiftçilerinin ekonomik karlılığının artırılması için de kullanılabilir önemli bir bilgidir. Ayrıca toprakların işlenebilirlik zamanlarının belirlenmesi amacıyla toprakların kıvam özelliklerinin alana ait detaylı toprak etüd ve haritalarının kullanıldığı ve jeostatistiksel yöntemle değerlendirildiği bu çalışma ile, toprakların özelliklerine göre kullanılmasının ve sürdürülebilirliklerinin sağlanmasının yanı sıra bölge çiftçilerinin tarımsal üretim süreçlerinde kolaylıkla pratik edebilecekleri değerli analitik ve görsel sonuçların ortaya konulduğu düşünülmektedir.

### Kaynaklar

- Atterberg, A., 1911. Dieplastizitat der Tone. Internationale mitteilungenfür bodenkunde, 1:10-43.
- Baumgartl, T., 2002. Atterberg limits. Encyc.of Soil Sci. Marcel Dekker Inc. pp. 89-93.
- Brady, N. C., 1990. The Nature and Properties of Soils. Macmillan Publishing Co., New York, NY. 639 pp
- Baver, L.D., Gardner, W. H., Gardner, W. R., 1972. Soil Physics. Wiley, New York, New York, USA
- Canbolat, M, Y., Barik, K., Özgül, M., 1999. Erzurum yöresinde farklı ana materyaller üzerinde oluşmuş üç toprak profilinin kıvam limitleri ve şişme-büzülme karakteristikleri. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 30: 121-129.
- Canbolat, M, Y., Öztaş, T., 1997. Toprağın kıvam limitleri üzerine etki eden bazı faktörler ve kıvam limitlerinin tarımsal yönden değerlendirilmesi. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 28: 120-129.
- Demiralay, İ., Güresinli, Y.Z., 1979. Erzurum Ovası topraklarının kıvam limitleri ve sıkışabilirliği üzerinde bir araştırma. Atatürk Ün. Zir. Fak., Der. 10: 77-93.
- Denef, K., Six, J., Merck, R., Paustian, K., 2004. Carbon sequestration micro aggregates of no-tillage soils with different clay mineralogy. Soil Sci. Soc. Am. J. 68: 1935-1944.
- Dexter, A, R., 1988. Advances in characterization of soil structure. SoilTill. Res. 11: 199-238
- Dexter, A.R., Bird, N.R.A., 2001. Methods for predicting the optimal and the range of water contents for tillage based on the water retention curve. Soil Tillage & Research, 57: 203-212.
- Earl, R., 1997. Prediction of trafficability and workability from soil moisture deficit. Soil & Tillage Research, 40: 155-168.
- Gee, G. W., Bauder, J, W., 1986. Particle-Size Analysis. In: A Klute (Eds.), Methods of Soil Analysis, Part I, (2nd ed.), Agronomy Monograph, no 9, ASA and SSSA, Madison, WI, pp: 388-409.
- Gülser, C., Candemir, F., 2006. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Kurupelit kampüs topraklarının bazı mekaniksel özellikleri ve işlenebilirlikleri. OMÜ Zir. Fak. Dergisi, 21: 213-217
- Jackson, M. L., 1958. Soil Chemical Analysis. Prentice Hall Inc., Englewood Cliffs, N.J.
- Keller, T., Arvidsson, J., Dexter, A.R., 2007. Soils structures produced by tillage as affected by soil water content and the physical quality of soil. Soil Tillage & Research, 92: 45-52.
- Klute, A., 1986. Water Retention: Laboratory methods. In Methods of Soil Analysis, A. Klute (ed.), Part I, Physical and Mineralogical Methods (Second edition), pp: 635-662, ASA and SSSA Agronomy Monograph No: 9, Madison, WI.
- Larney, F. J., Fortune, R.A., Collins, J.F., 1988. Intrinsic soil physical parameters for sugarbeet seed bed preparation. Soil Till Res. 12: 253-267.
- Marshall, T.J., Holmes, J., Rose, C, V., 1996. SoilPhysics. Cambridge University Press ISBN 0-521- 45151-5.
- Morris, N.L., Miller, P.C.H., Orson, J.H., Froud-Williams, R.J., 2010. The adoption of non-inversion tillage systems in the United Kingdom and the agronomic impact on soils, crops and the environment-A review. Soil & Tillage Research, 108: 1-15.
- Mueller, L., Shindler, U., Fausey, N.R., Lal, R., 2003. Comparison of methods forest imating maximum soil water content for optimum workability. Soiland Tillage Research, 72: 9-20.
- Mueller, W., 1985. Standart kundliche Voraussetzungen fuer die Gefuegemellioration durch Tieflockerung im humiden Klima. In: Die Gefuegemellioration durch Tieflockerung – Bisherige Erfahrungen und Ergebnisse Schriftenreihedes Deutschen Verbandes fuer Wasserwirtschaft und Kulturbau e. V. (DVWK) Heft70. Verlag Paul Parey, Hamburg/Berlin, pp. 1-34.
- Mueller, L., Schindler, U., 1998. Soil moisture and workability of heavyarable soils. Arch. Agron. Soil Sci. 44: 161-174.
- Özdemir, N., 1998. Toprak Fiziyi. Ondokuz Mayıs Üniv. Ziraat Fak. Ders Kitabı, No:30. Samsun.
- Rounsevell M.D.A., 1993. A review of soil workability models and their limitations in temperature regions. Soil Use and Management, 9(1): 15-21.
- Sarioğlu, F.E., Dengiz, O., 2012. Soil survey and mapping of soils formed on two different physiographic units and their classification. 8th international soil science congress on "Land Degradation and Challenges in Sustainable Soil Management". In: Uysal, H, Kurucu, Y, Yönter, G. (Eds.), pp. 581-586, May 15-17, Çeşme-İzmir,



- Turkey.
- Schafer, W.M., Singer, M.J., 1976. A new method of measuring shrink-swell potential using soil pastes. *Soil Science Society of America Journal*, 40: 805-806.
- Smedema, L.K., 1993. Drainage performance and soil management. *Soil Technol.* 6(2): 183-189.
- Soil Survey Staff, 1975. *Soil Taxonomy. A basic of soil classification for making and interpreting soil survey.* U.S.D.A Handbook No: 436, Washington D.C.
- Sowers, G.F., 1965. Consistency method of soil analysis. Part I. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin USA, pp. 394-397.
- Terzaghi, A., Hoogmoed, W.B., Miedema, R., 1988. The use of the 'wet workability limit' to predict the land quality 'workability' for some Uruguayan soils. *Neth. J. Agric. Sci.*, 36: 91-103.