SIW TUZLULUK VE SODİKLİK ANALİZ ÜNİTESİ İLE TOPRAK VE SULAMA SUYU TUZLULUĞUNUN BELİRLENMESİ

Ali Ünlükara[1] Yrd. Doç. Dr.
Fevzi Akbaş[2] Dr
Ahmet Kurunç[3] Doç. Dr.,
Hikmet Günal[4] Doç. Dr
Bilal Cemek[5] Doç. Dr

1 Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü / Tokat.(unlukara@gop.edu.tr)
2 Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü/Tokat. (fevzi@gop.edu.tr)
3 Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü / Antalya.(akurunc@gmail.com)
4 Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü/Tokat. (hgunal@gop.edu.tr)
5 Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü / Tokat.(bcemek@gop.edu.tr)

ÖZET

Yeryüzünde sulanan alanların önemli kısmında tuzluluk ya da sodyumluluk sorunları ortaya çıkmıştır. Bu sorunlarla baş edebilmek için öncelikle sulanan alanlarda söz konusu sorunların tipinin, yayılımının ve şiddetinin belirlenmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Halen kullanılmakta olan ve geçerliliğini koruyan klasik yöntemlerle tuzluluğun ve sodyumluluğun belirlenmesi uzun süre alması yanında yorucu ve masraflı olmaktadır. Bu nedenle sulanan alanlarda tuzlulukla ilgili problemlerin izlenmesi ve değerlendirilmesi önemli bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır. Tuzluluğun ve sodyumluluğun daha kısa sürede ve daha basit şekilde teşhis edilmesini sağlamak için geliştirilen ve "SIW Tuzluluk ve Sodiklik Analiz Ünitesi" adı verilen bir yöntem son yıllarda kullanılmaya başlanmıştır. Bu yöntemde daha az miktarda toprakla saturasyon çamuru karılmakta, belirli hacimdeki kap içerisinde saturasyon çamuru elektriksel iletkenliği ölçülerek toprak tuzluluğu tahmin edilmektedir. Saturasyon çamuru içerisinde Na ve pH elektrotları ile sıcaklık, Na ve pH okumaları da yapılmaktadır. Okunan değerler bir paket programına girilerek toprak saturasyon yüzdesi, toprak tuzluluğu, toprak reaksiyonu, sodyum miktarı ve Sodyum adsorpsiyon oranı (SAR) belirlenmektedir. Söz konusu ünite toprak tuzluluk analizi yanında sulama sularında da tuzluluk analizi yapılmasına imkan vermektedir. Bu araştırmada klasik yöntemle yapılan toprak tuzluluk analizleri ile SIW Tuzluluk ve Sodiklik Analiz Ünitesi sonuçları karşılaştırılmıştır. Araştırma sonucuna göre SIW Tuzluluk ve Sodiklik Analiz Ünitesiyle topraklarda EC, pH, Na ve SAR değerleri yeterli doğrulukta belirlenmiştir. Sulama suları analizinde ise tuzluluğun belirlenmesinde kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

ABSTRACT

Salinity and/or sodicity are the problems occurring in many irrigated areas of the world. The information on type, extend and severity of the problems in irrigated areas should be determined to overcome such problems. The assessment of salinity and sodicity with the methods used conventionally is difficulty, expensive and time consuming. Therefore, monitoring and assessment of the salinity in irrigated areas are important issues. The method called "SIW Salinity appraisal and sodicity analysis Package" has been recently designed to easily and rapidly diagnosis salinity and sodicity. The method requires small amount of soil as compared to conventional

methods used in preparation of saturation paste, and salinity is measured in saturation paste. Soil reaction (pH), temperature and Na content of the saturation paste are also measured with special pH-temperature and Na electrodes. Software with this package is used to determine saturation percent, soil salinity, soil reaction, Na content and sodium adsorption ratio (SAR). Irrigation water salinity can also be determined as well as soil salinity with the same package. In this study, the data obtained by SIW method and conventional methods were evaluated and statically compared to reveal the accuracy of the methods. The results further indicated that SIW method can confidentially be used to determine soil salinity, soil reaction, soil Na content and SAR. This package can also be used to determine irrigation water salinity as an EC/pH meter.

GİRİŞ

Tuzlu topraklar genellikle ana materyal nedeniyle veya sulama, sızıntılar ve yüksek su tablasından iletilen sulardaki tuzlar nedeniyle meydana gelmektedir. Bugün işlenebilir alanların neredeyse tamamı tarımda kullanıldığı için dünyada artan gıda ihtiyacı, mevcut alanların yoğun kullanımından karşılanmaktadır. Yoğun arazi kullanımı, birim alandan daha fazla ürün alınmasına imkan veren sulama yapılması anlamına gelmektedir. Fakat sulama suyu toprağa bitkilerin kullandığından daha fazla tuz getirmekte ve sonuç olarak toprak tuzluluğu sulamayla artma eğilimi göstermektedir (Rhoades et al. 1992).

Toprak tuzluluk ve sodyumluluk sorunları dünyanın neredeyse tüm sulanan alanlarında bulunmakta, sulanmayan tarım alanlarında ve doğal alanlarda da meydana gelebilmektedir. Bu nedenle yeryüzünde hiçbir alanının tuzluluktan etkilenmeyeceği düşünülememektedir. Bununla birlikte yeryüzünde yaşamın sürdürülebilmesi için bu sorunların kontrol altında tutulması ve en azından tarımsal amaçlarla tuzlu su kaynaklarını, tuzlu ve sodyumlu toprakları kullanabilmenin yeni yollarının bulunması hayati ve acil bir durum göstermektedir. Islah yapılması veya tuzluluğun ve sodyumluluğun etkisinin en aza indirilmesi önemli ve gerekli olmaktadır. Bu bakımdan, hem bitki gelişimi açısından hem de toprak tuzluluğunun kontrol edilebilmesi açısından suların doğru şekilde kullanımı büyük önem arz etmektedir (Pessarakli and Szabolcs 1999).

Sulanan alanlarda tuzluluğun ve sodyumluluğun yayılımı, şiddeti ve nedenleri ortaya konulmalıdır. Bunlara uygun olarak uygulanan toprak ve su yönetim kararlarının toprak tuzluluğuna ve sodyumluluğuna etkisinin izlenmesi ve etkinliğinin belirlenmesi söz konusu problemlerin denetimi açısından önemli olmaktadır (Rhoades et al. 1999).

Geleneksel olarak toprak tuzluluğu ve sodikliği, ilgilenilen alanlardan toplanan toprak örneklerinin laboratuarda saturasyon çamurlarının hazırlanması ve vakumla süzüklerin alınmasından sonra yapılan analizler yoluyla belirlenmektedir. Toprakların tuzluluk ve sodyumluluk durumu, saturasyon çamuru tuzluluğuna (ECe), Değişebilir Sodyum Yüzdesi (ESP) veya Sodyum Adsorpsiyon Oranına (SAR) ve toprak reaksiyonuna (pH) göre sınıflandırılmaktadır (Rhichards 1969).

Ancak saturasyon çamuru süzüğü yöntemiyle analiz yapılması yoğun iş gücü gerektirmekte, zaman almakta ve pahalıya mal olmaktadır. Özellikle büyük sulama projelerinde saturasyon çamuru süzüğü yöntemiyle toprak tuzluluk ve sodyumluluk durumunun izlenmesi, gerekli yönetim kararlarının hızlı şekilde alınmasını zorlaştırmaktadır. Bu nedenle araştırıcılar daha hızlı şekilde analiz yapan yöntemler geliştirmeye çalışmışlardır. Bu yöntemler arasında 1:1 ve 1:5 oranlarında toprak su karışımı hazırlanarak saturasyon çamuru yöntemine göre tuzluluğun daha kolay belirlenmesi yanında EM-38 ve 4-elektrot yöntemi gibi elektromanyetik metotlarla toprak tuzluluğunu belirleyen yöntemler bulunmaktadır (Rhoades et al. 1999). Saturasyon çamuru kullanarak vakumla süzük almadan hem toprak tuzluluğunu hem de toprak sodikliğini belirleyen bir başka yöntem, J. D. Rhoades tarafından yapılan çalışmalar sonucu geliştirilmiş olup "SIW Tuzluluk ve Sodiklik Analiz Ünitesi" ticari adıyla Hach Şirketi tarafından üretilmekte ve pazarlanmaktadır. Yapılan bu araştırmayla SIW Tuzluluk ve Sodiklik Analiz Ünitesi'nin geleneksel tuzluluk ve sodyumluk belirmeye yöntemleri ile kıyaslanarak değerlendirilmesi yapılmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışma, toprak ve sulama suyu tuzluluğunu (EC), reaksiyonunu (pH) ve Sodyum Adsorpsiyon Oranını daha hızlı bir şekilde belirleyebilmek için geliştirilen SIW Tuzluluk ve Sodiklik Analiz Ünitesi'ni değerlendirmek amacıyla yürütülmüştür.

Tuzluluk ve Sodiklik Analiz Ünitesi Dr. Jim Rhoades tarafından yapılan araştırma sonuçlarına dayanılarak geliştirilmiştir (Anon., 1998). Tuzluluk ve Sodiklik Analiz Ünitesi arazide veya laboratuarda kullanım için tasarlanmıştır. Bu nedenle ünitede kullanılan tüm parçalar taşınabilir boyutlarda bir çanta içerisine sığdırılmıştır. Ünitede toprak saturasyon çamuru ve suyun elektriksel iletkenliğini ölçen bir cihaz ve ölçüm aparatları bulunmaktadır. Ayrıca toprak ve suda pH ile Na oranını ölçen bir başka cihaz ve ölçüm elektrotları yer almaktadır. Elektriksel iletkenlik 50 ml hacimli bir kap içerisinde ölçülürken, pH ve Na ölçümleri elektrotlarla gerçekleştirilmektedir. Sodyum ve pH elektrotları değişebilen jel içeren kapsüller yardımıyla ölçüm yapmaktadır (Anon., 2000).

Yapılan ölçümler arazi çalışması tamamlandıktan sonra bu üniteyle birlikte verilen bir yazılım (The SoilSYS^{TM} Software) yardımıyla bilgisayarda işlenmektedir. Bu yazılım, cihaz kullanılmadan önce yapılan kalibrasyon değerleri yardımıyla, yapılan ölçümleri yaygın olarak kullanılan değerlere çevirmektedir. Geliştirilen Tuzluluk ve Sodiklik yönteminin yalnızca alkalin topraklarda (pH>7) kullanımının uygun olduğu bildirilmektedir (Anon., 2000).

Söz konusu ünitenin toprak tuzluluğu ölçüm sonuçlarını değerlendirmek için tuzluluğun geniş aralıkta değişim gösterdiği bir tuzluluk denemesi topraklarından alınan 85 adet örnek ile Tokat, Kazova'da farklı yerlerden ve farklı derinliklerden alınan çeşitli tekstür sınıfında 36 adet olmak üzere toplam 121 adet toprak örneği kullanılmıştır. Toprak örneklerinin saturasyon çamuru karılmasından sonra SIW Tuzluluk ve Sodiklik Ünitesiyle EC, pH ve sıcaklık ölçümleri yapılmış, 50 ml

hacimli ölçüm kabında saturasyon çamuru ağırlıkları alınmıştır. Aynı örnekler buharlaşmayı engelleyen plastik kaplar içerisinde 24 saat bekletilmiş ve süzükleri alındıktan sonra Jenway marka (430 modeli) EC/pH ölçer ile EC ve pH değerleri belirlenmiştir (Richards, 1969). SIW ünitesi ile Na okumaları sadece tuzluluk denemesine ait olan toprakların saturasyon çamurunda yapılmış (Anon., 2000) ve aynı örneklerden 24 saat sonra çıkarılan süzüklerde alev fotometresi yardımıyla Na miktarları ve titrasyon yöntemiyle Ca+Mg miktarları belirlenmiştir (Ayyıldız 1990). Belirlenen değerlerden toprak SAR değerleri hesaplanmıştır.

Ünitenin saturasyon yüzdesi sonuçlarını değerlendirebilmek için Kazova'da farklı yer ve derinliklerden alınan 192 adet toprak örneği kullanılmıştır. Hazırlanan her bir saturasyon çamurundan bir miktar örnek alınarak 105°C de etüvde 24 saat bekletilmiş ve saturasyon yüzdeleri gravimetrik olarak belirlenmiştir (Richards, 1969). Aynı saturasyon çamuru örneklerinin SIW Ünitesi 50 ml hacimli ölçüm kapları ile ağırlıkları ölçülmüştür (Anon., 2000).

Sularda SIW ünitesinin performansını belirleyebilmek için Kazova'da bulunan taban suyu gözlem kuyularından iki farklı dönemde alınan 158 adet su örnekleri kullanılmıştır. Su örneklerinin EC ve pH değerleri Jenway marka EC/pH ölçer ve SIW Tuzluluk ve Sodiklik ünitesi kullanılarak belirlenmiştir. Aynı su örneklerinin Na oranları laboratuarda alev fotometresi yardımıyla belirlenmiş ve SIW Tuzluluk ve Sodiklik ünitesi kullanılarak ölçülmüştür (Anon. 2000, Ayyıldız 1990).

Su ve topraklardan SIW Tuzluluk ve Sodiklik Ünitesi kullanılarak ölçülen değerler ile laboratuarda belirlenen değerlerin Microsoft Windows Excel programı yardımıyla Regresyon ve Korelasyon analizleriyle istatistik değerlendirmeleri yapılmıştır.

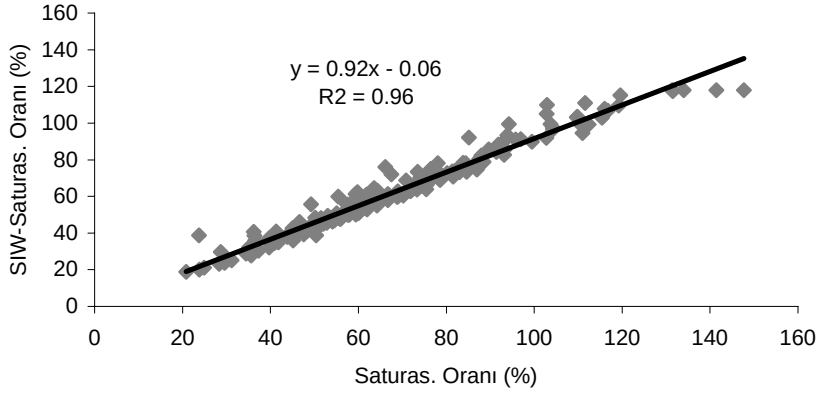
SONUÇLAR VE TARTIŞMA

SIW Tuzluluk ve Sodiklik Analiz Ünitesi Toprak Analiz Sonuçlarının Karşılaştırması

Saturasyon Çamuru

Geleneksel yöntem ile tuzluluğu belirlenecek alanlardan toplanan toprak örnekleri laboratuara taşınmakta, kurutularak 2 mm lik elekten elenmekte, saf su kullanılarak saturasyon çamurları hazırlanmakta, 24 saat süreyle kapalı bir kap içerisinde bekletilmekte ve bir vakum cihazı yardımıyla süzükleri elde edildikten sonra bir EC ölçer ile elektriksel iletkenlikleri belirlenmektedir (Rhoades et al. 1999). Bu yöntemle yalnızca toprak tuzluluğunun ölçülebileceği kadar yeteri miktarda süzük alabilmek için 150 g veya daha fazla miktarda havada kurutulmuş ve 2 mm lik elekten elenmiş toprak örneğine ihtiyaç duyulmaktadır. Ancak SIW Tuzluluk ve Sodiklik Ünitesi yönteminde 80-100 g kadar toprak örneği ile hazırlanan saturasyon çamurundan vakumla süzük almadan arazide veya laboratuarda toprak tuzluluğu belirlenebilmektedir. Yeni yöntemle, analizde kullanılan toprak miktarının daha az

olması, vakumla süzük alınmaması, arazide veya laboratuarda analiz imkanı tanıması nedeniyle iş gücünden, zamandan ve kullanılan malzemeden önemli oranda tasarruf sağlanmaktadır.

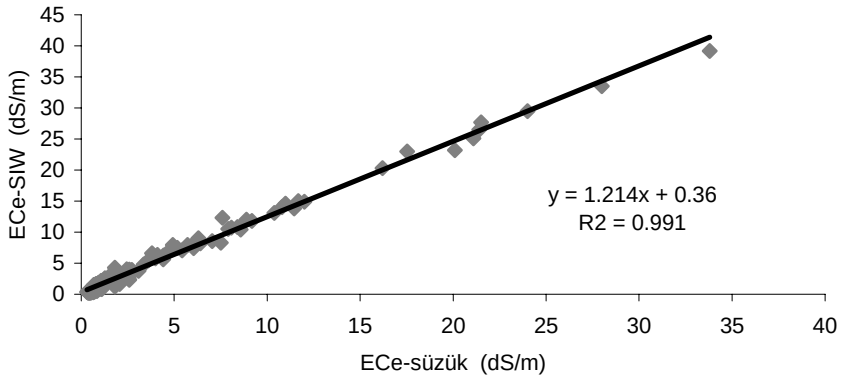


Şekil 1. Gravimetrik olarak belirlenen saturasyon yüzdesi ile SIW ünitesi saturasyon yüzdesi arasındaki ilişki

SIW Tuzluluk ve Sodiklik Ünitesi ile belirlenen saturasyon yüzdesi ile gravimetrik olarak belirlenen saturasyon yüzdesi arasında çok kuvvetli pozitif doğrusal bir ilişki (R= 0.98) belirlenmiştir (Şekil 1). SIW ünitesi saturasyon yüzdesi gravimetrik yöntemle belirlenen saturasyon yüzdesinden %8 oranında daha düşük çıkmıştır.

Toprak Tuzluluğu

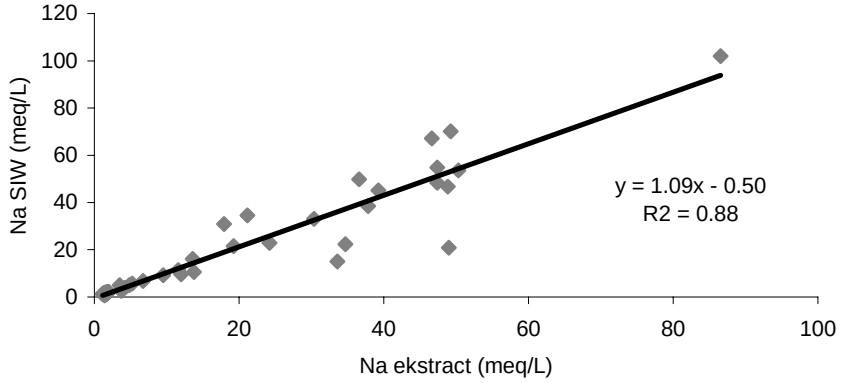
Toprak tuzluluğunun 35 dS/m düzeylerine kadar çıktığı bir tuzluluk denemesinden alınan toprak örneklerinde ve Kazova'da farklı yerlerden çeşitli derinliklerden alınan toprak örneklerinde saturasyon çamuru süzüğünde ölçülen toprak tuzluluğu değerleri X ekseninde, SIW yöntemiyle belirlenen toprak tuzluluğu değerleri ise Y ekseninde işaretlenerek Şekil 2'de görülen Regresyon doğrusu elde edilmiştir. Her iki yöntemden elde edilen tuzluluk değerleri arasında çok kuvvetli pozitif doğrusal bir ilişki (R> 0.99) bulunmaktadır. Geleneksel yönteme göre 4.0, 10.0 ve 20.0 dS/m olarak belirlenen toprak tuzluluk değerleri SIW yöntemiyle sırasıyla 5.2, 12.5 ve 24.6 dS/m olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre SIW yöntemi toprak tuzluluğunu %21 oranında daha yüksek vermektedir. SIW ünitesiyle daha yüksek tuzluluk alınmasının nedenleri arasında; SIW ünitesiyle belirlenen saturasyon oranının gravimetrik yöntemle belirlenen saturasyon oranından %8 daha düşük çıkması sayılabilir.



Şekil 2. Saturasyon Ekstraktı EC sonuçları ile SIW EC sonuçları arasındaki ilişki

Toprak Sodyum Oranı

Deneme toprakları saturasyon çamuru süzüğünde alev fotometresi yöntemine göre belirlenen Na oranları X ekseninde SIW Na elektrotu ile saturasyon çamurunda ölçülen Na oranları ise Y ekseninde işaretlenerek Şekil 3'de görülen regresyon ilişkisi elde edilmiştir. Her iki yönteme göre belirlenen Na oranları arasında çok kuvvetli pozitif doğrusal bir ilişki (R= 0.94) bulunmaktadır. Alev fotometresi yöntemiyle 20, 40 ve 80 meq/l olarak belirlenen Na oranları SIW yöntemiyle sırasıyla 21.3, 43.1 ve 86.7 meq/l olarak belirlenmiştir. Her iki yönteme göre belirlenen Na oranları oldukça birbirlerine yakın çıkmıştır.



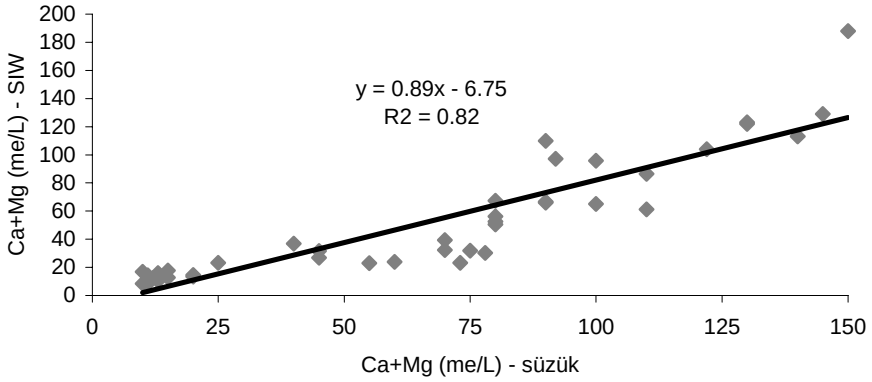
Şekil 3. Saturasyon Ekstraktı Na sonuçları ile SIW Na sonuçları arasındaki ilişki

Laboratuarda Na analizi için harcanan zaman, iş gücü ve malzemeler dikkate alındığı zaman SIW yöntemi ile oldukça isabetli şekilde toprak Na oranının belirlenmesi önemli bir avantaj sağlamaktadır. Bu yöntemle zaten toprak tuzluluğu ölçümü için hazırlanan çamurda yalnızca özel Na elektrotu ile okuma yapılarak Na oranı belirlenebilmektedir. Sodyum seçiciliğine duyarlı cam ve özel bir jel kullanılarak yapılan Na okumaları SoilSYS^{TM} yazılımına girilerek meq/l şeklinde toprak saturasyon süzüğü Na oranı tahmin edilmektedir. Sürekli okumalar yapılırken

jel elektrot içerisinde kalmakta ve elektrot okumalar arasında örnek sıvılar içerisinde bekletilmektedir. Gecelik beklemeler esnasında elektrot uçları özel kılıflarına yerleştirilerek korunmakta ancak okumalara uzun süreli ara verilmesi durumunda bu kapsül çıkarılarak elektrot temizlenmektedir.

Sodyum Adsorpsiyon Oranı (SAR)

Deneme toprakları için belirlenen SAR değerleri X ekseninde ve SIW yöntemiyle tahmin edilen SAR değerleri Y ekseninde işaretlenerek Şekil 4'te gösterilmiştir. Her iki yönteme göre belirlenen değerler arasında kuvvetli pozitif bir doğrusal ilişki (R= 0.90) bulunmaktadır. Denemede kullanılan topraklar için en yüksek SAR değerinin 10'dan küçük olması nedeniyle daha yüksek SAR değerleri için SIW yönteminin test edilmesi gerekliği yanında SAR<10 için bu yöntemin oldukça isabetli tahmin yapabildiğini, alınan sonuçlar ortaya koymuştur.



Şekil 4. Saturasyon Ekstraktı SAR sonuçları ile SIW SAR sonuçları arasındaki ilişki

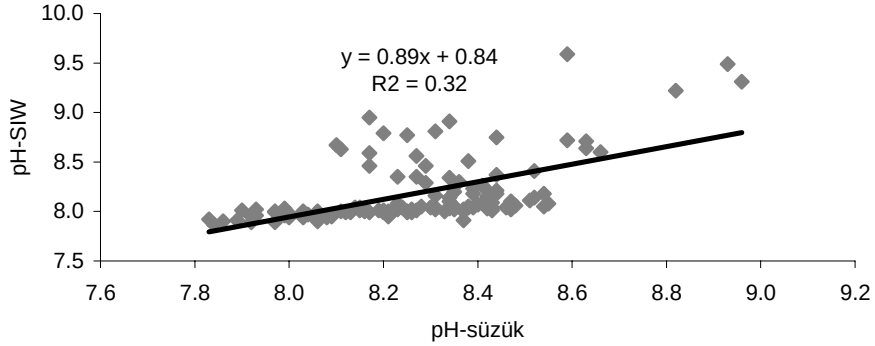
Toprak Sodyum Adsoprsiyon Oranının, saturasyon süzüğünde bulunan Na, Ca ve Mg iyonlarının belirlenmesinden sonra hesaplandığı düşünülürse, laboratuar analizlerinde harcanan zaman, kimyasal madde ve işgücünden sağlanacak tasarrufla SIW yönteminin ne kadar avantajlı olduğu ortaya çıkmaktadır.

Toprak Reaksiyonu (pH)

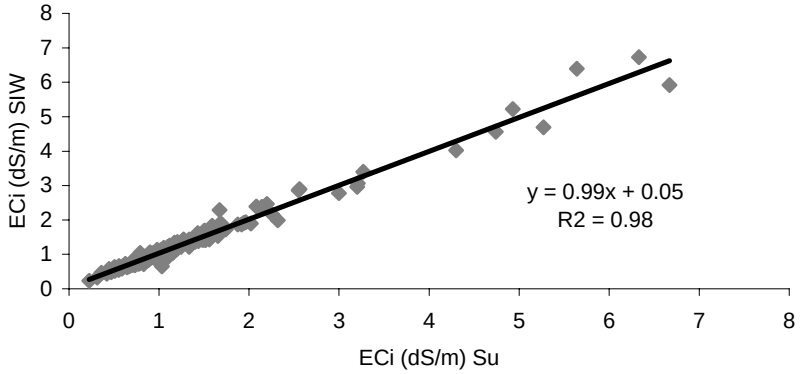
SIW Tuzluluk ve Sodiklik Analiz Ünitesi pH probu ile saturasyon çamurunda ölçülen pH değerleri Y ekseninde, EC/pH ölçer ile saturasyon çamuru süzüğünde belirlenen pH değerleri X ekseninde işaretlenmiştir (Şekil 5). Her iki yöntemle belirlenen pH değerleri arasında orta derecede kuvvetli doğrusal pozitif bir ilişki (R= 0.71) bulunmaktadır. Analizde kullanılan toprakların pH değerlerinin 7.8-9.0 arasında değişmesi nedeniyle daha geniş pH aralığında SIW ünitesi sonuçlarının değerlendirilmesine ihtiyaç duyulmakla birlikte her iki yöntemden de bir birine oldukça yakın toprak pH değerleri belirlenmiştir. Okumaları yapan pH elektrotları da Na elektrotları gibi saklanılmakta ve kullanılmaktadır.

SIW Tuzluluk ve Sodiklik Analiz Ünitesi Sulama Suyu Analiz Sonuçlarının Karşılaştırılması

Kazova tabansuyu örneklerinde EC ve pH okumaları hem EC/pH ölçer hem de SIW yöntemiyle belirlenmiş ve bu örneklerde alev fotometresi yöntemiyle belirlenen Na oranları, SIW yöntemiyle belirlenen oranlarla karşılaştırılmıştır. SIW yönteminde su örneklerinde EC ölçümleri toprak saturasyon örnekleri EC ölçümlerinde kullanılan 50 ml hacimli özel kaplarla yapılmaktadır. Her iki yöntemle yapılan EC ölçüm sonuçları Şekil 6'da gösterilmiştir. Sonuçlar arasında çok kuvvetli pozitif doğrusal bir ilişki (R>0.99) bulunmakta olup her iki yöntemde aynı denilebilecek sonuçlar vermiştir.

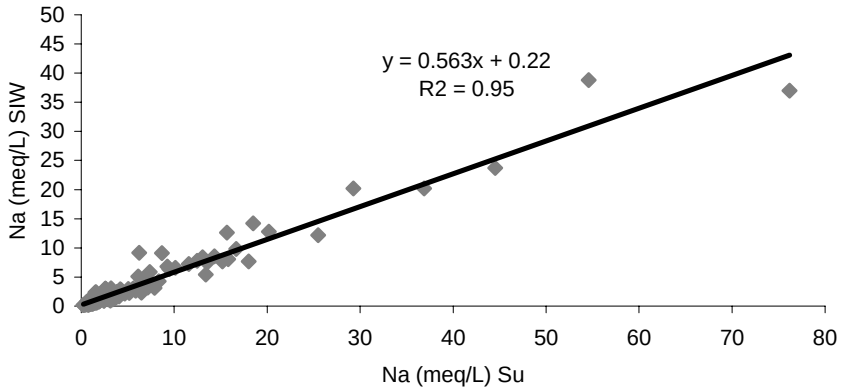


Şekil 5. Saturasyon Ekstraktında EC/pH metre pH sonuçları ile SIW pH sonuçları arasındaki ilişki



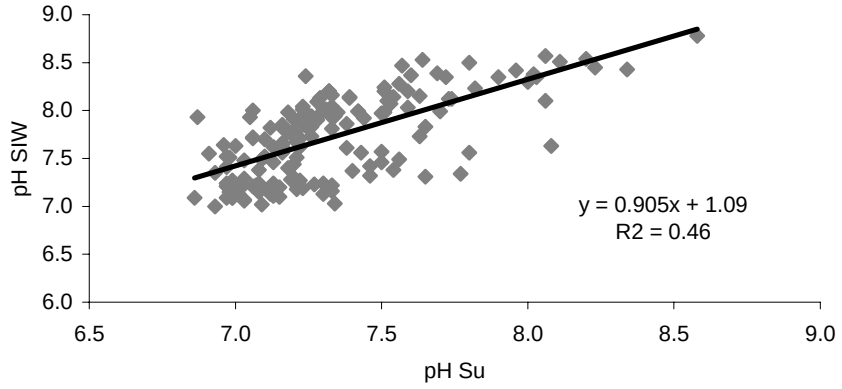
Şekil 6. Sularda EC-pH metre EC sonuçları ile SIW EC sonuçları arasındaki ilişki

Sularda belirlenen Na sonuçları ise Şekil 7'de gösterilmiştir. Alev fotometresi ve SIW yöntemi Na sonuçları arasında çok kuvvetli doğrusal bir ilişki (R= 0.97) bulunmaktadır. Alev fotometresiyle 20, 40 ve 60 meq/l düzeylerinde belirlenen Na oranı SIW yöntemiyle 11.5, 22.7 ve 34 meq/l olarak belirlenmiştir. Buna göre SIW yöntemi sularda sodyum sonuçlarını yaklaşık %40 oranında daha az vermektedir.



Şekil 7. Sularda alev fotometresi Na sonuçları ile SIW Na sonuçları arasındaki ilişki

EC/pH metre pH sonuçları ile SIW pH sonuçları Şekil 8'de verilmiştir. Her iki değişken arasında kuvvetli pozitif doğrusal bir ilişki bulunmaktadır ancak SIW yöntemi 7.0-8.5 aralığında pH değerlerini ortalama 0.35 kadar daha yüksek vermektedir.



Şekil 8. Sularda EC-pH metre pH sonuçları ile SIW pH sonuçları arasındaki ilişki

SONUÇ VE ÖNERİLER

SIW Tuzluluk ve Sodiklik ünitesiyle toprak tuzluluğu, toprak reaksiyonu, sodyum oranı, sodyum adsorpsiyon oranı alkali topraklar için işgücü, zaman ve malzemeden önemli tasarruflar sağlanarak belirlenebilmektedir. Bu ünitenin kullanılması ve korunması için kalifiye elemana ihtiyaç duyulması ve rutin ölçümleri için ilave sarf malzemeleri gerektirmesi gibi eksiklikleri olmasına karşın sağladığı avantajlar nedeniyle toprak tuzluluğunun ve sodikliğinin teşhis edilmesinde ve izlenmesinde yararlı olacağı düşünülmektedir. Sulama sularının analizinde ise bu ünite standart EC ölçerler gibi işlev görebilmesine karşın sodyum oranını daha düşük tahmin etmektedir.

YARARLANILAN KAYNAKLAR

Anonymous 1998. Hach Company SoilSYSTM Software User's Guide Manual. Hach Company, Cat. No. 49625-88, USA.

Anonymous 2000. SIW Salinity Appraisal Lab and Sodicity Analysis Package. Hach Company, Cat. No. 27162-88, USA.

Ayyıldız M., 1990. Sulama Suyu Kalitesi ve Tuzluluk Problemleri. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No. 1196, Ders Kitabı No. 344, Ankara.

Pessarakli M., and Szabolcs I., 1999. Soil Salinity and Sodicity as Particular Plant/Crop Stress Factors. p. 1-17. In M. Pessarakli (ed.) Handbook of Plant and Crop Stress, CRC Taylor & Francis Group, New York.

Rhoades J.D., Kandiah A., and Mashali A.M., 1992. The use of saline waters for crop production. FAO Irrigation and Drainage Paper 48, Rome.

Rhoades J.D., Chanduvi F. and Lesch S., 1999. Soil salinity assessment. Methods and interpretations of electrical conductivity measurements. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 57, Rome.

Richards L.A., 1969. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. United State Department of Agriculture, Agriculture Handbook No. 60, Washington D.C.