



The Relationship between Plant Vegetation Index and Soil Electrical Conductivity Values in Different Wheat Species

Uğur Yegül^{1,a,*}, Maksut Barış Eminoğlu^{1,b}, Burak Şen^{2,c}, Savaş Kuşçu^{1,d}

¹Department of Agricultural Machinery and Technologies Engineering, Faculty of Agriculture, Ankara University, 06135 Ankara, Turkey

²Department of Biosystems Engineering, Faculty of Agricultural Sciences and Technology, Niğde Ömer Halisdemir University, 51240 Niğde, Turkey

*Corresponding author

ARTICLE INFO

Research Article

Received : 21/01/2020
Accepted : 23/03/2020

Keywords:

Wheat
Soil electrical conductivity
Vegetation index of plant
EM38
GreenSeeker

ABSTRACT

This research was carried out in Haymana Research Farm of Ankara University. Three different varieties of wheat were used in the study. These varieties were; Kırgız-95, Kırkpınar-79, and Svevo. The aim of the study was to determine the relationship between soil electrical conductivity values and vegetation index. In the study, EM38, electrical conductivity sensor, and GreenSeeker, vegetation index sensor were used. The obtained values were evaluated statistically, and the relationships between the two parameters were determined. As a result of the research, the relationships between the electrical conductivity of the soil and plant growth index values were found to be negative (R^2) as 0.7718 for Kırgız-95, 0.7675 for Kırkpınar-79 and 0.7807 for Svevo.

Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 8(5): 1154-1159, 2020

Farklı Buğday Çeşitlerinde Bitki Büyüme İndisi İle Toprak Elektriksel İletkenlik Değerleri Arasındaki İlişki

MAKALE BİLGİSİ

Araştırma Makalesi

Geliş : 21/01/2020
Kabul : 23/03/2020

Anahtar Kelimeler:

Buğday
Toprak elektriksel iletkenliği
Bitki büyüme indisi
EM38
GreenSeeker

ÖZ

Araştırma, Ankara Üniversitesine bağlı Haymana Araştırma ve Uygulama çiftliğinde gerçekleştirilmiştir. Çalışmada üç farklı buğday çeşidi (Kırgız-95, Kırkpınar-79, Svevo) kullanılmıştır. Araştırmanın amacı toprağın elektriksel iletkenlik değerleri (EC, $mS m^{-1}$) ile bitki büyüme indisi (BBİ) veya NDVI olarak tanımlanan parametrelerin belirlenerek, bu parametreler arasındaki ilişkinin belirlenmesidir. Araştırmada; EM38, elektriksel iletkenlik sensörü ve GreenSeeker (bitki büyüme indisi tespit sensörü) kullanılmıştır. Elde edilen değerler istatistiksel olarak değerlendirilerek (regresyon analizi) iki parametre arasındaki ilişki belirlenmiştir. Araştırma sonucunda, toprağın elektriksel iletkenlik değerleri ile bitki büyüme indisi değerleri arasındaki ilişkiler negatif yönde (R^2) sırasıyla Kırgız-95 çeşidi için 0,7718, Kırkpınar-79 çeşidi için 0,7675 ve Svevo çeşidi için 0,7807 olarak bulunmuştur.

^a yegul@ankara.edu.tr

^b <http://orcid.org/0000-0003-2139-4080>

^c bsen@ohu.edu.tr

^d <http://orcid.org/0000-0001-8105-1106>

^e eminoglu@agri.ankara.edu.tr

^f <http://orcid.org/0000-0003-3264-3636>

^g <http://orcid.org/0000-0002-6584-6192>



Giriş

Elektriksel iletkenlik ölçümü, madencilik ve arkeoloji bilimlerinde kullanılarak gelişmiş ve tarım sektöründe de kullanılmaya başlamıştır. İlk kullanılan sensörler toprağa temas eden sensörler olduğu için toprak yapısına bir miktar zarar vermekte ve kullanımı da zaman almaktadır.

İlerleyen yıllarda gelişen teknoloji ile birlikte toprağa temas etmeyen ve kullanımı kolay olan sensörler ortaya çıkmış ve bu cihazların tarımda kullanımı artmıştır. Toprak tuzluluğunun yanı sıra topraktaki mikro ve makro elementlerin tahmininde de kullanılabilen bu sensörler tarımın artık vazgeçilmez bir parçası olmuşlardır. Bununla beraber son birkaç yılda, Amerika Birleşik Devletlerinde bulunan üniversitelerde yapılan araştırmalar sonucunda, bitkilerin büyüme indisleri yani yeşil aksamalarının belirli zamanlarda ölçülerek değerlendirilmesi ile alana özgü uygulama kavramı ortaya çıkmış ve bitkilerde verim tahmini başta olmak üzere çeşitli bitki parametrelerinin iyileştirilmesi mümkün olmaya başlamıştır (Vatandaş ve ark., 2005).

Bitkisel üretimde, arazinin mevcut koşullarının belirlenebilmesi ve kontrol edilebilmesi için farklı çalışmalar yapılmaktadır. Alana özel uygulama yapılabilmesi amacıyla gerçekleştirilmesi gereken teknolojik uygulamalar; algılama, izleme, kontrol ve veri transfer sistemleridir (Vatandaş ve ark., 2005).

Toprağın elektriksel iletkenlik değerleri çeşitli sensörlerle güvenilir ve pratik bir şekilde ölçülebildiği ve toprak özelliklerinin belirlenebildiği birçok araştırmacı tarafından ortaya konulmuştur. Sheets ve Hendrickx (1995), New Mexico'da gerçekleştirdikleri çalışmada, elektriksel iletkenlik ile topraktaki mevcut nem içeriği arasındaki ilişkiyi belirlemişlerdir.

Benzer şekilde, Williams ve Hoey (1987), arazinin kil miktarını, elektriksel iletkenlik ölçme yöntemini kullanarak belirlemişlerdir. Elektriksel iletkenlik değerleri, bitki verimi açısından yorumlandığında, toprağın daha çok kil, silt ve organik bileşenler ile katyon değişim kapasitesiyle ilişkilidir. Bu özelliklerinin tespit edilebilmesi uzun zaman alan laboratuvar analizleri ile ve yüksek maliyetlerle gerçekleştirilebilmektedir (Kesmez ve ark., 2008).

Tarımda elektriksel iletkenlik ölçüm sensörleri ilk olarak ve toprak nemi ve tuz miktarını saptayabilmek için kullanılmıştır. Diğer uygulamalar ise toprağın 20 cm kalınlığında üst katmanındaki killi miktarının tahmini ve ürünler için verim değerleridir (Kesmez ve ark., 2008).

Farahani ve ark. (2005), toprak özellikleri ile EC arasındaki ilişkileri incelemiş ve üç ayrı tarlada yapılan çalışma sonuçlarına göre; toprak su içeriği, kil, katyon değişim kapasitesi ve organik madde miktarı ile EC değerleri arasında önemli ilişkilerin olduğunu belirlemişlerdir.

Hassas tarım stratejilerinin güvenilirliği ve benimsemesi, bitki üretimi üzerindeki etkilerini açıklamaya yardımcı olan toprak özelliklerini ölçme, yorumlama ve tahmin etme becerisine bağlı olacaktır (Kitchen ve ark., 1999). EC ölçümleri ile toprak üst katmanında (yaklaşık 150 cm) tahminler yapılabildiği için topraktaki nem miktarı dolayısıyla bitkilerde biyokütle değerleri ile ilgili tahminlerde kullanılabilir (Kitchen ve ark., 1999).

Yapılan bir çalışmada, ürün veriminin, mart ayındaki yağışların yoğun olduğu yıllarda EC ile güçlü ve negatif olarak ilişkiliyken, mart ayında düşük veya orta dereceli yağışlarının bulunduğu yıllarda EC ile olumlu ya da zayıf şekilde olumsuz yönde ilişkili olduğu belirtilmiştir. Çalışma sonucunda elde edilen verilere göre, soya verimi ve EC arasındaki ilişkinin, mısır verimi ve EC arasındakilerden daha güçlü olduğunu göstermiştir (Kravchenko ve ark., 2003).

Sudduth ve ark. (2003), EC sensörlerinin toprak özelliklerinin belirlenebilmesi için kullanılmasının ucuz ve hızlı bir yöntem olduğunu belirtmişlerdir. Bu çalışmada EM38 sensörü kullanılmıştır. Kil içeriği ve pozitif yüklü iyonların EC ile ilişkisinin yüksek olduğu belirlenmiştir. Yapılan bu araştırmada kullanılan cihaz, toprak elektriksel iletkenliğini tespit ederken kullandığı yöntem toprak tuzluluğu ile ilişkilidir. Dolayısıyla yapılan çalışmalarda bunun doğruluğunu kanıtlamaktadır.

Gerçekleştirilen bir başka çalışma, Antalya Köprüçay sulama sahasının güneyinde yürütülmüştür. Çalışma alanında, toprak örnekleri ve EM38 okumaları için rastgele 22 nokta seçilmiş ve bu noktalarda, EM38 aleti ile yatay ve düşey konumda okumalar yapılarak izafi elektriksel iletkenlik belirlenmiştir. Geliştirilen kalibrasyon denklemi, araştırma alanının herhangi bir noktasındaki tuzluluğun hızlı bir şekilde belirlenebileceğini göstermiştir. Sonuç olarak, elektromanyetik tekniğinin toprak tuzluluğunun belirlenmesinde oldukça başarılı bir yöntem olduğu tespit edilmiştir (Kaman ve ark., 2012).

Pamuk (*Gossypium hirsutum* L) bitkisi üzerinde yapılan bir çalışmada, bitkinin yetiştirme dönemi boyunca multispektral resim yardımı ile ölçülen bitki büyüme indis değerlerinin toprağın elektriksel iletkenlik değerlerinden etkilendiği, 300 ile 600 derece gün olarak belirlenen erken yetiştirme dönemi ile 800 ile 1500 derece gün olarak belirlenen çiçeklenme dönemleri ve toprağın elektriksel iletkenlik değerleri arasında yapılan istatistiksel analiz sonucunda $R^2=0.65-0.83$ değerleri elde edilmiştir (Iqbal, 2013).

Materyal ve Metot

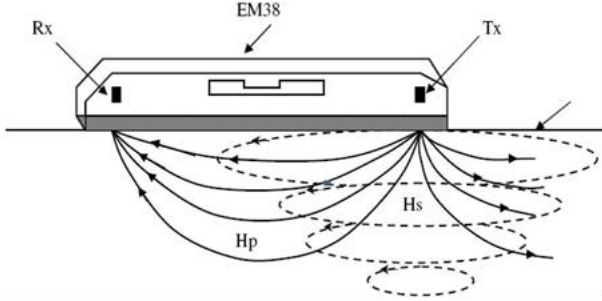
Yapılan çalışmada, elektriksel iletkenlik değerlerinin ölçülmesi için EM38, bitki büyüme indislerinin tespiti için ise GreenSeeker adı verilen sensör kullanılmıştır. Her iki sensöründe kullanımının kolay olması, çiftçinin işletmesinde kullanabilmesini ve hızlı sonuçlar alarak tarlasını tanımasını ve yöreye özgü uygulama yapabilmesini sağlamaktadır. Bu çalışmanın amacı toprağın elektriksel iletkenliğinin ve yetiştirilecek bitkinin büyüme indislerinin en hızlı ve en doğru şekilde ölçülüp değerlendirilerek aralarındaki ilişkileri araştırmaktır.

Bu çalışma, iki yıl boyunca (2017 ve 2018) Ankara Üniversitesi'ne bağlı Haymana Uygulama Çiftliğinde üç farklı buğday çeşidi ile tesadüf blokları deneme düzeninde dört tekerrürlü olarak yürütülmüştür ve deneme deseni Çizelge 1'de verilmiştir. Denemenin ekimi, 15 cm sıra aralığında, altı sıraya, 2 m uzunlunda ve 20 kg da⁻¹ ekim normunda, tek sıralı ekim makinasiyla, ilk yıl Orta Anadolu Bölgesinde kışlık buğday ekilişi için en uygun zaman olduğu bilinen Ekim ayının 21 inde ve ikinci yıl Ekim ayının 22 sinde toplamda 12 parsel olacak şekilde gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 1. Deneme planı ve tesadüfi deneme blokları
Table 1. Field experiment design and randomized block design

T1	T3	T2
T3	T2	T1
T2	T1	T3
T3	T1	T2

T1: Kırgız-95, T2: Kırkpınar-79, T3: Svevo

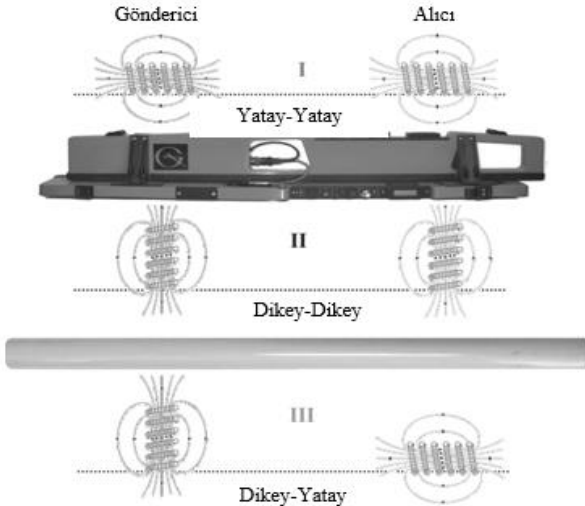


Resim 1. EM38 sensörünün oluşturduğu manyetik alan şeması (Norman, 1990)

*Tx, Rx, Hp, Hs ve kesikli çizgiler sırasıyla gönderici, alıcı, gönderilen manyetik alan, alınan manyetik alan ve akım döngüsünü göstermektedir.

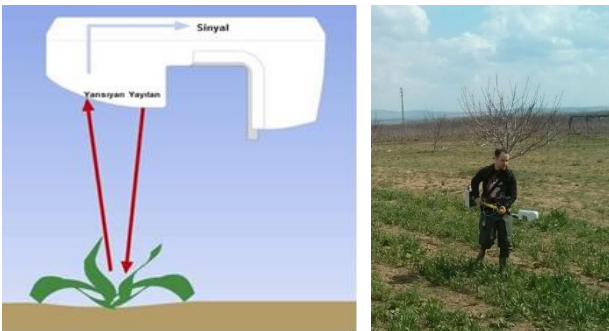
Image 1. Magnetic field scheme generated by EM38 sensor (Norman, 1990)

*Tx, Rx, Hp, Hs, and the dashed lines indicate the sender, the receiver, the transmitted magnetic field, the received magnetic field, and the current loop, respectively.



Resim 2. EM38 sensörünün farklı şekillerde kullanımları ile oluşan manyetik alanlar (Norman, 1990)

Image 2. Magnetic fields generated by the use of the EM38 sensor in different ways (Norman, 1990)



Resim 3. GreenSeeker el tipi NDVI sensörü çalışma prensibi (Trimble, 2019)

Image 3. Working principle of GreenSeeker handheld sensor (Trimble, 2019)

İç Anadolu bölgesinde taban gübresi olarak kullanılan Diamonyum Fosfat (DAP; bileşiminde %18 azot ve %46 fosfor) kullanılmıştır. Üst gübre buğday sapa kalkmadan önceki dönemde, Zadoks skalasına göre 30. dönemde uygulanmıştır (Zadoks et al, 1974). Üst gübrelemede azot kaynağı olarak Amonyum Nitrat (AN; %33 azot) 20 kg da⁻¹ kullanılmıştır.

İlaçlama işlemi, %75 Tribenuron methyl içerikli yabancı ot mücadelesinde kullanılan herbisit, sırt pülverizatörü kullanılarak şubat ayının başında gerçekleştirilmiştir. Hasat işlemleri ise çiftlik bünyesinde bulunan parsel biçerdöveri ile yapılmıştır.

Araştırmada materyal olarak kullanılan 3 farklı buğday çeşidi; Kırgız-95, Kırkpınar-79 ve Svevo'dur. Kırgız-95 ve Kırkpınar-79 ekmeleklik buğday çeşitleri olup kışa ve kurağa dayanıklı, uzun saplı ve başaklıdır. Hastalığa ve hasatta tane dökmeye karşı dayanıklı olan bu çeşitler İç Anadolu bölgesinde yetiştirilmek için uygundur. Bir diğer çeşit olan Svevo ise makarnalık bir çeşit olup sapları orta boylu olup, başakları uzun boyludur, kışlık ve erkenci bir çeşittir.

Çalışmada iki farklı sensör, bir el bilgisayarı, bir GPS konum bilgileri alıcısı kullanılmıştır. Araştırmada toprağın elektriksel iletkenliğini (EC) ölçmek amacıyla kullanılan EM38 sensörü 150 cm derinliğe kadar veri toplayabilmektedir. Sensör bir metre uzunluğunda ve omuzda taşınabilecek kadar hafiftir. Sensör metal cisimlerden de etkilenmesinden dolayı omuzda taşınarak kullanılmış ve ölçümler bu şekilde yapılmıştır. Sensör, el bilgisayarı ve konum bilgileri alıcısı ile birlikte kullanılmıştır ve yakın kızılötesi (NIR) ışık bantlarını kullanmaktadır. Çalışmada kullanılan EM38 sensörü omuzda, yerden 20 cm yükseklikte ve dikey modda ölçüm yapacak şekilde kullanılmıştır. Cihaz dikey modda 150 cm toprak derinliğine kadar ölçüm yapabilmektedir. Sensörün çalışma prensibi Şekil 1 ve 2' de gösterilmiştir.

Araştırmada bitki büyüme indisini (BBİ) belirlemek için kullanılan GreenSeeker sensörü, yapısında kırmızı ve yakın kızılötesi (NIR) ışık üretmek için ışık yayan diyotlardan yararlanarak okuma yapmaktadır. Sağlıklı bir bitki daha çok kırmızı ışığı absorbe ederken, NIR ışığını büyük oranda yansıtmaktadır. Cihaz omuzda taşınarak, bitkiden yaklaşık 20 cm uzakta ve zemine paralel olacak şekilde kullanılmıştır. GreenSeeker sensörünün çalışma prensibi Şekil 3'te verilmiştir.

Bitki tarafından yansıyan ışık sensörün ön tarafında bulunan bir fotodiyot ile ölçülmektedir. NDVI yani bitki büyüme indis değerleri ile birlikte toprağın elektriksel iletkenlik değerlerinin okunması Zadoks skalasına göre Z21 (1. Okuma), Z37 (2. Okuma), Z50 (3. Okuma) ve Z60 (4. Okuma) dönemlerinde gerçekleştirilmiştir (Zadoks, 1974).

Bulgular ve Tartışma

Çeşitler bazında arazide yapılan dört farklı okumaya ait regresyon eşitliği ve R² değerleri Çizelge 2'de verilmiştir. EC değerleri ile BBİ değerleri arasındaki ilişkileri gösteren grafikler ise Şekil 4, 5, 6 ve 7'de verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre arazinin elektriksel iletkenlik değerleri ile bitki büyüme indis değerleri arasındaki ilişkilerin negatif yönde olduğu saptanmış olup, okumalara ait ortalama değerler (R²) sırasıyla Kırgız-95 çeşidi için 0,7718, Kırkpınar-79 çeşidi için 0,7675 ve Svevo çeşidi için 0,7807 olarak bulunmuştur. Elde edilen sonuçlardan da anlaşıldığı gibi toprak elektriksel iletkenliği ile bitki büyüme indis

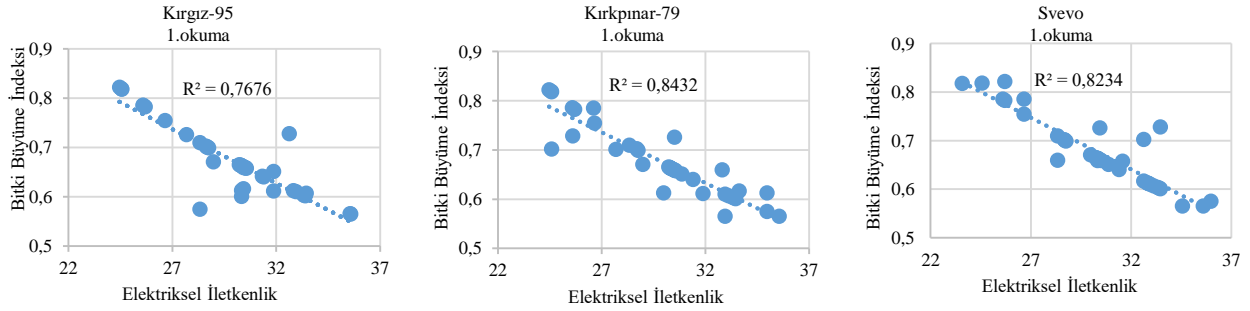
değerleri arasında negatif yönde doğrusal bir ilişki söz konusudur. Ekmekçi ve ark. (2005) yaptıkları bir araştırma sonucunda, sulama suyu tuzluluğunun, yetiştirilen bitkilerin hemen hepsinde verim ve kaliteyi azaltıcı etkisi olduğunu belirlemişlerdir. Toprak suyu tuzluluğu bitki

gelişmesini doğrudan veya dolaylı olarak etkilemektedir. Toprak suyundaki tuz konsantrasyonu fazlalığı ozmotik basıncın artmasına neden olmakta ve dolayısıyla bitkilerin topraktan su almalarını sınırlayarak bitki gelişimini olumsuz yönde etkilediği belirtilmektedir.

Çizelge 2. Buğday çeşitlerinin parsellere göre EC değerleri ile BBİ değerleri arasındaki ilişki

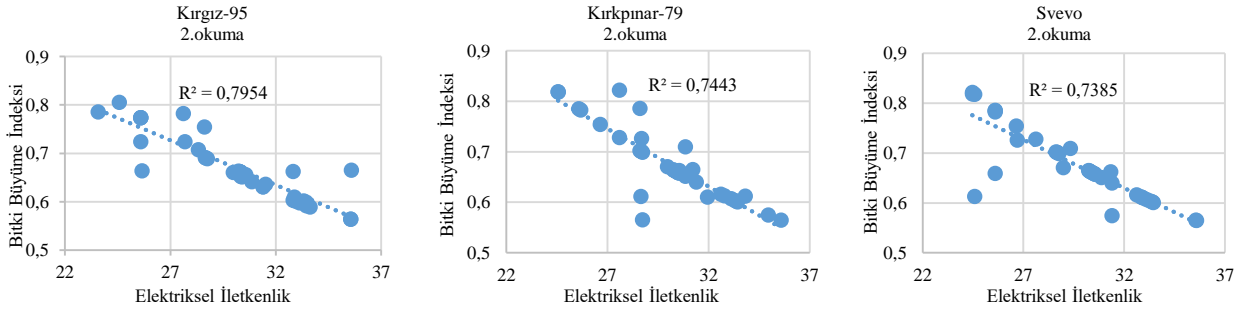
Table 2. The relationship between the EC values and Plant Growth Index (PGI) values according to plots for wheat varieties

Tohum çeşidi	Tekerrür	Regresyon eşitliği	R ²
Kırgız-95	1	$y = -0,0219x + 1,3277$	R ² = 0,7676
Kırgız-95	2	$y = -0,0184x + 1,2248$	R ² = 0,7954
Kırgız-95	3	$y = -0,0203x + 1,2926$	R ² = 0,7169
Kırgız-95	4	$y = -0,0218x + 1,3372$	R ² = 0,8073
Kırkpınar-79	1	$y = -0,0206x + 1,2916$	R ² = 0,8432
Kırkpınar-79	2	$y = -0,0229x + 1,3639$	R ² = 0,7443
Kırkpınar-79	3	$y = -0,0202x + 1,2791$	R ² = 0,7094
Kırkpınar-79	4	$y = -0,0225x + 1,3565$	R ² = 0,7732
Svevo	1	$y = -0,0213x + 1,3225$	R ² = 0,8234
Svevo	2	$y = -0,0194x + 1,2506$	R ² = 0,7385
Svevo	3	$y = -0,0215x + 1,3183$	R ² = 0,8047
Svevo	4	$y = -0,0227x + 1,3626$	R ² = 0,7562



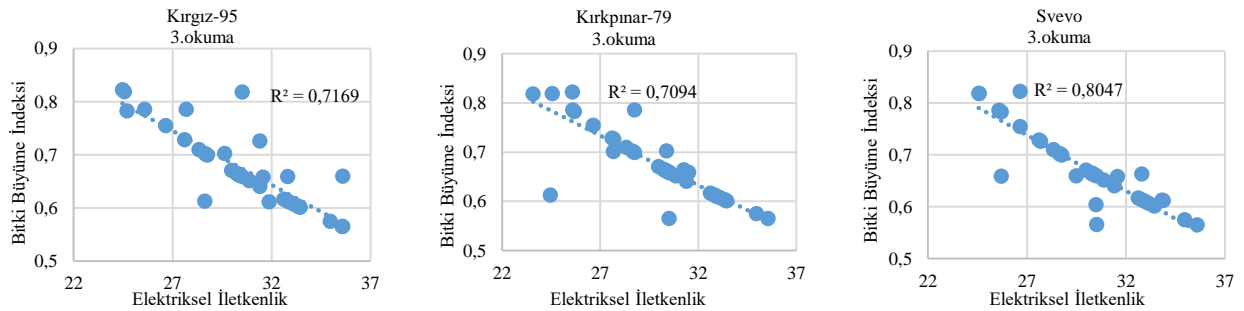
Resim 4. Kırgız-95, Kırkpınar-79 ve Svevo çeşitlerinde, EC ile BBİ değerleri arasındaki ilişki (birinci okuma)

Image 4. The relationship between EC values and Plant Growth Index (PGI) of Kırgız-95, Kırkpınar-79 and Svevo variety (first reading)



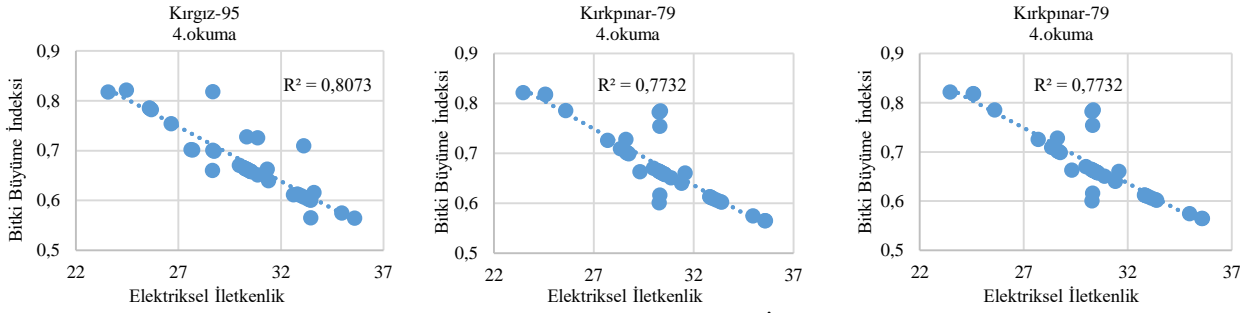
Resim 5. Kırgız-95, Kırkpınar-79 ve Svevo çeşitlerinde, EC ile BBİ değerleri arasındaki ilişki (ikinci okuma)

Image 5. The relationship between EC values and Plant Growth Index (PGI) of Kırgız-95, Kırkpınar-79 and Svevo varieties (second reading)



Resim 6. Kırgız-95, Kırkpınar-79 ve Svevo çeşitlerinde, EC ile BBİ değerleri arasındaki ilişki (üçüncü okuma)

Image 6. The relationship between EC values and Plant Growth Index (PGI) of Kırgız-95, Kırkpınar-79 and Svevo varieties (third reading)



Resim 7. Kırız-95, Kırkpinar-79 ve Svevo çeşitlerinde, EC ile BBİ değerleri arasındaki ilişki (dördüncü okuma)
Image 7. The relationship between EC values and Plant Growth Index (PGI) of Kırız-95, Kırkpinar-79 and Svevo varieties (fourth reading)

Yapılan bir diğer çalışmada, EC'nin toprak sıkışması ile ilişkili olduğu, bununla birlikte; infiltrasyon oranı, yüzey akışı, nitrojen döngüsü, kök ve bitki gelişimini etkilediği belirtilmiştir. Aynı zamanda toprak işleme ve tarla trafiğindeki artışında, toprağı fazla miktarda sıkıştırdığı, bu da bitkinin kök gelişimini ve topraktan besin elementi alımını azalttığı belirlenmiştir (Altıkat ve Çelik, 2009). Araştırma sonucu ile benzerlik gösteren bir başka çalışma ise pamuk (*Gossypium hirsutum* L.) bitkisinin verimindeki mekansal ve zamansal değişkenliği değerlendirmek ve verim ile toprak EC değerleri arasındaki ilişkinin belirlenmesi amacıyla 2000-2003 ve 2005 yılları arasında Teksas'ın güneyinde 50 hektarlık bir alanda gerçekleştirilen çalışmadır. Çalışma sonucunda pamuk bitkisinin verim değerleri ile toprak elektriksel iletkenliği arasında önemli bir ilişki tespit edilmiştir. Ancak bu ilişkinin negatif olduğu belirtilmiştir. Aynı zamanda, EC verilerinin uzaktan algılama yöntemi ile hızlı bir şekilde elde edilmesi ve verilerin kolay işlenmesi gibi önemli avantajlarının olduğu belirtilmiştir. (Guo ve ark. 2012). Benzer şekilde 1993-1997 yılları arasında gerçekleştirilmiş olan bir başka çalışmada ise mısır (*Zea mays* L.), soya fasulyesi (*Glycine max* (L.) Merr) ve sorgum, (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) bitkilerinin verim ve toprak elektriksel iletkenlik değerleri arasındaki ilişkiler araştırılmış ve elde edilen sonuçlara göre verim artarken toprak elektriksel iletkenliğinin düştüğü belirlenmiştir (Kitchen ve ark., 1999). Pennsylvania, Amerika Birleşik Devletlerinde gerçekleştirilen bir başka çalışmadaki amaç ise tarımsal faaliyetler ile toprak özellikleri arasındaki ilişkilerdir. Soya fasulyesi ve mısır bitkilerinin verim değerleri ile toprak özellikleri arasındaki ilişki incelenmiştir. Elektromanyetik tetkikleme yöntemi (EMI) yardımı ile alınan değerler sonucunda oluşturulan haritalar ile verim değerleri arasında önemli ilişkiler bulunmuş ancak bu konuda çalışmaların devam etmesi gerektiğini belirtmişlerdir (Zhu ve ark., 2013). Avustralya'da yapılan üç yıllık bir çalışmada ise bitki olarak buğday ve arpa seçilmiş ve toprağın elektriksel iletkenliği ile ürün verimi arasındaki ilişki araştırılmıştır. En düşük ürün verimi, toprak elektriksel iletkenlik değerinin en yüksek olduğu koşullarda elde edilmiştir. Elde edilen değer 1,1 ton ha⁻¹ olarak bulunmuştur (Setter ve ark., 2016). Farklı toprak parametrelerinin, buğday ürün verimi üzerine Sauvenerie, Belçika'da gerçekleştirilen bir çalışma sonucunda toprak özelliklerinin, özellikle elektriksel iletkenlik değerlerinin, bitki büyüme indisi ile ilişkisi R²=0,63 bulunmuş olup, ürün veriminin elektriksel iletkenlik değerlerinden negatif yönde etkilendiği belirtilmiştir (Vrindts, 2003). Kumlu tın

tekstüre sahip ve killi tın tekstüre sahip yaklaşık 48 ha'lık bir arazide yapılan bir çalışmada, elektriksel iletkenlik değerleri ile ürün verimleri arasında ters yönde doğrusal bir ilişki olduğu belirtilmiştir (Anderson-Cook ve ark., 2002). Bu çalışmada belirtildiği gibi kök gelişiminin olumsuz etkilenmesi, bitkinin toprak üstü gelişimi de olumsuz etkileneceğinden yaptığımız çalışmanın bulgularında vurgulanan EC ve BBİ arasındaki negatif doğrusal ilişki ile paralellik göstermektedir.

Sonuç

Ülkemizde de gelişen teknoloji ile birlikte tarımda teknoloji kullanımı en üst seviyeye çıkmıştır. Ancak önemli olan teknolojiyi doğru ve verimli bir şekilde kullanmaktır. Ne var ki mevcut hassas tarım sistemlerinin maliyetlerinin yüksek olması ve çiftçi için kullanımının kolay olmaması başka çözüm yollarının aranmasına neden olmakta, çoğu zaman gübreleme ve bakım gibi işlemlerinin rastgele zamanlarda yapılmasına dolayısıyla işgücü kaybı ve aşırı gübre kullanımına ve çevrenin kirlenmesine neden olmaktadır. Bitki büyüme indisini ve toprağın elektriksel iletkenliğini tespit eden sensörlerin kullanımı bu sistemlere göre daha kullanıcı dostu ve uygun fiyatlıdır. Bu çalışma sonucunda elektriksel iletkenlik ölçüm sensörleri ile bitkilerin gelişimlerinin takibi sağlanarak hem araziyle ilgili alana özgü uygulamalar hem de bitkilerin verim değerleri takip edilebilir. Her bitkinin; toprak, su ve ışık isteğinin farklı olması sebebiyle elde edilen veriler doğrultusunda bu çalışmada olduğu gibi yetiştirilmesi istenen her bitki için ilk yıl toprağın elektriksel iletkenlik durumu izlenerek elde edilecek veriler ışığında önceden verim tahmini yapılabilir ve toprağı uygun bitki seçilmesine imkân sağlanabilir.

Kaynaklar

- Altıkat S, Çelik A. 2009. Toprak İşleme Sistemlerinin Önemli Bazı Toprak Kalite Kriterlerine Olan Etkileri. *Alınları Zir. Bil. Der.*, 16:33-41.
- Anderson-Cook CM, Alley MM, Roygard JKF, Khosla R, Noble RB, Doolittle JA. 2002. Differentiating Soil Types Using Electromagnetic Conductivity and Crop Yield Maps. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 66:1562-1570.
- Ekmekçi E, Apan M, Kara T. 2005. Tuzluluğun Bitki Gelişimine Etkisi. *O.M.Ü. Zir. Fak. Der.*, 20(3):118-125.
- Farahani HJ, Buchleiter GW, Brodahl MK. 2005. Characterization of Apparent Soil Electrical Conductivity Variability in Irrigated Sandy and Non-Saline Fields in Colorado. *American Soc. of Agr. Eng.*, 48(1): 155-168.

- Guo W, Maas SJ, Bronson KF. 2012. Relationship Between Cotton Yield and Soil Electrical Conductivity, Topography, and Landsat Imagery. *Prec. Agric.*, 13: 678.
- Iqbal J, Read JJ, Whisler FD. 2013. Using Remote Sensing and Soil Physical Properties for Predicting the Spatial Distribution of Cotton Lint Yield. *Turkish J. of F. Cr.*, 18:158-165.
- Kaman H, Kurunç A, Çetin M, Sönmez NK. 2012. Elektromanyetik Teknik Kullanılarak Toprak Tuzluluğunun Belirlenmesi. *Tar. Bil. Araş. Der.*, 5(2): 61-63.
- Kesmez D, Suarez DL, Lesch SM, Ünlükara A, Yurtseven E. 2008. Tarım Alanlarında Tuzluluğun Belirlenmesinde Yeni Yaklaşımlar. *DSİ Sulama-Tuzlanma Konferansı Şanlıurfa*, 12-13 Haziran 2008. Bildiri kitabı s.207-218.
- Kitchen NR, Sudduth KA and Drummond ST. 1999. Soil Electrical Conductivity as a Crop Productivity Measure for Claypan Soils. *J. Prod. Agric.*, 12:607-617.
- Kravchenko AN, Thelen, KD, Bullock DG and Miller NR. 2003. Relationship among Crop Grain Yield, Topography, and Soil Electrical Conductivity Studied with Cross-Correlograms. *Agron. J.*, 95:1132-1139.
- Norman CP. 1990. Training Manual on the Use of the EM38 for Soil Salinity Appraisal. Department of Agriculture and Rural Affairs, Institute of Sustainable Irrigated Agriculture. Tature, VIC, Australia. Technical report series no. 181, ss: 32.
- Setter TL, Waters I, Stefanova K, Munns R, Barrett-Lennard EG. 2016. Salt tolerance, date of flowering and rain affect the productivity of wheat and barley on rainfed saline land, *Field Crops Research*, (194): 31-42.
- Sheets KR, Hendrickx JMH. 1995. Noninvasive Soil Water Content Measurement Using Electromagnetic Induction. *Water Res. Res.*, 31(10): 2401-2409.
- Sudduth KA, Kitchen NR, Bollero GA, Bullock DG, Wiebold WJ. 2003. Comparison of Electromagnetic Induction and Direct Sensing of Soil Electrical Conductivity, *Agr. J.*, 95, 472-482.
- Trimble. 2019. <https://www.trimble.com/Agriculture/greenseeker.aspx> (Erişim tarihi:5 Eylül 2019).
- Vatandaş M, Güner M, Türker U. 2005. Hassas Tarım Teknolojileri. *Ziraat Mühendisliği VI. Teknik Kongresi*. Ankara, Türkiye. ss: 347-365.
- Vrindts E, Reyniers M, Darius P, De Baerdemaeker J, Gilot M, Sadaoui Y., Frankinet M, Hanquet B, Destain M 2003. Analysis of Soil and Crop Properties for Precision Agriculture for Winter Wheat. *Bios. Eng.*, 85:141-152.
- Williams BG, Hoey D. 1987. The Use of Electromagnetic Induction to Detect the Spatial Variability of the Salt and Clay Contents of Soils. *Australian J. Soil Res.*, 25:21-27.
- Zadoks JC, Chang TT, Konzak CF. 1974. A Decimal Code for The Growth Stage of Cereals. *Weed Res.*, 14:415-421.
- Zhu Q, Lin HS, Doolittle JA. 2013. Functional soil mapping for site-specific soil moisture and crop yield management, *Geoderma*, (200-201): 45-54.