



## Araştırma Makalesi/Reserach Article

# Hümk Asit Uygulamalarının Toprak Kalitesi ve Maş Fasulyesi Verimine Etkisi

Pelin Alaboz<sup>1\*</sup> 

Orhan Dengiz<sup>2</sup> 

Ruziye Karaman<sup>3</sup> 

Cengiz Türkay<sup>3</sup> 

<sup>1</sup>Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü-Isparta-Türkiye

<sup>2</sup>Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü-Samsun-Türkiye

<sup>3</sup>Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü-Isparta-Türkiye

\*Sorumlu yazar: pelinalaboz@isparta.edu.tr

Geliş Tarihi: 29.01.2022

Kabul Tarihi: 24.05.2022

## Öz

Toprakların sürdürülebilir yönetimi için organik toprak düzenleyiciler yaygın olarak kullanılmaktadır. Toprak düzenleyicilerinin etkisinin hem toprak hem de bitki verimi üzerine değerlendirilmesi oldukça önemli bir konudur. Bu çalışmada; 0 (H<sub>0</sub>), 1(H<sub>1</sub>), 2(H<sub>2</sub>), 4(H<sub>4</sub>) lt da<sup>-1</sup> seviyelerinde hümk asit uygulamasının toprak kalitesi ve maş fasulyesi (*Vigna radiata* L.) verimi üzerine etkisi araştırılmıştır. Hümk asit uygulaması toprak fiziksel kalite özellikleri üzerinde en etkili yarıyıllı su içeriğinde belirlenmiştir. Kontrol toprağında (H<sub>0</sub>) % 13.91 olan yarıyıllı su içeriği H<sub>2</sub> uygulamasıyla % 15.80 olarak tespit edilmiştir. H<sub>0</sub> uygulamasında % 1.86 olan toprak organik madde içeriği H<sub>4</sub> uygulamasıyla % 2.26'ya yükselmiştir. Toprakların besin elementi içerikleri incelendiğinde hümk asit uygulamasıyla N, P ve K seviyelerinde istatistiksel olarak önemli değişimler (p<0.05) elde edilmiş, fakat H<sub>2</sub> ve H<sub>4</sub> uygulamalarının etkileri birbirine benzer bulunmuştur. Toprak biyolojik indikatörleri (CO<sub>2</sub>, mikrobiyal biyomas karbonu ve dehidrogenaz enzimi) üzerinde tüm uygulamalar istatistiksel olarak önemli seviyede (p<0.01) artışa neden olmuştur. Hümk asit uygulamaları ile toprak kalite indeksi sırasıyla 0.545, 0.567, 0.587 ve 0.591, maş fasulyesi verimi ise 253, 329, 347 ve 341 kg da<sup>-1</sup> olarak bulunmuştur. Çalışma sonucunda hümk asit uygulamasının toprak kalitesi ve ürün verimini pozitif yönde etkilediği belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Toprak kalite indeksi, Hümk asit, Maş fasulyesi, Analitik hiyerarşi süreci

## Effects of Humic Acid Applications on Soil Quality and Mung Bean Yield

### Abstract

Organic soil conditioners are widely used for the sustainable management of soils. It is a very important issue to evaluate the effect of these soil regulations on both soil and plant yield. In this study; the effect of humic acid application at 0 (H<sub>0</sub>), 1(H<sub>1</sub>), 2(H<sub>2</sub>), 4(H<sub>4</sub>) lt da<sup>-1</sup> levels on soil quality and yield of mung bean (*Vigna radiata* L.) was investigated. Humic acid application was determined in the most effective available water on soil physical quality properties. The available water content, which was 13.91% in the control soil (H<sub>0</sub>), was determined as 15.80% with the H<sub>2</sub> application. Soil organic matter, which was 1.86% in H<sub>0</sub> application, increased to 2.26% with H<sub>4</sub> application. When the nutrient content of the soils was examined, statistically significant changes (P<0.05) were obtained in N, P and K levels with humic acid application, but the effects of H<sub>2</sub> and H<sub>4</sub> applications were found to be similar to each other. All applications on soil biological indicators (CO<sub>2</sub>, microbial biomass carbon and dehydrogenase enzyme) caused a statistically significant (P<0.01) increase. Humic acid treatments and soil quality index were determined as 0.545, 0.567, 0.587 and 0.591, respectively, and the yield of mung bean was determined as 253, 329, 347 and 341 kg da<sup>-1</sup>. As a result of the study, it was determined that the application of humic acid had a positive effect on soil quality and crop yield.

**Keywords:** Soil quality index, Humic acid, Mung bean, Analytic hierarchy process

## Giriş

Günümüzde sanayileşme ve kentleşme ile birlikte tarım topraklarının amaç dışı kullanımı, alansal olarak tarım alanların azalmasına yol açmaktadır. Gittikçe artan nüfus artışına bağlı olarak, üretim için olan talep artmaktadır. Tarımsal üretimde yoğun girdi kullanımı ile birlikte birim alandan daha yüksek miktarda üretim planlanmaktadır. Bu planlama ancak karasal ekosistemin en önemli üretim ortamı olan toprakların fonksiyonlarını yitirmeden sürdürülebilir kullanımıyla sağlanabilir ve bununla en önemli yolu toprakların kalitesinin belirlenmesidir. Çeşitli yanlış tarımsal faaliyetler, aşırı ilaç ve gübre kullanımı, erozyon gibi olaylar toprakların degradasyonuna, dolayısıyla üretkenlik



fonksiyonlarını yerine getirememesine neden olmaktadır. Son yıllarda analizlere dayalı gübreleme programları geliştirilmeye çalışılmakla birlikte, bu uygulamalar bitkisel verimliliğin devam ettirilmesi veya geliştirilmesi için yeterli değildir. Toprağın sadece besin elementi kapsamı bakımından değerlendirmesi, diğer bio-fiziko-kimyasal özelliklerinin göz ardı edilmesi, üretkenliğinin ve sürdürülebilirliğinin sağlanmasında yetersiz kalacaktır. Toprak kalitesi; doğal veya yönetilen ekosistem içerisindeki bir toprağın bitkisel ve hayvansal üretimi sürdürülebilirlik, su ve hava kalitesini artırabilme ve insan sağlığı için uygun yaşam ortamını oluşturma fonksiyonlarının tamamını sağlayabilme kapasitesi olarak tanımlanmaktadır (Doran, 2002). Toprak fonksiyonlarını kullanarak toprak kalitesi değerlendirmesi, bitkisel üretimin sürdürülebilirliği konusunda genel bir bakış sunmaktadır. Uygulanan toprak yönetimi genel olarak etkisinin değerlendirilmesi için oldukça önemli bir yaklaşımdır.

Toprakların sürdürülebilir kullanımı ve yönetimi için organik madde önemli bir bileşendir. Organik madde hümit ve hümit olmayan maddeler olarak iki gruba ayrılmakta ve büyük bir kısmını hümit maddeler oluşturmaktadır (Ok, 2007). Hümit bileşikler koyu renkli molekül ağırlıkları yüksek olup hümit asit, fulvik asit ve hümin maddeler bileşimlerini oluşturmaktadır. Hümit maddelerin yaklaşık olarak %50'sini humin, %40'ını hümit asit ve %10'unu fulvik asit'in oluşturduğu yapılan çalışmalarda ortaya konmuştur (Chiou, 1989). Organik toprak düzenleyicilerinin topraktaki etkileri içeriğinde bulunan hümit asit kaynaklı olarak değerlendirilmektedir (Tamer ve ark., 2016; Namli ve ark., 2019). Hümit asitler toprakta uzun süre kalmakta ve zaman içinde yavaş yavaş parçalanmaktadır. Organik maddenin toprak özelliklerine olumlu etkisinin yanı sıra mineralizasyon sonunda açığa çıkan bitki besin elementleri ile bitki üzerine de doğrudan katkı sağlamaktadır (Okur ve ark., 2007; Erdal ve ark., 2014). Hümit asit uygulamalarının bitki besin elementi içeriğini arttırdığı toprakların fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini olumlu yönde etkilediği yapılan çalışmalar ile ortaya konmuştur (Erol, 2011; Erdal ve ark., 2014; Namli ve ark., 2019). Araştırmacılar yapmış oldukları çalışmalarda toprak ve bitki özellikleri üzerindeki etkilerini incelerken genellikle fiziksel, kimyasal ve biyolojik kalite indikatörlerini bireysel gruplar halinde değerlendirmiştir. Fakat, hümit asit uygulamalarının toprak kalite indikatörlerinin bir arada değerlendirilmesi ile elde edilen toprak kalite indeksi üzerine etkisi ve bitki ürün verimi arasındaki ilişkiye yönelik araştırmalar toprak ve bitki üzerine etkisi tam anlamıyla ortaya koyacaktır.

Son yıllarda, insanların yeterli ve dengeli beslenmesini sağlayabilmek adına yeni ve alternatif bitki türlerinin de üretimleri yapılmaktadır. Beslenme ve yeşil gübre bitkisi olarak kullanılan maş fasulyesi (*Vigna radiata L.*), ülkemizin değişik bölgelerinde doğal olarak yetiştirilmektedir. Maş fasulyesi yüksek besleyici değeri, protein (%26), mineral madde (%4) ve vitamin (%3) miktarına sahip olup, demir içeriği bakımından zengin (6 mg/100g tohum), kuraklığa dayanıklı alternatif bir yemeklik tane baklagil türüdür (Asaduzzaman ve ark., 2008; Karaman, 2019). Ülkemizde gün geçtikçe kullanım popülaritesi artan bir tür olan maş fasulyesi, araştırmacılar tarafından son yıllarda üzerinde çalışılan bir konu olmuştur (Begum ve ark., 2013; Pekşen ve ark., 2015; Karaman ve Kaya, 2020). Ayrıca, maş fasulyesi *Bradyrhizobium japonicum* bakterisi ile simbiyotik ilişki içerisinde olması nedeniyle toprağa 58-109 kg ha<sup>-1</sup> arasında değişen miktarda azot fikse edebilmektedir (Singh ve Singh, 2011). Bu çalışmada; Isparta ilinde, yarı kurak iklim koşullarında farklı oranlarda hümit asit uygulamalarının (0, 1, 2, 4 lt da<sup>-1</sup>) toprak kalite indeksi ve maş fasulyesi verimi üzerine etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

### **Materyal ve Yöntem**

Araştırma, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Tarımsal Araştırma ve Uygulama Merkezi arazisinde [283390 D ve 4190473 K (UTM 36-m)] yürütülmüştür (Şekil 1). Çalışma alanında yarı kurak iklim tipi hakimdir. Uzun yıllar (1929-2020) yıllık ortalama sıcaklık, yağış sırasıyla 12.3°C, 569.4 mm'dir (Anonim, 2021). Çalışma alanının toprak sıcaklığı ve nem rejimleri sırasıyla mesic ve xeric (alt grupta kuru xeric) olarak belirlemişlerdir (Van Wambeke, 2000). Akgül ve Başayığıt (2005)'e göre , çalışma alanı içerisinde bulunan bölge, çiftlik serisi olarak tanımlanmış ve Typic Xerofluvent alt gurubu içerisinde sınıflandırılmıştır

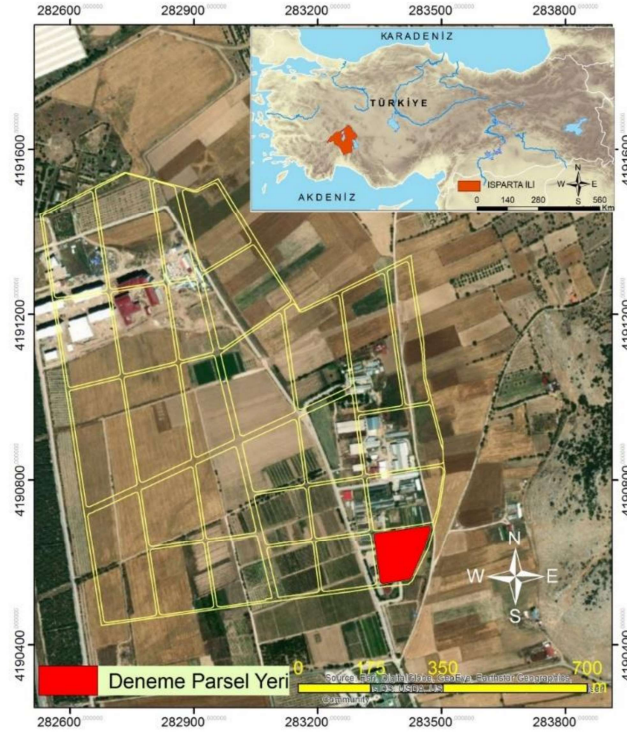
### **Denemenin kurulması – yürütülmesi ve toprak örnekleme**

Tesadüf blokları deneme desenine göre yürütülen çalışmada, bitkisel materyal olarak maş fasulyesi (07 G 03) genotipi kullanılmıştır. Hümit asit olarak ise %10 organik madde, %15 hümit +

fulvik asit, %3 suda çözünebilir  $K_2O$  sahip, pH içeriği 8.2 olan sıvı formda hümik (Humas-15) asit kullanılmıştır. Araştırmada 0 ( $H_0$ ), 1 ( $H_1$ ), 2 ( $H_2$ ) ve 4 ( $H_4$ )  $lt\ da^{-1}$  hümik asit dozları  $2 \times 3\ m^2$  olan parsellere 3 tekerrürlü olarak uygulanmıştır.

Deneme alanının ekim öncesinde pulluk ile sürümü yapılmış, ardından rotovatör ile ekime hazır hale getirilmiştir. Sıvı hümik asit, ekimden hemen önce tohum yatağına pülverizatörle püskürtülmüştür. Ekim işlemi sıra arası ve üzeri  $40 \times 10\ cm$  olacak şekilde Mayıs (2020) ayının ilk haftasında elle yapılmıştır. Ekim sırasında  $5\ kg\ da^{-1}\ N$  ve  $6\ kg\ da^{-1}\ P_2O_5$  olacak şekilde gübreleme yapılmıştır. Sulama damlama sulama yöntemiyle 5 güne bir yaklaşık tarla kapasitesi seviyesine kadar yapılmıştır. Bitkiler Eylül (2020) ayının ilk haftasında hasat edilmiş ve parsel verimleri tartılarak kaydedilmiştir. Her parselin ilk ve son sıraları ile parsel başlarından  $50\ cm$ 'lik kısımlar kenar tesiri olarak bırakılmış, ortada kalan bitkiler elle hasat edilmiştir. Her parselden hasat edilen bitkiler harman edilerek bunlardan elde edilen taneler  $0.01\ g$  duyarlı terazide tartılmış ve her parselin tane verimi  $kg\ da^{-1}$  cinsinden hesaplanmıştır.

Çalışma alanından hasat ile birlikte bozulmuş ve bozulmamış toprak örneği 0-20 cm derinliği temsil edecek şekilde 3'er tekerrürlü olarak alınmıştır.



Şekil 1. Çalışma alanı lokasyon haritası

### Toprak analizleri

0-20 cm toprak derinliğinden bozulmuş ve bozulmamış toprak örneği alınmıştır. Bozulmuş toprak örnekleri laboratuvara getirildikten sonra kök parçaları, iri taşlar ve çakılların ayrılması ve hava kurusu duruma getirilmesi sonrasında bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerin belirlenmesi için  $2\ mm$ 'lik elekten geçirilmiştir. Bozulmamış toprak örnekleri hacim ağırlığı, tarla kapasitesi ve solma noktası analizleri yapmak için kullanılmıştır. Nem sabitelerinin belirlenmesinde arazideki doğal yapı bozulmadan silindirikler ile analizler yürütülmüştür. Biyolojik özelliklerde kullanmak için, örnekleme noktalarından bir miktar örnek araziden alındığı anda elenmiş ve soğutucu çantalar ile serin tutularak laboratuvara nakledilerek  $+4\ ^\circ C$  de muhafaza edilmiştir. Belirlenen özellikler ve yöntemleri Çizelge 1'de belirtilmiştir.



Çizelge 1. Toprak analiz yöntemleri  
Table 1. Soil analysis methods

Özellik	Yöntem	Referans
Tekstür	Hidrometre yöntemi	Burt, (2014)
Hacim ağırlığı	Bozulmamış örnekler	Burt, (2014)
CaCO <sub>3</sub>	Scheibler kalsimetresi	Kacar, (2009)
pH	1:1 toprak-su süspansiyonlarında	Kacar, (2009)
Elektriksel iletkenlik(EC)	1:1 toprak-su süspansiyonlarında	U.S.Salinity Laboratory Staff, (1954).
Organik karbon	Walkley-Black yöntemine	Kacar, (2009)
Toplam azot	Modifiye edilmiş kjeldahl	Kacar, (2009)
Yarayışlı fosfor	Mavi renk yöntemi	Olsen ve ark. (1954)
Ekstrakte edilebilir mikro elementler	DTPA ekstraksiyon	Kacar, (2009)
Ekstrakte edilebilir katyonlar	Ekstraksiyon-Amonyum asetat	Kacar, (2009)
Agregat stabilitesi	Suya dayanıklı agregatların %	Kemper ve Rosenau (1986)
Nem sabiteleri	Seramik basınç tablası	Burt, (2014)
Toprak Solunumu	Ba(OH) <sub>2</sub>	Isermayer, (1952)
Dehidrogenaz enzim analizi	TTC'den TPF'ye dönüşüm	Beyer ve ark. (1993)
Mikrobiyal biyomas karbonu-MBC	Kloroform ile fumige işlemi	Öhlinger, (1993)

### Toprak kalite indeksinin belirlenmesi

Toprak kalite indikatörlerinin etki düzeylerini belirlemek amacıyla Saaty (1977) tarafından geliştirilen analitik hiyerarşik süreç (AHS) ile toprak özellikleri ağırlıklandırılmıştır. Veri seti standart skorlama fonksiyonları ile 0.1 ile 1.0 arasında birimsiz skora dönüştürülmüştür (Andrews ve ark., 2002). Skorlama fonksiyonlarının amacı farklı birimlerde ve değer aralıklarında olan veri setlerinin birimsiz homojen duruma dönüştürmektir. Toprak özelliklerinin standardizasyon işleminde “daha fazla daha iyidir”, “daha az daha iyidir” ve “orta nokta optimumdur” olmak üzere 3 farklı skorlama fonksiyonu (SSF) kullanılmıştır (Masto ve ark., 2008). En fazla en iyidir fonksiyonunda OM, N, P, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn, Mn, tarla kapasitesi, yarayışlı su, agregat stabilitesi, CO<sub>2</sub>, MBC, dehidrogenaz, kil alınırken “daha az daha iyidir” yaklaşımında kum, silt, EC, CaCO<sub>3</sub>, hacim ağırlığı, solma noktası, pH ve Na alınmıştır. Toprak özelliklerinin 0.1-1 arasında skorlamasında kullanılan “daha az daha iyidir” (Eşitlik 1), “daha fazla daha iyidir” (Eşitlik 2) fonksiyonları aşağıda belirtilmiştir

$$f(x) = \begin{cases} 0.1 & x \geq L \\ 1 - 0.9 \times \frac{x-L}{U-L} & L \leq x \leq U \\ 1 & x \leq U \end{cases} \quad (1)$$

$$f(x) = \begin{cases} 0.1 & x \geq L \\ 0.9 \times \frac{x-L}{U-L} + 0.1 & L \leq x \leq U \\ 1 & x \leq U \end{cases} \quad (2)$$

Eşitliklerde L: en düşük değer, U: en yüksek değer, x: toprak örneğinin değeridir.

Analitik hiyerarşik süreç yöntemi ile hem nitel hem de nicel faktörlerin ikili karşılaştırmalarının yapılması, ağırlıklarının ve önceliklerinin belirlenmesi mümkün olabilmektedir (Saaty, 2008). Saaty (1977) tarafından 1'den 9'a kadar değişen önem derecesini değerlendiren bir karşılaştırma önerilmiştir. Uzman görüşleri ve değerlendirmelere göre kriterler ve alt kriterlere ikili karşılaştırma uygulanır. Kriterlerin önemi göz önünde bulundurularak kriterler arasında karşılaştırma matrisi (n x n boyutlu) oluşturulur. Karşılaştırma matris çizelgesi oluşturulduktan sonra matrisin



normalizasyon işlemi yapılır. Her hücredeki veri o hücrenin sütun toplamına bölünerek normalizasyon işlemi yapılmaktadır. İkili karşılaştırmalardan elde edilen normalizasyon çizelgesinde yer alan her satırdaki verilerin toplamının aritmetik ortalaması alınarak öncelik vektörü olarak adlandırılan W sütun vektörü elde edilir. Bu vektör, kriterlerin yüzde önem ağırlıklarını ifade etmektedir. Karşılaştırmalardaki tutarlılığın ölçülebilmesi için öz vektör yöntemi kullanılmakta “Tutarlılık İndeksi” elde edilmektedir. Tutarlılık oranı değeri, tutarlılık indeksinin rassal indeks değerine bölünmesi suretiyle elde edilmektedir. Tutarlılık oranı değerinin 0.10’dan küçük olması karar vericinin yaptığı karşılaştırmaların tutarlı olduğunu, 0.10’dan büyük olması karşılaştırmaların tutarsız olduğunu veya hesaplama hatası olduğunu işaret etmektedir.

Analitik hiyerarşik süreç ile ağırlıklandırılan özellikler SSF ile standartlaştırıldıktan sonra doğrusal kombinasyon tekniği yaklaşımı kullanılarak toprak kalite indeks değerleri belirlenmiştir (Eşitlik 3)

$$TKİ = \sum_{i=1}^n (W_i \cdot X_i) \quad (3)$$

Eşitlikte, TKİ: Toprak kalite indeksi,  $W_i$ : Parametrenin ağırlıkları,  $X_i$ : Parametrelerin skorları

Uygulamaların etkilerinin incelenmesinde ortalamalar arasındaki farklılıkların olup olmadığı ANOVA yöntemi ve Tukey çoklu karşılaştırma testi ile değerlendirilmiştir. İstatistiksel değerlendirmeler MINITAB 17 paket programı aracılığıyla yapılmıştır.

### Bulgular ve Tartışma

Uygulamaların bazı toprak fiziksel indikatörler üzerindeki etkisi Çizelge 2’de belirtilmiştir. Çalışma alanı topraklarının killi tın tekstürde oldukları belirlenmiştir. Humik asit uygulamaların hacim ağırlığı üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamış olup, 1.35 ile 1.39 g cm<sup>-3</sup> arasında belirlenmiştir. Islak agregatların stabilitesi ise uygulamalara göre % 68.35-69.84 arasında olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, H<sub>2</sub> ve H<sub>4</sub> uygulamaları H<sub>0</sub> ve H<sub>1</sub> uygulamalarına göre topraklarda agregasyonu düşük seviye de olsa artırıcı bir etki göstermiş ancak, bu değişim istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Bununla birlikte toprakların tarla kapasitesi ve solma noktası içeriklerinde de, uygulamalara bağlı düşük seviyelerde artış gösterme eğilimi sergilese de, bu artış istatistiksel olarak önemli seviyede belirlenmemiştir. Tarla kapasitesi en yüksek H<sub>2</sub> (% 37.45) uygulamasında, solma noktası ise H<sub>4</sub> (% 22.01) uygulamasında elde edilmiştir. Bu bağlamda, humik asit uygulamalarının fiziksel kalite göstergeleri arasında en etkili olduğu özellik yarayışlı su içeriği olarak belirlenmiştir. Kontrol uygulamasında % 13.91 olan su içeriği, uygulamalara göre sırasıyla % 14.77, % 15.80, % 15.33 olarak bulunmuştur. H<sub>2</sub> ve H<sub>4</sub> uygulamaları kontrol uygulamasına göre istatistiksel olarak önemli farklılık sergilemiştir. Humik asit uygulamaları ile toprakların strüktürel yapısının düzeldiği ve nem sabiteleri üzerinde pozitif etki gösterdiği yapılan çalışmalarda bulunmuştur. Fakat humik asit uygulamalarının kontrollü koşullarda daha yüksek, arazi şartlarında ise daha düşük seviyelerde etki gösterdiği ortaya konmuştur (Erdal ve ark., 2014; Tamer ve ark., 2016; Namlı ve ark., 2019; Er ve ark., 2020). Er ve ark. (2020) tarafından, laboratuvar koşullarında humik asit kaynağı olarak % 1, 2 ve 4 leonardit uygulamalarının toprak özellikleri üzerine etkisinin araştırıldığı çalışmada; kontrol uygulamasında ortalama yarayışlı su içeriği % 9.47 belirlenirken leonardit uygulamasıyla bu değerler % 9.50-14.04 arasında değişkenlik sergilemiştir.

Çizelge 2. Humik asit uygulamalarının toprak fiziksel özellikleri üzerine etkisi

Table 2. Effect of humic acid applications on soil physical properties

Toprak Özellikleri	H <sub>0</sub>	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	H <sub>4</sub>
Kum (%)			29.8	
Silt (%)			34.8	
Kil (%)			35.4	
Hacim ağırlığı (gr cm <sup>-3</sup> )	1.39	1.37	1.35	1.38
Agregasyon (%)	68.45	68.35	69.79	69.84
Tarla kapasitesi - % (v/v)	36.45	36.42	37.45	37.34
Solma noktası - % (v/v)	21.54	21.65	21.65	22.01
Yarayışlı su (%)	13.91b*	14.77ab	15.80a	15.33a

v/v: Hacim/Hacim, \*Uygulamalar arasındaki farklar p<0.05 seviyesindedir, farklı harfler istatistiksel olarak önemli değişimi ifade etmektedir.



Organik madde uygulaması yarayışlı su miktarındaki artış özellikle kumlu ve tınlı bünyede daha yüksek olmaktadır (Karaman ve ark., 2007). Organik madde uygulamasıyla her zaman bitkiye yarayışlı su içereceğinin artacağı anlamına gelmemektedir. Bu uygulamada tarla kapasitesi ve solma noktasında düzenli artışların olmaması, hümik asit uygulamasının yarayışlı su içeriği üzerinde daha etkili bulunmasına yol açmıştır. Humusun kollodial boyutlarda yüksek bir yüzey alanına sahip olması nedeniyle toprağa uygulamayla birlikte toprağın adsorbsiyon derecesi artmaktadır (Schlichting ve Blume, 1966).

Hümik asit uygulamalarının toprakların kimyasal özellikleri üzerine etkisi Çizelge 3'te belirtilmiştir. Toprakların pH, EC ve CaCO<sub>3</sub> özellikleri üzerine hümik asit uygulamalarının etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Kontrol uygulaması ile diğer uygulamalar arasında elde edilen değerler birbirine yakın oldukları belirlenmiştir. Toprakların pH'sı 8.01-8.08, EC'si 0.49-0.54 dS m<sup>-1</sup>, CaCO<sub>3</sub> içerikleri ise % 20.86-21.43 arasında değişmiştir. Topraklar hafif alkali reaksiyonda olup, tuzluluk problemi bulunmamaktadır.

Çizelge 3. Hümik asit uygulamalarının toprak kimyasal indikatörleri üzerine etkisi

Table 3. Effect of humic acid applications on soil chemical indicators

Toprak Özellikleri	H <sub>0</sub>	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	H <sub>4</sub>
pH	8.04	8.08	8.05	8.01
EC (dS m <sup>-1</sup> )	0.51	0.49	0.54	0.53
CaCO <sub>3</sub> (%)	21.43	20.86	21.22	20.97
Organik madde (%)	1.86b*	1.89b	2.18a	2.26a

\*Uygulamalar arasındaki farklar p<0.05 seviyesindedir, farklı harfler istatistiksel olarak önemli değişimi ifade etmektedir.

Uygulamaların toprak organik maddesi üzerine etkisi pozitif yönde olmuş ve bu artış istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0.01). H<sub>0</sub> ve H<sub>1</sub> uygulamaları ile organik madde içeriği birbiri ile benzer bulunurken, H<sub>2</sub> ve H<sub>4</sub> uygulamalarının etkisi organik madde üzerinde daha etkili bulunmuştur. Çalışmada elde edilen bazı toprak fiziksel özelliklerindeki olumlu değişimin, organik madde kaynağı olduğu değerlendirilmektedir. Toprakların organik madde içerikleri (H<sub>0</sub>, H<sub>1</sub>) Hazelton ve Murphy (2016)'a göre düşük-orta seviye arasında iken H<sub>2</sub> ve H<sub>4</sub> uygulaması ile orta seviyede belirlenmiştir.

Hümik asit uygulamalarını toprakların besin elementi içeriklerine etkisi Çizelge 4'te belirtilmiştir. Kontrol toprağında Sillanpää, (1990)'a göre yeterli (% 0.103) seviyede bulunan N içeriği hümik asit uygulamalarına bağlı olarak artış (% 0.123, 0.134, 0.132) sergilemiş bu artış istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Organik maddenin toprakta azot yarayışlılığını artırdığı yapılan çalışmalarda belirtilmiştir (Namlı ve ark., 2019). Hümik asit kaynağı olan leonarditin azot gübresi ile birlikte uygulanması durumunda azotun yarayışlılığının arttığı literatürde de ortaya konmuştur (Tamer ve Karaca 2011).

Çizelge 4. Hümik asit uygulamalarının topraktaki besin elementi içeriklerine etkisi

Table 4. The effect of humic acid applications on the nutrient content of the soil

Toprak Özellikleri	H <sub>0</sub>	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	H <sub>4</sub>
N( %)	0.103b*	0.123a	0.134a	0.132a
P (ppm)	5.12b*	5.45ab	5.75a	6.01a
K (ppm)	386b*	401b	421a	429a
Ca (ppm)	2500	2498	2512	2487
Mg (ppm)	257	242	252	264
Na (ppm)	1.77	1.79	1.75	1.78
Fe (ppm)	3.61	3.69	3.65	4.01
Cu (ppm)	3.45	2.98	3.15	3.54
Zn (ppm)	1.18	1.32	1.22	1.36
Mn (ppm)	9.65	10.13	10.43	9.43

\*Uygulamalar arasındaki farklar p<0.05 seviyesindedir, farklı harfler istatistiksel olarak önemli değişimi ifade etmektedir.



Kontrol toprağının Sillanpää, (1990)'a göre fosfor içeriği düşük seviyede (5.12 ppm) olup hümik asit uygulaması düşük seviyede bir artışa neden olmuştur. Toprakların yarayışlı fosfor içeriği en yüksek H<sub>4</sub> uygulamasında 6.01 ppm olarak belirlenmiştir. Hümik asit uygulamalarıyla yarayışlı fosforun içeriğinin arttığı, humik asidin fosforun kompleks oluşturmasında gecikmelere yol açtığı literatürde ortaya konmuştur (Turgay ve ark., 2011; Namlı ve ark., 2019). Toprakların K içeriklerinde H<sub>2</sub> ve H<sub>4</sub> uygulamaları ile istatistiksel olarak önemli seviyede artışlar (421, 429 ppm) sağlanmıştır. Fakat H<sub>2</sub> ile H<sub>4</sub> uygulamalarının etkisi birbirine benzer bulunmuştur. Uygulanan hümik asidin içeriğinde K ilavesinin olması ayrıca organik materyalin mineralizasyonu sonucu ortaya çıkan K içeriğine bağlı olarak toprakların K içeriğinde artışlar belirlenmiştir. Diğer ekstrakte edilebilir katyonlar yeterli seviyede belirlenmiş olup uygulamaların etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Fe, Cu, Zn ve Mn içerikleri en yüksek H<sub>2</sub> ve H<sub>4</sub> uygulamalarında elde edilmiş olsa bile kontrol grubuna göre önemli seviyede bir değişim elde edilememiştir.

Topraklara farklı dozlarda humik asit uygulamasını bazı toprak biyolojik indikatörler üzerine etkisi Çizelge 5'te belirtilmiştir. Toprakların solunumu (CO<sub>2</sub>), MBC ve Dehidrogenaz aktivitesi en düşük kontrol toprağında en yüksek ise H<sub>2</sub> ve H<sub>4</sub> uygulamalarında elde edilmiş ve kontrol gruplarına göre istatistiksel olarak önemli (p<0.01) seviyede artış sergilemiştir.

Çizelge 5. Hümik asit uygulamalarının toprak biyolojik indikatörleri üzerine etkisi

Table 5. Effect of humic acid applications on soil biological indicators

Toprak Özellikleri	H <sub>0</sub>	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	H <sub>4</sub>
CO <sub>2</sub> 100gkt <sup>-1</sup> 24 hr <sup>-1</sup>	34.45c*	45.89b	48.78a	49.45a
MBC µg C gkt <sup>-1</sup>	25.47c*	37.45b	42.14a	39.78b
Dehidrogenaz µgTPF gkt <sup>-1</sup>	10.65b*	15.32b	14.45b	22.75a

\*Uygulamalar arasındaki farklar p<0.01 seviyesindedir, farklı harfler istatistiksel olarak önemli değişimi ifade etmektedir.

Kontrol uygulamasına göre H<sub>2</sub> ve H<sub>4</sub> uygulamalarıyla biyolojik özelliklerde yaklaşık % 50 bir artış gözlenmiştir. Toprağa organik gübre uygulanması ile C ve N içeriği, mikrobiyal biyomas, toprak solunumunu, dehidrogenaz enzimi aktivitesini ve mineralizasyonu artmaktadır. (Bhardwaj ve Datt, 1995). Organik materyalin ayrışma süresince topraktaki mikrobiyal popülasyonun aktivitesinin bir sonucu olarak dehidrogenaz aktivitesinin arttığı düşünülmektedir. Hücre içinde salgılanan bir enzim olan dehidrogenaz enzimi, toprağın organik madde içeriğiyle ilişkilidir (Erol, 2011).

Toprak özelliklerinin AHP ile değerlendirilmesi sonucu ağırlıkları Çizelge 5'te belirtilmiştir. En yüksek değer (0.3103) Hiyerarşi B1 (fiziksel parametreler) için belirlenirken, en düşük değer (0.2018) toprak biyolojik (Hiyerarşi B3) özellikleri için bulunmuştur. Her bir Hiyerarşi için B1, B2, B3 ve B4'deki göstergelerden en yüksek katkı sırasıyla kil yüzdesi, organik madde, CO<sub>2</sub> ve N olarak belirlenmiştir. Toprak verimliliği ve kalitesinde ilk akla kimyasal özellikler ve besin elementi içerikleri gelmiş olsa da kimyasal içerik yönünden optimum düzeyde olan bir toprağın fiziksel yapısının ideal koşullarda olmaması verimliliği ve bitki gelişimini önemli seviyede etkilemektedir. Fiziksel indikatörler içerisinde en yüksek ağırlık tekstür fraksiyonları için değerlendirilmiştir. Kum, silt ve kil'in su ve besin elementini tutma özelliği üzerindeki etkisi verimliliği önemli seviyede etkilemektedir. Söz konusu özelliklerin katkı oranının yüksek olması diğer çalışmalarla da uyumlu bulunmuştur (Dengiz ve Sarıoğlu 2013; Şenol ve ark., 2020). Kimyasal indikatörler içerisinde organik materyalin katkı oranı en yüksek olarak belirlenmiştir. Organik maddenin parçalanma ve ayrışmasıyla gerek fiziksel koşullarda gerek kimyasal özellikler üzerinde pozitif etkilerin görüldüğü birçok çalışmada ortaya konulmuştur (Alaboz ve ark., 2017; Erdal ve ark., 2018; Alaboz ve Öz, 2020). Yine, biyolojik indikatörler içerisinde en yüksek katkı oranına sahip olan, biyolojik aktivitenin temel göstergelerinden biri olan toprak solunumu (CO<sub>2</sub>) olarak belirlenmiştir. Besin elementleri içerisinde makro besin elementlerin katkı oranları mikro besin elementlere göre daha yüksek seviyelerdedir.



Çizelge 5. Toprak özelliklerinin AHS sonucunda önem seviyelerine göre elde edilen ağırlıkları  
Table 5. Weights of soil properties according to their importance levels as a result of AHP

Hiyerarşi C / İndikatörler	Hiyerarşi B				Kombine ağırlık $\sum B_i \times C_i$
	(B1) Fiziksel	(B2) Kimyasal	(B3) Biyolojik	(B4) Besin elementi	
	0.3103	0.2659	0.2018	0.2222	
Kil	0.180				0.0558
Silt	0.131				0.0405
Kum	0.160				0.0496
HA	0.119				0.0368
TK	0.108				0.0335
SN	0.108				0.0335
YSİ	0.110				0.0341
AS	0.085				0.0264
OM		0.554			0.1472
EC		0.222			0.0591
pH		0.147			0.0391
CaCO <sub>3</sub>		0.077			0.0204
CO <sub>2</sub>			0.405		0.0818
MBC			0.306		0.0618
Dehidrogenaz			0.288		0.0582
N				0.260	0.0578
P				0.201	0.0446
K				0.163	0.0362
Ca				0.103	0.0229
Mg				0.082	0.0181
Na				0.058	0.0130
Mn				0.047	0.0104
Fe				0.036	0.0080
Cu				0.026	0.0059
Zn				0.024	0.0053
$\Sigma$	1.00	1.00	1.00	1.00	1.000
	$\lambda_{\max}=8.887$ Tİ= 0.126 TO= 0.084	$\lambda_{\max}=4.204$ Tİ= 0.06 TO= 0.07	$\lambda_{\max}= 3.053$ Tİ= 0.026 TO= 0.046	$\lambda_{\max}=10.069$ Tİ= 0.007 TO= 0.005	

$\lambda_{\max}$ =Maksimum öz değer, Tİ= tutarlılık indeksi, TO= tutarlılık oranı

Analitik hiyerarşik süreç ile belirlen ağırlıklar ve standart skorlama fonksiyonlarının doğrusal kombinasyon tekniği ile değerlendirilmesi sonucu elde edilen toprak kalite indeksi değerleri ve ürün verimleri Çizelge 6'da belirtilmiştir.





Çizelge 6. Uygulamaların toprak kalite indeksi ve verim üzerine etkileri  
Table 6. Effects of applications on soil quality index and yield

	TKİ	Verim kg da <sup>-1</sup>
H <sub>0</sub>	0.545b*	253*c
H <sub>1</sub>	0.567a	329b
H <sub>2</sub>	0.587a	347a
H <sub>4</sub>	0.591a	341a

The scatter plot shows a strong positive linear correlation between the Soil Quality Index (TKİ) and the yield (Verim) of chickpeas. The regression line is defined by the equation  $y = 1921,6x - 782,61$  with a coefficient of determination  $R^2 = 0,8651$ . The data points for the four treatments are: H<sub>0</sub> (TKİ: 0.545, Verim: 253 kg/da), H<sub>1</sub> (TKİ: 0.567, Verim: 329 kg/da), H<sub>2</sub> (TKİ: 0.587, Verim: 347 kg/da), and H<sub>4</sub> (TKİ: 0.591, Verim: 341 kg/da).

\*Uygulamalar arasındaki farklar  $p < 0.01$  seviyesindedir, farklı harfler istatistiksel olarak önemli değişimi ifade etmektedir.

Toprak kalite indeksinin 0.5-0.7 arası olması orta seviyede olarak sınıflandırılmaktadır (Dengiz, 2020; Alaboz ve ark., 2021). Çalışma alanı topraklarının toprak kalite indeksi 0.545-0.591 arasında kalite sınıfı "orta" olarak belirlenmiştir. Kontrol grubu hümik asit uygulamaları ile karşılaştırıldığında istatistik olarak önemli farklılık sergilemiştir ( $p < 0.01$ ). Fakat uygulamaların etkisine bakıldığında H<sub>1</sub>, H<sub>2</sub> ve H<sub>4</sub> uygulamaları arasında artışlar olsa da bu artış önemli seviyede belirlenmemiştir. Maş fasulyesi verimi kontrol uygulamasında 253 kg da<sup>-1</sup> iken uygulamalara bağlı sırasıyla 329, 347 ve 341 kg da<sup>-1</sup> olarak belirlenmiştir. H<sub>2</sub> ve H<sub>4</sub> uygulamaları ile elde edilen bitki verimleri istatistik olarak birbirine benzer bulunmuştur. Toprak kalitesindeki artış bitkisel verimliliği de pozitif yönde etkilemiştir (Çizelge 6). Maş fasulyesinde tane verimi, iklim, toprak, yetiştirme teknikleri ve genetik faktörlere bağlı olarak değişim gösterebilmektedir. Nitekim, maş fasulyesinin tane verimini, Çancı ve Toker (2005), 3.33-391.66 kg da<sup>-1</sup>, Ullah ve ark. (2011), 210.86-320.47 kg da<sup>-1</sup>, Raturi ve ark. (2015), 463.15 kg da<sup>-1</sup>, Khan ve ark. (2017), 340.18 kg da<sup>-1</sup>, Karaman (2019), 56.82-321.89 kg da<sup>-1</sup> arasında değişim gösterdiğini tespit etmişlerdir. Toprak kalitesi ve tane verimi arasındaki doğrusal lineer ilişki incelendiğinde ise yaklaşık % 86'lık bir oranla toprak kalitesinin ürün verimini yansıttığı belirtilebilir.

### Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada; farklı hümik asit uygulamaların toprak kalitesi ve maş fasulyesi verimi üzerine etkisi incelenmiştir. Uygulamaların toprak fiziksel özellikleri üzerine etkileri sadece yarayışlı su içeriği üzerine önemli seviyede belirlenirken diğer fiziksel özellikler üzerine istatistiksel olarak önemli bir değişkenlik tespit edilmemiştir. Hümik asit uygulamasıyla olumlu yönde etki gözetiren özellikler; kimyasal indikatörler içerisinde organik madde, biyolojik indikatörlerde ise CO<sub>2</sub>, MBC ve dehidrogenaz aktivitesi olarak belirlenmiştir. Toprakların makro besin elementi (N, P, K) içeriklerinde önemli değişim belirlenirken mikro besin elementleri üzerinde önemli bir farklılıklar bulunmamıştır. Hümik asit uygulamalarının en çok etki biyolojik kalite göstergeleri üzerinde belirlenmiştir.

Toprak kalitesi üzerine en etkili H<sub>4</sub> (0.591) verim üzerinde ise H<sub>3</sub> (347 kg da<sup>-1</sup>) uygulamaları belirlenmiştir. Toprak kalitesi ve maş fasulyesi verimi üzerinde H<sub>3</sub> ve H<sub>4</sub> uygulamaları arasında önemli farklılıklar bulunmamıştır. Hümik asit uygulaması toprak kalite sınıfını önemli seviyede yükseltmemiştir. Bu artışın düşük seviyelerde olması düşük uygulama dozlarından kaynaklı olabileceği düşünülmektedir.

Çalışma sonucunda toprak düzenleyici olarak hümik asit uygulamalarının bazı toprak özelliklerinde ve toprak kalitesinde olumlu etki gösterdiği ortaya konmuştur. Bu etkilerin farklı iklim koşullarında ve farklı oranlarda uygulamalar ile incelenmesi hümik asit kullanımının yaygınlaştırılması açısından önemli olarak önerilmektedir.



### **Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti:**

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamıştır.

### **Çıkar Çatışması Beyanı:**

Makale yazarları arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

### **Kaynaklar**

- Akgül, M., Başıyigit, L., 2005. Süleyman Demirel Üniversitesi Çiftlik arazisinin detaylı toprak etüdü ve haritalanması. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi. 9(3): 1-10.
- Alaboz, P., Işıldar, A.A., Müjdecı, M., Şenol, H., 2017. Effects of different vermicompost and soil moisture levels on pepper (*Capsicum annuum*) grown and some soil properties. Yuz. Yil Univ. J. Agric. Sci. 27: 30-36.
- Alaboz, P., Öz, H., 2020. Biyokömür ve solarizasyon uygulamalarının bazı toprak fiziksel özellikler üzerine etkileri. Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi. 35(2): 208-214.
- Andrews, S.S., Karlen, D.L., Mitchell, J.P., 2002. A comparison of soil quality indexing methods for vegetable production systems in northern california. Agric. Ecosyst. Environ. 90: 25-45.
- Anonim, 2021. Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM), Erişim tarihi: 20.10.2021. <http://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/yillik-toplam-yagis-verileri.aspx#sfU>.
- Asaduzzaman, M., Karim, M.F., Ullah, J., Hasanuzzaman, M., 2008. Response of mungbean (*Vigna radiata* L.) to nitrogen and irrigation management. American-Eurasian Journal of Scientific Research. 3(1): 40-43.
- Begum, S., Noor, M., Ur Rahman, H., Hassan, G., Ullah, H., Ali, F., 2013. Heritability estimates and correlations among flowering and yield related traits in mungbean genotypes. British Journal of Applied Science Technology. 3(3): 472.
- Beyer, L., Waehendorf, C., Elsner, D.C., Knabe, R., 1993. Suitability of dehydrogenase activity assay as an index of soil biological activity. Biology and Fertility of Soils. 16: 52-56.
- Bhardwaj, K.K.R., Datt, N., 1995. Effect of legume green-manuring on nitrogen mineralization and some microbiological properties in an acid rise soil. Biology and Fertility of Soils. 19:19-21.
- Burt R., 2014. Kellogg soil survey laboratory methods manual. Soil Survey Investigations Report No. 42, version 5.0. USDA.
- Chiou, C.T., 1989. Theoretical Considerations in The Partition Uptake of Nonionic Soil Compounds. p. 1-23. In B.L. Sawley and K.Brown (ed). Reactions and Movement of Organic Chemicals in Soils. SSSA. Special Publication 22, ASA, CSSA, and SSSA, Madison WI.
- Çancı, H., Toker, C., 2005. The broad-sense heritability for yield and yield components in mung bean [*Vigna radiata* (L.) Wilczek]. In GAP IV. Agriculture Congress. 21-13 Eylül, Şanlıurfa, 21-23.
- Dengiz, O. Sarıoğlu, F.E., 2013. Parametric approach with linear combination technique in land evaluation studies. Journal of Agricultural Sciences. 19: 101-112.
- Dengiz, O., 2020. Soil quality index for paddy fields based on standard scoring functions and weight allocation method. Archives of Agronomy and Soil Science. 66(3): 301-315.
- Doran, J.W., 2002. Soil health and global sustainability: translating science into practice. Agriculture, Ecosystems & Environment. 88(2): 119-127.
- Er, H., Demir, Y., Meral, R., 2020. Farklı özellikteki toprak iyileştiricilerinin kumlu toprakların su tutma kapasitesi üzerine etkisi.Uluslararası Biyosistem Mühendisliği Dergisi. 1(2): 55-65.
- Erdal, İ., Dogan, A., Yaylacı, C., Alaboz, P., 2018. Comparing the effects of compost and vermicompost on corn growth, nutrient concentration and uptake during the different growth periods. Scientific Papers-Series A-Agronomy. 61: 77-83.
- Erdal, İ., Küçükymuk, Z., Taplamacıoğlu, D., Toftar, B., 2014. Kireçli bir toprakta humik ve fulvik asit uygulamalarının domatesin gelişimi ve beslenmesine etkileri. Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi. 2(2), 70-74.
- Erol, H., 2011. Farklı dozlarda humik+fulvik asit uygulamasının farklı bölge topraklarında mısır vejetasyonu altında toprağın biyolojik aktivitesine etkisi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı, 58s.
- Hazelton P., Murphy B., 2016. Interpreting soil test results: What do all the numbers mean? (3<sup>rd</sup> ed.). CSIRO Publishing, p. 95-107.
- Isermayer ,H., 1952. Eine einfache Methode zur Bestimmung der Pflanzenatmung un der Karbonate in Boden. Die Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde. 56: 26-28 (in German).
- Kacar, B., 2009. Toprak Analizleri. Nobel Yayın Dağıtım, 467s, Ankara.
- Karaman, M.R., Brohi, A.R., Müftüoğlu, N.M., Öztaş, T., Zengin, M., 2007. Sürdürülebilir toprak verimliliği. Koyulhisar Ziraat Odası Kültür Yayınları: (1).



- Karaman, R., 2019. Maş fasulyesi (*Vigna radiata* Wilczek) genotiplerinin/yerel populasyonlarının ısparta koşullarında fenolojik, morfolojik, agronomik ve bazı teknolojik özellikler yönünden karakterizasyonu. Doktora Tezi, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, 226s, Isparta.
- Karaman, R., Kaya, M., 2020. Characterization in terms of phenological properties of mung bean [*Vigna radiata* (L.) Wilczek] genotypes/local populations in Isparta conditions. Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology. 8(11): 2307-2312.
- Kemper, W. D., Rosenau, R.C., 1986. Aggregate stability and size distribution. In: Klute A, editor. Methods of soil analysis. Part 1. Physical and mineralogical methods. Madison, WI. p 425-42.
- Khan, F.U., Khan, M., Hassan, M., Gul, R. 2017. Genotypic Differences among mung bean (*Vigna radiata* L.) genotypes for yield and associated traits. Int J Appl Agric Sci. 3(2): 47-50.
- Masto, R. E., Chhonkar, P. K., Purakayastha, T. J., Patra, A. K., Singh, D., 2008. Soil quality indices for evaluation of long-term land use and soil management practices in semi-arid sub-tropical India. Land Degradation & Development. 19(5): 516-529.
- Namlı, A., Akça, M.O., Akça H., 2019. Afşin-Elbistan havzası linyit işletmesi organik materyallerinden geliştirilen organik ve organomineral gübrelerin buğday verimi ve verim bileşenleri ile bazı toprak özellikleri üzerine etkileri. Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi. 7(1): 10-20.
- Ok, S.S., 2007. Hüyük maddelerin yapısal özellikleri ve tarımsal önemi. Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bölümü, Basılmamış Ders Notları, Ankara.
- Okur, N., Kayıkçıoğlu, H.H., Tunç, G., Tüzel, Y., 2007. Organik tarımda kullanılan bazı organik gübrelerin topraktaki mikrobiyal aktivite üzerine etkisi. Ege Üniv. Ziraat Fak. Dergisi. 44 (2): 65-80.
- Olsen, S.R., Cole, C. V., Watanabe, F. S., Dean, L.A., 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate US Dept. Agric. Cric. 939.
- Öhlinger, R., 1993. Bestimmung des Biomasse-Kohlenstoffs mittels Fumigation-Extraktion. In: Schinner, F., Öhlinger, R., Kandler, E. & Margesin, R. (eds.). Bodenbiologische Arbeitsmethoden. 2. Auflage. Springer Verlag. Berlin, Heidelberg.
- Pekşen, E., Toker, C., Ceylan, F., Aziz, T., Farooq, M., 2015. Determination of promising high yielded mungbean [*Vigna radiata* (L.) Wilczek] genotypes under Middle Black Sea Region of Turkey. Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi. 30(2): 169-175.
- Raturi, A., Singh, S. K., Sharma, V., Pathak, R., 2015. Genetic variability, heritability, genetic advance and path analysis in mungbean [*Vigna radiata* (L.) Wilczek]. Legume Research-An International Journal. 38(2): 157-163.
- Saaty, T.L., 1977. A scalling method for priorities in hierarchical structures. Journal of Mathematical Psychology. 15(3): 234-281
- Saaty, T.L., 2008. Decision Making with the Analytic Hierarchy Process. International Journal Services Sciences. 1(1): 83-98.
- Schlichting, E., Blume, H.P., 1966. Bodenkundliches Praktikum; eine Einführung in pedologisches Arbeiten für Ökologen, insbesondere Land-und Forstwirte, und für Geowissenschaftler.
- Sillanpää, M., 1990. Micronutrient assessment at the country level: an international study. In: FAO Soils Bulletin. N. 63. Rome.
- Singh, D.P., Singh, B.B., 2011. Breeding for tolerance to abiotic stresses in mungbean. Journal of Food Legumes. 24(2): 83-90.
- Şenol, H., Alaboz, P., Demir, S., Dengiz, O., 2020. Computational intelligence applied to soil quality index using GIS and geostatistical approaches in semiarid ecosystem. Arabian Journal of Geosciences. 13 (23): 1–20.
- Tamer, N., Başalma, N., Türkmen, C., Namlı, A., 2016. Organik toprak düzenleyicilerin toprak parametreleri ve ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.) bitkisinin verim ve verim öğeleri üzerine etkileri. Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi. 4(1):11 – 21.
- Tamer, N., Karaca, A., 2011. Organik toprak düzenleyicilerin toprağın enzim aktiviteleri ile buğday verim ve kalitesi üzerine etkileri. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- U.S, Salinity Laboratory Staff, 1954. Diagnosis and Improvement of Salina and Alkali Soils. Agricultural Handbook, 60, U.S.D.A.
- Ullah, H., Khalil, I. H., Ur Rahman, H., Amin, I., 2011. Genotype environment interaction, heritability and selection response for yield and yield contributing traits in mungbean. African Journal of Biotechnology. 10(4): 475-483.
- Van Wambeke, A.R., 2000. The Newhall Simulation Model for estimating soil moisture and temperature regimes. Department of Crop and Soil Sciences. Cornell University, USA, 9 p.