

FARKLI DEMİR BİLEŞİKLERİ VE TKİ-HÜMAS UYGULAMALARININ İSPANAK BİTKİSİNİN DEMİR ALIMI VE GELİŞİMİNE ETKİLERİ

Fatma GÖKMEN YILMAZ^a, Mustafa HARMANKAYA^a, Sait GEZGİN^a

^aSelçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, KONYA
E-posta adresi: fgokmen@selcuk.edu.tr

ÖZET

Bu çalışma, değişik demir bileşikleri ve hümik + fulvik asit kaynağı olarak farklı dozlarda TKİ-Hümas (TKİ-Hümas= Sıvı, % 5 Organik Madde, % 12 Hümik+Fulvik asit, pH=11) uygulamalarının ıspanak bitkisinin aktif (Fe^{+2}) ve toplam ($Fe^{+2}+Fe^{+3}$) demir, klorofil a, klorofil b, klorofil a+b ve kuru madde verimi üzerine etkilerinin belirlenmesi amacıyla serada yürütülmüştür. Tesadüf parselleri deneme desenine göre dört tekerrürlü olarak yürütülen denemede 1. Kontrol, 2. $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ (% 19 Fe), 3. FeEDDHA (% 6 Fe) , 4. 250 ppm hümik + fulvik asit sağlayan TKİ-Hümas ile, 5. 500 ppm hümik + fulvik asit sağlayan TKİ-Hümas, 6. $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ + 250 ppm hümik + fulvik asit sağlayan TKİ-Hümas, 7. $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ + 500 ppm hümik + fulvik asit sağlayan TKİ-Hümas ve 8. %0.96 Fe içeren TKİ-Hümas olmak üzere 8 adet uygulama konusu bulunmaktadır. Kontrol (1), 4 ve 5 nolu uygulamalar hariç diğer uygulamalara 12 ppm Fe verilmiştir. Denemede alınabilir demir kapsamı 1.48 ppm Fe içeren toprak kullanılmıştır.

Araştırma sonucunda değişik demir bileşikleri ve hümik + fulvik asit kaynağı olarak farklı dozlarda TKİ-Hümas uygulamalarının ıspanak bitkisinin aktif (Fe^{+2}) ve toplam demir, klorofil a, klorofil b, klorofil a+b ve kuru madde verimi üzerine etkileri farklı bulunmuştur. Bitkilerin beslenmesi, ekonomik olması ve verimin artırılması bakımından 6 nolu $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ + 250 ppm hümik + fulvik asit sağlayan TKİ-Hümas uygulaması FeEDDHA 'ya alternatif olarak tercih edilebilir.

Anahtar kelimeler: FeEDDHA, $FeSO_4 \cdot 7H_2O$, hümik+fulvik asit, TKİ-Hümas, ıspanak.

THE EFFECTS OF DIFFERENT IRON COMPOUNDS AND TKİ-HÜMAS TREATMENTS ON IRON UPTAKE AND GROWTH OF SPINACH

ABSTRACT

This investigation was conducted greenhouse to determination of effects different iron compounds and as a source humic and fulvic acid in different doses of TKİ-Hümas treatments on spinach plant active (Fe^{+2}) and total ($Fe^{+2}+Fe^{+3}$) iron, chlorophyll a chlorophyll b, chlorophyll a+b and dry matter weight. The trial was conducted according to the randomized complete parcel design experiment with four replications in 1. Control, 2. $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ (19% Fe), 3. FeEDDHA (6 %Fe) , 4. TKİ-Hümas with 250 ppm humic + fulvic acid 5. TKİ-Hümas with 500 ppm humic + fulvic acid 6. $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ + TKİ-Hümas with 250 ppm humic + fulvic acid, 7. $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ + TKİ-Hümas with 500 ppm humic + fulvic acid ve and 8. TKİ-Hümas containing 0.96% Fe are subject to 8 applications. Other applications are provided 12 ppm Fe excluding the Control (1), 4 and 5 applications. The experiment can be used available 1.48 ppm Fe containing in soil.

Result of the research was found effects of different iron compounds and as a source humic and fulvic acid in different doses of TKİ-Hümas treatments on spinach plant active (Fe^{+2}) and total ($Fe^{+2}+Fe^{+3}$) iron, chlorophyll a chlorophyll b, chlorophyll a+b and dry matter weight. Nutrition of plants, economic and in terms of improving efficiencies economical $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ + TKİ-Hümas with 250 ppm humic + fulvic acid, mixing FeEDDHA alternatively may be preferred.

Key words: FeEDDHA, $FeSO_4 \cdot 7H_2O$, humic+fulvic acid, TKİ-Hümas, spinach.

1.Giriş

Kışlık sebzeler arasında tüketiciler tarafından en çok tercih edilen ve yetiştiriciliği yapılan sebzelerin başında ıspanak yer almaktadır. Nitekim Kansal ve ark., (1981), yaprakları tüketilen sebzeler içerisinde ıspanağın en önemli yeri aldığını ve ayrıca önemli miktarda mineral içerdiğini bildirmişlerdir. Araştırmamızda test bitkisi olarak kullandığımız ıspanak Ülkemizde yılda 225343 ton üretilmekte olup kişi başına 2.7 kg tüketilmektedir (Tuik, 2010). Ispanak bitkisi kısa bir vejetasyon döneminde yetişmektedir. Bu nedenle birim alandan kaliteli yüksek verim elde etmek için ıspanak yetiştiriciliğinde gübreleme önemlidir. Bunun yanında insan sağlığı yönünden ıspanak yapraklarında nitrat azotu ve bazı ağır metallerin birikimi olmaması için kimyasal gübrelerin kullanımına çok fazla

dikkat edilmesi gerekir. Ayrıca kimyasal gübrelerin yanında ahır gübresi ve hümik asit gibi organik toprak düzenleyicilerinin kullanımı çok fazladır. Son yıllarda yapılan çalışmalarda, Dünya ve Türkiye topraklarında mikro besin elementleriyle ilgili yaygın beslenme problemlerinin olduğu ortaya konulmuştur ve Türkiye topraklarının % 27'sinde demir noksanlığı belirlenmiştir (Eyüpoğlu ve ark., 1998). Orta Anadolu tarım topraklarının yaklaşık %85'inde demir (Fe) noksanlığı (Gezgin ve ark., 2001) bulunmakta olup bu noksanlığın hem bitkilerde hem de besin zinciri yoluyla insan ve hayvanlarda olumsuz etkileri çok yaygın olarak görülmektedir. Dünyada enerji ve protein gereksinimi bakımından 800 milyon insanın yetersiz beslenmesine karşın, 2 milyara yakın insan 'gizli açlık' olarak isimlendirilen ve yetersiz seviyede mikro element (demir, çinko, selenyum ve bor vb.) ve vitamin noksanlığı çekmektedir (Çakmak, 2002; Welch, 2002). Bu nedenle bitkisel üretimde verimi ve kaliteyi artırmak gerekmektedir. Bunun da yolu dengeli bir gübreleme programı uygulanmasıdır. Konya Ovası topraklarının yüksek pH, yüksek kireç ve düşük organik madde içerikleri ve uzun yıllar süren dengesiz gübreleme sonucu besin elementleri arasındaki oranların değişimi, bitkiler tarafından bazı makro ve mikro besin elementlerin alınamaması gibi problemler ortaya çıkmaktadır. Bu nedenlerle bitkisel üretimde farklı demir içerikli gübrelerin kullanımı yanında hümik ve fulvik asit içeren hümik asitin kullanımı bitki kök gelişimini, toprakta demirin ve diğer besin elementlerinin elverişliliğini artırarak, bitkilerin besin elementi alımını olumlu yönde etkileyerek verim ve kalitenin artışı sağlayabilir. Birçok araştırmacı humik asitlerin bitki büyümesi ve gelişimi üzerinde etkili olduğunu, düşük miktarlarda uygulandığında gelişimi olumlu yönde etkilediğini; bununla beraber fazla miktarda uygulandığında gelişim üzerinde etkisiz veya olumsuz etkilere sahip olduğunu belirtmişlerdir (Chain ve Aviad, 1990; Padem ve Öcal, 1998). Zengin ve ark., (2010), ıspanakta verim ve verim unsurlarına kimyasal gübreler (Tam : 14 kg N/da amonyum sülfat + 8 kg P₂O₅/da DAP ; Yarım : 7 kg N/da amonyum sülfat + 4 kg P₂O₅/da DAP); 0, 500, 1000 ve 2000 ml/da hümik asit (organik madde %3, toplam hümik asit + fulvik asit %15, suda çözünür K₂O %2, pH 7-9, hammadde leonardit) ve hümik asit + mikro element (organik madde %3, toplam hümik asit + fulvik asit %12, suda çözünür K₂O %2, SO₃-S %5, Fe %2, Zn %1, Mn %0.8, B % 0.2, pH 5.5-7.5, hammadde leonardit) uygulamalarının etkilerini belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada, artan dozlarda hümik asit uygulamaların kontrole göre verimi artırdığı en yüksek verim (1181 kg/da), ortalama bitki ağırlığı (35.98 g/bitki) ve yaprak uzunluğunun (10.09 cm) hümik asit + mikro elementler ve tam kimyasal gübre uygulaması ile elde edildiğini bildirmişlerdir. Ayrıca bütün uygulamalar kontrole göre bitkinin besin maddesi alımını önemli düzeyde artırdığını tespit etmişlerdir. Humik asidin artan dozlarını topraktan ve yapraktan uygulayan Padem ve Öcal (1998), biber yaprağında en yüksek Ca'u %2.89, Mg'u %0.84, Fe'i 952 ppm, Mn'ı 225 ppm ve Zn'yu ise 346 ppm olarak belirlemişlerdir. Sözüdoğru ve ark., (1996) hümik asitin 0, 30, 60, 90 ve 120 ppm düzeylerinde ilave edildiği besin çözeltilisinde

yetiştirilen fasulye bitkisinin, gelişimi ve besin maddeleri alımı üzerine etkisini araştırmışlardır. Hümik asitin bitkilerin kuru ağırlıkları üzerine önemli bir etkisi bulunmazken, bazı elementlerin alımını önemli derecede arttırdığı saptanırken, kontrole göre hümik asit uygulamalarının yaprakların N, P, Fe, Mn ve Zn kapsamlarını arttırdığı bildirilmiştir. Pinton ve ark., (1999) besin elementi alımı üzerine yaptıkları çalışmada demir eksikliği görülen hıyar bitkilerine humik asit ile birlikte demir ($FeCl_3$) uygulamış, yaprakların demir ve klorofil içeriklerinin arttığı, yine bu bitkilerde yaprak ve kökte element birikiminin Fe-citrate yada $FeCl_3$ uygulaması yapılmış bitkilere oranla daha yüksek düzeyde gerçekleştiğini belirtmişlerdir. Kant (2001), farklı seviyelerde demir (0, 5, 10 ve 20 mg/kg) uygulamaların domates bitkisinin demir içeriğini arttırdığını belirlemiştir. Soya fasulyesi bitkisinin demir alımı üzerine EDDHA ürünleri olan racemic 0,0-EDDHA, meso 0,0-EDDHA, O,P-EDDHA ve rest-EDDHA uygulamalarının etkilerini belirlemek için yaptıkları çalışmada, FeEDDHA uygulamalarının bitkinin verimini (% 30) ve bitkinin Fe içeriğini (% 50) artırdığını bildirmişlerdir (Schenkeveld ve ark., 2007). Bitkide beslenme durumlarının değerlendirilmesinde toplam demir analizinin yeterli olmadığını (Chen ve Barrak, 1982) bu nedenle klorofilin oluşumundan sorumlu Fe^{+2} 'nin 'aktif demirin' noksanlığının klorozun nedeni olarak belirtilmiştir (Lang ve Reed, 1987). Kalınbacak (2001), 3 yıl boyunca iki farklı kiraz anacı üzerine aşılı dört kiraz çeşidinde görülen Fe klorozunun giderilmesi için, farklı demir bileşikleri (Kontrol, FeEDDHA; 50g /ağaç/yıl, diğer bileşikler olan Hümik asit, $FeSO_4$, Hümik asit+ $FeSO_4$; 300 g /ağaç/yıl) uygulamıştır. Sonuçta kiraz ağaçlarında demir klorozunun giderilmesi için denemede kullanılan dört demir bileşiklerinden 50 g/ağaç/yıl olarak uygulanan FeEDDHA'nın en iyi bileşik olduğu belirlenmiştir. Ancak 300 g/ağaç/yıl olarak uygulanan Hümik asit + $FeSO_4$ kombinasyonunda FeEDDHA'ya alternatif bir kaynak olduğu bildirilmiştir. Tokat yöresinde şeftali ağaçlarında yaygın olarak görülen demir klorozunun giderilmesi için farklı humik bileşikleri ve demir (ağaç başına $FeSO_4 \cdot 7H_2O$; 250-500 g, FeEDDHA; 100-200 g, Fe-Humat; 200-400 g, Humat; 30-60 ml, $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ + Humat) uygulamaları yaptığı bir çalışmada, klorozun önlenmesinde en uygun FeEDDHA uygulamasının olduğunu belirtmiştir. Ancak maliyetinin yüksek olması nedeniyle demir sülfat ile hümik asidin belli oranlarda kullanılarak uygulanmasının yapılabileceğini belirtmiştir (Karaman, 2002). Asri ve Sönmez (2010), domates bitkisinin kuru madde verimi, demir ve klorofil içeriği üzerine potasyum (150, 300 ve 450 mg/kg) ve demir (1 ve 3 mg/kg) uygulamaların etkisini araştırdıkları bir çalışmada, yaprakların toplam demir, aktif demir, klorofil a, b ve a+b içerikleri üzerine demir uygulamaların; bitki kuru madde verimi üzerine potasyum ve demir uygulamaları arasındaki interaksiyonun etkisinin istatistiki bakımdan önemli olduğunu belirlemişlerdir. Ayrıca bitkinin toplam ve aktif demir kapsamları ile klorofil içeriklerinin artan demir uygulamalarına bağlı olarak arttığını bildirmişlerdir. Artan

potasyum ve demir uygulamaları ile bitki kuru madde veriminin de arttığını belirtmişlerdir.

Bu çalışmanın amacı, sera koşullarında yetiştirilen ıspanak bitkisine farklı demir bileşikleri ve hümitik asit uygulamaların toplam ($Fe^{+2}+Fe^{+3}$) ve aktif (Fe^{+2}) Fe, klorofil a, b ve a+b kapsamları, verim ve bazı besin elementleri içeriğine etkilerini belirlemektir. Ayrıca bitkilerin demir beslenmesi bakımından hümitik + fulvik asit uygulamalarının FeEDDHA (% 6 Fe)'ya alternatif olup olamayacağını tespit etmektir.

2. Materyal ve Metot

Deneme Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü bilgisayar kontrollü araştırma serasında yürütülmüştür. Deneme süresince sera içi sıcaklığının 25 ± 3 °C, Solar radyasyonun 1750 ± 50 kcal/m² ve nispi nemin 60 ± 10 olması sağlanmıştır. Tesadüf parselleri deneme desenine göre dört yinelemeli olarak planlanan sera denemesinde saksılara Çizelge 1'de özellikleri verilen topraktan fırın kuru ağırlık esasına göre 2000 g konulmuştur.

Çizelge 1. Deneme Toprağının Bazı Özellikleri

Özellikler	Sonuçlar	Özellikler	Sonuçlar
pH (1:2.5 toprak:su)	7.05	K (mg kg ⁻¹)	740
EC (1:5 toprak:su, µS/cm)	320	Ca (mg kg ⁻¹)	5328
Org. madde (%)	0.71	Mg (mg kg ⁻¹)	205
Kireç (%)	33.0	Na (mg kg ⁻¹)	16.1
Kum (%)	51.0	Fe (mg kg ⁻¹)	1.48
Silt (%)	21.4	Zn (mg kg ⁻¹)	0.38
Kil (%)	27.6	Mn (mg kg ⁻¹)	6.95
Tekstür sınıfı	SCL	Cu (mg kg ⁻¹)	0.52
P (mg kg ⁻¹)	41.0	B (mg kg ⁻¹)	1.58

Denemede kullanılan toprak nötr reaksiyonlu, hafif tuzlu, çok az organik madde, çok fazla kireç içeriğine ve kumlu killi tın bünyeye sahiptir. Deneme toprağı bitkiler için yetersiz düzeyde Fe ve Zn içeriğine sahiptir. Topraktaki P, K, Ca, Mg, Cu, Mn ve B miktarları bitkiler için yeterli düzeydedir (Ülgen ve Yurtsever, 1974) seviyededir (Çizelge 1). Denemede uygulanan farklı demir bileşiklerinin ve hümitik asit uygulamaların toprakta bitkiye yararışlı besin elementlerinin alımına etkisinin olup olmadığını belirlemek için özellikle demir içeriğı yetersiz olan (1.48 ppm Fe) bir toprak kullanılmıştır.

Ekim öncesi toprağa 100 mg N kg⁻¹ [Ca(NO₃)₂] ve 50 mg P₂O₅ kg⁻¹ [KH₂PO₄] uygulanmıştır. Denemede ıspanak bitkisine 1. Kontrol, 2. FeSO₄. 7H₂O (% 19 Fe), 3. FeEDDHA (% 6 Fe) , 4. 250 ppm hümic + fulvik asit sağlayan TKİ-Hümas ile, 5. 500 ppm hümic + fulvik asit sağlayan TKİ-Hümas, 6. FeSO₄. 7H₂O + 250 ppm hümic + fulvik asit sağlayan TKİ-Hümas, 7. FeSO₄. 7H₂O + 500 ppm hümic + fulvik asit sağlayan TKİ-Hümas ve 8. %0.96 Fe içeren TKİ-Hümas olmak üzere 8 adet uygulama konusu bulunmaktadır. Bütün uygulamalar ekim öncesi topraktan yapılmıştır. Demir içerikli kaynaklarla toprağa 12 mg kg⁻¹ Fe olacak şekilde ekim öncesi uygulama yapılmıştır. Deneme 7 uygulama kaynağı x 4 tekrür =28 saksı + 4 kontrol = 32 saksıda yürütülmüştür.

Denemede piyasada tutulan PAYRS f1 çeşidi ıspanak yetiştirilmiştir. Her saksıya 8 adet tohum ekilmiş ve çimlenme sonrası her saksıda 3 bitki kalacak şekilde seyreltme yapılmış ve 45 günlük gelişmeden sonra hasat yapılmıştır.

Denemede ekim yapıldıktan sonra saksılardaki toprağın nemi deiyonize su ile tarla kapasitesi seviyesine çıkarılmıştır. Ayrıca deneme süresince toprağın nemi deiyonize su ile tarla kapasitesinde tutulan nemin %75 olacak şekilde sulama yapılmıştır. Bitkilerin topraktan makro ve mikro elementleri alımını belirlemek için hasat işlemi, ıspanaklar toprak yüzeyinden paslanmaz çelik bıçakla kesilerek yapılmıştır. Her saksıdan hasat edilen ıspanakların taze ağırlıkları belirlendikten (g saksı⁻¹) sonra örnekler önce musluk suyu sonra sırasıyla 0.1 N HCl çözeltisi, iki kez saf su ve bir kez de deiyonize saf su ile yıkanmıştır. Daha sonra hava sirkülasyonlu kurutma dolabında 70 °C'de sabit ağırlığa gelene kadar kurutulmuştur. Kuruyan numuneler tungsten kaplı bitki öğütme değirmeninde öğütülmüştür. Polietilen kaplarda muhafaza edilen öğütülmüş numuneler analiz öncesi tekrar 70 °C'de kurutulmuştur. Bu numunelerden 0.2 g tartılarak 5 ml HNO₃+2 ml H₂O₂ eşliğinde yüksek sıcaklık (210 °C) altında mikrodalga cihazında (CEM MarsXpress) çözüldürülmüştür. Çözüldürülen numunelerdeki besin elementi miktarları ICP-AES (Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometer) (Varian-Vista Model) cihazında belirlenmiştir. Aktif demir (Fe⁺²) modifiye Llorente ve ark., (1976) yöntemine göre 1 N HCl çözeltisinden elde edilen süzüklerdeki demir içeriği ICP-AES cihazı ile belirlenmiştir. Klorofil a ve klorofil b tayini yaprakların asetonla parçalanması sonucu elde edilen ekstraktlarda spektrofotometrik olarak belirlenmiştir (Williams, 1984). Toplam klorofil, klorofil a ve b miktarlarının toplanması ile elde edilmiştir.

Araştırmada elde edilen sayısal değerlerin istatistiksel analizinde JUMP 5.0.1a paket programından yararlanılmıştır.

3. Araştırma Bulguları ve Tartışma

ıspanak bitkisinin aktif ve toplam demir, yaş ve kuru ağırlık, klorofil a, b ve a+b kapsamı üzerine etkileri Çizelge 2'de verilmiştir. ıspanak yapraklarının aktif ve toplam Fe, yaş ve kuru ağırlık, klorofil a, b ve a+b kapsamı farklı demir bileşikleri ve TKİ-Hümas uygulamalarına bağlı olarak değişmiştir. Sera

koşullarında yetiştirilen ıspanak bitkisinin yaş ve kuru madde verimleri üzerine uygulama konularının istatistiki olarak %0.1 seviyesinde önemli bulunması, ıspanak bitkisi veriminin uygulama konularına göre değiştiğinin göstergesidir. (Çizelge 2). Uygulama konularının ortalaması olarak ıspanak bitkisinin yaş ve kuru madde verimleri kontrole göre sıra ile %33-34 ve %37-40 oranında artışla en fazla 3 (FeEDDHA), 6 (FeSO₄. 7H₂O + 250 ppm hümik + fulvik asit sağlayan TKİ-Hümas) ve 7 (FeSO₄. 7H₂O + 500 ppm hümik + fulvik asit sağlayan TKİ-Hümas) nolu uygulamalar ile elde edilmiştir (Çizelge 3). Ayrıca farklı demir bileşikleri ve TKİ-Hümas uygulamaları ile ıspanak bitkisinin yaş ve kuru madde verimleri kontrole göre artmakla birlikte yaş verimleri %7 ile %34 arasında değişen oranlarda artarken kuru madde verimleri %12 ile %40 arasında değişen oranlarda artmıştır (Çizelge 3). Bazı araştırmacılar (Chain ve Aviad, 1990; Padem ve Öcal, 1998) humik asitlerin bitki büyümesi ve gelişimi üzerinde etkili olduğunu, düşük miktarlarda uygulandığında gelişimi olumlu yönde etkilediğini; bununla beraber fazla miktarda uygulandığında gelişim üzerinde etkisiz veya olumsuz etkilere sahip olduğunu belirtmişlerdir. Schenkeveld ve ark., (2007) soya fasulyesi bitkisine demir uygulamaların bitkinin verimini ve bitkinin demir kapsamını artırdığını belirtmişlerdir. Bulgularımızı doğrular bir şekilde humik asit uygulanmasıyla ıspanak (Zengin ve ark., 2010) bitkisinde; demir uygulamasıyla domates bitkisi (Asri ve Sönmez, 2010) ve kiraz (Kalınbacak, 2001) ağaçlarının verimlerinin arttığı belirlenmiştir.

Çizelge 2. Farklı Demir Bileşikleri ve TKİ-Hümas Uygulamaların Ispanak Bitkisinin Aktif ve Toplam Fe, Yaş ve Kuru Ağırlık, Klorofil a, b ve a+b Kapsamları Üzerine Etkilerine Ait Varyans Analiz Sonuçları

Varyans Kaynağı	S.D.	Kareler ortalaması						
		Aktif Fe	Toplam Fe	Yaş Ağırlık	Kuru Ağırlık	Klorofil a	Klorofil b	Klorofil a+b
Genel	31	6292.79	102146	417.68	11.37	39.58	0.14	42.77
Uygulama	7	5410***	94706***	400***	10.6***	38.6***	0.12***	41.8***
Hata	24	882.18	7440	17.04	0.75	1.01	0.02	0.94
C.V.	-	5.36	8.82	2.41	3.31	1.54	2.41	1.37

***p<0.001

Ispanak yapraklarının aktif (Fe⁺²) ve toplam demir içerikleri üzerine farklı demir bileşikleri ve hümik asit uygulamaların etkileri uygulama konusuna göre farklılık göstermiş olup bu farklılık istatistiki olarak (p<0.001) önemli bulunmuştur (Çizelge 2). Bütün uygulamalarda yaprakların toplam demir kapsamı Jones ve ark (1991)'nin ıspanak için belirttiği sınır değerlerine (60-200 ppm) göre yeterli düzeydedir. Yaprakların aktif demir (Fe⁺²) kapsamı kontrole göre %19 (%0.96 Fe içeren TKİ-Hümas) ile %47 (FeSO₄. 7H₂O + 500 ppm hümik + fulvik asit sağlayan

TKİ-Hümas) arasında değişen oranlarda artmıştır. Yaprakların aktif demir kapsamında kontrole göre en yüksek artış sağlayan (FeEDDHA, 500 ppm hümik + fulvik asit sağlayan TKİ-Hümas, 500 ppm hümik + fulvik asit sağlayan TKİ-Hümas) 3, 5 ve 7 nolu uygulamalar arasındaki farklar istatistiki olarak önemli değildir. Yaprakların toplam demir ($Fe^{+2}+Fe^{+3}$)kapsamları farklı uygulamalar ile kontrole göre %20 ile 2.6 kat arasında değişen oranlarda artmakla birlikte en yüksek toplam demir $FeSO_4 \cdot 7H_2O + 500$ ppm hümik + fulvik asit sağlayan TKİ-Hümas (296.8 mg kg^{-1}) uygulaması ile elde edilirken bunu $FeSO_4 \cdot 7H_2O + 250$ ppm hümik + fulvik asit sağlayan TKİ-Hümas (256 mg kg^{-1}) ve FeEDDHA (237.3 mg kg^{-1}) uygulamaları takip etmiştir. (Çizelge 3). Kant (2001) ve Asrı ve Sönmez (2010) gibi araştırmacılar demir uygulaması ile bitkilerin demir kapsamları sonuçlarımıza benzer şekilde arttığını bulmuşlardır. Bunun yanında aktif demir/toplam demir oranı 0.43 ile 0.76 arasında değişmekte olup bu oran en yüksek kontrolde olup bunu yaprakların aktif ve toplam demir kapsamında en az artışa neden olan 8 nolu %0.96 Fe içeren TKİ-Hümas (0.75) uygulaması izlemiştir. Diğer uygulamalarda bu oran kontrole göre daha düşük olmuştur. Bunun nedeni farklı uygulamalar ile ıspanak yapraklarının toplam demir kapsamlarının aktif demir kapsamlarına göre daha fazla artmasından kaynaklanmaktadır. Ispanak yapraklarında belirlenen aktif ve toplam demir kapsamları ve aktif demir/toplam demir oranları demirin bitkilerde metabolik fonksiyonlarını yerine getirebilmesi için aktif (Fe^{+2}) ve toplam demir ($Fe^{+2}+Fe^{+3}$) konsantrasyonları yanında toplam demir içindeki aktif demir oranı da önemli olduğunu ifade eden Gezgin ve Er (2001)'e göre ıspanak bitkisinin gelişmesini olumsuz yönde etkileyecek düzeyde değildir.

Çizelge 3. Farklı Demir Bileşikleri ve TKİ-Hümas Uygulamaların İspanak Bitkisinin Aktif ve Toplam Fe, Yaş ve Kuru Ağırlık, Klorofil a, b ve a+b Kapsamları Üzerine Etkileri

Uyg .*	Aktif Fe ----- mg kg ⁻¹ -----	Toplam Fe	AFe/TF e	Yaş Ağırlık -----g/saksı-----	Kuru Ağırlık	Klorofil a	Klorofil b	Klorofil a+b
						-----mg L ⁻¹ -----		
1	86.9 f	113.9 d	0.76	29.2 e	4.3 e	10.51 e	1.01 e	11.52 f
2	106.9 de	182.8 c	0.58	35.9 b	5.6 b	13.37 d	1.08 d	14.45 e
3	126.2 a	237.3 b	0.53	38.8 a	5.9 a	14.03 ab	1.15bc	15.18 ab
4	113.4 cd	169.9 c	0.67	32.6 c	5.0 cd	13.69 c	1.08 d	14.77 cd
5	125.1 ab	184.1 c	0.68	34.8 b	5.2 c	14.20 a	1.16 b	15.36 a
6	116.4bc	256.0 b	0.45	38.7 a	6.0 a	13.53 cd	1.12 cd	14.65 de
7	127.4 a	296.8 a	0.43	39.1 a	6.0 a	13.82bc	1.23 a	15.05bc
8	103.3 e	137.1 d	0.75	31.3 d	4.8 d	13.32 d	1.14bc	14.46 e
LSD (0.05)	8.85	25.69	-	1.23	0.26	0.30	0.04	0.29

* Uygulama konuları: 1. Kontrol, 2. FeSO₄. 7H₂O (% 19 Fe), 3. FeEDDHA (% 6 Fe) , 4. 250 ppm hümik + fulvik asit sağlayan TKİ-Hümas, 5. 500 ppm hümik + fulvik asit sağlayan TKİ-Hümas, 6. FeSO₄. 7H₂O + 250 ppm hümik + fulvik asit sağlayan TKİ-Hümas, 7. FeSO₄. 7H₂O + 500 ppm hümik + fulvik asit sağlayan TKİ-Hümas ve 8. %0.96 Fe içeren TKİ-Hümas

Yaprakların klorofil a, b ve a+b içerikleri üzerine uygulama konularının etkisi istatistiki olarak %0.1 seviyesinde önemli bulunması, ıspanak bitkisi yapraklarının klorofil a, b ve a+b kapsamlarının uygulama konularına göre değiştiğinin göstergesidir (Çizelge 3). Bitki yapraklarının klorofil a, b ve a+b içerikleri kontrole göre artmıştır. Ayrıca farklı demir bileşikleri ve TKİ-Hümas uygulamaları ile ıspanak klorofil a, b ve a+b kapsamları kontrole göre sırasıyla %27-35, %7-22 ve %25-33 arasında değişen oranlarda artmıştır (Çizelge 3). Demir her ne kadar klorofil molekülünün yapısına girmiyorsa da klorofilin bitkideki sentezinde önemli rol oynamaktadır (Marschner, 2002). Demir içeriğine bağlı olarak bitki yapraklarında klorofil ve ferrodoksin miktarları değişmekle birlikte demir artışına bağlı olarak klorofil ve ferrodoksin miktarları da artmaktadır (Kacar ve Katkat, 2007). Çalışmamızda belirttiğimiz gibi farklı demir bileşiklerinin uygulamasına bağlı olarak ıspanak bitkisinin klorofil a, b ve a+b içeriği de değişmektedir.

Çizelge 4. Farklı Demir Bileşikleri ve TKİ-Hümas Uygulamaların Ispanak Bitkisinin Makro Besin Elementi Kapsamları Üzerine Etkilerine Ait Varyans Analiz Sonuçları

Varyans Kaynağı	S.D.	Kareler ortalaması					
		N	P	K	Ca	Mg	S
Genel	31	5.52	0.12	3.50	5.94	0.05	0.03
Uygulama	7	4.38**	0.10**	2.71**	5.67**	0.04**	0.02**
Hata	24	1.15	0.02	0.79	0.27	0.01	0.01
C.V.	-	5.33	6.17	4.06	5.24	7.69	6.40

**p<0.01

Farklı demir bileşikleri ve hümik asit uygulamaların ıspanak yapraklarının N, P, K, Ca, Mg, S, Mn, Zn, Cu ve B kapsamları üzerine etkileri istatistiki olarak (p<0.01) önemli bulunmuştur (Çizelge 4 ve 5). Ispanak yapraklarının besin elementi kapsamlarının istatistiki bakımdan önemli olması bu besin elementlerin farklı demir bileşikleri ve hümik asit uygulamalarına bağlı olarak değiştiğini göstermektedir (Çizelge 5 ve 6). Nitekim bulgularımızı doğrular bir şekilde Padem ve Öcal (1998), Sözüdoğru ve ark., (1996) ve Pinton ve ark., (1999) yaptıkları çalışmalarla gerek hümik asit gerekse demir uygulamaların bitkilerin besin elementi kapsamları arttırdığını belirtmişlerdir.

Çizelge 5. Farklı Demir Bileşikleri ve TKİ-Hümas Uygulamaların Ispanak Bitkisinin Mikro Besin Elementi Kapsamları Üzerine Etkilerine Ait Varyans Analiz Sonuçları

Varyans Kaynağı	S.D.	Cu	Mn	Zn	B
Genel	31	23.55	4893	623	3915
Uygulama	7	14.19**	4214**	466**	3271**
Hata	24	9.36	678	156	644
C.V.	-	7.20	6.98	7.75	8.94

Çizelge 6. Farklı Demir Bileşikleri ve TKİ-Hümas Uygulamaların Ispanak Bitkisinin Mikro Besin Elementi Kapsamları Üzerine Etkileri

Uyg.*	N	P	K	Ca	Mg	S
	-----%-----					
1	3.53e	0.36d	4.01d	1.49e	0.22d	0.23c
2	4.36bc	0.38d	4.68ab	2.18c	0.27c	0.29ab
3	4.04cd	0.53a	4.78a	1.58e	0.29bc	0.28ab
4	3.61e	0.44c	4.64ab	2.54b	0.31 ab	0.28ab
5	4.12bcd	0.46bc	4.86a	2.71a	0.31 ab	0.30a
6	3.96d	0.43c	4.23cd	2.01d	0.28bc	0.26b
7	4.38b	0.50ab	4.18cd	1.97d	0.32 a	0.28ab
8	4.70a	0.38d	4.42bc	1.57e	0.23d	0.24c
LSD (0.05)	0.32	0.04	0.26	0.15	0.03	0.03

* Uygulama konuları: 1. Kontrol, 2. FeSO₄. 7H₂O (% 19 Fe), 3. FeEDDHA (% 6 Fe) , 4. 250 ppm hümic + fulvik asit sağlayan TKİ-Hümas, 5. 500 ppm hümic + fulvik asit sağlayan TKİ-Hümas, 6. FeSO₄. 7H₂O + 250 ppm hümic + fulvik asit sağlayan TKİ-Hümas, 7. FeSO₄. 7H₂O + 500 ppm hümic + fulvik asit sağlayan TKİ-Hümas ve 8. %0.96 Fe içeren TKİ-Hümas

Bitki yaprakların makro ve mikro besin elementi kapsamları uygulama konularına göre değişiklik göstermekle birlikte kontrole göre artmıştır. Ispanak yaprakların N, P, K, Ca, Mg ve S konsantrasyonları kontrole göre artmakla birlikte N (% 2-33), P (%5-50), K (%4-21) arasında değişen oranlarda artmıştır. Farklı demir bileşikleri ve hümic asit uygulamaların ıspanak yapraklarının Cu, Mn, Zn ve B konsantrasyonları kontrole göre değişen oranlarda artmakla birlikte mikro besin elementlerinden en fazla artış sırasıyla B (%8-68), Mn (%17-62), Zn (%8-47) ve Cu (%1-28)'da elde edilmiştir. Farklı demir bileşikleri ve hümic asit uygulamaların ıspanak yapraklarının Cu, Zn ve B kapsamları üzerine etkisi Çizelge 7'nin incelenmesiyle de görüleceği gibi en fazla FeEDDHA uygulaması ile belirlenmiştir. Schenkeveld ve ark., (2007), soya fasulyesi bitkisinin besin elementi alımında farklı demir bileşiklerinin etkisini incelemiş ve bulgularımızı destekler biçimde FeEDDHA'nın diğer demir bileşikleri içinde en etkili demir kaynağı olduğunu belirlemişlerdir.

Çizelge 7. Farklı Demir Bileşikleri ve TKİ-Hümas Uygulamaların Ispanak Bitkisinin Mikro Besin Elementi Kapsamları Üzerine Etkileri

Uyg.*	Cu	Mn	Zn	B
	-----mg kg ⁻¹ -----			
1	7.92c	56.e	27.6e	44.4e
2	8.78cbc	77.3b	29.7de	47.8de
3	10.10a	65.7d	40.3a	74.4a
4	8.72bc	88.0a	30.9cde	57.8c
5	8.32bc	90.8a	31.9cd	65.9b
6	8.41bc	68.8cd	33.9bc	69.3ab
7	8.00c	75.2bc	37.1ab	52.2cd
8	9.20ab	87.6a	32.6cd	51.8cde
LSD (0.05)	0.91	7.76	3.73	7.56

* Uygulama konuları: 1. Kontrol, 2. FeSO₄. 7H₂O (% 19 Fe), 3. FeEDDHA (% 6 Fe) , 4. 250 ppm hümik + fulvik asit sağlayan TKİ-Hümas, 5. 500 ppm hümik + fulvik asit sağlayan TKİ-Hümas, 6. FeSO₄. 7H₂O + 250 ppm hümik + fulvik asit sağlayan TKİ-Hümas, 7. FeSO₄. 7H₂O + 500 ppm hümik + fulvik asit sağlayan TKİ-Hümas ve 8. %0.96 Fe içeren TKİ-Hümas

Farklı demir bileşikleri ve hümik asit uygulamaların sera koşullarında yetiştirilen ıspanak bitkisinin toplam demir, aktif demir, kuru ağırlık, klorofil a, b ve a+b kapsamları ile yaprakların N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Mn, Zn ve B konsantrasyonları arasındaki korelasyon katsayıları Çizelge 8’de verilmiştir. Yaprakların toplam demir içeriği ile aktif demir, kuru madde verimi, klorofil a, b ve a+b, P, Mg, Zn ve B konsantrasyonları arasında istatistiksel olarak önemli korelasyon ilişkileri belirlenmiştir. Ayrıca ıspanak bitkisi yapraklarının aktif demir kapsamı ile kuru madde verimi, klorofil a, b ve a+b, P, K, Ca, Cu, Mg, Zn ve B konsantrasyonları arasında istatistiksel olarak önemli korelasyon ilişkileri tesbit edilmiştir (Çizelge 8). Bitkilerin beslenme durumlarının belirlenmesinde toplam demirin yeterli olmadığı Chen ve Barak (1982) bu nedenle klorofil oluşumunda sorumlu olan aktif demirin noksanlığının klorozun nedeni olduğu (Lang ve Reed, 1978) belirtilmiştir. Çizelge 8’ de de görülebileceği gibi klorofil a,b ve a+b, bitki beslenmesinde önemli olan besin elementlerle (P, K, Ca, Mg, Cu, Zn ve B) aktif demir arasındaki istatistiki olarak önemli ve yüksek korelasyon ilişkisi bunun bir göstergesidir.

Çizelge 8. Farklı Demir Bileşikleri ve TKİ-Hümas Uygulamaların Ispanak Bitkisinin Toplam ve Aktif Demir, Kuru Ağırlık, Klorofil a,b ve a+b Kapsamlarının Besin elementleri İle İlgili Korelasyon Katsayıları

	Toplam Fe	Aktif Fe	Kuru Ağırlık	Klorofil a	Klorofil b	Klorofil a+b
Aktif Fe	0.70***					
Kuru Ağırlık	0.85***	0.67***				
Klorofil a	0.49**	0.81***	0.69***			
Klorofil b	0.65***	0.69***	0.59***	0.65***		
Klorofil a+b	0.50**	0.82***	0.69***	1.00***	0.69***	
N	0.12	0.25	0.23	0.42*	0.54**	0.44*
P	0.60***	0.74***	0.62***	0.60*	0.59***	0.61***
K	-0.05	0.43**	0.19	0.60***	0.13	0.58***
Ca	0.06	0.39*	0.13	0.51**	0.11	0.50**
Mg	0.55**	0.73***	0.56***	0.70***	0.53***	0.70***
S	0.38*	0.70	0.49**	0.69***	0.35*	0.69***
Cu	-0.05	0.09***	0.19	0.31	0.08	0.30
Mn	-0.16	0.28	-0.02	0.58***	0.32**	0.58***
Zn	0.63***	0.60***	0.66***	0.52***	0.69***	0.54***
B	0.41*	0.59***	0.49**	0.56***	0.32*	0.56***

p<0.01; *p<0.001

Sonuçta, farklı demir bileşikleri ve hümik + fulvik asit kaynağı olarak farklı dozlarda TKİ-Hümas (TKİ-Hümas= Sıvı, % 5 Organik Madde, % 12 Humik+Fulvik asit, pH=11) uygulamalarının ıspanak bitkisinin toplam ($Fe^{+2}+Fe^{+3}$) ve aktif (Fe^{+2}) demir, klorofil a, klorofil b, klorofil a+b ve verim üzerine etkileri uygulamalara bağlı olarak değişiklik göstermiştir. Ispanak bitkisinin yaş ve kuru madde verimleri ve toplam ($Fe^{+2}+Fe^{+3}$) ve aktif (Fe^{+2}) demir kapsamlarında kontrole göre en fazla artışı $FeSO_4 \cdot 7H_2O + 500$ ppm hümik + fulvik asit sağlayan TKİ-Hümas, $FeEDDHA + 250$ ppm hümik + fulvik asit sağlayan TKİ-Hümas uygulamaları sağlamıştır. Ayrıca bitkinin yaş ve kuru ağırlıkları ve toplam ($Fe^{+2}+Fe^{+3}$) ve aktif (Fe^{+2}) demir kapsamları bakımından bu uygulamalar arasında istatistiki bakımından bir fark bulunmamıştır. Bu nedenle demir noksan topraklarda ıspanak bitkisinin demir ihtiyacının karşılanması için çok pahalı olan $FeEDDHA$ (%6 Fe) yerine toprağa 12 ppm demir ve 250 ppm hümik+fulvik asit sağlayan 6 nolu $FeSO_4 \cdot 7H_2O + 250$ ppm hümik + fulvik asit sağlayan TKİ-Hümas uygulamasını önerebiliriz.

Kaynaklar

Asri, F.Ö., ve Sönmez, S., 2010. Farklı Düzeylerdeki Potasyum ve Demir Uygulamalarının Perlit Ortamında Yetiştirilen Domates Bitkisinin Demir ve Klorofil İçeriği Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi. 5. Ulusal Bitki Besleme ve Gübre Kongresi. 15-17 Eylül 2010. İzmir. Syf: 183-189.

Chain, Y., and Avid, T., 1990. Effect of Humic Substances on Plant Growth. in: Humic Substances in Soil and Crop Science; Selected Readings, *American Society of Agronomy and Soil Science Society of America*. Madison, PP. 161–186.

Chen, Y. and Barak, P., 1982. Iron nutrition of plants on calcareous soils. *Adv. Agron.* 35: 217 - 240.

Çakmak, İ., 2002. Plant nutrition Research: Priorities to Meet Human Needs for Food in Sustainable Ways. *Plant and Soil* 247: 3-24.

Çakmak, İ., 2002., Plant nutrition research: Priorities to meet human needs for food in sustainable ways *Plant and Soil* 247: 3–24.

Eyüpoğlu, F., Kurucu, N., ve Talaz, S., 1998. Türkiye Topraklarının Bitkiye Yararlı Mikroelementler Bakımından Genel Durumu. T.C. Başbakanlık Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Toprak ve Gübre Araştırma Ens. Müd. Genel Yayın: 217, Seri No: R-133, Ankara.

Gezgin, S., Er, F., 2001. Relationship Between Total and Active Iron Contents of Leaves and Observed Chlorosis in Vineyards in Konya-Hadim - Aladag Region of Turkey. *Commun. Soil Sci. Plant Analy.* 32 (9 and 10):1513-1521.

Gezgin, S., Dursun, N., Hamurcu, M., Harmankaya, M., Onder, M., Sade, B., Topal, A., Soylu, S., Akgun, N., Yorgancılar, M., Ceyhan, E., Ciftci, N., Acar, B., Gültekin, İ., Isık, Y., Seker, C. and Babaoğlu, M., 2001. Determination of B Contents of Soils in Central Anatolian Cultivated Lands and its Relations Between Soil and Water Characteristics. *Boron in Plant and Animal Nutrition*. Edited by Goldbach et al., Kluwer Academic/ Plenum Publishers, New York.

Jones, J.R., Wolf, B. ve Mills, H.A., 1991. *Plant Analysis Handbook*. Micro Macro Publishing, Inc.

Kacar, B., ve Katkat, V., 2007. *Bitki Besleme Kitabı*. Nobel Yayınları. No:849, 3. Baskı, Ankara.

Kalınbacak, K., 2001. Değişik anaçlar üzerine aşılı bazı kiraz çeşitlerine humik asitle birlikte uygulanan demirin vegetatif ve generatif gelişmeye etkisi. *Ankara Üniv. Fen Bilimleri Ens. Doktora Tezi*.

Kansal, B. D., Singh, B., Bajaj, K.L. and Kaur, G., 1981. Effect of Different Levels of Nitrogen and Farmyard Manure on Yield and Quality of Spinach (*Spinacea oleracea L.*). *Qual. Plant. Plant Foods Hum. Nutr.* 31: 163–170.

- Kant, C., 2001. Su Kültürü Ortamında Farklı Dozlarda Uygulanan Cu, Mn, Zn ve Fe'in Domatesin Gelişimi ve Mineral İçeriğine Etkisi. Atatürk Üniv. Fen Bilimleri Ens. (Yüksek Lisans Tezi)
- Karaman, M. R., 2002. Tokat Yöresi Şeftali Ağaçlarında Demir Klorozunun Önlenmesinde Demir ve Humat Uygulamalarının Etkinliği. Tarım Bilimleri Dergisi ,9(1)29-34.
- Lang, H. J. and D. W. Reed,1987. Comparison of HCl extraction versus total iron analysis for iron tissue analysis. J. of Plant Nutri. 10(7): 107 - 116.
- Llorente, S., Leanon, A., Torrecillas, S, and Alcaraz, C., 1976. Leaf Iron Fractions ad Their Relation with Iron Chlorosis in Citrus. Agrochemicia,20:204-212.
- Marschner, H., 2002. Mineral Nutrition of Higher Plants. Institute of Plant Nutrition University of Hohenheim Federal Republic of Germany. Academic Press.
- Padem, H., Öcal, A., 1998. Effect of Humic Acid Added Foliar Fertilizer on Some Nutrient Content of Eggplant and Pepper Seedlings. XXVth Int. Hort. Congress, Benelux, Brussels, 17 August 1998, Abstract Book, 180 pp.
- Pinton, R., Cesco, S., Santi, S., Agnolon, F. and Varanini, Z., 1999. Water-extractable humic substances enhance iron deficiency responses by Fe-deficient cucumber plants. Plant Soil. 210, 145-157.
- Schenkeveld, W.D.C., Dijcker, R., Reichwein, A. M., Temminghoff, E.J.M. and Riemsdijk W. H., 2007. The effectiveness of soil-applied FeEDDHA treatments in preventing iron chlorosis in soybean as a function of the o,o-FeEDDHA content. Plant Soil 303:161-176.
- Sözüdoğru, S., Küçük, A. C., Yalçın, R. ve Usta, S., 1996. Humik asidin fasulye bitkisinin gelişimi ve besin maddeleri alımı üzerine etkisi. Ankara Üni. Zir. Fak. Yayın No: 1452.
- Tüik, 2010. <http://www.tuik.gov.tr/bitkiselapp/bitkisel.zul>
- Ülgen, N., N. Yurtsever, 1974. Türkiye Gübre ve Gübreleme Rehberi. Köyşleri ve Kooperatifler Bakanlığı, Toprak Gübre Araşt. Enst. Yay. No: 28, Ankara.
- Zengin, M., Gökmen, F., ve Gezgin, S., 2010. Kimyasal Gübreler ve Hüyük Asit Uygulamaların Ispanakta Verim ve Verim Unsurlarına Etkileri. Türkiye IV. Organik Tarım Sempozyumu. 28 Haziran-1 Temmuz 2010. Erzurum.
- Welch, R. M. 2002. The impact of mineral nutrients in food crops on global human health Plant and Soil 247: 83–90.
- William, S., 1984. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemist. Published by the Association of Official Analytical Chemist. Inc. Wircinia. 22 209, USA. 140 pp 59-60.