

Mısır Bitkisinin Gelişimi ve Beslenmesi Üzerine Hümik Asit ve NPK Uygulamalarının Etkisi

K. Mesut ÇİMRİN¹

Siyami KARACA¹

Mehmet Ali BOZKURT¹

Geliş Tarihi: 01.02.2001

Özet: Bu çalışmada, toprağa azot, fosfor ve potasyumlu gübre kombinasyonları ile hümik asit uygulamalarının mısır bitkisinin gelişmesi ve mineral beslenmesine etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla toprağa katı ve sıvı formda 1000 mg/kg hümik asit ile iki farklı gübre kombinasyonu NPK/2 (150 mg N/kg + 50 mg P/kg + 40 mg K/kg) ve NPK (300 mg N/kg + 100 mg P/kg + 80 mg K/kg) uygulanmıştır. Gübre kombinasyonları ile birlikte hümik asit uygulamaları, mısır bitkisinin kuru ağırlığı ile bitkinin N, P, K, Fe, Zn ve Mn kapsamalarını çok önemli düzeyde artırırken, Ca ve Mg kapsamalarını azaltmışlardır. Gübre kombinasyonu uygulanmaksızın sadece hümik asit uygulamaları ise bitkinin K, Ca, ve Mg içeriklerini azaltırken, Fe içeriğini önemli olarak artırmışlardır. Gübre ve hümik asit uygulamaları bitkinin topraktan sömürdüğü N, P, K, Ca, Mg, Fe, Zn ve Mn miktarlarını toprağa göre önemli olarak artırmasına karşılık, sadece hümik asit uygulamaları bitkinin K, Ca ve Mg alımlarını istatistiksel olarak önemsiz olmasına karşın azaltmışlardır. Hümik asitin katı veya sıvı formda verilmesi arasındaki fark, gübresiz uygulamalar içerisinde sadece K içeriğinde önemli olarak bulunmuştur. Gübre dozları ile beraber ise sadece NPK/2 dozunda bitkinin N ve Mn içeriklerinde istatistiksel açıdan önemli farklar bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Mısır, hümik asit, NPK, beslenme, alım

The Effect of NPK and Humic Acid Applications on Growth and Nutrition of Corn Plant (*Zea mays* L.)

Abstract: In this study, it was investigated the effect of combination of nitrogen, phosphorus, potassium and humic acid applications on growth and mineral nutrition of corn plant. For this purpose, solid and liquid form of humic acid and two different fertilizer combination as NPK (300 mg N/kg + 100 mg P/kg + 80 mg K/kg) and NPK/2 (150 mg N/kg + 50 mg P/kg + 40 mg K/kg) have been applied into the soil. Dry weight and N, P, K, Fe, Zn and Mn content of corn plant were significantly increased by applications of fertilizer combination and humic acid, while Ca and Mg contents of plant was decreased. When only humic acid applied, K, Ca and Mg contents of corn plant were significantly decreased, but Fe content of plants was markedly increased. Humic acids with the fertilizer applications were significantly increased corn plant uptakes of N, P, K, Ca, Mg, Fe, Zn and Mn compare to the control. Applications of humic acids were decreased uptakes of K, Ca and Mg but this was not statistically significant. The different among of liquid and solid humic acid applications were significantly affected K content of plant. The different among of liquid and solid humic acid with fertilizer applications were statistically affected only N and Mn contents.

Key Words: Corn, humic acid, NPK, nutrition, uptake

Giriş

Toprakta organik maddenin parçalanma ve ayrışması sonucunda hümik ve fulvik asitlerin oluştuğu bilinmektedir. Oluşan bu asitlerin, toprakta bitki besin elementleri ve toksik bazı elementlerle güçlü kompleksler oluşturdukları belirtilmektedir (Lobartini ve Orioli, 1998; Harper ve ark., 2000). Yapılan çalışmalarda hümik asit ve mineral besin maddelerinin birlikte uygulanmasının bitki kuru ağırlığı, bitkinin besin elementleri içerik ve alımlarını ve tohumun çimlenmesine olumlu etkide bulunduğu belirtilmektedir. Bu nedenle birçok araştırmacı toprağa veya beslenme çözeltilerine hümik asit uygulamışlar ve olumlu sonuçlar aldıklarını bildirmişlerdir (Senesi ve ark., 1990; David, 1991; Fagberno ve Agboola, 1993; Piccolo ve ark., 1993; Wang, 1995; Sözüdoğru ve ark., 1996; Valdrighi ve ark., 1996; Adani ve ark., 1998; Erdal ve ark., 2000). Ferretti ve ark., (1991), hümik maddelerin iyon

alımı, nükleik asit sentezi ve solunum gibi bazı metabolik işlemleri etkilemek sureti ile bitkiler üzerinde doğrudan bir etkiye sahip olduklarını bildirmişlerdir. Diğer yandan bir kısım araştırmalarda hümik asitin bitkinin hücre zarının geçirgenliğini artırarak besin elementlerinin alımına yardım ettiğini öne sürmüşlerdir (Valdrighi ve ark., 1996). Bir kısım araştırmalarda ise hümik maddeler, içerisindeki hormon benzeri maddeler sayesinde bitki gelişimine olumlu etki yaptığı öne sürülmüştür (Casenave de Sanfilippo ve ark., 1990).

Bu çalışmada azot, fosfor ve potasyumun farklı iki kombinasyonu ile birlikte katı veya sıvı formda hümik asit uygulamalarının mısır bitkisinin gelişimi ve bazı bitki besin maddelerinin alımı üzerine etkilerinin saptanması amaçlanmıştır.

¹ Yüzüncü Yıl Üniv. Ziraat Fak. Toprak Bölüm-Van

Materyal ve Yöntem

Araştırma Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi serasında, saksı denemesi olarak yürütülmüştür. Çalışmada kullanılan toprak ve Agrölg ticari isimli, (polymeric polyhydroxy asit, %85 w/w) humik asite ait bazı özellikler Çizelge 1'de verilmiştir. Deneme topraklarında bünye Bouyoucouc hidrometresi ile (Bouyoucouc 1951), organik madde modifiye edilmiş Walkley Black metodu ile (Walkley, 1947), kireç kalsimetrik olarak Allison ve Moodie (1965)'e, pH Jackson (1958)'a, tuz saturasyon çamurunda kondaktivimetre ile (Richard, 1954)'e, yarayışlı fosfor sodyum bikarbonat yöntemiyle (Olsen ve ark., 1954), değişebilir potasyum (Knudsen ve ark., 1982), yarayışlı Fe, Mn, Zn ve Cu DTPA ile çalkalanarak Lindsay ve Norvell (1978)'e göre, Kacar (1994)'ın aktardığı gibi yapılmıştır.

Elde edilen bulgulara göre, siltli-kil bünyeli deneme toprağı; organik maddece fakir, fazla kireçli, tuzluluk sorunu bulunmayıp, yarayışlı fosforca çok fakir, değişebilir potasyum miktarı açısından yeterlidir (Aydeniz, 1985). Yarayışlı mangan ve bakır miktarı yeterli sınırın üstünde olan deneme toprağının, yarayışlı demir ve çinko miktarları noksan düzeydedir (Lindsay ve Norvell, 1978).

Tesadüf parselleri deneme desenine göre dört tekrarlamalı olarak yürütülen araştırmada, 1 kg toprak içerden saksılara test bitkisi olarak 6 adet mısır (*Zea mays L.*) bitkisi ekilmiş ve çimlenmeden sonra bu sayı 4'e düşürülmüştür. Denemede saksılara 1000'er mg/kg katı (HA-k) ve sıvı olacak şekilde humik asit (HA-s, 0.1 N KOH'de çözülmüş), % 21 N içeren amonyum sülfattan hazırlanmış 150 ve 300 mg/kg azot, % 42-44 P₂O₅ içeren triple süper fosfattan 50 ve 100 mg/kg fosfor, % 50 K₂O içeren potasyum sülfattan 40 ve 80 mg/kg potasyum uygulanmıştır. Buna göre deneme konuları aşağıdaki gibi oluşmuştur (Çizelge 2.).

Saf su ile sulanarak 50 günlük gelişme devresinden sonra, hasat edilen bitkilerde kuru ağırlıklar belirlenmiştir. Bu örnekler laboratuvara taşınarak saf su ile yıkanmış, kurutma dolabında 70°C'de kurutularak öğütülmüş ve N, P, K, Ca, Mg, Fe, Zn ve Mn analizleri yapılmıştır (Kacar, 1984). Araştırma sonuçlarının varyans analizi ve ortalamalar arasındaki Duncan testi Costat İstatistiksel paket programı ile belirlenmiş, sonuçlar Düzgüneş ve ark. (1987)'nin bildirdiği şekilde değerlendirilmiştir.

Bulgular ve Tartışma

Farklı miktarlarda azot, fosfor, potasyum ve humik asit uygulamalarının mısır bitkisinin kuru ağırlık, azot (N), fosfor (P), potasyum (K), kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg), demir (Fe), çinko (Zn) ve mangan (Mn) içeriklerine etkisi Çizelge 3'de verilmiştir. Uygulamaların tüm kriterlere etkisi P<0.001 düzeyinde istatistik olarak önemli bulunmuştur. Çalışmada en düşük bitki kuru ağırlığı 2.61 g ile tanık uygulamasında elde edilirken, en yüksek bitki kuru ağırlığı 5.55 g ile NPK+HA-s uygulamasından elde edilmiştir. Humik asitin katı formda uygulanması %20 ve sıvı formda uygulanması %26 oranında tanığa göre bitki kuru

ağırlıklarını artırmış ancak, bu artışlar yapılan Duncan testi sonuçlarına göre önemli bulunmamıştır. Tanık ve sadece humik asit uygulamaları Duncan testi sonuçlarına göre aynı grup içerisinde görülürken, diğer tüm uygulamalar tanık ve saf humik asit uygulamalarından farklı grupları oluşturmuştur. Yarım ve tam doz gübrelerin uygulandığı NPK/2 ve NPK uygulamaları beklendiği şekilde tanığa göre bitki kuru ağırlığını önemli ölçüde artırmışlardır. Fakat, bu uygulamalar ile bu uygulamalara ek olarak humik asit uygulamalarında bitki kuru ağırlığında artışlar gözlenmiştir. Örnek olarak NPK/2 uygulamasında 4.22 g olan bitki kuru ağırlığı NPK/2 ile birlikte 1000 mg/kg katı humik asit (NPK/2+HA-k) uygulandığında 4.47 g olarak, 1000 mg/kg sıvı humik asit uygulandığında (NPK/2+HA-s) ise %18'lik bir artışla 4.98 g olmuştur. Benzer olarak, NPK uygulamasında 4.77 g olan bitki kuru ağırlığı, NPK'ya ek olarak katı formda HA uygulamasıyla (NPK+HA-k) %8.4 artarak 5.17 g olurken, yine NPK'ya sıvı formda HA uygulaması (NPK+HA-s) ile %16'lık bir artışla 5.55 g'a yükselmiştir. Bir başka değişle, NPK uygulamaları olmadan toprağa humik asit uygulamaları bitki kuru ağırlığını artırmış ancak, bu artışlar istatistik açıdan önemli olmaz iken, NPK uygulamalarının her iki dozunda da ek olarak katı veya sıvı formda humik asit uygulanması bitki kuru ağırlığını tanığa göre önemli olarak artırmıştır. Ayrıca, Humik asit uygulamalarının katı ve sıvı olarak yapıldığı bütün uygulamalar göz önüne alındığında, katı formda uygulamaya göre sıvı formda humik asit uygulamaları ile bitki kuru ağırlıklarındaki artışlar da dikkat çekici bulunmuştur. Farklı bitkilerle yapılan araştırmalarda toprağa ve besin çözeltilerine humik asit uygulamalarının bitki kuru ağırlıklarını artırdığı bildirilmektedir (Senesi ve ark., 1990; David, 1991; Fagberno ve Agboola, 1993; Wang, 1995; Valdrighi ve ark., 1996; Adani ve ark., 1998). Diğer yandan Sözüdoğru ve ark., (1996), iki farklı humik asitin, beş ayrı düzeyde ilave edildiği besin çözeltilisinde yetiştirilen fasulye bitkisinde, humik asit uygulamalarının bitki kuru ağırlıklarına önemli bir etkide bulunmadıklarını ancak bazı elementlerin alımını önemli derecede artırdıklarını bildirmişlerdir.

Uygulamaların bitkinin azot içeriğine etkisi P<0.001 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 3). Çalışmada en düşük azot içerikleri sırasıyla HA-s (%0.58), HA-k (%0.73) ve tanık (%0.74) uygulamalarında elde edilirken, en yüksek N içeriği NPK+HA-s uygulamasından (%2.58) elde edilmiştir. NPK/2 uygulaması ile %1.64'e artan bitki azot içeriği NPK/2+HA-k uygulamasında ise %1.79'a çıkmış, fakat Duncan testi sonuçlarına göre her iki uygulama arasında önemli bir fark bulunmayıp aynı grupta yer almışlardır. NPK/2+HA-s uygulaması ile bitki azot içeriği artmış (%2.13) ve önceki iki uygulamadan farklı bir grubu oluşturmuştur. NPK uygulaması ile %2.37'ye artan bitki azot içeriği NPK+HA-k uygulaması ile %2.50'ye, NPK+HA-s uygulamasında ise %2.58'e yükselmiştir. sonuç olarak, gübre uygulaması olmadan HA-k ve HA-s uygulamaları bitki azot içeriğini etkilemez iken, gübre uygulamaları ile birlikte her iki formda HA uygulamaları da sadece gübre uygulamalarına oranla bitki azot içeriğini daha fazla artırmışlardır. Farklı şekilde humik asit ile azot, fosfor ve potasyum uygulamalarının mısır bitkisinin topraktan kaldırdığı N, P, K, Ca, Mg, Fe, Zn ve Mn miktarlarına etkisi Çizelge 4'de verilmiştir. Çizelge 4'ün incelenmesinden

anlaşılabileceği gibi, tüm uygulamalar tanığa göre besin elementleri alımlarını istatistiksel açıdan çok önemli düzeyde ($P < 0.001$) etkilemiştir. Mısır bitkisinin topraktan kaldırdığı N miktarı 17.1 mg ile en düşük tanıkta, en yüksek 144.2 mg ile NPK+HA-s uygulamasından elde edilmiştir. Yapılan Duncan testi sonuçlarına göre gübresiz sadece hümik asit uygulamaları ile tanık aynı grupta ve istatistiksel açıdan birbirlerinden farklı olmamalarına karşın, tanığa göre HA-k uygulaması ile %25 daha fazla azot topraktan sömürülmüştür. Diğer yandan NPK/2 uygulamasında 69.1 mg olan azot alımı NPK/2+HA-k'da 79.0 mg'a, NPK/2+HA-s'da 106.2 mg'a artmıştır. NPK/2+HA-s uygulamasında elde edilen azot alımı NPK/2 ve NPK/2+HA-k uygulamalarından istatistiksel olarak yüksek bulunmuştur. NPK ve NPK'ya ek olarak hümik asit uygulamaları ile yukarıdakine benzer olarak, NPK'da 112.1 mg olan azot alımı, NPK+HA-k'da 129.4 mg, NPK+HA-s'da ise 144.2 mg olarak bulunmuştur. NPK+HA-s uygulamasında ulaşılan azot alımı Duncan testi sonuçlarına göre, NPK uygulamasından farklı ve yüksek bulunmuştur (Çizelge 4). Bir başka ifade ile hümik asit uygulamaları, mısır bitkisinin topraktan sömürdüğü azot miktarını her durumda artırmaya karşılık, gübrelerle birlikte uygulandıklarında istatistiksel açıdan önemli şekilde azot alımını etkilemişler ve bu etki özellikle HA-s uygulamalarında daha belirgin olmuştur. Çalışmadaki sonuçlar birçok araştırmacının sonuçları ile uyum içerisindedir (Fagberno ve Agboola, 1993; David ve ark., 1994; Sözüdoğru ve ark., 1996; Adani ve ark., 1998).

Mısır bitkisinin fosfor içeriğini tüm uygulamalar tanığa göre istatistiksel açıdan önemli olarak artırmışlardır (Çizelge 3). En düşük P kapsamı %0.04 ile tanıkta belirlenirken, en yüksek %0.47 ile NPK+HA-s

uygulamasından elde edilmiştir. Duncan testi sonuçlarına göre bitki azot kapsamına benzer olarak tanık ile sadece hümik asit uygulamaları (HA-k ve HA-s) aynı grupta yer almasına rağmen, her iki uygulama da bitkinin fosfor içeriğini yaklaşık olarak iki kat artırmışlardır. Diğer yandan NPK/2 ve NPK uygulamalarının tümü ise farklı iki grup oluşturmuş, ancak her iki grup içerisinde özellikle gübrelere ek olarak uygulanan hümik asit uygulamaları arasında önemli bir fark ortaya çıkmamıştır (Çizelge 3). Toprakta alınan (sömürülen) fosfor miktarlarında bitki P içeriğine benzer sonuçlar alınmıştır. Duncan testi sonuçlarına göre tanık ile HA-k ve HA-s uygulamaları aynı grupta yer almalarına rağmen bitkinin topraktan kaldırdığı fosfor miktarını tanığa göre HA-k 2.6 kat, HA-s 3 kattan fazla artırmışlardır. Ayrıca gübre ve gübre ile beraber hümik asit uygulamalarının tümü tanığa göre bitkinin P sömürmesini olumlu olarak artırmışlardır.

Çizelge 1. Denemede kullanılan toprak ve hümik asite ait bazı özellikler

Deneme toprağı özellikler		Hümik asit özellikler	
Tekstür	Siltli-kil		
Organik mad., %	0.81	Organik mad.	% 86
Kireç, %	14.94	pH (1:2.5 su)	3.5
pH (1:2.5 su)	8.54	Yarayışlı P, mg/kg	44
Tuz, %	0.028	Yarayışlı K, mg/kg	900
Değişebilir K, mg/kg	507	Yarayışlı Ca, %	3.0
Yarayışlı P, mg/kg	2.50	Yarayışlı Mg, %	0.57
Yarayışlı Fe, mg/kg	2.29	Toplam Fe, mg/kg	8800
Yarayışlı Zn, mg/kg	0.53	Toplam Zn, mg/kg	23
Yarayışlı Mn, mg/kg	4.94	Toplam Mn, mg/kg	200
Yarayışlı Cu, mg/kg	4.15	Toplam Cu, mg/kg	29

Çizelge 2. Deneme konuları ve uygulamaları

Konular	Uygulamalar
Tanık	% 100 toprak
HA-k	1000 mg/kg katı formda hümik asit
HA-s	1000 mg/kg sıvı formda hümik asit (0,1 N KOH'da çözünmüş)
NPK/2	150 mg N /kg + 50 mg P /kg + 40 mg K /kg
NPK/2 + HA-k	150 mg N /kg + 50 mg P /kg + 40 mg K /kg + 1000 mg/kg katı formda hümik asit
NPK/2 + HA-s	150 mg N /kg + 50 mg P /kg + 40 mg K /kg + 1000 mg/kg sıvı formda hümik asit
NPK	300 mg N / kg +100 mg P /kg + 80 mg K /kg
NPK + HA-k	300 mg N /kg +100 mg P /kg + 80 mg K /kg + 1000 mg/kg katı formda hümik asit
NPK + HA-s	300 mg N /kg +100 mg P /kg + 80 mg K /kg + 1000 mg/kg sıvı formda hümik asit

Çizelge 3. Hümik asit ile azot, fosfor ve potasyum uygulamalarının mısır bitkisinde kuru ağırlık ile N, P, K, Ca, Mg, Fe, Zn ve Mn içeriklerine etkisi

Uygulamalar	Bitki kuru ağırlığı (g/saksı)	N %	P %	K %	Ca %	Mg %	Fe mg/kg	Zn mg/kg	Mn Mg/kg
Tanık	2.61 c	0.74 d	0.04 d	4.08 a	1.05 a	0.46 a	68 d	21 bc	131 de
HA-k	3.13 c	0.73 d	0.08 cd	3.22 b	0.86 b	0.26 d	166 c	12 c	85 e
HA-s	3.29 c	0.58 d	0.09 cd	2.34 c	0.66 b	0.29 d	212 abc	11 c	118 de
NPK/2	4.22 b	1.64 c	0.29 b	4.82 a	0.72 b	0.33 bcd	169 bc	31 ab	226 b
NPK/2 +HA-k	4.47 b	1.79 c	0.30 b	4.76 a	0.74 b	0.32 cd	256 a	34 a	228 b
NPK/2 +HA-s	4.98 ab	2.13 b	0.21 bc	4.35 a	0.71 b	0.29 d	217 abc	25 ab	155 d
NPK	4.77 ab	2.37 ab	0.45 a	4.61 a	0.92 a	0.44 ab	251 ab	29 ab	299 a
NPK + HA-k	5.17 ab	2.50 a	0.46 a	4.19 a	1.05 a	0.44 ab	252 ab	31 ab	170 cd
NPK + HA-s	5.55 a	2.58 a	0.47 a	4.11 a	0.97 a	0.47 abc	282 a	14 c	216 bc
F değerleri	10.10***	91.70***	15.15***	11.10***	10.50***	5.10***	6.20***	6.98***	15.30***

a, b, c, d, e: Farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark %5 düzeyinde önemlidir.
*** ile gösterilen F değerleri %0.1 düzeyinde önemlidir.

Çizelge 4. Hümik asit ile azot, fosfor ve potasyum uygulamalarının mısır bitkisinin topraktan sömürdüğü N, P, K, Ca, Mg, Fe, Zn ve Mn miktarına etkisi (mg/saksı).

Uygulamalar	N alımı	P alımı	K alımı	Ca alımı	Mg alımı	Fe alımı	Zn alımı	Mn alımı
Tanık	17.1 d	0.99 e	105 b	27.3 cd	11.9 bc	0.16 e	0.05 b	0.34 d
HA-k	22.8 d	2.59 de	101 b	20.5 d	8.8 c	0.53 de	0.04 b	0.26 d
HA-s	18.8 d	3.09 de	76 b	21.2 d	9.2 bc	0.70 cd	0.04 b	0.38 d
NPK/2	69.1 c	12.0 c	202 a	30.4 c	14.1 bc	0.72 cd	0.13 a	0.94 bc
NPK/2 +HA-k	79.0 c	13.5 bc	213 a	32.8 c	14.1 bc	1.14 abc	0.15 a	1.01 bc
NPK/2 +HA-s	106.2 b	10.6 cd	218 a	35.8 bc	14.8 b	1.08 bc	0.12 a	0.78 c
NPK	112.1 b	21.3 ab	220 a	43.4 b	20.9 a	1.19 ab	0.14 a	1.42 a
NPK + HA-k	129.4 ab	25.2 a	214 a	53.1 a	21.8 a	1.33 ab	0.16 a	0.91 bc
NPK + HA-s	144.2 a	26.1 a	229 a	54.4 a	23.6 a	1.56 a	0.08 b	1.19 ab
F değerleri	39.41***	11.16***	15.94***	18.87***	9.43***	8.56***	13.22***	13.12***

a, b, c, d, e: Farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark %5 düzeyinde önemlidir.

*** ile gösterilen F değerleri %0.1 düzeyinde önemlidir.

Alkalın özellikteki topraklara fosforlu gübre ve hümik asit uygulayan Wang, (1995), bitkinin fosfor alımı ve kuru ağırlığının arttığını, ayrıca toprakta suda çözünebilir fosfor miktarının artmasını ise verilen fosforlu gübrelerin toprakta hapsedilmiş fosfatlar şeklinde tutulmasının geciktirilmesi ile açıklamıştır.

Uygulamalar ile mısır bitkisinin K içeriği istatistiksel olarak önemli düzeyde etkilenirken, bitki K içeriği en düşük HA-s uygulamasında (%2.34), en yüksek ise NPK/2 uygulamasında (%4.82) belirlenmiştir. Yapılan Duncan testi sonuçlarına göre HA-k ve HA-s uygulamaları hariç tüm uygulamalar ve tanık bir grubu oluştururken, HA-k bir grubu, HA-s bir diğer grubu oluşturmuştur (Çizelge 3). HA-k ve HA-s uygulamaları istatistiksel açıdan önemli düzeyde bitki K içeriğini azaltmışlardır. NPK/2 uygulamasına göre NPK/2 uygulamasına ek olarak hümik asit uygulamalarının her ikisi de bitkinin K kapsamını azaltmışlar ancak, bu azalış istatistik açıdan önemli bulunmamıştır. Benzer durum NPK ve NPK'ya ek olarak hümik asit uygulamalarında da gözlenmiş ve bitkinin gübrelere ek olarak hümik asit uygulanması ile K içeriğindeki azalma her iki gübre dozunda da HA-k'ya oranla HA-s uygulamasında daha fazla olmuştur (Çizelge 3). Uygulamaların topraktan alınan potasyum miktarlarına etkisi Duncan sonuçlarına göre incelendiğinde, tanık ve gübresiz hümik asit uygulamaları bir grubu oluştururken, diğer tüm uygulamalar başka bir grubu oluşturmuşlardır (Çizelge 4). Aynı grupta olmasına rağmen, K alımı NPK/2 uygulamasında 202 mg, NPK/2+HA-k' da 213 mg, NPK/2+HA-s' da 218 mg olurken, NPK uygulamasında ise 220 mg, NPK+HA-k da 214 mg, NPK+HA-s' da 229 mg olmuştur. Ancak buradaki artış ve azalmalar istatistiksel açıdan önemli bulunmamıştır. Mısır bitkisinin K içerik ve alımları bir arada incelendiğinde, özellikle artışların uygulamaların etkisi ile bitki kuru ağırlığının artışından kaynaklandığı anlaşılmaktadır.

Uygulamaların etkisi ile Ca içeriği en düşük HA-k ve HA-s uygulamalarında (%0.66), en yüksek tanık ve NPK+HA-k uygulamalarında (%1.05) belirlenmiştir. Duncan testi sonuçlarına göre uygulamaların mısır bitkisinin Ca içeriğine etkisinde iki farklı grup oluşmuştur. Bu gruplardan birincisini tanık, NPK, NPK+HA-k ve NPK+HA-s uygulamaları oluştururken, HA-k, HA-s, NPK/2 NPK/2+HA-k ve NPK/2+HA-s uygulamaları ikinci grubu oluşturmuştur. Bir başka ifade ile NPK+HA-k

uygulaması hariç tüm uygulamalar, tanığa göre bitki Ca içeriğini azaltmışlardır. Mısır bitkisinin topraktan sömürdüğü Ca miktarlarına bakıldığında, gübresiz sadece hümik asit uygulamaları (HA-k ve HA-s) hariç diğer tüm uygulamalar Ca sömürmesini artırmışlardır. Esas olarak bu artışların gerek gübreleme gerekse hümik asit uygulamaları sonucundaki bitki kuru ağırlığının artmasından kaynaklandığı düşünülmektedir (Çizelge 3 ve 4).

Uygulamaların Mg içeriğine etkisi incelendiğinde, Mg içeriğinin HA-k (%0.26) ve HA-s (%0.29) uygulamalarında en düşük, NPK+HA-s uygulamasında (%0.47) en yüksek bulunmuştur. Genel olarak, NPK+HA-s uygulaması hariç tutulursa tanığa göre tüm uygulamalar bitki Mg içeriğini azaltmışlardır. Bu azalmalar gübreli uygulamalara oranla gübresiz sadece hümik asit uygulamalarında daha fazla olmuştur. Bu durumun K, Ca ve Mg'un üçünde de benzerlik göstermesi bize bu katyonlarla hümik asitin bir kısım bileşikler oluşturduğu ve bu bileşiklerin bitki tarafından rahat bir biçimde alınamamasına ya da Aktaş ve Ateş, (1998)'in bildirdiği gibi bitkinin azot alımının artmasının bir sonucu olarak N ile Ca ve Mg aralarındaki antagonistik etkiler ile ilişkili olabilir. Mısır bitkisinin topraktan sömürdüğü Mg miktarları da sömürülen Ca miktarlarına benzerlik göstermektedir. Özetle, gübresiz sadece hümik asit uygulamaları (HA-k ve HA-s) hariç, diğer tüm uygulamalar Mg sömürmesini artırmışlardır. Bu artışların gerek gübreleme, gerekse hümik asit uygulamaları sonucundaki bitki kuru ağırlığının artmasından kaynaklandığı düşünülmüştür (Çizelge 3 ve 4).

Uygulamalar tanığa göre bitki Fe içeriğini çok önemli düzeyde ($P<0.001$) artırmışlardır. Çalışmada mısır bitkisinde en düşük Fe içeriği tanık (68 mg/kg), en yüksek NPK+HA-s uygulamasında (282 mg/kg) elde edilmiştir. Tanıkta 68 mg/kg olan bitki Fe içeriği, HA-k uygulaması ile 166 mg/kg'a, HA-s uygulaması ile ise 212 mg/kg'a artarak, sırasıyla 2.4 ve 3 katlık artışlar sağlamışlardır. Diğer yandan NPK/2 uygulamasında 169 mg/kg olan bitki Fe içeriği NPK/2+HA-k uygulamasında 256 mg/kg, NPK/2+HA-s uygulamasında 217 mg/kg olması, NPK uygulamasında ise 251 mg/kg olan Fe içeriği NPK+HA-k uygulamasında 252 mg/kg, NPK+HA-s uygulamasında 282 mg/kg'a artması, farklı miktardaki NPK ve hümik asit uygulamalarının bitkinin Fe içeriğini artırmada etkili

olduğunu göstermektedir. Mısır bitkisinin topraktan sömürdüğü Fe miktarı da bitki Fe içeriğine benzer şekilde gerek gübre, gerekse hümik asit uygulamalarına bağımlı olarak artmıştır (Çizelge 4). Benzer olarak bir çok araştırma sonuçları bu bulguları desteklerken (David ve ark., 1994, Sözüdoğru ve ark., 1996), Adani ve ark. (1998), bu durumun hümik asidin ortamda bulunan Fe^{+3} 'ü Fe^{+2} 'ye indirilmesi ile ilgili olduğunu bildirmişlerdir.

Uygulamaların etkisiyle mısır bitkisinde en düşük Zn içeriği gübresiz sadece hümik asit uygulamaları ile HA-k (12 mg/kg) ve HA-s (11 mg/kg) uygulamalarında elde edilirken, en yüksek NPK/2+HA-k (34 mg/kg) uygulamasında belirlenmiştir. Diğer yandan NPK/2 uygulamasında 31 mg/kg olan Zn içeriği, NPK/2+HA-k uygulamasında 34 mg/kg'a çıkarken NPK/2+HA-s uygulamasında 25 mg/kg'a azalmıştır. Benzer olarak NPK uygulamasında 29 mg/kg olan Zn içeriği NPK+HA-k uygulamasında 31 mg/kg olmuş, NPK+HA-s uygulamasında ise 14 mg/kg'a azalmıştır. Benzer durum topraktan Zn alımında da gözlenmiştir.

Tarıktaki 131 mg/kg olan mısır bitkisinin Mn içeriği HA-k uygulamasında 85 mg/kg'a, HA-s uygulamasında ise 118 mg/kg'a azalmıştır. NPK/2 uygulaması ile 226 mg/kg'a artan Mn içeriği, NPK/2 uygulamasına ek olarak HA-k verildiğinde 228 mg/kg olurken, HA-s verilmesiyle 155 mg/kg olmuştur. NPK uygulamasında ise 199 mg/kg olan Mn içeriği, NPK'ya ek olarak HA-k ve HA-s verilmesiyle sırasıyla 170 ve 216 mg/kg'a azalmışlardır. Mısır bitkisinin topraktan sömürdüğü Mn miktarı bitki Mn içeriğine benzer bir değişime göstermiş, gübresiz olarak sadece hümik asit uygulamalarında (HA-k ve HA-s) alım düşerken gübre uygulamaları ve gübre uygulamaları ile birlikte HA-k verilmesiyle artmış, gübre ile birlikte HA-s verilmesiyle tarığa göre alımın artmasına karşılık gübreli ve gübreli+HA-k uygulamalarına göre bir düşüş gözlenmiştir.

Sonuç olarak, gübreler ile birlikte hümik asit uygulamaları bitkinin kuru ağırlığını, N, P, K, Fe, Zn ve Mn içeriklerini artırırken, Ca ve Mg içeriklerini azaltmışlardır. Ayrıca, gübresiz olarak sadece hümik asit uygulamaları bitki kuru ağırlığı ile bitkinin P ve Fe içeriğini artırmaya karşılık, N, K, Ca, Mg, Zn ve Mn içeriklerini azaltmışlardır. Bu azalışlar arasında sadece bitkinin K içeriği, hümik asit uygulamalarının katı ve sıvı formda verilmesi arasında istatistiksel anlamda önemli olarak farklılık göstermiştir. Gübrelerle birlikte katı ya da sıvı formda hümik asit uygulamaları arasındaki fark istatistiksel anlamda önemli bulunmamıştır. Gübreler ile birlikte hümik asit uygulamaları bitkinin topraktan sömürdüğü N, P, K, Ca, Mg, Fe, Zn ve Mn miktarlarını tarığa göre önemli olarak artırırken, gübresiz sadece hümik asit uygulamaları bitkinin K, Ca ve Mg alımını istatistiksel olarak önemsiz düzeyde azaltmışlardır. Bu sonuçlar doğrultusunda, bir çok bitki besin elementi açısından olumsuz koşulların bulunduğu topraklarda N, P ve K gübrelemesi yapılırken bunlara ek olarak hümik asit uygulamasının ürün ve kaliteyi artıracağı sonucuna varılabilir.

Kaynaklar

- Adani, F., P. Genevini, P. Zaccheo and G. Zocchi, 1996. The effect of commercial humic acid on tomato plant growth and mineral nutrition. *Journal of Plant Nutrition*, 21(3), 561-575.
- Aktaş, M. ve A. Ateş, 1998. Bitkilerde Beslenme Bozuklukları Nedenleri Tanımları. Nuru matbaacılık A.Ş. Ankara.
- Allison, L. E. and C. D. Moodie, 1965. Carbonate In: C.A. Black et al. (Ed.) *Methods of Soil Analysis. Part 2. Agronomy*: 1379-1400. Am. Soc. of Agron., Inc., Madison Wisconsin, USA.
- Aydeniz, A. 1985. Toprak Amenajmanı. Ankara Üniv.Ziraat Fak. Yayınları: 928, Ders Kitabı: 263. Ankara.
- Bouyouccos, G. D. 1951. A Recalibration of the hydrometer method for making mechanical analysis of the soil. *Agronomy J.*, 43: 434-438.
- Casenave de Sanfilippo, E., J. A. Argüello, G. Abdala and G. A. Orioli, 1990. Content of auxin; inhibitor and gibberellin-like substances in humic acids. *Biol. Plant*; 32; 346-351.
- David, P.P. 1991. Effects of applied humic acids on yield, growth, nutrient accumulation/content in selected vegetable crops and soil interactions that reduce their effectiveness. *Dissertations-abstracts-International*. 52(3), 1136B-1137B.
- David, P.P., P.V. Nelson and D.C. Sanders, 1994. A humic acid improves growth of tomato seedling in solution culture. *Journal of Plant Nutrition*, 17, (1), 173-184.
- Düzgüneş, Q., T. Kesici, O. Kavuncu ve F. Gürbüz, 1987. Araştırma ve Deneme Metotları (İstatistik Metotları-II). Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları: 1021, Ankara, 381s.
- Erdal, İ., M. A. Bozkurt, K. M. Çimrin, S. Karaca ve M. Sağlam, 2000. Kireçli bir toprakta yetiştirilen mısır bitkisi (*Zea mays* L.) gelişimi ve fosfor alımı üzerine hümik asit ve fosfor uygulamasının etkisi. *Turk. J.Agric. For.*, 24,(6);663-668.
- Fagberno, J. A. and A. A. Agboola, 1993. Effect of different levels of humic acid on growth and nutrient uptake of teak seedling. *Journal of Plant Nutrition*, 16(8), 1465-1483.
- Ferretti, M., R. Ghisi, S. Nardi and C. Passera, 1991. Effect of humic substances on photosynthetic sulphate assimilation in maize seedlings. *Can. J. Soil Sci.* 71; 239-242.
- Harper, S. M., G. L. Kerven, D. G. Edwards and Z. Ostatek-Boczynski, 2000. Characterisation of fulvic and humic acids from leaves of *Eucalyptus camaldulensis* and from decomposed hay. *Soil Biology & Biochemistry*, 32, 1331-1336.
- Jackson, M. 1958. *Soil Chemical Analysis*. P. 1-498. Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, New Jersey, USA.
- Kacar, B. 1984. Bitki Besleme Uygulama Kılavuzu. A.Ü.Z.F. Yay.: 900, Uygulama Kılavuzları: 214, Ankara, 140s.

- Kacar, B. 1994. Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri: III. Toprak Analizleri. A.Ü.Z.F. Eğitim Araştırma ve Geliştirme Vakfı Yayınları No: 3, Ankara, 705s.
- Knudsen, D., G. A. Peterson and P. F. Pratt, 1982. Lithium, Sodium and Potassium. Methods of Soil Analysis, Part 2. Chemical and Microbiological Properties. Agronomy Monograph No:9 (2 nd Ed.) ASA-SSSA, Madison, Wisconsin. USA.
- Lindsay, W. L. and W. N. Norvell, 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. Soil Sci. Soc. Amer. J. 42: 421-428.
- Lobartini, J. C. and G. A. Orioli, 1998. Absorption of Iron Ferric humate in nutrient solutions by plants. Plant and Soil, 106, 153-157.
- Olsen, S. R., A. V. Cole, F. S. Watanable and L. A. Dean, 1954. Estimation of Available Phosphorus in Soil by Extracting with Sodium Bicarbonate. U.S. Dept. of Agric. Circ. 939. Washington D.C. .
- Piccolo, A., G. Celano and G. Pietramellara, 1993. Effects of fractions of coal-derived humic substances on seed germination and growth of seedlings (*Lactuca sativa* and *Lycopersicum esculentum*). Biology and Fertility of Soils, 16, 11-15.
- Richards, L. A. 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkaline Soils. Handbook. 60. US. Dept. Of Agriculture.
- Senesi, N., E. Loffredo and G. Padovano, 1990. Effects of humic acid-herbicide interactions on the growth of *Pisum sativum* in nutrient solution. Plant and Soil 127, 41-47.
- Sözüdoğru, S., A. C. Kütük, R. Yalçın ve S. Usta, 1996. Humik Asit'in Fasulye Bitkisi Gelişimi ve Besin Maddeleri Alımı Üzerine Etkisi. A.Ü.Z.F. Yayınları No: 1452, Bilimsel araştırma ve inceleme No: 800, Ankara.
- Valdrighi, M. M., A. Pera, M. Agnolucci, S. Frassinetti, D. Lunardi and G. Vallini, 1996. Effects of compost-derived humic acids on vegetable biomass production and microbial growth within a plant (*Cichorium intybus*) soil system: a comparative study. Agriculture, Ecosystems And Environment, 58(2-3), 133-144.
- Walkley, A. 1947. A Critical examination of arapid method for determining organic carbon in soils effect of variations in digestion conditions and inorganic soil constituents. Soil Science, 63, 251-263.
- Wang, X. J. 1995. The effect of humic acids on the availability of phosphorus fertilizers in alkaline soils. Soil Use and Management, 11(2), 99-102.