

Humik Asitlerin Stres Altındaki Bitkilerin Büyümesine Ve Besleyicilerin Alınmasına Etkileri I: Tuzluluk

The Effects Of Humic Acids On Plant Growth And Nutrients Uptake Under Stress I: Salinity

Şener AKINCI (ORCID ID: 0000-0002-2304-3500)

Marmara Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü
34722 Göztepe Kampüsü, İSTANBUL

Öz

Organik maddeler, karbon grubuna sahip bileşiklerdir ve canlıların yapısını oluştururlar. Ölen canlıların (detritus) artıklarıdır ve/veya yer-kabuğunun doğal bileşenidir. Humik asitler rengi kahverengiden siyaha değişen kompleks, değişik sayıda karbon atomu taşıyan humus maddeler olarak tanımlanır. Sağlıklı, verimli, yaşayan bir toprak, milyarlarca mikroskobik yaşam formlarının devamlılığı için yeterli karbonu bulundurmalıdır. Humik maddeler yararlı toprak organizmaları için etkili enerji kaynaklarıdır. Karbon yanında oksijen, hidrojen, nitrojen ve sülfür içerirler. Humik asitler toprağın su tutma kapasitesini, katyon ve anyon değişimini arttırması, toprak taneciklerinin arasında gevşemeyi ve toprak sıcaklığını dengelemesi ile bitki gelişimini desteklemektedir. Humik asitlerin, susuzluk, tuzluluk ve bazı toksik elementlerin neden olduğu stres faktörlerine karşı kullanıldığı çok sayıda araştırma bulunmaktadır. Çalışmanın bu bölümü, humik asitlerin tuz stresi altındaki bitkilerdeki rollerini belirleyen araştırmaları derleme amaçlıdır.

Anahtar kelimeler: Bitkiler, Humik asitler, Stres, Tuzluluk, Besleyicilerin alınması

Abstract

Organic matters are compounds having carbon group and exist in the structure of organisms. They are residues of dead organisms (detritus) and/or natural component of earth crust. Humic acids are defined as complex matters of humus having various numbers of carbon atom and its colour changed from brown to black. A healthy fertile living soil must contain carbon adequately for continuity of billions of microscopic life forms. Humic substances are effective energy sources for useful soil organisms. It contains oxygen, hydrogen, nitrogen and sulphur in addition to carbon. Humic acids support plant growth by increasing soil water retention capacity, cation and anion exchange, loosening in soil particles interaction and stabilising soil temperature. There are many reports available that humic acids have been used against stress factors caused by such as drought, salinity and some toxic elements. This part of study was aimed to review to determine roles of humic acids on plants under salinity stress.

Key words: Plants, Humic acids, Stress, Salinity, Nutrient uptake

I. GİRİŞ

Humik asit (HA), toprakta doğal olarak bulunmasının yanı sıra linyit, turba, kömür, çiftlik gübresi, hindistan cevizi liflerinin mantarimsı özü gibi çeşitli kaynaklardan elde edilmiş, karboksil (COOH-), fenolik (OH-), alkolik ve karbonil fraksiyonlardan ibaret polimerik heterosiklik organik bir bileşiktir [1]. Humik asitler yalnız topraktan, bitkilerden, turbadan, doğal sudan, nehirlerden, denizin tortul tabakalarından ve diğer kimyasal ve biyolojik dönüşümlü materyallerden değil, aynı zamanda linyitten, okside olmuş katransı

kömürden, leonarditten (liniyitin oksidasyon ile değişime uğraması) ve çamura dönüşmüş turba gibi çok değişik yer ve maddelerden elde edilirler [2].

HA, toprak kalitesi için önemli olan şelatlama, tamponlama, kil-mineral-organik arasındaki ilişki ve katyon değişim kapasitesinin de bulunduğu çeşitli toprak özelliklerine katkı sağlayarak toprağın verimliliğinde anahtar rol oynar [3]. Humik asit ile toprağın iyileşmesi, toprağın biyokimyasal kalitesini bazı enzimlerin aktivitelerinin yükseltilmesi eğilimi sonucunda gerçekleştirilmekte [4] ve mikrobiyolojik

aktivitenin teşvik edilmesi ile minerallerin alımının arttığı şeklinde mümkün görülmektedir.

Su stresi altında humik moleküllerle yaprakтан gübrelenmesi, yaprakta suyun tutulmasını ve fotosentetik ve antioksidan metabolizmasını arttırmıştır [5]. Humik asitin hidrofilik grupları su moleküllerine yapışarak böylece topraktaki suyun tutulma kapasitesini arttırmaktadır [6].

Humik bileşenler ve toprak organik maddesi bitki büyümesi üzerine doğrudan veya dolaylı olarak etki ederler [7]. Humik asitler büyüme düzenleyici olarak hormon düzeylerini ayarlar ve bitki büyümesi üzerine olumlu etki eder, stres toleransını yükseltirler [8]. Humik maddeler bitki köklerini çevreleyen ortamın kimyasal ve biyolojik özelliklerini kontrol etmesinden dolayı toprağın verimlilik özelliklerinin anahtar bileşeni olarak bilinmektedir [9,10,11].

II. HUMİK MADDELER NEDEN YARAYIŞLIDIR?

Humik maddeler aslında humus bileşenlerindedir. Humusun birçok bileşeni heterojen, oldukça büyük, stabil organik komplekslerdir. Toprak tanecikleri arasındaki uygun havalandırma, su tutma kapasitesi, katyon ve anyon değişim kapasitesi sağlamak ve mineral elementlerin şelatlanması fonksiyonlarını toprak yapısına kazandırır [12].

Humik asitler, humik maddelerin ana bileşenlerinden biridir. Humik madde, bitki ve hayvanların mikroorganizmaların aktiviteleri sonucu kimyasal ve biyolojik humikleşme yolu ile oluşmuştur. Lignin ve selüloz gibi önemli bitki yapılarının aerobik bir ortamda ilgili bakterilerin etkinlikleri sonucunda binlerce yıllık bir süreç içinde oluşturulur. Kulikova ve ark.. (2005) ve Xudan (1986) humik asitlerin uygun olmayan sıcaklık, tuzluluk, pH gibi abiyotik koşullarda strese karşı etkiler gösterebileceğini belirtmişlerdir [13,14]. Tarımda da önemli rolleri olan humik asitler, katyon değişim kapasitesini (KDK) ve toprağın verimliliğini arttırmaları [15]. Humik maddeler, toprağın fiziksel ve kimyasal düzenleyicisi, organik kondisyonlayıcı konumundaki anahtar bileşenleridir.

Humik asitler asit ortamda çözünmeyen ancak alkali ortamlarda çözülebilir zayıf alifatik (karbon zincirleri) ve aromatik (karbon halkaları) organik asitlerin karışımı taşımaktadır [12]. Humik asitler, bazik ortamda çözünme özelliğine sahip olduğu için, bitkinin gereksinme duyduğu besleyicileri, toprakta çözünmeyen metal iyonları, oksit ve hidroksitleri çözülebilir formlar halinde bağlayarak bitkiye kazandırır.

Humik asitlerin bitki çimlenmesi ve büyümesi üzerine uyarıcı bir etkisinin bulunduğu bilinmektedir [16,17]. Özellikle, zar geçirgenliğini artırır, kökleri ile esaslı

elementlerin taşınmasını kolaylaştırır, solunuma yardımcı olur. Vaughan'a göre (1985) humik maddeler hormon benzeri büyüme etkisi gösterirler [18]. Humik asitin bitki büyüme mekanizması üzerindeki yararlı etkisi, besleyicilerin özellikle de mikrobeyicilerin alımlarının ve taşımlarının artırılması [19] ve bazı toksik elementlerin azaltılması şeklindedir.

Humik asitin bitki dokularında çeşitli biyokimyasal reaksiyonlarla sonuçlanan doğrudan etkisi yanında toprak özelliklerinin geliştirilmesi yani taneciklerin birleşmesi, boşlukların hava ile temas sağlayabilmesi, su taşıma kapasitesinin artması, makro ve mikrobeyicilerin taşınması ve alınabilirliği gibi dolaylı etkileri de sayılabilmektedir [20].

Humik asitin bitki büyümesini dolaylı veya dolaysız olarak etkilediği belirtilmiştir [1,21]. Dolaylı etkiler, toprağın taneciklerinin bir araya gelmesi, havalanması, zar geçirgenliği, su taşıma kapasitesi, hormonal aktivite, mikrobiyal büyüme, organik maddenin minerallere dönüşmesi, mikro (Fe, Zn ve Mn) [21] ile bazı makro besleyicilerin (P, K and Ca) [1,22] taşınımı ve alınabilirliği gibi toprak fizikokimyasının ve biyolojik çevresinin iyileşmesi, düzelmesi, yeniden yapılanmasını kapsamaktadır.

Humik asitin zar geçirgenliğini arttırdığı, oksijen alımı, solunum, fotosentez, fosfat alımı, kök hücrelerindeki genişleme ve uzama gibi bitki büyüme faktörlerinde olumlu bir etkisinin olduğu belirtilmektedir [23,24,25,26].

Çalışmalar göstermiştir ki humik asitler yalnız sürgün ve kök büyümesinde değil birçok sebze ürününde besleyici minerallerin de alımında da yararlıdırlar [27,28,29,30,31].

Chen ve Aviad (1990), Varanini ve Pinton (1995) humik asitlerin bitki büyümesi ve mineral beslenme üzerine etkilerini, tohum çimlenmesi, fide büyümesi, köklenme gelişimi, sürgün büyümesi ile makro ve mikro besleyicilerin alımına da dikkat çekmişlerdir [32,33].

Genel olarak, humik asitin bitki fizyolojisindeki etkisi, kök büyümesinin gelişmesine [34] ve besleyici alımının [35] dikkate alınması şeklinde tanınmaktadır. Buna ilave olarak, humik asitler, birçok bitki varyetesinde aralarında hücre solunumu, fotosentez, su ve besleyici alımı ve enzim aktivitelerinin yer aldığı mekanizmalarda rol oynayarak ürünün ve kalitesinin arttırmaları [36]. Humik maddelerin teşvik edici etkileri, N, P ve S gibi mikrobeyicilerin [1,37] ve Fe, Zn, Cu ve Mn gibi mikrobeyicilerin alımlarının artırılması [1,34] ile doğrudan ilgilidir.

Buğday ürün hasatından sonra yapılan toprak analizleri toprak organik maddesinin, elektriksel iletkenlik ve NPK içeriklerinin humik asit uygulaması ile belirgin olarak arttığını göstermiştir. Humik asit ilavesi ile topraktaki organik madde %9, N %30, P % 166 ve K %51 oranında artmıştır [1,38,39].

Humik asitin toprağın organik madde içeriğini % 7 ile 14 arasında; linyitten elde edilmiş HA varlığında ise N içeriğini %7 arttırdığı rapor edilmiştir [1,40]. Vaughan ve Ord (1991) topraktaki P içeriğinin HA uygulaması ile belirgin olarak arttığını belirtmiştir [41]. Hua ve ark. (2008) humik maddelerin toprakta P fiksasyonunu azalttığını ancak bitkiler tarafından alınımında artış gösterdiğini rapor etmişlerdir [42]. Şelatlama gerçekleştirme özelliğindeki humik maddelerin eklenmesi, organik madde ve fosfat arasındaki Fe, Al ve Ca bağlarını kırarak fosforu toprak çözeltisi içine salmaktadır [43]. Arjumend ve ark. (2015), buğdayda linyit kökenli humik asitin, toprak besleyici seviyesini, organik maddeyi %9, toplam azotu % 30, alınabilir fosforu %166 ve potasyumu %52 yükselterek toprak besleyicilerinin konsantrasyonlarında önemli bir artışa yol açtığını rapor etmişlerdir [38].

Padem (1999), Neri (2002) ve El-Desuki (2004), humik asitin yapraklara püskürtülmesinin besleyici alımını arttırdığını ve bazı bitkilerin ürün kalitesine katkıda bulunduğunu belirtmişlerdir [44,45,46]. Buna ilave olarak, humik moleküllerin varlığının azot, fosfor ve potasyum içerikli gübrelemenin bitki üzerindeki etkisini yükselttiği bildirilmiştir [47].

Pirinçte, humik asitin ve kümes hayvanlarından elde edilen gübrenin ayrı ayrı veya birlikte verilmesi ile N, P, K, S, Ca ve Mg besleyicilerinin içeriklerini ve alımlarını anlamlı olarak etkilediği rapor edilmiştir [48]. Çeşitli bitkilerde humik maddelerin N, P, S gibi makrobesleyicilerin; Fe, Zn, Cu ve Mn benzeri mikrobesleyicilerin alımlarının artışı üzerine etkileri doğrudan ilgili bulunmuştur [12,49].

III. TUZLULUK STRESİ: BİTKİLERİ NASIL ETKİLİYOR?

Yaprak toplam klorofil içeriğinin artan tuz konsantrasyonuna bağlı olarak azaldığı bilinmektedir. Bu azalmanın nedeni, klorofil bozulmasını gerçekleştiren enzim aktivitesinin artması ve yapraklarda iyon birikiminin de klorofil içeriğini ve dolayısı ile etkinliğini olumsuz etkilemesidir [50,51,52].

Aydın ve ark. (2012), fasulye fidelerindeki en yüksek azot (N) ve fosfor (P) içerikleri düşüşünü NaCl, KCl, CaCl₂ ve MgCl₂ uygulamaları sonucunda kaydetmişlerdir [50]. Yüksek konsantrasyonda NaCl uygulamasının mısır fidelelerinde Na hariç N, P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Mn ve Zn alımı üzerinde negatif bir etki yaptığı belirtilmiştir [53].

Lutts ve ark. (1996), Inal ve ark. (1997), Villora ve ark. (2000), Kaya ve ark. (2002), Turan ve Aydın (2005) sırası ile pirinç (*Oryza sativa* L.), domates (*Lycopersicon esculantum* L.), kabak (*Cucurbita pepo* L. var. *moschata*), çilek (*Fragaria ananassa* L.) ve mısır (*Zea mays* L.) fidelelerinde yüksek tuz konsantrasyonlarının zar geçirgenliğini ve prolin

içeriğini arttırdığını bildirmişlerdir [54,55,56,57,58]. Prolin birikimi yanında besleyici kompozisyonlarında değişimler de tuza tepkime olarak görülmektedir [50]. Topraktaki tuzluluk bitkilerin üretiminde kritik bir faktör olup tuzun fazlası bitki büyüme ve mineral alımını engelleyen hem ozmotik hem de iyonik streslere yol açar [59,60,61,62,63].

Tuzluluğun bitkilerde N birikimini [61,62,64], P konsantrasyonunu [65] ve K [66] alımını azalttığı bilinmektedir. Yüksek sodyumun Ca ve Mg alımı üzerine antagonistik bir etkisi söz konusudur ve bu durum daha çok elementlerin kökün hücre zarlarında Na ile yer değiştirmesi nedeniyle gerçekleşmektedir [67]. Tuzluluk stresi altında, özellikle mikrobesleyicilerin çözünürlükleri düşüktür ve bitkiler bu topraklarda sıkça mineral yetersizlikleri göstermektedir. Dahası, bu zararlı etki bitkinin bütün kısımlarında gözlenmiştir [68].

Humik asit uygulaması, buğdayın sürgün ve tanelerinde besleyici içeriği ve besleyici alımı üzerine umut verici etkiler ortaya çıkarmıştır. Sürgün ve tanelerdeki N miktarındaki göreceli artış sırası ile %7-11 ve %6-15; P içeriği %32-63 ve 19-31; K miktarı ise %38-63 ve %7-17 aralarında gerçekleşmiştir [38]. Besleyici konsantrasyonlarının artışı ve humik asitin etkisine yanıt olarak humik maddelerin mikrobiyolojik aktiviteyi artırması nedeniyle besleyicilerin alımı artacaktır [69,70]. Delfine ve ark. (2005) humik asitlerin makrobesleyicilerin (N, P, K) artışının humik maddelerin teşvik edici etkisi nedeniyle olduğunu belirtmişlerdir [71]. Çok sayıda araştırmacı, toprağa verilerek veya yapraklar vasıtası ile uygulanan humik asitin makro (N, P, K, Ca, Mg) ve mikro besleyicilerin (Fe, Cu, Zn, Mn) içeriklerini *Gerbera* [72,73] mısırdaki [74] ve hıyarda [75] belirgin bir şekilde arttırdığını rapor etmişlerdir.

IV. TUZLULUK KARŞISINDA HUMİK MADDELERİN İŞLEVLERİ

Abiyotik stres faktörleri arasındaki tuzluluk üzerine humik asitin etkilerinin belirlenmesi amacı ile ilgili çalışmalarda, kültür bitkileri yanında doğal türler üzerinde araştırmaların yapıldığı, humik asitin de değişik konsantrasyonlarda kullanıldığı görülmektedir.

Mısırdaki makro ve mikro besleyicilerin alınımındaki humik asitin dozları ile ilgili olarak alınan sonuçlar, değişik humik asit miktarlarının verilmesinin genellikle olumlu bir etki yaptığını ve özellikle azot ve fosforun alınımının anlamlı olarak arttığını göstermiştir. Yine bu çalışmada, potasyum ve kalsiyumun da humik asit uygulamalarında kontrol bitkilere göre istatistiksel olarak belirgin bir biçimde yükseldiği görülmüştür [75]. Demir alınımında kontrol bitkilerdekinden anlamlı bir artış söz konusudur [26,76]. Pılmalı ve Kaplan (2003) ile Türkmen ve ark. (2005) humik asit uygulamasının

tuz stresindeki çilek, mısır ve biber fidelerinde tuzluluğun etkisini hafiflettiğini öne sürmüşlerdir [77,78].

Çimrin ve ark. (2010) biber fide sürgünlerine uygulanan humik asit dozlarının tuza dayanıklılık anlamında bitki büyüme parametreleri ve besleyici alımına olumlu bir etki yaptığını belirterek, N, P, K, Ca, Mg, S, Mn ve Cu içeriklerinin anlamlı olarak arttığını bildirmişlerdir [79]. Aynı bitkinin köklerinde N, P, K, Ca, S, Fe, Mn, Zn ve Cu artmış, Na ise hem sürgünlerde hem de köklerde artan humik dozları ile birlikte azalma göstermiştir [79].

Su stresi altında yapraklara humik asit uygulanması, yapraklarda suyun tutulma kapasitesini ve fotosentez ve antioksidan metabolizmasını arttırmıştır [80]. Tuzluluk etkisindeki toprağa humus verilmesi mısır bitkisinde N alımını, aynı anda yapraklara humik asit uygulaması da P, K, Mg, Na, Cu ve Zn alımını arttırmıştır [81].

Chen ve Aviad (1990), Fagbenro ve Agboda (1993) ve David ve ark. (1994) humik asitlerin büyüme ortamlarına ilave edilmesinin bitkilerde büyüme hormonları benzeri bir rol oynayarak büyüme ve besleyici alımını teşvik ettiğini belirtmişlerdir [32,82,83]. Bitkiler, zar geçirgenliklerinin artması ile mineral elementlerin daha fazla alınmasını sağlamak ve daha iyi gelişmiş kök sistemleri ile de taşınmasını kolaylaştırmaktadır [84].

Topraktaki su eksikliği (su stresi) veya tuzluluk karşısındaki en yaygın tepkilerden biri, hücrenin sitoplazmik enzimlerinin ve organellerinin, osmoz koruyucu çözünen davranışı sergileyen prolininin birikmesidir [58,85,86,87]. Aynı zamanda prolin, stresin etkisinin kalktığı ve büyümenin yeniden düzenlendiği iyileşme sırasına azot kaynağı durumundadır [88]. Ancak, Aydın ve ark. (2012) Klorun Na tuzu yanında Ca ve Mg tuzlarının da bitki nitratlarını düşürdüğünü belirtmişlerdir [50].

Humik maddeler toprak yüzeyinde pozitif yüklü molekülleri tutar ve bitki kökleri tarafından absorbe edilebilir. Humik maddelerin bu faydaları ancak belirli dozlar altında gerçekleşecektir. Tuzlu koşullar altında uygulama dozunun belirlenmesi çok önemlidir [53]. Masciandaro ve ark. (2002), Pılanali ve Kaplan (2003) ile Türkmen ve ark. (2005) humik asit uygulamalarının, tuzlu koşullarda yetişen çilek, mısır ve biber fidelerinde tuzluluğun etkisini azalttığını belirtmişlerdir [26,77,78].

Buğdayda [89] mısırdaki [58] ve fasulye fidelerinde, artan tuz konsantrasyonlarına bağlı olarak hem nitrat hem de yaprak alanlarında görülen azalış, artan HA uygulamalarında yeniden artışa geçmektedir [50]. HA, hormon seviyesinde bir bitki büyüme düzenleyici olarak stres toleransını arttırmada kullanılmaktadır [8]. Birçok çalışma, humik asitlerin yalnızca sürgün ve kök büyümesi üzerine değil, çok

sayıdaki bitkide besleyici alımına da yararlı etkisini belirtmektedir [27,28,29,30,31].

Humik asit uygulamasının bitkilerdeki tuzluluk toleransı üzerine olumsuz etkisi üzerine az sayıda makale bulunmaktadır. Liu (1998) tuz stresi altındaki humik asit uygulamasının N, P, K veya Ca alımını arttırmadığını [90] ancak Aşık ve ark. (2009) tuz stresi altındaki buğdayda humik asit ilavesinin çok az bir etki yarattığını belirtmişlerdir [91].

Turan ve ark. (2011) kg da 2g konsantrasyonu uygulamasının mineral alımını olumsuz olarak etkilediğini rapor etmişlerdir [53]. Arancon ve ark. (2006) yapmış oldukları çalışma ile humik asit etkinliğinin uygulamalarda kullanılan humik asitlerin edildiği maddelere, uygulama konsantrasyonlarına ve büyüme ortamlarına bağlı olduğunu belirtmişlerdir [92]. Mısır fidelerinde humik maddelerin uygulanması ile toprağa verilen NaCl arasındaki etkileşimde yalnızca Cu alımında anlamlı bir artış gerçekleşmiştir [53]. Toprağa humus uygulanmasının, tuzlu ve kalkerli toprağın besleyici alımı ve mısırın büyümesi üzerindeki olumsuz etkilerini azalttığı belirtilmiştir [93].

Yapılan birçok çalışmada humik asitin topraklarda tuzluluk düzeyini düşürdüğü [94], bitki besin maddeleri alımını artırarak tuzlu ve sodik toprakların kullanılabilirliğini arttırdığı rapor edilmiştir [77, 95]. Diğer çalışmalarda, toprak organik madde miktarı yeterli düzeyin altında olan ortamlarda, humik asitin bitki büyümesi üzerinde önemli ölçüde etkileri görülmüştür [96].

Humik asitler, tuzluluk karşısındaki mekanizmalarını toksik oranlardaki elementler için de kullanılmaktadırlar. Büyükkeskin (2008), Akıncı ve ark. (2009), Büyükkeskin ve Akıncı (2011) tarafından alüminyum uygulanan bakla ile yapılan çalışmalarda, humik asidin Al^{+3} gibi çok değerlikli metallere yaptığı bağlar nedeniyle alınmasının humik asit tarafından engellendiği bildirilmiştir [97,98,99].

Turgay ve ark. (2011), humik maddelerin bitki büyümesi üzerindeki olumlu etkisini, toprağın fiziksel, kimyasal ve biyokimyasal özelliklerini iyileştirerek ve genel olarak toprak kalitesini artırarak, daha iyi bitki büyümesini sağladığını detaylı olarak açıklamışlardır [43]. Kimyasal gübrelerle karşılaştırıldığında, humik asitlerin bitki büyümesini teşvik etmesi üzerine bir kuşku olmadığı, henüz önerilen miktardaki gübrenin azaltılması ile ürün miktarını desteklemediği ve humik asitin takviye edici olduğu ancak gübrenin yerini alamadığı belirtilmiştir [100].

Tan ve Binger (1986), sera koşullarında yaptıkları bir çalışmada, kum ortamında yetiştirilen mısır fideleri için ortamı pH 4.8 olarak belirledikten sonra, toksik etki için de 0-50 mg kg^{-1} alüminyum uygulamışlardır [101]. Harper ve ark. (1995) tarafından yapılan bir başka çalışmada, *Eucalyptus*

camaldulensis ağacının yapraklarından elde edilen humik ve fulvik asitin alüminyum uygulanan mısır bitkisinin kök gelişiminde, kök uzamasının 40 mg L⁻¹ humik asit uygulamasıyla %30 ve 120 mg L⁻¹ humik asit uygulaması ile de %36 artış gösterdiğini rapor etmişlerdir [102].

Salvinia üzerinde yapılan bir çalışmada ve pH 3.9 olarak belirlenen bitkilere 0, 10 ve 20 mg L⁻¹ Al eklenmesi bitkide kuru madde ağırlığı sırasıyla 47.3 ve 30.7 mg olarak bulunmuştur. Humik asit ilave edildiğinde ise bitkilerin kuru ağırlığında sırasıyla 50.4 ve 42.8 g artış meydana gelmiştir. Gardner ve Al-Hamdani (1997) bu çalışmada aynı zamanda alüminyumun, *Salvinia* bitkisinin klorofil a ve b konsantrasyonlarını düşürdüğünü, humik asitin ise toplam klorofil miktarını arttırdığını belirtmişlerdir [103].

Keten (*Linum usitatissimum* L.) bitkisi üzerinde yapılan bir çalışmada, humik asitin tuzlu ortamda yetiştirilen üç varyetesinde tuzluluğa dayanıklılığı, Fe ve P ve diğer besleyici elementlerin emilimlerini geliştirmek suretiyle, bitkinin beslenme düzeyini arttırarak sağladığı belirtilmiştir. Prolin ve humik asit uygulanan ketenin çalışılan bütün varyetelerinde taze ve kuru bitki ağırlıklarının arttığı rapor edilmiştir [104].

Ennab (2016) tarafından yapılan bir araştırmada, ağaç başına 20 ml humik asit uygulanan ve tuzlu toprakta yetiştirilen ve misket/Mısır, Meksika veya Batı Hindistan limonu olarak bilinen *Citrus aurantifolia* Swingle ağacının yapraklarında N, P, K, Fe, Mn ve Zn içeriklerinin arttığı rapor edilmiştir [105]. Aynı çalışmada, ağaçların büyüme parametrelerinde artışlar görülmüş, sürgün boyları, yaprak sayıları ve alanlarında verilen humik asit miktarına paralel olarak, ağaç başına düşen meyve sayılarında, meyve kalitesinde ve içerdiği öz suyunda istatistiksel olarak anlamlı artışlar kaydedilmiştir.

Jarosova ve ark. (2016) tarafından yürütülen bir başka çalışmada, 100 mM NaCl uygulanmış arpa (*Hordeum vulgare* cv. Radegast) fidelerinde, humik asitin Alanin, Prolin, Askorbik Asit, Glutasyon gibi organik metabolitlerin içeriklerinin yükseldiğini bildirmişlerdir. Aynı araştırmalar, tuzluluğun arpa kök uçlarında reaktif oksijen ürünlerini (ROS) arttırdığını ancak HA ilavesinin bu oluşumu tersine çevirdiğini floresan mikroskopu ile yapılan çalışmalarda ortaya koymuşlardır [106].

Buğday (*Triticum aestivum* L.) ile yapılan bir araştırmada, 200 mM NaCl ile potasyum humat (KH) uygulaması tohumlarda çimlenmeyi %128 oranında arttırmıştır. Aynı tuz konsantrasyonu buğday fidelerinde sürgün boylarında ve kök uzunluğu, yaprak alanlarında sırasıyla %21, %25 ve %60; sürgün ve yaş ağırlığı ise yine sırasıyla %40 ve %75 oranında düşmüştür. Potasyum humat uygulaması sonucunda sürgün boyu, kök uzunluğu ve yaprak alanları %15, %27 ve %90 oranlarında artmıştır. Sürgün ve köklerin yaş

ve kuru ağırlıkları ise potasyum humat sonrasında sırası ile %20, %33 %28 ve %200 artış göstermişlerdir [107].

Hemida ve ark. (2017), tuz stresi altında yetişen fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) fidelerinde potasyum humat uygulaması ile toprağın fiziksel ve kimyasal yapılarını iyileştirdiğini ve bu sayede bitkinin büyüme ve ürün verimliliğini, N,P,K ve Ca alımlarını arttırdığını belirtmişlerdir. Benzer şekilde KH uygulaması ile ozmotik koruyucular olan eriyebilir şekerlerin ve prolinin; askorbik asit, glutasyon gibi enzimatik olmayan moleküllerin ve süperoksit dismutaz, katalaz gibi enzimlerin de miktarlarında artışlar kaydedilmiştir [108].

Rady ve ark. (2016), tuz stresi altında yetiştirilen Mısır pamuğu (*Gossypium barbadense* L.) fidelerinde humik asitin fotosentez verimliliğini arttırdığını, toprak suyunun etkili olarak alınabildiğini, bitkide besleyicileri dengelediğini, tohum gelişimi ile tüylerinde ve pamuk liflerinin kalitesinde artışlara yol açtığını belirtmişlerdir. HA, pamuk fidelerinin toprak tuzluluğu ile mücadelesini kazanmasında potansiyel bir iyileştirici olarak görülmektedir [109].

Paksoy ve ark. (2010) tarafından yapılan bir çalışmada, tuzlu topraklarda yetiştirilen bamyaya (*Abelmoschus esculentus* L. cv. Sultani) üzerinde K ve HA uygulamasının, tohumda “radikulanın belirmesi” üzerine istatistiksel olarak anlamlı bir katkı yaptığı, fidelerde N, K, P, Zn, Fe, Mn, Na, Ca ve Mg içeriklerini yine anlamlı olarak arttırdığı rapor edilmiştir. HA yalnız olarak kullanıldığında; N, P, K, Ca, Cu, Fe ve Mn artışı gerçekleşmiştir. Mg, Na ve Zn üzerinde HA etkisi olumlu ancak artış istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. K ve HA, tuzlu topraklarda bamyaya yetiştirilmesinde besleyici alımındaki etkinliği nedeniyle önemli bir işleve sahiptirler [110].

Meganid ve ark. (2015), fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) üzerinde yaptıkları bir çalışmada, tuzluluk stresine sokulmuş fidelere tuz ve humik asitin birlikte verilmesi ile bitki boylarında, yaprak alanlarında, kök uzunluklarında ve klorofil içeriklerinde bitkilerin ekim zamanından 15, 30 ve 45 gün sonra yapılan analizlerinde, istatistiksel olarak anlamlı artışlar meydana geldiğini rapor etmişlerdir. Ekim tarihinden 15 gün sonrasındaki sürgünlerin ve 30 günlük köklerin taze ağırlıklarındaki değişimleri istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır [111].

IV. SONUÇ

Dünyanın humik asitler ile tanışması 19. yüzyıla dayansa da ülkemizdeki çalışmalar yetmişli yılların ikinci yarısında başlamıştır. Kısa sayılabilecek geçmişi ile humik asitler, ülkemizde artık yardımcı gübre olarak kabul edilmektedir. Yukarıda isimleri ve çalıştıkları bitkilerle ilgili verilen çok sayıda

çalışma, strese karşı olumlu sonuçlar fayda sağlanmadığı belirtilen birkaç araştırmaya mutlak bir üstünlük sağlamıştır. Bilim insanları ve diğer bütün araştırmacıların halen yürüttükleri ve bundan sonra yapacakları araştırmalarında humik asitlerin yarayışlılık özelliklerinin ve etki mekanizmalarının ortaya çıkarılması, başta tarım olmak üzere ilgili sektörlerle önemli veriler sağlayacaktır.

KAYNAKÇA

- [1] Sharif, M., Khattak, R.A. ve Sarir, M.S. (2002). Effect of different levels of lignitic coal derived humic acid on growth of maize plants. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 33, 3567-3580.
- [2] Karaca, A., Turgay, O.C. ve Tamer, N. (2006). Effects of a humic deposit (gyttja) on soil chemical and microbiological properties and heavy metal availability. *Biology and Fertility of Soils*, 42, 585-592.
- [3] Selim, E.M. ve Mosa, A.A. (2012). Fertigation of humic substances improves yield and quality of broccoli and nutrient retention in a sandy soil. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 175, 273-281.
- [4] Bastida, F., Kandeler, E., Hernandez, T. ve Garcia, C. (2008). Long-term effect of municipal solid waste amendment on microbial abundance and humus associated enzyme activities under semiarid conditions. *Microbial Ecology*, 55, 651-661.
- [5] Fu Jiu, C., Dao Qi, Y. ve Quing Sheng, W. (1995). Physiological effects of humic acid on drought resistance of wheat. *Ying yong Sheng tai Xue bao*, 6, 363-367.
- [6] Stevenson, F.J. (1994). *Humus Chemistry, Genesis, Composition, Reactions*. John Wiley and Sons, New York.
- [7] Sangeetha, M., Singaram, P. ve Devi, R.D. (2006). Effect of lignite humic acid and fertilizers on the yield of onion and nutrient availability. *Proceedings of 18th World Congress of Soil Science July 9-15, Philadelphia Pennsylvania, USA*.
- [8] Serenella, N., Pizzeghello, D., Muscolob, A. ve Vianello, A. (2002). Physiological effects of humic substances on higher plants. *Soil Biology and Biochemistry*, 34, 1527-1536.
- [9] Rengrudkij, P.H. ve Partida, G.J. (2003). The effects of humic acid and phosphoric acid on grafted Hass avocado on Mexican seedling rootstocks. *Actas V Congreso Mundial del Aguacate*. pp 395-400.
- [10] Nardi, S., Tosoni, M., Pizzeghello, D., Provenzano, M.R., Cileni, A., Sturaro, A., Rella, R. ve Vianello, A. (2005). Chemical characteristics and biological activity of organic substances extracted from soils by root exudates. *Soil Science Society of America Journal*, 69, 2012-2019.
- [11] Trevisan, S., Pizzeghello, D., Ruperti, B., Francioso, O., Sassi, A., Palme, K., Quaggiotti, S. ve Nardi, S. (2009). Humic substances induce lateral root formation and expression of the early auxin-responsive IAA19 gene and DR5 synthetic element in *Arabidopsis*. *Plant Biology*, 12, 604-614.
- [12] Pettit, R.E. (2004). Organic matter, humus, humate, humic acid, fulvic acid and humin: Their importance in soil fertility and plant health. CTI Research. [Available at www.humate.info/mainpage.htm].
- [13] Kulikova, N.A., Stepanova, E.V. ve Koroleva, O.V. (2005). Mitigating activity of humic substances: Direct Influence on Biota. In: *Use of Humic Substances to Remediate Polluted Environments: From Theory to Practice*, NATO Science Series IV: Earth and Environmental Series, Perminova, I.V. (Eds). Kluwer Academic Publishers, USA, pp. 285-309.
- [14] Xudan, X. (1986). The effect of foliar application of fulvic acid on water use, nutrient uptake and wheat yield. *Australian Journal of Agricultural Research*, 37, 343-350.
- [15] Akıncı, Ş. (2011). Humik Asitler, Bitki Büyümesi ve Besleyici Alımı. *Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 23(1), 46-56.
- [16] Dell'Amico, C., Masciandaro, G., Ganni, A., Ceccanti, B., Garcia, C., Hernandez, T. ve Costa, F. (1994). Effects of specific humic fractions on plant growth. In *Humic Substances in the Global Environment and Implications on Human Health*; Senesi, N., Miano, T.M., Eds.; Elsevier Science: Amsterdam, The Netherlands, pp. 563-566.
- [17] Garcia, C., Hernandez, T., Costa, F., Ceccanti, B. Ve Dell'Amico, C. (1992). Characterization of the Organic Fractions of an Uncomposted and Composted Sewage Sludge by Isoelectric Focusing and Gel-filtration. *Biology and Fertility of Soils*, 13, 112-118.
- [18] Vaughan, D. (1985). Effect of Humic Substances on Metabolic Processes in Plants. In *Humic Substances Effects on Soil and Plants*; Burns, R.G., Dell'Agnola, S., Miele, S., Nardi, G., Savoini, G., Schnitzer, M. Sequi, P., Vaughan, D., Visser, S.A. Eds.; Reda: Roma, pp. 54-77.
- [19] Bohme, M. ve Thi Lua, H. (1997). Influence of mineral and organic treatments in the rhizosphere on the growth of tomato plants. *Acta Horticulture*, 450, 161-168.
- [20] Tan, K.H. (2003). *Humic Matter in Soil and Environment, Principles and Controversies*. Marcel Dekker, Inc., Madison, New York.
- [21] Saruhan, V., Kusvuran, A. ve Kokten, K. (2011). The effect of different replications of humic acid fertilization on yield performances of common vetch (*Vicia sativa* L.). *African Journal of Biotechnology*, 10, 5587-5592.
- [22] Daur, I. ve Bakhshwain, A.A. (2013). Effect of humic acid on growth and quality of maize fodder production. *Pakistan Journal of Botany*, 45, 21-25.
- [23] Vaughan, D. (1974). Possible mechanism for humic acid action on cell elongation in root segments of *Pisum sativum* under aseptic conditions. *Soil Biology and Biochemistry*, 6, 241-247.
- [24] Cacco, G. ve Dell'Agnolla, G. (1984). Plant growth regulator activity of soluble humic substances. *Canadian Journal of Soil Science*, 64, 25 – 28.

- [25] Russo, R.O. ve Berlyn, G.P. (1990). The use of organic bio-stimulants to help low input sustainable agriculture. *Journal of Sustainable Agriculture*, 1, 19-42.
- [26] Masciandaro, G., Ceccanti, B., Ronchi, V., Benedicto, S. ve Howard, L. (2002). Humic substances to reduce salt effect on plant germination and growth. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 33, 365-378.
- [27] Padem, H., Ocal, A. ve Alan, R. (1997). Effect of humic acid added foliar fertilizer on seedling quality and nutrient content of eggplant and pepper. ISHS Symposium on Greenhouse Management for Better Yields and Quality in Mild Winter Climates, 3-5 November 1997. *Acta Horticulturae*, 491, 241-246.
- [28] Aydın, A., Turan, M. ve Sezen, Y. (1999). Effect of fulvic-humic acid application on yield and nutrient uptake in sunflower and corn. Improved Crop Quality by Nutrient Management (pp. 249-252). Boston, London: Kluwer Academic Publishers Dordrecht.
- [29] Akinremi, O.O., Janzen, H.H., Lemke, R.L. ve Larney, F.J. (2000). Response of canola, wheat and green beans to leonardite additions. *Canadian Journal of Soil Science*, 80, 437-443
- [30] Dursun, A., Güvenc, I., Turan, M. (2002). Effects of different levels of humic acid on seedling growth and macro and micronutrient contents of tomato and eggplant. *Acta Agrobotanica*, 56, 81-88.
- [31] Çimrin, K.M. ve Yılmaz, I. (2005). Humic acid applications to lettuce do not improve yield but do improve phosphorus availability. *Acta Agriculturae Scandinavica*, Section B, *Soil and Plant Sci*, 55, 58-63.
- [32] Chen, Y. ve Aviad, T. (1990). Effect of Humic Substances on Plant Growth, p. 161-187. In: MacCarthy P, Clapp CE, Malcolm RL, Bloom PR (Eds.). Humic substances in soil and crop sciences: selected reading. Soil Science Society Am, Madison.
- [33] Varanini, Z. ve Pinton, R. (1995). Humic substances and plant nutrition. *Progress in Botany*, 56, 97-117.
- [34] Eyheraguibel, B., Silvestre, J. ve Morard, P. (2008). Effects of humic substances derived from organic waste enhancement on the growth and mineral nutrition of maize. *Bioresource Technology*, 99, 4206-4212.
- [35] Pinton, R., Varanini, Z. ve Nannipieri, P. (2007). The rhizosphere: Biochemistry and organic substances at the soil-plant interface. 2nd edn. CRC Press, Madison, P.447.
- [36] Chen, Y., Clapp, C.E., Magen, H. (2004). Mechanisms of plant growth stimulation by humic substances: The role of organo iron complexes. *Soil Science and Plant Nutrition*, 50, 1089-1095.
- [37] Jones, C.A., Jacobsen, J.S. ve Mugaas, A. (2007). Effect of low rate commercial humic acid on phosphorus availability, micronutrient uptake, and spring wheat yield. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 38, 921-933.
- [38] Arjumend, T., Abbasi, M. K., Rafique, E. (2015). Effects of lignite-derived humic acid on some selected soil properties, growth and nutrient uptake of wheat (*Triticum aestivum* L.) grown under greenhouse conditions. *Pakistan Journal of Botany*, 47(6), 2231-2238.
- [39] Tahir, M.M., Khurshid, M., Khan, M.Z., Abbasi, M.K. ve Kazmi, M.H. (2011). Lignite-derived humic acid effect on growth of wheat plants in different soils. *Pedosphere*, 21, 124-131.
- [40] Hai, S.M. ve Mir, S. (1998). The lignitic coal derived HA and the prospective utilization in Pakistan agriculture and industry. *Science, Technology and Development*, 17, 32-40.
- [41] Vaughan, D. ve Ord, B.G. (1991). Influence of natural and synthetic humic substances on the activity of urease. *European Journal of Soil Science*, 42, 17-23.
- [42] Hua, Q.X., Li, J.Y., Zhou, J.M., Wang, H.Y., Du, C.W. ve Chen, X.Q. (2008). Enhancement of phosphorus solubility by humic substances in ferrosols. *Pedosphere*, 18, 533-538.
- [43] Turgay, O.C., Karaca, A., Ünver, S. ve Tamer, N. (2011). Effects of coal – derived humic substance on some soil properties and bread wheat yield. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 42, 1050-1070.
- [44] Padem, H. ve Öcal, A. (1999). Effect of humic acid applications on yield and some characteristics of processing tomato. *Acta Horticulturae*, 487, 159-163.
- [45] Neri, D., Lodolini, E.M., Savini, G., Sabbatini, P., Bonanomi, G. ve Zucconi, F. (2002). Foliar application of humic acid on strawberry (cv. Onda). *Acta Horticulturae*, 594, 297-302.
- [46] El-Desuki, M. (2004). Response of onion plants to humic acid and mineral fertilizers application. *Annals of Agricultural Sciences, Moshtohor*, 42(4), 1955-1964.
- [47] Pollhamer, Z. (1993). Effect of humic acid, fulvic acid and NPK fertilizer on the quality of winter wheat varieties on chemical-free soil (in Hungarian), *Novenytermeles* 42, 447-455.
- [48] Saha, R., Saieed, M.A.U., Chowdhury, M.A.K. ve Chowdhury ve M.A.H. (2014). Influence of humic acid and poultry manure on nutrient content and their uptake by T. aman rice. *Journal of the Bangladesh Agricultural University*, 12(1), 19-24.
- [49] Chen, Y., Magen, H. ve Clapp, C.E. (2001). Plant growth stimulation by humic substances and their complexes with iron. *Proceedings of International Fertiliser Society, Israel*. pp 14.
- [50] Aydın, A., Kant, C., Turan, M. (2012). Humic acid application alleviate salinity stress of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) plants decreasing membrane leakage. *African Journal of Agricultural Research*, 7, 1073-1086.
- [51] Reddy, M.P. ve Vora, A.B. (1986). Changes in pigment composition, hill reaction activity and saccharides metabolism in bajra (*Pennisetum typhoides* S&H) leaves NaCl salinity. *Photosynthetica*, 20, 50-55.
- [52] Yeo, A.R. ve Flowers, T.J. (1983). Varietal differences in the toxicity of sodium ions in rice leaves. *Physiologia Plantarum*, 59, 189-195.
- [53] Turan, M.A., Aşık, B.B., Katkat, A.V. ve Çelik, H. (2011). The effects of soil-applied humic substances to the dry weight

- and mineral nutrient uptake of maize plants under soil salinity conditions. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 39 (1), 171-177.
- [54] Lutts, S., Kinet, J.M. ve Bouharmont, J. (1996). Effects of salt stress on growth, mineral nutrition and proline accumulation in relation to osmotic adjustment in rice (*Oryza sativa* L.) cultivars differing in salinity resistance. *Plant Growth Regulation*, 19, 207-218.
- [55] İnal, A., Güneş, A. ve Alpaslan, M. (1997). The effect of increasing levels of NaCl on fresh and weight, chlorophyll, proline, and mineral constituents of tomato grown on peat-perlite medium. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 21, 95-99.
- [56] Villora, G, Diego, A., Pulgar, G. ve Romero, L. (2000). Yield improvement in zucchini under salt stress: determining micronutrient balance. *Scientia Horticulturae*, 86, 175-183.
- [57] Kaya, C., Bekir, D., Erol, A.K., Higgs, D. ve Murillo-Amador, B. (2002). Influence of foliar-applied calcium nitrate on strawberry plants grown under salt stressed conditions. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 42, 631-636.
- [58] Turan, M. ve Aydın, A. (2005). Effects of different salt sources on growth, inorganic ions and proline accumulation in corn (*Zea mays* L.). *European Journal of Horticultural Science*, 70, 149-155.
- [59] Grattan, S.R. ve Grieve, C.M. (1999). Mineral nutrient acquisition and response by plants grown in saline environments. In: Pessarakli M. (ed.): *Handbook of Plant and Crop Stress*. Marcel Dekker, New York: 203-229.
- [60] Benlloch-Gonzalez, M., Fournier, J.M., Ramos, J. ve Benlloch, M. (2005). Strategies underlying salt tolerance in halophytes are present in *Cynara cardunculus*. *Plant Science*, 168, 653-659.
- [61] Turan, M.A., Türkmen, N. ve Taban, S. (2007a). Effect of NaCl on stomatal resistance and proline, chlorophyll, Na, Cl and K concentrations of lentil plants. *Journal of Agronomy*, 6, 378-381.
- [62] Turan, M.A., Katkat, A.V. ve Taban, S. (2007b). Variations in proline, chlorophyll and mineral elements contents of wheat plants grown under salinity stress. *Journal of Agronomy*, 6, 137-141.
- [63] Dhanapackiam, S. ve İlyas, M. (2010). Effect of salinity on chlorophyll and carbohydrate contents of *Sesbania grandiflora* seedlings. *Indian Journal of Science and Technology*, 3(1), 64-66.
- [64] Alam, S.M. (1994). Nutrient uptake by plants under stress conditions. In: *Handbook of plants and crop stress*. Edited by M. Pessarakli. Marcel Dekker, Inc. New York
- [65] Navarro, J.M., Botella, M.A., Cerda, A. ve Martinez, V. (2001). Phosphorus uptake and translocation in salt-stressed melon plants. *Journal of Plant Physiology*, 158, 375-381.
- [66] Lopez, M.V. ve Satti, S.M.E. (1996). Calcium and potassium-enhanced growth and yield of tomato under sodium chloride stress. *Plant Science*, 114, 19-27.
- [67] Yermiyahu, U., Nir, S., Ben-Hayyim, G., Kafkafi, U. ve Kinraide, B. (1997). Root elongation in saline solution related to calcium binding to root cell plasma membranes. *Plant Soil*, 191, 67-76.
- [68] Francois, L.E. ve Maas, E.V. (1999). Crop response and management of salt affected soils. In: *Hand Book of Plant and Crop Stress*. (Eds.): M. Pessarakli. Marcel Dekker, Inc., New York, pp. 169-201.
- [69] Mayhew, L. (2004). Humic substances in biological agriculture [Online] .Available at [www.acresusa.com / toolbox / reprints/ Jan04_Humic% 20Substances.pdf](http://www.acresusa.com/toolbox/reprints/Jan04_Humic%20Substances.pdf).
- [70] Daur, L. (2014). Effect of humic acid on growth, protein and mineral composition of pearl millet [*Pennisetum glaucum* (L.) R.Br.] fodder. *Pakistan Journal of Botany*, 46, 505-509.
- [71] Delfine, S., Tognetti, R., Desiderio, E. ve Alvino, A. (2005). Effect of foliar application of nitrogen and humic acids on growth and yield of durum wheat. *Agronomy for Sustainable Development*, 25, 183-191.
- [72] Nikbakht, A., Kafi, M., Babalar, M., Xia, Y.P., Luo, A. ve Etemadi, N. (2008). Effect of humic acid on plant growth, nutrient uptake, and postharvest life of *Gerbera*. *Journal of Plant Nutrition*, 31, 2155-2167.
- [73] Haghighi, M., Nikbakht, A., Xia, Y.P. ve Pessarakli, M. (2014). Influence of humic acid in diluted nutrient solution on growth, nutrient efficiency, and postharvest attributes of gerbera. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 45, 177-188.
- [74] Çelik, H., Katkat, A.V., Aşık, B.B. ve Turan, M.A. (2011). Effect of foliar applied humic acid to dry weight and mineral nutrient uptake of maize under calcareous soil conditions. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 45, 29-38.
- [75] El-Nemr, M.A., El-Desuki, M., El-Bassiony, A.M. ve Fawzy, Z.F. (2012). Response of growth and yield of cucumber plants (*Cucumis sativus* L.) to different foliar applications of humic acid and bio-stimulators. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 6, 630-637.
- [76] Mohamed, W.H. (2012). Effects of humic acid and calcium forms on dry weight and nutrient uptake of maize plant under saline condition. *Australian Journal of Basic Applied Science*, 6, 597-604.
- [77] Pilanali, N., ve Kaplan, M. (2003). Investigation of effect on nutrient uptake of humic acid applications of different forms to strawberry plant. *Journal of Plant Nutrition*, 26, 835-843.
- [78] Türkmen, O., Dursun, A., Turan, M. ve Erdinc, C. (2004). Calcium and humic acid affect seed germination, growth and nutrient content of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) seedlings under saline soil conditions. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B – Plant Soil Science*, 54(3), 168-174.
- [79] Çimrin, K.M., Önder, T., Turan, M. ve Burcu, T. (2010). Phosphorus and humic acid application alleviate salinity stress of pepper seedling. *African Journal of Biotechnology*, 9, 5845-5851.

- [80] Fahramand, M., Moradi, H., Noori, M., Sobhkhizi, A., Adibian, M., Abdollahi, S. ve Rigi, K. (2014). Influence of humic acid on increase yield of plants and soil properties. *International and Journal of Farming and Allied Sciences*, 3, 339-341.
- [81] Khaled, H. ve Fawy, H.A. (2011). Effect of different levels of humic acids on the nutrient content, plant growth, and soil properties under conditions of salinity. *Soil and Water Research*, 6, 21-29.
- [82] Fagbenro, J.A. ve Agboda, A.A. (1993). Effect of different levels of humic acid on the growth and nutrient uptake of teak seedlings. *Journal of Plant Nutrition*, 16, 1465-1483.
- [83] David, P.P., Nelson, P.V. ve Sanders, D.C. (1994). A humic acid improves growth of tomato seedling in solution culture. *Journal of Plant Nutrition*, 17, 173-184.
- [84] Zientara, M. (1983). Effect of sodium humate on membrane potential in internodal cells of *Nitellopsis obtuse*. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae*, 52, 271-277.
- [85] Taylor, C.B. (1996). Proline and water deficit: ups, downs, ins and outs. *The Plant Cell*, 8, 1221-1224.
- [86] Demir, Y. ve Öztürk, L. (2003). Influence of ethephon and 2,5 – norbornadiene on antioxidative enzymes and proline content in salt stressed spinach leaves. *Biologia Plantarum*, 47, 609-612.
- [87] Jiménez-Bremont, J.F., Becerra-Flora, A., Hernández-Lucero, E., Rodríguez-Kessler, M., Acosta-Gallegos, J.A. ve Ramírez-Pimentel, J.G. (2006). Proline accumulation in two bean cultivars under salt stress and the effect of polyamines and ornithine. *Biologia Plantarum*, 50, 763-766
- [88] Trotel, P., Bouchereau, A., Niogret, M.F. ve Larher, F. (1996). The fate of osmo – accumulated proline in leaf discs of rape (*Brassica napus* L.) incubated in a medium of low osmolarity. *Plant Science*, 118, 31-45.
- [89] Botella, M.A., Cerda, A ve Lips, S.H. (1994). Kinetics of NO₃ – and NH₄⁺ uptake by wheat seedlings: effect of salinity and nitrogen source. *Journal of Plant Physiology*, 144, 53-57.
- [90] Liu, C. (1998). Effects of humic substances on creeping bentgrass growth and stress tolerance. North Carolina State Univ., PhD Thesis, Philosophy Department of Crop Science.
- [91] Aşık, B.B., Turan, M.A., Çelik, H. ve Katkat, V.A. (2009). Effect of humic substances on plant growth and mineral nutrients uptake of wheat (*Triticum durum* cv. Salihli) under conditions of salinity. *Asian Journal of Crop Science*, 1, 87-95.
- [92] Arancon, N.Q., Edwards, C.A, Lee, S. ve Byrne, R. (2006). Effects of humic acids from vermicomposts on plant growth. *European Journal of Soil Biology*, 42, 65-69.
- [93] Çelik, H., Katkat, A.V., Aşık, B.B. ve Turan, M.A. (2010). Effect of humus on growth and nutrient uptake of maize under saline and calcareous conditions. *Agriculture*, 97(4), 15-22.
- [94] Gumuzzio, J., Polo, A., Diaz, M.A. ve Ibanez, J.J. (1985). Ecological Aspects of Humification in Saline Soils in Central Spain. *Reved Ecologie el de Biologic du Sd*, 22(2), 193-203.
- [95] Wallace, A., Wallace, G.A. ve Abouzamzam, A.M. (1986). Amelioration of sodic soils with polymers. *Soil Science*, 141, 359-362.
- [96] Lee, Y.S. ve Bartlett, R.J. (1976). Stimulation of plant growth by humic substances. *Soil Science Society of American Journal*, 40, 876-879.
- [97] Büyükkeskin, T. (2008). Humik Asitin *Vicia faba* L. (Bakla) da Fide Gelişimine ve Alüminyum Toksisitesine Etkisinin Belirlenmesi, Doktora tezi, *M.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.
- [98] Akıncı, Ş., Büyükkeskin, T., Eroğlu, A. ve Erdoğan, B.E. (2009). The Effect of Humic Acid on Nutrient Composition in Broad Bean (*Vicia faba* L.) Roots, *Notulae Scientia Biologicae*, 1(1), 81-87.
- [99] Büyükkeskin, T. ve Akıncı, Ş. (2011). The Effects of Humic Acid on Above-Ground Parts of Broad Bean (*Vicia faba* L.) Seedlings Under Al³⁺ Toxicity, *Fresenius Environmental Bulletin*, 20(3), 539-548.
- [100] Kim, A., Kashif, S.R. ve Yaseen, M. (2010). Using indigenous humic acid from lignite to increase growth and yield of okra (*Abelmoschus esculentus* L.). *Soil & Environment*, 29, 187-191.
- [101] Tan, K.H. ve Binger, A. (1986). Effect of humic acid on aluminum toxicity in corn plants. *Soil Science*, 141, 20-25.
- [102] Harper, S.M., Edwards, D.G., Kerven, G.L. ve Asher, C.J. (1995). Effects of organic acid fractions extracted from Eucalyptus camaldulensis leaves on root elongation of maize (*Zea mays*) in the presence and absence of aluminium. *Plant Soil*, 171, 189-192.
- [103] Gardner, J.L. ve Al-Hamdani, S. (1997). Interactive effects of aluminum and humic substances on *Salvinia*. *Journal of Aquatic Plant Management*, 35, 30-34.
- [104] Bakry, BA., Taha, M.H., Abdelgawad, Z.A. ve Abdallah, M.M.S. (2014). The Role of humic acid and proline on growth, chemical constituents and yield quantity and quality of three flax cultivars grown under saline soil conditions. *Agricultural Sciences*, 5, 1566-1575.
- [105] Ennab, H.A. (2016). Effect of humic acid on growth and productivity of Egyptian lime trees (*Citrus aurantifolia* Swingle) under salt stress conditions. *J. Agric. Res. Kafr El-Sheikh Univ.*, 42(4), 494-505.
- [106] Jarošová, M., Klejdus, B., Kováčik, J., Babula, P. ve Hedbavny, J. (2016). Humic acid protects barley against salinity. *Acta Physiologiae Plantarum*, 38, 161.
- [107] Osman, M.E.H., Mohsen, A.A., El-Feky, S.S. ve Mohamed W.A. (2017). Response of Salt-Stressed Wheat (*Triticum aestivum* L.) to Potassium Humate Treatment and Potassium Silicate Foliar Application. *The 7th Inter. Conf. "Plant & Microbial Biotech. & their Role in the Development of the Society"* pp. 85 – 102.
- [108] Hemida, K.A., Eloufey, A.Z., Seif El-Yazal, M.A. ve Rady, M.M. (2017). Integrated effect of potassium humate and α -tocopherol applications on soil characteristics and performance

- of *Phaseolus vulgaris* plants grown on a saline soil. *Arch. Ar-
gon. Soil. Sci.*, 1-16.
- [109]Rady, M.M., Abd El-Mageed, T.A., Abdurrahman, H.A ve
Mahdi, A.H. (2016). Humic acid application improves field
performance of cotton (*Gossypium barbadense* L.) under sa-
line conditions. *J. Anim. Plant Sci.*, 26, 487-493.
- [110]Paksoy, M., Türkmen, Ö. ve Dursun, A., (2010). Effects of
potassium and humic acid on emergence, growth and nutrient
contents of okra (*Abelmoschus esculentus* L.) seedling under
saline soil conditions. *Afr. J. Biotechnol.*, 9, 5343-5346.