

## Farklı Yüzey Aktif Maddelerin Domatesin Gelişimine Etkileri

İlknur YURDAKUL<sup>1</sup> Kadriye KALINBACAK<sup>2</sup> İbrahim GEDİKOĞLU<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Toprak Gübre ve Su Kaynakları Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Ankara, Türkiye

<sup>2</sup>Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü, Ankara, Türkiye

<sup>3</sup>TC Gençlik ve Spor Bakanlığı, Ankara, Türkiye

ilknur\_yurdakul@yahoo.com

### Öz

Herbisit, pestisit, deterjan ve sıvı/katı gübrelere kullanılan yüzey aktif madde (YAM) tarımsal alanlara girerek kültür bitkilerinde birikim ve ürün üzerinde etkiler oluşturmaktadır. Birçok YAM genelde inert ve bitkiye toksik olmamakla birlikte kullanılan konsantrasyon çok önemlidir. Planlanan çalışma, anyonik, katyonik, ve iyonik olmayan YAM'lerin, domates bitkisinin (*Lycopersicon esculentum* L.) kuru ağırlığına etkilerini belirlemek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Deneme tesadüf parselleri deneme desenine göre 3 tekrarlamalı olarak serada kurulmuştur. Topraklara, 180 mg N kg<sup>-1</sup> azotlu (Amonyum Nitrat, %26 N) ve 100 mg P kg<sup>-1</sup> (Triple Süperfosfat, %42-44 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) fosforlu gübre uygulanmıştır. Anyonik, katyonik ve iyonik olmayan YAM 0, 180, 360, 540 ve 720 mg kg<sup>-1</sup> düzeylerinde fide dikiminden sonra uygulanmış ve 50. günde hasat yapılmıştır. Anyonik YAM bitki kuru ağırlığını azaltırken (P < 0.01), katyonik YAM artırmış (P < 0.05), iyonik olmayan YAM'ın etkisi ise önemli olmamıştır. Bitki kuru ağırlığındaki azalma kök bölgesinde besin maddesi alımındaki sıkıntılardan (anyonik YAM), kuru ağırlıktaki artış ise uygulama dozuna da bağlı olarak besin alımının desteklenmesinden (katyonik YAM) kaynaklanabilir.

**Anahtar Kelimeler:** Anyonik, katyonik, iyonik olmayan yüzey aktif maddeler, domates (*Lycopersicon esculentum* L.), sera

### The Effects of Different Surfactants on the Growth of Tomato Plant

#### Abstract

The surfactants used in herbicide, pesticide, detergent and liquid/solid fertilizers accumulate on cultur plants and affect the products by reaching to the water sources and agricultural areas. Although many surfactants are inert and non-toxic against plants, used concentration is very important. The planned study was fulfilled for the purpose of determining the effects of anionic, cationic and nonionic surfactants on the dry weight of plant (*Lycopersicon esculentum* L.). The study was established according to randomized plots experiment design with three repetitions in greenhouse pots. Nitrogenous fertilizer, 180 mg N kg<sup>-1</sup> (Ammonium Nitrate, 26% N) and phosphorus fertilizer, 100 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> kg<sup>-1</sup> (Triple Superphosphate, 42-44% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) were applied. Anionic, cationic and nonionic surfactants were applied in the concentration of 0, 180, 360, 540 and 720 mg kg<sup>-1</sup> after planting seedlings in tomato. The plants were harvested on the 50. day. Anionic surfactants caused decreasing on the dry weight (P < 0.01) of plant while cationic surfactants caused increasing on the dry weight (P < 0.05) of plant. Nonionic surfactants did not importantly affect the dry weight of plant. It is considered that increases and decreases on the dry weight of plant occur due to the troubles on absorption of nutrients in the root zone (anionic surfactants) and the support of absorption of nutrients in the rhizosphere (cationic surfactants).

**Keywords:** Anionic, cationic, nonionic surfactants, tomato (*Lycopersicon esculentum* L.), greenhouse

#### Giriş

İnsanların dünyaya hakim olma istekleri doğal dengeyi etkiler, hızlı sanayileşme, gelişen teknoloji ve antropojenik kaynaklı atıklar çevre kirlenmesinin temel nedenleri arasındadır. Çevre sorunları sanayileşmenin başlangıcı ile son otuz yıldan beri insanlığın gündeminde belirgin bir biçimde yer almaktadır. Çevre sorunlarının giderimi ya da kontrol altına alınması multidisiplinli bir yaklaşımı gerektirmektedir. Deterjanların, tarımsal

girdilerin (herbisit, pestisit, sıvı/katı gübreler) yapısında bulunan YAM'ler yoğun kullanımları ile çevresel kirliliği yaratan bileşikler (Matthew and Jones, 2000) olarak doğada bulunmaktadır. YAM'ler, nem arttırıcı, seyreltici, emulsifiyer, köpürtücü, bakteri engelleyici ve korozyon belirteci amacıyla katkı maddesi olarak kullanılmaktadır (Salager, 2002; Liu, 2014). Tarımsal girdilerden herbisit ve pestisitlerin terkininde, yaprak yüzey alanında daha fazla sıvı tutmada sıvı gübrede kullanılmaktadırlar (McFarland, 2005). YAM'ler genelde inert ve bitkiye toksik olmamakla birlikte kullanılan konsantrasyon çok önemlidir. Yüksek konsantrasyonlar bitki gelişimine olumsuz etkilerde bulunmakta (Yang, 2008), gereken adjuvantların uygun olmayanları veya yüksek dozlarda kullanılmaları da bitkilerin zarar görmesine neden olmaktadır (Czarnota and Thomas, 2013). Toprak tamponlama kabiliyeti yüksek olan bir ortamdır. Bu özellik kirleticiler söz konusu olduğunda problem olmakta çünkü kirletici yoğunluğunun ortamda artması ve toksik etkilerin ortaya çıkmasına vesile olmaktadır. Toprağın kil fraksiyonu ve organik maddesi tarafından adsorplanan YAM'ler su geçirgenliğinin azalmasına neden olmakla (Renshaw ve ark., 1997) birlikte YAM kalıntılarının topraktan uzaklaştırılmasının da çok zor olduğu bildirilmektedir (Peters et al., 1992). Kirlilikle mücadelede belirlenmiş strateji ekolojik yaklaşım esaslı yönetim, önleme ve engelleme, kontrol altına alma, iyileştirme ve restorasyon ile izleme ve değerlendirme (Zalewski and Lotkowska, 2004) olarak belirlenmiştir. Son yıllarda yapılan çalışmalarla çevresel kirliliğin nedeni olan anyonik YAM'lerin sıvı, yarı sıvı ve katı ortamlardan uzaklaştırılması ile ilgili metotlar çalışılmaktadır. Çünkü bunlar yaşayan organizma için çevresel bir tehdit olmakla birlikte diğer kirlilik oluşturuvcu organik ve inorganik etmenlerin parçalanarak çevreye yayılmasına neden olmaktadır (Cserhati et al., 2002). Domatesin olgunlaşmasında yüzey aktif maddeli ve yüzey aktif maddesiz Ethepon uygulamalarının kıyaslandığı çalışmalarda  $1000 \text{ mg L}^{-1}$  Ethepon uygulamasının renk değişikliğini hızlandırdığı ancak 12 gün sonra farkın ortadan kalktığı, surfactan uygulanmış Ethepon uygulamasında (%1 Dytrol) renk değişiminde hafif bir gecikme olduğu bu nedenle YAM'siz uygulamanın önerildiği belirtilmiştir (Moura et al., 1997). Atıklarla toprağa ilave olan YAM'ler  $3 \text{ mg kg}^{-1}$  seviyesine kadar ulaşabilmekte, oksijenli toprak ortamlarında bozunmadan dolayı linear alkylbenzene sulphonates riskinin bu şartlarda yetişen bitkilerde düşük olduğu ancak alkyl phenol ethoxylates'ın bozunması ile ilgili yetersiz olan bilgiler gelecekte bu maddenin durumu hakkında soru işaretleri oluşturmaktadır (Matthew and Jones, 2000). Patates tarlalarındaki yabancı otları kontrolde İran'da metribuzine ve paraquat kullanımı yakma yöntemi ile kıyaslandığında alevde yakma yabancı ot mücadelesinde diğerlerinden daha başarılı olmaz iken patatesten verim daha fazla olmuştur (Shimi, 2000). YAM'lerin gelişen teknoloji ile insan yaşamındaki birçok faaliyette etkin kullanımı sonucu, birikimini ve diğer kirlilik etmenlerine etkilerini ortaya çıkarmaktadır. Kirliliği kontrol metotlarının çalışılması ve dünyanın tarımsal kaynaklı besinlerine etkilerinin ortaya konulması da kaçınılmaz olmaktadır. YAM'ler özelliklerinden dolayı kullanılan ancak olumsuz etkilerinin de takip altında tutulması ve kontrollü kullanılması gereken kimyasallardır. Çalışmada temel YAM'lerden olan anyonik, katyonik ve iyonik olmayan özelliklere sahip üç farklı YAM kullanılarak sera şartlarında killi tınlı bünyeye sahip toprakta domates bitkisinin kuru madde kapsamına etkileri incelenmiştir.

## **Materyal ve Metot**

### ***Denemede kullanılan materyaller***

YAM özellikleri; Linear Alkyl Benzene Sulfonic Acid, LABSA (anyonik), en büyük hacimli, düşük maliyetli, düz zincirli, biyolojik parçalanabilme özelliği olan iyi performanslı hidrofilik ve hidrofobil grup içeren anyonik bir YAM'dir (Chemicaland21,

2014). Quaternary Ammonium Compounds (katyonik), bakteri, virüs ve funguslara karşı anti-mikrobiyal özelliklerinden dolayı kullanılmakta; plastik, kauçuk ve seramik gibi plastik çeşitleri içerisinde çok az zararlı etkiye sahip katyonik YAM'dır (Cross and Singer, 1994). Alkyl Polyglycol Ether (iyonik olmayan), asidik ve alkalın ortamda kararlıdır ve sinerjik etkilerinden dolayı anyonik ve katyoniklerle birlikte kullanılan bir maddedir. Geniş bir kullanım alanı mevcuttur. İyonik olmayan YAM'nin seçiminde hipofilik/lipofilik denge önemlidir. Bu dengenin emülsifiyon gücü, deterjan köpük çözünürlüğünde önemi bulunmaktadır (Elementis, 2014). Denemede test bitkisi olarak, Falcon çeşidi domates (*Lycopersicon esculentum* L.) kullanılmıştır.

### Analiz yöntemleri

Araştırmada kullanılan toprak örnekleri, Jackson (1962) tarafından bildirildiği gibi 0–20 cm derinlikten özel yapılmış pirinç alaşımlı bir kürek ile alınmış, bez torbalara konularak seraya nakledilmiş, kurutulmuş, elekten (4 mm) geçirilmiştir. Laboratuvarda toprak tepkimesi, saf suyla hazırlanan doymun toprakta cam elektrotlu pH-metre ile toplam tuz, suyla doymun toprağın elektriksel iletkenliğinin iletkenlik aletiyle ölçülmesiyle, yarayıklı potasyum, ekstrakt çözeltisi olarak 1 N NH<sub>4</sub>OAc (pH 7.0) kullanmak ve ekstrakta geçen potasyumu alev fotometresi ile ölçerek tayin edilmiştir (Richards, 1954). Tarla kapasitesi, toprakların 1/3 atmosfer basınç altında tutabildikleri su miktarı olarak, solma noktası 15 atmosferdeki su tutma kapasitesi (Anonim, 1954) olarak bulunmuştur. Bünye (kum, silt ve kil) hidrometre yöntemine göre (Bouyoucos, 1951) bulunmuş, kireç, Scheibler kalsimetresi (Martin and Reeve, 1955) kullanılarak, organik madde, modifiye Walkley–Black (Walkley and Black, 1934) yöntemine göre tayin edilmiştir. Yarayıklı fosfor, ekstrakt çözeltisi 0.5 M NaHCO<sub>3</sub> (pH 8.5) olan Olsen et al. (1954) tarafından geliştirilen yöntemle saptanmıştır. Çalışma tuzsuz, hafif alkalın reaksiyonda (pH 7.87), organik madde ve fosforu düşük, kireç ve potasyum kapsamı fazla olan killi tınlı bünyeli toprakta gerçekleştirilmiştir (Çizelge 1).

**Çizelge 1.** Toprağın bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Mevki (Location)	Kum Sand (%)	Silt Silt (%)	Kil Clay (%)	Tarla kap. Field capacity (%)	Solma Nok. Wilting Point (%)	Top. tuz Total salt (%)	Kireç, CaCO <sub>3</sub> (%)	Organik madde Organic matter (%)	pH	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg da <sup>-1</sup> )	K <sub>2</sub> O (kg da <sup>-1</sup> )
Yorumlar	-	-	-	-	-	Tuzsuz	Fazla	Orta	Hafif alkalin	Az	Fazla
Incek	33.3	29.9	36.8	32.7	16.9	0.08	20.3	2.1	7.8	2.7	84.6

### Denemenin kurulması

Deneme tuzsuz, hafif alkalın reaksiyonda (pH 7.87), organik madde ve fosforu düşük, kireç ve potasyum kapsamı fazla olan killi tınlı bünyeli toprak ile tesadüf parselleri deneme desenine göre 3 tekrarlamalı olarak serada her saksıya kuru ağırlıkça 2500 g toprak olacak şekilde saksılarda kurulmuştur. Domates fidelerinin saksılara dikiminin yapıldığı gün her üç YAM uygulaması da 0, 180, 360, 540 ve 720 mg kg<sup>-1</sup> seviyelerinde bir defada topraklara uygulanmıştır. Topraklar tarla kapasitesine gelene dek sulanmışlardır. Topraklara Amonyum Nitrat (%26 N) gübresi ile 180 mg N kg<sup>-1</sup> ve Triple Süper Fosfat gübresi (%42-44 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) ile 100 mg P kg<sup>-1</sup> uygulanmıştır. Bitkiler sürekli takip edilmiş ve dikimden itibaren 50 gün sonra, toprak hizasından paslanmaz çelikten yapılmış makasla hasat edilerek, saf su ile yıkanmış, 65 °C'de hava sirkülasyonlu fırında sabit ağırlığa kadar kurutulmuş ve kuru ağırlık değerleri alınmıştır.

## Bulgular ve Tartışma

### YAM uygulamasının domatese etkisi

Artan düzeylerde anyonik, katyonik ve iyonik olmayan YAM'ler fide olarak dikilmiş domates denemesi toprağına uygulanmıştır. Deneme sonucunda elde edilen bitki kuru ağırlık değerleri Çizelge 2'de verilmiştir. Anyonik YAM uygulamaları bitki kuru ağırlığında şiddetli bir azalmaya neden olmuştur. Kontrol konusundan ortalama 4.69 g saksı<sup>-1</sup> kuru ağırlık elde edilirken, uygulanan YAM seviyesi yükseldikçe bitki kuru ağırlık miktarları azalmıştır. En yüksek uygulama seviyesinde (720 mg kg<sup>-1</sup>) bitki kuru ağırlığı ortalama 1.25 g saksı<sup>-1</sup> seviyesine (-%73.35) düşmüştür. Katyonik YAM uygulamaları arttıkça bitki kuru ağırlık değerleri de artmıştır. Kontrol konusundan bitki kuru ağırlığı ortalama 4.50 g saksı<sup>-1</sup> olurken, 720 mg kg<sup>-1</sup> katyonik YAM uygulamasının gerçekleştirildiği seviyede bitki kuru ağırlığı 5.47 g saksı<sup>-1</sup> seviyesine (%21.55) ulaşmıştır. İyonik olmayan YAM uygulamalarında bitki kuru ağırlıkları ilk dozdan başlayarak önce artmış, son dozda ise azalmıştır.

**Çizelge 2.** Artan seviyelerde bitkiye uygulanan YAM'lerin bitki kuru ağırlığına etkileri (g saksı<sup>-1</sup>)

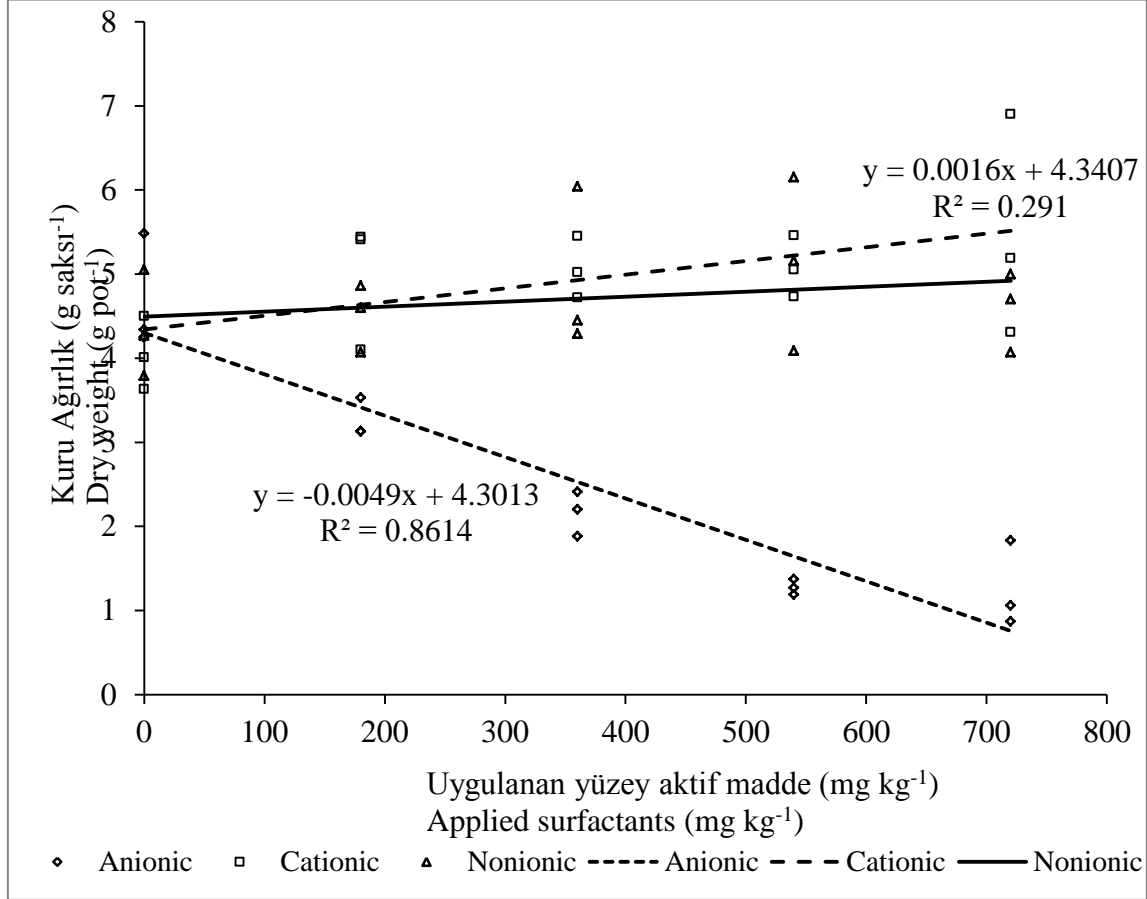
Dozlar (Dozes) (mg kg <sup>-1</sup> )	Anyonik (Anionic)				Katyonik (Cationic)				İyonik Olmayan (Nonionic)			
	1	2	3	Ort.* (Avrg.*)	1	2	3	Ort. (Avrg.)	1	2	3	Ort. (Avrg.)
0	5.48	4.25	4.34	4.69	4.01	3.63	4.5	4.05	3.79	4.27	5.05	4.37
180	3.13	3.13	3.53	3.26	5.41	4.1	5.44	4.98	4.86	4.6	4.07	4.51
360	2.41	2.2	1.88	2.16	5.02	5.45	4.72	5.06	4.29	4.45	6.04	4.93
540	1.19	1.37	1.27	1.28	5.05	5.46	4.73	5.08	4.09	5.16	6.15	5.13
720	0.87	1.83	1.06	1.25	6.90	5.19	4.31	5.47	4.70	4.07	5.00	4.59

Ort.\*: Ortalama, \*Avrg: Average

### YAM etkisinin istatistiksel değerlendirilmesi

Deneme toprağına artan düzeylerde uygulanan anyonik ve katyonik YAM bitkinin kuru ağırlıklarına önemli düzeyde etkide bulunmuştur. Bu etki anyonik YAM'da azalma, katyonik YAM'da bir miktar artış olarak kendini göstermiştir. Uygulamalar ve kuru ağırlık arasındaki ilişkinin denklemi sırası ile anyonik YAM'de;  $y = -0.0049x + 4.3013$  ( $R^2 = \%86$ ), katyonik YAM'de ise  $y = 0.0016x + 4.3407$  ( $R^2 = \%29$ ) olarak bulunmuştur. Korelasyon katsayıları anyonik YAM için  $r = -0.928$ ,  $P < 0.01$ , katyonik YAM için ise  $r = 0.539$ ,  $P < 0.05$  olmuştur. İyonik olmayan YAM uygulamaları bitki kuru ağırlık değerlerinde önemli bir etkide bulunmamıştır (Şekil 1). Katyonik YAM ve bitkiye etkilerine ait çok detaylı çalışmalar olmamakla birlikte, domates bitkisinde katyonik YAM uygulamasının bir miktar artış göstermiş olmasının uygulanan konsantrasyon ile ilgili olabileceği çünkü YAM'lerin uygun dozlarda kullanılmasının özelliklerinden kaynaklı bitki besin maddelerinin alımında olumlu sonuçlar yaratabileceği veya indirekt etkilerinden dolayı iyileştirme gerçekleştirdikleri düşünülmektedir. Nitekim bu sonuç önceki çalışmalarda da teyit edilmektedir. Şöyle ki; domates ve elmanın kütikulasının büyüme ve gelişim düzenleyici oksini (1-naphthol) sorplama katsayısı artan YAM uygulamaları ile önce artmış sonra aniden düşmüştür. Domatesin anyonik YAM (sodium dodecylbenzene sulfonate) hassasiyeti yüksek bulunurken elmada aynı durum gözlenmemiştir. Katyonik YAM (cetyltrimethylammonium bromide) düşük kritik misel konsantrasyonuna ve daha hızlı bir sorpsiyon katsayısı düşüşüne neden olmuştur. İyonik olmayan YAM (polyoxyethylene (20) sorbitan monolaurate (Tween 20) her iki bitkinin kütikulasının gelişim düzenleyici (naphthalene) sorpsiyonunda etkisiz olmuştur (Li et al., 2009). Domatesin olgunlaşmasında YAM'li ve YAM'siz ethephon uygulamalarının kıyaslandığı

çalışmalarda  $1000 \text{ mg L}^{-1}$  Ethepon uygulamasının renk değişikliğini hızlandırdığı, ancak 12 gün sonra farkın ortadan kalktığı, YAM uygulanmış ethephon uygulamasında (% 1 Dytrol) renk değişiminde hafif bir gecikme oluşturduğu, bu nedenle YAM'siz uygulamanın önerildiği belirtilmiştir (Moura et al., 1997). Türetilmiş denklemlerle yapılan çalışmada YAM oranı (%89 ve %75) ve herbisit (glyphosate ve metsulfuron) oranının etkileri kıyaslandığında, domateste kuru ağırlık veriminde sprej hacminin önemli olmadığı ama herbisit ve YAM oranının önemli olduğu belirtilmiştir (Ray et al., 1999).



Şekil 1. Artan seviyelerdeki YAM ile bitki kuru ağırlığı arasındaki ilişkiler

## Sonuçlar

Çalışmada anyonik YAM bitki kuru ağırlığında şiddetli bir azalmaya neden olmuştur. Kontrol konusundan elde edilen ortalama  $4.69 \text{ g saksı}^{-1}$  kuru ağırlık  $720 \text{ mg kg}^{-1}$  uygulama seviyesinde  $1.25 \text{ g saksı}^{-1}$  seviyesine düşmüştür. Katyonik YAM uygulamaları arttıkça bitki kuru ağırlık değerleri de artmıştır. Kontrol konusunda bitki kuru ağırlığı ortalama  $4.50 \text{ g saksı}^{-1}$  olurken,  $720 \text{ mg kg}^{-1}$  YAM uygulaması gerçekleştirildiğinde  $5.47 \text{ g saksı}^{-1}$  seviyesine ulaşmıştır. Her iki uygulamada istatistiki olarak önemli bulunmuştur. İyonik olmayan YAM uygulamalarında bitki kuru ağırlık değerleri ilk dozdan başlayarak önce artmış, son dozda ise azalma olmuş, istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Çalışma sonuçlarına göre, anyonik YAM'nin domates bitkisinin gelişimini olumsuz etkilediği bunu kök bölgesinde besin maddesi alımında sıkıntılar yaşanması suretiyle gerçekleştirdiği söylenebilir. Uygulanan katyonik YAM konsantrasyonu bitkide toksik seviyeye ulaşmamıştır. Katyonik YAM uygulamalarının bitkinin kuru ağırlığında artış gerçekleştirdiği, bitki besin maddesi gibi davrandığı ancak bunu besin maddelerinin topraktan alımına katkı sağlayarak ve rizosfer bölgesindeki besin maddesi yararlılığını

arttırmak suretiyle yaptığı düşünülmektedir. Çok farklı girdilerle toprak ve sulara ulaşabilen YAM'lerin bitki yetiştirme ortamlarındaki bitkiye etkileri, kirlenmiş ortamların iyileştirilme metotları hatta tüketilen besinlerin insanlara ve hayvanlara etkileri bu bakış açısı ile sorgulanmalıdır. Ekolojik yaklaşım ve kirliliği önleme, oluşmuş noktalarda kontrol altına alma takip edilmeli kontrolsüz deşarjlara izin verilmemelidir.

### Kaynakça

- Anonim, (1954). U.S. Salinity Laboratory Staff. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. Agri. Handbook No:60, USDA
- Bouyoucus, G. J. (1951). A recalibration of the hydrometer method for making mechanical analyses of soils. *Agronomy Journal*, 43; 434-438
- Chemicaland21, (2014). Linear alkybenzene sulfonic acid. <http://www.chemicaland21.com/specialtychem/perchem/LAS.htm> (Available: 02.04.2014)
- Cross, J., Singer, E. J. (1994). Cationic Surfactants: Analytical and Biological Evaluation. ISBN 0-8247-9177-0 (acid-free). Surfactants science series, 53. 32. Copyright by Marcel Dekker. Inc. 270 Madison Avenue. New York
- Cserhati, T. E., Forgacs, E., Oros, G. (2002). Biological activity and environmental impact of anionic surfactants. *Environ International*, 28(5); 337-48
- Czarnota, M., Thomas, P. A. (2013). Using surfactants, wetting agents, and adjuvants in the greenhouse. [http://www.caes.uga.edu/publications/pubDetail.cfm?pk\\_id=7678](http://www.caes.uga.edu/publications/pubDetail.cfm?pk_id=7678) (Available: 28.03.2014)
- Elementis (Specialties), (2014). Nonionic surfactants. Alkyl polyglycol ethers. <http://www.elementisspecialties.com/esweb/esweb.nsf/pages/surfactants-nonionicsurfactants> (Available: 03.04.2014)
- Jackson, M. L. (1962). Soil Chemical Analysis. Prentice-Hall Inc. Englewood. Cliffs. New York, USA.
- Li, Y., Chen, B., Chen, Z., Zhu, L. (2009). Surfactant effects on the affinity of plant cuticles with organic pollutants. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57(9); 3681-8
- Liu, G., Ozores-Hampton, M., McAvoy, G., Hogue, B., Snodgrass, C. A. (2014). Application of surfactants in commercial crop production for water and nutrient management in sandy soil. <http://edis.ifas.ufl.edu/hs1230> (Available: 09.04.2014)
- Martin, A. E., Reeve, R. (1955). A rapid manometric method for determining soil carbonate. *Soil Sciences*, 79; 187-197
- Matthew, J. S., Jones, M. N. (2000). The biodegradation of surfactants in the environment. *Biochimica et Biophysica Acta-Biomembranes*, 1508(1-2); 235-251
- McFarland, M. L., Stichler, C., Lemon, R. G. (2005). Non-traditional soil additives: Can they improve crop production? Forages. Texas A&M University System AgriLife Extension College Station. TX: Texas-Agrilife-Extension-Service. [http://repository.tamu.edu/bitstream/handle/1969.1/87827/pdf\\_934.pdf?sequence=1](http://repository.tamu.edu/bitstream/handle/1969.1/87827/pdf_934.pdf?sequence=1) (Available: 10.04.2014)
- Moura, M. A., Zaninand, S. R., Finger, F. L. (1997). Influence of ethephon and a surfactant on ripening of harvested tomato fruit. *Hortscience*, 32(3); 478
- Olsen, S. R., Cole, V., Watanabe, F.S., Dean, L. A. (1954). Estimation of Available Phosphorus in Soils by Extraction with Sodium Bicarbonate. U. S. Dept. of Agr. Cir. 939. Washington
- Peters, R. W., Montemagno, C. D., Shem, L. (1992). Surfactant screening of diesel-contaminated soil. *Hazardous Waste and Hazardous Materials*, 9; 113-133
- Ray, J. W., Richardson, B., Vanner, A. L., Coker, G. (1999). Herbicide efficacy in relation to herbicide rate, surfactant rate and spray application volume. [http://www.nzpps.org/journal/52/nzpp\\_522230.pdf](http://www.nzpps.org/journal/52/nzpp_522230.pdf) (Available:17.04.2014)
- Renshaw, C. E., Zynda, G. D., Fountain, J. C. (1997). Permeability reductions induced by sorption of surfactants. *Water Resources Research*, 33; 371-378
- Richards, L. A. (1954). Diagnosis and Improvement Saline and Alkaline Soils. U. S. Dep. Agr. Handbook 60
- Salager, J. L. (2002). Surfactants - Types and Uses. Venezuela: Laboratorio FIRP Escuela de Ingenieria Quimica

- Shimi, P. (2000). Use of flamer as an herbicide replacement in potato fields. Turkish Journal of Field Crops, 5; 41-44
- Walkley, A., Black, I. A. (1934). An examination of degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Sciences, 37; 29-37
- Yang, X. (2008). Effects of a nonionic surfactant on plant growth and physiology. PhD, Graduate Faculty of Auburn University. Auburn, Alabama
- Zalewski, M., Lotkowska, I. W. (2004). Integrated Watershed Management - Ecohydrology & Phytotechnology–Manuel. Nations Environment Programme International Environmental Technology Centre, 2-110 Ryokuchi Koen, Tsurumi-ku, Osaka 538-0036 1091 Oroshimo-cho, Kusatsu-City, Shiga