

# TEKSTİLDE KULLANILAN BAZI BİYOPOLİMERLERİN TARIM ALANINDA UYGULANABİLİRLİĞİNİN İNCELENMESİ

Kadri Akçalı<sup>1\*</sup>, Meliha Oktav Bulut<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Bartın Üniversitesi, Ulus Meslek Yüksekokulu, Tekstil, Giyim, Ayakkabı ve Deri Bölümü, 74600, BARTIN

<sup>2</sup> Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, 32100, ISPARTA

## Öz

Son yıllarda biyoçözünür özelliklere sahip polimer yapıların tarımsal alanda kullanımının incelendiği birçok çalışma literatürde yer almaktadır. Çalışma kapsamında tekstil alanında farklı işlemler amacı ile kullanılan ve üretim fazlası olarak atık durumuna düşen biyopolimerlerden olan polivinilalkol (PVA), karboksimetil selüloz (CMC) ve kitosanın tarımda bitki besleyici olarak kullanımı incelenmiştir. Beş farklı şekilde hazırlanan biyopolimer esaslı karışımların kullanımı sonrası uygun laboratuvar ortamında yetiştirilen mısır (*Zea mays L.*) bitkisine ait yaprak örnekleri mikrodalga yaş yakma yöntemi kullanılarak incelenmiş; bitki besleme açısından önemli olan bitki besleme element konsantrasyonları alev fotometresi ve atomik absorpsiyon spektrometresi kullanılarak tespit edilmiştir. Elde edilen element konsantrasyonları ile literatüre ait sınır değerlerin karşılaştırılması yapılarak; tekstil alanında kullanımı ve kullanım fazlası olarak atık oluşumuna neden olan ilgili malzemelerin tarım alanında bitki besleme ve toprak geliştirme materyali olarak kullanımının uygunluğu incelenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Bitki besleme, Polivinilalkol (PVA), Karboksimetil selüloz (CMC), Kitosan, Biyopolimer

## INVESTIGATION OF THE AGRICULTURAL USE OF SOME BIOPOLYMERS USED IN THE TEXTILE FIELD

### Extended Abstract

The agriculture sector is one of the most important sectors that play a role in the development of countries and societies. At the center of today's sustainability studies are projects and products that do not have negative effects on the environment and have positive effects on agricultural products. In particular, the main purpose of studies on plant nutrition is to investigate the survival, growth and development processes of plants and the limits they have in this regard. In recent years, there are many studies examining the use of polymer structures with biodegradable properties in the agricultural field. Advantages obtained by using polymer structures; can be summarized as thawing slowly throughout the growing season, having the opportunity to release nutrients to the plants gradually, increase the water holding capacity of the soil, save water, provide less compaction in soil compaction and increase plant nutrition efficiency. Within the scope of the study, the use of polyvinylalcohol (PVA), carboxymethyl cellulose (CMC) and chitosan, which are biopolymers used as printing thickener, sizing agent and finishing material in the field of textile, were investigated as plant nutrients in agriculture. After the use of biopolymer-based mixtures prepared in five different process, leaf samples of *Zea mays L.* grown in two kilogram pots in three replicates under appropriate laboratory conditions were examined and important plant nutrient concentrations for plant nutrition were determined. Microwave wet burning method was used to examine leaf samples. Potassium (K) was determined by flame photometer and calcium (Ca), magnesium (Mg), iron (Fe), copper (Cu), manganese/manganese (Mn) and zinc (Zn) were determined by AAS (Atomic Absorption Spectrometer) in leaf samples burned by wet burning method. By comparing the elemental concentrations obtained with the limit values of the literature; the appropriateness of the use of the related materials that cause waste generation in the field of textiles and excess use as plant nutrition and soil improvement material in agriculture were examined.

**Key Words:** Plant nutrition, Polyvinyl alcohol, Carboxymethyl cellulose, Chitosan, Biopolymer

#### \*Sorumlu Yazar (Corresponding Author):

Kadri AKÇALI; Bartın University, Ulus Vocational School,  
Department of Textile, Cloths, Footwear and Leather  
74600, Ulus/Bartın-Turkey.

Geliş (Received) : 05.10.2020

Kabul (Accepted) : 26.10.2020

Basım (Published) : 31.12.2020

## 1. Giriş

Ülkelerin ve toplumların kalkınmasında rol alan en önemli sektörlerin başında tarım sektörü gelmektedir. Tarım sektörünün önemi globalleşen dünyaya paralel olarak değişen küresel ekonomik şartlar, artan rekabet ve nüfus artışına bağlı ihtiyaçların artışı ile giderek artmaktadır. Günümüz sürdürülebilirlik üzerine gerçekleştirilen çalışmaların merkezinde özellikle çevre üzerinde olumsuz etkileri olmayan, tarımsal alanda çalışanlar için ulaşılabilir ve tarımsal ürünler üzerinde olumlu etkilere sahip proje ve ürünler yer almaktadır (Pretty, 2008). Özellikle bitkilerin yetiştirilmesi üzerine yapılan çalışmaların temel amacı bitkilerin hayatta kalma, büyüme ve gelişme süreçleri için çevre koşullarını en iyi şekilde kullanma ve bu konuda sahip oldukları sınırları araştırmaktır (Agren & Ingestad, 1995). Bitkilerin yeterli beslenmesi ve sürdürülebilir olmaları su ve karbondioksiti sentezleyerek bitkiler gibi organik madde üretemeyen hayvan ve insanlar için gereksinim duydukları organik bileşikleri, vitamin ve mineralleri temin etmeleri açısından önemlidir (Akbulut & Oktav Bulut, 2015).

Oksijen, karbondioksit ve suya ek olarak bitkilerin yeterli olarak beslenmesi için en az 14 mineral elemente ihtiyacı vardır (Marschner, 1995; Mengel, 2001; White ve Brown, 2010, Akbulut ve Oktav Bulut, 2015). Bu mineral elementlerin herhangi birinde eksiklik, bitki büyümesini ve mahsul verimini azaltır. Bitkiler genel olarak mineral elementlerini toprak çözeltisinden alırlar. Oksijen, karbondioksit ve suya ek olarak bitki büyümesi için altı mineral elementten olan azot (N), fosfor (P), potasyum (K), kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg) ve kükürt (S) büyük miktarlarda gereklidir. Klor (Cl), bor (B), demir (Fe), manganez (Mn), bakır (Cu), çinko (Zn), nikel (Ni) ve molibdene (Mo) ise ihtiyaç daha az miktardadır (White ve Brown, 2010; Akbulut ve Oktav Bulut, 2015).

Toprakta yetişen bitkiler gereksinim duydukları besin elementlerinin tamamına yakını kökleri vasıtası ile topraktan almaktadır. Bitki besin elementleri toprakta çözelti içerisinde çözülmüş, değişim komplekslerinde absorbe edilmiş, toprak minerallerinde kimyasal bağlı, organik maddede organik bileşikler halinde ve porlar içerisinde gaz halinde bulunabilmektedirler (Kacar ve Katkat, 2015). Toprağın sahip olduğu fiziksel, kimyasal ve biyolojik nitelikler toprağın kalitesini belirlemekte ve bu niteliklerde yaşanan bir düşüş toprak bozulması olarak ifade edilmektedir. Toprak bozulması durumu bitkilerin beslenmesinde yetersizliklerin meydana gelmesine ve üretkenliğin düşmesine neden olmaktadır (Çakmak, 2002; Yılmaz ve Alagöz, 2008).

Herhangi bir toprağın bitki gelişmesi için uygun olup olmaması, çeşitli etmenlerin karşılıklı etkileri sonucu bitkiye yeteri kadar ve uygun oranlarda sürekli olarak bitki besin elementlerinin sağlanıp sağlanamamasına bağlıdır. Bitkileri doğrudan doğruya toprakta yetiştirmek suretiyle mutlak gerekli elementleri belirleyebilmek için, büyüme dönemi süresince hangi elementin topraktan alındığının doğru olarak bilinmesine gereksinim vardır. Bunun için en basit yol bitki analizidir. Toprakta herhangi bir elementin tek yönlü olarak azalması ile toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik düzeni bozulacak ve dolayısıyla toprakta bulunan öteki elementlerin yarayışlılık durumu değişecektir (Kacar ve Katkat, 2010).

Toprak bozulmasına sebep olan faktörlere bağlı olarak yapısı bozulan, verimliliği ve üretkenliği kaybolan toprağın ıslah edilmesi ve yapısal olarak geliştirilmesi gerekmektedir. Bu durum bitki besleme konusunda gerçekleştirilen çalışmalarda büyük bir öneme sahiptir. Özellikle literatürde bu alanda polimer yapıların kullanımı ve sonuçlarının değerlendirildiği birçok çalışma bulunmaktadır. Yapılan çalışmalarda ortak sonuç uygun polimer yapıların kullanımı sonrası bitki besleme ve toprak/gübre geliştirme konusunda iyi sonuçların elde edilmesi olarak göze çarpmaktadır (Tisdall ve Oades, 2006; Verdonck, 1984; Aly ve Letey, 1990; Hanay, 1991; Mikkelsen vd., 1993; Öztaş vd., 2002; Saçak, M., 2018; El-Hady vd., 2006; Du vd., 2006; Nirmala ve Thirupathaiyah, 2019; Riberio vd., 2020).

Polimer yapıların kullanımı sonucu elde edilen avantajlar; bitki büyüme mevsimi boyunca yavaş yavaş çözümleri, bitkilere kademeli olarak besin salma imkanına sahip olmaları, toprak su tutma kapasitesinde artış, su tasarrufu sağlaması, toprak sıkışmasında daha az sıkışma sağlamaları ve bitki besleme veriminin artırılması olarak özetlenebilmektedir (Mikkelsen, 1994; Du vd., 2006; Nirmala ve Thirupathaiyah, 2019; Riberio vd., 2020). Çalışma kapsamında tekstil alanında kıvamlaştırıcı, haşıl maddesi, apre malzemesi olarak kullanımı olan işlemsiz PVA, CMC, Kitosan ve karışımlarının bitki besleme üzerine olan etkisi incelenmiş ve tekstil fabrikalarında birçok kullanım alanı bulunan bu maddelerin üretim fazlası atıklarının bitki besleme ve toprak geliştirme alanında kullanım uygunluğu araştırılmıştır.

## 2. Materyal ve Metod

Çalışmada doğal bir polimer olan Kitosan, toprağa uyumlu ve kolay çözünebilir özelliğine sahip PVA polimeri ile doğal esaslı CMC bitki besleme ve toprak geliştirme işleminde kullanılmıştır.

Kullanılan kitosanın eldesinde kullanılan toz halde bulunan yengeç kabuğu kitini ( $\alpha$ -kitin) Sigma (C7170) firmasından temin edilmiştir. PVA olarak ise Elastechs SC5 (Emsland A.Ş.) ve CMC olarak Emsize CMS 60 (Emsland A.Ş.) kullanılmıştır. Kullanılan PVA ve CMC'nin substitusyon dereceleri (DS) sırası ile 0,08 ve 0,09 dur. Substitusyon derecesi selüloz polimer zincirindeki hidroksil gruplarının ne kadarının eterlendiğini belirten ortalama değer olup, bakteriyel ve kimyasal dayanıklılık, film sağlamlığı, akışkanlık düzgünlüğü gibi özellikleri belirler ve kullanım yeri ve amacına göre iyi seçilmelidir (Zhang vd., 2011; Akbulut, 2014).

Bitki besleme ve saksı denemeleri işlemlerinde kullanılan toprak Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Ziraat Fakültesi çiftlik arazisinden alınmış olup; toprağın sahip olduğu fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları aşağıdaki gibidir.

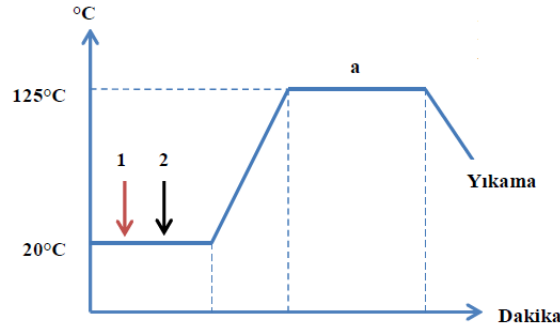
Tablo 1. Denemede saksı toprağı olarak kullanılan tarla toprağının fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları.

Toprak Özellikleri		Metotlar	Analiz Sonucu (0-25cm)
pH	---	1:2,5	8,02
Kireç	(%)	Kalsimetrik	23,16
Tuz	(%)	1:2,5	0,14
Organik Madde	(%)	Walkley-Black	1,6
Toplam N	(%)	Kjeldahl	0,08
Alınabilir P	(kgP <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /da)	Olsen-Spektrofotometre	5,1
Alınabilir K	(kgK <sub>2</sub> O/da)	A.Asetat-AAS	172,2
Alınabilir Ca	(kgCaO/da)	A.Asetat-AAS	2940,4
Alınabilir Mg	(kgMgO/da)	A.Asetat-AAS	127,5
Alınabilir Fe	(ppm)	DTPA-AAS	3,38
Alınabilir Mn	(ppm)	DTPA-AAS	1,2
Alınabilir Zn	(ppm)	DTPA-AAS	0,64
Alınabilir Cu	(ppm)	DTPA-AAS	1,02

Kitinden kitosan eldesi işlemleri ve biyopolimer karışımlarının hazırlanması için kullanılan kimyasallar ise; Formaldehit (CH<sub>2</sub>O, Merck, %37'lik sıvı madde), Gliserin (C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>O<sub>3</sub> Merck, %99), Hidroklorikasit (HCl, Merck, %37), Sodyumhidroksit (NaOH, %99) ve Bütanol (C<sub>4</sub>H<sub>9</sub>OH %98 saflıkta) dür.

### 2.1. Yengeç Kitininden Kitosan eldesi

Yengeç Kitininden kitosan eldesinde 2014 yılında Oktav Bulut danışmanlığında Akbulut tarafından gerçekleştirilen tez çalışması esas alınmış olup; ilk olarak 25 g ağırlığında kitin 90°C±5 sıcaklıkta 3 saat süre ile kurutma işlemine alındı. Kurutma işlemi sonrası kitin desikatör yardımı ile oda sıcaklığına getirildi. Oda sıcaklığına getirilen kitin farklı sürelerde (30',60',90',120') deasetilasyon işlemine tabi tutuldu.



Şekil 1. Kitinden kitosan elde edilme grafiği (1:NaOH, 2: Kitin, F.O = 1/5, a: 30',60',90',120').

Deasetilasyon sonrası taşar su ile yıkama işlemi kitosanların pH'ı nötr olana kadar devam ettirildi. Elde edilen kitosanlara yıkama sonrası sabit tartıma gelene kadar kurutma işlemi yapıldı. Sabit tartım sonrası 0,1 N 30 ml HCl ile 0,3 g kitosan çözülerek 250 ml'lik balon jöjeye titrasyon için aktarıldı. Elde edilen çözeltiye 2 damla metil orange eklendi ve çözelti rengi pembeye dönünceye kadar karıştırıldı. 0,1N 37 ml NaOH ile çözelti rengi pembeden turuncuya dönene kadar titrasyona devam edildi. Farklı sürelerde deasetilasyon işlemine alınan kitosanolardan çalışma kapsamında kullanılmak üzere %74,14 ile en yüksek asetilasyon derecesine sahip olan 120 dk deasetilasyon işlemine alınmış kitosan seçilmiştir (Oktav Bulut ve Elibüyük; 2017).

## 2.2. Çalışmada Kullanılan Biyopolimer Karışımları

Toprak geliştirme ve bitki besleme özelliklerinin incelenmesi için kullanılan biyopolimer karışımlarının hazırlanmasında Tablo 1'de verilen 5 farklı reçete (R1, R2, R3, R4, R5) kullanılmıştır.

**Tablo1.** Biyopolimer karışımlarının hazırlanmasında kullanılan reçeteler.

PVA/CMC Karışımı (Reçete No:1 / R1)		PVA/Kitosan Karışımı (Reçete No:2 /R2)		PVA Karışımı (Reçete No:3 / R3)	
PVA	7 g	PVA	7 g	PVA	10 g
CMC	3 g	Kitosan	3 g	Gliserin	0,1 ml
Gliserin	0,1 ml	Gliserin	0,1 ml	Bütenol	0,1 ml
Bütenol	0,1 ml	Bütenol	0,1 ml	Formaldehit	1 ml
Formaldehit	1 ml	Formaldehit	1 ml	Su	x ml
Su	x ml	Su	x ml		
Total	100 gr	Total	100 gr	Total	100 gr
CMC Karışımı (Reçete No:4 /R4)		Kitosan Karışımı (Reçete No:5 R5)			
CMC	10 g	Kitosan	10 g		
Gliserin	0,1 ml	Gliserin	0,1 ml		
Bütenol	0,1 ml	Bütenol	0,1 ml		
Formaldehit	1 ml	Formaldehit	1 ml		
Su	x ml	Su	x ml		
Total	100 gr	Total	100 gr		

Bitki besleme ve analizler öncesi PVA, kitosan ve CMC malzemelerinin temin edilen toz halleri (işlemsiz) ve reçeteler sonrası elde edilen karışımlar kullanılan saksılardaki 2 kg'lık toprak ile homojen bir karışım oluşturacak şekilde karıştırılmış ve bitki besleme işlemine hazır hale getirilmiştir.

Bitki besleme işlemleri, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi Bitki Besleme Bölümü serasında kontrollü koşullarda gerçekleştirilmiştir. 2 kg kapasiteli saksılarda her bir uygulama için 3 tekrarlı olarak mısır (*Zea mays*) bitkisi yetiştirilmiştir. Ekim işleminden önce temel gübreleme amacıyla her bir saksıya 200 ppm N ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ), 200 ppm P ve 230 ppm K ( $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ) uygulanmıştır (Aynacı ve Erdal, 2016). Saksılara 4 adet mısır bitkisi ekilmiş ve çimlenmeden sonra en iyi büyüme ve gelişimi gösteren 2 adet bitki numunesi çalışmada kullanılmıştır. Bitkiler 8 haftalık gelişme döneminden sonra hasat edilerek analizlere hazır hale getirilmiştir (Erdal vd.,2003).

Bitkilerden alınan yaprak örnekleri laboratuvar ortamında çeşme suyu, seyreltik asit (0.2 N HCl) ve saf su ile laboratuvara nakledilme sırasında oluşabilecek yüzeysel bulaşmalardan kaynaklanabilen hataların ortadan kaldırmak amacıyla yıkandıktan sonra örnekler  $65 \pm 5$  °C'de 48 saat süre ile kurutma dolabında kurutularak öğütülmüştür (Müftüoğlu vd., 2014). Öğütülen yaprak örneklerinden 0.4 g'lık numuneler alınarak teflon kaplar içerisinde 10 ml nitrik asit ile ıslatılmıştır. Yaprak örneklerinin incelenmesinde mikrodalga yaş yakma yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemde organik aksamın parçalanması ve yakılması, sıvı bir ortamda erlenmayer içerisinde ve bir sıcak pleyt üzerinde (Kacar, 1972; Zarcinas vd., 1987), mikrodalga fırında basınçlı yada basınçsız olarak gerçekleşmektedir (Miller, 1998; Kacar ve İnal, 2010).

Tüm yaprak örnekleri 180 °C'de 15 dakika süre ile yakılmış ve 15 dakika soğumaya bırakılmıştır. Yakımı tamamlanan ve soğutulan numuneler 50 ml ölçü balonlarına aktarılmıştır. Yaş yakma yöntemiyle yakılan yaprak örneklerinde potasyum (K) alev fotometresiyle (Kacar 1972), kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg), demir (Fe), bakır (Cu), mangan/manganez (Mn) ve çinko (Zn) ise AAS (Atomik Absorpsiyon Spektrometresi) ile tayin edilmiştir. AAS yöntemi, elementlerin gaz durumundaki atomlarının ışın absorbe etme özelliğine dayanılarak geliştirilmiş bir yöntem olup, Beer –Lambert yasasına uymaktadır. Bu yöntemde esas; bitki örneğinde bulunan bir elementin miktarının belirlenmesi için çözelti haline getirilmiş bitki örneğinin aleve püskürtülmesi sonucu, alevde atomize olan element tarafından bu elemente özgü ışık kaynağından gelen ışının absorbe edilen miktarının belirlenmesi prensibine dayanmaktadır (Kacar ve İnal, 2010).

### 3. Araştırma Bulguları

#### 3.1. Biyopolimer Karışımlarının Su Geçirgenlik Oranlarının Tespiti

Çalışma kapsamında elde edilen PVA, CMC, Kitosan, PVA/Kitosan ve PVA/CMC karışımlarının su geçirgenlik oranlarının tespiti için silika jel içeren kaplar kullanılmış olup; karışım ihtiva eden kapla oda sıcaklığında 24 saat bekletilerek su ağırlığında meydana gelen değişiklikler kayıt altına alınmıştır. Su geçirgenlik oranı tespitinde kullanılan formül aşağıda verilmektedir;

$$wp = \Delta m / t \times S$$

wp: Su geçirgenliği ( $\text{g}/\text{m}^2\text{h}^{-1}$ )

$\Delta m$ : Silika jel ağırlığındaki artış miktarı (g)

t: 24 saat

S: Sabit ( $2,826 \times 10^{-3}\text{m}^2$ )

Tablo 2. Elde edilen karışımların Su Geçirgenlik Oranları.

Karışım	Su Geçirgenlik Oranı (g/m <sup>2</sup> h <sup>-1</sup> )
PVA (R3)	70,45
CMC (R4)	29,74
Kitosan (R5)	113,80
PVA/Kitosan (R2)	90,67
PVA/CMC (R1)	58,64

Elde edilen su geçirgenlik oranları incelendiğinde en yüksek oranda su tutma özelliğine sahip olan numunenin kitosan olduğu görülmektedir. En düşük su tutma özelliğine ise CMC sahiptir. PVA ve kitosanda bulunan vazifeli hidroksil grupları absorbitif çekim kuvvetleri ile bünyede suyun kolaylıkla bağlanmasını sağlamaktadırlar. CMC'nin suda çözünebilmesi için 0,45 veya daha yüksek süstitüsyon derecesine sahip olması gerekmektedir. Çalışma kapsamında CMC olarak kullanılan Emsize CMS 60'ın ise süstitüsyon derecesi 0,09 olduğu için yapısına su bağlanma özelliği düşüktür.

### 3.2. Bitki Besin Elementlerinin Değerlendirilmesi

Çalışma kapsamında oluşturulan sera denemeleri sonrası bitki besin elementlerinin analiz sonucunda elde edilen konsantrasyon değerleri Tablo 3'de verilmektedir.

Tablo 3. Bitki besin elementlerinin analizi sonucu elde edilen element konsantrasyon değerleri.

	Mg (%)	Ca (%)	K (%)	Cu (ppm)	Mn (ppm)	Fe (ppm)	Zn (ppm)
<b>Kontrol Numunesi</b>	0,15	0,17	4,02	13,33	78,46	76,84	51,38
<b>PVA (İşlemsiz)</b>	0,23	2,66	4,38	21,96	76,54	81,84	41,72
<b>PVA Karışım (R3)</b>	0,22	2,07	4,36	28,25	83,5	173,38	24,14
<b>Kitosan (İşlemsiz)</b>	0,14	1,97	5,15	10,63	76,38	138,05	55,5
<b>Kitosan Karışım (R5)</b>	0,2	1,35	5,08	19,5	76,75	76,75	23,09
<b>CMC (İşlemsiz)</b>	0,11	1,26	5,68	13,8	85,5	70,75	70,75
<b>CMC Karışım (R4)</b>	0,16	1,72	4,58	41,09	76,16	146,63	29,08
<b>PVA/CMC Karışım (R1)</b>	0,15	2,04	4,47	26,92	81,16	99,88	21,97
<b>PVA/Kitosan Karışım (R2)</b>	0,19	2,10	4,06	13,38	86,92	85,42	18,45

Tablo 3 incelendiğinde kontrol mısır numunesine göre Mg % konsantrasyonunda en büyük artış işlemsiz PVA kullanımı sonucu elde edilmiştir. Kontrol numunesinin sahip olduğu %0,15 değerindeki Mg konsantrasyonu İşlemsiz PVA kullanımı sonucu %0,08'lik bir artış göstererek %0,23 değerine ulaşmıştır. % Mg konsantrasyonunda elde edilen en yüksek ikinci artış miktarı ise yine PVA karışımının kullanımı sonucu % 0,22'lik değerle elde edilmiştir. Tabloda PVA/CMC karışımı kullanımı sonucu % Mg konsantrasyonunda herhangi bir değişim meydana gelmediği, işlemsiz kitosan ve CMC kullanımı sonucu kontrol mısır numunesinden elde edilen % Mg konsantrasyonunda ise düşüşler meydana geldiği göze çarpan diğer sonuçlardır.

Tablo 3'de verilen kalsiyum konsantrasyon sonuçları incelendiğinde ise; aynı magnezyum konsantrasyonunda olduğu gibi kontrol mısır numunesinin sahip olduğu değer en fazla işlemsiz PVA kullanımı sonrası yükseldiği görülmektedir. İşlemsiz PVA kullanımı sonrası kontrol mısır numunesinin sahip olduğu 0,17'lik Ca konsantrasyon

değeri %2,66 oranına yükselmiştir. Veriler incelendiğinde işlemsiz PVA ile içerisinde PVA olan ve kitosan ve CMC barındıran karışımlarında %Ca değerini olumlu yönde yükselttiği görülmektedir. Tablodan elde edilen bir diğer sonuç ise PVA ile kıyaslandığında daha düşük oranlarda katkı düzeyine sahip olsa da CMC ve kitosan kullanımının da %Ca konsantrasyon değerinin yükselmesinde etkili olduğudur.

Kontrol mısır numunesinin sahip olduğu potasyum konsantrasyonu % 4,02 değerine sahipken özellikle işlemsiz CMC ve kitosan kullanımı ile bu oranın yukarı çıktığı Tablo 3'de görülmektedir.

Yine aynı tablo incelendiğinde kontrol mısır numunesine ait bakır konsantrasyonu değerinin CMC karışımı kullanımı sonrası; mangan konsantrasyonunun PVA/Kitosan karışımı ve işlemsiz CMC kullanımı sonrası; demir konsantrasyonunun PVA karışımı ile CMC karışımlarının kullanımı sonrası ve çinko konsantrasyonunun işlemsiz kitosan ve CMC kullanımı sonrası en yüksek konsantrasyon değerlerine sahip olduğu gözlemlenmektedir.

#### 4. Sonuç ve Öneriler

Çalışma kapsamında işlemsiz olarak PVA, CMC ve kitosan ile bu malzemelerin karışımları 10'ar gramlık miktarlarda kullanılarak 2 kg toprak kapasitesine sahip saksılara, toprak ile homojen bir karışım oluşturacak şekilde karıştırılarak konulmuş ve iklim koşulları göz önüne alınarak 60 gün süre ile kontrol mısır bitkisi yetiştirilmiştir. Yaprak örneklerinin yapılan analizler sonucunda Mg, Ca, Cu, K, Mn, Fe, Zn elementlerine ait değerleri belirlenmiş olup bu değerlerin literatürde belirtilen sınır değerler içerisinde olup olmadığı değerlendirilmiştir (Jonas vd., 1991).

Çalışma sonucu elde edilen değerlerin karşılaştırılmasının yapıldığı literatürden elde edilen sınır değerleri tablo 4'de verilmektedir.

Tablo 4. Kontrol Mısır bitkisi için besin elementleri sınır değer aralığı tablosu.

Besin Elementleri	Sınır Değer Aralığı
Mg (%)	0,15 – 0,45
Ca (%)	0,3 – 0,7
K (%)	2,5 – 4,0
Mn (ppm)	20 – 1000
Cu (ppm)	1 – 25
Fe (ppm)	50 – 250
Zn (ppm)	20 – 60

Tablo 4 incelendiğinde bitki Mg konsantrasyonu sınır değer aralığı içerisinde işlemsiz ve karışım olarak hazırlanmış PVA'nın, karışım durumundaki CMC'nin kitosan karışımı ve PVA/kitosan karışımı kullanımı sonrası elde edilen değerlerin bulunduğu görülmektedir. PVA/CMC karışımı kullanımı sonrası elde edilen Mg konsantrasyon değeri ise alt sınırdadır.

Ca, K, Mn ve Fe konsantrasyon değer aralıkları incelendiğinde çalışma kapsamında kullanılan tüm malzemeler sonucu elde edilen konsantrasyon değerlerinin belirtilen sınır aralığı değerleri içerisinde olduğu kabul edilmiştir. Zn konsantrasyon sınır değer aralığı ile elde edilen konsantrasyon değerleri karşılaştırıldığında işlemsiz CMC kullanımı sonrası elde edilen değerlerin sınır değerler üzerinde olduğu, PVA/kitosan karışımı kullanımı sonrası elde edilen değerlerin ise sınır değerlerin altında kaldığı görülmüştür. Diğer numunelerin kullanımı sonrası elde edilen değerler ise belirtilen sınır konsantrasyon değerleri içerisinde.

Cu konsantrasyonuna ait sınır değerler incelendiğinde çalışma kapsamında kullanılan PVA ve CMC karışımı ile birlikte kullanımları söz konusu olan PVA/CMC karışımına ait sonuç konsantrasyon değerlerinin sınır değerler üzerinde olduğu, diğer malzemelerin kullanımı sonucu ise elde edilen değerlerin belirlenen Cu konsantrasyon sınır değer aralığı içerisinde bulunduğu tespit edilmiştir.

Sonuç olarak her bir element konsantrasyonu açısından kullanılan tekstil tabanlı polimer yapıları malzemelerin olumlu sonuçlar verdiği, bazı kullanımlar sonucu sınır değerlerin aşıldığı ancak bu aşma durumunun kullanılan miktarın kontrollü olarak düşürülmesi sonucu belirlenen elementlere ait konsantrasyon sınır değer aralığına çekilebileceği gözlemlenmektedir. Özellikle Tablo 3 ve Tablo 4 incelendiğinde; tekstil alanında apre malzemesi, kıvam arttırıcı malzeme, haşıl maddesi gibi farklı kullanım alanlarına sahip olan CMC, PVA ve kitosan malzemelerinden elde edilen üretim fazlası durumda ve atık olarak değerlendirilen miktarın bitki besleme alanında besleme materyali olarak ve toprak zenginleştirici ürün olarak kullanılabilir olduğu görülmektedir. Özellikle düşük maliyeti ve doğada hızlı çözülme özelliği nedeni ile PVA'nın gübre olarak kullanımı söz konusu olabilmektedir. CMC malzemesinden elde edilen veriler de bitki besleme alanında CMC'nin kullanılabilir olduğunu kanıtlamaktadır. Ancak su tutma özelliğinin daha yüksek olması ve CMC malzemesinin kullanımı ile bu alanda çok yüksek sonuçlar elde edilmemesi PVA'nın CMC'ye göre kullanım açısından daha verimli sonuçlar ortaya koyacağını göstermektedir. Kitosan ise her ne kadar olumlu sonuçlar ortaya çıkarmış olsa da 1 kg'da yaklaşık 700 euro maliyetli bir malzeme olması nedeniyle yaygın kullanım açısından değerlendirildiğinde yüksek maliyetli olacaktır. Literatür incelendiğinde PVA'nın karışım olarak kullanımı yerine direk olarak toprağa eklenme süratıyla kullanımı yeterli olarak görülmektedir (Zhang vd. 2012, Han vd. 2009). Çalışma sonucu elde edilen sonuçlar da bu durumu destekler niteliktedir.

Maliyetler açısından bir kıyaslama yapıldığında çalışmanın sonuçlandığı anlık veriler incelendiğinde; 1 kg yapay gübrenin ortalama maliyeti 4,00 TL iken, 1 kg PVA'nın maliyeti 7,00 TL ve CMC'nin maliyeti ise 2,90 TL olarak belirlenmiştir. Ayrıca kullanım miktarları ve çalışma kapsamında verilen reçeteler incelendiğinde en yüksek kullanım oranı baz alındığında; 10 gramlık bir PVA kullanımı ile 100 gram miktarda bir karışımın hazırlanması ve 2 kilogramlık bir besleme toprağında kullanımı söz konusu olmaktadır. Diğer bir deyişle 0,07 krş maliyet ile 2 kg'lık bitki besleme toprağı oluşturulmaktadır.

Genel çerçevede bakıldığında çalışma sonuçları ile tekstil alanında farklı işlemler için kullanımı söz konusu olan ve kullanım fazlası olarak değerlendirilerek atık meydana getiren PVA, CMC ve kitosan malzemelerinden elde edilen miktarlar ile bitki besleme ve toprak geliştirme işlemlerinin yapılabilir olduğu, yapay gübre kullanımı ile kıyaslandığında maliyetler açısından uygun olduğu ve bu durum ile hem sürdürülebilir tarım uygulamalarına bir alternatif, hem de sıfır atık projelerine bir destek niteliğine sahip alternatif ve maliyeti uygun bir yöntemin meydana getirildiği söylenebilir.

## Teşekkür

Çalışma kapsamında Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi Bitki Besleme Bölümü serasının kullanımı ve bitki analizleri konusunda katkılarından dolayı Prof. Dr. İbrahim Erdal ve Doçent Dr. Zeliha Küçükyumuk'a teşekkür ederiz.

## Kaynaklar

1. Agren, G. I. & Ingestad, T. (1995). Plant nutrition and growth: Basic principles. *Plant and Soil*, 168, 15 – 20.
2. Akbulut, Y. (2014). *Tekstil Baskıcılığında Kullanılan Bazı Kivamlaştırıcıların Tarıma Uygulanabilirliği*. (Master's thesis, Süleyman Demirel Üniversitesi).
3. Akbulut, Y. & Oktav Bulut, M. (2015). Tekstilde kullanılan bazı biyopolimerlerin tarıma uygulanabilirliği. *Journal of YEKARUM*, 3 (1), 35 – 44.
4. Aly, S. M. & Letey, J. (1990). Physical Properties of Sodium-Treated Soil as Affected by Two Polymers. *Soil Science Society of America Journal* 54, 501 – 504.
5. Aynacı, D. & Erdal, İ. (2016). Evsel Atıklardan Elde Edilen Kompostun Mısır ve Biberin Gelişimi ve Besin Elementi İçeriğine Etkisi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 20 (1), 123 – 128.
6. Çakmak İ. (2002). Plant nutrition research: Priorities to meet human needs for food insustainable ways. *Plant and Soil*, 247, 3 – 24.
7. Du, C., Zhou, J. & Shaviv, A. (2006). Release Characteristics of Nutrients from Polymer-coated Compound Controlled Release Fertilizers. *Journal of Polymers and the Environment*, 14, 223 – 230.
8. El-Hady, A., Ebtisam, I. & Dardiry, E. (2006). Improving hydrophysical properties quality of compost. *Journal of Applied Sciences Research*, 2 (12): 1137 – 1141.
9. Erdal, İ., Turan, M.A. & Taban, S. (2003). Farklı Özelliklerdeki Topraklarda Yetiştirilen Mısır Bitkisinin Gelişimi ile Besin Elementi İçeriklerine Çinko Uygulamasının Etkisi. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 9 (3), 334 – 339.



10. Han, X., Chen, S. & Hu, X. (2009). Controlled-Release Fertilizer Encapsulated by Starch/Polyvinyl Alcohol Coating. *Desalination*, 240, 1(3), 21 – 26.
11. Hanay, A. (1991). Organik materyal uygulamasının toprakların infiltrasyon parametrelerine etkileri üzerine bir araştırma. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 22 (2), 43 – 53.
12. Jones, Jr. J. B., B. Wolf & H. A. Mills (1991). *Plant Analysis Handbook*. Micro-Macro Publishing, Inc., USA.
13. Kacar, B. (1972). *Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri*, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Uygulama Kılavuzu, Ankara Üniversitesi Basımevi, Ankara.
14. Kacar, B. & İnal, A. (2010). *Bitki Analizleri*. Nobel Akademik Yayıncılık, Ankara.
15. Kacar, B. & Katkat, A. V. (2015). *Bitki Besleme*. Nobel Akademik Yayıncılık, Ankara.
16. Mengel, K., Kirkby, E. A., Kosegarten, H. & Appel, T. (2001). *Principles of Plant Nutrition*, Springer Dordrecht.
17. Mikkelsen, R. L., Behel Jr., A. D. & Williams, H. M. (1993). Addition of gel-forming hydrophilic polymers to nitrogen fertilizer solutions. *Fertilizer Research*, 36, 55 – 61.
18. Mikkelsen, R. L. (1994). Using hydrophilic polymers to control nutrient release. *Fertilizer Research*, 38, 53 – 59.
19. Miller R. O. (1998). *Microwave digestion of plant tissue in an closed vessel*. In: Kalra, Y. P., editör. Handbook of reference methods for plant analysis. CRC Press, USA: Newyork, pp. 69 – 73.
20. Müftüoğlu, N. M., Türkmen, C. & Çıkılı, Y. (2014). *Toprak ve Bitkide Verimlilik Analizi*. Nobel Akademik Yayıncılık, Ankara.
21. Nirmala, A. & Thirupathiah, G. (2019). Hydrogel/superabsorbent polymer for water and nutrient management in horticultural crops-review. *International Journal of Chemical Studies*, 7 (5), 787 – 795.
22. Oktav Bulut & M., Elibüyük, U. (2017). *Yengeç Kitininden Kitosan Üretimi*. Erzincan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 10(2), 213 – 219.
23. Öztaş, T., Özbek, A.K. & Aksakal, E.L. (2002). Structural developments in soils treated with polyvinylalcohol. *Proceedings of the International Conference on Sustainable Land Use and Management*, 10-13 June, Çanakkale, pp. 143 – 148.
24. Pretty, J. (2008). Agricultural sustainability: concepts, principles and evidence. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 363, 447 – 465.
25. Riberio, V. J., Mattiello, E. M., Silva, D. J. & Vergütz, L. (2020). Coating phosphorus fertilizer with renewable natural polymers. *Australian Journal of Crop Science*, 14 (5), 782 – 787.
26. Saçak, M. (2018). *Polimer Kimyası*. Gazi Kitabevi, Ankara.
27. Tisdall, J. M. & Oades, J. M. (2006). Organic Matter and Water-stable Aggregates in Soils. *European Journal of Soil Science*, 33(2), 141 – 163.
28. Verdonck, O. (1984). New developments in the use of graded perlite in horticultural substrates. *Acta Horticulturae*, 150, 575 – 581.
29. White, P. J. & Brown, P. H. (2010). Plant nutrition for sustainable development and global health. *Annals of Botany*, 105, 1073 – 1080.
30. Yılmaz, E. & Alagöz, Z. (2008). Toprak Bozulması. *Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 22 (45), 58 – 65.
31. Zhang, K., Peschel, D., Baucker, E., Groth, T. & Fischer, S. (2011). Synthesis and characterisation of cellulose sulfates regarding the degrees of substitution, degrees of polymerisation and morphology. *Carbohydrate Polymers*, 83, 1659 – 1664.
32. Zarcinas, B. A., Cartwright, B. & Spauncer, L. P. (1987). Nitric acid digestion and multielement analysis of plant material by inductively coupled plasma spectrometry. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 18, 131 – 147.