



TEKSTİL VE MÜHENDİS

(Journal of Textiles and Engineer)



<http://www.tekstilvemuhendis.org.tr>

Potasyum Nitrat İçeren Sodyum Karboksimetil Selüloz İle Kaplanmış Dokusuz YüzeylerdeKaplama Miktarının Su ve Gübre Salım Özellikleri Üzerine Etkisi

Effect of Coating Amount on Water and Fertilizer Release Properties of Potassium Nitrate Containing Sodium-Carboxymethyl Cellulose Coated Nonwovens

Gamze OKYAY¹, Volkan BAYANER², Abdullah ULAŞ³, İlhan ÖZEN⁴

¹ Malatya Turgut Özal Üniversitesi, Tasarım Bölümü, 44210, Malatya, Türkiye

² Yünsa Yünlü San. ve Tic. A.Ş. Çerkezköy Organize Sanayi Bölgesi, Çerkezköy, 59500, Tekirdağ, Türkiye

³ Erciyes Üniversitesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, 38030, Kayseri, Türkiye

⁴ Erciyes Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, 38039, Kayseri, Türkiye

Online Erişime Açıldığı Tarih (Available online):30 Haziran 2022 (30 June 2022)





Bu makaleye atıf yapmak için (To cite this article):

Gamze OKYAY, Volkan BAYANER, Abdullah ULAŞ, İlhan ÖZEN (2022): Potasyum Nitrat İçeren Sodyum Karboksimetil Selüloz İle Kaplanmış Dokusuz Yüzeylerde Kaplama Miktarının Su ve Gübre Salım Özellikleri Üzerine Etkisi, Tekstil ve Mühendis, 29: 126, 88-95.

For online version of the article: <https://doi.org/10.7216/1300759920222912606>

Arastırma Makalesi / Research Article

POTASYUM NİTRAT İÇEREN SODYUM KARBOKSİMETİL SELÜLOZ İLE KAPLANMIŞ DOKUSUZ YÜZEYLERDE KAPLAMA MİKTARININ SU VE GÜBRE SALIM ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ

Gamze OKYAY¹
Volkan BAYANER²
Abdullah ULAŞ³
İlhan ÖZEN^{4*}

¹Malatya Turgut Özal Üniversitesi, Tasarım Bölümü, 44210, Malatya, Türkiye

²Yünsa Yünlü San. ve Tic. A.Ş. Çerkezköy Organize Sanayi Bölgesi, Çerkezköy, 59500, Tekirdağ, Türkiye

³Erciyes Üniversitesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, 38030, Kayseri, Türkiye

⁴Erciyes Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, 38039, Kayseri, Türkiye

Gönderilme Tarihi / Received: 25.04.2022

Kabul Tarihi / Accepted: 15.06.2022

ÖZ: Tarımsal uygulamalar için su emici/tutucu ve kontrollü gübre salım özelliğine sahip agrotekstil yapısı oluşturmak amacıyla, 75/25 poli(etilen tereftalat)/viskon (PET/CV) dokusuz yüzeyler (DY), öncelikle poli(vinil alkol) (PVOH) ve ardından sodyum karboksümetil selüloz (Na-CMC), potasyum nitrat (PN) ve sitrik asit (CA) içeren çözeltilerle kaplanmıştır. PVOH ve Na-CMC kaplama miktarları sırasıyla 120 g/m² ve 30, 60 ve 90 g/m² olarak belirlenmiş ve çapraz bağlayıcı olarak %5 CA kullanılmıştır. Kaplamadan sonra dokusuz yüzeylerin morfolojik ve yapısal, jelleşme, su emicilik, su tutma ve gübre salım davranışı incelenmiştir. Çalışma sonuçları değerlendirildiğinde, sitrik asit kullanımının çapraz bağ oluşumunu desteklediği ve tüm kaplama formülasyonlarında %1000'in üzerinde su emicilik kapasitesine ulaşıldığı görülmüştür. Ayrıca, hazırlanan agrotekstil yapıları lineer bir gübre salım şekli göstererek, kontrollü salım gübre olarak adlandırılabilmesi için gerekli olan besin salım şeklini sağlamıştır. Ancak, hiçbir numune besin salım hızı açısından gerekli olan kriterleri karşılayamamaktadır. Sonuç olarak, üretilen agrotekstil yapıları performans açısından değerlendirildiğinde, 60 g/m² Na-CMC ile yapılan formülasyonun en optimum özelliklere sahip olduğu söylenebilir.

Anahtar Kelimeler: Dokusuz yüzey, sodyum karboksümetil selüloz, potasyum nitrat, su emicilik, gübre salımı.

EFFECT OF COATING AMOUNT ON WATER AND FERTILIZER RELEASE PROPERTIES OF POTASSIUM NITRATE CONTAINING SODIUM-CARBOXYMETHYL CELLULOSE COATED NONWOVENS

ABSTRACT: To create an agrotexile structure with water-absorbing/retaining and controlled fertilizer release properties for agricultural applications, 75/25 poly(ethylene terephthalate)/viscose (PET/CV) nonwoven fabrics (DY) were firstly coated with poly(vinyl alcohol) (PVOH) and then with sodium carboxymethyl cellulose (Na-CMC), potassium nitrate (PN) and citric acid (CA) solutions. PVOH and Na-CMC coating amounts were adjusted to 120 g/m² and 30, 60, and 90 g/m², respectively, and 5% CA was utilized as a cross-linker. Morphological and structural, water absorbency, water retention, and fertilizer release behaviors of the nonwoven fabrics were investigated after coating. When the results of the study were evaluated, it could be said that the use of citric acid supported the formation of crosslinking and all coating formulations had a water absorbency capacity of over 1000%. Furthermore, the created agrotexile structures displayed a linear fertilizer release pattern, indicating that they provided the criteria for being classified as a controlled-release fertilizer. However, no sample achieved the nutrient release rate criteria. When the prepared formulations were evaluated in terms of performance, it could be said that the formulation made with 60 g/m² Na-CMC had the most optimum properties.

Keywords: Nonwovens, sodium carboxymethyl cellulose, potassium nitrate, water absorbency, fertilizer release.

*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: iozen@erciyes.edu.tr

DOI: <https://doi.org/10.7216/1300759920222912606>

www.tekstilmuhendis.org.tr

1. GİRİŞ

Son yıllarda dünya nüfusunun hızlı bir şekilde çoğalması, canlıların temel besin kaynağı olan su ve yiyeceğe olan talebin artmasına neden olmuştur. Yiyecek üretimini arttırmaya yönelik uygulamalar, su kaynaklarının ve topraktaki mevcut bitki besin elementlerinin neredeyse tükenmesine yol açmıştır. Dolayısıyla, üreticiler önceden ekim yaptıkları toprağı yeniden kullanabilmek ve üretilen mahsulün miktar ve kalitesini sağlayabilmek için, toprağı gübre adı verilen bitki besin elementlerince zengin maddeler uygulamaya başlamışlardır [1]. Ancak, gübrelemenin geleneksel yöntemlerle yapılması, azot (N), fosfor (P) ve potasyum (K) gibi temel bitki besin elementlerinin önemli bir kısmının bitkiler tarafından emilememesine ve bu emilemeyen elementlerin çevrede çeşitli şekillerde kaybolarak (suya karışma, buharlaşma, erozyonla akıp gitme vb.) sera gazı üretimi, mülaj, ötrofikasyon vb. gibi çevresel problemleri oluşturmalarına neden olmaktadır [2-10]. Dolayısıyla, araştırmacılar gübre uygulama yöntemlerini iyileştirmek ve bu uygulamaların ekosistem üzerindeki olumsuz etkisini en aza indirgeyebilmek için çok sayıda çalışma yapmaktadır [11-19].

Gübrelerin kontrollü salımı, geleneksel gübrelerin neden olduğu çevresel problemlere en iyi çözümlerendir. Bu tip gübrelerde, besin kullanımı, bitkilerin büyüme ve gelişme dönemlerinde ihtiyaç duyduğu besin miktarına göre geliştirilir. Dolayısıyla, daha az besin kaybı, besin maddelerini sürdürülebilir bir şekilde sağlama, uygulama sıklığını azaltma ve aşırı doz ile ilişkili potansiyel olumsuz etkileri en aza indirme gibi birçok avantaj sağlamaktadır [20].

Kontrollü salım gübrelerin (controlled release fertilizer (CRF)) hazırlanmasında kullanılan başlıca yöntem, gübre granüllerinin çeşitli malzemelerle kaplanmasıdır. Sülfür, polisülfon, polivinil klorür ve polistiren gibi birçok malzemenin kaplama malzemesi olarak kullanıldığı bilinmektedir. Ancak bu kaplama malzemelerinin biyolojik olarak parçalanamaması ve dolayısıyla toprakta birikmesi yeni bir kirliliğin oluşmasına neden olmaktadır. Bu sebeple, kaplama malzemeleri olarak lignin, sodyum-karboksimetil selüloz, etil selüloz, nişasta, aljinat ve kitosan gibi çoğunlukla biyolojik olarak parçalanabilen polimerler seçilmektedir [21-34]. Ancak hem su hem de gübre kontrol özelliğini bir arada bulduran gübre formülasyonları senteze dayalı olup çok zahmetli işlemler içermektedir. Ayrıca istenen özellikler tam olarak sağlanamamaktadır [35-37].

Sodyum karboksimetil selüloz (Na-CMC) biyoparçalanabilir, toksik olmayan, karboksil ve hidroksil grupları içeren ucuz bir polisakarittir [38,39]. Tekstil sanayinde Na-CMC'nin, uzun yıllardan beri ipliklerin haşılmasında kullanıldığı bilinmektedir [40]. Ayrıca son yıllarda Na-CMC'nin tekstil yüzeylerinin kaplanmasında kullanıldığı ve böylece yüzeylere fonksiyonel özelliklerin kazandırıldığı ilginç çalışmalar bulunmaktadır [41-43]. Bununla beraber tekstil yüzeylerinin Na-CMC ve gübreyle kaplanarak kontrollü su ve gübre salımıyla ilgili sadece grubumuz tarafından yapılan çalışmalar bulunmaktadır [44,45].

Bu çalışmada, yukarıda bahsedilen ziraat ve tekstille ilgili çalışmaların kesişme noktasında, tamamen yenilikçi ve çok fonksiyonlu bir agrotekstil malzemesinin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Bunun için gübrenin ve gübre taşıyıcı matris polimeri olan Na-CMC'nin tekstil yüzeyine aktarımı, basit ve ucuz bir yöntem olan kaplama yoluyla gerçekleştirilmiştir. Burada Na-CMC kaplama miktarı değiştirilerek su ve gübre salım karakteristiği incelenmiş ve optimum sonuçları veren formülasyon ortaya çıkarılmaya çalışılmıştır.

2. MATERYAL VE METOT

2.1. Materyal

Çalışma kapsamında, altlık olarak iğnelenmiş dokusuz yüzey (DY, 75/25 polietilen tereftalat /viskon, (PET/CV), 130 g/m², Hassan Tekstil, Türkiye), kaplama polimeri olarak poli(vinil alkol) (PVOH, 99% hidrolize, Mw: 146,000 - 186,000 g/mol, Sigma Aldrich) ve sodyum-karboksimetil selüloz (Na-CMC, ASEL2000, DS: 0,82, viskozite: 40600 mPa.s (20°C kuru bazda %22'lik çözelti), Aciselsan, Acıpayam Selüloz Sanayi ve Ticaret A.Ş., Türkiye), gübre olarak potasyum nitrat (KNO₃, PN, %13 azot, ReagentPlus®, ≥ 99,0%, Sigma-Aldrich, Almanya) ve çapraz bağlayıcı ajan olarak sitrik asit (CA, ACS reagent, ≥ 99,5%, Merck, Almanya) kullanılmıştır. Ölçümler için kullanılan tüm kimyasallar analitik saflıktadır. Tüm deneylerde destile su kullanılmıştır (pH: 5,5-6,1 ve iletkenlik: 3-5 µS/cm).

2.2. Metot

Su emicilik ve su/gübre salımı üzerinde Na-CMC kaplama miktarının etkisini tespit etmek için, DY farklı oranlarda (30, 60 ve 90 g/m²) Na-CMC ile kaplanmıştır. Ayrıca, önceki çalışmamıza istinaden kumaşlara PVOH ile ön kaplama işlemi yapılmıştır [44]. Ön kaplama için 10,08 g (120 g/m²) PVOH 95°C'deki yağ banyosunda 100 ml destile su içerisinde 1400 rpm hızda 45 dk. süreyle çözünmüştür. Ardından PVOH çözeltisi oda sıcaklığına soğumaya bırakılmış ve kaplama işlemi gerçekleştirilmiştir. Çalışmada üretilen agrotekstil yapılarının notasyonları ve içerikleri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Çalışmada üretilen agrotekstil yapılarının notasyonları ve içerikleri

Notasyon	PVOH (g/m ²)	CMC (g/m ²)	PN (g)	CA (%)
DY	-	-	-	-
30CMCPNCA	120	30	3.63	5
60CMCPNCA	120	60	3.63	5
90CMCPNCA	120	90	3.63	5

2.2.1. Na-CMC/PN Çözeltisinin Hazırlanması

Ön kaplaması yapılan dokusuz yüzeyler farklı oranlarda Na-CMC (30, 60 ve 90 g/m²) içeren çözeltiler ile kaplanmıştır. Tüm kaplama formülasyonlarında 3,63 g PN ve %5 [44] oranında CA kullanılmıştır. PN miktarı tüten bitkisinin ihtiyaç duyduğu nitrat azotu miktarı tespit edilerek belirlenmiştir [46,47].

Na-CMC tanecikleri 100°C'deki destile su içerisine 500 rpm karıştırma hızında yavaş yavaş eklenerek çözünmüştür. Viskoz bir çözelti oluştuktan sonra karıştırma hızı 1400 rpm'e çıkarılmış ve şeffaf bir çözelti elde edilinceye kadar 45 dk. süreyle

karıştırmaya devam edilmiştir. PN (3,6377 g) 5 ml destile su içinde oda sıcaklığında çözülmüş, Na-CMC çözeltisine yavaşça eklenmiş ve 10 dk. süreyle karıştırılmıştır. Çözelti soğumaya bırakılmış ve ardından sitrik asit (0,252 g (%5)) ilave edilmiştir.

2.2.2. Dokusuz Yüzeyin Kaplanması

Mathis SV model laboratuvar tipi kaplama cihazı kullanılmıştır. 30 cm x 40 cm boyutlarındaki kumaş (kaplanan kısım: 30 cm x 28 cm) cihaza tutturulmuş ve ardından PVOH ön kaplaması ve Na-CMC/PN kaplaması sırasıyla A ve B tipi rakle kullanılarak yapılmıştır. PVOH ile ön kaplaması yapılan kumaş hava sirkülasyonlu etüvde 60°C'de 3 saat süreyle kurutulmuştur. Na-CMC ile kaplı kumaş 100°C'de 5 dk. süreyle kurutulmuş ve 80°C'de 6 saat süreyle kürlenmiştir [48].

2.3. Karakterizasyon ve Değerlendirme Yöntemleri

2.3.1. Enerji Dağılımlı X-ışını Spektroskopisi (EDX) Analizi

Kaplanmış yapının içerisinde bulunan azotun homojen bir şekilde dağılıp dağılmadığını tespit etmek amacı ile 2-5 KeV hızlandırma voltajında ZEISS EVO taramalı elektron mikroskobunun EDX aparatı kullanılarak haritalama işlemi yapılmıştır. Numuneler, taramalı elektron mikroskobu (SEM) analizinden önce K950X püskürtmeli kaplayıcı (Emitech, Fransa) kullanılarak altın ile kaplanmıştır.

2.3.2. Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi (FT-IR) Analizi

Na-CMC ile CA arasında çapraz bağ oluşup oluşmadığını tespit etmek için FT-IR analizi yapılmıştır. Bu amaçla, kullanılan kimyasallar ve karışım çözeltilerinin fonksiyonel grupları, fourier dönüşümlü kızıl ötesi spektroskopisi (FT-IR, Perkin Elmer 400, ABD) ile belirlenmiştir. Ölçümler 4 cm⁻¹ çözünürlükte, 400-4000 cm⁻¹ aralığında 32 tarama ile gerçekleştirilmiştir.

2.3.3. Jelleşme Oranı Analizi

Sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulan kaplanmış dokusuz yüzeyler (7,5 cm x 28 cm), çapraz bağ yapmayan kısmın uzaklaşması için 45 dk. süresince oda sıcaklığında destile su içerisinde bekletilmiş ve ardından numuneler 60°C'de kurutularak tartılmıştır. Jelleşme oranı aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır:

$$GF (\%) = \frac{W_d}{W_i} \times 100$$

GF: Kaplanmış kumaşın yüzde olarak jelleşme oranı, W_i: Kaplanmış kumaşın başlangıç kuru ağırlığı ve W_d: Destile su ile muamele edildikten sonra kurutulan malzemenin ağırlığı [49].

2.3.4. Su Emicilik Kapasitesi Analizi

Na-CMC/PN kaplı yüzeylerin su emicilik kapasitesini tespit etmek için kaplanmış yapılar (7,5 cm x 28 cm) oda sıcaklığında destile su içerisinde bekletilmiş ve ardından 10., 30., 60. ve 90. dakikalarda çıkarılıp üzerindeki fiziksel bağlı su uzaklaştırıldıktan sonra aşağıdaki formüle göre su emicilik kapasitesi (WA) hesaplanmıştır.

$$WA (\%) = \frac{(W_s - W_i)}{W_i} \times 100 \quad (2)$$

WA: Kaplanmış kumaşın yüzde olarak su emiciliği, W_s: t zamanında numunenin ıslak ağırlığı ve W_i: Kaplanmış kumaşın başlangıç kuru ağırlığıdır [50,51].

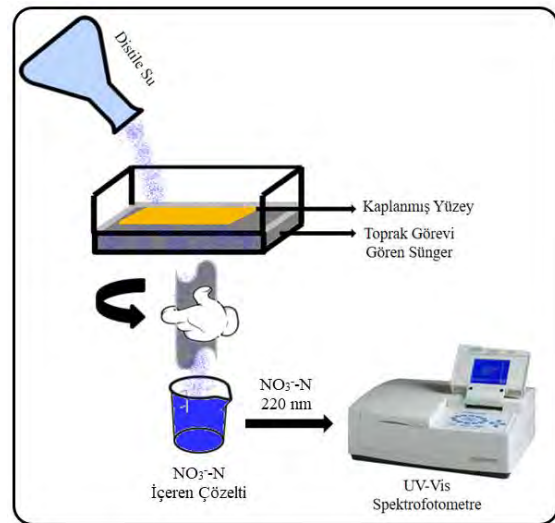
2.3.5. Su Tutma Kapasitesi Analizi

7,5 cm x 28 cm boyutlarındaki kaplanmış kumaşlar oda sıcaklığındaki destile suyun içerisinde 60 dk. süresince bekletildikten sonra çıkarılmış ve üzerindeki fiziksel bağlı su uzaklaştırıldıktan sonra tartılmıştır (W₁). Malzeme, alüminyum folyo üzerinde oda sıcaklığında kurumaya bırakılmış ve 2'şer saat aralıklarla 48. saate kadar tartım yapılmıştır (W_s). Kaplanmış kumaşların su tutma kapasitesi (WR) aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır:

$$WR (\%) = \frac{W_s}{W_1} \times 100 [52] \quad (3)$$

2.3.6. Nitrat Azotu (NO₃⁻-N) Salım Analizi

Gübre salım deneyleri normalde ya toprakta ya da su içerisinde yapılmaktadır. Toprakta ölçüm gerçek koşulları göstermekle beraber emek yoğun bir iştir. Diğer taraftan su içerisinde ölçüm ise kolay olmasına rağmen yanlış tahminlere sebep olabilmektedir. Bu sorunları aşmak için gübre salım analizleri süngerde gerçekleştirilmiştir. Burada, kaplı yüzeyler (28 cm x 30 cm) Şekil 1'de gösterildiği gibi süngerin üzerine yerleştirilmekte ve gübre salım analizi şu şekilde gerçekleştirilmektedir: Tütün bitkisinin iyi bir büyüme için genellikle haftada ortalama bir inç su gerektirdiği [53] göz önüne alındığında önceden hesaplanmış 700 ml destile su kaplı kumaşın üzerine yavaşça ve düzgün bir şekilde dökülmekte ve sulanmış kumaş gece boyunca bekletilmektedir. Ardından kumaş süngerin üzerinden alınmakta, toplam su miktarı 3000 ml olacak şekilde destile su (iletkenlik: 3-5 µS/cm) eklenmekte ve bu esnada süngerde kalabilecek azotun suya geçmesi için sünger sıkılmaktadır. Gübre içeren çözelti, NO₃⁻-N miktarını tespit etmek için ayrılmaktadır. Ölçüm, T80⁺ UV-Vis spektrofotometre (PG Instruments Ltd, USA) cihazında 220 nm absorpsiyon dalgaboyunda 3 tekrarlı olacak şekilde yapılmıştır [54,55].



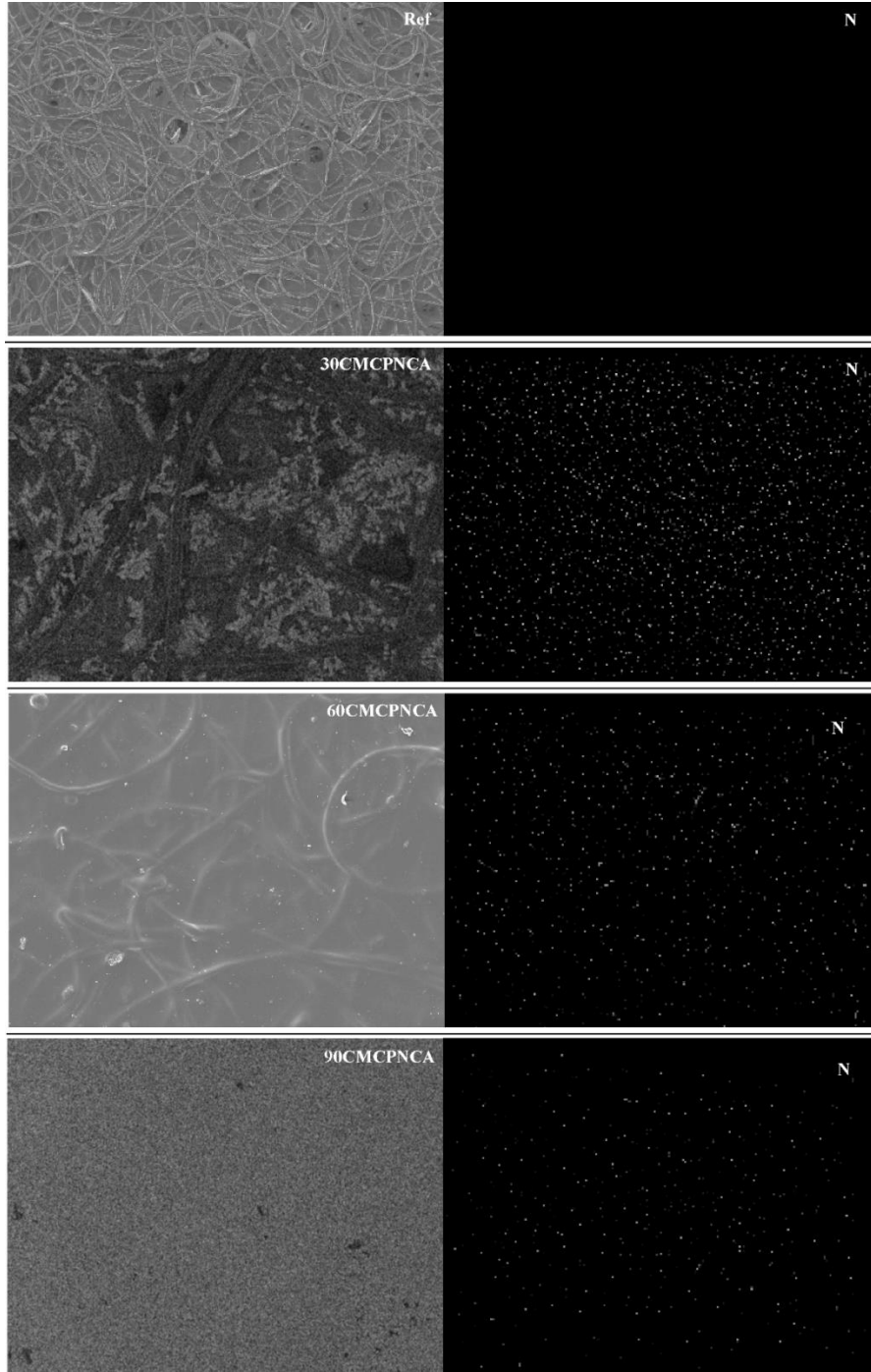
Şekil 1. Sünger uygulaması ve nitrat azotunun (NO₃⁻-N) tayini için şematik gösterim [44].

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. SEM-EDX

Na-CMC/PN ile kaplanmış yüzeylerin EDX haritalama sonuçları Şekil 2’de verilmiştir. Görsel haritalamada azot elementi seçilerek beyaz renkte gösterilmiştir. Kaplanan yüzeylerin SEM görüntüleri incelendiğinde, Na-CMC kaplama miktarı artışına paralel olarak dokusuz yüzeylerin yüzeyinde görünen lifsi tabaka kaybolmuş ve yerini kaplama çözeltisinin aldığı gözlenmiştir (Şekil 2).

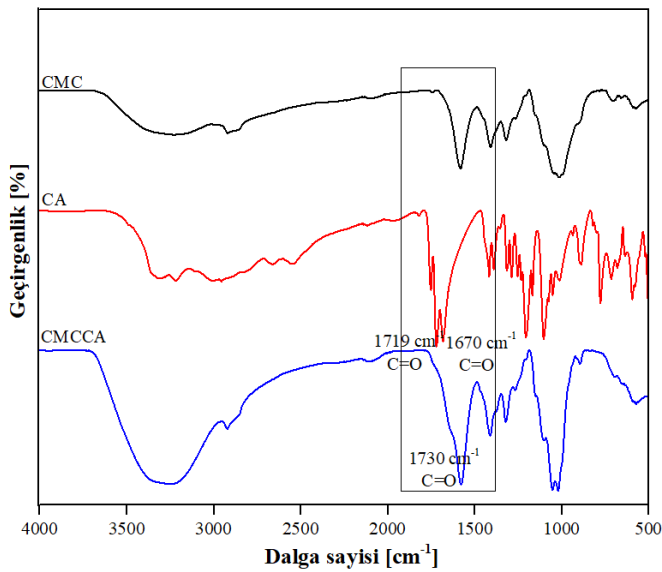
Potasyum nitrat içermeyen referans yüzeyde azota (N) rastlanmazken Na-CMC/PN ihtiva eden kaplamaların hepsinde yapı boyunca homojen bir azot dağılımı görülmüştür. Tüm formülasyonlarda kaplama miktarının artmasına bağlı olarak yüzeyde görünen azot miktarı göreceli olarak azalmıştır.



Şekil 2. Na-CMC ve Na-CMC/PN kaplı yüzeylerin EDX haritalama görüntüsü (Ref: Referans, CMC: Sodyum karboksimetil selüloz, PN: Potasyum nitrat, CA: %5 sitrik asit, 30: 30 g/m² Na-CMC, 60: 60 g/m² Na-CMC ve 90: 90 g/m² Na-CMC).

3.2. FT-IR

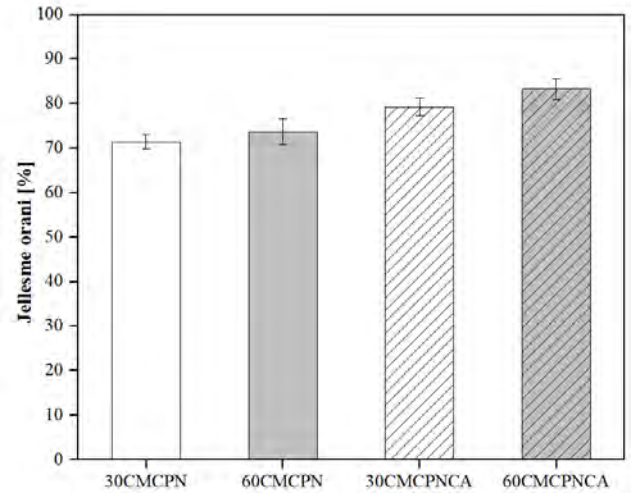
Na-CMC'nin CA ile çapraz bağ oluşumunu tespit etmek için FT-IR analizi yapılmıştır. Bunun için CA içeren ve içermeyen Na-CMC filmleri hazırlanmış ve FT-IR spektrumları çekilmiştir (Şekil 3). CMC (I) sırasıyla $\sim 3333 \text{ cm}^{-1}$ (OH), $\sim 1596 \text{ cm}^{-1}$ (COO-) ve $\sim 2916 \text{ cm}^{-1}$ (C-H) dalga sayısında absorpsiyon bantları göstermektedir [56]. Sitrik asit (II), ~ 1719 ve 1673 cm^{-1} dalga sayısında COOH grubundan C=O titreşimi ile ilgili absorpsiyon pikleri vermektedir [57]. Yapısında %5 oranında CA bulunduran CMC numunesi, $1700-1780 \text{ cm}^{-1}$ aralığında hafif bir omuz ve $\sim 1730 \text{ cm}^{-1}$ civarında yeni bir pik vermiştir [58]. Buna göre CMC ile CA arasında çapraz bağ olduğu söylenebilmektedir.



Şekil 3. Kullanılan kimyasalların ve CMCCA filmin FT-IR spektrumları (CMC: Sodyum karboksimetil selüloz ve CA: %5 sitrik asit).

3.3. Kaplı Dokusuz Yüzeylerin Jelleşme Oranı

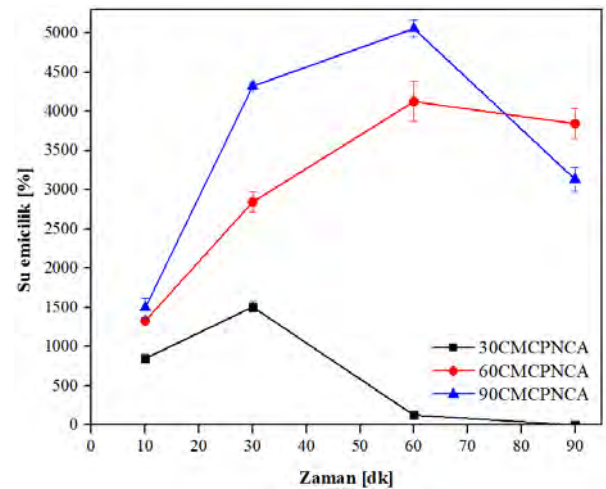
Farklı oranlarda Na-CMC (30, 60 ve 90 g/m^2) ile kaplı yüzeylerin CA ile çapraz bağ oluşturup oluşturmadığını tespit edebilmek için FT-IR analizinin yanı sıra jelleşme analizi yapılmıştır. Ancak, 90 g/m^2 Na-CMC kaplı yüzeylerde Na-CMC tamamen çözünüp suya geçtiği için jelleşme oranı hesaplanamamıştır. Çapraz bağlayıcı ajan kullanılmadan yapılan Na-CMC kaplamalarının (30CMCPN: $71,4 \pm 1,6$ ve 60CMCPN: $73,7 \pm 2,8$) jelleşme oranları birbirine yakın çıkmıştır. CA içeren formülasyonlardan 30 ve 60 g/m^2 Na-CMC ile yapılan kaplamaların jelleşme oranları sırasıyla $79,2 \pm 1,9$ ve $83,2 \pm 2,4$ olarak tespit edilmiş ve çapraz bağlanma oranlarının çapraz bağlayıcı içermeyen numunelere göre daha yüksek olduğu görülmüştür (Şekil 4). Bu sonuçlar FT-IR sonuçları ile örtüşmektedir.



Şekil 4. Farklı miktarda Na-CMC kaplı yüzeylerin jelleşme oranı bulguları (CMC: Sodyum karboksimetil selüloz, PN: Potasyum nitrat, CA: %5 sitrik asit, 30: 30 g/m^2 Na-CMC ve 60: 60 g/m^2 Na-CMC).

3.4. Su Emicilik

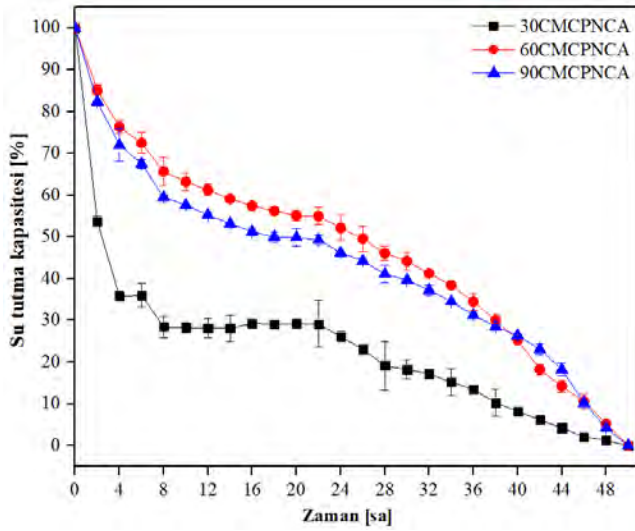
Farklı miktarda Na-CMC kullanılarak hazırlanan numunelerin su emicilik değerleri Şekil 5'te verilmiştir. Yalnızca Na-CMC'nin su emicilik kapasitesini ortaya çıkarmak için, ilgili hesaplamalarda dokusuz yüzeyden kaynaklanan su emicilik değeri çıkarılmıştır. Tüm kaplama formülasyonlarının arzu edilen (en az %1000) su emicilik değerlerine ulaştığı sonuçlardan görülmektedir [59]. Dahası, kaplama miktarı arttıkça su emicilik kapasitesi (60CMCPNCA: %4125 ve 90CMCPNCA: %5056) önemli ölçüde iyileşmektedir. Ancak, 60. dk'dan itibaren su emicilik değerlerinde düşüş gözlenmektedir. Bu durumun suyun içerisinde bulunan Na-CMC'nin 60 dk'dan sonra yavaş yavaş çözülmeye başlamasından kaynaklı olduğu düşünülmektedir. 90CMCPNCA numunesinin su emiciliğinin (%3136) 60.dk'dan sonra 60CMCPNCA (%3845) numunesine kıyasla daha sert bir düşüş göstermesinin nedeni, bu numunenin su emicilik testi esnasında çok fazla şişerek dokusuz yüzey üzerinden küçük parçalar halinde sıyrılmasıdır.



Şekil 5. Farklı oranlarda Na-CMC kaplı yüzeylerin su emicilik kapasitesi bulguları (CMC: Sodyum karboksimetil selüloz, PN: Potasyum nitrat, CA: %5 sitrik asit, 30: 30 g/m^2 CMC, 60: 60 g/m^2 CMC ve 90: 90 g/m^2 CMC).

3.5. Su Tutma

Farklı miktarlarda Na-CMC kullanılarak hazırlanan numunelerin su tutma değerleri Şekil 6'da verilmiştir. Yalnızca Na-CMC'nin su tutma kapasitesini ortaya çıkarmak için, ilgili hesaplamalarda dokusuz yüzeyden kaynaklanan su tutma değeri çıkarılmıştır. Su tutma kapasitesi bulgularının su emicilik kapasitesi bulguları ile paralellik gösterdiği Şekil 6'dan görülmektedir. Su tutma kapasitesi bulguları incelendiğinde, 30 g/m² Na-CMC kaplı numune yapısındaki suyu çok hızlı bir şekilde verirken 60 g/m²'den itibaren birbirine yakın eğriler elde edilmiştir. Bu sonuçlardan, Na-CMC kaplama miktarı artışının su tutma kapasitesini belli bir noktaya kadar olumlu etkilediği (60 g/m²) o noktadan sonra ise ya benzer sonuçlar verdiği ya da azalttığı çıkarılabilir. Bu duruma kaplama miktarının 90 g/m²'ye çıkarılması ile su emicilikte olduğu gibi Na-CMC'nin gereğinden fazla şişerek yapıdan ayrılmasının yol açtığı söylenebilir.



Şekil 6. Na-CMC/PN ile kaplanmış numunelerin su tutma kapasitesi bulguları (CMC: Sodyum karboksimetil selüloz, PN: Potasyum nitrat, SCA: %5 sitrik asit, 30: 30 g/m² CMC, 60: 60 g/m² CMC ve 90: 90 g/m² CMC).

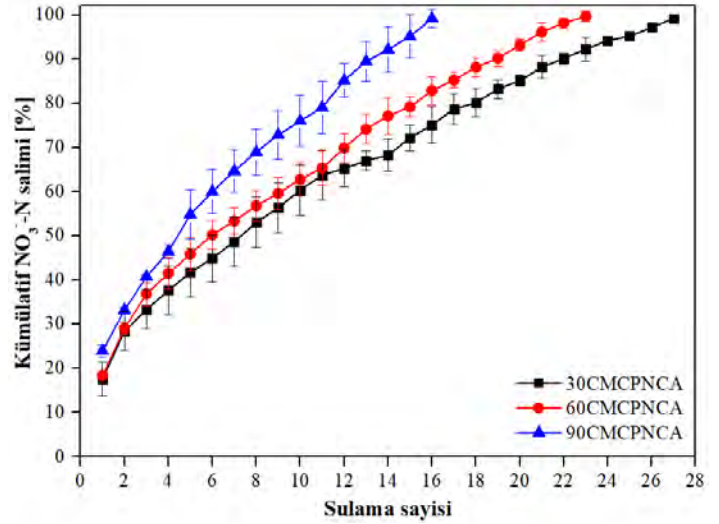
3.6. Gübre Salımı

Nitrat azotu (NO₃⁻-N) salım yüzdeleri, her numuneye ait olan salım miktarları kullanılarak hesaplanmış ve kümülatif olarak Şekil 7'de verilmiştir. Salım bulguları incelendiğinde, Na-CMC kaplama miktarının 30 gr/m² den 90 g/m²'ye çıkarılması ile salınan azot miktarı artmıştır (Şekil 7). Aslında bu beklenen bir sonuçtur. Çünkü, Na-CMC miktarı arttıkça su emicilik artmakta, buna paralel olarak salınan su miktarı arttığı için salınan gübre oranı da artmaktadır.

Hazırlanan çok fonksiyonlu agrotekstil yapısının CRF (kontrollü salım gübre) olarak adlandırılabilmesi için Avrupa Standardizasyon Komitesi (CEN) tarafından belirtilen şartları sağlaması gerekmektedir. Bir yapı 24 saat içerisinde en fazla %15, 28 gün içerisinde en fazla %75 gübre salımı yapıyorsa ve gübrenin en azından belirtilen hasat süresine kadar yaklaşık %75'i salıma uğruyorsa buna "kontrollü salıma sahip gübre" adı verilmektedir [60]. Çalışmada haftada üç kez sulama yapıldığı

göz önüne alınarak CEN standartlarına göre tüm kaplama formülasyonları değerlendirilecek olduğunda,

- 1: Tüm kaplama formülasyonlarının ilk 24 saat içerisinde %17 ile %23 arasında değişen oranda gübre saldığı,
- 2: 28 gün içerisinde (12. sulama) 90CMCPNCA hariç diğer iki numunenin %75'ten daha az salıma uğradığı ve,
- 3: Son olarak belirtilen hasat süresine kadar (90 gün) [61] tüm numunelerin %75'ten daha fazlasının salıma uğradığı görülmüştür (Şekil 7). Sonuç olarak, Na-CMC kullanılarak yapılan kaplamaların hiçbirisi söz konusu kriterleri karşılamamaktadır. Ancak parabolik, lineer ve sigmoidal olmak üzere üç farklı salım şeklinin bulunduğu ve lineer ve sigmoidal salım şekillerinin bitki besin talebi ile uyumlu olduğu bilinmektedir [62]. Tüm numunelerin lineer bir gübre salım grafiğine sahip olması, söz konusu kaplamaların besin salım şekli bakımından uygun gözüktüğünü göstermektedir.



Şekil 7. Farklı oranlarda Na-CMC kaplı yüzeylerin NO₃⁻-N salım bulguları (CMC: Sodyum karboksimetil selüloz, PN: Potasyum nitrat, CA: %5 sitrik asit, 30: 30 g/m² Na-CMC, 60: 60 g/m² Na-CMC ve 90: 90 g/m² Na-CMC)

4. SONUÇLAR

Çalışmada çapraz bağlayıcı ajan olarak kullanılan sitrik asit, karboksimetil selüloz zincirleri arasında çapraz bağ oluşumunu desteklemiştir. Ancak tüm kaplama formülasyonlarının su tutma ve gübre salım sonuçlarının beklenen standartları sağlamaması çapraz bağlayıcı ajan kullanım miktarının yetersiz olduğunu göstermektedir. Tüm kaplamalar %1000'in üzerinde su emicilik kapasitesine (%1507-5056) sahiptir. Oluşturulan kaplama formülasyonları çalışmanın ana amacı olan su emicilik ve gübre salım özellikleri açısından değerlendirildiğinde 60 g/m² ile gerçekleştirilen kaplamanın en optimum özelliklere sahip olduğu söylenebilir.

Sonuç olarak, çalışmada üretilen agrotekstil yapısının çapraz bağlayıcı tipi ve miktarı gibi üretim parametreleri değiştirilerek elde edilecek olan ürünün arazi şartlarında denemesinin yapılması ile sürdürülebilir çevre bakımından oldukça umut verici bir yapı geliştirilmiş olacaktır.

Tesekkür

Bu çalışma TÜBİTAK tarafından 115M718 No'lu projeye desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

- Kiiski, H., Scherer, H. W., Mengel, K., Kluge, G., Severin, K., (2000), *Fertilizers*, 1. general, in: Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, 1-30.
- Glibert, P. M., Harrison, J., Heil, C., Seitzinger, S., (2006), *Escalating Worldwide Use of Urea A Global Change Contributing to Coastal Eutrophication*, Biogeochemistry, 77 (3), 441-463.
- Howarth, R. W., (2008), *Coastal Nitrogen Pollution: A Review of Sources and Trends Globally and Regionally*, Harmful Algae, 8 (1), 14-20.
- Yang, X., Fang, S., (2015), *Practices, Perceptions, and Implications of Fertilizer Use in East-Central China*, Ambio, 44 (7), 647-652.
- Lewu, F. B., Volova, T., Thomas, S., Rakhimol, K. R., (2020), *Controlled Release Fertilizers for Sustainable Agriculture*, Elsevier, London, United Kingdom.
- Savci, S., (2012), *Investigation of Effect of Chemical Fertilizers on Environment*, APCBEE Procedia, 287-292, 5-7 January 2012, Hong Kong.
- Deniz Temiz Derneği., (2021), *Deniz Salyası için Acil Eylem Planı Çağrısı*, Deniz Kültürü ve Çevre Dergisi, 62, 1-100.
- Ayoub, A. T., (1999), *Fertilizers and the Environment*, Nutrient Cycl. Agroecosyst, 55(2), 117-121.
- Chandini, Kumar, R., Kumar, R., Prakash, O., (2019), *The Impact of Chemical Fertilizers on our Environment and Ecosystem*, in: Book: Research Trends in Environmental Sciences, 69-86.
- Sharma, N., Singhvi, R., (2017), *Effects of Chemical Fertilizers and Pesticides on Human Health and Environment: A Review*, International Journal of Agriculture Environment and Biotechnology, 10(6), 675-679.
- Hite, D., Hudson, D., Intarapapong, W., (2002), *Willingness to Pay for Water Quality Improvements: The Case of Precision Application Technology*, Journal of Agricultural and Resource Economics, 27(2), 433-449.
- Ladha, J. K., Pathak, H., Krupnik, T., Six, J., Kessel, J. V., (2005), *Efficiency of Fertilizer Nitrogen in Cereal Production: Retrospects and Prospects*, Advances in Agronomy, 87, 85-156.
- Han, H. Y., Zhao, L. G., (2009), *Farmers' Character and Behavior of Fertilizer Application Evidence from A Survey of Xinxiang County, Henan Province, China*, Agricultural Sciences in China, 8(10), 1238-1245.
- Wang, C., Song, S. H., Yang, Z. M., Liu, Y. H., He, Z. Y., Zhou, C., Du, L. Q., Sun, D. Q., Li, P. W., (2022), *Hydrophobic Modification of Castor Oil-Based Polyurethane Coated Fertilizer to Improve The Controlled Release of Nutrient with Polysiloxane and Halloysite*, Progress in Organic Coatings, 165, 1-10.
- Bi, S., Barinbelli, V., Eriksen, B., Ruiz, S., Sobkowicz, M. J., (2021), *Biodegradable Polyester Coated Mulch Paper for Controlled Release of Fertilizer*, Journal of Cleaner Production, 294, 1-9.
- Pimenta, I. F., Figueiredo, L. R. F., Santos, A. M. C., Oliveira, J. E., Medeiros, E. S., (2021), *Development of Controlled Release Fertilizer Systems for KCl Using Glycerol-Based Polymers*, Journal of Applied Polymer Science, 139(10), 1-9.
- Cen, Z., Wei, L., Muthukumarappan, K., Sobhan, A., McDaniel, R., (2021), *Assessment of a Biochar-Based Controlled Release Nitrogen Fertilizer Coated with Poly(lactic Acid)*, Journal of Soil Science and Plant Nutrition, 21, 2007-2019.
- Ersundu, M. Ç., Kuzu, B., Ersundu, A. E., (2022), *Structural Properties and Dissolution Behavior of New Generation Controlled Release Phosphate Glass Fertilizers*, Journal of Non-Crystalline Solids, 576, 1-15.
- Liao, Y., Liu, L., Wang, M., Li, Li-Xia., Cao, B., Wang, H., Huang, W. Q., (2020), *Preparation and Properties of Starch-Based Polyurethane/Montmorillonite Composite Coatings for Controlled-Release Fertilizer*, 42, 2293-2304.
- Havlin, J. L., Tisdale, S. L., Nelson, W. L., Beaton, J. D., (2014), *Soil Fertility and Fertilizers: An Introduction to Nutrient Management*, Pearson, New Jersey.
- Ni, B., Liu, M., Lü, S., (2009), *Multifunctional Slow-Release Urea Fertilizer from Ethylcellulose and Superabsorbent Coated Formulations*, Chemical Engineering Journal, 155, 892-898.
- Irfan, S. A., Razali, R., KuShaari, K., Mansor, N., Azeem, B., Versypt, A. Ford., (2018), *A Review of Mathematical Modeling and Simulation of Controlled-Release Fertilizers*, Journal of Controlled Release 271, 45-54.
- Purnomo, C. W., Respito, A., Sitanggang, E. P., Mulyono, P., *Slow-Release Fertilizer Preparation from Sugar Cane Industrial Waste*, Environmental Technology Innovation 10, 275-280.
- Dave, A. M., Mehta, M. H., T Aminabhavi, M., Kulkarni, A. R., Soppimath, K. S., (1999), *A Review on Controlled Release of Nitrogen Fertilizers through Polymeric Membrane Devices*, Polymer-Plastics Technology and Engineering, 38(4), (675-711).
- Versino, F., Urriza, M., Garcia, M. A., (2019), *Eco-Compatible Cassava Starch Films for Fertilizer Controlled-Release*, International Journal of Biological Macromolecules, 1(134), 302-307.
- Han, X. Z., Chen, S., Hu, X. G., (2009), *Controlled-Release Fertilizer Encapsulated by Starch/Polyvinyl Alcohol Coating*, Desalination 240(1), 21-26.
- Jamnonkan, T., Kaewpirom, S., (2010), *Potassium Release Kinetics and Water Retention of Controlled-Release Fertilizers Based on Chitosan Hydrogels*, Journal of Polymers and the Environment 18(3), 413-421.
- Wang, Y., Liu, M., Ni, B., Xie, L., (2012), *K-Carrageenan- Sodium Alginate Beads and Superabsorbent Coated Nitrogen Fertilizer with Slow-Release, Water-Retention, and Anticompaction Properties*, Industrial & Engineering Chemistry Research, 51(3), 1413-1422.
- Ni, B., Liu, M., Lü, S., (2009), *Multifunctional Slow-Release Urea Fertilizer from Ethylcellulose and Superabsorbent Coated Formulations*, Chemical Engineering Journal, 155, 892-898.
- Wu, L., Liu, M., Liang, R., (2008), *Preparation and Properties of a Double-Coated Slow-Release NPK Compound Fertilizer with Superabsorbent and Water-Retention*, Bioresource Technology, 99(3), 547-554.
- Mukerabigwi, J. F., Wang, Ma, Q. X., Liu, M., Lei, S., Wei, H., Huang, X., Cao, Y., (2015), *Urea Fertilizer Coated with Biodegradable Polymers and Diatomite for Slow Release and Water Retention*, Journal of Coatings Technology Research, 12(6), 1085-109.
- Bajpai, A. K., Giri, A., (2002), *Swelling Dynamics of a Macromolecular Hydrophilic Network and Evaluation of Its Potential for Controlled Release of Agrochemicals*, Reactive & Functional Polymers, 53(2-3), 125-141.
- Hemvichian, K., Chanthawong, A., Suwanmalan, P., (2014), *Synthesis and Characterization of Superabsorbent Polymer Prepared by Radiation-Induced Graft Copolymerization of Acrylamide onto Carboxymethyl Cellulose for Controlled Release of Agrochemicals*, Radiation Physics and Chemistry, 103, 167-171.
- Davidson, D. W., Verma, M. S., Gu., F. X., (2013), *Controlled Root Targeted Delivery of Fertilizer Using an Ionically Crosslinked Carboxymethyl Cellulose Hydrogel Matrix*, SpringerPlus, 2(318), 1-9.
- Morita, A., Takano, H., Oota, M., Yoneyama, T., (2002), *Nitrification and Denitrification in an Acidic Soil of Tea (Camellia*

- sinensis L.) Field Estimated by Delta N-15 Values of Leached Nitrogen from the Soil Columns Treated with Ammonium Nitrate in the Presence or Absence of a Nitrification Inhibitor and with Slow-Release Fertilizers, Soil Science & Plant Nutrition, 48, 585-593.*
36. Drost, D., Koenig, R., Tindall, T., (2002), *Nitrogen Use Efficiency and Onion Yield Increased with a Polymer-Coated Nitrogen Source, Hortscience, 37(2), 338-342.*
37. Tian, X. H., Saigusa, M., (2005), *Response of Tomato Plants to a New Application Method of Polyolefin-Coated Fertilizer, Pedosphere, 15, 491-498.*
38. Charpentier, D., Mocanu, G., Carpov, A., Chapelle, S., Merle, L., & Muller, G., (1997). *New Hydrophobically Modified Carboxymethylcellulose Derivatives, Carbohydrate Polymers, 33, 177-186.*
39. Mitsumata, T., Suemitsu, Y., Fujii, K., Fujii, T., Taniguchi, T., & Koyama, K., (2003), *pH-Response of Chitosan, K-Carrageenan, Carboxymethylcellulose Sodium Salt Complex Hydrogels, Polymer, 44(23), 7103-7111.*
40. Goswami, B. C., Anandjiwala, R. D., Hall, D. M., (2004), *Textile Sizing, Marcel, New York.*
41. Borůvková, K., Wiener, J., (2011), *Water Absorption in Carboxymethyl Cellulose, AUTEX Research Journal, 11(4), 110-113.*
42. Borůvková, K., Wiener, J., Jakubičková, M., (2012), *Preparation and Properties of Microporous Structures Based on CMC, Nanocon, 23-25(10), 1-6.*
43. Krizova, H., Wiener, J., (2013), *Development of Carboxymethyl Cellulose/Polyphenols Gels for Textile Applications, AUTEX Research Journal, 13(2), 33-36.*
44. Özen, I., Okyay, G., Ulaş, A., 2018, *Coating of Nonwovens with Potassium Nitrate Containing Carboxymethyl Cellulose for Efficient Water and Fertilizer Management, Cellulose, 25, 1527-1538.*
45. Özen, I., Okyay, G., Ulaş, A., (2019), *Controlled Fertilizer Release via Tunable Poly(vinyl alcohol)/Ammonium Sulfate-Coated Nonwoven Materials, Journal of Coatings Technology Research, 16(1), 93-102.*
46. Foomany, K. S., Foomany, Ka. S., Biglouei, M. H., Assimi, M. H., Daneshian, J., Barzegarkho, M. H., (2012), *Investigation the Effect of Irrigation and Different Amounts of Nitrogen Fertilizer on Tobacco Cocker 347, Technical Journal of Engineering & Applied Science, 2(2), 51-55.*
47. Gholizadeh, R., Roshan, N. M., Sadeghi, S., Dorodian, M. H., (2012), *Study Effects of Different Nitrogen and Potassium Fertilizers Application Amounts on Quantitative and Qualitative Characteristics of Tobacco (male sterile variety, PVH19) in Talesh Region, Annals of Biological Research, 3(11), 5323-5349.*
48. Raucci, M. G., Alvarez-Perez, M. A., Demitri, C., Giugliano, D., De Benedictis, V., Sannino, A., Ambrosio, L., (2015), *Effect of Citric Acid Crosslinking Cellulose-Based Hydrogels on Osteogenic Differentiation, Journal of Biomedical Materials Research Part A, 103(6), 2045-2056.*
49. Sultana, S., Islam, M. R., Dafader, N. C., Haque, M. E., Nagasawa, N., Tamada, M., (2012), *Effect of Mono-and Divalent Salts on the Properties of Carboxymethyl Cellulose Hydrogel Under Irradiation Technique, International Journal of Chemical Sciences, 10, 627-634.*
50. Noppakundilongrat, S., Pheatcharat, N., Kiatkamjornwong, S. (2015), *Multilayer-Coated NPK Compound Fertilizer Hydrogel with Controlled Nutrient Release and Water Absorbency, Journal of Applied Polymer Science, 132, 1-11.*
51. Mukerabigwi, J. F., Wang, Q., Ma, X. Y., Liu, M., Lei, S. J., Wei, H. T., Huang, X. Y., Cao, Y., (2015), *Urea Fertilizer Coated with Biodegradable Polymers and Diatomite for Slow Release and Water Retention, Journal of Coatings Technology and Research, 12, 1085-1094.*
52. Wu, L., Liu, M. Z., (2008), *Preparation and Properties of Chitosan-Coated NPK Compound Fertilizer with Controlled-Release and Water-Retention, Carbohydrate Polymers, 72, 240-247.*