

NANOPRİMİNG UYGULAMALARININ KAVUN (*Cucumis melo* L.) TOHUMLARINDA ÇIKIŞ VE FİDE KALİTESİNE ETKİSİ

Kübra ÖZMEN^{1*}, Seher TOPRAK², Ömer Faruk COŞKUN³, Bünyamin ŞAHİN⁴, Kazım MAVİ⁵

¹Gıda Yük. Müh., Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Hatay; ORCID:0000-0001-8554-7918

²Zir. Yük. Müh., Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Hatay; ORCID:0000-0002-3459-9846

³Dr. Öğr. Üyesi, Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Hatay; ORCID: 0000-0001-5398-5737

⁴Prof. Dr., Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü, Hatay; ORCID: 0000-0001-7059-0315

⁵Prof. Dr., Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Hatay; ORCID: 0000-0003-0195-8539

ÖZ

Bitkisel üretimde geniş kullanım alanı bulan nanomateryallerin, priming uygulamalarındaki etkileri daha önceki çalışmalarda belirlenmiştir. Kavun (cv. Kırkağaç) tohumlarına, hidropriming, organik priming ajanı olarak *Ferula elaeochytris* sakız ekstraktı (0.2 g l⁻¹) ve *Tagetes erecta* taç yaprak ekstraktı (4 g l⁻¹), nanopriming ajanı olarak ZnO+CaNO₃ (0.002 g l⁻¹, 0.004 g l⁻¹ ve 0.01 g l⁻¹) ve ZnO+Ca₃PO₄ (0.002 g l⁻¹, 0.004 g l⁻¹ ve 0.01 g l⁻¹) uygulamaları yapılmıştır. En yüksek çıkış oranı %97 ile hidropriming ve CaNO₃ (0.01 g l⁻¹) nanopriming uygulamalarından elde edilmiştir. Ortalama çıkış süresi ZnO+Ca₃PO₄ (0.01 g l⁻¹) nanopriming uygulamasında 115 saat ile en kısa sürede tamamlanmıştır. Fide kalite parametrelerinden yaş ve kuru ağırlık içeriği (sırasıyla 14.48 mg, 2.01 mg) ZnO+CaNO₃ (0.01 g l⁻¹) nanopriming uygulamasında en yüksek bulunmuştur. En yüksek fide boyları hidropriming uygulamasında 55.60 mm ve ZnO+Ca₃PO₄ (0.002 g l⁻¹) nanopriming uygulamasında 54.20 mm olarak belirlenmiştir. En yüksek klorofil içeriği 43.33 SPAD değeri ile ZnO+Ca₃PO₄ (0.004 g l⁻¹) nanopriming uygulamasından elde edilmiştir. Yaprak boyu, yaprak eni ve yaprak alan değerleri *Tagetes erecta* organik priming uygulaması ve ZnO+CaNO₃ (0.004 g l⁻¹) nanopriming uygulamasında öne çıkmıştır. Tüm nanopriming uygulamaları kontrol grubuna kıyasla istatistiksel olarak önemli bulunmuş ve ekim öncesi tohum uygulamalarında kullanılabileceği belirlenmiştir (p<0.05).

Anahtar Kelimeler: Organik priming, ZnO+CaNO₃, ZnO+Ca₃PO₄, *Ferula elaeochytris*, *Tagetes erecta*

THE EFFECT OF NANOPRIMING TREATMENTS ON EMERGENCE AND SEEDLING QUALITY IN MELON (*Cucumis melo* L.)

ABSTRACT

Nanomaterials have found wide use in plant production and their effects in priming treatments have been determined in different species. Melon (cv. Kırkağaç) seeds were treated with hydropriming, *Ferula elaeochytris* gum extract (0.2 g l⁻¹) and organic priming agent *Tagetes erecta* petal extract (4 g l⁻¹), nanopriming agent as ZnO+CaNO₃ (0.002 g l⁻¹, 0.004 g l⁻¹ and 0.01 g l⁻¹) and ZnO+Ca₃PO₄ (0.002 g l⁻¹, 0.004 g l⁻¹ and 0.01 g l⁻¹). The highest emergence percentage was obtained from hydropriming and ZnO+CaNO₃ (0.01 g l⁻¹) nanopriming treatments as a 97%. Mean emergence time was completed in the shortest time with 115 hour in ZnO+Ca₃PO₄ (0.01 g l⁻¹) nanopriming treatment. Among the seedling quality parameters, the fresh and dry weight content (14.48 mg, 2.01 mg, respectively) was determined to be the highest in ZnO+CaNO₃ (0.01 g l⁻¹) nanopriming treatment. It was determined that the highest seedling height in hydropriming treatment as a 55.60 mm and ZnO+Ca₃PO₄ (0.002 g l⁻¹) nanopriming treatment as a 54.20 mm. The highest chlorophyll content was obtained from ZnO+Ca₃PO₄ (0.004 g l⁻¹) nanopriming treatments with 43.33 SPAD. Leaf length, leaf width and leaf area values were prominent in *Tagetes erecta* organic priming treatments and ZnO+CaNO₃ (0.004 g l⁻¹) nanopriming treatment. All nanopriming treatments were found to be statistically significant compared to the control group and it was determined that they could be used in pre-sowing seed treatments (p<0.05).

Keywords: Organic priming, ZnO+CaNO₃, ZnO+Ca₃PO₄, *Ferula elaeochytris*, *Tagetes erecta*

GİRİŞ

Kavun (*Cucumis melo* L.) *Cucurbitaceae* familyasına ait, sıcak ve ılıman iklim koşullarında yetiştirilen tek yıllık bir bitkidir. Dünya’da yetiştiriciliği yapılan yaklaşık kırk iki milyon ton

kavun üretiminde Türkiye 1.638.638 ton ile ikinci sırada yer almaktadır [19].

Bitki yetiştiriciliğinde en önemli aşamalar tohum çimlenmesinde homojenite ve erken fide gelişimidir. Tohum çimlenmesinin homojen gerçekleşmemesi ve fide çıkışlarının düzensiz olması önemli verim düşüşlerine sebep olmaktadır. Çevresel kısıtlamalarla

mücadele etmek ve tohum performansını artırmak için tohum priming uygulamaları gerçekleştirilmektedir. Priming uygulamaları düşük maliyet değerleri ve tohum ön uygulamaları içerisinde uygulanabilirliğinin yüksek olması yönünden üreticiler için avantaj oluşturmaktadır. Farklı priming yöntemleri geliştirilmiştir. Bu yöntemler arasında ozmopriming, hidropriming, kimyasal priming, biyopriming, bitki ekstraktları ile priming, fiziksel ajanlarla priming ve nanopriming en önemlileridir [7, 10].

Priming uygulamaları çok farklı ajanlar kullanılarak tohumların ekim öncesinde nemli ortamlar içerisinde farklı sıcaklık ve sürelerde bekletilmesi şeklinde gerçekleştirilmektedir [14, 16]. En basit ve temel priming uygulaması tohumların ekim öncesinde distile su içerisinde bekletilerek daha sonra ekimlerinin yapılması temeline dayanmaktadır ve bu uygulama “hidropriming” olarak tanımlanmaktadır [5]. Fide ile üretilen biber, domates, kabak, kavun ve karpuz türlerinde farklı priming uygulamalarının fide kalitesi ve çıkış oranında artışa neden olduğu çeşitli araştırmalarla ortaya konmuştur [5, 6, 8]. Fitokimyasal içeriği yüksek ve alelopatik etkilere sahip çeşitli bitkilerin kullanılmasıyla yapılan organik priming uygulamaları da, patlıcanda hidropriming’e göre daha yüksek fide etkinliği ile sonuçlanmıştır [8]. Bitkisel ekstrakt olarak kullanılan organik materyaller ile yapılan tohum uygulamalarının beş farklı *Capsicum* türünde çıkış ve fide performansını arttırdığı belirlenmiştir [9]. Karpuz tohumlarına organik priming uygulamalarının düşük sıcaklık stresi altındaki etkisinin incelediği çalışmada, çimlenme ve çıkış oranını arttırdığı, çimlenme ve çıkış süresini azalttığı ve sıcaklık stresine toleransı arttırdığı tespit edilmiştir [10].

Nanopriming, tohumlarda çimlenmeyi artırmak, bitki büyümesini iyileştirmek ve stres faktörlerine karşı direnci artırmak amacıyla uygulanan önemli bir priming yöntemidir. Nanopriming uygulamalarının organik priming uygulamalarından sonra sürdürülebilir tarım ve iyi tarım uygulamaları kapsamında bir alternatif olarak son zamanlarda önem kazanan çalışmalar arasında olduğu gözlenmiştir. Zerdeçal ilave edilmiş nanomateriyal ve gümüş nanopartikül kullanılan çalışmada uygulamaların karpuzda meyve boyu, çapı ve ağırlığında artışa neden olduğu belirtilmiştir [2]. Gümüş nanopartiküllere, bir indirgeyici ajan olarak soğan kabuğu suyu özütü kullanılarak hazırlanan nanopriming materyalinin uygulama sonucunda çimlenmeyi ve fide büyümesini desteklediğini ifade edilmiştir [1].

Yapılan bu çalışma ile de düşük parçacık yapısı ile tohum ön uygulaması esnasında etkinlik derecesinin arttığı düşünülen kalsiyum (Ca) katkılanmış çinko oksit (ZnO) nanomateriyallerin, kavun tohumlarında organik priming ve hidropriming uygulamalarına kıyasla çıkış oranı, ortalama çıkış süresi ve fide kalitesi üzerinde etkinliğinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

MATERYAL VE METOT

Çalışma Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi ısıtmasız cam seralarında ilkbahar döneminde yürütülmüştür. Kavun (cv. Kırkağaç) tohumlarına hidropriming, organik priming, nanopriming uygulamaları yapılmıştır. Uygulama yapılmayan tohumlar kontrol grubu olarak kullanılmıştır. Kullanılan tohum partisinin başlangıç canlılığı %88 ve tohum nemi %7 olarak belirlenmiştir.

•Hidropriming: Her bir petriye (4×25, tekerrür × tohum) 12.5 ml deiyonize su ilave edilmiş ve 25°C’de 24 saat bekletilmiştir.

•Organik priming: Organik priming ajanı olarak *Tagetes erecta* taç yaprakları ve *Ferula elaeochytris*’den elde edilen sakız organik materyal olarak kullanılmıştır. *Tagetes erecta* taç yaprakları 4 g l⁻¹’de kaynar suda demlenmiş ardından soğumaya bırakılmıştır. Her bir petriye (4×25, tekerrür × tohum) 12.5 ml hazırlanan bu çözeltiden ilave edilmiş ve 25°C’de 24 saat bekletilmiştir. *Ferula elaeochytris*’den elde edilen sakız kaynar suda çözündürülmüştür. Her bir petriye (4×25, tekerrür × tohum) 12.5 ml hazırlanan bu çözeltiden ilave edilmiş ve 25°C’de 24 saat bekletilmiştir [9].

•Nanopriming: Bu süreçte 2 farklı bileşende nano yapılı toz kullanılmıştır. Bu yapılar hacimce %10 oranlarında CaNO₃ ve Ca₃PO₄ içeren katkılı çinko oksit (ZnO) olup, daha önce tanımlandığı üzere çözelti bazlı kimyasal büyütme yöntemi aracılığı ile elde edilmişlerdir [17, 18]. Nano yapılı ZnO ya Ca katkılanması hedeflenmiş ve bunun için Ca kaynağı olarak iki farklı tuz (CaNO₃ ve Ca₃PO₄) kullanılmıştır. Bu yapıların uygulamaları sonucunda oluşabilecek farklılıklar gözlemlenmeye çalışılmıştır. ZnO+CaNO₃, ZnO+Ca₃PO₄ nanomateriyallerinden 0.002 g, 0.004 g ve 0.01 g tartılarak her biri 1 litre deiyonize su içerisinde çözündürülmüştür. Hazırlanan bu karışımlar her bir petriye (4×25, tekerrür × tohum) 12.5 ml şeklinde ilave edilmiş ve 25°C’de 24 saat bekletilmiştir.

Yapılan ön uygulamaların ardından çıkış testi için 11×21 cm boyutlarında plastik kaplarda, torf perlit karışımı (3:1) içerisine 4×25 (tekerrür × tohum) üzerinden ekimleri yapılmıştır. Çıkış testi boyunca

maksimum sıcaklık ortalaması 36°C, minimum sıcaklık ortalaması 15°C ve ortalama sıcaklıklar 25°C olarak belirlenmiştir. Ortalama çıkış oranı ve ortalama çıkış süresinin belirlenebilmesi için 20 gün boyunca günlük sayımlar alınmıştır. Çıkış testi sonunda ortalama fide çıkış oranı (%), ortalama çıkış süresi (saat), vigor (tohum gücü) indeksi, fide yaş ağırlık (mg), fide kuru ağırlık (mg), fide boyu (mm), gövde çapı (mm), yaprak eni (mm), yaprak boyu (mm), yaprak alanı (mm²) ve SPAD değeri olarak klorofil ölçümleri alınmıştır. Vigor (tohum gücü) indeksi ortalama fide çıkış oranı × yaş ağırlık olarak hesaplanmıştır [3]. Yaprak alanı ise Mavi ve ark. tarafından geliştirilen kavun yaprak alan formülü kullanılarak yaprak eni ve boyu üzerinden hesaplanmıştır [11].

Elde edilen veriler SPSS paket programında varyans analizine tabi tutulmuş ve Duncan çoklu karşılaştırma testi ile istatistiksel olarak karşılaştırılmıştır. Yüzde değerler istatistiksel analizler öncesinde açı transformasyonuna tabi tutulmuş ve şekillerde gerçek değerler verilmiştir. Şekillerde numune isimleri tanımlanırken, sadece ZnO ya katkılanmış iki farklı kalsiyum kaynağına ait tuzların adı yazılarak isimlerde kısaltma tercih edilmiştir.

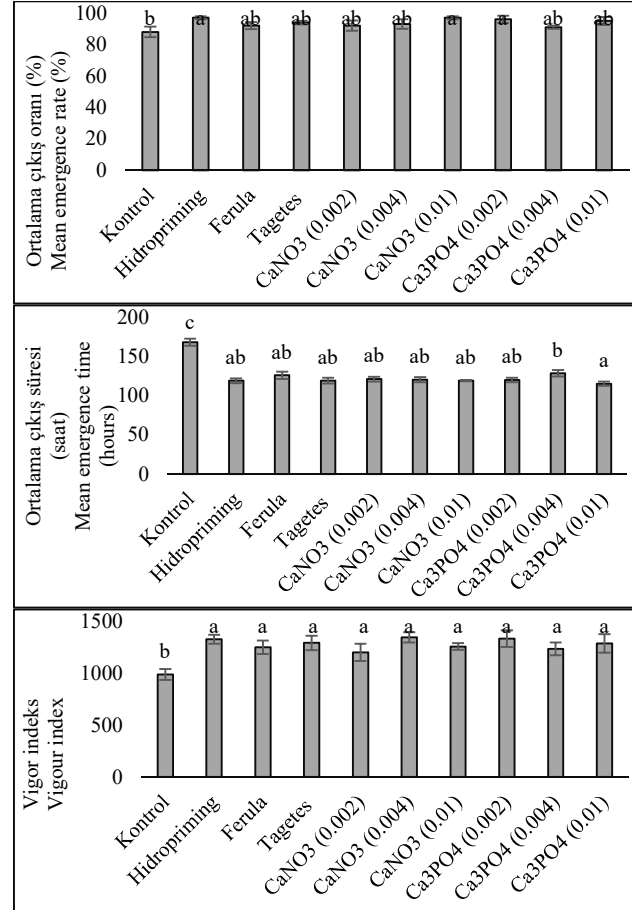
BULGULAR

Kavun (cv. Kırkağaç) genotipine ait tohumların fide çıkış oranı incelendiğinde hidropriming (%97), ZnO+CaNO₃ (0.01 g l⁻¹) (%97), ZnO+Ca₃PO₄ (0.002 g l⁻¹) (%96) ve ZnO+Ca₃PO₄ (0.01 g l⁻¹) (%95) uygulamaları öne çıktığı gözlemlenmiştir. Organik priming uygulamaları ve diğer nanopriming uygulamaları yine kontrol grubuna kıyasla daha homojen ve yüksek bir çıkış sergilemiştir (Şekil 1).

Ortalama çıkış süresi değeri en düşük olan uygulama ise 115 saat ile ZnO+Ca₃PO₄ (0.01 g l⁻¹) nanopriming uygulamasından elde edilmiştir. ZnO+Ca₃PO₄ (0.004 g l⁻¹) nanopriming uygulaması hariç diğer tüm uygulamalar istatistiksel olarak aynı grupta yer almıştır. Tüm uygulamalarda çıkış süresi 115-168 saat arasında değişim göstermiştir. Ortalama çıkış süresi değeri en düşük olan ZnO+Ca₃PO₄ (0.01 g l⁻¹) (115 saat) uygulaması ile kontrol grubu (168 saat) arasında 53 saat fark olduğu belirlenmiştir. Yapılan tüm priming uygulamaları vigor indeksi hesaplaması sonucunda aynı grupta yer almış ve kontrol grubundan istatistiksel olarak ayrılmıştır (Şekil 1).

Yapılan fide yaş ağırlık ölçümleri sonucunda en düşük yaş ağırlık değeri 11.30 mg (kontrol) olarak ölçülmüştür. Hidropriming, Ferula ve Tagetes organik priming uygulamaları ZnO+CaNO₃ (0.004 g

l⁻¹), ZnO+Ca₃PO₄ (0.002 g l⁻¹), ZnO+Ca₃PO₄ (0.004 g l⁻¹) ve ZnO+Ca₃PO₄ (0.01 g l⁻¹) nanopriming uygulamaları aynı grupta harflendirilmiş ve en yüksek fide yaş ağırlık değerine sahip olmuştur. ZnO+CaNO₃ (0.002 g l⁻¹) ve ZnO+CaNO₃ (0.01 g l⁻¹) nanopriming uygulamaları ise kontrolden daha yüksek fide yaş ağırlığına sahipken diğer uygulamalara kıyasla kontrolle aynı istatistiksel grupta yer almışlardır (Şekil 2).

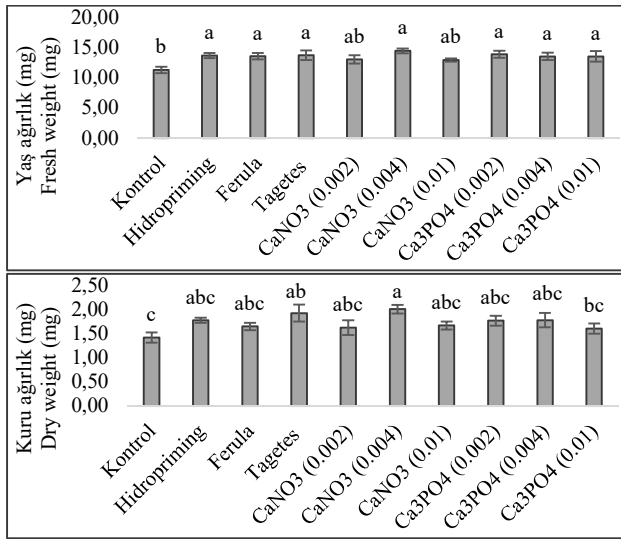


Şekil 1. Kırkağaç kavununda tohum uygulamaları sonrası fide çıkış oranı (%), ortalama çıkış süresi (saat) ve vigor indeksi sonuçlarındaki değişimler

Figure 1. Changes in seedling emergence rate (%), mean emergence time and vigor index results after seed treatments in Kırkağaç melon

Fide kuru ağırlık değerleri incelendiğinde, en yüksek değer 2.01 mg ile nanopriming uygulamalarından ZnO+CaNO₃ (0.004 g l⁻¹)’de görülmüş ve onu 1.93 mg ile organik priming uygulamalarından Tagetes uygulaması takip etmiştir. Kontrol grubu en düşük fide kuru ağırlık değerine sahipken, bunu ZnO+Ca₃PO₄ (0.01 g l⁻¹) uygulaması takip etmiştir. Diğer tüm uygulamaların ise aynı harf grubunda olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 2).

Organik priming uygulamalarından Tagetes 541.14 mm² ile yaprak alan değeri en yüksek olan uygulama olmuştur. Bu değeri ise sırasıyla ZnO+CaNO₃ (0.004 g l⁻¹) (458.41 mm²), ZnO+Ca₃PO₄ (0.002 g l⁻¹) (448.34 mm²), ZnO+Ca₃PO₄ (0.004 g l⁻¹) (402.31 mm²), hidropriming (388.63 mm²), Ferula (388.63 mm²), ZnO+CaNO₃ (0.01 g l⁻¹) (387.34 mm²), ZnO+CaNO₃ (0.002 g l⁻¹) (367.45 mm²), uygulamaları takip etmiştir. ZnO+Ca₃PO₄ (0.01 g l⁻¹) nanopriming uygulaması değeri 299.06 mm² ile istatistiksel olarak diğer uygulamalardan farklı bir grupta olduğu belirlenmiştir. 131.5 mm² değeri ile en düşük yaprak alan değeri kontrol grubunda gözlemlenmiştir (Şekil 3).

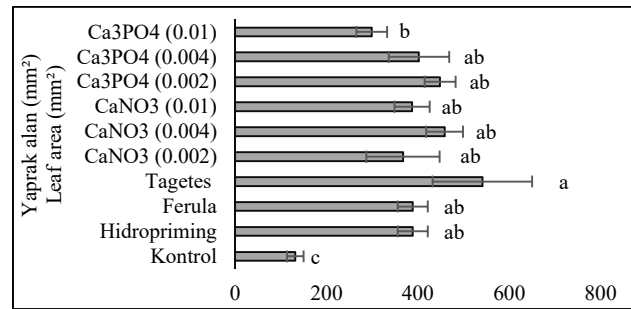


Şekil 2. Kırkağaç tohumlarının farklı priming uygulamaları sonucundaki fide yaş ve kuru ağırlık (mg) değerleri

Figure 2. Seedling fresh and dry weight (mg) values as a result of different priming treatments of Kırkağaç seeds

Uygulamalar ve kontrol grubu arasındaki fide kalitesinin değişimini gözlemek için yapılan fide boyu, gövde çapı, yaprak boy, yaprak en ve klorofil ölçümleri sonucunda kontrol grubunun klorofil değeri ve gövde çapı ölçümü sonuçları hariç tüm ölçümlerde diğer uygulamalardan daha düşük sonuçlara sahip olduğu belirlenmiştir. Fide boyu hidropriming (55.60 mm) ve Ferula (53.95 mm) uygulamalarında en yüksek değere sahipken diğer uygulamalar ile aynı grupta harflendirilmiştir. ZnO+Ca₃PO₄ (0.004 g l⁻¹) (48.25 mm) ve ZnO+CaNO₃ (0.01 g l⁻¹) (48.65 mm) uygulamaları ise diğer uygulamalardan farklı grupta yer almıştır. Kontrol grubu 42.85 mm ile en kısa fide boyuna sahip olduğu gözlemlenmiştir. Kontrol grubu ve tüm uygulamalar klorofil ölçümü sonucunda istatistiksel

olarak aynı grupta yer almıştır. Gövde çapı değeri 3.16 mm (kontrol grubu) ve 2.53 (ZnO+Ca₃PO₄ (0.004 g l⁻¹)) mm arasında değişim göstermiştir. Diğer sonuçların ise sırasıyla Hidropriming (2.99 mm), Ferula (2.96 mm), ZnO+Ca₃PO₄ (0.01 g l⁻¹) (2.90 mm), ZnO+CaNO₃ (0.004 g l⁻¹) (2.85 mm), Tagetes (2.80 mm), ZnO+CaNO₃ (0.01 g l⁻¹) (2.74 mm), ZnO+CaNO₃ (0.002 g l⁻¹) (2.63 mm), ZnO+Ca₃PO₄ (0.002 g l⁻¹) (2.55 mm) ve ZnO+Ca₃PO₄ (0.004 g l⁻¹) (2.53 mm) olduğu belirlenmiştir (Çizelge 1).



Şekil 3. Kırkağaç kavununda tohum uygulamaları sonrası yaprak alan (mm²) hesaplamaları sonucunda uygulamalar arasındaki değişimler

Figure 3. Variations between treatments as a result of leaf area (mm²) calculations after seed treatments in Kırkağaç melon

Çizelge 1. Kırkağaç kavun fidelerinde uygulamaların klorofil (SPAD), fide boy (mm), gövde çapı (mm), yaprak boy (mm) ve yaprak en (mm) ölçümlerindeki farklılıklar

Table 1. Differences in chlorophyll (SPAD), seedling height (mm), stem diameter (mm), leaf length (mm) and leaf width (mm) measurements of treatments in Kırkağaç melon seedlings

Uygulamalar Treatments	Klorofil (SPAD) Chlorophyll (SPAD)	Fide boyu (mm) Seedling height (mm)	Gövde çapı (mm) Stem diameter (mm)	Yaprak boyu (mm) Leaf length (mm)	Yaprak eni (mm) Leaf width (mm)
Kontrol	42.15	42.85 b	3.16 a	15.90 c	11.50 c
Hidropriming	39.19	55.60 a	2.99 ab	26.15 ab	21.50 ab
Ferula	40.48	53.95 a	2.96 a-c	26.20 ab	21.50 ab
Tagetes	38.30	53.15 a	2.80 b-d	29.60 a	26.10 a
CaNO ₃ (0.002)	39.93	50.65 a	2.63 cd	25.30 ab	20.35 b
CaNO ₃ (0.004)	38.10	51.40 a	2.85 a-d	27.65 a	24.20 ab
CaNO ₃ (0.01)	42.12	48.65 ab	2.74 b-d	26.05 ab	21.45 ab
Ca ₃ PO ₄ (0.002)	42.19	54.20 a	2.55 d	27.60 a	23.70 ab
Ca ₃ PO ₄ (0.004)	42.33	48.25 ab	2.53 d	25.55 ab	22.70 ab
Ca ₃ PO ₄ (0.01)	39.02	50.95 a	2.90 a-c	22.45 b	19.35 b

^aAynı sütunlardaki farklı harfler istatistiksel olarak farklılıkları ifade etmektedir (p<0.05).

Yaprak boy ve yaprak en değerleri en yüksek Tagetes organik priming uygulamasına (sırasıyla 29.60 mm, 26.10 mm) aitken en düşük yaprak boy ve en değerinin kontrol (sırasıyla 15.90 mm, 11.50 mm)

grubuna ait olduğu gözlemlenmiştir. Yaprak boyu değerlerinde, $ZnO+CaNO_3$ (0.004 g l^{-1}) (27.65 mm) ve $ZnO+Ca_3PO_4$ (0.002 g l^{-1}) (27.60 mm) nanopriming uygulamalarının *Tagetes* organik priming uygulaması ile aynı önem derecesine sahip olduğu belirlenmiştir (Çizelge 1).

TARTIŞMA

Priming uygulamaları, çimlenme ve çıkış oranını arttırarak, homojen, daha hızlı ve daha yüksek kalitede fide gelişimi ile sonuçlanan ekim öncesi tohum uygulamalarıdır [4]. Priming uygulamaları sonunda kavunda fide çıkış oranı için en iyi sonucu $ZnO+CaNO_3$ (0.01 g l^{-1}) (%97) uygulaması vermiştir. Hidropriming, organik priming ve nanopriming uygulamaları çıkış oranını %3 ile %9 oranında arttırmıştır. Tüm uygulamalar ortalama çıkış süresi üzerinde ise 40-53 saat aralığında erkencilik sağlamıştır. Rukui ve ark., hidropriming uygulamasının iki farklı hıyar türünde çimlenme yüzdesini arttırdığını ve ortalama çimlenme süresini kısaltılarak fide büyümesini hızlandırdığını ifade etmişlerdir [15]. Mavi ve ark., kavun (cv. Kırkağaç) ve karpuz tohumlarında farklı priming uygulamalarının çimlenme ve çıkış üzerine etkisini incelemişlerdir. Çalışmada Leonardit organik priming ajanı kontrol grubuna kıyasla çıkış oranını %38 arttırmıştır. Ancak uygulamalarının ortalama çıkış süresi üzerine belirgin bir etkisi olmadığını ifade etmişlerdir [13]. Mavi, bazı süs biberlerinde organik priming ajanı olarak *Tagetes patula* bitkisinden elde edilen ekstraktları kullanmıştır. Uygulama yapılmamış tohumların çıkış oranı türlere göre değişmekle beraber %92 ve %15 arasında değişim gösterirken, uygulama yapılmış tohumlarda çıkış oranı %99 ve %25 arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir [7]. Çalışmada fide yaş ağırlığı değeri kontrole kıyasla priming uygulamaları sonucunda %28 ile %15 oranında, fide kuru ağırlık değeri ise %42 ile %13 değer aralığında artış göstermiştir.

Mavi, Marigold, Lantana ve Ferula organik materyallerinin kullanıldığı çalışmada, fide boyunu 10 mm ile 6.4 mm arasında, fide yaş ağırlık değerini 153 mg ile 90 mg arasında, fide kuru ağırlık değerini ise 11.6 mg ve 8.8 mg düzeyinde arttırdığı yapılan çalışmada ortaya konmuştur [12]. Mavi ve ark., kavun (cv. kırkağaç) ve karpuz tohumlarında organik priming uygulamaları sonucunda fide yaş ağırlığı değerinin Çay, Leonardit ve Patula uygulamalarında en yüksek sonucu verdiğini belirlemiştir. Kontrol grubuna kıyasla uygulamalar %25 oranında yaş ve kuru ağırlıkta artışa neden olmuştur [13]. Literatür taramasında aynı cihaz ile ölçülmüş klorofil sonuçlarına rastlanmamış olup çalışmada fidelerden

alınan klorofil ölçüm sonuçları 42.33-38.10 SPAD değer aralığında değişmiş olup tüm uygulamalar ve kontrol arasında istatistiksel olarak bir farklılık tespit edilmemiştir. Acharya, gümüş nanopartikül kullanımının Maxima ve Riverside kavun çeşitlerinde gümüş nanopartikül uygulamasının klorofil a ve b değerlerini $100 \mu\text{g/g}$ oranında arttırdığını belirlemiştir. Ayrıca nanopriming uygulaması ile 0.5 mm oranında gövde çapında da bir artış tespit etmişlerdir [1]. Çalışmamızda nanopriming uygulamaları gövde çapında belirgin bir artışa neden olmamakla birlikte, özellikle çıkış oranı, ortalama çıkış süresi, fide yaş ağırlığı ve fide kuru ağırlığı değerlerinde önemli iyileşmeler sağlamıştır.

SONUÇ

Nanomateriyallerin priming ajanı olarak kullanılması son birkaç yıla dayanmaktadır. Organik priming ve hidropriming uygulamaları kolay hazırlanabilir ve uygulanabilir yönüyle çiftçiler için bir avantaj olsa da nanomateriyallerin kullanımı ticari tohum firmaları için yeni ve güncel bir yaklaşım olarak görülmektedir. Çalışmada nanopriming esnasında kullanılan nanomateriyallerden en iyi sonucu veren uygulamaların $ZnO+CaNO_3$ (0.01 g l^{-1}) ve $ZnO+Ca_3PO_4$ (0.002 g l^{-1}) olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca ülkemizdeki nanomateriyallerle priming uygulaması olarak kavun türünde yapılan ilk başarılı çalışmadır. Yapılacak yeni çalışmalar ile farklı nanomateriyallerin etkinlik derecesini belirlemek ve farklı doz uygulamaları ile uygun doz kullanımının belirlenmesi önerilmektedir. Tüm bu bulgular ışığında hidropriming uygulamalarının fide çıkış oranı ve fide boy, organik priming uygulamaların yaprak boy, yaprak en ve yaprak alan, nanopriming uygulamalarının fide çıkış oranı, çıkış süresi, fide yaş ağırlık ve fide kuru ağırlık ölçümleri sonucunda en yüksek değerler ile öne çıktıkları gözlemlenmiştir.

Nanopriming çalışmalarının farklı türlerde, farklı stres koşullarına (sıcaklık stresi, tuzluluk vb.) etkisinin ve tohumların depolanabilirliğinin belirlenebilmesi için yeni çalışmaların yapılması önerilebilir. Stres faktörleri ve düşük canlılık gibi parametreler düşünüldüğünde nanopriming uygulamalarının daha iyi sonuç verdiği ve tohum firmaları tarafından uygulanabilirliğinin yüksek olduğu göz önüne alındığında önümüzdeki çalışmalarda farklı nanomateriyallerin kullanımı ile sektöre ve priming uygulamalarına yeni bir bakış açısı kazandırılabilir.

KAYNAKLAR

1. Acharya, P., Jayaprakasha, G.K., Crosby, K.M., Jifon, J.L., Patil, B.S., 2020. Nanoparticle-mediated seed priming improves germination, growth, yield and quality of watermelons (*Citrullus lanatus*) at multi-locations in Texas. *Scientific Reports*, 10(1):1-16.
2. Acharya, P., Singh, J., Jayaprakasha, G.K., Jifon, J.L., Crosby, K.M., Patil, B.S., 2021. Impact of storage period and nanoparticle treatment on phytochemical composition of watermelons (*Citrullus lanatus*). *Journal of Food Composition and Analysis*, 104:104139.
3. Baki, A., Anderson, J.D., 1973. Vigor analysis in Soybean seed by multiple criteria. *Crop Science*, 13:630-633.
4. Bennett, M.A., Fritz, V.A., Callan, N.W., 1992. Impact of seed treatments on crop stand establishment. *HortTechnology*, 2:345-349.
5. Khalid, M.F., Hussain, S., Anjum, M.A., Ejaz, S., Ahmad, M., Jan, M., Zafar, S., Zakir, I., Ali, M.A., Ahmad, N., Rao, M.J., Ahmad, S., 2019. Hydropriming for plant growth and stress tolerance. In: M. Hasanuzzaman, V. Fotopoulos (Eds.), *Priming and Pretreatment of Seeds and Seedlings*, 1. Edn. Springer, Singapore, pp:373-384.
6. Maiti, R., Pramanik, K., 2013. Vegetable seed priming: A low cost, simple and powerful techniques for farmers' livelihood. *International Journal of Bio-resource and Stress Management*, 4(4):475-481.
7. Mavi, K., 2013. A new priming agent for different ornamental plant species: *Tagetes patula*. *Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 18(2):15-22.
8. Mavi, K., 2014. Use of extract from dry marigold (*Tagetes* spp.) flowers to prime eggplant (*Solanum melongena* L.) seeds. *Acta Scientiarum Polonorum, Hortorum Cultus*, 13:3-12.
9. Mavi, K., 2018. Evaluation of organic priming to improve the emergence performance of domesticated Capsicum species. *Seed Science and Technology*, 46(1):131-137.
10. Mavi, K., Atak, M., 2016. Effect of organic priming on seedling emergence of watermelon under low temperature stress. In *Proceedings of the 7. International Scientific Agriculture Symposium, Agrosym*, pp:1727-1732.
11. Mavi, K., Bozkurt, S., Uzunoğlu, F., 2020. Kavun türünde yaprak alanının matematiksel modeller ile tahminlenmesi. *Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 25(3):370-382.
12. Mavi, K., Kulu, A.K., Perçin, V., 2014. Kavun ve Karpuz Tohum Partilerinin Çimlenme ve Çıkışı Üzerine Farklı Priming Ajanlarının Etkisi. *Türkiye 5. Uluslararası Tohumculuk Kongresi* (Poster).
13. Mavi, K., Uzunoğlu, F., 2020. Effects of pre-sowing treatments with allelopathic plant extracts on tree tomato (*Solanum betaceum* Cav.) seedling emergence and performance. *Agronomía Colombiana*, 38(2):190-196.
14. McDonald, M.B., 2000. Seed priming. In: M. Black and J.D. Bewley (Eds.), *Seed Technology and Its Biological Basis*. 1. Edn., Sheffield Academic Press, Sheffield, pp:287-325.
15. Rukui, H., Sutevee, S., Lop, P., Sunanta, J., Chaiwat, C., 2006. Changes in antioxidant enzyme activity, lipid peroxidation and seedling growth of cucumber seed induced by hydro-priming and electric field treatments. *Kasetsart Journal (Natural Science)* 40:825-834.
16. Sher, A., Sarwar, T., Nawaz, A., Ijaz, M., Sattar, A., Ahmad, S., 2019. Methods of seed priming. In: M. Hasanuzzaman and V. Fotopoulos (Eds.), *Priming and Pretreatment of Seeds and Seedlings*. 1. Edn., Springer, Singapore, pp:1-10.
17. Şahin, B., Aydın, R., Soylu, S., Türkmen, M., Kara, M., Akkaya, A., Çetin, H., Ayyıldız, E., 2022. The effect of *Thymus syriacus* plant extract on the main physical and antibacterial activities of ZnO nanoparticles synthesized by SILAR method. *Inorganic Chemistry Communications* 135:109088.
18. Tasdemir, A., Aydın, R., Akkaya, A., Akman, N., Altınay, Y., Çetin, H., Şahin, B., Uzun, A., Ayyıldız, E., 2021. A green approach for the preparation of nanostructured zinc oxide: Characterization and promising antibacterial behavior. *Ceramics International* 47:19362-19373.
19. TUİK, 2022. <https://biruni.tuik.gov.tr> (Erişim tarihi: Eylül 2022).