



<http://dergipark.gov.tr/anatolianbryology>

DOI: 10.26672/anatolianbryology.467328

Anatolian Bryology  
Anadolu Briyoloji Dergisi  
**Research Article**  
e-ISSN:2458-8474 Online

## ***Plagiomnium undulatum* (Bryophyta) Ekstraktlarının *Sinapis arvensis*'in Fide Gelişimi Üzerine Etkileri**

**Zeynep DÜZELTEN BALLI (Orcid: 0000-0001-5148-041X)<sup>1</sup>, Tülay EZER (Orcid: 0000-0002-6485-5505)<sup>2</sup>, \*Bengü TÜRKYILMAZ ÜNAL (Orcid: 0000-0003-4003-5200)<sup>1</sup>, Cemil İŞLEK (Orcid: 0000-0002-6690-2846)<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoteknoloji Bölümü, Niğde, TÜRKİYE

<sup>2</sup> Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Niğde, TÜRKİYE

Received: 04.10.2018

Revised: 02.10.2018

Accepted: 16.10.2018

### **Öz**

Bu çalışmada, bir briyofit türü olan *Plagiomnium undulatum* (Hedw.) T.J.Kop.'un yaygın yabancı otlardan *Sinapis arvensis* L. (yabani hardal)'in fide gelişimi üzerine allelopatik etkileri araştırılmıştır. *P. undulatum*'dan ekstrakt elde etmek için üç farklı çözücü (distile su, etil alkol ve etil asetat) kullanılmış, bu ekstraktların değişik konsantrasyonlarının (0.25 ve 50 mg mL<sup>-1</sup>) *S. arvensis*'in fide gelişiminde bazı fizyolojik ve biyokimyasal parametreler üzerine etkileri belirlenmiş ve kontrol gruplarına göre değerlendirilmiştir. Fotosentetik pigment içeriği, toplam protein miktarı, prolin konsantrasyonu ve antioksidan enzim aktivitelerine ait sonuçlar *P. undulatum* ekstraktının yabani hardalın fide gelişimi üzerine allelopatik etkilerinin olduğunu göstermiştir.

**Anahtar kelimeler:** Antioksidan enzimler, briyofitler, fotosentetik pigmentler, *Plagiomnium undulatum*, prolin, protein, yabani hardal

### **Effects of *Plagiomnium undulatum* (Bryophyta) Extracts on Seedling Growth of *Sinapis arvensis***

#### **Abstract**

In this study, allelopathic effects of *Plagiomnium undulatum* (Hedw.) T.J.Kop., a bryophyte species, on *Sinapis arvensis* L. (wild mustard) seedlings from common weeds were investigated. Three different solvents (distilled water, ethyl alcohol and ethyl acetate) were used to obtain extracts from *P. undulatum*, the effect of different concentrations (0, 25 and 50 mg.mL<sup>-1</sup>) of these extracts on some physiological and biochemical parameters in seedling growth of *S. arvensis* were determined and evaluated according to control groups. Photosynthetic pigment contents, total protein amount, proline concentration and antioxidant enzyme activity results showed that *P. undulatum* extract has allelopathic effects on wild mustard seedling growth.

**Key words:** Antioxidant enzymes, bryophytes, photosynthetic pigments, *Plagiomnium undulatum*, proline, protein, wild mustard

\* Corresponding author: [bturkylmaz@ohu.edu.tr](mailto:bturkylmaz@ohu.edu.tr)

© 2018 All rights reserved / Tüm hakları saklıdır.

To cite this article: Düzelten Ballı Z. Ezer T. Türkyılmaz Ünal B. İşlek C. 2018. Effects of *Plagiomnium undulatum* (Bryophyta) Extracts on Seedling Growth of *Sinapis arvensis*. *Anatolian Bryology*. 4:2, 84-91.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

## 1. Giriş

Bitkiler yaşamsal faaliyetlerini sürdürebilmek için ışık, su ve toprakta bulunan besin maddeleri için rekabet ederler. Bitkilerin hem kendi türlerinin hem de diğer türlerden bireylerin gelişimini engellemek için çevrelerine bir takım kimyasal maddeler yayarak rekabet ettikleri bilinmektedir (Kılınç ve Kutbay, 2008). Organik tarımı sınırlandıran faktörlerin başında gelen yabancı otların biyolojik mücadelesinde çeşitli vasküler bitkiler kullanılmıştır (Önen, 2015), ancak bu konuda briyofitler ile yapılan çalışmalar oldukça sınırlı kalmıştır.

Briyofitler, bakteri ve mantar gibi biyolojik strese sebep olan birçok faktöre karşı kendilerini koruyabildikleri farklı aktif bileşikleri bünyelerinde bulundurmaktadır (Sawant ve Karadge, 2014). Briyofitler toprağın kalitesini, nem kapasitesini ve mineral madde içeriğini artırdıkları için bitkisel üretim alanında da kullanılmaktadır (Glime, 2007).

Ülkemizde en çok üretilen kültür bitkisi olan buğday en önemli gıda maddelerindedir. Yabancı otlar buğdayın yıllık üretiminde % 25-35'lik ürün kaybına sebep olmaktadır (Özer, 1993). Boz (1997) tarafından yapılan çalışmada, Çukurova bölgesinde m<sup>2</sup>'de 1-5 adet yoğunlukta yabancı hardal bulunmasının buğday miktarında dekarda % 3,77 ile % 9,90 oranında verim kaybına sebep olduğu saptanmıştır.

Bu çalışmada, *P. undulatum*'dan elde edilen üç farklı çözücüdeki (etanol, etil asetat ve su) ve değişik konsantrasyonlardaki (0, 25 ve 50 mg. mL<sup>-1</sup>) ekstraktların yabancı hardalın fide gelişiminde bazı fizyolojik ve biyokimyasal parametreleri (fotosentetik pigment içeriği, prolin konsantrasyonu ve toplam protein miktarları ile antioksidan enzim aktiviteleri) üzerine etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

## 2. Materyal ve Metot

### 2.1. Bitkisel materyalin elde edilmesi ve tayini

Yabancı hardal (*Sinapis arvensis* L.) tohumları Adana ili İmamoğlu ilçesindeki tarlalardan toplanarak Davis (1970)'e göre teşhis edilmiştir. *Plagiomnium undulatum* örnekleri 14.08.2015 tarihinde yapılan arazi çalışmasında Kayseri, Yahyalı, Kapuzbaşı Takım Şelalelerinden toplanmış olup flora eserlerinden (Smith, 2004; Cortini Pedrotti, 2006) faydalanılarak teşhis edilmiştir.

*P. undulatum* örnekleri taş, toprak ve yabancı otlardan temizlendikten sonra distile su ile yıkayıp, laboratuvar ortamında (oda sıcaklığında)

kurutma kâğıtları üzerine serilerek Onbaşılı ve ark., (2011)'nin yöntemine göre üç farklı çözücüde (distile su, etil alkol ve etil asetat) ve değişik konsantrasyonlarda (0, 25 ve 50 mg.mL<sup>-1</sup>) ekstrakte edilmiştir.

### 2.2. *S. arvensis* için yetiştirme, deneme deseni ve örnekleme

Tesadüfi deneme deseninde 3 tekrarlı olarak kurulmuş deneme için, içlerinde torf bulunan saksılarda ekim yapılmıştır. Deneme sabit nem (% 50 ± 5), 16: 8 fotoperiyot ve 23 ± 2 °C sıcaklıkta, bitki büyütme odasında gerçekleştirilmiştir. Tohumlar gün aşırı sulanarak çimlenmeye bırakılmıştır. Fideler 20 günlük olduklarında iki gün ara ile 0, 25 ve 50 mg.mL<sup>-1</sup> konsantrasyonda briyofit ekstraktları foliar yolla uygulanmış, Kontrol grubu olarak [Kontrol 1 (distile su), Kontrol 2 (etil alkol), Kontrol 3 (etil asetat)] üç farklı uygulama gerçekleştirilmiştir. Fideler 30 günlük olduklarında analizler için hasat edilmiştir. Çalışmada kullanılan tüm kimyasallar Merck ve Sigma-Aldrich şirketlerinden temin edilmiştir.

### 2.3. Fotosentetik pigment madde miktarlarının belirlenmesi

Yabancı hardal yapraklarındaki fotosentetik pigment miktarlarının belirlenmesi için Witham ve ark. (1971)'nin geliştirilmiş yöntemi uygulanmıştır. Spektrofotometrede (BOECO S-20) 450 nm, 645 nm ve 663 nm'lerde absorbans değerleri alınan ekstraktların ölçümlerinden elde edilen değerlerin aşağıda verilen eşitliklerde yerlerine konulmasıyla, bitki yaprak dokusunun 1 gramında bulunan klorofil a (Kla), klorofil b (Klb), toplam klorofil (toplam Kl) ve karotenoid miktarları mg olarak hesaplanmıştır.

mg klorofil a. g<sup>-1</sup> doku = [12,7 x (D663) – 2,69 (D645)] x (V/ 1000.W)

mg klorofil b. g<sup>-1</sup> doku = [22,9 x (D645) – 4,68 (D663)] x (V/ 1000.W)

mg toplam klorofil. g<sup>-1</sup> doku = [ 20,2 x (D645) + 8,02 (D663)] x (V/1000.W)

mg toplam karotenoid. g<sup>-1</sup> doku = 4,07 x D450 - (0,0435 x Kla miktarı + 0,367 x Klb miktarı)

Eşitliklerde: D, klorofil ekstraktının belirtilen dalga boylarındaki optik yoğunluğunu (absorbans değerini); V, % 80'lik aseton son hacmini; W, ekstre edilen dokunun gram olarak taze ağırlığını göstermektedir.

### 2.4. Prolin konsantrasyonunun belirlenmesi

Prolin konsantrasyonunu belirlemek için Bates et al. (1973)'nin yöntemi kullanılmıştır. Kontrol ve deneme gruplarının her birinden 3'er adet 1 g

taze yaprak örneği alınarak 10 mL % 3'lük sülfosalisilik asitle havanda homojenize edilmiş, homojenat mavi bant filtre kâğıdından süzölmüştür. Süzöntü 24 saat karanlık ve serin bir ortamda tutulmuş, bu süzöntüden 2 mL alınarak üzerine 2 mL asit ninhidrin ve 2 mL glasiyel asetik asit ilave edilerek 1 saat süreyle 100 °C'de su banyosunda bekletilmiştir. Reaksiyonun durdurulması için buz banyosu kullanılmıştır. Daha sonra tüplerdeki çözeltiye 4 mL soğuk toluen ilave edilip, karıştırıcı ile karıştırılmış, sıvı fazdan aspire edilen toluen içeren fraksiyonun Spektrofotometrede (BOECO S-20) 520 nm'de absorbanısı alınmıştır. Prolin konsantrasyonu kalibrasyon eğrisinden yararlanarak hesaplanmış (kalibrasyon eğrisi için 0,1; 0,2; 0,3; 0,4 ve 0,5 µmol/prolin içeren standartlar hazırlanmış) ve µmol prolin. g taze ağırlık<sup>-1</sup> olarak ifade edilmiştir.

#### 2.5. Toplam protein miktarının belirlenmesi

Toplam protein miktarının belirlenmesi için, kontrol ve uygulama gruplarından 3 tekrarlı olarak alınan 1'er g taze yaprak örneği, 1 mM EDTA içeren, 5 mL pH 7,8'lik 0,05 M Na-fosfat tamponunda buz banyosu içerisinde ekstrakte edilmiştir. Elde edilen ekstrakt soğutmalı santrifüjde 13000 rpm'de 30 dk santrifüj edilmiştir. Toplam protein miktarının belirlenmesi Bradford (1976) yöntemine uygun olarak yapılmıştır. Bu yöntem fosforik asitli ortamda proteinlerin Coomassie Brilliant Blue reaktifi ile kompleks oluşturması ve oluşan kompleksin 595 nm'de maksimum absorbanı göstermesi esasına dayanmaktadır. Santrifüj işlemi sonrası uygun hacimde alınan süpernatantlara, Coomassie Brilliant Blue protein boyası içeren 1 mL reaksiyon karışımı eklenmiştir. Oda sıcaklığında 10 dakika bekletilen örneklerin, Spektrofotometre (BOECO S-20) ile 595 nm'deki absorbanı değerleri alınmıştır. Elde edilen bu absorbanı değerleri, BSA standartları (0,02-0,2 mg/mL) ile oluşturulan kalibrasyon eğrisine uygulanarak örneklerdeki çözünebilir toplam protein miktarı, mg. g taze ağırlık<sup>-1</sup> olarak belirlenmiştir.

#### 2.6. Enzim ekstraktlarının hazırlanması

Süperoksit dismutaz (SOD) ve katalaz (CAT) enzim aktivitelerinin belirlenebilmesi için yabancı hardalın kontrol ve uygulama gruplarından üçer kez 1'er g yaprak örneği tartılmıştır. 1 g yaprak örneği SOD enzim aktivitesi tayini için 1 mM EDTA içeren, 5 mL pH 7,8'lik 0,05 M Na-fosfat tamponunda; CAT aktivitesi tayini için 1 mM EDTA içeren, 3 mL pH 7,6'lik 0,05 M Na-fosfat tamponunda buz banyosu içerisinde ekstrakte edilmiştir. Elde edilen ekstrakt 13000 rpm'de

soğutmalı santrifüjde 30 dk ile santrifüj edilmiştir.

#### 2.7. Süperoksit dismutaz (SOD) enzim aktivitesinin belirlenmesi

SOD enziminin aktivitesi, Beauchamp ve Fridovich (1971) yöntemine uygun olarak yapılmıştır. Yöntem, 560 nm'de nitroblue tetrazolium'un (NBT) fotokimyasal indirgenmesinin örnekte bulunan SOD enzimi tarafından engellenmesine dayanmaktadır. Reaksiyon karışımı, 50 mM Na-fosfat tamponu (pH 7,8), 33 µM NBT, 10 mM L-Methionine, 0,66 mM EDTA ve 0,0033 mM Riboflavin içermektedir. Süpernatant uygun miktarda seyreltilmiş ve reaksiyon karışımı (3 mL) ilave edilmiştir. Reaksiyonun gerçekleşmesi için bu karışım, 10 dakika 300 µmol<sup>-1</sup> m<sup>-1</sup> s<sup>-1</sup> ışık şiddeti altında, oda sıcaklığında bekletilmiştir. Bu süre sonunda Spektrofotometre (BOECO S-20) ile 560 nm'de örneklerin absorbanı değerleri alınmıştır. Enzim aktivitesi, NBT'nin % 50 inhibisyonu için gerekli SOD miktarı, 1 enzim ünitesi olarak hesaplanmıştır. Spesifik enzim aktivitesi, enzim ünitesi mg protein<sup>-1</sup>.g taze ağırlık<sup>-1</sup> olarak belirlenmiştir.

#### 2.8. Katalaz (CAT) enzim aktivitesinin belirlenmesi

CAT enziminin aktivite analizi, Bergmeyer (1970) yöntemine göre yapılmıştır. Bu yöntem göre, elde edilen süpernatantlara, 0,05 M Na-fosfat tamponu (pH 7,0), % 3 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ve 1 mM EDTA ilave edilmiş ve Shimadzu UV 160A Spektrofotometrede 240 nm dalga boyunda, 1 dk süre ile H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>'in tüketilmesine bağlı absorpsiyon değişimi izlenmiştir. Dakikada tüketilen µmol H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> miktarı 1 enzim ünitesi olarak saptanmıştır. 240 nm'de spesifik enzim aktivitesi, enzim ünitesi mg protein. g taze ağırlık<sup>-1</sup> olarak belirtilmiştir.

#### 2.9. İstatistik değerlendirme

Yapılan tüm ölçümler ve analizlerin verileri SPSS version 16.0 programında Varyans analizi (Multiple Range Testlerinden Tukey testi) ile p<0.05 önemlilik derecesine göre değerlendirilmiştir (Tukey, 1954). Ortalamaların standart hata ve standart sapma değerleri de yine aynı programda hesaplanmıştır.

### 3. Bulgular

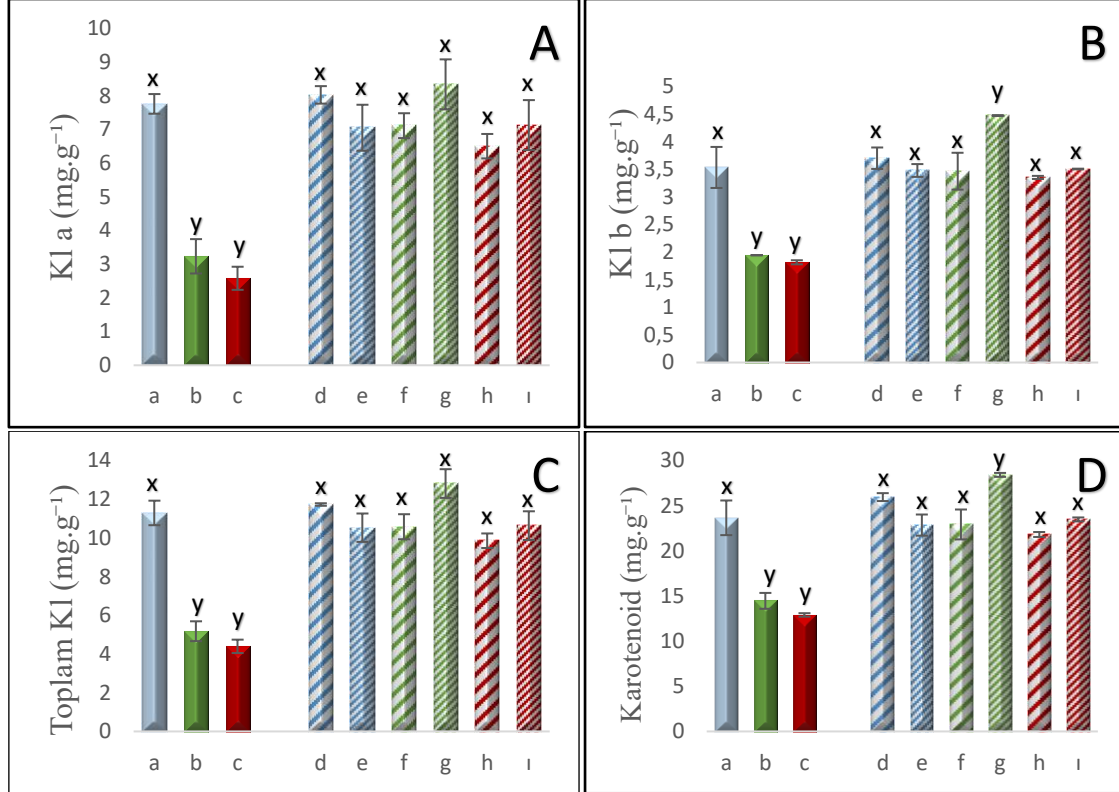
#### 3.1. Fotosentetik pigment miktarları

Yabancı hardal için; K1a, K1b ve toplam K1 miktarları Kontrol 1 grubuyla karşılaştırıldığında 25 mg.mL<sup>-1</sup> *P. undulatum* distile su ve 50 mg.mL<sup>-1</sup> *P. undulatum* etil alkol uygulamalarında artmış, diğer uygulama

gruplarında azalmıştır. K1a (% 66,74) , K1b (% 48,63) ve toplam K1 (% 61,09) miktarları için en önemli azalmalar etil asetat uygulamasında meydana gelmiştir ( $p<0.05$ ). Karotenoid miktarlarında da klorofil miktarına benzer şekilde Kontrol 1'e göre  $25 \text{ mg.mL}^{-1}$  *P. undulatum* distile su ve  $50 \text{ mg.mL}^{-1}$  *P.*

*undulatum* etil alkol uygulamalarında artma, diğer tüm uygulama gruplarında azalma saptanmıştır. En önemli azalma % 45,47 ile etil asetat uygulamasında, en önemli artış ise % 20,08 ile  $50 \text{ mg.mL}^{-1}$  *P. undulatum* etil alkol uygulamasında belirlenmiştir ( $p<0.05$ ) (Şekil 1).

a: Kontrol 1 (distile su), b: Kontrol 2 (etil alkol), c: Kontrol 3 (etil asetat), d:  $25 \text{ mg.mL}^{-1}$  *P. undulatum* distile su, e:  $50 \text{ mg.mL}^{-1}$  *P. undulatum* distile su, f:  $25 \text{ mg.mL}^{-1}$  *P. undulatum* etil alkol, g:  $50 \text{ mg.mL}^{-1}$  *P. undulatum* etil alkol, h:  $25 \text{ mg.mL}^{-1}$  *P. undulatum* etil asetat, i:  $50 \text{ mg.mL}^{-1}$  *P. undulatum* etil asetat (n:3). x,y kontrole göre önemlilik derecesinde ( $p<0.05$ ) farklılığı göstermektedir.



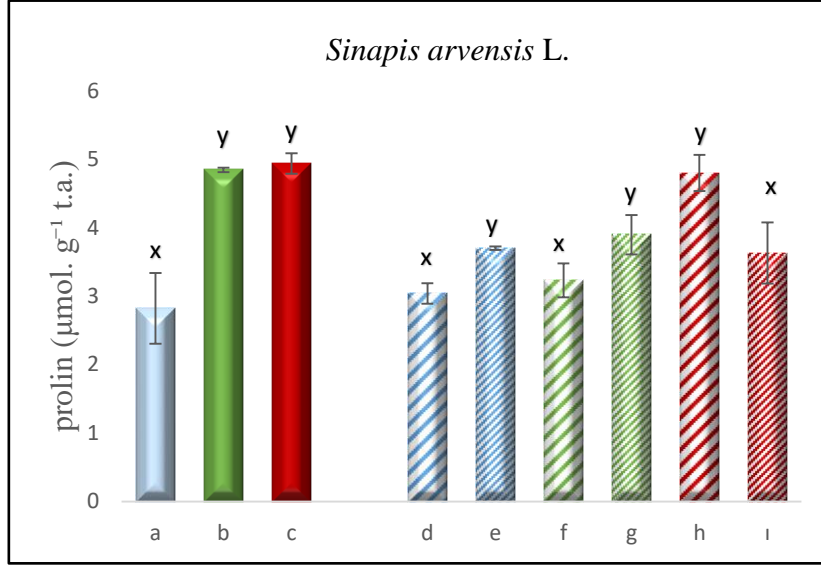
Şekil 1. Farklı çözücü ve konsantrasyonlarda uygulanan *P. undulatum* ekstraktının yabancı hardalın fotosentetik pigment (A: K1a, B: K1b, C: Toplam K1, D: Karotenoid) miktarları üzerine etkisi (n=3).

### 3.2. Prolin konsantrasyonunun belirlenmesi

Yabancı hardal yapraklarının prolin miktarları incelendiğinde tüm uygulama gruplarında Kontrol 1 grubuna oranla artışlar olduğu belirlenmiştir. Yabancı hardalda  $25 \text{ mg.mL}^{-1}$  *P.*

*undulatum* distile su,  $25 \text{ mg.mL}^{-1}$  *P. undulatum* etil alkol ve  $50 \text{ mg.mL}^{-1}$  *P. undulatum* etil asetat uygulamaları hariç tüm gruplardaki artışlar önemlilik derecesindedir ( $p<0.05$ ) (Şekil 2).

a: Kontrol 1 (distile su), b: Kontrol 2 (etil alkol), c: Kontrol 3 (etil asetat), d: 25 mg.mL<sup>-1</sup> *P. undulatum* distile su, e: 50 mg.mL<sup>-1</sup> *P. undulatum* distile su, f: 25 mg.mL<sup>-1</sup> *P. undulatum* etil alkol, g: 50 mg.mL<sup>-1</sup> *P. undulatum* etil alkol, h: 25 mg.mL<sup>-1</sup> *P. undulatum* etil asetat, i: 50 mg.mL<sup>-1</sup> *P. undulatum* etil asetat (n:3). x,y kontrole göre önemlilik derecesinde (p<0.05) farklılığı göstermektedir.



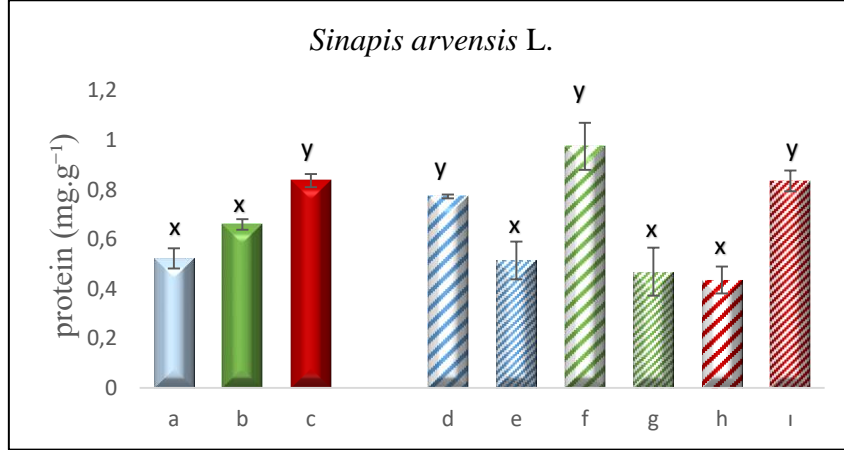
Şekil 2. Yabani hardal yapraklarının prolin miktarları

### 3.3. Toplam protein miktarının belirlenmesi

Yabani hardal yapraklarının toplam protein miktarları sonuçları değişkendir. Kontrol (distile su) grubuna oranla en fazla azalma % 16,67 ile

25 mg.mL<sup>-1</sup> *P. undulatum* etil asetat, en fazla artış ise % 86,59 (p<0.05) ile 25 mg.mL<sup>-1</sup> *P. undulatum* etil alkol uygulamalarındadır (Şekil 3).

a: Kontrol 1 (distile su), b: Kontrol 2 (etil alkol), c: Kontrol 3 (etil asetat), d: 25 mg.mL<sup>-1</sup> *P. undulatum* distile su, e: 50 mg.mL<sup>-1</sup> *P. undulatum* distile su, f: 25 mg.mL<sup>-1</sup> *P. undulatum* etil alkol, g: 50 mg.mL<sup>-1</sup> *P. undulatum* etil alkol, h: 25 mg.mL<sup>-1</sup> *P. undulatum* etil asetat, i: 50 mg.mL<sup>-1</sup> *P. undulatum* etil asetat (n:3). x,y kontrole göre önemlilik derecesinde (p<0.05) farklılığı göstermektedir.



Şekil 3. Yabani hardal yapraklarının toplam protein miktarları

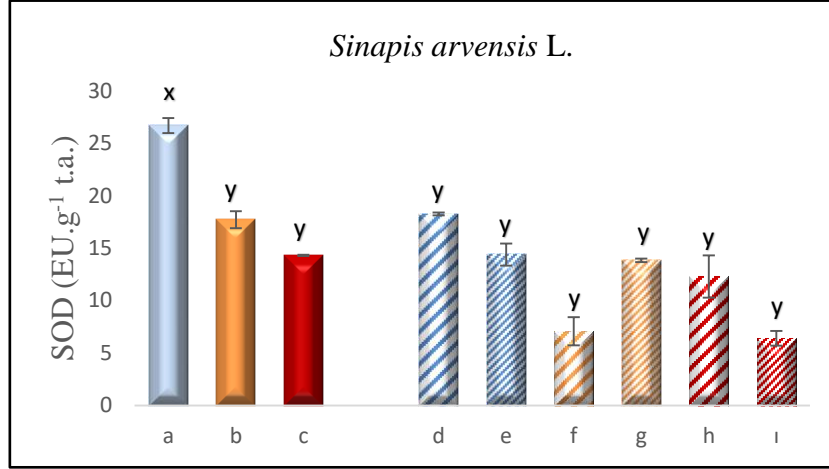
### 3.4. Antioksidan enzim aktivitelerinin belirlenmesi

#### 3.4.1. Süperoksit dismutaz enziminin aktivitesinin belirlenmesi

*P. undulatum* türünün değişik çözücü ve konsantrasyonlardaki ekstraktlarının yabani hardal SOD enzim aktivitesi üzerine etkileri

incelendiğinde tüm uygulama gruplarında Kontrol 1'e göre önemlilik derecesinde azalmalar saptanmıştır. Yalnız distile su uygulanan Kontrol 1'e oranla en fazla aktivite kaybının görüldüğü uygulama 6,406 EU.g<sup>-1</sup> t.a. ile 50 mg.mL<sup>-1</sup> etil asetat uygulamasıdır (p<0.05) (Şekil 4).

a: Kontrol 1 (distile su), b: Kontrol 2 (etil alkol), c: Kontrol 3 (etil asetat), d: 25 mg.mL<sup>-1</sup> *P. undulatum* distile su, e: 50 mg.mL<sup>-1</sup> *P. undulatum* distile su, f: 25 mg.mL<sup>-1</sup> *P. undulatum* etil alkol, g: 50 mg.mL<sup>-1</sup> *P. undulatum* etil alkol, h: 25 mg.mL<sup>-1</sup> *P. undulatum* etil asetat, i: 50 mg.mL<sup>-1</sup> *P. undulatum* etil asetat (n:3). x,y kontrole göre önemlilik derecesinde (p<0.05) farklılığı göstermektedir.



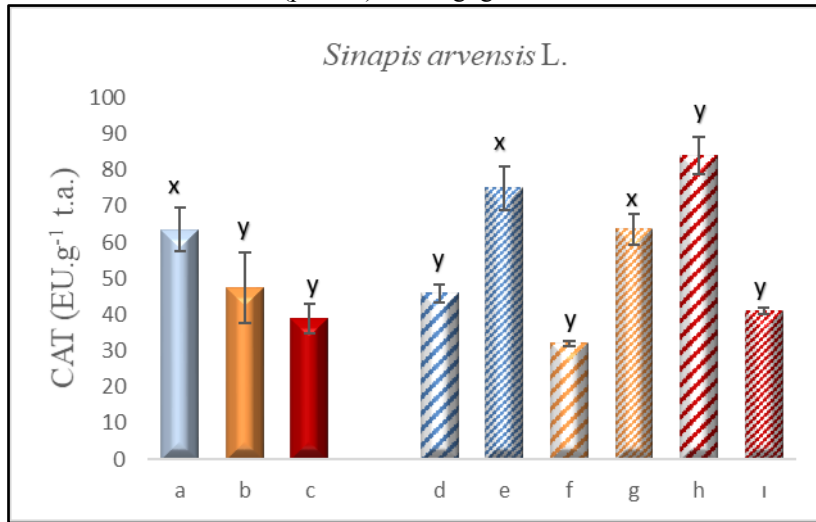
Şekil 4. Yabani hardal yapraklarının SOD enzim aktivitesi

#### 3.4.2. Katalaz enziminin aktivitesinin belirlenmesi

Yabani hardalın katalaz aktivitesinde en yüksek değer 84,052 EU.g<sup>-1</sup> t.a ile 25 mg.mL<sup>-1</sup> *P. undulatum* etil asetat, en düşük değer ise 32,084

EU.g<sup>-1</sup> t.a ile 25 mg.mL<sup>-1</sup> *P. undulatum* etil alkol uygulamalarında saptanmıştır. Kontrol 1 ile kıyaslandığında her iki değişim de önemlilik derecesindedir (p<0.05) (Şekil 5).

a: Kontrol 1 (distile su), b: Kontrol 2 (etil alkol), c: Kontrol 3 (etil asetat), d: 25 mg.mL<sup>-1</sup> *P. undulatum* distile su, e: 50 mg.mL<sup>-1</sup> *P. undulatum* distile su, f: 25 mg.mL<sup>-1</sup> *P. undulatum* etil alkol, g: 50 mg.mL<sup>-1</sup> *P. undulatum* etil alkol, h: 25 mg.mL<sup>-1</sup> *P. undulatum* etil asetat, i: 50 mg.mL<sup>-1</sup> *P. undulatum* etil asetat (n:3). x,y kontrole göre önemlilik derecesinde (p<0.05) farklılığı göstermektedir.



Şekil 5. Yabani hardal yapraklarının CAT enzim aktivitesi

#### 4. Tartışma ve Sonuç

Briyofitlerin içerdikleri sekonder metabolitler sayesinde abiyotik ve biyotik streslere karşı kendilerini koruyabildikleri, briyofitlerden elde edilen allelokimyasalların vasküler bitkilerde çimlenme ve fide gelişimini düzenleyici aktiviteleri olduğu bilinmektedir. Fenolik

bileşikler, flavonoidler gibi allelokimyasalların tohum çimlenmesi ve bitkinin birçok biyokimyasal-fizyolojik süreçlerini etkilediğine dair pek çok çalışma bulunmaktadır (Rice ve Palocholy, 1973; Lin ve ark., 2000).

Allelokimyasallar'ın fotosistem verimliliğini etkilediği tespit edilmiştir (Einhelling, 1986; Gonzalez ve ark., 1997). Allelokimyasallardan kaynaklanan klorofil azalmasının klorofil biyosentez yolunun bloklanmasına ya da klorofil bozunmasına neden olan mekanizmanın uyarılmasına bağlı olduğu ifade edilmektedir (Erez, 2009). Türkyılmaz Ünal ve ark., (2016a) tarafından *Cinclidotus pachylomoides* ekstraktlarının fotosentetik pigment miktarı açısından biber bitkisinde stimüle edici, mısır bitkisinde inhibe edici etkisinin olduğunu saptanmıştır. Literatür verilerine uygun olarak bulgularımızda *P. undulatum* ekstraktlarının fotosentetik pigment miktarı açısından yabancı hardalda inhibe edici etkisi belirlenmiştir.

Yine bulgularımızla uyumlu şekilde, Erez (2009) tarafından yapılan çalışmada *Amaranthus* bitkisine *Acroptilon repens*, *Portulaca oleracea* bitkisine ise *Lepidium draba* uyguladığında prolin seviyelerinin arttığı saptanmıştır. Türkyılmaz Ünal ve ark., (2016b) tarafından yapılan bir diğer çalışmada *Palustriella falcata* türünün üç farklı çözücüdeki ve değişik konsantrasyondaki ekstraktlarının *S. arvensis* bitkisinin prolin miktarında tüm uygulama gruplarında artışlara neden olduğunu tespit edilmiştir.

Bitkiler, fenol biyosentez enzimleri, hidrolazlar, enzim inhibitörleri, yapısal proteinler, moleküler şaperonlar vb. normal hücre proteinlerine ve stres koşullarına direnç ya da toleransı sağlayan spesifik stres proteinlerine sahiptirler (Özen ve Onay, 2013). Stres koşullarında bir kısım yapısal proteinler yıkılabilirken, bir kısım stres proteinleri sentezlenebilmektedir. Çalışmada kullanılan çözücü ve konsantrasyonlara bağlı olarak uygulamaların protein biyosentezini etkilemiş olabileceği, protein miktar artışlarının stres proteinlerinin sentezi, azalmaların ise fenolik bileşiklerden kaynaklı hasarlanmayla ortaya çıkan yapısal protein yıkımı nedeniyle olabileceği düşünülmektedir. *P. falcata*'nın distile su, etil alkol ve etil asetat ekstraktlarının yabancı hardalın toplam protein miktarı üzerine etkilerinin incelendiği çalışmada benzer şekilde, kontrol (distile su) grubuna oranla uygulama gruplarında artış ve azalmalar saptanmıştır (Türkyılmaz Ünal ve ark., 2016b).

Allelokimyasalların neden olduğu reaktif oksijen türlerini ortadan kaldırmak amacıyla bitkilerde antioksidan enzimlerin üretimini arttırdığı bilinmektedir. Yüksek konsantrasyonlarda uygulanan allelokimyasallar ise enzim aktivitesini olumsuz etkileyebilmektedir (Apel ve

Hirt, 2004; Niakan ve ark., 2008; Niakan ve Saberi, 2009; Türkyılmaz Ünal, 2013). Çalışmada SOD enzim aktivitesinin Kontrol 1'e oranla tüm *P. undulatum* uygulamalarında azaldığı, CAT enzim aktivitesinin ise artış ve azalmalara sahip olduğu görülmektedir. *P. undulatum* türünün içeriğindeki allelokimyasalların özellikle SOD enzim aktivitesinde hasarlanmaya neden olduğunu düşünülmektedir.

Sonuç olarak, *P. undulatum* türünün yabancı hardal üzerinde allelopatik etkilere sahip olduğu fizyolojik ve biyokimyasal analizlerden elde edilen verilerde açıkça görülmektedir. Briyofitlerin yabancı otların kontrolü amacıyla organik tarımda kullanılabilmesi için bu alanda farklı bitki türleri, konsantrasyon ve çözücülerin kullanılacağı, özellikle etken maddelerin tespit edilerek uygulanacağı ilave çalışmalar yapılması gerektiği düşünülmektedir.

#### Teşekkür

Bu çalışma, TÜBİTAK TOVAG 1150923 no'lu proje kapsamında Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından desteklenmiş olup desteğinden dolayı teşekkür ederiz.

#### Kaynaklar

- Apel K. Hirt H. 2004. Reactive oxygen species: metabolism, oxidative stress, and signal transduction. Annual Review of Plant Biology. 55: 373-399.
- Bates L.S. Waldren R.P. Teare I.D. 1973. Rapid determination of free proline for water-stress studies. Plant and Soil. 39: 205-207.
- Beauchamp C. Fridovich I. 1971. Superoxide Dismutase: Improved assay and applicable to acrylamide gels. Analytical Biochemistry. 44: 276-287.
- Bergmeyer N. 1970. Methoden der enzymatischen analyse. Akademie Verlag. 1: 636-647.
- Boz Ö. 1997. Buğday ekim alanlarındaki Yabancı Hardal (*Sinapis arvensis* L.) ve Yabancı Fiğın (*Vicia sativa* L.) bazı biyolojik özellikleri ve ekonomik zarar eşiklerinin belirlenmesi ile ilgili araştırmalar. Doktora Tezi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Adana.
- Bradford M. 1976. A rapid and sensitive method for quantation of microgram quantities of proteins utilizing the principle of protein dye binding. Analytical Biochemistry. 72: 248-250.
- Cortini Pedrotti C. 2006. Flora dei muschi d'Italia, Bryopsida (II parte). Roma,

- Antonia Delfino Editore. *Medicina Science*. pp. 827-1235.
- Davis P.H. 1970. *Flora of Turkey and the East Aegean Islands*. Edinburgh University Press, 3.
- Einhelling F. 1986. Mechanism of modes of action of allelochemicals. *The Sciences of Allelopathy* John Wiley and sons. New York.
- Erez M.E. 2009. *Lepidium draba* L., *Acroptilon repens* (L.) DC., *Thymus kotchyanus* Boiss&Hohen. var. *kotchyanus*, *Inula peacockiana* (Aitch.&Hemsl.) Koravin, *Salvia kronenburgei* Rech. f. ve *Phlomis armeniaca* Wild. Bitkilerinin Allelopatik Potansiyellerinin Araştırılması. Doktora tezi. Yüzüncü Yıl Üniversitesi. Van.
- Glime J.M. 2007. Economic and Ethnic Uses of Bryophytes. In: *Flora of North America Editorial Committee*. (Eds.). *Flora of North America and North of Mexico*. Oxford, Oxford University Press. New York. 27: 14-41.
- Gonzalez V.M. Kazimir J. Nimbali C. Weston L.A. Cheniae G.M. 1997. Inhibition of a photosystem II electron transfer reaction by the natural product sorgoleone. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 45: 1415-1421.
- Kılınç M. Kutbay H.G. 2008. *Bitki Ekolojisi*. Palme Yayıncılık. Ankara.
- Lin X.W. Kim K.U. Shin D.H. 2000. Rice Allelopathic potential and its modes of action on barnyardgrass (*Echinochloa crusgalli*). *Allelopathy Journal*. 7:2, 215-224.
- Niakan M. Saberi K. 2009. Effects of Eucalyptus allelopathy on growth characters and antioxidant enzymes activity in *Phalaris* weed. *Asian Journal of Plant Sciences*. 8:6, 440.
- Niakan M. Tajari M. Ghorbanli M.L. 2008. The effect of salinity stress on allelopathic potential of canola by studying some growth factors, chlorophyll a, b amount, antioxidant enzyme and nitrate reductase activity of soybean seedlings in hydroponic culture. *Iranian Journal of Biology*. 21:2, 315-325.
- Onbaşlı D. Altuner E.M. Çelik G.Y. 2011. *Mnium marginatum* özütlerinin antimikrobiyal aktivitesi. *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*. 11:2, 205-208.
- Önen H. 2015. *Türkiye İstilacı Bitkiler Kataloğu*. Ezgi Ofset Matbaacılık. Ankara.
- Özen H.Ç. Onay A. 2013. *Bitki Fizyolojisi (2. Basım)*. Nobel Yayın. Ankara.
- Özer Z. 1993. Niçin Yabancı Ot Bilimi (Herboloji)? Türkiye I. Herboloji Kongresi, 3-5 Şubat, Adana. pp. 1-7.
- Rice E.L. Palocholy S.K. 1973. Inhibition of nitrification by climax ecosystem II. Additional evidence and possible role of tannins. *American Journal of Botany*. 60: 691-701.
- Sawant U. J. Karadge B.A. 2014. Review of bryophytes with special reference to eco-physiological studies, mineral elements, allelopathy and uses. *Indian Journal of Advances in Plant Research*. 1:1, 10-23.
- Smith A.J.E. 2004. *The Moss Flora of Britain and Ireland (Second Edition)*. Cambridge University Press. London.
- Tukey J.W. 1954. Some selected quick and easy methods of statistical analysis. *Transactions of the New York Academy of Sciences*. pp. 88-97.
- Türkyılmaz Ünal B. 2013. Effects of growth regulators on seed germination, seedling growth and some aspects of metabolism of wheat under allelochemical stress. *Bangladesh Journal of Botany*. 42:1, 65-72.
- Türkyılmaz Ünal B. Düzelten Z. Ezer T. İşlek C. 2016a. *Cinclidotus pachylomoides*'in biber ve mısır bitkilerinde fotosentetik pigment miktarları üzerine etkisi. 4<sup>th</sup> International Symposium on Development of Kop. Region. 47: 21-23 October.
- Türkyılmaz Ünal B. İşlek C. Ezer T. Düzelten Z. 2016b. *Palustriella falcata* ekstraktlarının yabani hardal bitkisinin toplam protein prolin ve toplam fenolik madde miktarları üzerine etkileri. 4<sup>th</sup> International Symposium on Development of Kop. Region, 21-23 October. pp. 48.
- Witham F.H. Blayles D.F. Devlin R.M. 1971. *Experiments in Plant Physiology*. Van Nostrand Reinhold Company. New York.