

Potasyum Karbonat ve Bikarbonatın *Sclerotium oryzae*'nin Misel Gelişimi Üzerine Antifungal Etkisi

Elif Yıldırım^{1a}, Muharrem Türkkan^{2b}, Ramazan Elevülü^{1c},
Mustafa Enes Muktar^{1d}, İsmail Erper^{1,3e*}

¹ Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Samsun, TÜRKİYE

² Ordu Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Ordu, TÜRKİYE

³ Kırgızistan Türkiye Manas Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Bişkek, KIRGIZİSTAN

^a<https://orcid.org/0000-0002-4912-2303>, ^b<https://orcid.org/0000-0001-7779-9365>,

^c<https://orcid.org/0000-0002-0457-9238>, ^d<https://orcid.org/0000-0001-6022-3116>,

^e<https://orcid.org/0000-0001-7952-8489>

*e-mail: ismail@omu.edu.tr; ismail.erper@manas.edu.kg

ÖZET

Bu çalışmada, potasyum karbonat (PK) ve potasyum bikarbonat (PBK)'in *Sclerotium oryzae*'nin misel gelişimi üzerindeki antifungal etkinliği *in vitro* koşullarda araştırılmıştır. Tuzların fungusun misel gelişimi üzerine antifungal etkisi %0.05, 0.10, 0.25, 0.50, 0.75 ve 1.0 (w/v) konsantrasyonları kullanılarak belirlenmiştir. *In vitro* testler, artan PK ve PBK konsantrasyonlarının kontrol ile kıyasla fungusun misel gelişimi üzerindeki engelleyici etkileri arasında önemli farklılıklar olduğunu göstermiştir ($P < 0.05$). Her iki tuzun %1.0 konsantrasyonları miselyal gelişimi tamamen engellerken, bunların diğer konsantrasyonlarda ise tam engelleme olmamıştır. Ayrıca, tuzların misel gelişmesini %50 oranında azaltan konsantrasyon (EC_{50}) değerleri karşılaştırıldığında, PK fungusa karşı daha güçlü bir engelleyici etki göstermiştir. Diğer taraftan her iki tuzun misel gelişmesini tamamen engelleyen en küçük konsantrasyon (MIC) değerlerinin %1.0 olduğu gözlenmiştir. Sonuç olarak, bu çalışmanın bulguları, potasyum karbonat ve bikarbonat tuzlarının *S. oryzae*'nin neden olduğu çeltikte sap çürüklüğü hastalığının mücadelesi için sentetik fungusitlere bir alternatif olarak kullanılabileceğini göstermektedir.

MAKALE BİLGİSİ

Araştırma Makalesi

Geliş: 17.02.2020

Kabul: 17.03.2020

Anahtar kelimeler:

Oryza sativa,
Sclerotium oryzae,
Potasyum karbonat,
Potasyum bikarbonat,
Alternatif mücadele.

Antifungal Effect of Potassium Bicarbonate and Carbonate on Mycelial Growth of Sclerotium oryzae

ABSTRACT

In this study, the efficacy of potassium carbonate (PC) and potassium bicarbonate (PBC) on the mycelial growth of *Sclerotium oryzae* was investigated in *in vitro* conditions. The antifungal effects of the salts on the mycelial growth of the fungus were determined using the concentrations of 0.05, 0.10, 0.25, 0.50, 0.75 and 1.0% (w/v). *In vitro* tests have shown significant differences between the inhibitory effects of increased PC and PBC concentrations on mycelial growth of the fungus compared to control ($P < 0.05$). 1.0% concentrations of both salts completely inhibited mycelial growth, whereas the other concentrations of those did not. In addition, when comparing the EC_{50} values that caused a 50% reduction in mycelial growth, PC showed a stronger inhibitory effect against the fungus. On the other hand, the minimum inhibitory concentration (MIC) values of both salts were observed to be 1.0%. In conclusion, the findings of this study indicate that carbonate and bicarbonate salts of potassium may be used as an alternative to synthetic fungicides for the control of stem rot disease caused by *S. oryzae* in rice.

ARTICLE INFO

Research article

Received: 17.02.2020

Accepted: 17.03.2020

Keywords:

Oryza sativa, *Sclerotium oryzae*, Potassium carbonate, Potassium bicarbonate, Alternative control.

GİRİŞ

Sıcak iklim tahılları arasında yer alan çeltik (*Oryza sativa* L.), dünya nüfusunun yaklaşık yarısından fazlasının besin kaynağı olarak yararlandığı önemli bir tahıl ürünüdür (Khush 1997). Çeltik, su içinde çimlenebilen ve kökleri suda

erimiş oksijenden yararlanabilen tek tahıl cinsidir. Türkiye’de yaklaşık 1.200.000 da ekim alanı ve 940.000 ton/yıl üretim ile çeltik en önemli tarımsal ürünlerden birisidir. Ülkemizin tüm coğrafi bölgelerinde çeltik bitkisi yetiştirilmekte olup, bölgelere göre en fazla ekim alanı 805.640 da ile Trakya Bölgesi’nde yer almakta, bunu 282.990 da ekim alanı ile Karadeniz Bölgesi takip etmektedir. Karadeniz Bölgesi’nin ortasında yer alan Samsun ilinde, toplam 180.564 da ekim alanında yıllık 133.221 ton çeltik üretimi gerçekleşmektedir (Anonymous 2018).

Dünyada diğer tarımsal ürünlerde olduğu gibi çeltikte de üretim ve verim kayıplarına neden olan çeşitli bakteriyel, fungal ve viral hastalıklar bulunmaktadır (Agrios 2005). Bu hastalıklardan en sık görülenler, fungal hastalık etmenleri olup, bunlar *Magnaporthe oryzae*, *Sclerotium oryzae*, *Cochliobolus myabeanus*, *Pythium* spp., *Gibberella fujikuroi*, *Rhizoctonia* spp., *Ustilaginoidea virens*, *Sarocladium oryzae* ve *Tilletia barclayana*’dır (Anonymous 1992; Thind ve Sharma 2007). Türkiye’de çeltik üretim alanlarında, hemen hemen her yıl görülebilen ve bazen çok büyük epidemilere neden olan hastalıkların başında *M. oryzae* (anamorf: *Pyricularia oryzae*)’nin neden olduğu çeltik yanıklık hastalığı gelmektedir. Bunu, kök çürüklüğü (*Fusarium moniliforme*) ve kahverengi yaprak lekesi (*C. miyabeanus*) takip etmektedir (Aktaş ve Tunalı 1986; Sürek 1995). Ayrıca ülkemizde, Tosya (Kastamonu) ve Nallıhan (Ankara)’daki çeltik ekim alanlarında *S. oryzae* tespit edilmiştir (Bremer ve Özkan 1946). Aynı hastalık etmeni çok daha sonra Samsun ili çeltik üretim alanlarında Erper ve ark. (2007) tarafından rapor edilmiştir.

Çeltik sap çürüklüğü hastalığı etmeni *S. oryzae* (telemorf: *Magnaporthe salvinii*) genellikle dünya çeltik üretim alanlarında yaygın olarak görülmektedir. Etmen daha çok sklerot halinde toprak veya bitki kalıntılarında kışlamakta ve su üzerinde yüzerek primer inokulum kaynağı oluşturmaktadır (Hussain ve Ghaffar 1993; Cintas ve Webster 2001). Sap çürüklüğünde ilk belirtiler orta kardeşlenme döneminden sonra çok küçük, düzensiz siyah lezyonlar halinde, öncelikle dış yaprak kımında büyük lezyonlar oluşturarak iç yaprak kımı içinde ilerlemesi şeklinde görülmektedir. Hastalık etmeni doldurulmamış başaklar ve kireçli tane oluşumuna neden olarak çeltikte ciddi verim kayıplarına yol açmaktadır (Krause ve Webster 1973; Cother ve Nicol 1999).

Son yıllarda sentetik fungusitlerin çevre ve insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkileri ve patojenlerin fungusitlere karşı oluşturduğu dayanıklılık, sentetik fungusitlere alternatif olabilecek yöntemlerin kullanılmasını zorunlu hale getirmiştir. Bu yöntemlerden biri, insan sağlığı ve çevre üzerine olumsuz bir etkisi olmayan, genel olarak güvenli kabul edilen (GRAS) maddeler olan organik ve inorganik tuzların kullanımınıdır (FDA 2019). Bu tuzlar geniş bir antifungal aktiviteye sahip olup, önemli bir kısmı gıda sanayinde koruyucu, pH düzenleyici, tat ve yapı düzenleyici madde olarak kullanılmaktadır (Olivier ve ark. 1998). Son yıllarda amonyum, sodyum ve potasyumun organik ve inorganik tuzları hasat sonu fungal hastalıklara, kök ve kök boğazı çürüklüğünün yanı sıra çok sayıda toprak kökenli fungal hastalık etmenine karşı uygulanmış ve başarılı sonuçlar alınmıştır (Mecteau ve ark. 2002; Palou ve ark. 2002; Arslan ve ark. 2009; Erper ve ark. 2011; Türkkan ve Erper 2014; Türkkan ve ark. 2017).

Bu çalışmada, potasyum karbonat (PK) ve potasyum bikarbonat (PBK)’ın farklı konsantrasyonlarının çeltik sap çürüklüğü etmeni *S. oryzae*’nin misel gelişimi üzerine antifungal etkinlikleri *in vitro* koşullarda araştırılmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Fungal kültür

Bu çalışmada, Samsun ili çeltik üretim alanlarında yapılan sörvey çalışmalarında sap çürüklüğü belirtisi gösteren hastalıklı çeltik örneklerinden izole edilen ve tek bir sklerotiumdan elde edilerek saf kültürü yapılan *S. oryzae* ait Baf-55 izolatu kullanılmıştır (Erper ve ark. 2007). Bu izolat Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü Mikoloji laboratuvarındaki fungal kültür koleksiyonunda 4°C’de muhafaza edilmektedir.

Tuzlar

Çalışmada kullanılan potasyum karbonat (K₂CO₃) ve bikarbonat (KHCO₃) tuzları Merck Chemicals (Merck, Darmstadt, Almanya)’dan satın alınmıştır.

PK ve PBK’nın *S. oryzae*’nin misel gelişimi üzerine etkisi

Potasyum karbonat ve bikarbonatın farklı konsantrasyonları (%0.05, 0.1, 0.25, 0.5, 0.75 ve 1.0, w/v) otoklavda sterilize edilmiş ve yaklaşık 50°C’ye soğutulmuş 100 mL’lik erlenlerdeki patates dekstroza agar (PDA) besi ortamına eklenmiş ve daha sonra manyetik karıştırıcı ile tuzun besi ortamına homojen olarak karışması sağlanmıştır. Her iki tuzun farklı konsantrasyonlarını içeren PDA besi ortamı, 9 cm çapındaki steril Petri kaplarına 15-20 mL olacak şekilde dökülmüştür. *S. oryzae* izolatu PDA besi ortamında 22±1°C’de 6 gün inkübasyona bırakılarak gelişen kültürlerden mantar delici (cork borer) ile alınan 5 mm çaplı misel diskleri, yukarıdaki konsantrasyonları içeren Petri kaplarına aktarılmış ve TK 120 model bir inkübatör (Nüve, Ankara, Türkiye)’de 22±1°C’de inkübasyona bırakılmıştır. Aynı koşullarda sadece PDA besi ortamı içeren kontrol grubu (tuz eklenmemiş) Petri kaplarında inkübe edilen fungusun misel gelişimleri günlük olarak izlenmiş ve misel gelişimi Petri kenarına yaklaştığında, kontrol ve farklı tuz konsantrasyonlarını içeren kaplardaki fungal gelişim dijital kumpas ile ölçülmüştür. Ölçümlerde her Petri kabındaki fungusun en uzun ve en kısa radyal gelişimleri esas alınarak, misel gelişiminin engellenmesi MGE (%) = $\frac{[kpmg - tpmg]}{kpmg} \times 100$ formülü kullanılarak hesaplanmıştır. Formülde MGE (%), misel gelişiminin yüzde olarak engellenmesini; kpmg, kontrol Petri

kaplarındaki misel gelişimini; tpmg, tuz eklenmiş Petri kaplarındaki misel gelişimini ifade etmektedir (Mecteau ve ark. 2002). Deneme her bir tuz konsantrasyonu için 5 tekerrürlü olarak yürütülmüştür.

PK ve PBK'nın toksik etkilerinin belirlenmesi

Potasyum karbonat ve bikarbonatın *Sclerotium oryzae*'nin misel gelişmesini %50 oranında azaltan konsantrasyon (EC₅₀ = etkili konsantrasyon)'ları SPSS (Version 19, IBM Company, New York, ABD)'in probit analizi kullanılarak hesaplanmıştır. Misel gelişmesini tamamen engelleyen en küçük konsantrasyon (MIC = minimum inhibitory concentration) değerleri ise paralel denemeler ile belirlenmiştir (Türkkan ve ark. 2017).

İstatistik Analiz

Tüm istatistik analizler IBM SPSS istatistik programı kullanılarak yapılmıştır. Sonuçlar ayrı ayrı tek yönlü varyans analizine tabi tutularak, ortalamalar arasındaki önemli farklılıklar Tukey-HSD (P<0.05) testi ile belirlenmiştir.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada PK ve PBK tuzlarının *S. oryzae*'nin misel gelişimi üzerine antifungal etkileri *in vitro* koşullarda araştırılmıştır. Her iki tuzun artan konsantrasyonlarının fungusun misel gelişimini kontrol uygulamalarına kıyasla önemli oranlarda azalttığı tespit edilmiştir (P<0.05) (Çizelge 1). PK'nın konsantrasyonu arttıkça misel gelişimi üzerinde engelleyici etkilerinin de kontrole kıyasla istatistik olarak önemli farklılıklar gösterdiği tespit edilmiştir. En düşük konsantrasyonda (%0.05) bu engelleme yaklaşık %28 iken, %0.25 ve 0.5 konsantrasyonlarında %80'in üzerine çıkmış, %0.75'de engelleme %96.07 olurken, tam engelleme en yüksek konsantrasyon olan %1.0'de gerçekleşmiştir. Ayrıca bu konsantrasyon istatistiksel olarak diğer konsantrasyonlardan önemli ölçüde farklı bulunmuştur (P<0.05). PBK'nın fungus misel gelişimi üzerine etkilerinin PK'ya benzer olmakla birlikte %0.5 ile %0.75 konsantrasyonları arasında bir fark olmadığı görülmüş, ancak en yüksek konsantrasyon (%1.0)'un diğer tüm konsantrasyonlardan istatistiksel olarak farklı olduğu belirlenmiştir (P<0.05) (Çizelge 1).

Birçok çalışmada, farklı bitki hastalıklarının mücadelesinde sentetik fungusitlere alternatif olarak kullanılacak farklı organik ve inorganik tuzların etkinliği *in vitro* ve *in vivo* koşullarda belirlenmiş ve bu tuzlardan karbonat, bikarbonat, fosfat, klor, silikat, sülfid ve organik asit tuzlarından bazılarının önemli bitki patojenlerine karşı etkili oldukları tespit edilmiştir (Olivier ve ark. 1998; Gabler ve Smilanick 2001; Mecteau ve ark. 2002; Palou ve ark. 2002; Mills ve ark. 2004; Ordóñez ve ark. 2009; Türkkan ve Erper 2015; Jabnoun-Khiareddine ve ark. 2016). Bu yönüyle yaptığımız çalışmada elde edilen sonuçlar daha önce yapılmış çalışmalarla benzerlik göstermektedir. *Sclerotinia sclerotiorum*'un misel gelişimini üzerine PBK'nın engelleyici etkisinin belirlenmesi amacıyla *in vitro* koşullarda yapılan bir çalışmada, tuzun artan konsantrasyonlar (0, 2, 4, 6, 8, 10, 25, ve 50 mM)'ının fungusun misel gelişimini önemli derecede engellediği ve 50 mM PBK uygulamasında fungal gelişimin olmadığı tespit edilmiştir. Ayrıca 8 mM'dan daha yüksek konsantrasyonlarda *S. sclerotiorum*'un sklerot çimlenmesi önemli ölçüde azalmıştır (Ordóñez ve ark. 2009). Diğer bir çalışmada kamelya (*Camellia sinensis*) bitkilerinde çiçek yanıklığına neden olan *Ciborinia camelliae*'nin sklerotlarından meydana gelen apothecium oluşumunu baskılamak için potasyum bikarbonat (Armcarb 100SR, Church & Dwight Co. Inc., Princeton, NJ) ve amonyum bikarbonat (Armcarb)'ın granül formülasyonları toprağa uygulanmış (300 kg/ha) ve uygulamadan yaklaşık 2 hafta sonra apothecia/m² üretiminin sırasıyla %76 ve %88 oranında azaldığı belirlenmiştir (Van Toor ve ark. 2004).

Çizelge 1. Potasyum karbonat (PK) ve potasyum bikarbonat (PBK)'in artan konsantrasyonlarının *Sclerotium oryzae*'nin misel gelişimi üzerine engelleyici etkisi (%)

Konsantrasyon (% w/v)	Tuzlar	
	Misel Gelişimi Engelleme (%)	
	Potasyum karbonat	Potasyum bikarbonat
0.05	28.23±1.25 f*	25.88±2.04 e
0.10	47.64±1.71 e	50.58±2.29 d
0.25	84.90±0.54 d	74.11±1.05 c
0.50	88.82±0.68 c	82.54±0.50 b
0.75	96.07±0.39 b	86.86±0.33 b
1.0	100.00±0.00 a	100.00±0.00 a
Kontrol	0.00±0.00 g	0.00±0.00 f

*Aynı sütunda yer alan ve aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında Tukey-HSD testine göre fark yoktur (P<0.05).

Önemli toprak patojenlerinden olan *Rhizoctonia solani* AG 4 HG-I ve *Sclerotinia sclerotiorum*'a karşı PBK'nın artan konsantrasyonlarının her iki fungusun misel gelişimlerini özellikle 200 mM'nin üstündeki konsantrasyonlarda önemli bir şekilde azalttığı tespit edilmiştir (Erper ve ark. 2011). Türkkan ve ark. (2017)'nin amonyum, potasyum ve sodyumun

karbonat ve bikarbonat tuzlarının *B. cinerea*'ya karşı engelleyici etkileri belirlemek amacıyla *in vitro* ve *in vivo* koşullarda yaptıkları çalışmada, amonyum karbonat, amonyum bikarbonat, sodyum karbonat, sodyum bikarbonat, potasyum karbonat ve potasyum bikarbonatın sırası ile 10, 25, 25, 50, 50 ve 75 mM konsantrasyonlarının *in vitro*'da fungusun misel gelişimini tamamen engellediğini belirlemişlerdir.

Çalışmada kullanılan PK ve PBK'nın *S. oryzae*'nin misel gelişimi üzerine olan toksik etkileri değerlendirildiğinde, PK'nın az da olsa PBK'ya göre fungusa karşı daha güçlü bir toksik etki gösterdiği belirlenmiştir. Ayrıca her iki tuzun *S. oryzae* üzerinde fungistatik etkiye sahip olduğu ve MIC değerinin %1 olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 2).

Çizelge 2. Potasyum karbonat (PK) ve potasyum bikarbonat (PBK)'in *Sclerotium oryzae*'nin misel gelişimi üzerine toksik etkisi (%_{w/v})

Tuzlar	EC ₅₀ ^a	MIC ^b
Potasyum karbonat	0.098 (0.090-0.106)	1.00
Potasyum bikarbonat	0.111 (0.098-0.125)	1.00

^aEC₅₀: misel gelişmesini %50 oranında azaltan konsantrasyon. ^bMIC: Misel gelişmesini tamamen engelleyen en küçük konsantrasyon

Yapılan farklı çalışmalarda bazı fungal etmenlere karşı bikarbonat ve karbonat tuzlarının fungistatik veya fungisidal etki gösterdiği bildirilmiştir. Punja ve Grogan (1982) amonyum, potasyum ve sodyumun karbonat ve bikarbonat tuzları ve lityum karbonatın *Sclerotium rolfsii*'nin sklerotları üzerine fungisidal etki gösterdiğini tespit etmişlerdir. Başka bir çalışmada *Rhizoctonia carotae*'ye karşı potasyum karbonat (10 mM)'ın sodyum bikarbonat (0.1 M)'tan daha yüksek bir toksik (fungisidal) etkiye sahip olduğu belirlenmiştir (Ricker ve Punja 1991). *P. digitatum*'un spor çimlenmesi üzerinde sodyum karbonat, potasyum karbonat, sodyum bikarbonat, amonyum bikarbonat ve potasyum bikarbonatın fungistatik etki gösterdiği, MIC değerlerinin sırasıyla, 5 mM, 6.2 mM, 14.1 mM, 16.4 mM ve 33.4 mM olduğu tespit edilmiştir (Smilanick ve ark. 1999). Yapılan diğer bir çalışmada *B. cinerea*'ya karşı potasyum bikarbonatın %1 ve daha yüksek konsantrasyonları (%2 ve 3)'nin fungistatik bir etkiye sahip olduğu belirlenmiştir (Bombelli ve Wright 2006). Arslan ve ark. (2009) ise potasyum ve sodyumun karbonat ve bikarbonat tuzları (%0.1-2)'nin *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis*, *Macrophomina phaseolina* ve *R. solani*'ye karşı fungistatik etki gösterdiğini, fakat fungisidal bir etki göstermediğini bildirmişlerdir.

Sonuç olarak, yaptığımız çalışma ve diğer benzer çalışmalar, bikarbonat ve karbonat tuzlarının birçok fungal hastalık etmenine karşı engelleyici etkilerinin olduğunu göstermektedir. Bu çalışmada kullanılan PK ve PBK tuzlarının çevre ve insan sağlığı üzerine genel olarak toksik bir etkisinin olmaması ve ayrıca şu ana kadar bunlara karşı patojenlerde henüz bir direnç tespit edilmemesinden dolayı, mücadelesi oldukça zor olan kök çürüklüğü hastalıklarına karşı sentetik fungusitlere etkili bir alternatif olarak karşımıza çıkmaktadır. Ancak bu tuzlar tavsiye edilmeden önce hem doğal çevre koşulları üzerine etkileri (toprak pH'sı) ve konukçu-patojen etkileşimleri *in vivo* koşullarda araştırılmalıdır.

KAYNAKLAR

- Agrios G 2005. Plant Pathology, 5th Edition, Elsevier Academic Press, Amsterdam.
- Aktaş H, Tunali B 1986. Türkiye'de ekimi yapılan ve ümit var çeltik çeşitlerinin *Pyricularia oryzae* Bri. et Cav., *Drechslera oryzae* Subram. and Jan ve *Fusarium moniliforme* Sheld'ye karşı reaksiyonlarının saptanması. Bitki Koruma Bülteni. 26 (1-2): 41-58. Anonymous 1992. Compendium of Rice Diseases. APS Press., St. Paul, Minnesota. 62 s.
- Anonymous 2018. Türkiye İstatistik Kurumu. www.tuik.gov.tr. (Erişim tarihi: 15 Kasım, 2019).
- Arslan U, Kadir I, Vardar C, Karabulut OA 2009. Evaluation of antifungal activity of food additives against soilborne phytopathogenic fungi. World J. Microbiol. Biotechnol. 25: 537-543.
- Bombelli EC, Wright ER 2006. Tomato fruit quality conservation during post-harvest by application of potassium bicarbonate and its effect on *Botrytis cinerea*. Cien.Inv. Agr. 33 (3): 167-172.
- Bremer H, Özkan H 1946. Türkiye'de çeltik hastalıkları. Ziraat Dergisi. 73-74: 41-53.
- Cintas NA, Webster RK 2001. Effects of rice straw management on *Sclerotium oryzae* inoculum, stem rot severity, and yield of rice in California. Plant Dis. 85 (11): 1140-1144.
- Cother E, Nicol H 1999. Susceptibility of Australian rice cultivars to the stem rot fungus *Sclerotium oryzae*. Australas. Plant Pathol. 28 (1): 85-91.
- Erper İ, Karaca G, Deligöz İ 2007. Çeltik Sap Çürüklüğü Hastalığının Samsun'daki Yaygınlığı, Şiddeti ve Bazı Çeltik Çeşitlerinin Hastalığa Karşı Duyarlılıklarının Belirlenmesi. The J. Turk. Phytopathol. 36 (1-2-3): 31-38.
- Erper İ, Turkkan M, Karaca GH, Kilic G 2011. Evaluation of in vitro antifungal activity of potassium bicarbonate on *Rhizoctonia solani* AG 4 HG-I, *Sclerotinia sclerotiorum* and *Trichoderma* sp. Afr. J. Biotechnol. 10 (43): 8605-8612.

- FDA 2019. <http://www.fda.gov/Food/IngredientsPackagingLabeling/GRAS/SCOGS/default.htm>. (Erişim Tarihi: 01 Kasım, 2019).
- Gabler FM, Smilanick JL 2001. Postharvest control of table grape gray mold on detached berries with carbonate and bicarbonate salts and disinfectants. *Am. J. Enol. Vitic.* 52 (1): 12-20.
- Hussain S, Ghaffar A 1993. Effect of tillage practices on the population and viability of sclerotia of *Sclerotium oryzae* and yield of rice. *Pak. J. Bot.* 25: 232-232.
- Jabnoun-Khiareddine H, Abdallah R, El-Mohamedy R, Abdel-Kareem F, Gueddes-Chahed M, Hajlaoui A, Daami-Remadi M 2016. Comparative efficacy of potassium salts against soil-borne and air-borne fungi and their ability to suppress tomato wilt and fruit rots. *J. Microb. Biochem. Technol.* 8 (2): 45-55.
- Khush GS 1997. Origin, dispersal, cultivation and variation of rice. *Plant Mol. Biol.* 35 (1-2): 25-34.
- Krause RA, Webster RK 1973. Stem rot in rice in California. *Phytopathol.* 63: 518-523.
- Mecteau MR, Joseph A, Tweddell RJ 2002. Effect of organic and inorganic salts on the growth and development of *Fusarium sambucinum*, a causal agent of potato dry rot. *Mycol. Res.* 106 (6): 688-696.
- Mills AAS, Platt HW, Hurta RA 2004. Effect of salt compounds on mycelial growth, sporulation and spore germination of various potato pathogens. *Postharvest Biol. Technol.* 34 (3): 341-350.
- Olivier C, Halseth DE, Mizubuti ES, Loria R 1998. Postharvest application of organic and inorganic salts for suppression of silver scurf on potato tubers. *Plant Dis.* 82 (2): 213-217.
- Ordóñez-Valencia C, Alarcón A, Ferrera-Cerrato R, Hernández-Cuevas LV 2009. In vitro antifungal effects of potassium bicarbonate on *Trichoderma* sp. and *Sclerotinia sclerotiorum*. *Mycoscience*, 50(5), 380-387.
- Palou L, Usall J, Smilanick JL, Aguilar MJ, Vinas I 2002. Evaluation of food additives and low-toxicity compounds as alternative chemicals for the control of *Penicillium digitatum* and *Penicillium italicum* on citrus fruit. *Pest Manag. Sci.* 58 (5): 459-466.
- Punja ZK, Grogan RG 1982. Effects of inorganic salts, carbonate-bicarbonate anions, ammonia, and the modifying influence of pH on sclerotial germination of *Sclerotium rolfsii*. *Phytopathol.* 72 (6): 635-639.
- Ricker MD, Punja, ZK 1991. Influence of fungicide and chemical salt dip treatments on crater rot caused by *Rhizoctonia carotae* in long-term storage. *Plant Dis.* 75 (5): 470-474.
- Smilanick JL, Margosan DA, Mlikota F, Usall J, Michael IF 1999. Control of citrus green mold by carbonate and bicarbonate salts and the influence of commercial postharvest practices on their efficacy. *Plant Dis.* 83 (2): 139-145.
- Sürek H 1995. Diseases of rice in Turkey. *Cah. Options Méditerran.* 15 (3): 45-47.
- Thind TS, Sharma VK 2007. Rice Diseases: Ecology and Control. In: *Encyclopedia of Pest Management*. (Ed. D. Pimentel), Taylor and Francis Group, FL, U.S.A.
- Türkkan M, Erper İ 2014. Evaluation of antifungal activity of sodium salts against onion basal rot caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *cepae*. *Plant Prot. Sci.* 50 (1): 19-25.
- Türkkan M, Erper İ 2015. Inhibitory influence of organic and inorganic sodium salts and synthetic fungicides against bean root rot pathogens. *Gesunde Pflanz.* 67(2): 83-94.
- Türkkan M, Özcan M, Erper İ 2017. Antifungal effect of carbonate and bicarbonate salts against *Botrytis cinerea*, the casual agent of grey mould of kiwifruit. *Akademik Ziraat Dergisi.* 6 (2): 107-114.
- Van Toor RF, Jaspers MV, Stewart A 2004. Bicarbonate salts and calcium cyanamide suppress apothecial production by *Ciborinia camelliae*. *N. Z. Plant Prot.* 57: 142-145.