Kocatepe Tıp Dergisi
Kocatepe Medical Journal
22:304-308/ Temmuz 2021Sayısı

DERLEME / REVIEW

KÜRESEL ISINMANIN MANTAR ENFEKSİYONLARINA ETKİSİ

THE EFFECT OF GLOBAL WARMING ON FUNGAL INFECTIONS

Nurnehir BALTACI[1], Ayşe KALKANCI[2]

[1]Afyonkarahisar Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Eczacılık Fakültesi, Farmasötik Mikrobiyoloji Ana Bilim Dalı
[2] Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi, Tıbbi Mikrobiyoloji Ana Bilim Dalı

ÖZ

Küresel ısınma, artan deniz seviyeleri, gıda yetmezliği ve açlık, küresel yağış düzenindeki değişiklikler, bitki ve hayvan popülasyonlarındaki değişiklikler ve ciddi sağlık etkileri de dahil olmak üzere zaman içinde önemli sonuçlara yol açan tehditli bir süreçtir. Yaşadığımız yüzyılda antropojenik sera gazı üretimine bağlı olarak, 40 milyon yılın en sıcak periyodunu yaşamamız beklenmektedir. Küresel ısınmanın enfeksiyon hastalıklarında önemli etkiler oluşturacağı ön görüldüğünden, özellikle vektör kaynaklı hastalıklar, gıda ve su kaynaklı hastalıklar, bakteriyel ve viral enfeksiyonlar üzerine araştırmalar yoğunlaşmıştır. Ancak mantar enfeksiyonları ile ilgili çalışmalar oldukça azdır. Küresel ısınmaya bağlı olarak küresel ortalama sıcaklığın, vücut sıcaklığına yaklaşmasını adına kazanılan her 1° C için, termofilik ve termotolerant saprofit mantar türleri potansiyel patojenlere dönüşebilmektedir. Dolayısıyla mevcut küresel ısınma ile mantar hastalıklarının prevalansının artma ihtimali oldukça yüksektir. Bu derlemede küresel ısınma sonucunda mantar enfeksiyonların prevalansında oluşabilecek artışa dikkat çekmek amaçlanmıştır.

ANAHTAR KELİMELER: Küresel Isınma, İklim Değişikliği, Mantar Hastalıkları

ABSTRACT

Global warming is a threatening process with significant consequences over time, including increased sea levels, food insufficiency and famine, changes in global precipitation patterns, changes in plant and animal populations, and serious health impacts. We are expected to experience the hottest period of 40 million years due to anthropogenic greenhouse gas production in this century. Since global warming is predicted to have significant effects on infectious diseases, research on vector-borne diseases, food and waterborne diseases, bacterial and viral infections have increased. However, there are few studies on fungal infections. Thermophilic and thermotolerant saprophyte fungus species can turn into potential pathogens for each 1°C gained in order for the global average temperature to approach body temperature due to global warming. Therefore, global warming is likely to increase the prevalence of fungal diseases. In this review, we aimed to draw attention to the increase in the prevalence of yeast infections as a result of global warming.

KEYWORDS: Global Warming, Climate Change, Mycoses

Geliş Tarihi / Received: 20.01.2020
Kabul Tarihi / Accepted: 19.06.2020
Yazışma Adresi / Correspondence: Dr.Öğr.Üyesi Nurnehir BALTACI
Afyonkarahisar Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Eczacılık Fakültesi, Farmasötik Mikrobiyoloji Ana Bilim Dalı
E-mail: nurnehirgazi@gmail.com.
Orcid No (Sırasıyla): 0000-0001-7054-8889, 0000-0003-0961-7325

GİRİŞ

Gezegenimizin iklimi, tarihi boyunca küresel ılıman iklim dönemleri ve ardından sera gazı birikimi de dahil olmak üzere çeşitli faktörler nedeniyle ısınmanın yaşandığı önemli değişikliklere maruz kalmıştır. İnsanın sosyal evrimi, iklimden büyük ölçüde etkilenmiştir. Tarım ve sedanter yerleşimlerin ortaya çıkışı, yaklaşık 12.500 yıl önceki son buzul döneminin sonuna kadar uzanmaktadır (1). Küresel ısınma ve hava olaylarındaki değişikliklerin ekosistem döngüleri (şiddetli yağmur, sel, şiddetli fırtına, ısı dalgaları, kuraklıklar, tatlı su kıtlığı) üzerinde önemli bir etkisi olabildiği ve biyolojik alanlara (ormansızlaşma, çölleşme ve mercan resifleri alanında azalma) önemli bir tehdit olarak kabul edilmektedir (2). Bu derlemede iklim değişikliğinin bileşenlerinden olan küresel ısınmanın, mantar enfeksiyonlarına ve insidans hızı potansiyeline etkileri incelenmesi amaçlanmıştır.

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ VE KÜRESEL ISINMA

İklim değişikliği, Hükümetler Arası Panel'de (Intergovermental Panel) iklimin ortalama durumunda veya bu değişkenlikte, uzun süre devam eden (tipik olarak on yıl veya daha uzun) istatistiksel olarak anlamlı bir değişiklik olarak tanımlanmaktadır (3). İklim değişikliği konusu dünya nüfusunun en önemli üçüncü küresel sorunu olarak kabul edilmektedir (4). En etkili iklim değişikliği faktörleri, küresel ısınma, aşırı ısınma ve aşırı soğuma periyodları, kalıcı ve yoğun yağışlar, doğal afet seviyesinde hava olayları (kasırgalar, siklonlar, seller) kuraklık, kötü hava kalitesi, stratosferik ozon tabakasının incelmesi ve ultraviyole (UV) radyasyonundaki değişikliklerdir (5).

Dünyamızın ortak problemi olan küresel ısınma, ilk kez 1986 yılında Kimyager Svante Arrhenius öngörmüştür (6). Küresel ısınma yeryüzündeki sıcaklık artışı olarak tanımlanmaktadır. Küresel ısınma başta olmak üzere sera gazlarındaki artışa neden olan her türlü etki, iklim değişikliğine neden olduğu bilinmektedir. Altı ana sera gazı vardır. Bunlar karbondioksit (CO_2), metan (CH4), azot oksit (N_2O), hidrofloro karbonlar (HFCs), perfloro karbonlar (PFCs) ve heksafloridtir. Su buharı da sera gazlarından sayılmaktadır. Sera gazları yeryüzündeki yaşamın devamı için gereklidir. Güneşten gelen sıcaklık bu gazlar aracılığıyla tutularak, yerkürenin ısınması sağlanmaktadır. Atmosferde tutulan sera gazlarının ve özellikle CO_2 gazının konsantrasyonundaki artış iklim olaylarında değişikliğe sebep olmaktadır (7). Ancak atmosferdeki su buharı konsantrasyonu CO_2 gazından daha fazla olup, diğer gazlara oranla küresel ısınmaya katkısının yaklaşık %60 olduğu düşünülmektedir. Çünkü su buharı ve CO_2 gazı arasında önemli bir geribildirim mekanizması bulunmaktadır. CO_2 gazı oranındaki küçük bir artış küresel ısınmaya düşük oranlarda katkı sağlamasına rağmen, okyanuslardaki buharlaşmayı arttırarak atmosferdeki su buharı konsantrasyonunun artmasına önemli katkı sağlamaktadır. Bir anlamda CO_2 gazı konsantrasyonu atmosferdeki su buharı miktarı için bir regülatör görevi görmektedir. Küresel sıcaklık üzerinde en büyük etkiye bu geribildirim mekanizmasının sahip olduğu bilinmektedir (8).

Araştırmacılar, küresel ısınmanın ve iklim değişikliğinin temel nedeni olarak CO_2 gazı salınımının seviyesindeki sürekli artışı göstermektedir.

Karbondioksit salınımı genel olarak fosil yakıtlar, insan aktiviteleri, ormansızlaşma, kentleşme, tarım ve endüstriyel süreçler sonucunda oldukça yüksek seviyeye ulaşmıştır (9, 10). Günümüzde atmosferik CO_2 gazı konsantrasyonu 441 ppm ile geçtiğimiz 800.000 yıl içerisinde en yüksek seviyeye ulaşmıştır. Son on yıldakiyle aynı oranda devam eden sera gazı emisyonları ile küresel ısınmanın 2030 ve 2052 yılları arasında 1,5 °C' lik bir sıcaklık artışına ulaşacağı tahmin edilmektedir (10). Önümüzdeki 2100 yılına kadar 1.1 °C ile 6.4 °C sıcaklık artışı beklenmektedir (11). Yine 2100 yılında atmosferdeki CO_2 gazı konsantrasyonun 421 - 936 ppm arasında olması öngörülmektedir (12). Ayrıca 1961 yılından beri, deniz seviyesinde her yıl 1,8 mm artış görülmüştür (13). Hükümetler iklim değişikliğinin insan sağlığı ve refahı için büyük riskler oluşturduğunu giderek daha fazla kabul etmektedir. Son yirmi yılda öne çıkan iklim değişikliği politikaları ve bilimsel değerlendirmeler, enerji, ekonomik faaliyetler, su - gıda güvenliği, tarım, sanayi, bayındırlık ve biyolojik çeşitlilik için iklim değişikliğinin risklerinin dikkate alınmasını içermektedir (14).

KÜRESEL ISINMA VE MANTAR ENFEKSİYONLARI

Bulaşıcı enfeksiyon hastalıkları sosyal, ekonomik ve ekolojik koşullar, sağlık hizmetlerine erişim ve kişisel bağışıklık durumu gibi birçok faktör-

den etkilenmektedir. Son yıllarda iklim değişikliği ve bulaşıcı hastalıklar arasındaki ilişkiyi açıklamak için çok sayıda teori geliştirilmiştir. Bunlar yüksek sıcaklıklarda daha yüksek proliferasyon, uzamış bulaş mevsimi, ekolojik dengelerdeki değişiklikler, vektörlerin, rezervuar konakların ya da insanların iklime bağlı göçü gibi yaklaşımlardır (13). Dünya Sağlık Organizasyonu (The World Health Organisation, WHO), 1975 yılından beri AIDS, Ebola, Lejiyonelloz, Enterohemorajik Kolit, yeni Hanta Virus Enfeksiyonları gibi hastalıkları da kapsayan 30'dan fazla yeni hastalık ile birlikte, sıtma, tüberküloz ve kolera gibi eski hastalıkların yeniden ortaya çıktığını da bildirmiştir. Enfeksiyonların yayılmasında, vektörlerin (sivrisinekler, kene, geyik, kuşlar, kemirgenler ve insanlar) sosyoekonomik, ekolojik ve iklim koşullarındaki değişikliklerin yansımaları bugün daha net görülmektedir (2). Dünya Sağlık Örgütü, 2030 - 2050 yılları arasında, aşırı sıcaklık, doğal afetler ve değişen enfeksiyon tipleri gibi sebeplerden dolayı her yıl için yaklaşık 250.000 ek ölüm beklemektedir (15).

Fungi Kingdom'unda 1,5 milyon tür bulunmaktadır ve bunların sadece %5'i resmi olarak sınıflandırılmıştır. Bugün 600 türün hastalıklara sebep olduğu bilinirken, mantar kaynaklı tüm ölümlerin %90'ından fazlası yalnızca *Candida, Cryptococcus, Aspergillus, Pneumocystis* ve *Histoplasma* cinslerinden kaynaklanmaktadır (16).

Buna rağmen, invazif mikozlar son yirmi yılda AIDS'li kişiler, organ veya hematopoetik kök hücre nakli, hematolojik maligniteler ve immünosüpresif tedavi olan bireyler de dahil olmak üzere immün yetmezliği olan popülasyonlarda görülen insidansın arttığı ciddi bir halk sağlığı sorununu oluşturmaktadır. Ayrıca çoklu ilaç direncine sahip *Candida auris* ve triazol dirençli *Aspergillus fumigatus* gibi daha dirençli kökenlerin gündeme gelmesi, fungal enfeksiyonların epidemiyolojisi hakkında ek bir endişe yaratmaktadır (17).

Memeli fizyolojisinin en dikkat çeken yanlarından biri, invazif mantar hastalıklarına karşı oldukça dirençli olmasıdır. Memeli endotermisi, birçok mantar türü için termal olarak kısıtlanmış bir alan oluşturup, invazif mantar enfeksiyonlarının immünolojik olarak sağlam bireylerde gelişmesini engellemektedir (18). Küresel iklim değişikliği tüm organizmalar üzerinde coğrafi aralıklarında, toplumsal etkileşimlerinde, genetik ve yok olma oranlarında derin ve çeşitli değişikliklere sebep olmaktadır (19). Dolayısıyla daha sıcak bir iklim, ısıya dayanıklı olanların seçilmesini sağlayarak hem ısıya dayanıklı hem de ısıya duyarlı türlerin dağılımını değiştirebilme potansiyeline sahiptir. Böyle bir etki altında patojenik türlerin sadece coğrafi alanını genişletmek ile kalmayıp, saprofit mantarların insan popülasyonu ile olan etkileşimini arttırarak yeni mantar patojenlerinin ortaya çıkmasına neden olması beklenmektedir (20). Özellikle patojen mantarlar açısından oldukça zengin olan ve ılıman bölgelerde yer almayan tropikal ve subtropikal bölgelerdeki termofilik ve termotolerant mantar türlerinin, küresel ısınmaya bağlı olarak ılıman iklim bölgelerinde enfeksiyon yapma potansiyelleri artmaktadır. Vücut ısısında 30 - 42°C aralığında kazanılan her 1°C için, mantar türlerinin %6'sı potansiyel patojenlere dönüşebilmektedir (1). Bu durumun bir yansıması, Kanada Vancouver Adası'nda 2004 yılında yaşanan kriptokokoz salgınıdır. Vancouver Adası'nda mevsim sıcaklıkları kış döneminde ortalama 2.7°C, yaz döneminde ortalama 17.6°C derecedir. Vancouver Adası halkı arasında 1999'dan 2003'e kadar *Cryptocccus gattii* enfeksiyonu insidansı, yılda bir milyon kişi başına 8,5 ile 37 vaka arası olarak belirlenmiştir. Bu insidans *C. gattii*'nin endemik olduğu Avusturalya'da bile bir milyon kişi başına 0,94 iken, Vancouver Adası gibi soğuk iklim kuşağında yer alan bir bölge için oldukça yüksektir (21). Artan küresel ısınma ile yeni fırsatçı fungal enfeksiyonların gelişimi arasındaki ilişki gün geçtikçe kuvvetlenmektedir. Maya enfeksiyonlarının ortaya çıkışı dönemden döneme değişmektedir. Geçtiğimiz son 20 yılda kandidemi vakalarının %90'nını *Candida albicans* türü yerine non-albicans *Candida* türlerinin etken olduğu bildirilmiştir.

Geçtiğimiz on yıl içerisinde ise bazı olağandışı fırsatçı maya türleri ilk kez ortaya çıkarken, bazı nadir mayaların ise vakalarda daha sık gözlenmiştir. Bu duruma örnek olarak *Fereydounia khargensis* (çoklu ilaç dirençli maya), *Pichia anomala, P. fabianii, Kodamaea ohmeri* (Hindistan'da salgın yaptı), *Trichosporon asahii* (çok ilaç dirençli maya), vb. verilebilir (22). Yine non-albicans *Candida* kökenleri içerisinde, ilk defa Ja-

ponya'da insan kulağından izole edilen ve çoklu ilaç direncine sahip yeni bir tür olan *Candida auris* 2009 yılında keşfedilmiştir (23). Bugün invazif enfeksiyonlara sebep olan *C. auris* eş zamanlı ve bağımsız şekilde dünya çapında salgınlar yaptığı görülmektedir (24). *C. auris*'in izolasyon yerlerine bağlı olarak tüm genom dizilemesi yapıldığında Doğu Asya, Güney Asya, Güney Afrika ve Güney Amerika dahil olmak üzere farklı kıtalarda farklı serotiplerin olduğu tespit edilmiştir (23). *Candida auris*'in filogenetik bağı incelendiğinde, düşük patojenik potansiyele ve memeli sıcaklığına toleranslı olmadığı bilinmektedir.

Ancak, iklim değişikliğine uyum sağlayarak memeli termal bariyerini aştığı ve termotolerans kazandığı düşünülmektedir. Dolayısıyla, *C. auris*'in küresel ısınmadan kaynaklanan yeni bir patojenik mantarın ilk örneği olduğu hipotezi öne sürülmektedir (25).

Kutanöz sporotrikoza sebep olan *Sporothrix schenckii*, tropikal ve subtropikal iklim kuşağında karşılaşılan patojen bir mantar türüdür. Japonya ılıman iklim bölgesinde bulunan Honshu Adası'nda 2001 yılında 3500'den fazla Kutanöz sporotrikoz vakası bildirilirken, kuzeyde kalan Hokkaido Adası'nda 2000 yılına kadar sadece bir olgu bildirilmiştir. Ancak 2000 - 2010 yılları arasında *S. schenckii* 'nin etken olduğu üç vaka bildirilmiştir. Hastaların ikisi de daha önce Hokkaido Adası dışına hiç çıkmamış kişilerdir ve adanın 2000 - 2008 yılları arasında ortalama sıcaklığı 9.1°C olarak ölçülmüştür. Kutanöz sporotrikoz olgularının bu iklim şartlarında artarak görülüyor olması, ilkim değişikliği sonucunda patojenlerin adaptasyon sağladığı görüşünü desteklemektedir (26).

Küresel ısınma sadece invazif ya da yüzeyel mantar enfeksiyonları açısından değil, mantarların ürettikleri mikotoksinler açısından da insan sağlığını tehdit etmektedir. *Aspergillus sp., Fusarium* sp. ve *Penicillium* sp. gibi bazı küf mantarları insan sağlığına önemli zararları olan mikotoksinler üretmektedir. Bugün bilinen en önemli mikotoksinlere aflatoksin, okratoksin, zearalenon, patulin, sitrinin, deoksinivalenol ve T-2 toksinleri örnek verilebilir (27). *Aspergillus fumigatus* aflatoksin üreten ve gıdaları kontamine eden yaygın bir küf mantarıdır. A. *fumigatus*'un 41°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda gelişimi her ne kadar inhibe oluyorsada, mevcut sıcaklığın artması yeni termotolerant ve termofilik mantarların gündeme gelmesine neden olacaktır. Dolayısıyla termotolerant ve termofilik mantarların yayılımının artması ile patulin başta olmak üzere, yeni potansiyel mikotoksinler ve ikincil metabolitlerin gündeme geleceği düşünülmektedir (28). Bu durum küresel ısınmaya bağlı olarak mantarların halk sağlığını farklı bir açıdan tehdit etmesine neden olacaktır.

SONUÇ

Dünya ısınmakta ve iklimi değişmektedir. Artan sıcaklıklar, yağışlardaki değişiklikler, kuraklık ve aniden ortaya çıkan doğal afetler gibi ekolojik sebepler insan sağlığını direkt ve dolaylı olarak tehdit etmektedir. İklim değişikliğinin bir sonucu olarak yeni enfeksiyon modelleri ve yeni patojen türleri önümüzdeki yakın gelecekte bizler ile tanışmak için beklemektedir. Mantarların, hızlı evrim kapasiteleri, etkili ilaç azlığı, çoklu ilaç direnci ve aşılarının olmaması gibi gruba özgü özellikleri önemli zorluklar ortaya çıkarmaktadır. Küresel ısınma ile yüksek ortam sıcaklıklarının, mantar soylarının evrimsel seçilimde daha termotoleranslı hale gelmesine yol açacağı ve böylece memeli endotermik kısıtlamasını aşabileceği endişesi bulunmaktadır. Sonuç olarak, küresel ısınmanın olumsuz etkilerine karşı mantar türlerinin adaptasyon geliştirerek dünya sağlığını önemli derecede tehdit edebileceği unutulmamalıdır.

KAYNAKLAR

1. Garcia-Solache MA, Casadevall A. Global warming will bring new fungal diseases for mammals. mBio 2010;1(1):e00061-10.

2. Mirski T, Bielawska-Drózd A, Bartoszcze M. Impact of Climate Change on Infectious Diseases. Pol J Environ Stud 2012;21(3).

3. Gallana M, Ryser-Degiorgis M-P, Wahli T, et al. Climate change and infectious diseases of wildlife: altered interactions between pathogens, vectors and hosts. Curr Zool 2013;59(3):427-437.

4. Yu FL, Kwan D (Editors). Contemporary Issues in International Political Economy. In: Tang EC, Global Warming, Climate Change and World Environmental Degradation. Palgrave Macmillan, Singapore: Springer, 2019;307-329.

5. Nedkov S, Zhelezov G, Ilieva N (Editors). Smart Geography. In: Mateeva Z, Climate Change: Human Health-Related Risks and Vulnerability—Some Global and Local (Bulgarian) Pictures. Switzerland: Springer, 2020; 75-89.

6. Khasnis AA, Nettleman MD. Global warming and infectious disease. Arch Med Res 2005;36(6):689-696.

7. Hatipoğlu R, Avcı M, Çınar S. Effects of Climate Change on the Grasslands. Turkish JAF Sci Tech 2019;7(12):2282-2290.

8. Letcher TM (Editor). Managing Global Warming. In: House L, Why do we have global warming? New York: Elsevier; 2019; 3-15.

9. Olaniyi O, Olutimehin I, Funmilayo OA. Review of climate change and its effect on Nigeria ecosystem. Int J Environ Heal R 2019;3(3).

10. Tong S, Ebi K. Preventing and mitigating health risks of climate change. Environ Res 2019; (174):9-13.

11. Arnason RJO, Global warming: New challenges for the common fisheries policy? Ocean Coast Manag 2012;70:4-9.

12. Dumont B, Andueza D, Niderkorn V, et al. A meta-analysis of climate change effects on forage quality in grasslands: specificities of mountain and Mediterranean areas. Grass Forage Sci 2015;70(2):239-254.

13. Semenza JC, Menne BJTLid. Climate change and infectious diseases in Europe. Lancet Infect Dis 2009;9(6):365-375.

14. Watts N, Amann M, Ayeb-Karlsson S, et al. The Lancet Countdown on health and climate change: from 25 years of inaction to a global transformation for public health. The Lancet 2018;391(10120):581-630.

15. Bein T, Karagiannidis C, Quintel M, Climate change, global warming, and intensive care. Intensive Care Med 2019;1-3.

16. Harsha MV, Venkatachalam S, Pooja M, et al. Emerging Fungal Pathogens-A Major Threat To Human Life. Int J Pharm Sci 2017;8(5):1923.

17. Budowle B, Schutzer S, Morse S (Editors). Microbial Forensics. In: Engelthaler DM, Litvintseva AP. Genomic epidemiology and forensics of fungal pathogens. Third Edition, United Kingdom: Elsevier, 2020; 141-54.

18. Casadevall A, Fungal diseases in the 21st Century: the near and far horizons. Pathog Immun 2018;3(2):183.

19. Meng H-H, Zhou S-S, Jiang X-L, et al. Are mountaintops climate refugia for plants under global warming? A lesson from high-mountain oaks in tropical rainforest. Alp Bot 2019;129(2):175-183.

20. De S Araújo GR, Souza Wd, Frases S. The hidden pathogenic potential of environmental fungi. Future Microbiol 2017;12(16):1533-1540.

21. Kidd SE, Hagen F, Tscharke R, Huynh M et al. A rare genotype of Cryptococcus gattii caused the cryptococcosis outbreak on Vancouver Island (British Columbia, Canada). Proc Natl Acad Sci 2004;101(49):17258-63.

22. Chakrabarti, A (Editor). Rare Fungal Infections in Asia. In: Chindamporn, A, Worasichai N, Clinical Practice of Medical Mycology in Asia. Singapore :Springer Nature, 2019;293-316.

23. Eyre DW, Sheppard AE, Madder H, et al. A Candida auris outbreak and its control in an intensive care setting. N Engl J Med 2018;379(14):1322-1331.

24. Misseri G, Ippolito M, Cortegiani A. Global warming "heating up" the ICU through Candida auris infections: the climate changes theory. Crit Care 2019;23(1):1-2.

25. Casadevall A, Kontoyiannis DP, Robert V. On the emergence of Candida auris: climate change, azoles, swamps and birds. mBio 2019;657-635.

26. Inokuma D, Shibaki A, Shimizu H, et al. Two cases of cutaneous sporotrichosis in continental/microthermal climate zone: global warming alert? Clin Exp Dermatol 2010;35(6):668-669.

27. Goud KY, Reddy KK, Satyanarayana M, et al. A review on recent developments in optical and electrochemical aptamer-based assays for mycotoxins using advanced nanomaterials. Microchim Acta 2020;187(1):29.

28. Paterson R, Lima, Thermophilic fungi to dominate aflatoxigenic/mycotoxigenic fungi on food under global warming. Int J Environ Res 2017;14(2):199.