

MISIRDA KOÇAN ÇÜRÜKLÜĞÜNE NEDEN OLAN FUNGAL TÜRLER VE MISIRDA OLUŞAN MİKOTOKSİNLER

Işılav Lavkor*

Biyolojik Mücadele Araştırma Enstitüsü, Adana, Türkiye

Geliş / Received: 19.06.2019; Kabul / Accepted: 05.10.2019; Online baskı / Published online: 22.11.2019

Lavkor, I. (2019). Mısırdaki koçan çürüklüğüne neden olan fungal türler ve mısırdaki oluşan mikotoksinler. GIDA (2019) 44 (6): 1197-1209 doi: 10.15237/gida.GD19094

Lavkor, I. (2019). Fungal species causing ear rot in corn and occurred mycotoxins in corn. GIDA (2019) 44 (6): 1197-1209 doi: 10.15237/gida.GD19094

ÖZ

Bu çalışma ile Adana ili 1. ve 2. ürün mısır alanlarında 2015-2016 yılı hasat döneminde, koçan çürüklüğüne neden olan fungal etmenler ve bu fungal etmenler ile bulaşık mısır örneklerinde toksin bulaşma seviyelerinin tespit edilmesi amaçlanmıştır. Tarama çalışmalarında toplam 134 mısır tarlasından örnekleme yapılmış ve elde edilen mısır tanelerinden *Aspergillus*, *Fusarium* ve *Penicillium* cinsi funguslar izole edilmiştir. İzole edilen bu fungusların morfolojik özelliklerine göre yapılan tanımlama sonucunda *Aspergillus flavus*, *A. terreus*, *A. niger*, *Fusarium verticillioides*, *F. graminearum*, *F. culmorum*, *Penicillium verrucosum* ve *P. carneum* türleri belirlenmiştir. Mısır örneklerinde mikotoksin (aflatoksin, T-2, zearalenon, okratoksin) araması için, CD-ELISA (Competitive Direct Enzyme-Linked Immunosorbent Assay) analizi uygulanmıştır. Mikotoksin analizi sonucunda, 48 mısır örneğinde 0.3–72.6 µg/kg aflatoksin, 83 mısır örneğinde 1.5–75.0 µg/kg T-2, 134 mısır örneğinde 3.4–551.9 µg/kg zearalenon, 15 mısır örneğinde ise 1.0–6.5 µg/kg seviyelerinde okratoksin içerikleri belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Aflatoksin, T-2, zearalenon, okratoksin, mikotoksin, mısır, koçan çürüklüğü

FUNGAL SPECIES CAUSING EAR ROT IN CORN AND OCCURRED MYCOTOXINS IN CORN

ABSTRACT

The aim of this study was to determine fungal factors causing ear rot and the detection of toxin contamination levels in main and second crops corn during harvest periods in Adana between 2015-2016. Totally 134 corn fields were sampled during the survey studies and *Fusarium*, *Aspergillus* and *Penicillium* were isolated from the corn grains. *Aspergillus flavus*, *A. terreus*, *A. niger*, *Fusarium verticillioides*, *F. graminearum*, *F. culmorum*, *Penicillium verrucosum* and *P. carneum* were identified according to the morphological characteristics of these isolated fungi. Competitive Direct Enzyme-Linked Immunosorbent Assay (CD-ELISA) analysis was performed for mycotoxin (aflatoxin, T-2, zearalenone, ochratoxin) detection of the corn samples. As a result of the mycotoxin analysis, 0.3–72.6 µg/kg aflatoxin was found in 48 corn samples, 1.5–75.0 µg/kg T-2 was seen in 48 corn samples, 3.4–551.9 µg/kg Zearalenone was observed in 134 corn samples, and finally 1.0–6.5 µg/kg ochratoxin was determined in 15 corn samples.

Keywords: Aflatoxin, T-2, zearalenone, ochratoxin, mycotoxin, corn, ear rot

* Yazışmadan sorumlu yazar/Corresponding author

✉: isilav.lavkor@tarimorman.gov.tr

☎: (+90) 322 344 1784

☎: (+90) 322 344 1702

GİRİŞ

Tarım ürünleri içerisinde tahıllar önemli bir yer teşkil etmektedir. Tahıllar gerek Türkiye ve gerekse dünyada insan ve hayvan beslenmesi açısından çok büyük önem arz etmektedir. Mısır yetiştiriciliğinde dünyada ABD, Çin, Brezilya, Meksika, Hindistan ve Arjantin önde gelen ülkelerdir. Ekiliş alanı ve üretim bakımından Türkiye 19. sırada bulunmaktadır (Anonymous, 2016). Türkiye’de mısır 5.9 milyon da alanda ve dekara 964 kg verim ile 5.7 milyon ton toplam mısır üretilmektedir (TÜİK, 2019). Adana’nın 2018 yılı mısır ekim alanı ise 739 bin da ve üretimi 843 bin ton olup, verim 1140 kg/da’dır (TÜİK, 2019).

Tarımsal üretimin ülke ekonomisinde önemli bir paya sahip olduğu ülkemizde, biyotik ya da abiyotik faktörler tarafından neden olunan ürün kayıplarının önlenmesi, ya da en aza indirilmesi gerekmektedir. Adana ilinde mısır tarımı genellikle 1. ve 2. ürün şeklinde yapılmaktadır. Bu her iki yetiştirme yönteminde mısır ürünü için mikotoksin oluşum riski genel olsa da, bu risk özellikle ikinci ürün mısır üretiminde daha yüksektir. Çünkü ikinci ürün üretiminde mevsim sonu oluşan yağışlar, tarla döneminde ve kurutmada fungal enfeksiyon ve zararlı saldırılarına neden olmaktadır. Ayrıca Adana’da mısırdan sonra çoğunlukla buğday ekimi yapılmaktadır. Bu şekilde ekimi yapılan ürünlerde *Fusarium*’un hastalık ve mikotoksin oluşumunda artışa neden olduğu bildirilmiştir (Uyanık, 2014). *Fusarium* türlerinin oluşturduğu hastalıkların başında koçan ve sap çürüklüğü ile kök ve kök boğazı çürüklüğü gelmektedir (Büyük, 2011). Koçan çürüklüğü hastalıkları ürün miktarı ve kalitesinde azalmalara neden olmakta, ayrıca hastalığın şiddetine bağlı olarak oluşan toksin miktarları da insan ve hayvan sağlığına zarar verecek seviyelere ulaşabilmektedir (Munkvold, 2001).

Mısırdaki karşılaşılan en yaygın mikotoksinler *Aspergillus*, *Penicillium* ve *Fusarium* türleri tarafından üretilen başta aflatoksin, T-2, zearalenon, okratoksin fumonisin, deoksinivalenol, ve patulin gibi toksinlerdir (Pleadin vd., 2012; Escobar vd., 2013; Alshannaq ve Yu, 2017). Bu funguslar

dünyanın her tarafında olduğu gibi, Akdeniz Bölgesi gibi çeşitli ürünlerin yetiştirildiği tarım alanı topraklarında, havada, çoğu tarım ürünleri üzerinde ve ürün artıklarında bulunmaktadır. Bu funguslar mısır koçan çürüklüklerine neden olan koçan püskülü, tane ve koçan enfeksiyonlarını takiben bazı toksinler üretirler. Toksin üreten fungus türlerinin büyüme ve üreme koşulları birbirinden farklı olsa da; mısırın yetiştirme, hasat, kurutma ve depo koşulları fungusların büyüme ve mikotoksin üretmeleri açısından uygundur (Uyanık, 2014). Tahıllar, yağlı tohumlar ve baharat mikotoksinlerle bulaşık olabilmektedir. Özellikle bunlar arasında insan besini ve hayvan yemi olarak geniş kullanıma sahip olan mısırın yeri çok önemlidir. Bu çalışma ile Adana ilinde yetiştirilen 1. ve 2. ürün mısırlarda oluşan koçan çürüklüğüne neden funguslar ve bu funguslar ile bulaşık mısır örneklerinde aflatoksin, T-2, zearalenon, okratoksin miktarlarının belirlenmesi amaçlanmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Tarama Alanlarında Hasat Döneminde Oluşan Mısır Koçan Çürüklüğünün Belirlenmesi

TÜİK 2015-2016 verileri ortalamalarına göre, Adana ilinde mısır tarımında önemli üretim alanı sıralaması Ceyhan (375 bin da), Yüreğir (190 bin da), Seyhan (116 bin da), Karataş (111 bin da) ve Kozan (91 bin da)’dır. İncelenen tarla alanının, Adana ili mısır ekim alanlarını temsil edecek nitelikte olması için çalışma sistematik örnek alma yöntemine göre yapılmıştır (Bora ve Karaca, 1970). Bu yöntem gereğince, belirlenen güzergahlarda bitkilerin tane dolum döneminden hasada kadarki zaman aralığında bölgedeki üretici tarlalarından ve ilin mısır ekiliş alanlarına göre belirlenmiş tarla sayısı ve büyüklüğü de dikkate alınarak ekim alanının en az %1 kadarını temsil edecek şekilde tesadüfi örnekleme yapılmıştır. Bu duruma göre 2015-2016 yıllarında 1. ve 2. ürün mısır ekilen bölgelerden toplam 134 farklı tarladan mısır bitkisinin hasat döneminde koçan örneği alınmıştır (Çizelge 1).

Çizelge 1. Adana ili 1. ve 2. ürün mısır hasat dönemlerine ait örnekleme yapılan tarla sayıları (adet) ve örneklenen alan miktarı (da)

Table 1. Number of sampled (number) fields and quantity of sampled areas (da) in main and second crops corn during harvest periods in Adana

Örnek alınan ilçe Sample taken district	Ekiliş Alanı Plantings area (da)	Örneklenen alan (da) Sampled field (da)	Tarla sayısı (adet) Number of field (number)		Örneklenen alan (da) Sampled field (da)	Tarla sayısı (adet) Number of field (number)	
			2015			2016	
		1. ürün Main crop	2. ürün Second crop	1. ürün Main crop	2. ürün Second crop		
Ceyhan	374.924	4214	15	8	3800	14	7
Yüreğir	189.590,5	2435	12	4	1900	10	6
Seyhan	115.824	1235	10	2	1110	9	4
Karataş	110.917,5	1285	7	2	1052	6	3
Kozan	91.089	1205	4	4	1085	5	2
Toplam Total		10.374	48	20	8.947	44	22

Mısır Tane Örneklerin Nem İçeriklerinin Belirlenmesi

Tane nem içeriklerinin belirlenmesi Reed ve Pedersen (1987)'ye göre yapılmıştır. Tane örnekleri 100'er g tartılarak daha önce ağırlığı kaydedilen ve darası alınan cam beher içerisine konulmuştur. Tartım ağırlığı kaydedildikten sonra 130°C'de 3 saat süre ile etüvde kurutulmuştur. Kurutma sonrası ağırlıklar kaydedilmiş ve cam beher ağırlıkları da kullanılarak aşağıdaki formüle göre nem içerikleri tespit edilmiştir.

Mısır Örneğinin Nem Oranı (%): $[100 - (\text{Kurutma sonrası ağırlık} - \text{Cam beher ağırlığı}) / \text{Örnek ağırlığı}] \times 100$

Mısır Tohumlarından Yapılan İzolasyonlar

Üretici tarlalarından alınan her bir mısır koçan örneğinden tesadüfi olarak 100 adet mısır tohumu %2'lik NaOCl solüsyonunda 2 dakika süreyle yüzeysel olarak sterilize edilmiştir. Daha sonra 2 kez steril distile suda çalkalanıp steril kurutma kağıtlarına aktararak kurutulmaya bırakılmıştır. İzolasyonlarda Patates Dekstroz Agar (PDA) besi ortamı kullanılmıştır. Yüzeysel olarak strelize edilmiş ve kurutulmuş mısır tohumları PDA besi ortamı içeren 20 adet petri kabının her birine 5 adet mısır tohumu ekimi yapılmıştır. Ekim yapılan petriyeler 24°C sıcaklıkta inkübe edilmiştir. Beş günlük inkübasyon süresinden sonra petriyelerde gelişen koloniler mikroskopta incelenmiş, genel

morfolojik özelliklerine göre koloniler sayılmış ve cins düzeyinde ayırt edilmiştir. Gelişen koloniler saflaştırılmış ve tür tanımlaması için tek spor izolasyonları ile fungal tür tanımlamaları yapılmıştır (Lavkor, 2013).

Fungal Tür Tanımlamaları

Mikolojik izolasyonlar sonucunda, yoğun olarak belirlenen *Fusarium*, *Aspergillus* ve *Penicillium* izolatları kültürel ve morfolojik özellikler esasından özel tanı anahtarları kullanılarak tanımlanmaya çalışılmıştır. Fungus tanımında, *Fusarium* türleri için PDA, *Penicillium* türleri için Czapek Yeast Ekstrakt Agar (CYA) ve *Aspergillus* türleri için Czapek Agar (CZA) besi ortamları kullanılmıştır. Tanımlama için her bir fungusun bu besi ortamları üzerinde ve belli sıcaklıklardaki büyüme oranları, koloni rengi belirlenmiştir. Gelişen kolonilerin ait oldukları cinsler ve genel morfolojik özellikleri mikroskopik incelemelerde belirlendikten sonra koloniler sayılarak izole edilme oranları hesaplanmıştır.

Fusarium türlerinin tanımlamasında Burgess vd. (1994), Nelson vd. (1994); *Aspergillus* türlerinin tanımlamasında Raper ve Fennel (1977), Samson ve Pitt (1990); *Penicillium* türlerinin tanımlamasında ise Pitt (2000) tarafından geliştirilmiş spesifik tür tanımlama anahtarları kullanılmıştır.

Mısır Örneklerinde CD-ELISA (Competitive Direct Enzyme-Linked Immunosorbent Assay) ile Toksin Seviyelerinin Belirlenmesi

Fungal enfeksiyon taşıyan koçanlardan elde edilen mısır taneleri için mikotoksin analizlerinde CD-ELISA yöntemi uygulanmıştır. En yaygın olarak izole edilen ilk üç toksigen fungus türüne üretilen toksinlerin aranması için Neogen Corporation Veratox'a ait [toplam aflatoksin için Veratox for Aflatoksin, (LOQ 5-50 ppb), T-2 analizi için Veratox for T-2/HT-2 (LOQ 25-250 ppb), Veratox for Zearalenon (LOQ 25-500 ppb), Veratox for Ochratoxin (LOQ 2-25 ppb)] kitler kullanılmıştır.

Örneklerin hazırlanması ve ekstraksiyonu Neogen Vetarox'un önerdiği yöntemler kullanılarak yapılmıştır. Yönteme göre yaklaşık 1 kg'lık mısır tane örneğinden tesadüfi olarak alınan 50 g öğütülmüştür. Aflatoksin için; öğütülmüş örneklerden 25 g alınmış ve 125 ml %70'lik metanol içerisinde 2 dk. yüksek devirde blenderden geçirilmiştir. T-2 ve ZEN için; öğütülmüş örneklerden 5 g alınmış ve 25 ml %70'lik metanol içerisinde 2 dk. yüksek devirde blenderden geçirilmiştir. Okratoksin için; öğütülmüş örneklerden 25 g alınmış ve 100 ml %50'lik metanol içerisinde 2 dk. yüksek devirde blenderden geçirilmiştir. Bu karışımlar filtre kâğıdından süzülerek, erlenler içerisine alınmıştır.

ELISA platelerine önce toplam aflatoksin (AFL), T-2, zearalenon (ZEN) ve okratoksin (OTA) için spesifik toksin arama kitlerinde mevcut olan liyofilize edilmiş horseradish peroxidase enzimiyle işaretli konjugat ve yine kitte mevcut sulandırma solüsyonu eklenerek hazırlanmıştır. Testlerin tamamında K-Blue substrat kullanılmıştır.

Toplam aflatoksin, T-2, zearalenon ve okratoksin aranması için CD-ELISA testi

ELISA yöntemi Neogen Vetarox'un bildirdiği yöntem uygulanmıştır. Test karışım çukurları içerisine 100 µl konjugat eklenmiştir. Aflatoksin için, mısır örneği süzüntülerinden ve 0, 5, 15, 50 µg/kg hazır toksin standartlarından; T-2 için; mısır örneği süzüntülerinden ve 0, 25, 50, 100, 250 µg/kg hazır olarak temin edilecek toksin

standartlarından; ZEN için; mısır örneği süzüntülerinden ve 0, 25, 75, 150, 500 µg/kg hazır olarak temin edilecek toksin standartlarından; OTA için; mısır örneği süzüntülerinden ve 0, 2, 5, 10, 25 µg/kg hazır olarak temin edilecek toksin standartlarından 100'er µl alınmış ve konjugat eklenmiştir. Karışımlardan 100 µl alınarak ve daha önce antikor ile kaplanmış çukurlara eklenmiş ve 2 dk. oda sıcaklığında inkübe edilmiştir. İnkübasyondan sonra çukurlar boşaltılmış ve 5 defa distile su ile yıkanmıştır. Her çukura 100 µl substrat eklenmiş ve 3 dk inkübe edilmiştir. Renk oluşumu meydana geldikten sonra 100 µl stop solüsyonu eklenmiş ve 20 dk. içerisinde 650 nm'de ELISA (STAT-FAX) okuyucusunda 4 kez okuma yapılmıştır. Toksin seviyesi µg/kg olarak Neogen Log/Logit Software paket programı kullanılarak hesaplanmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Mısır Tanelerinin Nem İçerikleri

Adana iline bağlı tarama alanlarında 2015-2016 yılları hasat dönemine ait mısır örneklerinin nem içerikleri Çizelge 2'de verilmiştir.

Mısır tane örneklerinin nem içerikleri %13-23 arasında bulunmuştur. Hasat döneminde alınan 134 mısır örneğinin 35'inin de nem seviyesi %13-14 iken; geriye kalan 99 örneğin nem seviyesi %15 ile %23 arasında belirlenmiştir. Mısır ürünün nem içeriği, hasadı takiben en kısa zamanda %13-14 seviyesine kurutulması veya tarlada tutularak bu seviyeye düşürülmesi gerekmektedir. Çünkü bu nem seviyesinin üzerinde fungal gelişimlerin oluşması ihtimali oldukça fazladır. Nitekim ürün tarlada iken sahip olduğu yüksek nem içeriği *Fusarium*, *Aspergillus* ve *Penicillium* türlerinin gelişimi için uygun olduğu çeşitli çalışmalarda bildirilmiştir (Bottalico ve Perrone, 2002; Hawk, 2004). *Fusarium* gibi, *Aspergillus* ve *Penicillium*'ların da nemli ve sıcak bölgelerde hasat öncesi ürün henüz tarlada iken ürünlerde bulaşmaların olduğu, dolayısıyla hasat öncesi tane nem içeriği daha yüksek olan koçanlarda fungusların kolonizasyonunun kolaylıkla oluştuğu bildirilmiştir. Bu nedenle hasat döneminde tane nem içerikleri fungal enfeksiyon açısından çok önemlidir. (D'Mello ve Macdonald, 1998; Büyük, 2011; Tunali vd., 2016).

Çizelge 2. Tarama alanlarında hasat dönemine ait mısır örneklerinin nem içerikleri (%)
 Table 2. Moisture content of corn samples (%) in survey areas during harvest periods

İlçeler Districts	2015				2016			
	1. ürün tarama alanı (adet) Main crop corn survey area (number)	Ort. nem % Avg. moisture (%)	2. ürün tarama alanı (adet) Second crop corn survey area (number)	Ort. nem % Avg. moisture (%)	1. ürün tarama alanı (adet) Main crop corn survey area (number)	Ort. nem % Avg. moist. (%)	2. ürün tarama alanı (adet) Second crop corn survey area (number)	Ort. nem % Avg. moisture (%)
Ceyhan	15	17	8	19	14	17	7	19
Yüreğir	12	13	4	18	10	14	6	18
Seyhan	10	18	2	15	9	15	4	15
Karataş	7	17	2	16	6	14	3	14
Kozan	4	20	4	23	5	20	2	18

Fungal Tür Tanımlamaları

Fusarium izolatlarının mikroskopik özellikleri ve tanısı

Çalışmadan elde edilmiş *Fusarium* izolatlarının *F. verticilloides*, *F. culmorum* ve *F. graminearum* olduğu tür tanımlamaları sonucunda belirlenmiştir.

Fusarium verticilloides (Sacc.) Nirenberg (Syn: *Fusarium moniliforme* Sheldon): PDA besi ortamı üzerinde 24 °C'de 10 günlük inkübasyonla koloni çapı 50 mm'yi aşmış, havai gelişen misel rengi önceleri beyaz iken, sonraları menekşe rengine dönmüştür. Petriye üstten bakıldığında koloni rengi krem-menekşe, koloni tersi rengi kremdir. Bu türün en belirleyici özelliği havai miselyum üzerinde oluşan mikrokonidilerin zincir şeklinde birbirine bağlı olarak gelişimidir.

Fusarium culmorum (W.G. Smith) Sacc.: Koloni çapı 24°C'de 6-7 günlük inkübasyon periyodu sonunda 70 mm'ye ulaşmıştır. Petriye üstten bakıldığında koloni rengi taba, koloni tersten sarımsı renkte görülmektedir. Türün en belirleyici özelliği, petrinin merkezinden ortasına kadar bol miktarda gelişen, turuncu renkli sporadochialardır. Ortalama 3-5 adet bölmeleri olan kalın ve şişkin makrokonidilerin yanı sıra polifialidik konidioforlar üretmektedir.

Fusarium graminearum Schwabe (Teleomorf: *Gibberella zeae* (Schw.) Petch): Makrokonidiler orta uzunlukta ve 3-7 bölmelidir. Ortalama

makrokonidi boyutları 5-28 µm'dir. Klamidospor'un boyutu 4-6 µm'dir. Koloni çapı 24°C'de 4. günde 35-40 mm'ye, 10. günde ise 90 mm'ye ulaşmaktadır. Petriye üstten bakıldığında ve ters koloni rengi pembe dir.

Aspergillus izolatlarının mikroskopik özellikleri ve tanısı

Çalışmada yapılan *Aspergillus* tür tanımlamalarında *A. flavus*, *A. niger* ve *A. terreus* belirlenmiştir. *A. flavus*'un dahil edildiği grubun belli başlı özellikleri, konidial başlığın parlak küre yada sütun şeklinde ve sarımsı yeşil, sterigma tipik olarak iki sıralıdır, konidilerin çoğunlukla küre şeklinde ve sklerotları koyu kırmızımsı kahverengiden, morumsu kahverengiye değişmektedir. Konidiler düz yuvarlak, ortalama çapı 4-6 µm'dir. Vesikül çapı ortalama 60-73 µm ölçülmüştür. 24°C'de koloni çapı 4. günde 20.6 mm, 12. günde ise 60 mm'ye ulaşmıştır. Koloniler kadifemsi, sarıdan yeşile değişen veya kahverengindedir. Koloninin ters tarafı kremden sarı-kahverengimsi renkte görülmektedir. Konidioforlar değişken uzunlukta, pütürlü, çukurlu, dikensidir. Fialidler vesikülün her tarafını kaplar ve bütün yönlere doğru uzanmaktadır.

A. niger grubunun tipik özellikleri; konidial başlık siyah, küre şeklinde, konidyofor şeffaf ve düz, vesikül küre şeklinde ve renksiz, sterigma tek sıralı veya iki sıralı olabilmektedir. Sklerot krem renginde ve küre şeklinde oluşmaktadır. Konidiler

düz yuvarlak, ortalama uzunluğu 5.5-6 µm'dir. Konidial başlık çapı ortalama 60-73 µm ölçülmüştür. 24°C'de koloni çapı 4. günde 20.1 mm, 12. günde ise 40 mm'ye ulaşmıştır. Koloniye ters tarafından bakıldığında koloni sarı renkte görülmektedir. Fialidler, vesikülün tüm yüzeyini kaplar ve ışnsal bir dizilim göstermektedir.

A. terreus grubunun tipik özellikleri ise; konidial başlık turuncu-kahverengi renkte, uzun kolon şeklinde, konidiyofor şeffaf ve düz, vesikül yarım küre şeklinde ve sterigma iki sıralıdır. Vesikül çapı ortalama 13-15 µm'dir. Konidiler küçük yuvarlak ile hafif oval şekil arasında, ortalama uzunluğu 2 µm'dir. Koloni çapı 24°C'de 10. günde 40-50 mm'ye ulaşmıştır. Koloni üstten sarı-krem renkte iken, koloni tersten açık kahverengi renginde görülmektedir.

***Penicillium* izolatlarının mikroskopik özellikleri ve tanısı**

Bu çalışmada elde edilmiş *Penicillium* izolatları *P. carneum* ve *P. verrucosum* olarak tanımlanmıştır. *P. carneum*'un konidileri küre şeklinde, şeffaf ve pürüzlü konidiyoforlara sahiptir. Koniyoforlar terverticillate dallanma desenine sahip, fialidleri silindiriktir. Koloni çapı 24°C'de 10. günde, 45 mm'ye ulaşmıştır. Mikroskopik görünimleri koyu yeşil-mavi renkte görülürken, koloninin ters tarafından bakıldığında koloni krem-bej rengindedir.

P. verrucosum konidileri küre şeklinde, kondiyoforları pürüzlü ve konidiyofor deseni terverticillatedir. Koloni çapı 24°C'de 10. günde, 25 mm'ye ulaşmıştır. Koloni üstten koyu yeşil renkte görülürken, ters tarafından bakıldığında kırmızı-kahve veya kiremit rengindedir.

Aspergillus'lar, genel olarak depo fungusları olarak gruplandırılmasına karşın; yarfıstığı, buğday, mısır ve pamukta hasat öncesi kök, kök boğazı, başak, koçan ve koza çürüklüğü gibi hastalıklara neden olur (Cast, 2003; Scheidegger ve Payne, 2003). Türkiye'de yapılmış toplam 250 çalışmanın, 116 (%46)'sında *Aspergillus* türlerinin izole edilip, kültürel olarak tanımlandığı ve en yaygın *Aspergillus* türlerinin sırasıyla *A. niger*, *A. flavus*, *A. fumigatus*, *A. terreus*, *A. ochraceus* ve *A. versicolor*

olduğu bildirilmiştir (Asan, 2004). Pacin vd. (2002) Ekvator'un dört farklı bölgesinden, topladıkları 52 adet yeni hasat edilmiş mısır, çeltik, fasulye ve mısır kökenli hayvan yemi örneklerinden oluşan doğal fungal bulaşmaları belirlemişlerdir. Klasik tür teşhis anahtarları kullanarak yaptıkları tür tanımlamalarında toplam 3400 mısır tanesinde *Fusarium*, *Aspergillus* ve *Penicillium* türlerini izole etmişler ve belirlenen türlerin %71.4'ünün *A. flavus* ve %28.6'sının *F. graminearum* olduğunu rapor etmişlerdir. Nepal'de yapılan bir çalışmada ise, 68 mısır ve 27 buğday örneğinde kültürel karakterler esasından *Fusarium* türlerini araştırılmış ve %97'si *F. verticillioides*, %4'ü *F. proliferatum*, %24'ü *F. graminearum*; buğdayın %26'sı *F. proliferatum*, %56'sı *F. graminearum* olarak izole edilmiştir (Desjardins vd., 2000). İspanya'nın 14 farklı bölgesinden toplanan yeni hasat edilmiş mısır örneklerinde yapılan mikolojik izolasyonlarda %93.6'dan fazla *Penicillium* bulaşıklığı olduğu saptanmıştır (De Hoog vd., 2000; Jimenez ve Mateo, 2001). Başka bir çalışmada ise, Türkiye'deki tüm tarım bölgelerinden alınan tahıl ve tahıl ürünlerinde %65 oranında *Penicillium* türlerinin izole edildiği rapor edilmiştir (Topal, 2003).

Mısır Örneklerinin Mikolojik İzolasyonları

Tarama alanından toplam 134 mısır örneğinin mikolojik izolasyonlar sonucu tespit edilen fungusların izole edilme oranları ise Çizelge 3'te verilmiştir.

Bu çalışmada yapılan izolasyonlar sonucunda, Çizelge 3'den de görüleceği üzere mısır tanelerinde özellikle *Fusarium* cinsi fungusların izole edilme oranı %75.8-83.7 ile en fazla izole edilen fungus olmuştur. Çalışmamıza benzer şekilde mısır tanelerinde *Fusarium*, *Aspergillus* ve *Penicillium* yaygın olarak izole edilen fungus cinsleri olduğu belirlenmiştir (Bottalico, 1998; Abarca vd., 2000; Pacin vd., 2002). *Fusarium* enfeksiyonlarının artışına neden olan faktörlerden birinin ürün rotasyonu olduğu, özellikle buğday+mısır ekim sisteminde *Fusarium* enfeksiyonlarının arttığı bildirilmiştir (Placinta vd., 1999; Gilbert ve Tekauz, 2000; Uyanık, 2014). *Fusarium*'lar soğuk veya sıcak hemen hemen tüm iklim koşullarında tahıllarda etkili olduğu ve

depodaki bulaşmaların ürün henüz tarlada iken başlayan enfeksiyonlardan kaynaklanmış olduğu bildirilmektedir (Gxasheka vd., 2015). Buna karşın *Aspergillus*'lar tropik ve sıcak alanlarda yaygın olmakla birlikte, farklı ekolojik koşullarda bulunabilmektedir. Hasat öncesi mısırlarda, *Aspergillus* enfeksiyonlarının, özellikle Brezilya ve ABD gibi ülkelerde devam eden önemli bir sorun olduğu bildirilmektedir (Udoh vd., 2000; Cardwell

ve Henry, 2004). *Penicillium*'lar daha çok ılıman iklimlerde etkili olsa da, onlar da daha geniş aralıktaki iklim koşullarında gelişebilmektedirler (Gachomo vd., 1994; Uras, 2007). Mısır ve buğday olmak üzere çeşitli tahıl ürünlerinde, Orta-Batı Amerika, İspanya ve Mısır'da hasat öncesi *Penicillium* enfeksiyonlarının bulunduğu ve ekonomik zararlara neden olduğu rapor edilmiştir (Sauer vd., 1992; Jimenez ve Mateo, 2001).

Çizelge 3. Tarama alanlarında hasat dönemlerine ait mısır tanelerinin fungus izole edilme oranları (%)
Table 3. Fungi isolation rates (%) of corn during harvest periods from survey areas

Fungus Fungi	2015				İzole edilme oranları ort. (%) Isolation ratio average (%)
	1. ürün mısır tarama alanı Main crop corn survey area		2. ürün mısır tarama alanı Second crop corn survey area		
	İzole edilen tarla sayısı Number of field isolated	İzole edilme oranı (%) Isolation ratio (%)	İzole edilen tarla sayısı Number of field isolated	İzole edilme oranı (%) Isolation ratio (%)	
<i>A. flavus</i>	18	24.3	20	28.0	26.2
<i>A. terreus</i>	1	4.6	3	16.0	10.3
<i>A. niger</i>	4	11.7	2	10.0	10.9
<i>F. verticilloides</i>	38	72.4	18	65.0	68.7
<i>F. graminearum</i>	6	18.3	1	6.0	12.2
<i>F. culmorum</i>	2	5.6	0	0.0	2.8
<i>P. carneum</i>	5	12.7	4	10.0	11.4
<i>P. verrucosum</i>	5	12.7	0	0.0	6.4
Toplam <i>Aspergillus</i> Total <i>Aspergillus</i>	36	40.6	19	54.0	47.3
Toplam <i>Fusarium</i> Total <i>Fusarium</i>	23	96.3	25	71.0	83.7
Toplam <i>Penicillium</i> Total <i>Penicillium</i>	10	25.4	4	10.0	17.7
	2016				
<i>A. flavus</i>	10	8.7	12	18.4	13.6
<i>A. terreus</i>	5	4.7	4	13.5	9.1
<i>A. niger</i>	10	10.4	8	15.8	13.1
<i>F. verticilloides</i>	26	65.3	24	60.5	62.9
<i>F. graminearum</i>	13	8.4	5	14.5	11.5
<i>F. culmorum</i>	0	0	1	2.8	1.4
<i>P. carneum</i>	2	6.4	4	17.4	11.9
<i>P. verrucosum</i>	3	8.5	2	2.8	5.6
Toplam <i>Aspergillus</i> Total <i>Aspergillus</i>	25	23.8	24	47.7	35.8
Toplam <i>Fusarium</i> Total <i>Fusarium</i>	39	66.7	30	73.1	75.8
Toplam <i>Penicillium</i> Total <i>Penicillium</i>	5	14.9	6	20.2	17.6

Bu çalışma ile elde edilen sonuçlar Adana ilinin sahip olduğu iklim koşullarının *Fusarium*, *Aspergillus* ve *Penicillium* türlerinin gelişimi için uygun olduğunu göstermektedir. Nitekim 2000-2003 yılları arasında yapılan bir çalışmada Çukurova Bölgesinde hasat zamanında alınan 106 adet mısır örneğinden yapılan mikolojik izolasyonlar sonucunda *Aspergillus*, *Fusarium* ve *Penicillium* cinsi fungusların yoğun olarak izole edildiği rapor edilmiştir (Uyanık, 2014). Türkiye'nin tüm tarım alanlarını kapsayan bir çalışma da ise; 34 farklı ilden alınan tahıl ve tahıl ürünlerini içeren toplam 73 örnekte doğal olarak oluşan mikroflora belirlenmiştir. Bu çalışma sonucunda, elde edilen 40 farklı cinse ait toplam 1317 izolat değerlendirilerek ülke genelinde %65 *Penicillium*, %19 *Aspergillus*, %11 diğer

Deuteromycetes, %2 *Fusarium*, %2 *Zygomycetes* ve %1 *Basidiomycetes* türlerinin bulunduğu rapor edilmiştir (Topal, 2003). Balıkesir yöresinden yapılan bir çalışmada toplanan 20 mısır örneğinde oranında *Fusarium* spp. %38.1 ve *Aspergillus* spp. %35 izole edilmiştir (Askun, 2006). Yaptığımız bu çalışma ile mısır tane örneklerinden izole edilen *Aspergillus*, *Fusarium* ve *Penicillium* Türkiye'nin çoğu tarım alanlarında bulunan ve mikotoksijenik risk taşıyan funguslar olduğunu bir kez daha kanıtlanmıştır.

Mısır Tane Örneklerinin CD-ELISA Yöntemi ile Toksin Seviyelerinin Belirlenmesi

Aflatoksin, zearalenon, T-2 ve okratoksin için toplam 134 mısır örneğinin toksin seviyeleri Çizelge 4'de verilmiştir.

Çizelge 4. Tarama alanlarında hasat dönemlerine ait mısır tanelerinin toplam aflatoksin, T-2, zearalenon ve okratoksin içerikleri ($\mu\text{g}/\text{kg}$)

Table 4. Total aflatoxin, T-2, zearalenone and ochratoxin content of corn seeds ($\mu\text{g}/\text{kg}$) in the survey areas during harvest periods

İlçeler Districts	2015							
	1. ürün mısır tarama alanı First crop corn survey area				2. ürün mısır tarama alanı Second crop corn survey area			
	CD-ELISA test sonuçları ($\mu\text{g}/\text{kg}$) CD-ELISA test results ($\mu\text{g}/\text{kg}$)							
	AFL	T-2	ZEN	OTA	AFL	T-2	ZEN	OTA
Ceyhan	13.8-47.3	29.9-68.1	84.7-551.9	1.4-5.3	14.9-72.6	18.6-75.0	131.7-419.6	2.3-6.5
Yüreğir	3.6-17.5	48.0	38.4-198.2	-	12.5-25.4	-	-	-
Seyhan	0.5-8.5	30.0	132.9-534.8	-	7.9-19.3	-	-	-
Karataş	0.3	21.0-43.8	125.5-292.9	2.6	2.1-8.3	13.2-60.3	211.9-403.6	1.3
Kozan	-	13.0-63.8	31.2-343.8	-	0.8-5.2	-	-	2.8
	2016							
Ceyhan	6.4-25.4	4.2-146.9	3.4-79.2	1.0-4.6	9.7-29.2	46.7-65.2	167.6-500.1	-
Yüreğir	4.8-28.6	1.5-6.8	25.9-386.6	-	13.8-46.3	26.6-43.7	27.6-100.1	-
Seyhan	1.7-11.3	-	85.5-177.8	-	2.8-13.7	16.5-25.4	32.9-65.8	4.2
Karataş	0.8-3.4	4.8-37.6	42.9-141.6	-	2.4-7.4	2.30	25.6-177.9	-
Kozan	1.3-4.6	-	-	1.1	0.7-5.4	43.3	54.8	1.8

AFL: Aflatoksin; AFL: *Aflatoxin*, ZEN: Zearalenon; ZEN: *Zearalenone*, OTA: Okratoksin; OTA: *Ochratoxin*

Aflatoksin analizin için yapılan test sonucunda 48 mısır tane örneğinde aflatoksin bulaşıklığı saptanmıştır. Bu örneklerde toplam aflatoksin içerikleri; 0.3 ile 72.6 $\mu\text{g}/\text{kg}$ arasında tespit edilmiştir. Ülkemizde yasal tolerans değeri 10 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 'nin çok üzerinde değere sahip 22 örnek saptanmıştır. *Aspergillus*'ların gelişmesi açısından en iyi ürün yağlı tohumlulardır. *Aspergillus* türlerinin ürünlerde hastalık oluşturarak zarar

vermelerinin yanı sıra, sahip oldukları toksik metabolit üretme özellikleri nedeniyle de canlılarda sağlık sorunlarına ve kimi zaman ise ölümlere neden oldukları bilinmektedir (Lavkor, 2013). Nitekim ihraç edilen yerfıstığı, fındık gibi birçok ürün içerdikleri yüksek aflatoksin seviyeleri nedeniyle geri gönderilmektedir. Aflatoksin bulaşıklıklarının ekonomik etkilerinin yanı sıra canlılarda ciddi karsinojen etkileri, akut ya da

kronik zehirlenmeleri çok sayıda çalışmada bildirilmiş olup, Uluslararası Kansere Araştırma Enstitüsü (IARC) tarafından 1. sınıf kanserojen olarak sınıflandırılmıştır. Hell vd. (2000) tarafından Benin'in dört farklı ekolojik bölgesinde iki yıldan fazla bir sürede toplam 750 mısır örneğinde aflatoksin araştırılmıştır. Hasat öncesi mısır örneklerinin % 9.9-32.2 arasında değişen oranlarda aflatoksin içerdiği belirlenmiştir. Bu örnekler depolandıktan 6 ay sonra yapılan toksin analizleri sonucunda, aflatoksin seviyesinin %15 ile %32.2 arasında arttığı tespit edilmiştir. Brezilya'da Sao Paulo'ya ait üç bölgede yeni hasat edilmiş 110 mısır örneğinin 60'ında 6-1600 µg/kg seviyelerinde aflatoksin bulaşıklığı bildirilmiştir (Machinski Jr vd., 2001). Güneybatı ve Orta batı Amerika'da, mısırdaki hasat öncesi aflatoksin bulaşmalarının ürünlerin %20'sinde 20-150 µg/kg seviyelerinde olduğu rapor edilmiştir (Cardwell ve Cotty, 2002). Yapılan çalışmalardan da görüldüğü üzere dünyanın çeşitli bölgelerinde ortaya çıkan sonuçlar, çalışmamızı destekler niteliktedir.

Tarım ürünlerinin aflatoksin oluşturan funguslar ile bulaşmasına zararlılar, sıcaklık, nem gibi çevresel etkenler, yetersiz beslenme, sulama, hasat zamanı, kurutma hataları önemli ölçüde öncülük etmektedir (Scheidgger ve Payne, 2003; Liang vd., 2006). Ayrıca mısır örneklerinde aflatoksin oranlarının yüksek bulunması nedeninin tarla döneminde koçanlarda oluşan böcek zararlarından kaynaklandığı düşünülmektedir. Örneklerin hasattan hemen sonra alındığı göz önüne alınırsa aflatoksin bulaşmalarının depo koşullarında devam edeceği ve dolayısı ile aflatoksin bulaşıklığının artacağı açıktır (Cardwell ve Cotty., 2002; Kaaya ve Warren, 2005; Okello vd., 2010).

T-2 analizi CD-ELISA test sonucunda 134 mısır tane örneğinin 83 tanesinde T-2 toksin bulaşıklığı saptanmıştır. T-2 içerikleri; 1.5–75.0 µg/kg olarak tespit edilmiştir. T-2 toksin için ülkemizde belirlenen bir yasal sınırlama yoktur. Ancak, FDA tarafından 0.5 µg/kg olarak belirlenen T-2 toksin tolerans seviyesinin üstündedir. Zearalenon (ZEN) testi sonucunda 134 mısır tane örneğinde 3.4–551.9 µg/kg olarak tespit edilmiştir. Sekiz örnekte ülkemiz için uygulanan yasal sınırlamanın

(350 µg/kg) üzerinde bulunmuştur. Zearalenon (ZEN) üretimi için yüksek (24-27°C) ve düşük (12-14°C) olmak üzere iki farklı sıcaklık alternatifi bulunmaktadır. Düşük sıcaklık enzim aktivasyonu için şarttır, fakat enzim bir kere aktive olduğunda yüksek sıcaklıklarda da toksin üretebilmektedir (Girgin, 2001).

On üç Avrupa Birliği ülkesinde tahıl ürünleri ve gıdalarda *Fusarium* toksinlerinin oluşumu üzerinde yapılan toplam 44.959 analiz sonucunda, 16 *Fusarium* toksinin bulunduğu tespit edilmiştir. Bu grup içerisinde yer alan 11 ülkede %57 deoksinivalenol (DON), 9 ülkede %32 ZEN ve 8 ülkede %20 T-2 toksin bulunduğu rapor edilmiştir (RTSC, 2003). Avrupa'da başta mısır ve buğday olmak üzere tahıllarda, en yaygın mikotoksinlerin sırayla DON ve ZEN olduğu, ancak son zamanlarda ZEN bulaşıklığının önemli seviyelere ulaştığı rapor edilmiştir. Romanya'da yapılan benzer bir çalışmada 54 adet mısır örneğinden yapılan izolasyonlarda örneklerin *F. graminearum* (%29.3), *F. culmorum* (%18.5), *F. verticillioides* (%18.3) ile bulaşık olduğu ve örneklerin %36'sının DON (>1.750 µg/kg), %18'inin ise ZEN (100 µg/kg) içerdiği tespit edilmiştir (Tabuc vd., 2009). Avusturya, Almanya ve Fransa'da coğrafik konum ve iklim koşullarına bağlı olarak tahıllarda ZEN içeriklerinin 0.8-300 µg/kg arasında değiştiği bildirilmiştir (Ericksen ve Alexander, 1998). Samsun ilinde 2005 ve 2006 yıllarında 140 tarlada *F. verticillioides*, *F. proliferatum* ve *F. subglutinans*'ın FB1 ürettiği ve FB1 miktarının bazı tarlalarda toleransın 4-5 katına çıktığı belirlenmiştir (Altıparmak ve Tunalı, 2009).

Okratoksin (OTA) analiz için yapılan CD-ELISA test sonucunda, 134 mısır tane örneğinin 15'inde 1.0 ile 6.5 µg/kg arasında bulaşıklık tespit edilmiştir. Üç örnekte yasal sınırlamaların (5.0 µg/kg) üzerinde okratoksin bulaşıklığı bulunmuştur. OTA, *Aspergillus* ve *Penicillium* türleri funguslar tarafından üretilmektedir. *P. verrucosum*'un ılıman ve soğuk iklimlerde tahıllarda önemli bir OTA üretici olduğu bilinmektedir (Cabanes vd., 2010). Magnoli vd. (2007) tarafından Arjantin'in Cordoba ilinde ticari mısır çeşitlerinde OTA üreten fungusları belirlemek üzere bir araştırma yapılmıştır. Yapılan çalışma

sonucunda, 50 adet mısır tane örneğinden *A. flavus* izole edildiği bildirmiştir. *A. niger* ile bulaşık mısır tanesinin *A. flavus*'dan daha az bulunduğu, okratoksijenik türlerden *A. ochraceus*'un %5 ile %10 arasında izole edildiği tespit edilmiştir. Ayrıca, değişken koşullar nedeni ile depolama yetersizliğinin insan sağlığı için toksikolojik risk oluşturduğu bildirilmiştir.

Benzer bir çalışma ile Türkiye'nin farklı bölgelerinde yetişen mısırlardan 2015 yılında alınan toplam 770 mısır örneğinde toplam AFL, fumonisin (FUM), DON, ZEN, T-2 ve HT-2 toksini varlığı belirlenmiştir. Yapılan çalışmada, en yüksek kontaminasyon ve riskin FUM toksinlerinden (2652 µg/kg) kaynaklandığını göstermiştir. Toplam AFL %3.44, FUM %17.24 ve ZEN %6.89 olarak tespit edilmiş; DON, T-2 veya HT-2 toksininin bulunmadığı rapor edilmiştir (Artık ve Sireli, 2017). ABD'de mısır ürünlerinde mikotoksin bulaşıklığını belirlemek için yapılan çalışmada 25 eyaletten 318 mısır örneğinde (2015 yılı hasadı) ve 26 eyaletten 387 mısır örneğinde (2016 yılı hasadı) DON, FUM, ZEN, AFL, T-2 ve OTA toksin analizi yapılmıştır. 2016 yılı mısır örneklerinin %90'ında en az bir mikotoksin varlığı tespit edilmiştir. 2016 yılına ait mısırlarda DON ve FUM kontaminasyon seviyeleri, 2015 yılına ait kıyasla daha yüksek ($P < 0.001$) olduğu belirlenmiştir. Ek olarak, birden fazla mikotoksinin birlikte ortaya çıkması 2015 yılında %46 iken, 2016 yılında %67'ye yükseldiği bildirilmiştir. Ayrıca, *Fusarium* fungal türlerinin toksinleri (DON, FUM ve ZEN) sıkça ürettiği tespit edilmiştir (Hendel vd., 2017).

Yine çalışmamıza benzer olarak Brezilya'nın Güney bölgesine ait 148 mısır örneğinde doğal mikotoksin oluşumu incelenmiştir. Sırasıyla 38 ve 11 örnekte aflatoksin B₁ (AFB₁) ve aflatoksin G₁ (AFG₁) saptanırken, 2014 yılında ilk kez tespit edilen ZEN ve DON sırasıyla 110 ve 71 örnekte bulunmuştur. Mikotoksinlerin yanı sıra, mısır numunesinde *Aspergillus*, *Fusarium*, *Alternaria* ve *Penicillium* izole edilmiştir. Mısır örneklerinde %54.2 oranında *Fusarium* türleri tarafından üretilen ve Brezilya mevzuatına uymayan, insanlara kanserojen bir bileşik olan Fusarin C tespit edilmiştir. Analiz edilen tüm mısır

numunelerinin, en az on farklı metabolit tarafından kirlenmiş olduğu rapor edilmiştir (Oliveira vd., 2017). İtalya'da 2016-2017 yıllarında yapılan çalışmada, üç mikotoksijenik (*A. flavus*, *F. verticillioides* ve *F. graminearum*) fungusun mısırdaki davranışları izlenmiş ve mısır tanesinde mikotoksin bulaşıklığı üzerine birlikte ortaya çıkma durumları araştırılmıştır. Çalışmada *A. flavus* ile *F. verticillioides* ve *F. verticillioides* ile *F. graminearum* arasında etkileşimler belirlenmiştir. AFB₁ üretiminde *F. graminearum* varlığında artış sağlanır iken, *F. verticillioides* ile *F. graminearum* birlikteliğinde FUM ve DON üretiminin olmadığı bildirilmiştir. İlginç bir şekilde, ortamda *A. flavus*'un bulunmasının hem FUM hem de DON üretimini önemli ölçüde azalttığı rapor edilmiştir (Giorni, vd., 2019).

Farklı ülkelerde yapılan benzer çalışmalar, yaptığımız araştırma sonuçlarını destekler niteliktedir. İnsan ve hayvan tüketiminde mikotoksinler ile bulaşık mısır ve mısır ürünleri ciddi sağlık sorunlarına neden olabileceği gibi, bazı toksikojenik fungusların mısır üretiminde kalite ve verimde düşüşe sebep olabileceği bilinmektedir.

SONUÇ

Yapılan çalışmada, Adana ili 1. ve 2. ürün mısır ekim alanlarında, mısır koçanlarında çürüklüğe neden olan fungal etmenler ve bu fungal etmenler ile bulaşık mısır örneklerinde toksin seviyeleri belirlenmiştir. Çalışmada mısır tanelerinden yapılan izolasyon sonuçlarında %75.8-83.7 oranlarında *Fusarium* (*F. verticillioides*, *F. graminearum*, *F. culmorum*), %35.8-47.3 oranlarında *Aspergillus* (*A. flavus*, *A. niger*, *A. terreus*); %17.6-17.7 oranlarında *Penicillium* (*P. carneum*, *P. verrucosum*) izole edilmiştir. Toplam 134 farklı tarladan alınan mısır koçanlarına ait 48 mısır örneğinde 0.3–72.6 µg/kg AFL, 83 mısır örneğinde 1.5–75.0 µg/kg T-2 toksin, 134 mısır örneğinde 3.4–551.9 µg/kg ZEN, 15 mısır örneğinde ise 1.0–6.5 µg/kg seviyelerinde OTA bulaşıklığı belirlenmiştir. Mısır örneğinin 22'sinde AFL, 83'ünde T-2 toksini, 8'inde ZEN, 3'ünde OTA bulaşıklığı yasal sınırlamanın üzerinde bulunmuştur. Bu sonuçlar insan ve hayvanların, beslenme ve sağlık açısından rahatsız edecek

sorunlar ile karşı karşıya kalabileceğini göstermektedir.

Sonuç olarak, Adana ilinin içinde bulunduğu iklim koşulları, tarım ürünlerinde fungal popülasyonların gelişimi ve mikotoksin oluşumu için uygun ortam sağlamaktadır. Mısır ürünündeki fungal bulaşmaların çoğu henüz tarlada iken başlayan enfeksiyonlardan kaynaklanmaktadır. *Fusarium*, *Aspergillus* ve *Penicillium* koçan çürüklüğü hastalıklarının toksin oluşum yönünden değerlendirilmesi ve tarla koşullarında düzenli olarak kontrol edilmesinin gerekli olduğu düşünülmektedir. Ayrıca, fungal bulaşmaların bir sonucu olarak meydana gelen mikotoksinlerin oluşumu ve mücadeleleri üzerinde daha detaylı çalışmalara ihtiyaç vardır.

KAYNAKLAR

Abarca, M.L., Bragulat, R., Castella, G., Accensi, F., Cabanes, F.J. (2000). Emerging mycotoxin-producing fungi. *Rev Iberoam Micol*, 17: 563-568.

Altıparmak, G., Tunali, B. (2009). Incidence of *Fusarium* species and levels of fumonisin B1 in corn in the samsun province of Turkey. *Phytoprotection*, 90(3): 97-106, doi: 10.7202/045778ar.

Anonymous, (2016). World Agricultural Production. USDA, FAS, Circular Series. Office of Global Analysis. WAP, 6-16, 27.

Artık, N., Sireli, U.T., Yarangumeli, K., Konar, N. (2017). The presence of some mycotoxins in corn grown in Turkey. *Int J Food Eng*, 3(2): 159-164159, doi: 10.18178/ijfe.3.2.159-164.

Asan, A. (2004). *Aspergillus*, *Penicillium* and related species reported from Turkey. *Mycotaxon*, 89(1): 155-157.

Askun, T. (2006). Investigation of fungal species diversity of maize kernels. *J Biol Sci*, 6(2): 275-281, doi: 10.3923/jbs.2006.275.281.

Bora, T., Karaca, İ. (1970). *Kültür Bitkilerinde Hastalığın ve Zararın Ölçülmesi*. Ege Üniversitesi Yardımcı Ders Kitabı, Yayın No: 167, E.Ü. Matbaası, Bornova-İzmir, 43 s.

Bottalico, A. (1998). *Fusarium* diseases of cereals: species-complex and related mycotoxins profiles

in Europe. *J Plant Pathol*, 80(2): 85-103, doi: 10.4454/jpp.v80i2.807.

Bottalico, A., Perrone, G. (2002). Toxigenic *Fusarium* species and mycotoxins associated with head blight in small-grain in Europe. *Eur J Plant Pathol*, 108(7): 611-624, doi: 10.1023/A:1020635214971.

Burgess, L.W., Summerell, B.A., Bullock, S., Gott, K.P., Backhouse, D. (1994). *Laboratory Manual for Fusarium Research*, Third Ed., *Fusarium Research Laboratory*, Dept. of Crop Science, Univ. of Sydney and Royal Botanic Gardens, Sydney, Australia, 133 p. ISBN: 0 86758 849 7.

Büyük, O. (2011). Mısırdaki koçan çürüklüğü etmeni *Fusarium verticillioides*'in oluşturduğu zearalenon toksini ve pektolitik enzimler üzerinde araştırmalar. Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Bitki Koruma Anabilim Dalı Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Tekirdağ, Türkiye, 47 s.

Cabañes, F.J., Bragulat, M.R., Castellá G. (2010). Ochratoxin a producing species in the genus *Penicillium*. *Toxins*, 2(5): 1111-1120, doi: 10.3390/toxins2051111.

Cardwell, K.F., Cotty, P.J. (2002). Distribution of *Aspergillus* section *Flavi* among field soils from the four agroecological zones of the Republic of Benin, West Africa. *Plant Dis*, 86(4):434-439, doi: 10.1094/PDIS.2002.86.4.434.

Cardwell, K.F., Henry, S.H. (2004). Risk of exposure to and mitigation of effect of aflatoxin on human health: a West African example. *J Toxicol Toxin Rev*, 23: 217-247, doi: 10.1081/TXR-200027817.

Cast, (2003). *Mycotoxins: risks in plants, animals and human systems*. Council for Agricultural Science and Technology, Ames, Iowa, USA, 199 p. ISBN 1-887383-22-0.

De Hoog, G.S., Guarro, J., Figueras, M.J., Gené, J. (2000). *Atlas of clinical fungi*. 2nd Edition, Int. Microbiol. Centraalbureau voor Schimmelcultures, Utrecht, The Netherlands and Universitat Rovira i Virgili, Reus, Spain, 1126 pp. ISBN :9070351439.

Desjardins, A.E., Manandhar, G., Plattner, R.D., Maragos, C.M., Shrestha, K., McCormick S.P.

- (2000). Occurrence of *Fusarium* species and mycotoxins in nepalese maize and wheat and the effect of traditional processing methods on mycotoxin levels. *J Agric Food Chem*, 48(4): 1377-1383, doi: 10.1021/jf991022b.
- D'Mello, J.P.F., Macdonald, A.M.C. (1998) Fungal toxins as disease elicitors. In: *Aspects of Environmental Toxicology*, J. Rose (Ed), Gordon and Breach Science Publishers, Yverdon, Switzerland, pp. 397.
- Ericson, G.S., Alexander, J. (1998). *Fusarium toxins in cereals - a risk assessment*. Nordic Council of Ministers, TemaNord 502, Copenhagen, Denmark, 115 p. ISBN: 92-893-0149-X.
- Gachomo, E.W., Mutitu, E.W., Kotchoni, O.S. (2004). Diversity of fungal species associated with peanuts in storage and the levels of aflatoxins in infected samples. *Int J Agri Biol*, 8530(6):6-6, doi: 1560-8530/2004/06-6-955-959.
- Gilbert, J., Tekauz, A. (2000). Review: recent developments in research on fusarium head blight of wheat in Canada. *Can J Plant Pathol*, 22: 1-8, doi: 10.1080/07060660009501155.
- Girgin, N., Başaran, N., Şahin, G. (2001). Mycotoxins in Turkey and the world. *Türk Hij Den Biyol Derg*, 58(3): 97-118.
- Giorni, P., Bertuzzi T., Battilani P. (2019). Impact of fungi co-occurrence on mycotoxin contamination in maize during the growing season. *Front Microbiol*, 10: 1-10, doi: 10.3389/fmicb.2019.01265.
- Gxasheka, M., Wang, J., Tyasi, T.L., Gao, J. (2015). Scientific understanding and effects on ear rot diseases in maize production: a review. *International Journal of Plant & Soil Science*, 3(4): 077-084.
- Hawk, A.L. (2004). *Mycotoxins*. Grain Elevator and Processing Society (GEAPS) Exchange Proceedings, Minneapolis, MN, USA. <http://www.geaps.com/proceedings/2004/Hawk.cfm> (Accessed 26 March 2004).
- Hell, K., Cardwell, K.F., Setamou, M., Poehling, H.M. (2000). The influence of storage practices on aflatoxin contamination in maize in four agroecological zones of Benin, West Africa. *J Stored Prod Res*, 36(4): 365-382, doi: 10.1016/S0022-474X(99)00056-9.
- Hendel, E.G., Gott, P.N., Murugesan, G.R., Jenkins T. (2017). 033 Survey of mycotoxins in 2016 United States corn. *J Animal Sci*, 95(4): 16-17, doi: 10.2527/asasann.2017.033.
- Jimenez, M., Mateo, R. (2001). Occurrence of toxigenic fungi and mycotoxins in agricultural commodities in Spain. In: *Occurrence of Toxigenic Fungi and Mycotoxins in Plants, Food and Feeds in Europe*, Logrieco, A. (ed), European Commission, COST Action 835, EUR 19695, pp. 173-190
- Kaaya, N.A., Warren, H.L. (2005). A review of past and present research on aflatoxin in Uganda. *Afr J Food Agric Nutr Dev*, 5(1): 1-18.
- Lavkor, I. (2013). Yerfistiği tarımında uygun kültürel işlemler ve hastalık yönetim pratikleri ile hastalık ve aflatoxin oluşumunun önlenmesi Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Bitki Koruma Anabilim Dalı Enstitüsü Doktora Tezi, Adana, Türkiye, 300 s.
- Liang, X.Q., Luo, M., Guo, B.Z. (2006). Resistance mechanisms to *Aspergillus flavus* infection and aflatoxin contamination in peanut (*Arachis hypogaea*). *Plant Pathol J*, 5(1): 115-124, doi: 10.3923/ppj.2006.115.124.
- Machinski, J.R., Soares, L.M.V., Sawazaki, E., Bolonhezi, D., Castro, J.L., Bortolotto, N. (2001). Aflatoxins, ochratoxin A and zearalenone in Brazilian corn cultivars. *J Sci Food Agric*, 81(10): 1001-1007, doi: 10.1002/jsfa.882.
- Magnoli, C.E., Astoreca, A.L., Chiacchiera, S.M., Dalcero, A.M. (2007). Occurrence of ochratoxin A and ochratoxigenic mycoflora in corn and corn based foods and feeds in some South American countries. *Mycopathologia*, 163(5):249-60, doi: 10.1007/s11046-007-9005-z.
- Munkvold, G.P. (2001). Ear rot and mold problems. *Integrated Crop Management*, 486 (23): 183-184.
- Nelson, E.P., Dignani, M.C., Anaissie, J. (1994). Taxonomy, biology and clinical aspects of *Fusarium* species. *Clin Microbiol Rev*, 7(4):479. doi: 10.1128/COR.7.4.479.

- Oliveira, M.S., Rochaa, A., Sulyokb, M., Krskab, R., Mallmann, C.A. (2017). Natural mycotoxin contamination of maize (*Zea mays* L.) in the South region of Brazil. *Food Control*, 73: 127-132, doi: 10.1016/j.foodcont.2016.07.033.
- Okello, D.K., Biruma, M., Deom, C.M. (2010). Overview of groundnuts research in Uganda: past, present and future. *Afr J Biotechnol*, 9(39): 6448–6459.
- Pacin, A.M., Gonzales, H.H.L., Etcheverry, M., Resnik, S.L., Vivas, L., Espin, S. (2002). Fungi associated with food and feed commodities from Ecuador. *Mycopathologia*, 156: 87-92, doi: 10.1023/A:1022941304447.
- Pitt, J.I. (2000). *A laboratory guide to common Penicillium species*. Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization, Division of Food Processing in North Ryde, N.S.W., Australia, 197 p.
- Placinta, C.M., D'mello, J.P.F., Macdonald, A.M.C. (1999). A review of worldwide contamination of cereal grains and animal feed with *Fusarium* mycotoxins. *Anim Feed Sci Technol* 78(1-2): 21–37, doi: 10.1016/S0377-8401(98)00278-8.
- Raper, B.K., Fennel, D.I. (1977). *The genus Aspergillus*. Krieger R. E Publishing Company Hustington, New York, 686 p. Reed, C., Pedersen, J. (1987). *Farm-stored wheat in Kansas: Facilities, conditions, pest control, and cost comparisons*. Agricultural Experiment Station Bulletin 652. Manhattan, Kansas State University, 32 pp, ISSN: 0097-0484.
- RTSC, (2003). Collection of occurrence data of *Fusarium* toxins in food and assessment of dietary intake by population of EU Member States. https://ec.europa.eu/food/sites/food/files/safety/docs/cs_contaminants_catalogue_fusarium_task3210.pdf (Accessed 16 June 2019).
- Samson, R.A., Pitt, I.J. (1990). *Modern concepts in Penicillium and Aspergillus classification*. Plenum Pres, New York, USA, 478 p.
- Sauer, D.B., Meronuck, R.A., Christensen, C.M. (1992). Microflora. In: *Storage of Cereal Grains and Their Products*, Sauer D.B. (Ed.), 4th ed. American Association of Cereal Chemists, Inc., St. Paul, Minnesota, USA, pp. 313-340.
- Scheidegger, K.A., Payne, G.A. (2003). Unlocking the secrets of *Aspergillus flavus* from pathogenicity to functional genomics. *J Toxicol Toxin Rev*, 22(2-3): 423-459.
- Tabuc, C., Marin, D., Guerre, P., Sesan, T., Bailly, J.D. (2009). Molds and mycotoxin content of cereals in Southeastern Romania. *J Food Protec*, 72(3): 662-665.
- Topal, Ş. (2003). Türkiye'nin tarımsal ürün ve bölgelerine göre dominant mikoflora dağılımı ve mikotoksin profilleri. www.mikrobiyoloji.org/pdf/702031202.pdf (Erişim tarihi 16.06. 2019).
- Tunalı B., Kansu, B., Maldar, M., Meyva, G., Saygı, S. (2016). Samsun ve Ordu illerinden toplanan mısır koçanlarındaki fungal floranın değişiminin belirlenmesi. *Bitki Koruma Bül*, 56(4): 369-383, doi: 10.16955/bkb.57230.
- TÜİK, (2019). Türkiye İstatistik Kurumu. <http://www.tuik.gov.tr/Start.do> (Erişim tarihi 15.06. 2019)
- Udoh, J.M., Cardwell, K.F., Ikotun, T. (2000). Storage structures and aflatoxin content of maize in five agroecological zones of Nigeria. *J Stored Prod Res*, 36 (2000) 187-201, doi: 10.1016/S0022-474X(99)00042-9.
- Uras, Ü. (2007). Farklı ürünlerden izole edilen "*Aspergillus niger*" küflerinin lipaz aktivitelerinin yağca zengin kuru meyvelerde incelenmesi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, Türkiye, 84 s.
- Uyanık, E. (2014). Çukurova'da mısır koçanlarında çürüklük yapan fungal türler, bunların başlıca toksinleri ile toksin oluşumunu önleyici kültürel işlemlerin belirlenmesi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Bitki Koruma Anabilim Dalı Enstitüsü Doktora Tezi, Adana, Türkiye, 125 s.