نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۴، شماره ۲، نیمسال دوم ۱۳۸۹ ، ص. ۲۲۲-۲۱۶
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Journal of Horticultural Science
Vol. 24, No. 2, Fall- Winter 2010-2011, P. 216-222
ISSN: 2008 - 4730

بررسی ارتباط بین میزان رشد قارچ آسپرژیلوس فلاووس آفلاتوکسین زا و تولید آفلاتوکسین B_1 با درصد عناصر غذایی و پروتئین مغز ارقام مختلف پسته

مهدی محمدی مقدم[۱]- عادله سبحانی پور[۲]- حسین حکم آبادی[۳*]

تاریخ دریافت:۸۸/۱۲/۱۱
تاریخ پذیرش:۸۹/۷/۱۳

چکیده

به منظور بررسی رابطهٔ احتمالی بین میزان عناصر غذایی و پروتئین مغز ارقام مختلف پسته، با میزان رشد قارچ آسپرژیلوس فلاووس تولید آفلاتوکسین B_1 روی مغز پسته ، میزان عناصر غذایی مغز ارقام پسته اندازه گیری شد. به این منظور عناصر ریزمغذی و کلسیم و منیزیوم با دستگاه جذب اتمی، فسفر با دستگاه اسپکترو فتومتر، سدیم و پتاسیم با روششعله سنجی و ازت و پروتئین با روش کجدال اندازه گیری شد. برای محاسبه میزان رشد قارچ و تولید آفلاتوکسین B_1 روی مغز پسته (در شرایط آزمایشگاهی)، از یک جدایه آفلاتوکسین زای قارچ آسپرژیلوس فلاووس استفاده شد. بدین منظور مقدار ۲۰ گرم مغز پستهٔ ارقام مختلف شامل ارقام: اکبری، عباسعلی، کله قوچی، احمد آقایی، اوحدی و خنجری (طرح کاملاً تصادفی در ۳ تکرار)، با یک میلی لیتر سوسپانسیون اسپور قارچ به غلظت ۲×۱۰^{۶} اسپور در میلی لیتر مایه زنی شد. هشت روز پس از مایه زنی، میانگین درصد رشد و تشکیل پرگنه قارچ روی مغز پسته ارقام مختلف محاسبه گردید. آفلاتوکسین تولید شده در پسته های آلوده به روش BF استخراج و به روش کروماتوگرافی لایه نازک (TLC) و دستگاه دانسیتومتر، میزان کمی آفلاتوکسین B_1 نمونه ها اندازه گیری شد. نتایج بررسی های آماری نشان داد که اختلاف معنی دار (در سطح ۵ درصد) بین درصد پروتئین و میزان عناصر غذایی مغز ارقام پسته مورد آزمایش وجود دارد. به منظور بررسی ارتباط بین درصد پروتئین و میزان عناصر غذایی با میزان رشد قارچ آسپرژیلوس فلاووس و تولید آفلاتوکسین B_1 در مغز ارقام پسته، ضریب همبستگی (r) محاسبه گردید. نتایج بررسی های آماری نشان داد که از میان عناصر غذایی، بین میزان ازت و منگنز و رشد قارچ در مغز ارقام مختلف ارتباط معنی داری وجود دارد. بطوریکه بین درصد ازت و میزان رشد قارچ در ارقام مختلف پسته رابطه منفی وجود اشت درحالیکه رابطه معنی دار مثبتی بین میزان رشد قارچ و درصد منگنز پسته مشاهده شد. همچنین بین میزان تولید آفلاتوکسین با میزان عناصر ازت، فسفر و سدیم نیز رابطه معنی داریمنفی در سطح ۵ درصد مشاهده شد. نتایج بررسی ها نشان داد که بین درصد پروتئین مغز ارقام پسته با میزان رشد قارچ و تولید آفلاتوکسین نیز ارتباط معنی داری در سطح ۵ درصد وجود دارد.

واژه های کلیدی: پسته، آفلاتوکسین، رقم، عناصر، پروتئین، آسپرژیلوس فلاووس

مقدمه

آفلاتوکسین ها گروه بزرگی از مایکوتوکسین ها هستند که جزو متابولیت های ثانویهٔ قارچ ها بوده و توسط گونه هایی از جمله *Aspergillus flavus*، *A. parasiticus*، *A.tamarii*، *A.bombycis* و *A. nomius* تولید می شوند (۱۷). آفلاتوکسین ها به دلیل فراوانی قابل ملاحظهٔ آن ها در طبیعت و خاصیت سمی و سرطان زا بودن، به عنوان سردستهٔ مایکوتوکسین ها شناخته شده اند.

تا کنون چندین نوع آفلاتوکسین شناسایی شده است که از بین آن ها آفلاتوکسین های B_1 ، B_2، G_1 و G_2 دارای بیشترین اهمیت هستند (۵ و ۱۶).

امروزه، آلودگی محصولات کشاورزی به آفلاتوکسین ها یکی از مهم ترین مشکلات بهداشت جامعهٔ جهانی بوده و کشورهای مختلف با توجه به خطرات جدی مایکوتوکسین ها، قوانین و مقررات ویژه ای برای تولید، مصرف و واردات مواد غذایی تنظیم نموده اند (۳). در ایالات متحده، مواد غذایی و دارویی که بیش از ۲۰ ppb آفلاتوکسین کل و ۱۵ppb آفلاتوکسین B1 داشته باشند، قابل خرید و فروش و واردات و صادرات نیستند (۷و۱۶).

از زمان کشف آفلاتوکسین در دههٔ ۱۹۶۰، قارچ آسپرژیلوس فلاووس همواره به عنوان متداول ترین قارچ آلوده کنندهٔ مواد غذایی

۱- مربی ایستگاه تحقیقات پسته دامغان
۲- مربی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد دامغان
۳- استادیار مؤسسه تحقیقات پسته کشور، رفسنجان
(*- نویسنده مسئول: Email: hokmabadi@pri.ir)

در منابع علمی ذکر شده است. این قارچ انتشار جهانی داشته و به عنوان میکروفلور دائمی هوا و خاک مطرح بوده و در ارتباط با حیوانات و گیاهان زنده و مرده یافت می شود (۹ و ۱۵). گونهٔ مذکور تمایل ویژه ای برای آلودگی دانه های آجیلی و روغنی و غلات از خود نشان می دهد. این محصولات با دارا بودن چربی و کربوهیدرات بالا، از مستعدترین محصولات برای آلودگی و به عنوان مناسب ترین بستر طبیعی برای رشد قارچ های آفلاتوکسین زا در جهان شناخته شده اند. بادام زمینی، ذرت، گندم، برنج، پسته، بادام و انجیر از مهم ترین میزبانان این قارچ هستند.

ایران با داشتن حدود ۴۴۰ هزار هکتار سطح زیر کشت باغات پسته در حال حاضر حدود ۵۷ درصد تولید جهانی و متجاوز از ۶۰ درصد صادرات جهانی این محصول مهم و اقتصادی را به خود اختصاص می دهد و به عنوان بزرگترین و مهمترین کشور تولید کننده و صادر کننده پسته در جهان در بین کشورهای تولید کننده پسته (ایران، آمریکا، ترکیه، سوریه، یونان و . . .) به شمار می‌رود (۴). ارزش اقتصادی حاصل از صادرات پسته به ۶۶ کشور جهان، در حدود یک میلیارد دلار در سال می‌باشد که دومین منبع درآمد ارزی بعد از نفت محسوب می‌شود (۲) که این خود گواهی بر اهمیت فوق‌العاده این محصول است که نیاز مبرم به بهینه‌سازی بیشتر محصول در سطح تجارت جهانی دارد.

در سال های اخیر معضل اصلی و مهم کشور در عرصهٔ صادرات پسته، مساله آلودگی آن به قارچ آسپرژیلوس فلاووس و سم آفلاتوکسین است که می تواند این منبع درآمد ارزی را تهدید نموده و ما را از رقابت در بازار جهانی باز دارد. به طوری که در ۳۷ سال گذشته، چندین بار پستهٔ صادراتی ایران به علت وجود آفلاتوکسین برگشت داده شده و یا به قیمت پایینی به فروش رفته است. لذا جنبه های مختلف موضوع آلودگی پسته به این قارچ باید به طور جدی مطالعه و بررسی شود. با توجه به اینکه عناصر غذایی و پروتئین مغز پسته، از مهم ترین ترکیبات شیمیایی تشکیل دهنده بستر رشد بوده و یکی از مهم ترین فاکتورهای موثر بر رشد قارچ و تولید آفلاتوکسین می باشند و تفاوت در ترکیبات شیمیایی ارقام مختلف یک محصول می تواند مبنای حساسیت یا مقاومت آن محصول نسبت به رشد قارچ آسپرژیلوس فلاووس وتولید آفلاتوکسین باشد. بنا به دلیل فوق در این تحقیق با اندازه گیری میزان عناصر مغذی و درصد پروتئین مغز ارقام مختلف پسته ، رابطهٔ احتمالی بین میزان عناصر غذایی و پروتئین مغز ارقام مختلف با میزان رشد قارچ آسپرژیلوس فلاووس و تولید آفلاتوکسین B_1 مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش ها

اندازه گیری میزان عناصر غذایی و پروتئین مغز ارقام مختلف پسته

برای نشان دادن رابطه احتمالی بین میزان عناصر غذایی (نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیوم، سدیم، فسفر، آهن، روی، منگنز، و مس) و پروتئین مغز ارقام مختلف پسته (اکبری، عباسعلی، کله قوچی، احمد آقایی، اوحدی و خنجری) با میزان رشد قارچ آسپرژیلوس فلاووس و تولید آفلاتوکسین B_1 روی هر رقم، میزان عناصر غذایی و درصد پروتئین مغز ارقام مختلف پسته اندازه گیری شد. بدین منظور، با توجه به چربی بالای موجود در نمونه ها، از روش سوزاندن و عصاره گیری استفاده شد که مراحل انجام این روش به طور خلاصه به شرح زیر است:

الف- برای حذف رطوبت مغز پسته، نمونه ها در آون به مدت ۴۸ ساعت خشک و سپس آسیاب شد.

ب- نمونه ها در مقادیر مساوی وزن شده و در کوره با دمای $500^{\circ}C$ سوزانده شد. بعد با اسید کلریدریک نرمال عصاره گیری و در بالن ژوژه به حجم رسانده شد و در این عصاره قرائت های لازم انجام شد. برای هر رقم ۳ تکرار در نظر گرفته شد.

ج- فسفر با دستگاه اسپکترو فتومتر، عناصر سدیم و پتاسیم با روش فلیم فتومتری، عناصر منیزیوم، کلسیم، آهن، روی، منگنز و مس با دستگاه جذب اتمی و ازت و پروتئین با روش کجدال اندازه گیری شد.

به منظور محاسبه درصد پروتئین مغز ارقام مختلف پسته، از رابطه زیر استفاده شد:

درصد پروتئین = درصد ازت × فاکتور پروتئین

که فاکتور مورد استفاده برای محاسبه پروتئین در پسته عدد ۵/۳۰ می باشد (۱۱).

بررسی میزان رشد قارچ آسپرژیلوس فلاووس روی مغز ارقام مختلف پسته

به منظور محاسبه میزان رشد و تشکیل پرگنه قارچ آسپرژیلوس فلاووس روی مغز ۶ رقم پسته، مقدار ۲۰ گرم مغز پسته از هر رقم، (در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار) با استفاده از هیپوکلریت سدیم ۰/۵ درصد ضدعفونی سطحی شده و جهت جذب رطوبت اولیه حدود ۱۰ دقیقه داخل آب مقطر استریل خیسانده شد سپس مغز پسته ارقام مختلف به‌طور جداگانه داخل تشتک پتری استریل قرار گرفته و یک میلی‌لیتر سوسپانسیون قارچ (به غلظت 2×10^{6} اسپور در میلی‌لیتر) به پسته‌های داخل تشتک‌ها مایه زنی گردید. پتری‌ها درون ظروف پلاستیکی که در کف آن برای تامین رطوبت در حد اشباع، آب مقطر استریل ریخته شده بود، قرار داده شد و در دمای ۲۶ درجه سانتیگراد نگهداری گردید. هشت روز بعد از مایه زنی، میانگین درصد رشد و تشکیل پرگنه قارچ روی مغز پسته ارقام مختلف (بر اساس سطح پرگنه شده مغز پسته) محاسبه گردید (۵). بعد از محاسبه درصد تشکیل پرگنه قارچ آسپرژیلوس فلاووس روی مغز پسته ها، مقایسه میانگین درصد تشکیل پرگنه قارچ آسپرژیلوس فلاووس روی مغز پسته ارقام مختلف، توسط نرم افزار آماری SPSS و آزمون چند دامنه‌ای دانکن صورت گرفت.

جدول ۱- مقایسه میانگین درصد پروتئین موجود در مغز ارقام مختلف پسته

رقم پسته	میانگین درصد پروتئین مغز پسته	میانگین درصد ازت مغز پسته
احمد آقایی	۱۷/۱۸۹۷ a *	۳/۲۴ a
عباسعلی	۱۷/۷۳۷۳ b	۳/۳۵ b
کله قوچی	۱۸/۵۶۷۷ c	۳/۵۰ c
خنجری	۱۹/۶۹۸۳ d	۳/۷۲ d
اوحدی	۱۹/۹۴۵۷ d	۳/۷۶ d
اکبری	۲۱/۴۸۲۷ e	۴/۰۵e

*- حروف مشابه بعد از میانگین‌ها در هر ستون نمایانگر عدم وجود اختلاف معنی دار در سطح ۵٪ بین آنهاست (آزمون چند دامنه‌ای دانکن)

استخراج و اندازه گیری میزان آفلاتوکسین B_1 تولید شده در پسته های آلوده

هشت روز بعد از مایه‌زنی و بعد از محاسبه درصد تشکیل پرگنه قارچ روی مغز پسته‌های آلوده، پسته‌ها در داخل آون (دمای ۶۰ درجه سانتی گراد و به مدت ۴۸ ساعت) خشک گردید تا از رشد بیشتر قارچ و تولید آفلاتوکسین بیشتر ممانعت به عمل آید. سپس آفلاتوکسین موجود در نمونه‌های پسته به روش BF [1] استخراج و میزان کمی آفلاتوکسین B_1 تولید شده، توسط روش کروماتوگرافی لایه نازک (TLC) و دستگاه دانسیتومتر محاسبه گردید. مقایسه میانگین تولید آفلاتوکسین B_1 در مغز ارقام مختلف، توسط نرم افزار آماری SPSS و آزمون چند دامنه‌ای دانکن صورت گرفت. برای نشان دادن رابطه بین میزان عناصر غذایی و درصد پروتئین مغز ارقام پسته با میزان رشد قارچ آسپرژیلوس فلاووس و تولید آفلاتوکسین B_1 ، ضریب همبستگی (r) محاسبه گردید.

نتایج و بحث

میزان عناصر غذایی و پروتئین مغز ارقام مختلف پسته

نتایج میزان عناصر غذایی و پروتئین مغز ارقام پسته در جدول ۱ و ۲ نشان داده شده است. همان طور که مشاهده می شود اختلاف معنی داری (در سطح ۵ درصد) بین درصد ازت، آهن، مس، سدیم، پتاسیم، کلسیم، منگنز، روی، منیزیم، فسفر و پروتئین مغز پستهٔ ارقام مختلف وجود دارد.

مطالعه میزان رشد قارچ آسپرژیلوس فلاووس و تولید آفلاتوکسین B_1 در مغز ارقام مختلف پسته

همان‌طوریکه در جدول ۳ مشاهده می‌شود، ۸ روز بعد از مایه زنی، میزان رشد قارچ (تشکیل پرگنه) بر روی مغز پسته ارقام مختلف در سطح۵٪ دارای تفاوت معنی‌دار می‌باشد. در بین ارقام مورد آزمایش، رقم احمد آقایی کمترین میزان مقاومت و در مقابل رقم اکبری بیشترین میزان مقاومت را نسبت به رشد قارچ آسپرژیلوس فلاووس از خود نشان دادند.

برای سنجش کمی میزان آفلاتوکسین B_1 تولید شده در مغزهای پسته از تکنیک TLC و دستگاه دانسیتومتر استفاده شد که نتایج آن در جدول۴ نشان داده شده است. همانطوریکه مشاهده می‌شود ۸ روز بعد از مایه زنی، میزان تولید آفلاتوکسین B_1 روی مغز پسته ارقام مختلف در سطح ۵ درصد دارای تفاوت معنی دار می‌باشد، و در بین ارقام مورد آزمایش، رقم عباسعلی دارای بیشترین میزان تولید آفلاتوکسین B_1 بوده و در رقم خنجری کمترین میزان آفلاتوکسین B_1 تولید شده است.

بررسی ارتباط بین میزان رشد قارچ آسپرژیلوس فلاووس با میزان عناصر غذایی مغز ارقام پسته

برای نشان دادن رابطه احتمالی بین میزان رشد قارچ آسپرژیلوس فلاووس با میزان عناصر غذایی (ازت، فسفر، پتاسیم، سدیم، منیزیوم، کلسیم، روی، آهن، مس و منگنز) مغز ارقام پسته، ضریب همبستگی (r) محاسبه گردید (جدول۴). نتایج حاصل از این تحقیق نشان می دهد که در میان عناصر غذایی، بین درصد ازت و میزان رشد قارچ در ارقام مختلف پسته رابطه منفی وجود دارد، و این به آن معنی است که با افزایش میزان ازت مغز پسته، میزان رشد قارچ در روی آن کاهش می یابد. نتایج بررسی های آماری همچنین نشان داد که رابطه معنی دار مثبتی بین میزان رشد قارچ و درصد منگنز پسته وجود دارد، یعنی با افزایش درصد منگنز مغز پسته، میزان رشد قارچ در روی آن افزایش می یابد. ارتباط معنی داری میان سایر عناصر با رشد قارچ آسپرژیلوس فلاووس دیده نشد.

1 - Best Food Method

جدول۲- مقایسه میانگین عناصر موجود در مغز ارقام مختلف پسته

عناصر غذایی رقم پسته	میانگین آهن مغز پسته (mg/kg)	میانگین سدیم مغز پسته (٪)	میانگین مس مغز پسته (mg/kg)	میانگین کلسیم مغز پسته (٪)	میانگین پتاسیم مغز پسته (٪)	میانگین منگنز مغز پسته (mg/kg)	میانگین روی مغز پسته (mg/kg)	میانگین فسفر مغز پسته (٪)	میانگین منیزیوم مغز پسته (٪)
اکبری	۱۷/ ۷۳۳a *	۰/۰۱۱۳۳ a	۲۵/۹۰۰ a	۰/۲۰۳۳a	/۸۷۶۷ a	۵/۴۰۰ a	۲۹/۷۳۳ a	۰/۴۱ a	۰/۱۴۰۰ a
عباسعلی	۲۳/۶۳۳ b	۰/۰۱۲۶۷b	۲۷/۳۳۳ a	۰/۲۰۳۳ a	۰/۹۱ b	۵/۸۶۷ a	۳۳/۲۰۰ a	۰/۴۲ ab	۰/۱۴۶۷ ab
خنجری	۲۹/۷۰۰c	۰/۰۱۵۳۳ c	۳۰/۷۶۷ b	۰/۲۰۶۷ a	۰/۶۱۳۳ b	۶/۹۰۰b	۳۴/۶۳۳ b	۰/۴۳ bc	۰/۱۵۰۰ b
احمدآقایی	۳۱/۵۳۳ c	۰/۰۱۷۶۷ d	۳۱/۱۳۳ b	۰/۲۱۳۳ ab	۰/۶۱۶۷ b	۸/۷۳۳ c	۳۶/۴۶۷ c	۰/۴۵ cd	۰/۱۵۳۳ b
اوحدی	۳۴/۹۶۷ d	۰/۰۱۸۳۳ d	۳۲/۰۰ b	۰/۲۲۳۳ bc	۰/۹۸۶۷ c	۹/۵۳۳ d	۳۸/۱۶۷ d	۰/۴۵ de	۰/۱۵۳۳ b
کله قوچی	۳۹/۴۳۳ e	۰/۰۲۵۳۳ e	۳۴/۴۶۷ c	۰/۲۲۶۷ c	۱/۱۶۳۳ d	۹/۹۳۳ d	۳۸/۹۳۳ d	۰/۴۷ e	۰/۱۶۶۷ c

*: حروف مشابه بعد از میانگین‌ها در هر ستون نمایانگر عدم وجود اختلاف معنی دار در سطح ۵٪ بین آنهاست (آزمون چند دامنه‌ای دانکن)

جدول ۳ - مقایسه میانگین رشد قارچ آسپرژیلوس فلاووس در مغز ارقام مختلف پسته

ارقام پسته	میانگین درصد تشکیل پرگنه	میانگین تولید آفلاتوکسین در مغز پسته (ppb)
اکبری	۴۰/۶۸۳ a *	۲۴۸۲۴/۶۷ a
کله قوچی	۴۲/۳۶۰ b	۲۶۲۱۸/۰ b
خنجری	۵۶/۸۷۳ c	۲۶۸۸۲/۶۷ b
عباسعلی	۶۵/۱۹۰ d	۲۹۴۰۱/۰۰ c
اوحدی	۷۶/۶۶۳ e	۲۹۴۵۰/۳۳ c
احمد آقایی	۸۲/۹۸۰ f	۳۰۷۴۸/۰۰ d

*- حروف مشابه بعد از میانگین‌ها در هر ستون نمایانگر عدم وجود اختلاف معنی دار در سطح ۵٪ بین آنهاست (آزمون چند دامنه‌ای دانکن)

جدول ٤ - ضریب همبستگی بین میزان عناصر غذایی با مقدار رشد قارچ آسپرژیلوس فلاووس در ارقام مختلف پسته

زوج متغیرها	a	b	r	r^2
میزان رشد قارچ × درصد عنصر ازت	۱۷۴/۹۹۹	-۳۱/۶۸۵	-۰/۵۴۴*	۰/۲۹۶
میزان رشد قارچ × درصد عنصر فسفر	۲۰۴/۳۲۷	-۳۲۸/۲۸۹	-۰/۴۴۹	۰/۲۰۲
میزان رشد قارچ × درصد عنصر منیزیم	-۴۱/۳۳۲	۶۳۷/۳۴۵	۰/۳۷۹	۰/۱۴۴
میزان رشد قارچ × درصد عنصر کلسیم	۴۷/۶۴۰	۶۱/۸۱۰	۰/۰۴۰	۰/۰۰۲
میزان رشد قارچ × درصد عنصر پتاسیم	۱۰۶/۳۴۷	-۴۷/۳۹۹	-۰/۲۸۷	۰/۰۸۲
میزان رشد قارچ × درصد عنصر سدیم	۶۱/۷۳۲	-۵۶/۰۵۵	-۰/۰۱۶	۰/۰۰۰
میزان رشد قارچ × میزان عنصر مس(ppm)	۵۷/۹۵۶	۰/۰۹۴	۰/۰۱۸	۰/۰۰۰
میزان رشد قارچ × میزان عنصر منگنز(ppm)	۱۵/۲۳۶	۵/۸۹۵	۰/۶۶۵**	۰/۴۴۳
میزان رشد قارچ × میزان عنصر روی(ppm)	۷۵/۵۰۱	-۰/۴۱۸	-۰/۰۹۴	۰/۰۰۹
میزان رشد قارچ × میزان عنصرآهن(ppm)	۸۲/۱۳۴	-۰/۷۲۳	-۰/۳۳۱	۰/۱۱۰

*- دارای اختلاف معنی دار در سطح ۰/۰۵درصد **- دارای اختلاف معنی دار در سطح ۰/۰۱ درصد

بررسی ارتباط بین میزان تولید آفلاتوکسین B_1 با میزان عناصر غذایی مغز ارقام پسته

به منظور بررسی وجود رابطه احتمالی بین میزان تولید آفلاتوکسین B_1 با میزان عناصر غذایی مغز ارقام پسته، ضریب همبستگی (r) محاسبه شد. همان طور که در جدول ۵ مشاهده می شود، در میان عناصر غذایی، بین درصد ازت و میزان تولید آفلاتوکسین B_1 و همچنین درصد فسفر و تولید آفلاتوکسین B_1 در ارقام مختلف پسته، در سطح ۱٪ رابطه معنی دار منفی وجود دارد.رابطه معنی دار منفی در سطح ۱٪ میان درصد سدیم و میزان تولید آفلاتوکسین مشاهده شد، و این به آن معنی است که با افزایش میزان عناصر ازت، فسفر و سدیم در مغز ارقام مختلف پسته، میزان تولید آفلاتوکسین در آنها کاهش می یابد. ارتباط معنی داری بین میزان سایر عناصر غذایی و تولید آفلاتوکسین مشاهده نگردید.

جدول ۵- ضریب همبستگی بین میزان عناصر غذایی با میزان آفلاتوکسین B_1 در ارقام مختلف پسته

زوج متغیرها	a	b	r	r^2
میزان آفلاتوکسین B_1 × درصد عنصر ازت	۴۱۶۰۴/۶۳۵	-۳۷۹۶/۳۸۵	-۰/۴۸۳*	۰/۲۳۳
میزان آفلاتوکسین B_1 × درصد عنصر فسفر	۵۱۶۹۲/۲۱۸	-۵۴۳۶۹/۲	-۰/۵۵۱ *	۰/۳۰۳
میزان آفلاتوکسین B_1 × درصد عنصر منیزیم	۱۴۳۶۴/۲۱۸	۸۹۳۸۳/۹۰۸	۰/۳۷۳	۰/۱۳۹
میزان آفلاتوکسین B_1 × درصد عنصرکلسیم	۲۷۹۶۲/۹۷۲	-۱۹۸/۳۰۰	-۰/۰۰۱	۰/۰۰۰
میزان آفلاتوکسین B_1 × درصد عنصر پتاسیم	۳۲۷۱۵/۶۳۴	-۴۹۸۸/۸۶۷	-۰/۲۲۳	۰/۰۵۰
میزان آفلاتوکسین B_1 × درصد عنصر سدیم	۳۳۳۶۶/۷۲۲	-۳۲۴/۵۹۳	-۰/۶۹۴ **	۰/۴۸۱
میزان آفلاتوکسین B_1 × میزان عنصر مس (ppm)	۲۱۰۵۸/۰۸۹	۲۶۶/۷۴۱	۰/۳۱۵	۰/۰۹۹
میزان آفلاتوکسین B_1 × میزان عنصر منگنز(ppm)	۲۸۰۴۹/۹۶۶	-۱۶/۷۱۷	-۰/۰۱۴	۰/۰۰۰
میزان آفلاتوکسین B_1 × میزان عنصر روی(ppm)	۲۸۷۳۷/۴۵۸	-۲۳/۲۰۸	-۰/۰۳۸	۰/۰۰۱
میزان آفلاتوکسین B_1 × میزان عنصر آهن(ppm)	۲۴۷۴۷/۵۱۳	۱۰۷/۵۶۸	۰/۳۶۵	۰/۱۳۳

*- دارای اختلاف معنی دار در سطح ۰/۰۵درصد

**- دارای اختلاف معنی دار در سطح ۰/۰۱ درصد

بررسی ارتباط بین میزان رشد قارچ آسپرژیلوس فلاووس و تولید آفلاتوکسین B_1 با درصد پروتئین مغز ارقام مختلف پسته

برای نشان دادن رابطه احتمالی بین میزان رشد قارچ آسپرژیلوس فلاووس و تولید آفلاتوکسین B_1 با درصد پروتئین مغز ارقام مختلف پسته، ضریب همبستگی (r) محاسبه گردید. نتایج نشان دهنده آن است که بین درصد پروتئین و میزان رشد قارچ در ارقام مختلف پسته، درسطح ۱ درصد رابطه معنی دار منفی وجود دارد. این نتایج همچنین موید آن است که بین میزان تولید آفلاتوکسین B_1 و درصد پروتئین نیز رابطه منفی وجود دارد، یعنی با افزایش درصد پروتئین مغز پسته، میزان رشد قارچ و تولید آفلاتوکسین در آن کاهش می یابد (جدول ۶).

گونه های آسپرژیلوس فلاووس و آسپرژیلوس پارازیتیکوس در مجموع به عنوان قارچ های اصلی مولد آفلاتوکسین شناخته شده اند. به طور کلی تولید آفلاتوکسین توسط فاکتورهای مختلفی نظیر ویژگی های ژنتیکی قارچ های مولد و محیط فیزیکو شیمیایی که در آن رشد می کنند، تحت تأثیر قرار می گیرد (۳).

از زمان کشف آفلاتوکسین ها، قارچ آسپرژیلوس فلاووس همواره به عنوان متداول ترین قارچ آلوده کننده مواد غذایی در منابع علمی ذکر شده است که نشانگر اهمیت اقتصادی آن می باشد (۱). این قارچ می تواند روی طیف وسیعی از مواد غذایی رشد کند (۱۵و۱۸). آفلاتوکسین ناشی از آن نیز می تواند در دوره قبل از برداشت و نیز طی دوران انبارداری و پس از برداشت همچنان تولید شود (۱۷).

از عوامل موثر در تولید آفلاتوکسین در مواد غذایی می توان به خصوصیات قارچ، ترکیب شیمیایی مادهٔ غذایی، حرارت، رطوبت و زمان اشاره نمود که در این میان نوع ترکیب شیمیایی ماده غذایی از اهمیت خاصی برخوردار است. در اکثر نقاط جهان تحقیقات گسترده ای جهت تعیین نقش فاکتورهای شیمیایی و فیزیکی مواد غذایی در میزان رشد قارچ و تولید آفلاتوکسین در محصولات مختلف انجام شده است که نتایج موفقیت آمیزی نیز از آن ها گزارش شده است.

بیشترین مطالعات انجام شده در این زمینه روی بادام زمینی صورت گرفته است. نتایج تحقیقات انجام شده در مورد ارتباط بین میزان قند موجود در مغز ارقام مختلف بادام زمینی با میزان رشد قارچ آسپرژیلوس فلاووس و تولید آفلاتوکسین روی این ارقام، حاکی از آن است که رابطهٔ منطقی و معنی داری بین میزان تولید آفلاتوکسین و درصد قند ارقام مختلف بادام زمینی وجود ندارد و ممکن است بسیاری از فاکتورهای شیمیایی و فیزیکی دیگر در این امر دخیل باشند (۶).

پرملاتا و همکاران (۱۳) نیز در تحقیقی با اندازه گیری میزان قند، پروتئین و فنل در ۳۸ رقم از گیاهان تیرهٔ بقولات، نقش این ترکیبات را در میزان حساسیت یا مقاومت ارقام نسبت به رشد قارچ آسپرژیلوس فلاووس و تولید آفلاتوکسین بررسی کردند. نتایج این تحقیق نشان دهندهٔ آن بود که میزان پروتئین و فنل در ارقام مقاوم به مراتب بیش از ارقام حساس بود. در حالی که میزان قند کل در ارقام حساس بیشتر از ارقام مقاوم بود.

در تحقیقی که توسط لاتا و همکاران (۸) روی بادام زمینی صورت گرفت، مشخص شد که از بین ۲۱ ژنوتیپ مختلف بادام زمینی مورد آزمایش، چهار ژنوتیپ IC-48، J-11، ICGV 89104 و ICGS-76 کمترین میزان آفلاتوکسین (ppb 25 >) و بیشترین میزان فنل (1300 µg/ g >) را داشتند. تولید آفلاتوکسین با میزان فنل در مغزها (r^2= -0.42 $p<0.05$) و برگ ها (r^2= -0.37 $p<0.05$) رابطه منفی داشت.

نتایج تحقیق دیگری نشان داد که سوبستراهای با درصد بالای کربوهیدرات جهت تولید آفلاتوکسین مناسب بوده و در مجموع گلوکز، گالاکتوز و ساکارز از کربوهیدرات های مناسب جهت تولید آفلاتوکسین بوده و مالتوز و لاکتوز نسبت به ساکارز نامناسب ترند. سوربیتول و مانیتول نیز نقشی در تولید آفلاتوکسین ندارند. هم چنین اسیدهای چرب اشباع میزان رشد قارچ و تولید آفلاتوکسین را افزایش داده، در حالی که اسیدهای چرب غیر اشباع منجر به کاهش رشد قارچ و تولید توکسین می شوند (۱۴).

از نظر عناصر و مینرال ها نیز مشخص شده که روی (Zn) تولید توکسین را تحریک نموده و میزان آن را افزایش می دهد. تغییر Zn محیط از صفر به ۱۰µg/ml میزان تولید آفلاتوکسین را تا هزار بار افزایش داد. به علاوه در غلظت µg/ml ۲۵ نیز آفلاتوکسین کمتری نسبت به غلظت µg/ml ۱۰ تولید شد. هم چنین منگنز (Mn) باعث افزایش تولید آفلاتوکسین و مس (Cu) و باریم (Ba) تولید آفلاتوکسین را متوقف می سازد (۱۰).

همچنین تنش نیتروژن در تجمع آفلاتوکسین سهیم است. پاین و همکاران (۱۲) در تحقیقی دریافتند که میزان آفلاتوکسین با عملکرد ذرت، نیتروژن برگ کاکل و نیتروژن دانه رابطه منفی دارد. بلال های مایه زنی شده از طریق کاکل و یا زخم در گیاهانی که نیتروژن سرک دریافت نکردند، حاوی ۲۸ درصد آفلاتوکسین بیشتر در مقایسه با بلال بوته هایی بودند که به آنها کود ازته به میزان متعارف اضافه شده بود.

نتایج حاصل از این تحقیق نیز نشان دهنده ارتباط معنی دار میان درصد پروتئین، ازت و میزان منگنز با رشد قارچ بود. هم چنین میان درصد ازت، فسفر، سدیم و درصد پروتئین با میزان تولید آفلاتوکسین رابطه معنی دار دیده شد.اما با توجه به این که بسیاری از عوامل دیگر مانند سایر ترکیبات شیمیایی مغز پسته، از جمله نوع و میزان چربی ها (اسیدهای چرب اشباع و غیر اشباع)، نوع و مقدار کربوهیدراتها، ترکیبات فنلی و ویتامین ها می توانند در رشد قارچ و تولید

آفلاتوکسین دخیل باشند، لذا قبل از هرگونه نتیجه گیری کلی در مورد ارتباط بین میزان رشد قارچ و تولید آفلاتوکسین با ترکیبات شیمیایی مغز پسته، باید نقش سایر ترکیبات نیز در این مورد بررسی شود. به عبارت دیگر با بررسی های جامع تر در مورد سایر پارامترهای فیزیکی و شیمیایی مغز پسته، می توان ارتباط منطقی بین ترکیبات شیمیایی مغز ارقام مختلف با میزان رشد قارچ و تولید آفلاتوکسین را تعیین نمود.

جدول ٦- ضریب همبستگی بین درصد پروتئین با میزان رشد قارچ آسپرژیلوس فلاووس و تولید آفلاتوکسین B_1 در مغز ارقام پسته

زوج متغیرها	a	b	r	r^2
تولید آفلاتوکسین B_1 × درصد پروتئین مغز پسته	۴۱۶۰۴/۶۳۵	-۷۱۶/۲۹۹	-۰/۴۸۳ *	۰/۲۳۳
میزان رشد قارچ × درصد پروتئین مغز پسته	۱۷۴/۹۹۹	-۵/۹۷۸	-۰/۵۴۴ *	۰/۲۹۶

* - دارای اختلاف معنی دار در سطح ۰/۰۵درصد

منابع

۱- امین شهیدی م. ۱۳۷۵. مطالعه آسپرژیلوس های آفلاتوکسین زا در پسته های آلوده بومی ایران و بررسی توان آفلاتوکسین زایی آن ها. پایان نامه کارشناسی ارشد دانشکده علوم دانشگاه تهران.

۲- شرافتی ع. ۱۳۸۷. پسته کاری کاربردی. چاپ اول، تهران، انتشارات سروا. ۱۲۰ صفحه.

۳- علامه ع. و رزاقی م. ۱۳۸۱. مایکوتوکسین ها. چاپ اول ، تهران، انتشارات دانشگاه امام حسین.

٤- محمدی مقدم م. ۱۳۸۶. مطالعه وضعیت آلودگی پسته در ترمینال‌های فرآوری استان سمنان و ارزیابی مقاومت ارقام پسته به قارچ آسپرژیلوس فلاووس و آفلاتوکسین B1. سازمان تحقیقات ، آموزش و ترویج کشاورزی. مؤسسه تحقیقات پسته کشور. گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی.

5- Arrus K., Blank G., Abramson D ., Clear R., and Holley R.A. 2005. Aflatoxin production by *Aspergillus flavus* in Brazil Nuts. Journal of Stored Products Research. 41: 513-527.

6- Ghewande M.P., Nagaraj G., Desai S., and Narayan P. 1993. Screening of groundnut blod seeded genotypes for resistance to *Aspergillus flavus* seed colonization and less aflatoxin production. Seed Science and Technology. 21: 45-51.

7- Gourama H., and Bullerman L. 1995. *Aspergillus flavus* and *Aspergillus parasiticus*: Aflatoxigenic fungi of concern in foods and feeds: A review. Journal of Food Protection. 58: 1395-1404.

8- Latha P., Sudhakar P., Sreenivasulu Y., Naidu P.H., and Reddy P.V. 2007. Relationship between total phenols and aflatoxin production of peanut genotypes under end-of-season drought conditions. Acta Physiology of Plant. 29: 563-566.

9- Marina M.H., Almeida I., Marques M., and Bernardo F. 2008. Interaction of wild strains of *Aspergilla* with *Aspergillus parasiticus* ATCC15517 and aflatoxin production .International Journal of Molecular Science. 9(3): 394-400.

10- Marsh P.B., Simpson M.E., and Trucksen M.W.1975. Effect of trace metal on the production of aflatoxin by A. flavus. Applied Microbiology. 30: 52-54.

11- Muller H.G. 1988. An introduction to tropical food science. Cambridge University Press.

12- Payne G .A., Kamprath E .J., and Adkins C.R. 1989. Incresed aflatoxin contamination in nitrogen stressed corn. Plant Dis. 73:556.

13- Premlata-singh., Sita-behagat., Ahmad S.K., Bhagat S.1990. Aflatoxin elaboration and nutritional deterioration in some pulse cultivars during infestation *in A. flavus*. Journal of food Science and Technology. 27(1): 60-62.

14- Shin C.N., and Marth E.H. 1974. Some cultival condition that control biosynthesis of lipid and aflatoxin by *A. parasiticus*. Applied Microbiology. 27: 452-456.

15- Smela M., Currier S., Bailey E., and Essigmann J.2001. The chemistry and biology of aflatoxin B1: from mutational spectrometry to carcinogenesis. Carcinogenesis. 22: 535- 545.

16- Trial F., Mahanti N., and Linz J. 1995. Molecular biology of aflatoxin biosynthesis. Microbiology. 141: 755-765.

17- Wilson D.M., and Payne G.A. 1994. Factors affecting Aspergillus flavus group infection and aflatoxin contamination of crops, In the Toxicology of Aflatoxins. Human Health, Veterinary, and Agricultural Significanse (David L. Ethon and John D.Groopman, San Diego: Academic Press).

18- Woloshuk C., and Prieto R. 1998. Genetic organization and function of the aflatoxin B1.