

دراسة تأثير اليوريا العادية والنانوية في تثبيط نمو الفطر *Aspergillus flavus*

واختزال إنتاج الأفلاتوكسين B1 مختبرياً

عاليه هيكل حسين^{1*} وحليمة زغير حسين²

(1) شركة ما بين النهريين العامة للبذور، وزارة الزراعة، بغداد، العراق؛ (2) قسم وقاية النبات، كلية الزراعة، جامعة بغداد، العراق.

*البريد الإلكتروني للباحث المراسل: alia_al_ramahi@yahoo.com

الملخص

حسين، عاليه هيكل وحليمة زغير حسين. 2024. دراسة تأثير اليوريا العادية والنانوية في تثبيط نمو الفطر *Aspergillus flavus* واختزال إنتاجالأفلاتوكسين B1 مختبرياً. مجلة وقاية النبات العربية، 42(2): 184-188. <https://doi.org/10.22268/AJPP-001235>

أظهرت نتائج الدراسة كفاءة اليوريا العادية والنانوية بالتراكيز 1، 2 و 3% في تثبيط نمو الفطر *Aspergillus flavus* على الوسط PDA، وبلغت نسب التثبيط 54.90، 72.55 و 100% لليوريا العادية، و 60.78، 100 و 100% لليوريا النانوية، على التوالي، مقارنةً بالنمو الاعتيادي في معاملة الشاهد. بيّنت النتائج الدراسة أن إضافة التراكيز الأكثر فاعلية من اليوريا العادية والنانوية إلى حبوب الذرة الصفراء مع الفطر *A. flavus* والمخزنة لمدة 30 يوماً أدى إلى تثبيط نمو الفطر *A. flavus* وخفض إنتاج الأفلاتوكسين. تباينت كفاءة العوامل المختبرة في اختزال سمّ الأفلاتوكسين B1، المقدرّة بواسطة جهاز الـHPLC، إذ بلغت نسب الاختزال 73.22 و 79.30%، على التوالي، مقارنةً بتركيز هذا السمّ في معاملة الشاهد. وفي المحصلة، أظهرت نتائج الدراسة أن إضافة اليوريا العادية بتركيز 3% والنانوية بتركيز 2% إلى حبوب الذرة الصفراء الملوثة بسمّ AFB1 والمخزنة لمدة 30 يوم أدت إلى اختزال الأفلاتوكسين B1 المنتج من قبل الفطر *A. flavus*، وتباينت كفاءة نسب الاختزال ما بين العوامل المختبرة، إذ بلغت 78.74 و 83.36%، على التوالي، مقارنةً بمعاملة الشاهد.

كلمات مفتاحية: الذرة الصفراء، نسبة الاختزال، نسبة التثبيط، تقانة النانو، HPLC.

المقدمة

المنتجات الغذائية المشتقة من الحيوانات (اللحوم والحليب والبيض) التي تحتوي على بقايا السموم الفطرية (Chulze, 2010؛ Horky et al., 2018؛ Wagacha & Muthomi, 2008). وينتج عن ذلك خسائر زراعية كبيرة، مما يؤثر على الاقتصاد بشكل عام. تسبب السموم الفطرية خسائر اقتصادية في صناعة الثروة الحيوانية بسبب توقف النمو، وانخفاض المناعة ضد العدوى وانخفاض إنتاج البيض واللحوم والحليب وتلف الكبد والكلية وسوء تحويل الأعلاف وزيادة معدل الوفيات (Siloto et al., 2013؛ Al-Hamiri & Hussein, 2020).

تتعرض الأطعمة الأساسية بشكل رئيسي لتلوث السموم الفطرية. وبالتالي فإن تلوث الأغذية والأعلاف بالسموم الفطرية هو قضية عالمية وقد جذبت انتباه العديد من السلطات العامة الوطنية والدولية والسلطات الحكومية على سبيل المثال لا الحصر، منظمة الأغذية والزراعة (FAO)، ومنظمة الصحة العالمية (WHO)، وهيئة سلامة الأغذية الأوروبية، وإدارة الغذاء والدواء الأمريكية (FDA).

أحدثت تقنية النانو ثورةً في عدد من التخصصات، وجذبت المواد النانوية اهتماماً كبيراً بسبب خصائصها في قطاع الزراعة، وشغلت

تعدّ الفطريات من أكثر الكائنات الحية الدقيقة إشكالية والتي تسبب خسائر زراعية كبيرة بسبب مقدرتها على إنتاج السموم الفطرية (إنتاج المستقلبات الفطرية السامة) التي تتلوث بها المنتجات الزراعية المختلفة في كثير من الأحيان مثل الحبوب والفول السوداني وفول الصويا والذرة ومنتجاتها (Ashraf et al., 2016). إنّ للفطريات القدرة على التكاثف في مجال واسع من درجات الحرارة ودرجة الحموضة وبالتالي يمكنها أن تلوث الأعذية والأعلاف الحيوانية (Wambugu et al., 2009). إن الاستقرار الكيميائي والحراري للسموم الفطرية أثناء معالجة الطعام (الغلي والطبخ والبسترة) يجعل من الصعب السيطرة عليها، وتشكل الفطريات المسببة للتسمم العضوي تحديات للقطاع الزراعي من خلال انخفاض إنتاج المحاصيل وتدهور جودة الحصاد بسبب وجود السموم الفطرية التي تؤثر على صحة الإنسان والحيوان. يمكن أن يؤدي استهلاك الأطعمة والأعلاف الملوثة بالسموم الفطرية إلى سمية حادة أو مزمنة في الإنسان والحيوان، وهناك أيضاً قلق متزايد من استهلاك السموم الفطرية من

A. flavus. غطست إبرة عزل في معلق أبواغ الفطر ومن ثم غرزت في مركز الطبق. حضنت الأطباق عند حرارة $25 \pm 2^\circ\text{C}$ وقيست أقطار المستعمرات النامية كل يومين لحين امتلاء طبق الشاهد وحسبت نسبة التثبيط وفق المعادلة الآتية:

$$\% \text{ للتثبيط} = \frac{\text{متوسط قطر مستعمرة الشاهد} - \text{متوسط قطر مستعمرة المعاملة}}{\text{متوسط قطر مستعمرة الشاهد}} \times 100$$

تقييم كفاءة تأثير اليوريا العادية والنانوية في منع نمو الفطر *Aspergillus flavus* من انتاج سمّ AFB1 في حبوب الذرة الصفراء المخزنة مختبرياً

نقعت حبوب الذرة الصفراء بالماء لمدة ساعتين، ورشح الماء، ووزعت الحبوب في حاويات زجاجية بواقع 200 غ/حاوية وبمعدل ثلاثة مكررات/معاملة، وعقمت الحبوب بالمؤصدة على درجة حرارة 121°C وضغط 1.5 كغ/سم² لمدة 20 دقيقة، وأضيفت اليوريا العادية 3% والنانوية 2% وتركت ثلاث حاويات كمعاملة شاهد (من دون اضافة). لوثت الحاويات بالفطر *A. flavus* المنمى على حبوب الدخن بعمر 2 أسبوع بواقع 5 غ/حاوية. رجت الحاويات جيداً، وخزنت عند درجة حرارة المختبر مابين ($2 \pm 30^\circ\text{C}$) لمدة شهر، ثم جففت المعاملات بالفرن الكهربائي، وطحن 50 غ من كل معاملة بغرض الكشف وتقدير سمّ AFB1 فيها بتقانة HPLC، وحسبت نسبة اختزال السمّ وفق المعادلة:

$$\% \text{ الاختزال} = \frac{\text{تركيز السمّ في الشاهد} - \text{تركيز السم في المعاملة}}{\text{تركيز السمّ في الشاهد}} \times 100$$

تقييم كفاءة تأثير اليوريا العادية والنانوية في تحطيم سمّ AFB1 في حبوب الذرة الصفراء المخزنة مختبرياً

حضرت حبوب الذرة الصفراء كما في الفقرة السابقة، ووزعت الحبوب في حاويات زجاجية بواقع 200 غ/ حاوية بثلاثة مكررات/معاملة، وعقمت الحبوب بالمؤصدة على درجة حرارة 121°C وضغط 1.5 كغ/سم² لمدة 20 دقيقة. لوثت الحاويات بالفطر *A. flavus* المنمى على حبوب الدخن بواقع 5 غ/حاوية وتركت ثلاث حاويات كمعاملة شاهد (بدون اضافة). اغلقت الحاويات جيداً، وحضنت عند حرارة $25 \pm 2^\circ\text{C}$ لمدة 21 يوماً، مع رج وتهوية الحاويات كل 5 أيام بعدما أصبحت حبوب الذرة الصفراء المنمى عليها الفطر جاهزة (ملوثة بالسمّ)، عقمت بالمؤصدة على درجة حرارة 121°C وضغط 1.5 كغ/سم² لمدة 20 دقيقة. بعدها أضيفت اليوريا العادية والنانوية ثم رجت جيداً وخزنت بدرجة حرارة المختبر لمدة شهر، ومن ثم جففت المعاملات بالفرن الكهربائي وطحن 50 غ من كل معاملة لغرض الكشف وتقدير سمّ AFB1 فيها وحسبت نسبة اختزال السمّ.

الجسيمات النانوية (NPs) والمواد ذات البنية النانوية (NSMs) مجالاً نشطاً للبحث وقطاعاً اقتصادياً تقنياً مع التوسع الكامل في العديد من مجالات التطبيق (Davari et al., 2017). اكتسبت المواد النانوية مكانة بارزة في التقدم التكنولوجي بسبب خصائصها الفيزيائية والكيميائية القابلة للضبط، مثل نقطة الانصهار والرطوبة والتوصيل الكهربائي والحراري، وامتصاص الضوء والتشتت مما أدى إلى تحسين الأداء على نظرائها من المواد ذات الأحجام الكبيرة (Jeevanandam et al., 2018).

يعدّ أسلوب إنتاج المواد النانوية بتقنية تصغير أحجام الأجسام الكبيرة ومساحيقها، التي تصل أحجامها إلى عدة ملليمترات أو بضعة سنتيمترات، والوصول بمقاييس أبعادها إلى عدة نانومترات قليلة لا تتجاوز 100 نانومتر الأسلوب الأكثر شيوعاً، وذلك نظراً لقدرته على إنتاج كميات كبيرة من المساحيق وحبيبات المواد النانوية على مختلف أنواعها وفئاتها (Al-Timimi et al., 2020؛ Kah et al., 2013). وتتضمن تقنية تصغير الحبيبات والنزول بمقاييسها إلى الأبعاد النانوية عدة طرائق ومنها طريقة الطحن الميكانيكي (السحق الميكانيكي).

مواد البحث وطرائقه

تقييم تراكيز مختلفة من اليوريا العادية والنانوية في تثبيط نمو الفطر *Aspergillus flavus* على الوسط الزرعي PDA

تمّ الحصول على اليوريا من الأسواق المحلية ثم أرسلت إلى ورش وزارة العلوم والتكنولوجيا، دائرة المواد، لطحنها وتحويلها إلى الحجم النانوي بمطحنة (Retsch RS 200, Germany) ومطحنة كرات الكرانيت (QM-ISP04 Planetary Ball Mill, Korea). جففت المواد في فرن كهربائي حراري هوائي (Gallen Kamp, England) على درجة حرارة 50°C لمدة 10 ساعات، ثم طحنت بطاحونة الكرات بسرعة 200 دورة بالدقيقة لمدة 15 ساعة بوجود كرات معدنية مختلفة الأقطار للحصول على مادة ذات حجوم حبيبية مناسبة باستخدام جهاز الغربلة (الهزاز)، التي أرسلت للفحص في قسم الكيمياء، كلية العلوم، جامعة بغداد لقياس حجمها والتأكد من وصولها إلى الحجم النانوي وذلك بواسطة مجهر القوة الذرية (Atomic Force Microscope (AFM) SPM AA3000)، (Angstrom Advanced Inc., USA). خُصّر 400 مل من وسط PDA ووزع في دوارق زجاجية سعة 100 مل/50 مل للدورق. أضيفت اليوريا العادية والنانوية كلاً على إنفراد إلى الوسط الزرعي PDA بالتركيز 1، 2 و 3% وعقمت بالمؤصدة عند حرارة 121°C وضغط 1.5 كغ/سم² لمدة 20 دقيقة، وبواقع ثلاثة مكررات للتركيز الواحد، وتركت ثلاثة مكررات من دون إضافة كمعاملة شاهد. صُبّ الوسط الحاوي على اليوريا في أطباق بتري قطر 9 سم، ولقحت الأطباق بمعلق أبواغ الفطر

تقييم كفاءة تأثير اليوريا العادية والنانوية في منع نمو الفطر

A. flavus من إنتاج سم AFB1 في حبوب الذرة الصفراء مختبرياً

بينت النتائج في (جدول 2 وشكل 2) الكفاءة العالية لليوريا النانوية في منع نمو الفطر *A. flavus* وخفض إنتاجه للأفلاتوكسين، إذ أدت إضافة اليوريا العادية والنانوية إلى اختزال كمية سم AFB1، وكان اختزالاً معنوياً مقارنة بمعاملة الشاهد إذ بلغت نسبة اختزال السم 73.22 و 79.30% في معاملي اليوريا العادية 3% والنانوية 2%، على التوالي، وهذا يتفق مع ما ذكره (مجيد، 2007؛ Zaman & Owen, 1990) أن معاملة الأعلاف باليوريا سببت تثبيطاً لنمو الفطور وحدت من الإصابة بها ولاسيما *A. flavus* والذي كان أكثر تأثراً باليوريا من الفطر *F. verticillioides*. استعملت اليوريا بشكل كبير في العراق كونها أحد مصادر الأمونيا في تثبيط الفطريات في الأوساط الزرعية والحبوب والأعلاف (البلداوي وآخرون، 2009؛ سلومي، 2007). أوضح البلداوي وآخرون (2009) أن إضافة اليوريا إلى وسط الـ PDA أدت إلى تثبيط كامل لنمو الفطر *A. flavus* (حسين وسلومي، 2012). كما سببت اليوريا بتركيز أعلى من 3% تثبيطاً كاملاً للفطر *A. flavus*، وسببت بتركيز أعلى من 4% تثبيطاً كاملاً للفطر *F. verticillioides* على الوسط الزرعي. كما أشارت العديد من الدراسات إلى أن المحاليل القاعدية الكيميائية ذات كفاءة في اختزال السموم الفطرية كالأمونيا التي تكون سامة للفطور (Piva et al., 1995؛ Zaman & Owen, 1990).

أظهرت نتائج الدراسة أن تحويل اليوريا العادية إلى اليوريا النانوية أدى إلى زيادة الفعالية، إذ سبب التركيز 2% تثبيطاً كاملاً لنمو الفطر على الوسط الزرعي وربما يعود هذا التأثير إلى زيادة المساحة السطحية للمادة النانوية. وقد أشارت العديد من الدراسات إلى أن المادة النانوية تختلف عن المادة العادية إذ تكون نسبة المساحة السطحية في المادة النانوية بين 5-50% وأما في المادة العادية فتكون نسبة المساحة السطحية 3% (Hussain & Hussein, 2020).

جدول 2. تقييم كفاءة تأثير اليوريا العادية والنانوية في منع الفطر *A. flavus* من إنتاج السم في حبوب الذرة الصفراء المخزنة مختبرياً

اختزال إنتاج السم AFB1 (%)	اختزال إنتاج السم من <i>A. flavus</i> (%)	المعاملات Treatments
0.00	0.00	الشاهد Control
78.74	73.22	يوريا عادية Standard urea
83.36	79.30	يوريا نانوية Nano-urea
4.20	6.16	LSD _{0.05}

تقييم كفاءة تراكيز مختلفة من اليوريا العادية والنانوية في تثبيط الفطر

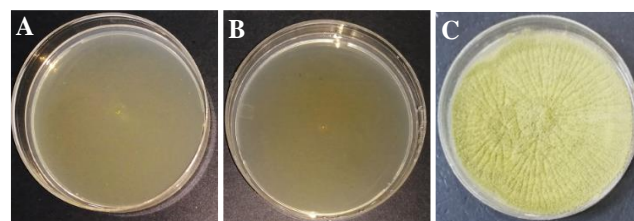
Aspergillus flavus على الوسط الزرعي PDA

بينت نتائج فحص اليوريا النانوية المصنعة محلياً بمجهر القوة الذرية (AFM) وصول حجوم جسيمات اليوريا إلى الحجم النانوي 51.53 نانومتر. أظهرت النتائج (جدول 1) كفاءة تثبيطية عالية لليوريا العادية والنانوية في تثبيط عزلة الفطر *A. flavus* على الوسط الزرعي PDA. إذ أدت إضافة اليوريا العادية إلى الوسط الزرعي بالتراكيز 1، 2 و 3% إلى تثبيط نمو الفطر *A. flavus* وبلغت نسب التثبيط 54.90، 72.55 و 100%، على التوالي. وكذلك أدت إضافة اليوريا النانوية إلى الوسط الزرعي بالتراكيز نفسها إلى تثبيط نمو الفطر *A. flavus* على الوسط الزرعي PDA إذ بلغت نسب التثبيط 60.78، 100 و 100%، على التوالي قياساً بالنمو الاعتيادي في معاملة الشاهد (شكل 1). بينت النتائج أن إضافة اليوريا العادية بتركيز 3% إلى الوسط الزرعي سببت تثبيطاً كاملاً لنمو الفطر *A. flavus* على الوسط الزرعي، وربما يعود تأثير اليوريا إلى نواتج تحللها السامة ولا سيما الأمونيا، وقد أشير سابقاً إلىسمية الأمونيا للفطريات (Rustom, 1997؛ Piva et al., 1995).

جدول 1. تقييم كفاءة اليوريا العادية والنانوية في تثبيط الفطر *Aspergillus flavus* على الوسط الزرعي PDA.

Table 1. Efficiency of normal and nano-urea in *A. flavus* growth inhibition on PDA.

التراكيز (%) Concentration (%)	% للتثبيط اليوريا العادية % inhibition by standard urea	% للتثبيط اليوريا النانوية % inhibition by nano-urea
الشاهد Control	0.00	0.00
1	54.90	60.78
2	72.55	100.00
3	100.00	100.00
LSD _{0.05}	7.03	4.44

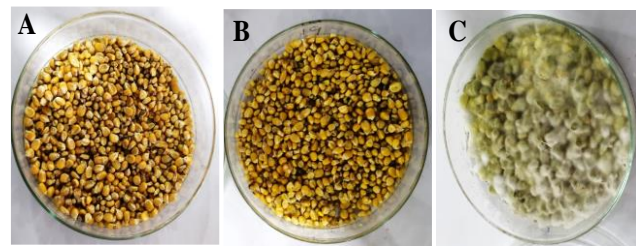


شكل 1. تأثير أفضل التراكيز من اليوريا العادية واليوريا النانوية في تثبيط نمو الفطر *A. flavus*. (A) يوريا عادية تركيز 3%، (B) يوريا نانوية تركيز 2%، (C) الشاهد الغير المعامل.

Figure 1. Effect of the most effective concentration of normal urea and nano-urea on *A. flavus* growth inhibition. (A) Standard urea at 3% concentration, (B) nano-urea at 2% concentration, (C) non-treated control.

الشاهد. وقد تعود كفاءة اليوريا الى كون جزيئات الأفلاتوكسين تمتلك في تركيبها حلقة اللاكتون مما يجعلها أكثر عرضةً للتحلل المائي في المحاليل القاعدية، وتعدّ هذه الخاصية مهمة في عمليات تصنيع الأغذية المتضمنة المعاملة بالقواعد والتي تعمل على خفض نسبة سموم الأفلاتوكسين في المنتجات النهائية، أما إذا كانت الحوامض المستخدمة خفيفة فيمكن أن تعمل على عكس التفاعل وتعيد الأفلاتوكسين إلى شكله الأصلي (Smith et al., 1994).

إن اختزال الأفلاتوكسين B1 في الحبوب الملوثة ربما يعزى إلى قابلية هذه المواد لادمصاص الأفلاتوكسين بتكوين روابط بين المجاميع الفعالة في هذه المواد مع مجاميع أخرى على الأفلاتوكسين تكون مغايرة لها في الشحنة مما يؤدي إلى تحول الأفلاتوكسين إلى مركبات أقل سمية أو إلى اختزال السمّ، إذ تشكل السموم الفطرية خطراً كبيراً بسبب عدم وجود طريقة معتادة ثابتة لتحديد (الرماحي، 2015؛ Dall'Asta et al., 2015). إن اتجاهات البحث الحالية تكمن في البحث عن حلول مبتكرة، ويبدو أن تقانات النانو وسيلة واعدة وفعالة ومنخفضة التكلفة لتقليل الآثار الصحية للسموم الفطرية، وهناك ثلاثة أساليب رئيسية هي: تثبيط الفطر، ادمصاص السموم الفطرية، تقليل التأثير السام عن طريق تفاعل الجسيمات النانوية مع المواد الأخرى (Horky et al., 2018؛ Hussein & Hussein, 2022).



شكل 2. تقييم كفاءة تأثير اليوريا العادية والنانوية في منع الفطر *A. flavus* من إنتاج السمّ في حبوب الذرة الصفراء المخزنة مختبرياً. (A) يوريا عادية تركيز 3%، (B) يوريا نانوية تركيز 2%، (C) الشاهد غير المعامل.

Figure 2. Evaluating the efficiency of the effect of normal and nano-urea in preventing the fungus *A. flavus* from producing toxins in corn seeds stored in the laboratory. (A) standard urea at 3% concentration, (B) nano-urea at 2% concentration, (C) non-treated control.

تقييم كفاءة تأثير اليوريا العادية والنانوية في اختزال السمّ AFB1 في حبوب الذرة الصفراء المخزنة مختبرياً

أظهرت النتائج (جدول 2) أن إضافة اليوريا العادية 3% والنانوية 2% إلى حبوب الذرة الصفراء الملوثة بسمّ AFB1 والمخزنة لمدة 30 يوماً أدت إلى اختزال سمّ الأفلاتوكسين B1 المنتج من الفطر *A. flavus*، وتباينت كفاءة نسب الاختزال المقدره بجهاز الـ HPLC بين العوامل المختبرة إذ بلغت 78.74 و 83.36%، على التوالي مقارنة بمعاملة

Abstract

Hussein, A.H. and H.Z. Hussein. 2024. Effect of Standard and Nano-Urea on the Inhibition of the Fungus *Aspergillus flavus* Growth and Reduction of Aflatoxin B1 Production in the Laboratory. Arab Journal of Plant Protection, 42(2): 184-188. <https://doi.org/10.22268/AJPP-001235>

The results obtained from this study showed that the standard and nano-urea at concentrations 1, 2, and 3% inhibited the growth of *Aspergillus flavus* on PDA medium by 54.90, 72.55 and 100% for normal urea, and 60.78, 100 and 100% for nano-urea, respectively, compared with normal growth in the control treatment. The results obtained also showed that adding the most effective concentrations of normal and nano urea to corn kernels with *A. flavus* and stored for 30 days led to the inhibition of *Aspergillus flavus* growth and reduced aflatoxin production by 73.22 and 78.30%, respectively, as compared to the control treatment. In addition, results showed that adding regular urea at a concentration of 3% and nano-urea at a concentration of 2% to maize grains contaminated with AFB1 and stored for 30 days led to the reduction of aflatoxin B1 production by *A. flavus* by 78.74 and 83.36%, respectively, compared to the control treatment.

Keywords: Maize, Reduction ratio, Inhibition ratio, Nanotechnology, HPLC.

Affiliation of authors: A.H. Hussein^{1*} and H.Z. Hussein². (1) General Seed Company Between the Two Rivers, Ministry of Agriculture, Baghdad, Iraq; (2) Plant Protection Department, Faculty of Agriculture, University of Baghdad, Iraq. *Email of the corresponding author: alia_al_ramahi@yahoo.com

References

الرماحي، عالية هيكل حسين. 2015. كفاءة البكتيريا *Lactobacillus rhamnosus* GG وزيت الصمغ لنبات *Boswellia* sp. في اختزال مستويات الافلاتوكسين B1 في عليقة الطيور. رسالة ماجستير، كلية الزراعة، جامعة بغداد، العراق. 61 صفحة.

[Al-Ramahi, A.H.H. 2015. Efficiency of *Lactobacillus rhamnosus* GG and essential oil of *Boswellia* sp. resin to reduce aflatoxin B1 level in birds diet. M. Sc. thesis, College of Agriculture, University of Baghdad, Iraq. 61 pp. (In Arabic)].

حسين، حليلة زغير وعلي كريم سلومي. 2012. الكشف عن الفطر *Fusarium graminearum* في حبوب الذرة الصفراء وتحديد

المراجع

البلداوي، منير سعيد محسن، حليلة زغير حسين البهادلي وخالد محمد العادل. 2009. فاعلية اليوريا والفاليكس ومساحيق بعض النباتات الطبية في تثبيط نمو نوعين من الفطر اسبيرجيلس في الاوساط الزرعية. مجلة العلوم الزراعية العراقية، 40(2):82-92.

[Al-Baldawi, M.S.M, H.Z.H. Al-Bahadli and K.M. Al-Adel. 2009. Effectiveness of urea, valeix and powders of some medicinal plants in inhibiting the growth of two types of *Aspergillus* fungus in culture media. Iraqi Journal of Agricultural Sciences, 40(2):82-92. (In Arabic)].

- risk of mycotoxins. *Nanomaterials*, 8(9):727.
<https://doi.org/10.3390/nano8090727>
- Hussain, A.H. and H.Z. Hussein.** 2020. Evaluation of *Agaricus* sp. and *Pleurotus* sp. extracts efficiency in *Aspergillus flavus* growth inhibition and aflatoxin B1 reduction. *Systematic Reviews in Pharmacy*, 11(10):564-569.
- Hussein, A.H. and H.Z. Hussein.** 2022. Activity of chitosan polymer in growth *Aspergillus flavus* inhibition and aflatoxin B1 reduction. *Indian Journal of Ecology*, 49(18):566-569.
- Jeevanandam, J., A. Barhoum, Y.S. Chan, A. Dufresne and M.K. Danquah.** 2018. Review on nanoparticles and nanostructured materials: history, sources, toxicity and regulations. *Beilstein Journal of Nanotechnology*, 9:1050-1074. <https://doi.org/10.3762%2Fbjnano.9.98>
- Kah, M., S. Beulke, K. Tiede and T. Hofmann.** 2013. Nanopesticides: state of knowledge, environmental fate, and exposure modeling. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 43(16):1823-1867. <https://doi.org/10.1080/10643389.2012.671750>
- Piva, G., F. Galvano, A. Pietri and A.P.A.R.D. Piva.** 1995. Detoxification methods of aflatoxins. A review. *Nutrition Research*, 15(5):767-776.
[https://doi.org/10.1016/0271-5317\(95\)00042-H](https://doi.org/10.1016/0271-5317(95)00042-H)
- Rustum, I.Y.** 1997. Aflatoxin in food and feed: occurrence, legislation and inactivation by physical methods. *Food Chemistry*, 59(1):57-67.
[https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(96\)00096-9](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(96)00096-9)
- Siloto, E.V., E.F.A. Oliveira, J.R. Sartori, V.B. Fascina, B.A.B. Martins, D.R. Ledoux, G.E. Rottinghaus and D.R.S. Sartori.** 2013. Lipid metabolism of commercial layers fed diets containing aflatoxin, fumonisin, and a binder. *Poultry Science*, 92(8):2077-2083. <https://doi.org/10.3382/ps.2012-02777>
- Smith, E.E., T.D. Phillips, J.A. Ellis, R.B. Harvey, L.F. Kubena, J. Thompson and G. Newton.** 1994. Dietary hydrated sodium calcium aluminosilicate reduction of aflatoxin M1 residue in dairy goat milk and effects on milk production and components. *Journal of Animal Science*, 72(3):677-682.
<https://doi.org/10.2527/1994.723677x>
- Wagacha, J.M. and J.W. Muthomi.** 2008. Mycotoxin problem in Africa: current status, implications to food safety and health and possible management strategies. *International Journal of Food Microbiology*, 124(1):1-12. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2008.01.008>
- Wambugu, P.W., P.W. Mathenge, E.O. Auma and H.A. Van Rheenen.** 2009. Efficacy of traditional maize (*Zea mays* L.) seed storage methods in western Kenya. *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development*, 9(4):1110-11128.
<https://doi.org/10.4314/ajfand.v9i4.43882>
- Zaman, M.S. and E. Owen.** 1990. Effect of calcium hydroxide or urea treatment of barley straw on intake and digestibility in sheep. *Small Ruminant Research*, 3(3):237-248.
[https://doi.org/10.1016/0921-4488\(90\)90041-4](https://doi.org/10.1016/0921-4488(90)90041-4)
- عزلاته المنتجة لسم واختبار فاعلية بعض المركبات في تثبيطه على الوسط الزراعي. *مجلة العلوم الزراعية العراقية*, 102-95:(2)43
- [**Hussein, H.Z. and A.K. Slomy.** 2012. *Detection of Fusarium graminearum in maize seed and determination of isolates producing toxins and compounds against the fungus on culture media. The Iraqi Journal of Agricultural Sciences*, 43(2):95-102. (In Arabic)]
- سلومي، علي كريم. 2007. الكشف عن سم الزيرالينون Zearalenone في الذرة الصفراء واختزال سميته. رسالة ماجستير. كلية الزراعة. جامعة بغداد. 84 صفحة.
- [**Slomy, A.K.** 2007. *Detection of zearalenone toxin in yellow corn and reduction of its toxicity. M.Sc. thesis, Faculty of Agriculture, Baghdad University, Iraq. 84 pp. (In Arabic).*
- مجيد، مجيد علي. 1997. دراسة تأثير اليوريا على الفطر *Aspergillus flavus* والأفلاتوكسين B1 في البلوكات العلفية. رسالة ماجستير، كلية الزراعة، جامعة بغداد، العراق. 40 صفحة.
- [**Ali, M.M.,**1997. *Study of the effect of urea on the fungus Aspergillus flavus and aflatoxin B1 in fodder blocks. M.Sc. thesis. College of Agriculture, University of Baghdad. 40 pp. (In Arabic).*
- Al-Hamiri, K.A.K.A. and H.Z. Hussein.** 2020. Efficacy of normal and nanoscale table salt on inhibiting the growth of fungi *Aspergillus flavus* in the culture medium and reduction the aflatoxin B1 on the stored rice grains. *International Journal of Agricultural and Statistical Sciences*, 16(1):1329-1335.
- Al-Timimi, S.N., T.A. Muhsen and H.Z. Hussain.** 2020. Evaluation of the efficiency of some chemical (fylex), nanoparticles (mgo) and biological factors in inhibiting *Aspergillus flavus*. *Plant Archives*, 20(2):7345-7351.
- Ashraf, U., M.N. Salim, S.H.E.R. Alam, K.H.A.N. Aqil, P.A.N. Shenggang and T.A.N.G. Xiangru.** 2016. Maize growth, yield formation and water-nitrogen usage in response to varied irrigation and nitrogen supply under semi-arid climate. *Turkish Journal of Field Crops*, 21(1):87-95.
<https://doi.org/10.17557/tjfc.93898>
- Chulze, S.N.** 2010. Strategies to reduce mycotoxin levels in maize during storage:a review. *Food Additives and Contaminants, Part A, Chemistry, Analysis, Control, Exposure and Risk Assessment*. 27(5):651-657.
<https://doi.org/10.1080/19440040903573032>
- Dall'Asta, C. and F. Berthiller.** 2015. *Masked Mycotoxins in Food: Formation, Occurrence and Toxicological Relevance (1st edition)*. Royal Society of Chemistry, Great Britian. 224 pp.
- Davari, M.R., S. Bayat Kazazi and O. Akbarzadeh Pivezhani.** 2017. *Nanomaterials: Implications on Agroecosystem*. Pages 59-71. In: *Nanotechnology*. R. Prasad, M. Kumar and V. Kumar (eds.). Springer, Singapore.
https://doi.org/10.1007/978-981-10-4573-8_4
- Horky, P., S. Skalickova, D. Baholet and J. Skladanka.** 2018. Nanoparticles as a solution for eliminating the

Received: August 4, 2022; Accepted: July 19, 2023

تاريخ الاستلام: 2022/8/4؛ تاريخ الموافقة على النشر: 2023/7/19