

تأثير إضافة السيليكات النانوية في تلاشي مبيد الأعشاب/الأدغال جلايفوسات في الماء

وسن صاحب عطية الثرواني^{*}، مشتاق طالب محمد علي واستبرق محمد عبد الرضا

كلية الزراعة، جامعة كربلاء، العراق.

البريد الإلكتروني للباحث والمراسل: wasan.s@s.uokerbala.edu.iq

الملخص

الثرواني، وسن صاحب، مشتاق طالب محمد علي واستبرق محمد عبد الرضا. 2024. تأثير إضافة السيليكات النانوية في تلاشي مبيد الأعشاب/الأدغال

جلايفوسات في الماء. مجلة وقاية النبات العربية، 42(2): 255-259. <https://doi.org/10.22268/AJPP-001231>

أجريت الدراسة خلال الموسم الزراعي 2022-2023 بهدف تقدير متبقيات المبيد Tiller (جلايفوسات SL48%) في الماء مع استخدام السيليكات النانوية المحبة للماء كعامل امتزاز. لوحظ من دراسة متبقيات مبيد الجلايفوسات لمدة 15 يوماً وبثلاثة تراكيز: 10، 15 و 20 مل/ليتر ماء، احتواء الماء المعامل على تركيز عالٍ من المبيد بعد المعاملة، حيث سجل 3520، 5600 و 7955 مغ/ليتر، على التوالي، ثم بدأ تركيز المبيد بالانخفاض مع مرور الوقت لحين بلوغه 1203 مغ/ليتر في اليوم العاشر، بعدها لم يتحسس جهاز HPLC لأي تركيز من المبيد في اليوم الخامس عشر. أوضحت نتائج دراسة استخدام السيليكات النانوية كعامل في إزالة مبيد الجلايفوسات من الماء، أن التركيز 200 مغ/ليتر حقق أعلى معدل في إزالة المبيد، ونسبة مئوية بلغت 89.37 متفوقاً على التراكيز الأخرى (100 و 150 مغ/ليتر) والتي حققت نسبة إزالة بلغت 63.45 و 82.87%، على التوالي.

كلمات مفتاحية: جلايفوسات، متبقيات، السيليكات النانوية، الامتزاز.

المقدمة

يعدّ الادمصاص من أكثر العمليات الواعدة وأكثرها كفاءة في إزالة الأثر المتبقي للمبيدات في المياه نظراً للتكلفة المنخفضة والأداء العالي وسهولة الاستخدام (Zhou et al., 2017). ولأهمية مبيد الجلايفوسات في مكافحة الأعشاب/الأدغال ولكثرة استخدامه، اهتم الكثير من الباحثين والمختصين في إجراء دراسات حول آلية ادمصاص المبيد في الماء باستخدام مواد لادمصاصه (Sophiphun et al., 2022). ومن أكثر المواد المستخدمة في ادمصاص الملوثات المائية هو الكربون كما ذكر في عدد من الدراسات، إلا أنه مكلف ويصعب تجديد المادة الماصة فيه (Mojiri et al., 2020). لذلك اقترحت بعض الدراسات استخدام السيليكات النانوية غير المتبلورة وهي مادة بديلة لامتزاز الجلايفوسات، وقد أثبتت الدراسات قدرتها على امتزاز المبيد وهي غير مكلفة وسريعة ويمكن تحضيرها والحصول عليها بسهولة (Chindaprasirt et al., 2020). لذا هدف هذا البحث إلى دراسة تأثير إضافة السيليكات النانوية في تلاشي مبيد الأعشاب/الأدغال جلايفوسات في الماء كعامل امتزاز لإزالة المبيد.

مواد البحث وطرائقه

استخدم في هذه الدراسة تسع مواد من مصادر مختلفة (جدول 1).

يعدّ الجلايفوسات مبيد أعشاب/أدغال جهازي غير انتقائي ويكون على هيئة سائل مركز قابل للذوبان في الماء، الاسم الشائع له هو Glyphosate-Isopropylammonium. يعود مبيد الجلايفوسات إلى مجموعة المبيدات الفسفورية العضوية واسمة الكيميائي N-phosphonomethylglycine (البريدي وآخرون، 2016؛ السعدي، 2009) يستعمل لمكافحة جميع الأعشاب/الأدغال الضارة الحولية والمعمرة رفيعة وعريضة الأوراق في البساتين والأراضي الزراعية وقنوات الري والصرف وكذلك جوانب الطرق كالحلفاء والقصب والبردي. كما يستخدم على نطاق واسع في حماية المحاصيل من الأعشاب الضارة كالثلث و السعد (Singh et al., 2020). أدت زيادة استخدام الجلايفوسات بشكل متكرر وغالباً بجرعات أعلى من الموصى بها إلى تراكم كميات كبيرة وزائدة في التربة وبالتالي وصوله إلى المياه الجوفية ومياه المنازل عن طريق غسل التربة بالأمطار (Jayasumaua, Duke, 2018). وعليه، فإن تلوث مياه الشرب بهذا المبيد أمر محتمل ويجب الحذر منه، لذلك اتبعت العديد من التقنيات والطرائق لتقليل أثره المتبقي في الماء (Rathi & Kumar, 2021).

Table 1. Materials used in this study and their origin.

الشركة المصنعة	Origin	المنشأ	Materials used*	المواد المستخدمة*
ASTRACHEM	KSA	المملكة العربية السعودية	Tiller 480SL	تيلر 48% مركز معلق
US Research Nano., Inc.	USA	الولايات المتحدة الأمريكية	Silica nanoparticles	السليكا النانوية
Merck	Germany	ألمانيا	Magnesium Sulphate	سلفات المغنيزيوم
Merck	Germany	ألمانيا	Sodium molybdate 5%	مولبيدات الصوديوم 5%
Merck	Germany	ألمانيا	Sodium chloride	كلوريد الصوديوم
Merck	Germany	ألمانيا	Trisodium citrate dehydrate	سترات الصوديوم ثنائي هيدرات
Merck	Germany	ألمانيا	Disodium hydrogen citrate	سيترات الهيدروجين ثنائي الصوديوم
Merck	Germany	ألمانيا	Acetonitrile	أسيتونتريل
Merck	Germany	ألمانيا	Ninhydrin 5%	نيهايدين 5%

* All materials are imported except Tiller 480SL from the Local market.

* جميع المواد مستوردة عدا تيلر 48% من السوق المحلية.

حسبت كفاءة الاسترجاع للمبيد من خلال أخذ ثلاثة تراكيز: 1، 5

و 10 جزء بالمليون، وبذلك كانت نسبة الاسترداد 88.1، 98.4 و 97.4% للتراكيز الثلاثة، على التوالي، وحسب المعادلة:

$$\text{كفاءة الاسترجاع (\%)} = \frac{\text{المتبقي}}{\text{الكلي}} \times 100$$

تقدير متبقيات مبيد الجلایفوسات

أجري الكشف والتحليل للكشف عن بقايا مبيد الجلایفوسات في عينات الماء المعاملة. تم الحصول على المادة القياسية لمبيد الجلایفوسات من قبل الشركة المنتجة استراكيم. استخدم جهاز كروموتوغرافيا السائل عالي الكفاءة (HPLC SYKAMN) ألماني المنشأ.

استخدام السيليكا النانوية المحبة للماء كعامل امتزاز لإزالة المبيد

تحضير المنحنى القياسي

تم تحضير المنحنى القياسي للجلایفوسات باستخدام المادة القياسية المتحصل عليها من شركة استراكيم السعودية، حضرت تراكيز مختلفة هي 5، 10، 20، 25، 30 و 35 جزء بالمليون. أضيف لكل تركيز من التراكيز المحضرة 1 مل من مادة Ninhydrin بتركيز 5% و 1 مل من مولبيدات الصوديوم 5%. حُصِّن الخليط في الحمام المائي عند حرارة 100°س لمدة 5 دقائق، ثم تركت لتبرد بدرجة الحرارة ومن بعدها تمت قراءة الامتصاصية بجهاز المطياف الضوئي EMC-11-UV عند موجة 570 نانوميتر (Sen & Mondal, 2020) (شكل 1).

زمن الاتزان

قُدِّر زمن الاتزان وذلك بتجهيز 8 أنابيب بلاستيكية وضع في كل منها 2 مل من المبيد بتركيز 30 مغ/مل و 1 مل 5% Ninhydrin و 1 مل Sodium molybdate 5% و 1 مل Silica، ثم نقلت الأنابيب البلاستيكية إلى حمام مائي 100°س لمدة 15 دقيقة.

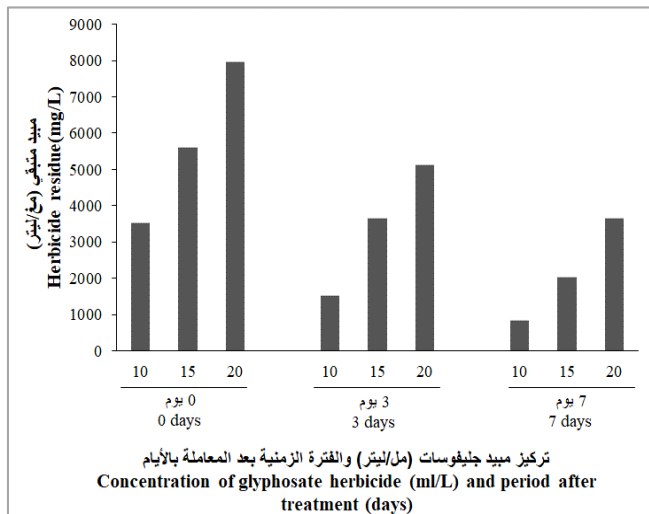
دراسة تقدير متبقيات مبيد الجلایفوسات في الماء

أجريت دراسة مختبرية باستخدام أحواض ذات أبعاد 40×30×30 سم تحتوي على ماء درجة حموضته 7.2 ودرجة ملوحته 4. أضيف مبيد الجلایفوسات تيلر 48% مركز ذواب بالماء وواقع ثلاثة تراكيز في أحواض الماء هي 10، 15 و 20 مل/لتر ماء من المستحضر التجاري وهي التراكيز الموصى بها من قبل الشركة المصنعة بالإضافة إلى معاملة الشاهد بالماء فقط. تم أخذ العينات قبل المعاملة وبعد المعاملة مباشرة وبعد 3، 7، 10 و 15 يوم من المعاملة. حفظت العينات في أنابيب بلاستيكية في المجمدة عند حرارة -20°س لحين إجراء عملية الاستخلاص بعد 48 ساعة.

الاستخلاص

أخذ 10 مل من الماء المعامل بمبيد الجلایفوسات وضعت في أنبوبة بلاستيكية من البولي بروبيلين (polypropylene). أجريت عملية الاستخلاص بإضافة 10 مل من acetonitrile، تم رجه جيداً لمدة دقيقة واحدة بعدها أضيفت أملاح سلفات المغنيزيوم 0.2±4 غ، كلوريد الصوديوم 0.05±1 غ، سترات الصوديوم ثنائي هيدرات 0.05±1 غ وسيترات هيدروجين ثنائي الصوديوم 0.03±0.5 غ. بعدها نقل الخليط إلى جهاز الطرد المركزي بغرض الفصل. نقل ما لا يقل عن 8 مل من المستخلص إلى الأنبوبة ووضع في الثلاجة لمدة ساعة، بعدها أخرجت وتركت لحين ذوبان المستخلص، ثم أخذ منه 6 مل ونقل إلى الأنبوبة البلاستيكية التي تحتوي على 150 مغ من primary secondary amine و 900 مغ من سلفات المغنيزيوم (MgSO₄). تم رج الأنبوب جيداً بقوة لمدة دقيقة واحدة لغرض التنظيف والتقليل من تلوث الجهاز. نقل المستخلص النهائي إلى أنبوبة محكمة الغلق وحفظت في المجمدة لحين إجراء التحليل (Alexa et al., 2008).

مسجلة 356، 852 و 1203 مغ/ليتر، على التوالي، وبعدها عند اليوم الخامس لم يتحسس جهاز HPLC لأي تركيز من التراكيز المستخدمة في معاملة الماء.



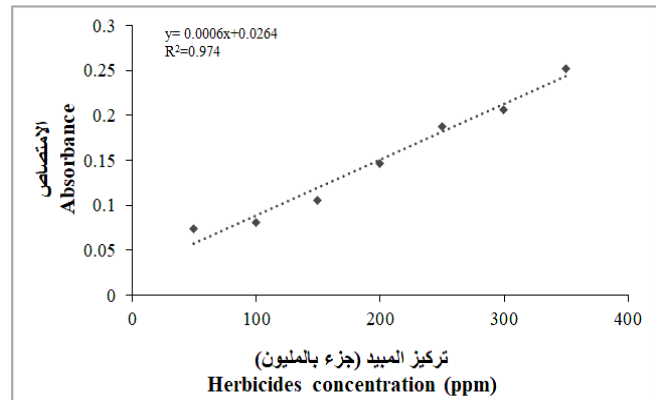
شكل 2. تلاشي بقايا مبيد Glyphosate مغ/ليتر في الماء مع مرور الزمن باستعمال ثلاثة تراكيز منه.

Figure 2. Reduction of glyphosate residues (mg/L) with time in water using three different concentrations.

يملك مبيد الجلايفوسات قابلية عالية للذوبان في الماء ويعدّ غير ثابت، حيث أشارت دراسات سابقة أن قيمة DT_{50} (الوقت اللازم لتبديد 50% من التركيز الأولي) بلغت من 1.1 إلى 13.7 يوماً تحت الظروف المختبرية والحقلية (PPDB, 2022). تؤكد دراستنا أن متبقيات مبيد الجلايفوسات في الماء كانت أعلى نسبياً مع مرور الوقت مع معاملة التربة بسبب أن الجلايفوسات يمتاز بقابلية الذوبان بالماء وتتركز متبقياته في رشح الماء.

وجد Evandro *et al.* (2017) في دراسة أجريت لقياس متبقيات مبيد الجلايفوسات في أحواض الماء النظيفة والأخرى الموبوءة بعشب زنبق الماء عند التركيز الموصى به (7 ليتر/هكتار) حيث قدرت مدة تلاشي المبيد بـ 12 يوماً في الأحواض النظيفة و 32 يوماً في الأحواض التي تحتوي على زنبق الماء. كما أجرى Bandana *et al.* (2015) دراسة لتحديد تلاشي بقايا مبيد الجلايفوسات المستخدم على ثلاثة مستويات من الجرعات في محصول الشاي في شمال غرب الهيمالايا في الهند على موسمين متتاليين، حيث استمر وجود الجلايفوسات في التربة لمدة تصل إلى 30، 45 و 60 يوماً عند تراكيز بلغت 0.5، 1 و 2 ليتر/هكتار، على التوالي، وتراوحت قيم DT_{50} للجلايفوسات من 5.80 إلى 19.10 يوماً في تربة حقول الشاي.

وضعت الأنابيب البلاستيكية في جهاز الطرد المركزي بواقع 85 دورة/دقيقة لمدة 15 دقيقة، ومن ثم تمت فلتره السائل والتخلص من الراسب ومن بعدها تقدير الامتصاصية بجهاز المطياف الضوئي عند موجة 570 نانومتر. وهكذا لبقية الأنابيب البلاستيكية وحسب الزمن المخصص لكل منها (Carneiro *et al.*, 2015).



شكل 1. المنحنى القياسي للكشف عن مبيد الجلايفوسات.

Figure 1. Standard curve for glyphosate detection.

امتزاز المبيد باستخدام السليكا النانوية المحبّة للماء

تم تحضير ثلاثة تراكيز من السليكا النانوية المحبة للماء 100، 150 و 200 مغ/ليتر. تمت إضافة 1 مل من كل تركيز إلى 2 مل من المبيد و 1 مل 5% Ninhydrin و 1 مل مولبيدات الصوديوم 5% ثم نقلت إلى حمام مائي عند حرارة 100°س لمدة 5 دقائق ومن بعدها نقلت إلى جهاز هزّ الأنابيب لمدة 50 دقيقة (زمن الاتزان)، ومن بعدها خضعت الأنابيب البلاستيكية للطرّد المركزي بواقع 85 دورة دقيقة لمدة 15 دقيقة، ومن ثم تمت فلترتها وإهمال الراسب، وبعدها حسب الامتصاصية بجهاز المطياف الضوئي عند طول موجة 570 نانومتر. طبقت المعادلة أدناه لمعرفة النسبة المئوية للمبيد المزال (Asouhidou *et al.*, 2009):

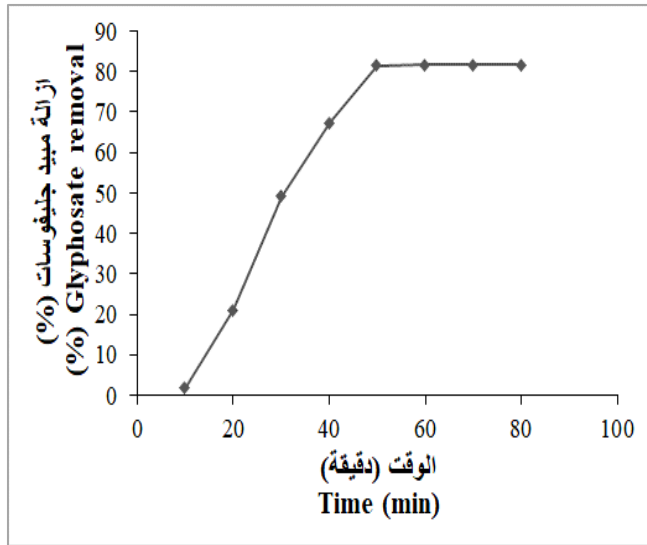
$$\text{المبيد المزال \%} = \frac{\text{التركيز الأولي} - \text{التركيز بعد الامتصاص}}{\text{التركيز الأولي}} \times 100$$

النتائج والمناقشة

تقدير متبقيات مبيد الجلايفوسات في الماء

أظهرت نتائج دراسة تقدير متبقيات مبيد الجلايفوسات في الماء أن التراكيز الثلاثة المستخدمة 10، 15 و 20 مل/ليتر ماء سجلت 3520، 5600 و 7955 مغ/ليتر، على التوالي، بعد المعاملة مباشرة، ثم بدأ تركيز المبيد بالانخفاض بمرور الوقت لحين الوصول إلى 822، 2011 و 3652 مغ/ليتر على التوالي، في اليوم السابع بعد المعاملة بالسليكا النانوية (شكل 2). كما لوحظ أن التراكيز قد انخفضت في اليوم العاشر

بسبب وجود بروتونات والكاتيونات سطحية تعمل كمضيف فعال للمواد الكيميائية وتسهل امتزازها (Alorabi *et al.*, 2020). وجد Boruah *et al.* (2017) في دراسة أجريت لامتزاز 5 مبيدات أعشاب/أدغال (Simazine، Atrazine، Ametryn، Prometryn و Fe₃O₄ nanocomposite) من الوسط المائي بواسطة حيث بينت النتائج أنه كان للمركب النانوي أداءً ممتاز في امتصاص المبيدات الخمسة مسجلاً فاعلية امتزاز بلغت 93.6%. كما أشار Bagheini *et al.* (2018) أن استخدام السيليكا النانوية المغلفة حققت إزالة للمبيد الحشري ديازونون بنسبة بلغت 84% بعد 30 دقيقة.



شكل 3. تقدير زمن الاتزان لإزالة المبيد العشبي جلايفوسات باستخدام السيليكا النانوية.

Figure 3. Estimation of equilibrium time for the removal of the herbicide glyphosate by using silica nanoparticles.

استخدام السيليكا النانوية المحبة للماء كعامل امتزاز لإزالة المبيد. بينت النتائج (جدول 2 وشكل 3) أن التراكيز بعد 50 دقيقة عند الاتزان يحدث فيها ثبات نسبي، ويواكبها ثبات قيم النسبة المئوية لكفاءة الامتزاز، حيث حققت الفترة 50 دقيقة أفضل زمن اتزان في إزالة المبيد وبلغ 81.55%. أشارت النتائج أن زمن الاتزان يبدأ بعد 50 دقيقة من بدء عملية الامتزاز للسيليكا النانوية المحبة للماء وأن هذا الثبات يعود إلى عدم وجود مواقع امتزاز غير مشغولة على سطح المادة النانوية.

جدول 2. تقدير زمن الاتزان لامتزاز المبيد جلايفوسات بواسطة السيليكا النانوية.

Table 2. Estimation of adsorption equilibrium time for the herbicide glyphosate by silica nanoparticles.

النسبة المئوية لإزالة الجلايفوسات Glyphosate removal (%)	تركيز الجلايفوسات (جزء بالمليون) Glyphosate concentration (ppm)	الوقت (دقيقة) Time (min)
1.71	344	10
20.98	276.56	20
49.05	178.34	30
67.26	114.58	40
81.55	64.56	50
81.56	64.55	60
81.59	64.45	70
81.59	65.48	80

أوضحت نتائج دراسة استخدام السيليكا النانوية كعامل في إزالة مبيد الجلايفوسات في الماء أن التركيز 200 مغ/ليتر حقق أعلى معدل في إزالة المبيد وبنسبة بلغت 89.37% متفوقاً على التراكيز الأخرى 100 و 150 مغ/ليتر والتي حققت نسبة إزالة 63.45 و 82.87%، على التوالي. ينشأ الأداء التحفيزي الكبير للجسيمات النانوية بشكل أساسي

Abstract

Al-Tharwani, W.S., M.T. Mohammadali and I.M. Abd al-Ridha. 2024. The Effect of Silica Nanoparticles Addition on Removal of Glyphosate Residue from Aqueous Solutions. Arab Journal of Plant Protection, 42(2): 255-259. <https://doi.org/10.22268/AJPP-001231>

The aim of this study was to evaluate herbicide Tiller 48% SL (Glyphosate) residues in aqueous water by using silica nanoparticles as adsorption agent to remove glyphosate from aqueous solutions. Results obtained showed that when three concentrations of 10, 15 and 20 ml/L water were used, glyphosate concentration determined immediately after treatment was 3520, 5600 and 7955 mg/L, respectively. The concentration of the herbicide decreased with time and reached 1203 mg/L on the tenth day after treatment. No residues were detected by HPLC 21 days after treatment. The results of the study of the use of Nano-silica as an agent for the removal of glyphosate in aqueous solutions showed that the concentration 200 mg/L nano-silica achieved the highest rate of herbicide removal of 89.37%, outperforming the other two concentrations of 100 and 150 mg/L, which achieved 63.45 and 82.87% removal, respectively.

Keywords: Glyphosate, residues, silica nanoparticles, adsorption.

Affiliation of authors: W.S. Al-Tharwani*, M.T. Mohammadali and I.M. Abd al-Ridha, Department of Plant Protection, College of Agriculture, University of Kerbala, Iraq. *Email address the of corresponding author: wasan.s@s.uokerbala.edu.iq

- using biopolymer membranes. *Journal of Environmental Management*, 151:353-360.
<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2015.01.005>
- Chindaprasirt, P. and U. Rattanasak.** 2020. Eco-production of silica from sugarcane bagasse ash for use as a photochromic pigment filter. *Scientific Reports*, 10:9890. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-66885-y>
- Duke, S.O.** 2018. The history and current status of glyphosate. *Pest Management Science*, 74(5):1027-1034. <https://doi.org/10.1002/ps.4652>
- Evandro L.C., L.F. Luiz, T. Fi. José, D.V. Edivaldo, M.S. Luis and R.M. José.** 2017. Half-life of glyphosate on the control of water hyacinths in water tanks. *Journal of Water Resource and Protection*, 9(5):470-481.
<https://doi.org/10.4236/jwarp.2017.95030>
- Jayasumana, C., S. Gunatilake and P. Senanayake.** 2014. Glyphosate, hard water and nephrotoxic metals: are they the culprits behind the epidemic of chronic kidney disease of unknown etiology in Sri Lanka? *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 11(2):2125-2147.
<https://doi.org/10.3390/ijerph110202125>
- Mojiri, A., J.L. Zhou, B. Robinson, A. Ohashi, N. Ozaki, T. Kinsaichi, H. Farraji and M. Vakili.** 2020. Pesticides in aquatic environments and their removal by adsorption methods. *Chemosphere*, 253:126646.
<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.126646>
- Rathi, B.S. and P.S. Kumar.** 2021. Application of adsorption process for effective removal of emerging contaminants from water and wastewater. *Environmental Pollution*, 280:116995.
<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.116995>
- Sen, K. and N.K. Mondal.** 2020. Facile fabrication of aminofunctionalized silicon flakes for removal of organophosphorus herbicide: in silico optimization. *Water Conservation Science and Engineering*, 5:67-80.
<https://doi.org/10.1007/s41101-020-00085-7>
- Singh, S., V. Kumar, J.P. Gill, S. Datta, S. Singh, V. Dhaka, D. Kapoor, A.B. Wani, M. Kumar, L.S. Harikumar and J. Singh.** 2020. Herbicide glyphosate: toxicity and microbial degradation. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(20):7519 .
<https://doi.org/10.3390/2Fijerph17207519>
- Sophiphun, O., C. Sontichai and L. Chanakan.** 2022. Evaluation of synthesis method of Fe loaded amorphous silica on the adsorption of glyphosate. *Current Applied Science and Technology*, 23(3):1-12.
<https://doi.org/10.55003/cast.2022.03.23.013>
- Zhou, C., D. Jia, X. Liu and C. Li.** 2017. Removal of glyphosate from aqueous solution using nanosized copper hydroxide modified resin: equilibrium isotherms and kinetics. *Journal of Chemical and Engineering Data*, 62(10):3585-3592.
<https://doi.org/10.1021/acs.jced.7b00569>
- البريدي، فهد بن حمد وماجد بن سعود الفهيد و ابراهيم عبد الله الحسون و عبد العزيز عبد علي الطبشي. 2016. الصفحات 307-308 في كتاب دليل المبيدات الزراعية في المملكة العربية السعودية.
- [*Al-Baridi, F.B.-H., M.B.-S. Al-Fuhaid, I.A. Al-Hassoun and A.A.A. Al-Tabashi.* 2016. Pages. 307-308 In: *Agricultural Pesticides Guidebook, Kingdom of Saudi Arabia. (In Arabic).*]
- السعدي، كريم عبيد حسن. 2009. تحليل مبيد الجلايفوسات بيكتريا *Pseudomonas aeruginosa* ومساره الحركي في التربة. أطروحة ماجستير، كلية الزراعة، جامعة بغداد، العراق. 149 صفحة.
- [*Al-Saadi, Karim Obaid Hassan.* 2009. *Analysis of the glyphosate pesticide with Pseudomonas aeruginosa and its kinetic pathway in the soil. M.Sc. Thesis, College of Agriculture, University of Baghdad, Iraq. 149 pp. (In Arabic).*]
- Alexa, E., M. Häfner, N. Monica and A. Lazureanu.** 2008. HPLC and GC determination of glyphosate and aminomethylphosphonic acid (AMPA) in water samples. Pages: 100-105 In: *Proceedings of the International Symposium on Agriculture. February 14-18, 2011, Opatija, Croatia.*
- Alorabi, A. Q., M.S. Hassan and M. Azizi.** 2020. Fe₃O₄-CuO activated carbon composite as an efficient adsorbent for bromophenol blue dye removal from aqueous solutions. *Arabian Journal of Chemistry*, 13(11):8080-8091.
<https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2020.09.039>
- Asouhidou, D., K.S. Triantafyllidis, N.K. Lazaridis and K.A. Matis.** 2009. Adsorption of remazol Red 3BS from aqueous solutions using APTES- and cyclodextrin-modified HMS type mesoporous silicas. *Colloids and Surfaces. A, Physicochemical and Engineering Aspects*, 346(1-3):83-90.
<https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2009.05.029>
- Bagheini, A., M. Saeidi, N. Boroomand.** 2018. Removal of diazinon pesticide using amino-silane modified magnetite nanoparticles from contaminated water. *International Journal of Nanoscience and Nanotechnology*, 14(1):19-32.
- Bandana B., S. Neelam, J. Robin, G. Ashu, S. Shobha.** 2015. Dissipation kinetics of glyphosate in tea and tea-field under northwestern mid-hill conditions of India. *Journal of Pesticide Science*, 40(3):82-86.
<https://doi.org/10.1584/jpestics.D14-085>
- Boruah, P., B. Sharma, N. Hussain and M. Das.** 2017. Magnetically recover-able Fe₃O₄/graphene nanocomposite towards efficient removal of triazine pesticides from aqueous solution: Investigation of the adsorption phenomenon and specific ion effect. *Chemosphere*, 168:1058-1067.
<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2016.10.103>
- Carneiro, R.T., T.B. Taketa, R.J.G. Neto, J.L. Oliveira, E.V. Campos, M.A. de Moraes and L.F. Fraceto.** 2015. Removal of glyphosate herbicide from water