Iraqi Journal of Science

التأثير الاليلوباثي لأفرازات جذور صنفين من زهرة الشمس في الأدغال المرافقة

اروى عبد الكريم توفيق*[1] و ابراهيم شعبان السعداوي[2]

[1] قسم علوم الحياة ، كلية العلوم للبنات ، جامعة بغداد ، بغداد ، العراق.

[2] قسم علوم الحياة ، كلية العلوم ، جامعة بغداد ، بغداد ، العراق.

الخلاصة :

درس تأثير افرازات جذور صنفين من زهرة الشمس (شموس و سن الذيب) في الادغال المرافقة لنموهما في الحقل في الموسم الصيفي للعام 2012 ، اظهرت النتائج قدرة الصنفين على التأثير في الادغال الكلية وتفوق ملحوظ للصنف شموس في تأثيره في العدد الكلي للادغال بعد 60 و 120 يوما من الزراعة. كما اختزل الوزن الجاف للادغال بنسبة 90 و 71% لصنفي شموس وسن الذيب على التوالي . واكدت نتائج تجربة منظومة الدرج التاثيرات التثبيطية للصنفين في نمو دغل عرف الديك *Amaranthus retroflexus* مقارنة بمعاملة المقارنة وتفوق واضح في القدرة التثبيطية للصنف شموس على سن الذيب.

وبينت نتائج التحليل بجهاز الكروموتوكرافي السائل عالي الاداء وجود تسعة مركبات في افرازات جذور الصنف سن الذيب وثمانية في الصنف شموس وجميعها ذات طبيعة فينولية مع تباين نسب هذه المواد بين الصنفين المدروسين. وان اغلب المركبات المعزولة كانت موجودة بنسب عالية في الصنف شموس مقارنة بالصنف سن الذيب. واغلب المركبات المعزولة معروفة بقدرتها التثبيطية لانبات ونمو النباتات وبضمنها الادغال. وكان المجموع الكلي للفينولات المعزولة في الصنف شموس ضعف ما هو في الصنف سن الذيب.

Allelopathic Effect of Root Exudates of Two Sunflower Cultivars on Companion Weeds

Arwa A. Tawfiq*[1] and Ibrahim S. Alsaadawi[2]

[1]Department of Biology, College of Science for Women, University of Baghdad, Baghdad, Iraq
[2]Department of Biology, College of Science, University of Baghdad, Baghdad, Iraq

Abstract

The effects of root exudates of two sunflower cultivars (Shumoose and Sin Altheeb) were studied on companion weeds during the growing season of 2012. Results showed the ability of both cultivars to affect weed population and growth with the superiority of cultivar Shumoose in suppression of weed density at 60 and 120 days after sowing compared to Sin Altheeb. Weed biomass was significantly reduced up to 90 and 71% by Shumoose and Sin Altheeb cultivars, respectively. Stair case experiment indicated that root exudates of Shumoose cultivar showed more suppression to weeds than Sin Altheeb giving additional evidence for the superiority of Shumoose cultivar in its allelopathic weed suppression. Chemical analysis by High performance liquid chromatography indicate the presence of nine compounds in root exudates of Sin Altheeb and eight compounds in Shumoose, and all are Phenolic in nature with differential concentrations between these cultivars.

*E.mail: arwa_abdulkareem@yahoo.com

Most of the isolated chemicals known for their inhibiting ability for germination and growth of plants, including weeds. Total of the isolated phenolics was doubled in Shumoose than in Sin Altheeb.

Keywords: Allelopathy, sunflower cultivars, root exudates, companion weeds.

المقدمة

يطلق مصطلح الاليلوباثي على جميع التداخلات البيوكيميائية بين النباتات وبضمنها الاحياء المجهرية ، ويشمل التاثيرات السلبية والايجابية [1] ، وتحدث هذه الظاهرة من خلال ما يطرحه النبات الاليلوباثي الى البيئة من مركبات ايض ثانويةِ allelochemicals بطرائق مختلفة مثل افرازات الجذور root exudation والتطاير volatilization والغسل leaching بفعل الامطار وتحلل مخلفات النبات plant residues decomposition في التربة بفعل الاحياء المجهرية [2]. وتلعب هذه الظاهرة دورا مهما في الانظمة البيئية الطبيعية natural ecosystems والزراعية agricultural ecosystems [3] . ومن الجدير بالذكر ان النباتات الاليوباثية لا يقتصر وجودها على الادغال وانما يشمل المحاصيل والنباتات المائية وغيرها من الانواع في المملكة النباتية.

لقد قاد التعرف على وجود هذه الظاهرة في المحاصيل الزراعية الى تسليط الضوء على امكانية استغلالها في السيطرة الاحيائية على الافات الزراعية المختلفة ، فقد انصبت جهود حثيثة على امكانية استخدام المحاصيل الاليلوباثية المختلفة في ادارة الادغال وابتكار الستراتيجيات لهذا الغرض بهدف تقليل الاعتماد على المبيدات الكيميائية المضرة للبيئة والصحة، فضلا عن امكانية تطورالمقاومة للادغال وظهور سلالات منها مقاومة للمبيدات [4-6]. ولتحقيق ذلك باشر العديد من الباحثين في التحري عن الاصناف الزراعية ذات الجهد الاليلوباثي العالي كخطوة اولى على طريق استخدام الجهد الاليلوباثي في مكافحة الادغال، وفعلا تم الحصول على اصناف من الرز [7] والحنطة [8] والذرة البيضاء [9-11] وغيرها من المحاصيل ذات جهد اليلوباثي عالي. وغالبا ما يتم ذلك بتجارب تحت ظروف المختبر والبيت الزجاجي، كما يتم احيانا من خلال الملاحظات الحقلية التي تؤيد لاحقا بتجارب مختبرية [12] .

تعد زهرة الشمس من المحاصيل المعروفة بفعاليتها الاليلوباثية العالية [13] ولها تأثير كبير في المحاصيل والادغال [13-19] ، وتحتوي على نسب عالية من المركبات الفينولية والتربينية [20] ، مع وجود تباين بين اصنافه في الجهد اللاليلوباثي [21] ، وقد تم عزل العديد من هذه المركبات الكيميائية من مخلفات هذا المحصول [21,18] .

لقد اشارت الملاحظات الحقلية الى وجود تباين واضح في اعداد الادغال ونموها تحت صنفين من زهرة الشمس وهما شموس وسن الذيب مزروعين بمساحات متجاورة وبنفس الوقت ، اذ كانت اعداد الادغال ونموها افضل تحت سن الذيب مقارنة بشموس. وان الملاحظات على نمو المحصولين لا تشير الى وجود تباين واضح في الكتلة الحيوية وارتفاع المحصولين، الامر الذي يشير الى امكانية وجود اختلاف في الجهد الاليلوباثي بينهما، ولفحص ذلك الافتراض ولاهمية هذا الموضوع في امكانية استغلال الصنف عالي الجهد الاليلوباثي في مكافحة الادغال، نفذت مجموعة من التجارب لتحديد الجهد الاليلوباثي لافرازات الصنفين في الادغال المرافقة و تشخيص وتقدير المركبات الاليلوباثية في تلك الافرازات .

المواد وطرائق العمل

التجربة الحقلية

اجريت التجربة الحقلية في كلية العلوم ، جامعة بغداد في الموسم الربيعي للعام 2012 لتقييم الجهد الاليلوباثي لصنفي زهرة الشمس شموس وسن الذيب في الادغال المرافقة. تمت تهيئة الحقل للزراعة بإجراء عمليات الحراثة والتنعيم والتعديل، ثم قسم الحقل الى الواح بابعاد 4 × 4 م . زرعت البذور يدوياً في الالواح المعدة لها بتاريخ 2012/2/28 على شكل خطوط المسافة بينها 75 سم وفي جور المسافة بين جورة واخرى 30 سم . اضيف السماد الفوسفاتي دفعة واحدة عند الزراعة وبمعدل240 كغم / هكتار ، و واضيف سماد اليوريا (46% نتروجين) بثلاث دفعات متساوية بمعدل80 كغم / هـ عند الزراعة وبعد 6 اسابيع وعند بداية التزهير [21] ، وكانت الالواح تسقى دورياً وحسب الحاجة .

اخذت قياسات الادغال المرافقة مرتين بعد 60 و 120 يوما (عند مرحلة النضج الفسيولوجي للمحصول) وذلك بتشخيص وحساب عدد الادغال الموجودة في متر مربع في منتصف الوحدة التجريبية ، واستعمل لذلك مربع خشبي مساحته متر مربع تم اسقاطه عشوائيا في الوحدة التجريبية .

قياس نسبة التثبيط % : حسبت النسبة المئوية للتثبيط في عدد الادغال ووزنها الجاف وفق المعادلة الاتية [22] :

$$\text{النسبة المئوية للتثبيط \%} = 100 - \frac{A}{B} \times 100$$

A = عدد الادغال او وزنها الجاف في المعاملة المدغلة B = عدد الادغال او وزنها الجاف في معاملة السيطرة

الاختبار الاحيائي لافرازات الجذور

اجريت هذه التجربة في البيت البلاستيكي باستعمال منظومة الدرج Stair case system [23] لاختبار الجهد الاليلوباثي لافرازات الصنفين المدروسين ضد دغل عرف الديك *Amaranthus retroflexus* وهو احد الادغال المرافقة للمحصول في الحقل ، اذ تم في هذه التجربة استبعاد المنافسة بينهما على الماء والضوء والعناصر المغذية .

تتكون المنظومة من اربعة رفوف تحتوي على فتحات تثبت فيها اصص الزراعة الحاوية على1.5 كغم رمل ابيض مغسول بحامض الهيدروكلوريك المخفف ثم بالماء المقطر لازالة الاملاح منه، والاصيص عبارة عن قنينة بلاستكية سعة 2 لترمقطوعة القاعدة ومطلية بالصبغ الاسود لمنع نمو الطحالب. وتم ربط فوهة القنينة (قاعدة الاصيص) بسداد مطاطي يخترقه انبوب بلاستيكي يسمح بمرور المحلول المغذي الى الاصيص الذي تحته وهكذا الى ان يصل المحلول المغذي الى اسفل المنظومة ليجمع في حاوية معتمة سعة 5 لتر ثم ينقل الى حاوية معتمة اخرى بنفس الحجم مثبتة في اعلى المنظومة لتعاد العملية من جديد.

تحوي المنظومة سلسلتين من المعاملات الاولى سلسلة المعاملة والتي يمر فيها المحلول المغذي على النبات المانح (Donor plant) لافرازات الجذور وهو زهرة الشمس صنف شموس او صنف سن الذيب، ثم يخرج المحلول الى الاصيص الحاوي على النبات المستلم لافرازات الجذور (Receiver plant) وهو نبات عرف الديك ، ومنه الى الاصيص الحاوي عل النبات المانح ومنه الى النبات المستلم وهكذا الى ان يجمع في الحاوية السفلى ثم يعاد تدويره من جديد. اما السلسلة الثانية وهي سلسلة المقارنة فيتم العمل بها بنفس طريقة الاولى باستثناء ازاحة النبات المانح ويبقى اصيصه يحتوي على الرمل فقط.

زرعت بذور صنفي زهرة و بذور عرف الديك في الاصص المعدة لها ، وقد استخدم الماء المقطر في الزراعة. وبعد 14 يوما من الزراعة، خففت بادرات زهرة الشمس الى نباتين في الاصيص. اما الادغال فخفت الى 3 نباتات في الاصيص بعد 21 يوما من زراعتها . استخدم محلول هوكلاند المغذي [24] بنصف القوة لسقي النباتات ثم استبدل بعد 3 اسابيع بالمحلول كامل القوة بسبب كبر حجم النباتات. وبعد 45 يوما من الزراعة ، قلعت نباتات الادغال بمساعدة الماء الجاري لضمان سلامة الجذور ثم جففت على درجة حرارة 70 م° لمدة 3 ايام وحسب الوزن الجاف لها.

عزل وتشخيص المركبات الفينولية في افرازات الجذور

استخدمت طريقة الادمصاص المباشر بالراتنج Direct resin adsorption method [25] . اذ تمت زراعة بذور الصنفين شموس وسن الذيب في حاويات بلاستيكية تحتوي على الرمل الابيض المغسول بحامض الهيدروكلوريك ثم بالماء المقطر. وبعد 10 ايام من الزراعة نقلت ثلاث بادرات من كل صنف الى اصص بلاتيكية سعة 180 مل تحوي على المحلول الدارىء mM Mes-Tris buffer بأس هيدروجيني 5.5 مضاف اليه 0.5 ملي مولار $CaSO_4$ وحاوية على 50 غم من الراتنج الصناعي XAD-8 resin. ووزعت الاصص بصورة عشوائية في داخل الحاضنة على درجة 25 ± 1م° و 12 ساعة ضوء، وكانت الاصص تروى يومياً لتعويض النقص الحاصل في المحلول . وبعد 14 يوما من الزراعة، ازيلت البادرات من الاصص ونقل المحلول والراتنج الى اعمدة فصل (5 سم قطر × 20 سم طول) ، اذ تم التخلص من المحلول الدارىء اولا ثم غسل الراتنج بالماء المقطر . بعد ذلك استخلصت افرازات الجذور باضافة 50 مل من الميثانول النقي، وكررت عملية الاستخلاص بالميثانول ثلاث مرات، بعدها بُخِر الميثانول بواسطة المبخر الدوار وتحت عملية التفريغ وعلى درجة 40 °م ثم اذيب المستخلص الجاف بثلاثة ملليلتر من الميثانول وحفظ في التبريد لحين القياس . وقد اجريت التجربة بأربعة مكررات لكل معاملة .

عزل وتشخيص وتقدير كمية المركبات الفينولية في افرازات الجذور

لتشخيص انواع المركبات الفينولية وكمياتها في افرازات الجذور، تم حقن 20 ميكروليتر من مستخلص الجذور من كلا الصنفين في جهاز الكروموتوكرافي السائل عالي الاداء تبعا لطريقة Hartly و Buchan [26] وحسب ظروف الفصل المبينة في الجدول 1 . تم تحديد ذروة الحزمة الضوئية بواسطة الاشعة ما فوق البنفسجية UV على طول موجي 280 نانوميتر، ثم قورنت منحنيات النماذج مع المحاليل القياسية، وتم حساب تركيز كل مركب حسب المعادلة الاتية :

$$\text{تركيز المركب (ppm)} = \frac{\text{مساحة العينة}}{\text{مساحة المحلول القياسي}} \times \text{تركيز المحلول القياسي} \times \text{عامل التخفيف}$$

جدول 1 - ظروف فصل المركبات الموجودة في افرازات جذور زهرة الشمس.

المؤشرات	التفاصيل
عمود الفصل	C-18 بأبعاد 50 x 4.6 ملم ، حجم الجسيمات 3 ميكرومتر
الطور المتحرك (الوسط الحامل)	المذيب أ : ماء مقطر يحتوي على 0.1% حامض الفسفوريك المذيب ب : اسيتونتريل ، 50:50 حجم/حجم
الطول الموجي للاشعة ما فوق البنفسجية	280 نانوميتر
سرعة الجريان (معدل الانسياب)	1.4 مل/دقيقة
درجة الحرارة	35 °م
حجم العينة المحقونة	25 ميكروليتر

النتائج

التجربة الحقلية

التأثير في الادغال المرافقة

صاحب نمو محصول زهرة الشمس ظهور 13 نوعا من الادغال اثنان منها رفيعة الاوراق وهي الثيل و السفرندة والباقي عريضة الاوراق جدول 2.

جدول2 .- انواع الادغال النامية في حقل زهرة الشمس .

الاسم المحلي	الاسم العلمي	العائلة
عرف الديك	*Amaranthus retroflexus* L	Amaranthaceae
رغيلة	*Chenopodium album* L.	Chenopodiaceae
دغل ، دغيلة	*Chenopodium murali* L.	Chenopodiaceae
مديد	*Convolvulus arvensis* L.	Convolvulaceae
حاذج ، حاد	*Cornulaca leucocantha* Charif & Allen	Chenopodiaceae
عجيرية	*Heliutropium europium* L.	Boraginaceae
المصالة	*Polygonum aviculare* L.	Polygonaceae
مالحة ، مليحة	*Salsola canescens* L.	Chenopodiaceae
مرير	*Sonchus oleraceus* L.	Asteraceae

ثيل	*Cynodon dactylon* L.	Poaceae
داتورة	*Datura inoxia* L.	Solanaceae
سفرندة	*Sorghum halepense* L.	Poaceae

أثر وجود صنفي زهرة الشمس في عدد الادغال ووزنها الجاف مقارنة بمعاملة المقارنة (غير المزروعة)، فقد اختزل عدد الادغال بعد 60 يوما من الزراعة بنسبة 46 و 29 % عن المقارنة للصنفين شموس وسن الذيب على التوالي جدول 3، واستمر التاثير الى ما بعد 120 يوما من الزراعة لتصل نسبة التثبيط الى 64 و 58 % عن المقارنة للصنفين شموس وسن الذيب على التوالي . اما الوزن الجاف فقد اختزل معنويا وبنسبة 90 و 71% للصنفين شموس وسن الذيب على التوالي قياسا بمعاملة المقارنة . ويلاحظ من نتائج التجربة ان الصنف شموس قد فاق بشكل واضح في تثبيط نمو الادغال الصنف سن الذيب.

جدول 3- تأثير صنفين من زهرة الشمس في الكثافة والوزن الجاف للادغال المرافقة للمحصول.

الاصناف	الكثافة الكلية للادغال (نبات / م^2)				الوزن الجاف (غم / م^2)	
	بعد 60 يوم من الزراعة	نسبة التثبيط %	بعد 120 يوم من الزراعة	نسبة التثبيط %	بعد 120 يوم من الزراعة	نسبة التثبيط %
السيطرة	44.5		81.5		446.0	
شموس	24.0	46	29.5	64	46.0	90
سن الذيب	31.5	29	34.5	58	127.5	71
أ.ف.م ≤ 0.05	12.6		9.7		22.0	

النشاط الاحيائي لافرازات الجذور

لوحظ من النتائج في الجدول 4 ان افرازات جذور صنفي شموس وسن الذيب قد اختزلت معنويا المجموع الخضري لدغل عرف الديك بنسبة 93 و 84 % عن المقارنة والجذري بنسبة 95 و 88 % وكامل النبات بنسبة 93 و 85 % عن المقارنة على التوالي. ويظهر الجدول وجود قدرة تثبيطية واضحة للصنف شموس مقارنة بالصنف سن الذيب، الا انها غير مؤكدة احصائيا.

جدول 4-تأثير افرازات جذور صنفين من زهرة الشمس في في نمو دغل عرف الديك.

الاصناف	الوزن الجاف (ملغم) *			
	المجموع الخضري	المجموع الجذري	كامل النبات	نسبة التثبيط لكامل النبات %
السيطرة	1168	170	1338	-----
شموس	88	8	96	% 92.8
سن الذيب	183	21	204	% 84.7
أ.ف.م ≤ 0.05	201	43	243	

* كل رقم يمثل معدل ثمانية مكررات وكل مكرر يمثل معدل ثلاثة نباتات.

عزل وتشخيص المركبات الاليلوباثية في افرازات الجذور

اظهرت نتائج التحليل بجهاز الكروموتوكرافي السائل عالي الاداء وجود تسعة مركبات في صنف سن الذيب وثمانية في شموس وجميعها ذات طبيعة فينولية جدول 5. وقد تباينت نسب هذه المواد بين الصنفين المدروسين . ألا ان الواضح ان المركبات المعزولة كانت نسبها عالية في الصنف شموس مقارنة بالصنف سن الذيب باستثناء المركبات chlorogenic acid و neochlorogenic acid و 5 – *O* – P – coumaroyl quanic acid التي كانت نسبها عالية في الصنف سن الذيب. ويلاحظ من النتائج ان التركيز الكلي للفينولات قد تضاعف في الصنف شموس عما هو في الصنف سن الذيب.

جدول 5- عزل وتشخيص المركبات الفينولية في افرازات الجذور لصنفين من زهرة الشمس.

المركبات	التركيز (ميكروغرام / مل)	
	الاصناف	
	شموس	سن الذيب
Chlorogenic acid	42.8	65.4
Neochlorogenic acid	20.8	142.2
Isochlorogenic acid	1696.4	309.6
Caffeoylquinic acid	168.7	156.8
Caffeic acid	-------	245.9
Hydroxycinnamic acid	77.1	16.9
Ferulic acid	58.5	31.0
5 – O – feruloyl quanic acid	127.6	92.6
5 – O – P – coumaroyl quanic acid	86.8	129.4
التركيز الكلي	2278.6	1189.7

المناقشة

تلعب ظاهرة الاليلوباثي دورا واضحا في الانظمة البيئية الطبيعية والزراعية وغالبا ما ينتج عن هذه الظاهرة تثبيطا لانواع نباتية معينة وسيادة لانواع اخرى بسبب قدرتها الاليلوباثية [28,27,1] . وزهرة الشمس من المحاصيل الاليلوباثية المتميزة لاحتوائه على العديد من المركبات المثبطة للنمو التي تؤثر في انبات ونمو العديد من الانواع النباتية وبضمنها الادغال [17,14] ان الانخفاض الحاصل في كثافة الادغال المرافقة ونموها مقارنة بمعاملة المقارنة يمكن ان يكون ناجما بالدرجة الرئيسة من عاملي التنافس او عامل الاليلوباثي اوكليهما . غير ان التباين في كثافة الادغال ووزنها الجاف في الالواح المزروعة بصنفي زهرة الشمس لايمكن ان يكون مرده الا لعامل الاليلوباثي وذلك ان صنفي زهرة الشمس لم يظهرا اختلافات معنوية في الارتفاع والشكل المظهري والكتلة الحيوية للنبات. لقد سجل مثل هذا التباين في القدرة الاليلوباثية في اصناف عديدة من المحاصيل الاليلوباثية وبضمنها زهرة الشمس [21] . لقد اكدت هذه الحقيقة نتائج تجربة افرازات الجذور بتقنية الدرج التي اظهرت القدرة الكبيرة لافرازات الجذور في تثبيط نمو عرف الديك وهو من الادغال الموجودة في حقل زهرة الشمس, مع وجود قدرة اليلوباثية عالية نسبيا في الصنف شموس مقارنة بالصنف بسن الذيب. وبينت نتائج التحليل بجهاز الكروموتوكرافي السائل ان القدرة الاليلوباثية لافرازات جذور زهرة الشمس ناجمة من وجود العديد من المركبات الكيميائية، مع وجود تباينات واضحة في تراكيزها وان غلبها معروف بتأثيراته الاليلوباثية في الخلية مثل chlorogenic acid, isochlorogenic acid, neochlorgenic acid, ferulic acid and caffeic acid فهي وغيرها من المركبات الفينولية اكدت الدراسات انها تؤثر سلبيا في بناء الكلوروفيل والبناء الضوئي [29-31] والتنفس [29-32] وبناء البروتين [34,33] والهرمونات ونشاط الانزيمات [35,1] والمادة الوراثية [36,3] والميتوكونريا [38,37] والعلاقات المائية [39,10] وغيرها من العمليات ، اما المركبات الكيميائية الاخرى فتحتاج الى دراسات لمعرفة التاثير الاليلوباثي المحتمل لها. والملفت للنظر ان المحتوى الكلي لهذه المركبات كان كبيرا في الصنف شموس ان لم يكن مضاعفا عن ما هو موجود في الصنف سن الذيب، وهذا التباين ياتي منسجما مع الملاحظات الميدانية والتجربة الحقلية التي بينت تفوق الصنف شموس على الصنف سن الذيب في تثبيط بزوغ ونمو الادغال المرافقة جدول 3 . ان مثل هذا التباين لوحظ في محاصيل زراعية اخرى مثل الذرة البيضاء، اذ وجد ان الاصناف عالية القدرة الاليلوباثية تحوي افرازات جذورها على تراكيز عالية من المركبات الاليلوباثية [5].

وعلى ضوء ما تقدم يمكن القول ان التباين الحاصل في كثافة الادغال ونموها بين صنفي زهرة الشمس راجع بالدرجة الرئيسة الى التباين الواضح في القدرة الاليلوباثية للصنفين والتي اكدتها نتائج التحليل بجهاز الفصل الكروموتوكرافي السائل.

المراجع

1. Rice, E. L. **1984**. *Allelopathy*, 2Sd Ed. Academic Press, Inc., Orlando.
2. Kohli, R.K., Singh, H.P and Batish, D.R. **2001**. *Allelopathy in agroecosystems* (pp. 1-44). New York: Food Products Press.
3. Rizvi, S.J.V. and V. Rizvi. **1992**. A discipline called allelopathy. In *'Allelopathy: Basic and Applied Aspects'* (Eds.): S.J.V. Rizvi, V. Rizvi. pp. 1-8, Chapman and Hall: London.
4. Weston, L. A. **1996**. Utilization of allelopathy for weed management in agroecosystems. *Agronomy Journal*. 88: 860–866.
5. Alsaadawi, I.S., Khaliq, A., Lahmood, N.R. and Matloob, A. **2013**. Weed management in broad bean (*Vicia faba* L.) through allelopathic *Sorghum bicolor* (L.) Moench residues and reduced rate of a pre-plant herbicide. *Allelopathy Journal* 32: 203-212
6. Cheema, Z. A. and Khaliq, A. **2000**. Use of sorghum allelopathic properties to control weeds in irrigated wheat in a semi arid region of Punjab, *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 79: 105-112.
7. Olofsdotter M, Navarez D. C. and Moody K. **1995**. Allelopathic potential in rice (*Oryza sativa* L.) germplasm. *Annals of Applied Biology*. 127: 543–560.
8. Wu H., Pratley J., Lemerle D. and Haig T. **2000**. Evaluation of seedling allelopathy in 453 wheat (*Triticum aestivum*) accessions against annual ryegrass (*Lolium rigidum*) by the equal-compartment-agar method. *Australian Journal of Agricultural Research*. 51: 937–944.
9. Czarnota M, Rimando A, and Weston L. **2003**. Evaluation of root exudates of seven sorghum accessions. *Journal of Chemical Ecology*. 29: 2073–2083.
10. Alsaadawi, I.S., Al-Uqaili, J.K., Al-Rubeaa, A.J. and Al-Hadithy, S.M. **1986**. Allelopathic suppression of weed and nitrification by selected cultivars of *Sorghum bicolor* L. (Moench). *Journal of Chemical Ecology*. 12: 209-219.
11. Alsaadawi, I. S., Al-Ekeelie, M. H. S., and Al-Hamzawi, M. K. **2007**. Differential allelopathic potential of grain sorghum genotypes to weeds. *Allelopathy Journal*. 19:153-160.
12. Wu H., Pratley J., Lemerle D. and Haig T. **1999**. Crop cultivars with allelopathic capability. *Weed Research*. 39: 171–180.
13. Macias, F.A., Molinillo, J.M.G., Varela, R.M., Torres, A. and Galindo J.C.G. **1999**. Bioactive compunds from the helianthus, in: *Recent advances in allelopathy*. Servicio De Publicaciones-Universidad De Cadiz: 121-148
14. Leather, G. R. **1983**. Weed control using allelopathic crop plants. *Journal of Chemical Ecology. 9, 983-989.*
15. Leather, G. R. **1987**. Weed control using allelopathic sunflowers and herbicide. *Plant and Soil*. 98: 17-23.
16. Batish, D., P. Tung, H. Singh, and R. Kohli. **2002**. Phytotoxicity of sunflower residues against some summer season crops. *Journal of Agronomy and Crop Sciences*. 188:19-24.
17. Azania, A.A.P.M.; Azania, C.A.M.; Alives, P.L.C.A.; Palaniraj, R.; Kadian, H.S.; Sati, S.C.; Rawat, L.S.; Dahiya, D.S. and Narwal, S.S. **2003**. Allelopathic plants. 7. Sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Allelopathy Journal*. 11: 21–34.
18. Anjum, T., P. Stevenson, D. Hall and R. Bajwa. **2005**. Allelopathic potential of *Helianthus annuus* L. (sunflower) as natural herbicide. *Fourth world congress on allelopathy*. 21-26 August, 2005, Charles Sturt University Wagga Wagga, NSW 2678, Australia.
19. Shahid. M., B.Ahmad, R.A.Khattak, G. Hassan and H. Khan. **2006**. Response of wheat and its weeds to different allelopathic plant water extract. *Pakistan Journal of Weed Science Research*. 12: 61-68.
20. Macias F.A, Ascension T., Galindo J. L. G., Rosa M, Varela AJ and Molinillo J.M.G. **2002**. Bioactive terpinoids from sunflower leaves cv. Peredovick. *Phytochemistry*. 61:687-692.
21. Alsaadawi, I.S., Khaliq, A., Al-Temimi, A. A. and Matloob, A. **2011**. Integration of sunflower (*Helianthus annuus* L.) residues with a pre-plant herbicide enhances weed suppression in broad bean (*Vicia faba* L.) fields. *Planta Danninah*. 29: 849-859.
22. Ciba-Giegy . **1975**. *Field trial manual* . Agrichemicals Division Ciba Giegys. A. Bosle , Swizerland.

23. Alsaadawi, I. S., and Rice. E. L. **1982**. Allelopathic effects of *Polygonum aviculare* L. I. Vegetational patterning. *Journal of Chemical Ecology*. 8: 933-1009.

24. Hoagland D. R., and Arnon D. I. **1950**. The *water-culture method for growing plants without soil*. California Agricultural Experiment Station Circular No. 347. Berkeley (CA): University of California.

25. Kong, C H., Liang W., Xu,X ,Hu, F , Wang, P. and Jiang, Y. **2004**. Release and Activity of allelochemicals from allelopathic rice seedling. *Agricultural and Food Chemistry*. 52: 2861-2865.

26. Hartley, R.D. and H. Buchan. **1979**. High-performance liquid chromatography of phenolic acids and aldehydes derived from plants or from the decomposition of organic matter in soil. *Journal of Chromatography*. 180:139-143.

27. Chou, C.-H. **1999**. Roles of allelopathy in plant biodiversity and sustainable agriculture. Critical Reviews. *Plant Sciences.* 18, 609-636.

28. Singh, H. P., Kohli, R. K. and Batish, D. R. **2001**. Allelopathy in agroecosystems: an overview. In R. K. Kohli, H. P. Singh, & D. R.Batish (Eds.), *Allelopathy in agroecosystems* (pp. 1-44). Food Products Press, New York.

29. Einhellig, F. A. **1995**. Mechanisms of action of allelochemicals in allelopathy. In *Allelopathy. Organisms, processes, and applications*. ACS Symposium Series 582 (ed. Inderjit, K. M. M. Dakshini and F. A. Einhellig), pp. 96-116. *American Chemical Society*, Washington, DC.

30. Weir, T. L, Park, S-W, and Vivanco, J. M. **2004**. Biochemical and physiological mechanisms mediated by allelochemicals. *Current Opinion in Plant Biology*, 7: 472-479.

31. Yang, C.M., Wang, M.C., Chang, I.F. and Chou, C.H. **2004**. Humic substances affect the activity of chlorophyllase. *Journal of Chemical Ecology*. 30: 1051-1059.

32. Einhellig, F.A. **2004**. Mode of allelochemical action of phenolic compounds. In: Mac´ıas, F.A., Galindo, J.C.G., Molinillo, J.M.G., Gutter, H.G. (Eds.), *Allelopathy, Chemistry and Mode of Action of Allelochemicals*. CRC Press, Boca Rat ´ on, p. 372.

33. Holappa L. D. and Blum U. **1991**. Effects of exogenously applied ferulic acid, a potential allelopathic compound, on leaf growth, water utilization, and endogenous abscisic acid levels of tomato, cucumber, and bean. *Journal of Chemical Ecology*. 17: 865-886.

34. He, H.Q. and Lin, W.X. **2001**. Studies on allelopathic physiobiochemical characteristics of rice. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*., 9: 56-57.

35. Li, Z-H, Wang, Q, Ruan, X, Pan, C-D and Jiang, D-A. **2010**. Phenolics and Plant Allelopathy. *Molecules* 15: 8933-8952.

36. Aldrich, R.J. **1984**. *Weed – crop ecology: Principles in weed management*. Breton Publishers, Belmont, California, 465 pp.

37. Moreland, D. E. and Novitzky, W. P. **1987**. Effects of phenolic acids, coumarins, and flavonoids on isolated chloroplasts and mitochondria. In *Allelochemicals: role in agriculture and forestry*. Washington, DC: American Chemical Society, Symposium Series 330, pp. 247–261.

38. Quah, S. G. H. **1990**. The effects of five allelopathic chemicals on respiration of soybean mitochondria. *M.Sc Thesis*. University of South Dakota, Vermillion, SD, United States.

39. Gerald, F., L. Booker, U. Blum and E.L. Fiscus. 1**992**. Short-term effects of ferulic acid on ion uptake and water relations in cucumber seedlings. *Journal of Experimental Botany*, 43: 649- 655.