

ÉVALUATION DE L'EFFET ALLÉLOPATHIQUE DU RADIS SAUVAGE (*RAPHANUS RAPHANISTRUM*) SUR LA GÉRMINATION DU BLÉ DUR (*TRITICUM DURUM*) EN CONDITION CONTROLÉE

DALI Amine^{1*}, TOUIRI Mohammed¹, ABBAD Mohamed¹ et SNOUSSI Sid-Ahmed^{*}

1. Université - Blida 1 – faculté des sciences de la nature de la vie – Département de Biotechnologie et Agro-Écologie – Laboratoire de Biotechnologie des productions végétales. Algérie

Reçu le 21/01/2023, Révisé le 04/06/2023, Accepté le 05/06/2023

Résumé

Description du sujet : Le radis sauvage (*Raphanus raphanistrum*) est une espèce envahissante très répandue dans le monde et qui infeste les principales cultures dans les zones agricoles algériennes.

Objectifs : Dans notre étude, l'utilisation de l'allélopathie comme mécanisme de compétition a été vérifiée.

Méthodes : Des essais au laboratoire pour l'évaluation de l'effet des extraits par broyage selon quatre concentrations (25, 50, 75 et 100%) des parties aériennes et souterraines sèches de la plante ont été testées sur la germination et la croissance des graines de blé dur, variété vitron.

Résultats : L'effet allélopathique du radis sauvage est certain. Cet effet est exercé par des substances allélopathiques présentes dans les racines mais aussi dans les feuilles et les tiges. L'effet allélopathique affecte la faculté germinative, la longueur de l'hypocotyle et notamment la longueur de la radicule.

L'inhibition de la germination varie entre 5 et 40 % par rapport au témoin. La longueur de l'hypocotyle des graines testées a été affectée fortement avec un taux de réduction de 60%. Pour la longueur de la radicule, elle varie selon les extraits et en fonction des concentrations issues des racines et de la partie aérienne (feuilles+ tige).

Conclusion : L'effet allélopathique de la ravenelle est remarquable au niveau des paramètres mesurés dès la concentration de 25%, ou une observation maximale a été observée au niveau de la concentration de 100% de broyat.

Mots clés: Plante envahissante; allélopathie ; *Raphanus raphanistrum* ; extrait sec ; broyage ; blé dur.

EVALUATION OF THE ALLELOPATHIC EFFECT OF WILD RADISH (*RAPHANUS RAPHANISTRUM*) ON THE GERMINATION OF DURUM WHEAT (*TRITICUM DURUM*) UNDER CONTROLLED CONDITIONS

Abstract

Description of the subject: The wild radish (*Raphanus raphanistrum*) is an invasive species that is very popular in the world and which infests the main crops in Algerian agricultural areas.

Objective : In our study, the use of allelopathy as a mechanism of competition was verified.

Methods : Laboratory tests for the evaluation of the effect of extracts by grinding according to four concentrations (25, 50, 75 and 100%) of the dry aerial and underground parts of the plant were tested on the germination and the growth of the seeds of durum wheat, vitron variety.

Results : The allelopathic effect of wild radish is certain. This effect is exerted by allelopathic substances present in the roots but also in the leaves and stems. The allelopathic effect affects the germination capacity, the length of the hypocotyl and in particular the length of the radicle.

The inhibition of germination varies between 5 and 40% compared to the control. The length of the hypocotyl of the seeds tested was strongly affected with a reduction rate of 60%. For the length of the radicle, it varies according to the extracts and according to the concentrations from the roots and the aerial part (leaves + stem).

Conclusion : The allelopathic effect of the white root is remarkable at the level of the parameters measured from the concentration of 25%, or a maximum observation was observed at the level of the concentration of 100% of ground material.

Keywords: invasive plant, allelopathy, *Raphanus raphanistrum*, dry extract, grinding, durum wheat.

* Auteur correspondant: DALI Amine, E-mail:amindaly19@gmail.com

INTRODUCTION

Les céréales constituent le produit alimentaire essentiel pour l'humanité. Elles représentent la principale spéculation des agriculteurs [1]. Les produits céréaliers constituent un aliment d'une haute valeur puisqu'ils fournissent plus de 60% de l'apport calorifique et 75 à 80% de l'apport protéique de la ration alimentaire [2]. Notre pays est actuellement confronté à une population en évolution rapide et à des besoins qui sont chaque année plus conséquents [3]. Une partie importante de ce dernier est assurée du marché mondiale, l'Algérie représente le 3^{ème} importateur de blé dans le monde selon OCDE/FAO [4].

Les rendements élevés et la qualité des récoltes sont les objectifs majeurs des producteurs. Pour réaliser ces objectifs, il est recommandé de soulever toutes les contraintes existantes sur le terrain [5]. L'une des contraintes majeures des cultures céréalières, réside dans la propagation des plantes adventices [6]. Les pertes occasionnées par ces dernières sur le blé sont importantes. Elles varient entre 19 à 56 % de la production potentielle de la culture [7]. La lutte contre les adventices est une stratégie à long terme qu'il faut préparer et prévoir dès l'année N-1 [8]. Chaque mauvaise herbe a ses caractéristiques biologiques (période de levée, profondeur de levée, nuisibilité... etc.) qu'il faut connaître pour mieux la gérer [9].

Les adventices interfèrent des compétitions directes ou indirectes avec les cultures [10]. Parmi les voies de compétition, ressort une, d'ordre chimique ou ce que l'on appelle l'allélopathie, définie par Rice [11] comme, tout effet direct ou indirect, positif ou négatif, d'une plante sur une autre à travers la production de composés chimiques libérés dans l'environnement. Le but de notre travail est d'étudier l'effet allélopathique d'une plante adventice « le radis sauvage » (*Raphanus raphanistrum*) sur la germination et croissance des graines blé dur sous conditions contrôlés.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Notre expérimentation a été réalisée au niveau de laboratoire de recherche de biotechnologie des productions végétales Blida 1, en condition contrôlée.

1. Matériel végétal

1.1. Semences testées

Pour tester la présence ou l'absence du phénomène allélopathique chez l'adventice étudiée (le radis sauvage), nous avons utilisé les semences non traitées du blé dur (*Triticum durum*) variété vitron. Les semences utilisées ont été récupérées de l'OAIC d'El Affroun (Blida), prélevées de la récolte de la campagne de l'année 2019/2020. Au laboratoire, les semences ont été lavées avec l'eau potable, puis avec l'eau distillée à plusieurs reprises. Ensuite, elles ont été immergées pendant cinq minutes dans une solution d'hypochlorite de sodium à la concentration de 10% pour la désinfection. Finalement les semences ont été rincées avec de l'eau distillée.

1.2. Adventice étudiée

Notre étude est portée sur le radis sauvage (la ravenelle) plante annuelle commune de la famille des Brassicaceae, genre *Raphanus*, espèce *Raphanus raphanistrum* L., 1753. Plante nitrophile, mellifère, parfois toxique pour les animaux herbivores [12]. Elle est considérée comme plante envahissante dans de nombreux pays du monde [13]. Les échantillons de l'adventice ont été collectés dans la station expérimentale de la faculté SNV de l'université Blida 1. Ainsi, des individus complets (partie aérienne et souterraines) ont été déterrés et ramenés au laboratoire, puis mis à sécher pendant quelques jours à l'air libre.

2. Préparation des extraits secs de l'adventice

Suivant le protocole de Qasem (1994) in Ben-Ghabrit [14] une quantité de 75g d'échantillon de la partie aérienne (tige+ feuille), ainsi que 75g pour les racines ont été lavés avec l'eau distillée, puis mis à sécher dans une étuve à 80° C pendant 48h. Après le séchage, chaque partie de la plante a été immergée dans 250 ml d'eau distillée et broyée dans un broyeur pendant cinq minutes et laissée pendant 30 minutes pour la décantation. En dernière étape, chaque mélange a été filtré avec un tamis de 0,15 mm puis à travers le papier filtre Whatman n°1.

3. Traitements appliqués et dispositif expérimental

4 doses ont été testées pour les deux types d'échantillons préparés (partie aérienne et racinaire) associées à un témoin, soit 5 traitements, au totale à savoir : T0 : eau, T1 : 25% extrait sec + 75% eau distillé, T2 : 50% extrait sec + 50% eau distillé, T3 : 75% extrait sec + 25% eau distillé et T4 : 100 % extrait sec. Le dispositif expérimental utilisé durant l'expérimentation est un dispositif complètement randomisé, avec deux facteurs étudiés : partie de l'adventice testée (partie racinaire et aérienne) et dose d'extrait (4 doses + témoin) avec 4 répétitions, ce qui nous donne 40 observations au totale.

4. Mise en germination des graines

10 graines du blé dur ont été placées sur un papier buvard dans des boites de pétri (8.5cm de diamètre). Des volumes des extraits selon les concentrations retenues (25, 50, 75 et 100%) ont été ajoutés dans chaque boite de pétri suivant les traitements réalisés en ramenant le volume final à 10 ml. Les boites de pétri ont été incubées pendant 10 jours à la température ambiante au laboratoire et à l'obscurité afin d'éviter la dégradation des extraits de broyats. Les boite de pétrie sont maintenues constamment humides en rajoutant de la solution lorsque c'est nécessaire.

5. Paramètres étudiés

Nous avons retenu trois paramètres pour étudier l'effet allélopathique du radis sauvage :

- La cinétique de germination des graines (mesure journalière des graines germées)
- La longueur moyenne de l'hypocotyle (cm)
- La longueur moyenne de la radicule (cm)

Les analyses statistiques ont été effectuées à l'aide d'ANOVA unidirectionnelle du logiciel STATGRAPHICS Centurion version 19.4.02, les comparaisons des moyennes a été faite avec le test de Newman et Keuls au seuil de 5%.

RÉSULTATS

1. Cinétique de germination.

Les résultats de l'analyse statistique des extraits de *Raphanus raphanistrum* sur la cinétique de germination du blé dur sont présentés dans les (Fig. 1 et 2) ces dessous. Les figures ci-dessus montrent que l'évolution de la cinétique de germination des graines de blé dur au niveau de tous les traitements passe par deux phases : L'une à évolution croissante débutant du premier jour d'incubation jusqu'au 6^{ème} jour où le taux de germination atteint pallier, à savoir la phase stationnaire. Les illustrations révèlent que les meilleurs résultats sont toujours ceux des témoins (eau) avec le taux de germination varie entre 92,5% et 95%. Ainsi le traitement T4 enregistrent les taux de germinations les plus faible (58,75% pour l'extrait racinaire et 62,5% pour l'extrait aérienne (feuille+ tige). L'effet des extraits secs de l'adventice *Raphanus raphanistrum* (tige+ feuille et racine) relatif à la cinétique de germination des graines de blé dur, est remarquable entre les différents traitements, avec un taux d'inhibition variant entre 4,02 % pour le T1 aérienne et 38,15% pour T4 racinaire.

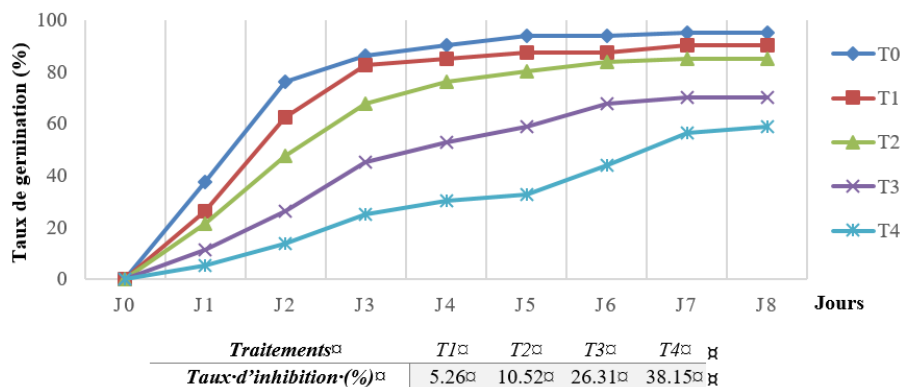


Figure 1 : Effet de l'extrait sec de la partie racinaire du radis sauvage sur la cénitique de germination des gaines de blé dur

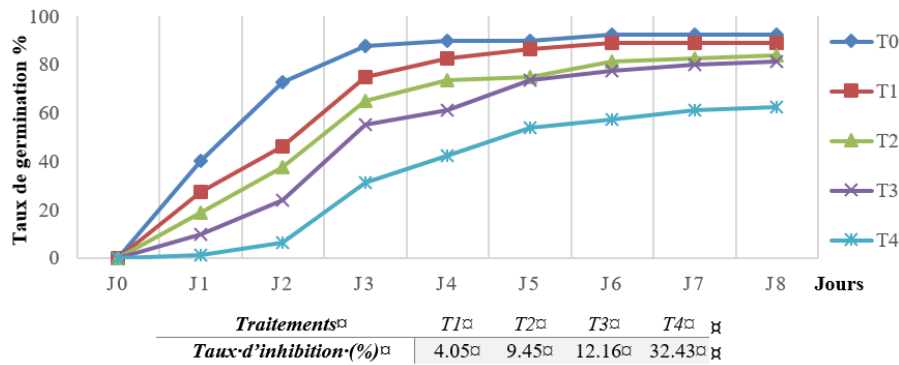


Figure 2 : Effet de l'extrait sec de la partie aérienne du radis sauvage sur la cénitique de germination des gaines de blé dur variété Vitron

2. la longueur de l'hypocotyle

Les résultats de l'analyse statistique des extraits des différentes parties de *Raphanus raphanistrum* sur la longueur de l'hypocotyle sont présentés dans le (Tableau 1). Nous constatons que l'effet traitement exerce une action remarquable sur le paramètre mesuré. Le traitement T4 où la concentration est de 100%, manifeste l'effet le moins marqué sur la longueur de l'hypocotyle des grains de blé dur.

Le constat est inverse au niveau de la concentration 25% des deux organes testés de l'adventice radis sauvage. On remarque aussi, que l'extrait racinaire enregistre les taux d'inhibition les plus élevés, T4 et T3 avec des valeurs de 49,48% et 42,91% respectivement. Les doses 25% et 50% de l'extrait aérienne présentes des taux d'inhibition plus important (7,32% et 22,54%) que ce de l'extrait racinaire.

Tableau 1: Effet allélopathique des extraits du radis sauvage sur la longueur de l'hypocotyle de blé dur variété Vitron.

Traitements	T0	T1	T2	T3	T4
Effet de la partie aérienne	7,772±0,449 a	7,203±0,703 b	6,020±0,898 c	4,754±0,547 d	4,529±0,502 d
Taux d'inhibition	-	7,32 %	22,54 %	38,83 %	41,72 %
Effet de la partie racinaire	7,746±0,479 a	7,587±0,678 a	6,604±0,559 b	4,422±0,715 c	3,912±0,675 d
Taux d'inhibition	-	2,05 %	14,74 %	42,91 %	49,48 %

Lettre alphabétique ; a, b, c et d sont les groupes homogènes

2. la longueur de la radicule

Les résultats de l'analyse statistique des extraits des différentes parties de *Raphanus raphanistrum* sur la longueur de la racine sont illustrés dans le (Tableau 2). L'effet traitements (extraits secs) manifeste significativement une action remarquable sur le paramètre étudié à savoir, longueur de la radicule. Il a été constaté

qu'à chaque fois que la dose d'extrait (racinaire et aérienne) augmente, la longueur de la radicule des graines de blé dur diminue. Pour ce qui est dû au niveau taux d'inhibition, on constate que ce dernier est le plus élevé au niveau du T4 (racinaire) et le plus faible T1 (aérienne) avec des valeurs de 66.13% et 2,78% respectivement

Tableau 2: Effet allélopathique des extraits du radis sauvage sur la longueur de la radicule des graines de blé dur variété « Vitron ».

Traitements	T0	T1	T2	T3	T4
Effet de la partie aérienne	10,51±0,618 a	10,217±0,816 a	8,525±0,87 b	6,177±0,714 c	5,677±0,631 d
Taux d'inhibition	-	2,78 %	18,88 %	41,22 %	45,98 %
Effet de la partie racinaire	11,133±0,527 a	10,413±0,764 b	8,185±0,808 c	6,061±0,939 d	3,048±0,449 e
Taux d'inhibition	-	6,47 %	9,06 %	32,65 %	66,13 %

Lettre alphabétique ; a, b, c, d et e sont les groupes homogènes,

DISCUSSION

En grandes cultures et en particulier les céréales, la majorité de la flore adventice est constituée de plantes à cycle végétatif annuel. Ce cycle est concomitant à celui des plantes cultivées [15]. Plusieurs études en été faites sur les effets allélopathiques des plantes adventices des cultures a intérêt agronomique, ce qui justifie notre travail de recherche. Les résultats que nous avons obtenus montrent que la plante adventice le radis sauvage (*Raphanus raphanistrum*) affecte de différentes manières la germination et la croissance des graines testées de blé dur (*Triticum durum* Desf). Ces résultats sont similaires aux travaux de Dias & Dias [13], Ben-Ghabrit et al. [14] et Mahmoodzadeh & Mahmoodzadeh [16]. Pour chaque espèce allélopathique, l'inhibition augmente lorsque la concentration de l'extrait augmente. Cette augmentation n'est pas proportionnellement similaire pour tous traitements testés quel que soit sa forme (aérienne ou racinaire). Toutefois, l'allélopathie ne se manifeste selon Friedman [17] que lorsque la dose efficace des composés allélochimiques est atteinte. Nos résultats concordent avec les travaux de Arslan et al. [18], Marinov-Serafimov [19], Baličević et al. [20 et 21] qui ont montré que l'inhibition augmente avec l'augmentation de la concentration des extraits. Les facteurs de l'environnement tels que la géographie, la température, la longueur du jour et les aliments...etc. jouent un rôle principale et essentiel dans la composition des substances allélochimiques, et affectent leur production dans la plante [22]. L'effet allélopathique d'extrait sec du radis sauvage est prouvé, mais l'importance du phénomène dépend de l'organe et de la concentration. Les racines ont un effet plus important que les feuilles et les tiges, ceci peut s'expliquer par le fait que la nature et la concentration des substances allélopathiques diffèrent d'un organe à un autre comme, le montrent les travaux de Qasem & Foy [23], Doré et al. [5], Galzina et al. [24] et Candai et al. [25] avec d'autres plantes adventices. Concernant la cinétique et le taux de germination Kruse et al. [26] ont montré que lorsque des plantes sensibles sont exposées aux

substances allélopathiques, la germination s'arrête dans le stade gonflement de la gaine. Pour d'autres, la germination s'arrête au début de l'apparition de la radicule. Pour la croissance des hypocotyles et des racines. Il est admis que les substances de croissance végétales dont les auxines et cytokinines jouent un rôle essentiel dans l'émission et la croissance des racines et de la tige qui sont inhibées en présence des substances allélopathiques [27, 28]. Notre étude montre que l'expression des effets allélopathiques de *Raphanus raphanistrum* est certaine. Cependant, il est nécessaire que les quantités disponibles des molécules à effets allélopathiques dans le milieu soient suffisantes, et que la plante ciblée soit dans un état de sensibilité adéquat.

CONCLUSION

Parmi les voies de recherches actuelles des types de relations compétitives entre les plantes ressort une interaction d'ordre chimique par l'émission de certaines plantes ou par leurs résidus de molécules toxiques qui freinent ou empêchent la germination et la croissance d'autres plantes avoisinantes c'est ce que l'on appelle 'l'allélopathie'. Notre étude a porté sur l'effet allélopathique des extraits secs de *Raphanus raphanistrum* sur quelques paramètres de germination et de croissance des graines de blé dur variété 'vitron' sous conditions contrôlés. A travers les principaux résultats obtenus, nous avons constaté que les extraits secs synthétisés ont un effet certain sur tous les paramètres étudiés à savoir: la cinétique de germination, les longueurs de l'hypocotyle et de la radicule. D'une façon générale, l'effet allélopathique de la plante envahissante le *Raphanus raphanistrum* dépend de l'organe testé et de la concentration de l'extrait. Cependant, même si les résultats au laboratoire sont concluants, ils ne permettent pas à eux seuls d'expliquer les données observées au champ. En effet, l'expression des propriétés allélopathiques dépend d'un grand nombre de paramètres qu'il est très complexe à évaluer expérimentalement : structure du sol, pH, taux de matière organique, dynamique de l'azote, l'intervention d'autres organismes vivants, la quantité de couvert au sol, la pluviométrie, la capacité de rétention en eau du sol qui peuvent être des causes de libération plus ou moins importante de composés allélopathiques.

Il est à noter que les changements climatiques contemporains (variation de températures et régime des précipitations) et les mauvaises pratiques agricoles favorisent l'installation et le développement des plantes envahissantes dans les agroécosystèmes Algériens. La présente étude pose les jalons de ce qui devrait faire l'objet d'un programme de recherche sur les systèmes de propagation des plantes envahissantes. Des études complémentaires et diversifiées devraient être élaborées pour une meilleure gestion de ces adventices pour une production de quantité et de qualité.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1]. Bouras El. H., (2021). Besoin en eau et rendements des céréales en Méditerranée du Sud : observation, prévision saisonnière et impact du changement climatique. Hydrologie. Université Paul Sabatier – Toulouse III., 209 p
- [2]. Djermoun, A., (2009). La production céréalière en Algérie : les principales caractéristiques, *Revue Nature et Technologie*. N°01/Juin 2009. Chlef, pp. 45- 53.
- [3]. Djermoun, A., (2018). Le développement de la filière céréalière en Algérie : une forte dépendance des blés. *Revue Des économies nord Africaines* Vol 14 / N: 18, Pp. 19-26.
- [4]. OCDE/FAO (2022). Perspectives agricoles de l'OCDE et de la FAO 2022-2031, Éditions OCDE, Paris, 403 p.
- [5]. Doré T., Sène, M., Pellissier F. et Gallet C., (2004) : Approche agronomique de l'allélopathie. *Cahiers Agricultures*, 13(3) :249-256.
- [6]. Rodriguez, A. et Gasquez, J. (2008). Gestion de la flore adventice en grandes cultures. *Innovations Agronomiques*, 3: pp. 107-120.
- [7]. Adeux, G., Vieren, E., Carlesi, S., Bârberi, P., Munier-Jolain, N et Cordeau, S., (2019). Mitigating crop yield losses through weed diversity. *Nature Sustainability* 2: 1018-1026.
- [8]. Cordeau S., (2019). Atténuer les pertes de rendements par le maintien d'une diversité d'adventices Communiqué de presse. Unité Agroécologie (Inra, Agrosup Dijon, Université de Bourgogne, Université de Franche-Comté), 3p.
- [9]. Barralis G. et Chadoeuf R., (1980). Etude de la dynamique d'une communauté adventice. I : Evolution de la flore adventice au cours du cycle végétatif d'une culture. *Weed Res.*, 20: 213-282.
- [10]. Kumar, M., Bhatt, V. P. and Rajwar, G. S., (2006). Plant and soil diversities in a sub-tropical forest of the Garhwal Himalaya. *Ghana Journal of Forestry*, 19-20: pp.1-19.
- [11]. Rice, EL., (1984). *Allelopathy*. 2nd ed. Orlando (Florida): Academic Press, Inc., 424 p.
- [12]. Tanji, A., (2005). Adventices du blé et de l'orge au Maroc. INRA, Division de l'Information et de la Communication, BP 415 Rabat, MAROC. 458p.
- [13]. Dias, L.S. and Dias, A.S., (2005). Allelopathic effects of *Raphanus raphanistrum* and interactions of effects on wheat and oat. X Congresso Brasileiro de Fisiologia Vegetal, XII Congresso Latino Americano de Fisiologia Vegetal, 5 pp.
- [14]. Ben-Ghabrit, S., Bouhache, M. et Akkif, M., (2017) : Effets allélopathiques d'une adventice envahissante (*Verbesina encelioides* (Cav.) Benth. & Hook.f.) sur la germination et la croissance du blé dur. Marocaine de Protection des Plantes, 2017, N° 11: 17-28.
- [15]. Rouifed, S., Piola, F., Avoscan, C., Dommanget, F., (2019). Écologie chimique : quelles applications pour la gestion des renouées ? Sciences Eaux & Territoires n° 27 – 2019 France. pp. 98-102
- [16]. Mahmoodzadeh, H. and Mahmoodzadeh, M., (2014). Allelopathic effects of *Cynodon dactylon* L. on germination and growth of *Triticum aestivum*. *Annals of Biological Research*, 5 (1): 118-123.
- [17]. Friedman, J., (1995). Allelopathy, Autotoxicity, and germination. In Seed development and germination. CRC Press, Florida. PP. 629-643.
- [18]. Arslan, M., Uremis, I., and Uludag, A., (2005): Determining bio-herbicidal potential of rapeseed, radish and turnip extracts on germination inhibition of cutleaf ground-cherry (*Physalis angulata* L.) seeds. *Journal of Agronomy* 4: 134-137.
- [19]. Marinov-Serafimov, P., (2010): Determination of Allelopathic Effect of Some Invasive Weed Species on Germination and Initial Development of Grain Legume Crops. *Pesticides & Phytomedicine*, 25: 251-259.
- [20]. Baličević, R., Ravlić, M., Knežević, M., Marić, K., Mikić, I., (2014): Effect of marigold (*Calendula officinalis* L.) cogermination, extracts and residues on weed species hoary cress (*Cardaria draba* (L.) Desv.). *Herbologia*, 14: 23-32.
- [21]. Baličević, R., Ravlić, M., Živković, T., (2015). Allelopathic effect of invasive species giant goldenrod (*solidago gigantea* ait.) on crops and weeds, *Herbologia*, Vol. 15, No. 1, pp. 20-29.
- [22]. Robles, C., Bonin, G., Garzino, S. (1999). Potentialités autotoxiques et allélopathiques de *Cistus albidus* L. C.R Acad. *Sci. Lifes Sciences*. 322: 677-685
- [23]. Qasem, J.R., Foy, C.L., (2001): Weed allelopathy, its ecological impact and future prospects. *Journal of Crop Production*, 4(2), pp. 43-119.
- [24]. Galzina, N., Šćepanović, M., Goršić, M., Turk, I., (2011): Allelopathic effect of *Abutilon theophrasti* Med. on lettuce, carrot and red beet. *Herbologia*, 12(2):. 125-131.
- [25]. Candai, Wen-jie, L., Kuo, L., Zhong-qlang, L., Pang, j., and Wang, z.x., (2017). The allelopathic potential of oxalis rubra on seedling of veronica persica under different environments. *China, Pak.j.bot.* 49 (4): 1491-1496.
- [26]. Kruse, M., Strandberg, M., Strandberg, B., (2000). Ecological effects of allelopathic plants: Review. NERT Technical Report No. 315. National Environmental Research Institute. Silkeborg. Denmark. P. 66
- [27]. Chung, I.M., Seigler, D., Miller, D.A., Kyung, S.H., (2000). Autotoxic compounds from fresh alfalfa leaf extracts: identification and biological activity. *J. Chem. Ecol.* 26: 315-327.
- [28]. Bais, H. P., Park, S-W., Weir, T., Callaway, R., and Vivanco, J., (2004). How plants communicate using the underground information superhighway. *Trends in Plant Science*. 9(1):. 26-32.