

IMPACT DE L'APPLICATION D'UN BIO FERTILISANT À BASE DE PURIN D'ORTIE (*URTICA DIOICA* L.) SUR LE DÉVELOPPEMENT DE LA CULTURE DE LAITUE (*LACTUA SATIVA* L.)

BENREBHA Nawel^{1*}, ZOUAOUI Ahmed¹, BRADEA Maria Stella¹ et SNOUSSI Sid-Ahmed¹

1. Université de Blida 1. Faculté des Sciences de la Nature et de la vie. Département des Biotechnologies. Laboratoire de Biotechnologie des Productions Végétales, B.P. 270, route de Soumaâ, Blida 09000, Algérie

Reçu le 18/08/2020, Révisé le 07/11/2020, Accepté le 31/12/2020

Résumé

Description du sujet : La production intégrée en agriculture durable vise l'amélioration de l'efficacité des intrants biologiques à travers les bio fertilisants à base de plantes spontanées ce qui constitue une excellente source d'engrais naturels.

Objectifs : L'étude vise à évaluer et de comparer l'effet de différentes concentrations d'un produit à base d'un bio fertilisant d'origine végétale : le purin d'ortie (*Urtica dioica* L.) sur les paramètres morphologiques, physiologiques et nutritionnels d'une espèce horticole, la laitue (*Lactuca sativa* L.).

Méthodes : Neuf traitements résultant de la combinaison de Cinq doses retenues du biofertilisant de purin d'ortie (05%, 10%, 15%, 20% et 25%) avec trois modes d'application: application racinaire, application foliaire et la combinaison (application foliaire-racinaire), comparés à un témoin négatif.

Résultats : Nos résultats montrent une différence significative et hautement significative est observée pour les plantes traitées par le biofertilisant au niveau du poids frais des feuilles, de la hauteur finale des plantes, du poids sec des feuilles, de la teneur en chlorophylle a et en caroténoïde, en sucre soluble, et au niveau du taux de vitamine C.

Conclusion : Le mode d'application combinée foliaire-racinaire semble être le plus efficace pour la majorité des paramètres morphologiques et nutritionnels de la culture de laitue.

Mots clés : biofertilisant, purin d'ortie, *Lactuca sativa*, application foliaire, application racinaire, application combinée.

IMPACT OF APPLYING A BIO FERTILISER BASED ON NETTLE MANURE (*URTICA DIOICA* L.) ON THE DEVELOPMENT OF LETTUCE (*LACTUA SATIVA* L.)

Abstract

Description of the subject: Integrated production in sustainable agriculture aims to improve the efficiency of organic inputs through organic fertilizers based on spontaneous plants, which is an excellent source of natural fertilizers.

Objective: The aim of the study is to evaluate and compare the effect of different concentrations of a product based on a bio-fertilizer of plant origin: nettle purine (*Urtica dioica* L.) on the morphological, physiological and nutritional parameters of a horticultural species, lettuce (*Lactuca sativa* L.).

Methods : Nine treatments resulting from the combination of Five doses retained Five retained doses of nettle manure biofertilizer (05%, 10%, 15%, 20% and 25%) with three modes of application: root application, foliar application and combination (foliar-root application), compared to a negative control.

Results : Our results show a significant and highly significant difference is observed for plants treated with biofertiliser in fresh leaf weight, final plant height, dry leaf weight, chlorophyll a and carotenoid content, in soluble sugar and vitamin C levels.

Conclusion : The combined foliar-root mode of application appears to be the most effective for most of the morphological and nutritional parameters of lettuce culture.

Keywords: Biofertilizer, nettle purin, *Lactuca sativa*, foliar application, root application, combined application.

* Auteur correspondant : BENREBHA Nawel, E-mail : nawel.benrebha@hotmail.com

INTRODUCTION

L'utilisation abusive et anarchique d'engrais chimiques pour accroître la productivité agricole dégrade continuellement l'état des sols et met en danger l'équilibre environnemental et constitue une grave menace pour la santé humaine [1]. Il est donc urgent de s'orienter vers l'agriculture moderne et à la recherche des nouvelles avancées biotechnologiques permettant une réduction de l'utilisation des intrants chimiques sans affecter le rendement des cultures ou le revenu des agriculteurs [2]. Les efforts récents ont été consacré vers la production d'aliments, riches en éléments nutritifs de haute qualité dans un comportement durable afin d'assurer la biosécurité [3]. La consommation d'aliments biologiques est associée aux croyances en matière de santé et au bien-être subjectif, ce qui entraîne une hausse des valeurs et de la demande du marché [4]. Des études récentes soulignent que les aliments biologiques présentent des avantages importants pour la santé humaine et environnementale [5]. De plus, au cours des prochaines années, l'agriculture sera poussée à devenir plus durable en tant que réponse mondiale au changement climatique. Cette croissance importante de l'agriculture biologique n'est pas seulement attribuable à un changement agricole marginal, mais représente également la mise en œuvre de changements importants dans la société et leurs relations avec l'agriculture [6] et elle dispose de plus en plus de produits naturels pour gérer et améliorer leurs cultures [7]. Plusieurs études ethnobotaniques ont indiqué que l'utilisation de l'extrait d'ortie (*Urtica dioica* L.) comme engrais dans l'agriculture biologique pour les cultures horticoles se répand en Espagne [8]. L'ortie pousse sur des terrains riches en azote, et atteint une hauteur d'un mètre au stade de la floraison. Les produits à base d'extrait d'ortie sont riches en azote (phytostimulants), aussi ils contiennent beaucoup d'oligoéléments, qui ont un effet positif sur les feuilles, et sont également utilisés comme acaricides contre l'araignée rouge. L'extrait d'ortie a également un effet répulsif sur de nombreux autres insectes. Une solution d'ortie épaisse est utilisée comme fongicide et répulsif [9]. Les petits agriculteurs peuvent produire leur propre extrait, mais la plupart des agriculteurs biologiques professionnels achètent habituellement le produit commercial.

Les entreprises doivent suivre le règlement CE no. 1107/2009 pour obtenir des substances actives. Le but de ce règlement est d'assurer un niveau élevé de protection de l'homme et de l'environnement et, en même temps, de sauvegarder la compétitivité de la communauté agricole [10]. Dans cette étude, nous avons cherché à identifier l'effet de l'utilisation du purin d'ortie comme biofertilisant, et ce afin d'évaluer son impact sur la croissance, le développement et le rendement d'une culture de laitue.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

1. Matériel

1.1. Semences

Dans notre expérimentation nous avons utilisé comme matériel végétal la laitue (*Lactuca sativa* L) variété Madriléne. Les semences utilisées proviennent de l'institut technique des cultures maraichères et industrielles (ITCMI) de Staouali, et ayant une pureté spécifique de 99%. Le semis a été effectué dans des alvéoles en plastique remplies de tourbe à raison d'une graine par alvéole à une température de 18°C. Après 10 jours, les plantules ont été repiquées directement au sol jusqu'à la fin du cycle végétal de laitue pour une période de 45 jours.

1.2. Sol

Le sol utilisé de la station expérimentale du département des Biotechnologies (Université de Blida1). Selon le triangle de texture, le sol présente une texture limono-argileuse, il a un pH relativement basique, non salin et peu calcaire (< à 5%), le sol a une teneur moyenne en matière organique et un apport C/N faible [11].

1.3. Biofertilisant et traitements

Le bio fertilisant utilisé est le purin d'ortie (*Urtica dioica* L.). Il est préparé à base d'une macération de 400 g d'ortie séchée dans 9l d'eau de source dans un récipient en plastique à une température de 20°C. Après 15 jours de la macération, nous avons remarqué la disparition des bulles, ce qui indique la fin de la macération. Par la suite, nous avons filtré le purin pour retirer tous les résidus d'ortie [12]. Pour réaliser les différents traitements appliqués, nous avons dilué le purin obtenu à cinq concentrations différentes 05%, 10%, 15%, 20%, 25% en comparaison avec un témoin négatif (l'eau). Les traitements appliqués ont été réalisés selon trois modes : (i) Application racinaire : T1R : 15%, T2R : 20%, T3R : 25%, (ii) Application foliaire : T1F : 05%, T2F :

10%, T3F : 15%, (iii) Application combinée (racinaire et foliaire) : T1C : 15% racinaire + 15% foliaire, T2C : 20% racinaire + 10% foliaire, T3C : 25% racinaire + 05% foliaire. Les traitements ont été appliqués directement après la transplantation des jeunes plants de la laitue, par arrosage à raison de 40ml et 50ml par plante selon leur stade de développement, trois fois par semaine.

2. Méthodes

2.1. Dispositif expérimental

L'expérience a été réalisée dans la station expérimentale au sein de la serre du département des Biotechnologies de l'Université de Blida1, Algérie, durant une période de 45 jours pendant le mois de mars et avril 2019, sous un abri serre tunnel en polycarbonate et ce en bloc aléatoire complet. Le dispositif expérimental est composé de trois blocs, chaque bloc a trois traitements et un témoin, et six observations par traitement, ce qui nous donne un total de 72 observations (plans) : Bloc 1 : Application racinaire du traitement, Bloc 2 : Application foliaire du traitement, Bloc 3 : Application combinée du traitement (Application foliaire + Application foliaire).

2.2. Paramètres mesurés

-*Paramètres morphologiques* : Les mesures ont été faites après 45 jours de culture afin de mettre en évidence l'effet de bio fertilisant à base de purin d'ortie sur ces paramètres mesurés. Toutes les plantes ont été coupées et séparées de leurs feuilles, des tiges et des racines pour des analyses ultérieures. La biomasse sèche a été mesurée après séchage des feuilles à 70°C jusqu'à stabilisation du poids sec. La hauteur des plantes a été définie comme la hauteur de la plante depuis les feuilles cotylédonaire jusqu'à la pointe la plus élevée de l'apex.

- *Concentration de pigments chlorophylliens dans les feuilles* : Les teneurs en chlorophylle a, b et caroténoïdes sont déterminées selon la méthode utilisée par Shabala et al. [13] et Lichtenthaler [14]. La lecture de la densité optique est faite à l'aide d'un spectrophotomètre UV à des longueurs d'onde respectives de 470, 645 et 663 nm qui correspondent aux pics d'absorption de la chlorophylle a, b et des pigments caroténoïdes. Le calcul de quantité de chlorophylle (exprimé en mg/ml) se fait à l'aide des formules suivante : Chl a= 9.78 DO (663) - 0.99 DO (645); Chl b= 21.42 DO (645) - 4.65

DO (663); Caroténoïde = [1000.DO (470) - 1.90. Chl a - 63.14.Chl b] /214.

- *Teneur en sucres solubles*: La teneur en sucres solubles dans les feuilles a été mesurée selon la méthode de Lichtenthaler [14]. Il a été Procédé à la lecture au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 490 nm. La détermination de la teneur des sucres solubles est réalisée selon la formule : Sucres solubles ($\mu\text{g/gMF}$) = $\text{DO}_{490} \times 1.657$.

-*Teneur en acide ascorbique* : La teneur en acide ascorbique des feuilles de laitue est dosée par titrage à l'iodate de potassium jusqu'à l'apparition d'une couleur bleue en présence de iodure de potassium et de l'amidon comme indicateur puis calculée selon la méthode suivante d'AFNOR [16] : $X = \frac{[(N \times V1) - 0.88]}{(G \times V2)} \times 100$, X : mg d'acide ascorbique /g de produit à l'analyse, N : nombre d'iodate de potassium résultant de la différence entre le 1er titrage et le titrage témoin, V1 : volume total d'extrait obtenu pour analyse, V2 : volume initial d'extrait soumis à l'analyse, G : quantité de produit analysé.

3. Analyse statistique

Les données obtenues sont soumises à une analyse de la variance à deux facteurs étudiés (facteur dose et facteur mode d'application). Les valeurs présentées sont des moyennes de six répétitions \pm un écart-type. Les moyennes sont comparées par le test Newman et Keuls au niveau significatif de 95%, réalisée par le logiciel Xlstat version 2014. On considère que les résultats sont significatifs quand $P \leq 0,05$.

RÉSULTATS

1. Paramètres biométriques

1.1. Hauteur finale des plantes

Les hauteurs finales des plantes présentées dans la figure1 indiquent l'existence d'une différence très hautement significative du facteur dose de biofertilisant à base de purin pour les trois modes d'application racinaire, foliaire et mode combiné (application racinaire et foliaire) $p=0,000$. Le meilleur résultat a été enregistré au niveau du traitement racinaire TR2 (bloc racinaire) avec une hauteur de 29cm correspondant à la dose de 20%, et la hauteur la plus faible a été obtenue chez le témoin avec une valeur comprise entre 19 et 22cm pour les trois blocs.

Chez les plantes de bloc foliaire et combiné les meilleures valeurs sont de 28cm et 23cm au niveau des traitements TF2 et TC2 respectivement. Ces résultats prouvent la

présence d'éléments minéraux et de substances bioactives dans le purin de (*Urtica dioica* L.), permettant de stimuler la croissance des plantes de l'espèce étudiée.

Tableau 1 : Variation des hauteurs finales des plantes (cm) par rapport aux différents traitements

Traitements	R	F	C
T0	22,60±0,43 ^d	20,83±1,83 ^c	17,75±2,08 ^b
T1	25,91±0,47 ^b	26,00±2,00 ^a	22,41±2,44 ^a
T2	28,83±0,44 ^a	27,33±1,55 ^a	23,50±1,66 ^a
T3	23,50±0,83 ^c	24,00±1,33 ^b	23,00±2,00 ^a
<i>p</i> (ANOVA)	0,000 ^{***}	0,000 ^{***}	0,000 ^{***}

Les données représentent des valeurs moyennes ± écart type. T : concentration de traitement, R : Application Racinaire, F : Application Foliare, C : Application Combinée, *** : Significative à 0,1%.

1.2. Biomasse fraîche produite

Les résultats de biomasse fraîche produite (feuilles+tiges) sont illustrés dans le tableau 2. L'application du biofertilisant à base de purin d'ortie a manifesté une action remarquable sur le paramètre mesuré et ce par rapport au témoin où un effet dépressif est constaté sur les plantes non traitées de variance montre l'existence d'une différence significative entre les différents traitements notamment pour le bloc racinaire ($p=0,015$), le bloc foliaire ($p=0,114$) et bloc combinée ($p=0,163$).

Dans les trois blocs, les plantes irriguées par le bio fertilisant de purin d'ortie manifestent une biomasse fraîche significativement importante par rapport au témoin, et varient entre 213,0102 g. et 391,476 g., Les résultats les plus importants ont été enregistrés pour le bloc combiné (application racinaire-foliare) avec des hausses de l'ordre 78,60%, 48,53%, 48,82% respectivement avec les traitements TC1, TC2, TC3.

Tableau 2 : Variation de biomasse fraîche produite des plantes (g) par rapport aux différents traitements

Traitements	R	F	C
T0	287,97±0,24 ^b	219,19±0,57 ^d	219,19±0,57 ^d
T1	272,57±0,41 ^d	391,41±0,46 ^c	391,41±0,46 ^a
T2	278,08±0,24 ^c	325,55±0,54 ^a	325,55±0,54 ^b
T3	321,80±0,49 ^a	326,22±0,56 ^b	326,22±0,56 ^b
<i>p</i> (ANOVA)	0,000 ^{***}	0,000 ^{***}	0,000 ^{***}

Les données représentent des valeurs moyennes ± écart type. T : concentration de traitement, R : Application Racinaire, F : Application Foliare, C : Application Combinée, *** : Significative à 0,1%.

1.3. Biomasse sèche produite

Les résultats relatifs à la biomasse sèche produite (feuilles+tiges) sont présentées dans le tableau 3, l'effet du facteur traitement manifeste une action significative par rapport au témoin ($p=0,000$) et ce au niveau des trois blocs et pour chacun des modes d'application effectué. Les plantes irriguées par les traitements combinés (irrigation foliaire et racinaire) présentent une

biomasse sèche plus importante par rapport aux autres blocs avec des valeurs de 46,576 g., 42,058 g., 44,104 g. pour les traitements TC1, TC2, TC3 respectivement et dont le meilleur résultat a été enregistré au niveau des plantes traitées par le traitement TC1 recevant 15% d'irrigation racinaire et 15% d'irrigation foliaire d'une solution à base de purin d'ortie.

Tableau 3 : Variation de biomasse sèche produite des plantes (g) par rapport aux différents traitements

Traitements	R	F	C
T0	20,980±0,48 ^c	20,60±0,58 ^d	20,12±0,26 ^d
T1	19,19±0,52 ^d	22,05±0,59 ^c	46,64±0,36 ^a
T2	26,09±0,55 ^b	35,17±0,40 ^a	42,00±0,51 ^c
T3	27,69±0,24 ^a	27,57±0,55 ^b	44,10±0,56 ^b
<i>p</i> (ANOVA)	0,000 ^{***}	0,000 ^{***}	0,000 ^{***}

Les données représentent des valeurs moyennes ± écart type. T : concentration de traitement, R : Application Racinaire, F : Application Foliare, C : Application Combinée, *** : Significative à 0,1%.

2. Paramètres physiologique

2.1. Teneur en chlorophylle

Les résultats relatifs aux teneurs en pigments chlorophylliens (a, b et c) au niveau des feuilles médianes de la laitue, ont montré que les plantes irriguées par le bio fertilisant à base de purin d'ortie manifestent des teneurs importantes et ce par rapport aux plantes témoins qui sont irriguées par l'eau seulement (Tableau 4). En outre, les taux d'augmentations les plus élevées de 56,36%, 35,65% et 69,12% ont été obtenus au niveau du traitement T2C pour la chlorophylle (a),

du traitement T2F pour la chlorophylle (b), et du traitement T1R pour la chlorophylle (c) respectivement. L'analyse de la variance de l'interaction traitement / mode d'application du bio fertilisant à base de purin d'ortie indique un effet marqué sur la chlorophylle (a) bloc combiné ($p=0,001$), chlorophylle (b) bloc racinaire ($p=0,020$) et chlorophylle (c) bloc racinaire ($p=0,007$) et combinée ($p=0,021$). En revanche, aucune action remarquable n'a été observée pour les autres traitements étudiés.

Tableau 4 : Variation de teneur en chlorophylle a, b et caroténoïdes ($\mu\text{g/gMF}$) par rapport aux différents traitements

Texte	R			F			C		
	Chl a	Chl b	Chl c	Chl a	Chl b	Chl c	Chl a	Chl b	Chl c
T0	1,37±0,48	0,611±0,18 ^b	0,59±0,23 ^b	2,14±0,45	1,15±0,45	0,95±0,32	1,52±0,55 ^b	0,62±0,18	0,52±0,18 ^b
T1	2,22±0,32	1,35±0,40 ^a	1,91±0,94 ^a	1,39±0,75	0,45±0,13	0,93±0,34	2,48±0,37 ^b	1,00±0,19	0,91±0,16 ^{ab}
T2	1,58±0,40	0,95±0,17 ^a	0,78±0,20 ^b	1,92±0,59	1,79±1,20	1,17±0,24	3,48±0,47 ^a	0,84±0,28	0,14±0,21 ^a
T3	1,77±0,45	0,73±0,27 ^b	0,81±0,29 ^b	1,93±0,79	0,79±0,18	0,93±0,31	2,00±0,69 ^b	1,11±0,32	0,75±0,36 ^{ab}
p (ANOVA)	0,127 ^{NS}	0,020 [*]	0,007 ^{**}	0,603 ^{NS}	0,142 ^{NS}	0,252 ^{NS}	0,001 ^{***}	0,149 ^{NS}	0,021 [*]

Les données représentent des valeurs moyennes ± écart type. T : concentration de traitement, R : Application Racinaire, F : Application Foliare, C : Application Combinée, Chl : Chlorophylle, NS : Non significative, * : Significative à 5%, ** : Significative à 1%, *** : Significative à 0,1%.

2.2. Teneur en sucres solubles

Les sucres solubles des composés organiques des plantes, jouent un rôle réglementaire dans les nombreux mécanismes de croissance et de développement des plantes [17]. Ils facilitent le contrôle du métabolisme des plantes et des différentes réponses au stress au cours de toutes les étapes de croissance [18]. Les légumes-feuilles, y compris la laitue, le fructose représente la plus forte concentration (environ 55%) des sucres solubles totaux [19]. L'analyse de la variance du facteur traitement sur le paramètre mesuré indique l'existence d'une différence hautement significative ($p=0,000$)

entre les trois blocs (Tableau 5). Concernant les résultats obtenus, pour les plantes issues du témoin, on a enregistré des teneurs comprises entre 0,606 et 0,688mg./g. M.F., tandis qu'au niveau les plantes traitées par le purin d'ortie, nous avons obtenu des résultats concluants dont les plus marquants sont au niveau des traitements T1R (1,834mg./g. M.F.) à la dose 15% application racinaire, T3 F (1,938mg./g. M.F.) à la dose 15% application foliaire et T1C (2,272mg./g. M.F.). Le traitement le plus performant étant celui représentant la dose de 15% pour l'application foliaire et racinaire.

Tableau 5 : Variation de taux de teneur en sucres solubles (mg./g. M.F.) par rapport aux différents traitements

Traitements	R	F	C
T0	0,65±0,31 ^b	0,51±0,20 ^b	0,50±0,20 ^b
T1	1,83±0,58 ^a	0,32±0,14 ^b	2,27±0,64 ^a
T2	1,54±0,25 ^a	1,03±0,32 ^b	0,71±0,19 ^b
T3	0,67±0,18 ^b	1,93±0,62 ^a	1,69±0,15 ^a
p (ANOVA)	0,000 ^{***}	0,000 ^{***}	0,000 ^{***}

Les données représentent des valeurs moyennes ± écart type. T : concentration de traitement, R : Application Racinaire, F : Application Foliare, C : Application Combinée, *** : Significative à 0,1%.

2.3. Teneur en acide ascorbique (Vitamine C)

L'effet du biofertilisant de purin d'ortie manifeste un effet significatif sur la qualité

organoleptique des feuilles de *Lactuca sativa* L. En effet, l'analyse de la variance de l'interaction-mode du bio fertilisant a montré

une différence hautement significative ($p=0,000$) dans les trois niveaux (racinaire, foliaire et combinaison) (Tableau 6).

Les feuilles qui sont traitées avec le bio fertilisant par application racinaire, foliaire et combinée marquent des teneurs importantes par

rapport aux plantes de témoin. Les teneurs les plus importantes en acide ascorbique sont enregistrées pour le traitement T1R (18,564 mg./100ml) et pour le traitement TC2 (22,58mg./100ml).

Tableau 6 : Variation de taux de l'acide ascorbique (%) par rapport aux différents traitements

Traitements	R	F	C
T0	15,79±1,15 ^a	14,17±1,61 ^a	12,58±1,56 ^c
T1	18,56±2,47 ^a	16,33±0,70 ^a	17,57±1,56 ^b
T2	10,66±1,49 ^b	14,74±1,55 ^a	22,58±2,02 ^a
T3	12,56±1,54 ^b	11,26±1,89 ^b	17,03±1,45 ^b
<i>p</i> (ANOVA)	0,000 ^{***}	0,001 ^{***}	0,000 ^{***}

Les données représentent des valeurs moyennes ± écart type. T : concentration de traitement, R : Application Racinaire, F : Application Foliare, C : Application Combinée, *** : Significative à 0,1%.

DISCUSSION

A travers cette étude, il a été constaté chez la laitue que l'amélioration des paramètres biométriques tels que la hauteur finale, la biomasse fraîche et sèche des plantes traitées sont dus à l'application de purin d'ortie qui accélère la croissance de *Lactuca sativa* L, en raison de la richesse des feuilles de l'ortie en macroéléments qui entrent dans la composition des phosphatides, des nucléotides, acides nucléiques et enzymes [20]. Les feuilles de l'ortie piquante sont riches en Ca, K, P, Mg, Zn, Cu et Fe [21-23]. La concentration élevée de N, P et Fe dans le matériel végétal entraîne une influence importante de la fertilisation dans le sol. Aussi l'ortie (*Urtica dioica* L.) est une source abondante de composés bioactifs comme les acides aminés, les vitamines et les minéraux [24]. Ces résultats sont confirmés par Garmendia et [25], qui ont indiqué que l'amélioration de rendements en raison de ses concentrations plus élevées de nutriments (azote et autres). L'azote est un élément majeur et les acides aminés, protéines et autres composés azotés qui sont liés à la croissance et le développement de la plante [26]. Chez l'ortie, l'azote le plus important est stocké dans les racines et les rhizomes [27]. Par conséquent, le purin d'ortie a amélioré le rendement de la laitue en raison des micronutriments fournis. Le purin permet ainsi un meilleur développement des appareils végétatif et racinaire de la plante comme l'a mis en évidence l'expérience de Rolf Peterson sur des cultures de radis, de tomates, de blé et d'orge [28].

De même, des études sur des grandes cultures de blé et de maïs réalisées aux États Unis (Wisconsin) ont montré également le rôle fertilisant du purin. En effet, les rendements étaient plus importants que ceux d'une culture témoin suite à un meilleur développement de l'appareil racinaire des plantes [29]. Ainsi, Li [30] a observé la croissance du basilic sucré et l'estragon français par l'utilisation d'extrait de poudre d'ortie mieux que la farine du sang et le fumier du bœuf, aussi l'extrait d'ortie a favorisé la croissance du persil égale à l'engrais de poisson, au fumier de bœuf, à la farine de sang et à l'ammonium sulfate. Par ailleurs, le purin d'ortie a engendré une amélioration de l'activité photosynthétique surtout pour la chlorophylle (a) et (c) pour l'application combinée et l'application racinaire. Cela est dû à la concentration élevée dans les feuilles d'ortie en chlorophylles [31] et les caroténoïdes [32], qui sont un autre groupe nutritif important présent dans l'ortie piquante. Neuf caroténoïdes ont été identifiés dans les feuilles, le plus important étant le carotène ; la quantité totale de caroténoïdes provenant de feuilles fraîches a été signalée à 29,6 mg 100 en 1g de poids sec [21 ; 23]. Une teneur élevée en azote a été notée dans les feuilles [26], car une carence en azote se traduit par la diminution de la quantité de protéines et de chlorophylles associées [33]. L'application de purin d'ortie dans le cycle des irrigations, ayant favorisé d'une façon significative les paramètres étudiés peut être considéré comme un indicateur d'une bonne utilisation des éléments nutritifs par la plante.

Ces résultats concordent avec l'étude réalisée par Ruamrungsri et al. [26], sur les pommes de terre qui ont trouvé une teneur en chlorophylle élevée observée dans le traitement double dose constitué de purin d'ortie et 10% de purin d'*Equisetum*. Aussi, Khan et al. [34] et Akila & Jeyadoss [35], ont observé les réponses physiologiques dues à la pulvérisation de bio fertilisant liquide à base d'extrait d'algues ont amélioré la mobilisation et le partage des nutriments, le développement de système racinaire vigoureux, augmentation de la teneur en chlorophylle et de la superficie des feuilles et retarde la sénescence dans le système végétal. En outre, l'acide ascorbique est un métabolite important impliqué dans de nombreux processus cellulaires, y compris la division cellulaire. L'effet positif de la teneur en acide ascorbique grâce à la richesse des feuilles de l'ortie en vitamines C, les micronutriments, et le fer qui absorbe les minéraux du sol [24]. Nos résultats sont similaires à ceux de [36] qui ont trouvé des teneurs importantes de vitamine C dans les lentilles et haricot mungo sous l'influence de l'application d'extrait de l'ortie. Ainsi, Đurić et al. [9], ont indiqué que la teneur en matières solubles était la plus élevée dans l'ortie 2 % BRIX à 200°C (les solides solubles étaient principalement des glucides et des sucres).

CONCLUSION

La présente étude conclut que l'application d'un bio fertilisant liquide à base de purin d'ortie sur la laitue enregistre des effets remarquables sur les paramètres morphologiques et physiologiques mesurés et conduit vers une synthèse appréciable et une accumulation notable des teneurs en chlorophylle, en sucres solubles et en acide ascorbique. Il ressort de cette étude que les traitements T1C et T2C ayant subi le mode d'application combiné associés aux concentrations (15% foliaire /15% racinaire et 10% foliaire /20% racinaire) respectivement manifestent les meilleures performances par rapport aux autres traitements testés. Ceci est du vraisemblablement à la richesse de purin d'ortie en éléments fertilisants et donc, à sa vertu d'améliorer la nutrition minérale des plantes cultivées, la laitue entre autres.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1]. Nellemann, C., MacDevette, M., Manders, T., Eickhout, B., Svihus, B., Prins, A. G., & Kaltenborn, B. P. (2009). The environmental food crisis—The environment's role in averting future food crises. A UNEP rapid response assessment. United Nations Environment Programme, GRID-Arendal. *Birkeland Trykkeri AS, Norway*, 1-104.
- [2]. Chbani, A., Mawlawi, H., & Zaouk, L. (2013). Evaluation of brown seaweed (*Padina pavonica*) as biostimulant of plant growth and development. *African Journal of Agricultural Research*, 8(13), 1155-1165.
- [3]. Raja, N. (2013). Biopesticides and biofertilizers: ecofriendly sources for sustainable agriculture. *J Biofertil Biopestici*, 4, e112.
- [4]. Apaolaza, V., Hartmann, P., D'Souza, C., & López, C. M. (2018). Eat organic—Feel good? The relationship between organic food consumption, health concern and subjective wellbeing. *Food Quality and Preference*, 63, 51-62.
- [5]. Gomiero, T. (2018). Food quality assessment in organic vs. conventional agricultural produce: findings and issues. *Applied Soil Ecology*, 123, 714-728.
- [6]. Lobley, M., Butler, A., & Reed, M. (2009). The contribution of organic farming to rural development: An exploration of the socio-economic linkages of organic and non-organic farms in England. *Land use policy*, 26(3), 723-735.
- [7]. Benfatto, D., Matteo, R., Di Franco, F., San Lio, R. M., Ugolini, L., & Lazzeri, L. (2015). The use of bio-based liquid formulations in pest control of citrus groves. *Industrial Crops and Products*, 75, 42-47.
- [8]. Latorre, J. A. (2008). Estudio etnobotánico de la provincia de La Coruña. *Facultad de Farmacia. Valencia: Universidad de Valencia*.
- [9]. Đurić, M., Mladenović, J., Bošković-Rakočević, L., Šekularac, G., Brković, D., & Pavlović, N. (2019). Use of different types of extracts as biostimulators in organic agriculture. *Acta Agriculturae Serbica*, 24(47), 27-39.
- [10]. European Union. (2009). Regulation (EC) No 1107/2009 of the European Parliament and of the Council of 21 October 2009 concerning the placing of plant protection products on the market and repealing Council Directives 79/117/EEC and 91/414/EEC. *Official Journal of the European Union*, 50, 1-49.

- [11]. Saou, A., Snoussi, S., & Chaouia, C. (2017). Effect of fertigation on the performance and quality of fruits of cucumber *Cucumis sativus* cultivar under greenhouse. *AgroBiologia*, 7(1), 233-241.
- [12]. Bertrand, B., Collaert, J. P., & Petiot, E. (2007). *Purin d'ortie et compagnie : les plantes au secours des plantes*. Editions de Terran, pp 37-38
- [13]. Shabala, S. N., Shabala, S. I., Martynenko, A. I., Babourina, O., & Newman, I. A. (1998). Salinity effect on bioelectric activity, growth, Na⁺ accumulation and chlorophyll fluorescence of maize leaves: a comparative survey and prospects for screening. *Functional Plant Biology*, 25(5), 609-616.
- [14]. Lichtenthaler, H. K. (1987). Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. In *Methods in enzymology* (Vol. 148, pp. 350-382). Academic Press.
- [15]. Dubois, M., & Gillet, K. A. (1956). Dosage des sucres totaux à l'ortho-toluidine. *J. Agr. Food Chem*, vol. 13, p. 137.
- [16]. Afnor, Ø. (1982). Recueil de normes françaises des produits dérivés des fruits et légumes jus de fruits. *AFNOR*, 325.
- [17]. Rosa, M., Prado, C., Podazza, G., Interdonato, R., González, J. A., Hilal, M., & Prado, F. E. (2009). Soluble sugars: Metabolism, sensing and abiotic stress: A complex network in the life of plants. *Plant signaling & behavior*, 4(5), 388-393.
- [18]. Rolland, F., Baena-Gonzalez, E., & Sheen, J. (2006). Sugar sensing and signaling in plants: conserved and novel mechanisms. *Annu. Rev. Plant Biol.*, 57, 675-709.
- [19]. Gent, M. P. (2012). Composition of hydroponic lettuce: effect of time of day, plant size, and season. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 92(3), 542-550.
- [20]. Petek, M., HERAK ĆUSTIĆ, M., Čoga, L., & Pecina, M. (2008). Phosphorus content in soil and in fresh and cooked red beet in dependence on different fertilization. *Cereal Research Communications*, 36, 435-438.
- [21]. Guil-Guerrero, J. L., Reboloso-Fuentes, M. M., & Isasa, M. T. (2003). Fatty acids and carotenoids from Stinging Nettle (*Urtica dioica* L.). *Journal of Food Composition and Analysis*, 16(2), 111-119.
- [22]. Bordean, D. M. (2012). Comparative assessment of trace metal accumulation in celery and nettle leaves. *JOURNAL of Horticulture, Forestry and Biotechnology*, 16(2), 217-220.
- [23]. Upton, R. (2013). Stinging nettles leaf (*Urtica dioica* L.): Extraordinary vegetable medicine. *Journal of Herbal Medicine*, 3(1), 9-38.
- [24]. Rutto, L. K., Xu, Y., Ramirez, E., & Brandt, M. (2013). Mineral properties and dietary value of raw and processed stinging nettle (*Urtica dioica* L.). *International journal of food science*, pp.1-9.
- [25]. Garmendia, A., Raigón, M. D., Marques, O., Ferriol, M., Royo, J., & Merle, H. (2018). Effects of nettle slurry (*Urtica dioica* L.) used as foliar fertilizer on potato (*Solanum tuberosum* L.) yield and plant growth. *PeerJ*, 6, e4729.
- [26]. Ruamrungsri, S., Kuankaew, T., Ohtake, N., Sueyoshi, K., & Ohshima, T. (2010). Nitrogen assimilation in flower bulbs, pp 695-705.
- [27]. Rosnitschek-Schimmel, I. (1985). Seasonal dynamics of nitrogenous compounds in a nitrophilic weed I. Changes in inorganic and organic nitrogen fractions of the different plant parts of *Urtica dioica*. *Plant and cell physiology*, 26(1), 169-176.
- [28]. BERTRAND, B. (2002). *Les Secrets de l'Ortie. Collection Le Compagnon Végétal, volume 1*.
- [29]. Blandine, B., Cyrielle, D., Jordan, N., Julia, P., Sophie-Astrid, Q., & Xavier, D. S. (2014). *La Multi Valorisation de l'Ortie*. université Lorraine : ensaia, pp 6-18.
- [30]. Li, T. (1994). Use of stinging nettle as a potential organic fertilizer for herbs. *Journal of Herbs, Spices & Medicinal Plants*, 2(2), 93-98.
- [31]. Hojnik, M., Škerget, M., & Knez, Ž. (2007). Isolation of chlorophylls from stinging nettle (*Urtica dioica* L.). *Separation and purification technology*, 57(1), 37-46.
- [32]. Guil-Guerrero, J. L., Reboloso-Fuentes, M. M., & Isasa, M. T. (2003). Fatty acids and carotenoids from Stinging Nettle (*Urtica dioica* L.). *Journal of Food Composition and Analysis*, 16(2), 111-119.
- [33]. Khamis, S., Lamaze, T., Lemoine, Y., & Foyer, C. (1990). Adaptation of the photosynthetic apparatus in maize leaves as a result of nitrogen limitation: relationships between electron transport and carbon assimilation. *Plant Physiology*, 94(3), 1436-1443.
- [34]. Khan, W., Rayirath, U. P., Subramanian, S., Jithesh, M. N., Rayorath, P., Hodges, D. M., & Prithiviraj, B. (2009). Seaweed extracts as biostimulants of plant growth and development. *Journal of Plant Growth Regulation*, 28(4), 386-399.

[35]. Akila, N., & Jeyadoss, T. (2010). The potential of seaweed liquid fertilizer on the growth and antioxidant enhancement of *Helianthus annuus* L. *Oriental Journ ffral of Chemistry*, 26(4), p. 1353.

[36]. Danilčenko, H., Dabkevičius, Z., Jarienė, E., Tarasevičienė, Ž., Televičiūtė, D., Tamošiūnas, A., & Jeznach, M. (2017). The effect of stinging nettle and field horsetail extracts on the synthesis of biologically active compounds in germinated leguminous and quinoa seed. *Zemdirbyste-Agriculture*, 104(4), 337–344.