

Effets des extraits ou de la poudre de *Spirulina platensis* et *Jatropha curcas* sur la croissance et le développement de la tomate

Aghofack-Nguemezi Jean^{1*}, Passannet Augustin Schinzoumka¹ et Valère Tatchago²

¹ Département de Biologie Végétale, Faculté des Sciences, Université de Dschang, B. P. 67 Dschang, Cameroun

² Institut de Recherche Agricole pour le Développement (IRAD), B. P. 44 Dschang, Cameroun

*Auteur correspondant: Email: jean.aghofack@univ-dschang.org / aghofack@yahoo.fr

Original submitted in on 16th April 2015. Published online at www.m.elewa.org on 30th June 2015 <http://dx.doi.org/10.4314/jab.v90i1.2>

RESUME

Objectif: La culture de la tomate exige l'apport d'importantes quantités de pesticides et fertilisants chimiques, ce qui peut compromettre la qualité nutritionnelle des fruits produits et nuire à l'environnement. Cette étude visait à déterminer les effets biostimulants de *Jatropha curcas* et *Spirulina platensis* sur la croissance et le développement de la tomate.

Méthodologie et résultats: Les extraits de *Jatropha curcas* ou de *Spirulina platensis* ont été appliqués par pulvérisations foliaires, les résidus d'extraction ou poudres comme amendements, et l'efficacité de ces traitements sur les paramètres de croissance et développement de la tomate déterminée. D'une manière générale, les extraits ou la poudre de *Spirulina platensis* ont eu des effets significatifs ($P < 0,05$) sur la croissance et le développement de tomate. Particulièrement, l'amendement à la poudre et la pulvérisation foliaire à l'extrait aqueux de *Spirulina platensis* ont augmenté la taille respectivement de 28,18% et de 19%, le diamètre de la tige de 29,16% et de 32,96%, la biomasse des parties aériennes de 49,12% et de 48,29%, le nombre des fruits par plante de 43% et de 43,45%, la biomasse des fruits de 57,14% et 42,85%. Ces deux traitements ont aussi entraîné chez les plantes traitées une réduction du taux d'avortement des fleurs respectivement de 89,18% et de 94,08% par rapport aux témoins. Par contre, les extraits ou la poudre de *Jatropha curcas* n'ont pas été si efficaces sur l'amélioration de plusieurs paramètres.

Conclusions et applications des résultats: L'extrait aqueux et la poudre de *Spirulina platensis* étaient les plus efficaces dans l'amélioration des paramètres de croissance et du développement de la tomate. Ils peuvent donc être une alternative à l'utilisation massive d'engrais chimiques dans l'optique d'une agriculture durable, respectueuse de l'environnement, de la santé des hommes et des animaux.

Mots clés: Biostimulant, croissance, *Spirulina platensis*, *Jatropha curcas*, *Solanum lycopersicum*

ABSTRACT

Effects of extracts or powder of *Jatropha curcas* and *Spirulina platensis* on the growth and development of tomato plant

Objective: The cultivation of tomato requires important quantities of chemical fertilizers and pesticides, which can impair the nutritional quality of the fruits produced and be harmful to the environment. This study aimed at

determining the biostimulant effects of *Jatropha curcas* and *Spirulina platensis* on the growth and development of tomato.

Methodology and results: Extracts of *Jatropha curcas* or *Spirulina platensis* were applied as foliar sprays, extraction residues or powders as soil enrichments, and the efficacy of these treatments on the growth and development of tomato plants was determined. The use of extracts or powder of *Spirulina platensis* had significant ($P < 0.05$) effects on the parameters of growth and development of tomato plants. Particularly, the soil enrichment with the powder and the foliar spraying of aqueous extracts of *Spirulina platensis* increased the height respectively by 28.18% and 19%, the diameter by 29.16% and 32.96%, the biomass of aerial parts by 49.12 % and 48.29%, the number of fruits per plant by 43% and 43.45%, the fruit biomass by 57.14% and 42.85%. These two treatments also led to a reduction of the rate of flower abortion by respectively 89.18% and 94.08% as compared to control plants. Extracts or powder of *Jatropha curcas* were not so efficient in inducing an improvement of most parameters.

Conclusions and application findings: The aqueous extract and powder of *Spirulina platensis* were the most effective in improving tomato plant growth and development parameters. Thus, they can be an alternative to the massive use of chemical fertilizers in view of a sustainable agriculture that is friendly to the environment, human and animal health.

Keywords: Biostimulant, growth, *Spirulina platensis*, *Jatropha curcas*, *Solanum lycopersicum*

INTRODUCTION

Avec une production annuelle de l'ordre de 159 millions de tonnes (FAOSTAT, 2011), la tomate est l'un des produits les plus consommés dans le monde après la pomme de terre (USAID, 2006). Elle est riche en vitamines et en substances anti-oxydatives (le lycopène, l' α -tocophérol et les polyphénols) (Torres et Andrew, 2006). Sa consommation régulière permet de réduire l'incidence des maladies cardiovasculaires, de divers cancers et des maladies de dégénérescence liées à la vieillesse (Lee *et al.*, 2006). La culture de la tomate exige l'utilisation d'importantes quantités de pesticides et d'engrais chimiques. Cependant, ces intrants sont très coûteux et leurs résidus dangereux pour la santé des consommateurs. Par conséquent ils compromettent la qualité des fruits, polluent les eaux de surface, les nappes phréatiques, et entraînent la disparition d'insectes et des micro-organismes du sol. C'est pourquoi les biostimulateurs qui sont des matériels biologiques ou leurs extraits ayant des effets bénéfiques sur les propriétés du sol, la croissance et le développement de la plante, la résistance aux

stress biotiques et abiotiques (Paradikovic' *et al.*, 2011) peuvent être une alternative aux intrants chimiques. Selon Khan *et al.* (2009), 15 millions de tonnes d'algues sont produits annuellement et une importante partie est utilisée comme supplément nutritif ou comme régulateurs de croissance des végétaux, engrais ou pesticides. *Spirulina platensis* (spiruline, Figure 1B) qui pousse naturellement dans la région du Lac Tchad et du Kanem est une nourriture traditionnelle des Kanembus du Tchad (Sorto, 2003). Elle est riche en protéines, en vitamines, en substances minérales et en phycocyanine. On lui reconnaît de nombreuses propriétés dépassant celle d'un aliment ordinaire (Bluden *et al.*, 1997 ; Belay *et al.*, 1993). *Jatropha curcas* (pourghère, Figure 1A) augmente l'activité de minéralisation, l'activité phosphatase et la teneur en azote du sol (Legendre, 2008). L'objectif de cette étude était d'améliorer la croissance et le développement de la tomate par l'utilisation des extraits ou de poudre de *Jatropha curcas* et de *Spirulina platensis*.

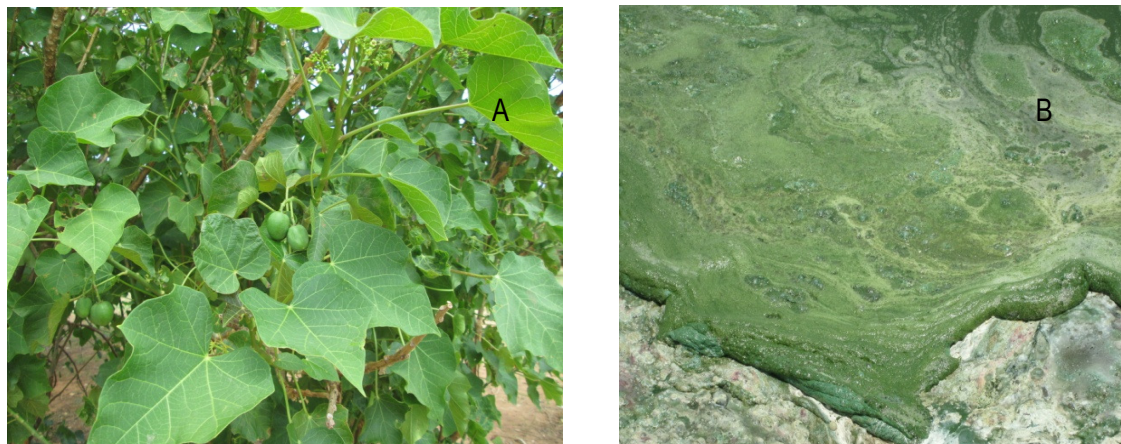


Figure 1: Photos de *Jatropha curcas* (A) et de *Spirulina platensis* (B).

MATERIEL ET METHODES

Caractéristiques du site de l'étude: Cet essai a été conduit en 2013 à l'Institut de Recherche Agricole pour le Développement (IRAD) de Dschang. Cette ville située sur les hautes terres de l'ouest du Cameroun est à 5°26'de

latitude Nord, à 10°26'de longitude Est et à 1400m d'altitude. Les principales caractéristiques du sol ont été obtenues après analyse au laboratoire (Tableau 1) et font voir que ce sol est moyennement riche.

Tableau 1: Principales caractéristiques du sol du site expérimental.

Éléments	Teneur
Ca (mg/Kg sol)	532
Mg (mg/Kg sol)	457
pH H ₂ O	6,3
pH KCl	5,3
CO (%)	8,16
MO (%)	14
CEC (méq/100g)	30
P Ass (mg/Kg sol)	4,2
K (mg/Kg sol)	3,04
Na (mg/Kg sol)	0,16
N total (%)	0,25

CEC: Capacité d'échange cationique; CO: Carbone organique, MO: Matière organique; P Ass: Phosphore assimilable; pH H₂O: pH qui correspond à l'acidité réelle du sol; pH KCl: pH théorique du sol.

Matériel végétal: Le matériel végétal utilisé est *Solanum lycopersicum* L. var. Rio Grande, les feuilles de *Jatropha curcas* et de *Spirulina platensis*. Les feuilles séchées de *Jatropha curcas* et de *Spirulina platensis* ont été écrasées et la poudre conservée dans de sachets plastiques. Pour préparer les extraits, 500g de chaque échantillon frais ont été pesés et broyés à la moulinette puis macérés dans 2 litres d'eau pendant 3 jours. Ensuite chaque échantillon macéré a été filtré et les résidus trempés successivement dans 200 ml d'acétate d'éthyle, de chloroforme et d'hexane (Saidana et al., 2007). Après une heure de trempage dans les solvants, les échantillons ont été filtrés. Les extraits ainsi obtenus ont

été séchés à l'aide d'un évaporateur rotatif et redissouts dans 60ml de méthanol pour permettre une meilleure conservation. Pour les traitements, 15 ml d'extrait méthanolique et une goutte de Tween 80 ont été ajoutés à 485 ml d'eau, soit une concentration en extrait de 3%. La pépinière a été faite avec un sachet de semence de 5 g puis les plants de tomate ont été repiqués un mois après l'ensemencement dans des pots en polyéthylène de 10 litres. Après le repiquage, pour protéger les plantes de tomate des insectes et des nématodes, un insecticide-nématicide a été utilisé (0,75g de Bastion super par pot). L'apport de l'engrais chimique N/P/K (20-10-10) au sol (3 g par pot) a été fait une seule fois juste après la reprise

des plants de tomate. Les traitements foliaires aux extraits des plantes ont débuté 24 jours après le repiquage et se sont poursuivis à une fréquence d'une fois toutes les deux semaines (4 pulvérisations foliaires aux extraits en tout). Par contre, l'amendement avec la poudre des feuilles ou les résidus d'extraction (40 g par pot) s'est fait une seule fois au 24^{ème} jour après le repiquage. Les traitements antifongiques (Mancozan) ont commencé deux jours après le repiquage et étaient appliqués après chaque pluie (Fontem, 2003). Les insecticides (Pacha et Cypercot) ont été utilisés pour lutter contre les insectes nuisibles notamment les mouches blanches. Pour plus d'efficacité, le Tween 80 était ajouté à la solution de pesticide à raison de deux gouttes par litre pour éviter leur lessivage (Aghofack-Nguemezi et al., 1991). Le dispositif expérimental était composé de 130 plantes de tomate dont 20 pour les traitements témoins, 60 pour les traitements au *Jatropha curcas* et 50 pour les traitements au *Spirulina platensis*. **Détermination des paramètres de croissance et développement:** Les données relatives aux paramètres de croissance et de développement ont été collectées sur

chaque plante de tomate. Pour caractériser la croissance, la taille des plantes a été mesurée à l'aide d'une règle graduée à partir du collet, le diamètre des tiges (à mi-hauteur) à l'aide d'un pied à coulisse de précision 0,1cm et les biomasses à l'aide d'une balance de précision 0,1g. Les paramètres de fructification ont été déterminés par le temps mis du repiquage à la formation des premières fleurs (TRFPF) en jours, le taux d'avortement des boutons floraux (TABF)

$$(TABF = \frac{Nbf - NF}{Nbf} \times 100)$$

et le taux d'avortement des fleurs (TAF)

$$(TAF = \frac{NF - NF}{NF} \times 100)$$

(avec Nbf: nombre de boutons floraux; Nf: nombre de fleurs; NF: nombre de fruits).

Analyses statistiques: Les données recueillies ont été soumises à une analyse de variance (ANOVA) en utilisant le logiciel SPSS17 de façon à détecter les différences significatives entre les moyennes. Le test de comparaison de Student-Newmann-keuls a été utilisé pour analyser la significativité des résultats à un seuil de probabilité fixé à 5%.

RESULTATS

Les tableaux 2 et 3 présentent les résultats des traitements aux extraits et à la poudre de *S. platensis* et *J. curcas* sur les paramètres de croissance des plantes de tomate. En effet, les résultats du tableau 2 ont permis de noter que l'application de la poudre et le traitement à l'extrait aqueux ont entraîné une augmentation de la taille

respectivement de 18,1 cm et de 12,2 cm, du diamètre de 0,28 cm et de 0,3cm, de la vitesse de croissance de 0,31 cm/j et de 0,23 cm/j, de la biomasse des fruits de 369,41 g et de 254,43 g et de la biomasse totale de 514,62 g et de 355,17 g.

Tableau 2: Variation des paramètres de croissance des plantes de tomate en fonction des traitements aux extraits et à la poudre de *Spirulina platensis*.

Traite-ments	Paramètres de croissance								
	Taille (cm)	Diamètre (cm)	VC (cm/jour)	TC (%)	BR (g)	BPA (g)	BF (kg)	BT (kg)	BPA/BR
T00	64,2±4,3 ^a	0,9±0,1 ^a	1,0±0,00 ^a	6,4±1,0 ^{ab}	12,2±1,7 ^a	248,7±57,8 ^a	0,7±0,1 ^a	0,9±0,1 ^a	20,5±5,1 ^b
T01	64,2±6,0 ^a	0,9±0,0 ^a	1,0±0,0 ^a	6,3±0,7 ^a	13,2±2,2 ^a	211,8±74,9 ^a	0,6±0,2 ^a	0,9±0,2 ^a	16,2±6,0 ^a
T20	76,4±10,6 ^{bc}	1,2±0,1 ^b	1,2±0,1 ^{ab}	7,0±0,9 ^b	19±1,4 ^{bc}	314±73,0 ^{ab}	1,0±0,1 ^{bc}	1,3±0,2 ^{bc}	16,5±3,8 ^a
T21	73,6±11,4 ^{abc}	1,2±0,1 ^b	1,2±0,2 ^{ab}	6,2±1,4 ^{ab}	18±1,1 ^b	269,2±71,3 ^a	0,8±0,1 ^{ab}	1,1±0,2 ^{ab}	14,8±3,2 ^a
T22	72,3±9,9 ^{abc}	1,1±0,1 ^b	1,1±0,2 ^{ab}	5,6±1,2 ^b	19,5±1,2 ^{bc}	315,4±21,6 ^{ab}	0,9±0,0 ^{bc}	1,3±0,1 ^{bc}	16,2±1,7 ^a
T23	67,2±6,6 ^{ab}	1,1±0,0 ^b	1±0,1 ^a	5,2±0,8 ^a	18,9±1,2 ^{bc}	296±36,4 ^a	0,8±0,1 ^{ab}	1,1±0,1 ^{ab}	15,7±1,6 ^a
T24	82,3±11,2 ^c	1,2±0,1 ^b	1,3±0,2 ^b	6,8±1,7 ^{ab}	19,7±1,4 ^c	370,8±68,8 ^b	1,1±0,3 ^c	1,5±0,3 ^c	18,6±2,7 ^{ab}

Dans chaque colonne, les valeurs suivies des mêmes lettres ne diffèrent pas significativement au seuil de 5%. T00: Plantes témoins, sans aucun traitement; T01: Plantes témoins ayant reçues des pulvérisations foliaires avec un mélange composé de 15 ml de méthanol, 485 ml d'eau et d'une goutte de Tween 80; T20: Plantes traitées aux extraits aqueux; T21: Plantes traitées aux extraits à l'acétate d'éthyle; T22: Plantes traitées aux extraits au chloroforme; T23: Plantes traitées aux extraits à l'hexane; T24: Plantes traitées à la poudre; VC: vitesse de croissance; TC: taux de croissance; BR: biomasse racinaire; BPA: biomasse des parties aériennes; BF: biomasse des fruits; BT: biomasse totale; BPA/BR: rapport de la biomasse des parties aériennes sur la biomasse racinaire.

Les traitements aux extraits à l'acétate d'éthyle et au chloroforme de *S. platensis* ont induit des augmentations remarquables et presque identiques mais en deçà de celles résultant de l'amendement à la poudre et des traitements à l'extrait aqueux. Quant au traitement à l'extrait à l'hexane, il a amélioré significativement les

paramètres de croissance de la plante de tomate mais ces effets étaient moins marqués que ceux des autres extraits de *S. platensis* utilisés dans cet essai. Par contre, le tableau 3 révèle que les traitements aux extraits, à la poudre et aux résidus de *J. curcas* n'ont amélioré que le diamètre et la biomasse racinaire de la tomate.

Tableau 3: Variation des paramètres de croissance des plantes de tomate en fonction des traitements aux extraits, à la poudre ou aux résidus de *Jatropha curcas*.

Traitements	Paramètres de croissance								
	Taille (cm)	diamètre (cm)	VC (cm/jour)	TC (%)	BR (g)	BPA (kg)	BF (kg)	BT (kg)	BPA/BR
T00	64,2±4,3 ^a	0,9±0,1 ^a	1,0±0,0 ^a	6,4±1,0 ^a	12,2±1,7 ^a	0,2±0,0 ^a	0,7±0,1 ^a	0,9±0,1 ^a	20,5±5,1 ^b
T01	64,2±6,0 ^a	0,9±0,0 ^a	1,0±0,1 ^a	6,3±0,7 ^a	13,2±2,2 ^a	0,2±0,0 ^a	0,6±0,2 ^a	0,9±0,2 ^a	16,2±6,0 ^a
T10	63,3±6,7 ^a	1,0±0,0 ^{bc}	1,0±0,1 ^a	6,5±1,3 ^a	17,7±1,6 ^b	0,2±0,0 ^a	0,8±0,1 ^a	1,1±0,2 ^a	14,0±2,9 ^a
T11	70,0±11,0 ^a	1,0±0,1 ^{bc}	1,1±0,2 ^a	5,7±1,3 ^a	17,3±2 ^b	0,2±0,0 ^a	0,8±0,2 ^a	1,1±0,2 ^a	13,5±4,3 ^a
T12	64,4±13,8 ^a	1,1±0,0 ^c	1,0±0,2 ^a	6,3±1,6 ^a	16,8±1,3 ^b	0,2±0,0 ^a	0,7±0,2 ^a	1,0±0,2 ^a	14,5±4,1 ^a
T13	61,4±7,8 ^a	1,0±0,0 ^{bc}	0,9±0,1 ^a	5,7±0,7 ^a	16,4±1 ^b	0,2±0,0 ^a	0,8±0,2 ^a	1,1±0,2 ^a	13,8±3,3 ^a
T14	61,8±6,2 ^a	1,0±0,1 ^{bc}	0,9±0,1 ^a	5,2±1,5 ^a	16,6±2,4 ^b	0,2±0,0 ^a	0,8±0,0 ^a	1,1±0,1 ^a	12,7±2,4 ^a
T15	60,9±8,1 ^a	1,0±0,1 ^{bc}	0,9±0,1 ^a	5,4±1,2 ^a	18±1,2 ^b	0,2±0,0 ^a	0,7±0,1 ^a	0,9±0,1 ^a	11,7±2,6 ^a

Dans chaque colonne, les valeurs suivies des mêmes lettres ne diffèrent pas significativement au seuil de 5%. T00: Plantes témoins, sans aucun traitement; T01: Plantes témoins ayant reçues des pulvérisations foliaires avec un mélange composé de 15 ml de méthanol, 485 ml d'eau et d'une goutte de Tween 80; T10: Plantes traitées aux extraits aqueux; T11: Plantes traitées aux extraits à l'acétate d'éthyle; T12: Plantes traitées aux extraits au chloroforme; T13: Plantes traitées aux extraits à l'hexane; T14: Plantes traitées à la poudre; T15: Plantes traitées aux résidus d'extraction; VC: vitesse de croissance; TC: taux de croissance; BR: biomasse racinaire; BPA: biomasse des parties aériennes; BF: biomasse des fruits; BT: biomasse totale; BPA/BR: rapport de la biomasse des parties aériennes sur la biomasse racinaire.

Les résultats des traitements à la poudre, aux extraits de *S. platensis* et de *J. curcas* sur les paramètres de

développement des plantes de tomate figurent dans les tableaux 4 et 5.

Tableau 4: Variation des paramètres de développement des plantes de tomate en fonction des traitements aux extraits, ou à la poudre de *Spirulina platensis*.

Traitements	Paramètres de développement					
	TRFPF (jour)	NF/G	NG/P	NF/P	TABF (%)	TAF (%)
T00	31,6±2,9 ^a	5,9±1 ^a	6,4±1,7 ^a	37,9±12,1 ^a	11,2±7,7 ^a	25,1±12,2 ^b
T01	31,3±2,7 ^a	6,2±0,7 ^a	5,8±1,4 ^a	35,9±9,1 ^a	8,5±3,8 ^a	18,7±6,6 ^{ab}
T20	29,2±3,4 ^a	7,3±0,8 ^b	7,0±1,2 ^a	51,5±8,9 ^b	6,6±6,1 ^a	1,1±2,4 ^a
T21	28,4±2,9 ^a	7,2±0,6 ^b	6,5±0,7 ^a	47,2±8,3 ^b	6,1±5 ^a	2,8±2,5 ^a
T22	28,6±2,5 ^a	8,0±1,3 ^b	7,0±1,2 ^a	55,5±7,3 ^b	7,5±7,3 ^a	1,2±2,0 ^a
T23	30,8±4,0 ^a	7,7±0,7 ^b	6,3±1,0 ^a	48,6±8,9 ^b	11,4±8,2 ^a	0,7±1,5 ^a
T24	29,3±3,7 ^a	8,0±1,3 ^b	6,7±0,9 ^a	54,2±12,1 ^b	7,1±4,9 ^a	2,7±4,3 ^a

Dans chaque colonne, les valeurs suivies des mêmes lettres ne diffèrent pas significativement au seuil de 5%. T00: Plantes témoins, sans aucun traitement; T01: Plantes témoins ayant reçues des pulvérisations foliaires avec un mélange composé de 15 ml de méthanol, 485 ml d'eau et d'une goutte de Tween 80; T20: Plantes traitées aux extraits aqueux; T21: Plantes traitées aux extraits à l'acétate d'éthyle; T22: Plantes traitées aux extraits au chloroforme; T23: Plantes traitées aux extraits à l'hexane; T24: Plantes traitées à la poudre; TRFPF: temps mis du repiquage à la formation des premières fleur fruits par grappe; NG/P: nombre des grappes par plante; NF/P: nombre des fruits par plante; TABF: taux d'avortement des boutons floraux; TAF: taux d'avortement des fleurs.

L'amendement à la poudre et le traitement à l'extrait aqueux de *S. platensis* (tableau 4) ont eu des effets

significatifs en induisant une augmentation du nombre des fruits par grappe respectivement de 35,46% et de

24,2%, du nombre des fruits par plante de 43% et de 35,88%. L'amendement à la poudre et le traitement à l'extrait aqueux de *S. platensis* ont aussi entraîné une réduction du taux d'avortement des fleurs respectivement de 89,18% et de 95,58% par rapport aux plantes témoins. Ces effets étaient similaires à ceux des traitements aux extraits à l'acétate d'éthyle, au chloroforme et à l'hexane. Par ailleurs, les traitements à la poudre et aux extraits de *S. platensis* n'ont eu aucun effet manifeste sur le temps mis du repiquage à la formation des premières fleurs, le

nombre de grappes par plante et le taux d'avortement des boutons floraux chez la tomate. Les traitements aux extraits, et l'amendement à la poudre et aux résidus d'extraction de *J. curcas* (tableau 5) n'ont affecté que le nombre de fruits par grappe et le taux d'avortement des fleurs. Le traitement à l'extrait aqueux a été plus efficace dans l'augmentation du nombre de fruits produits par grappe. Le meilleur traitement inducteur de la réduction du taux d'avortement des fleurs était celui de l'amendement du sol à la poudre de *J. curcas*.

Tableau 5: Variation des paramètres de développement des plantes de tomate en fonction des traitements aux extraits, à la poudre ou aux résidus de *Jatropha curcas*.

Traite- ments	Paramètres de développement					
	TRFPF (jour)	NF/G	NG/P	NF/P	TABF (%)	TAF (%)
T00	31,6±2,9 ^a	5,9±1 ^{ab}	6,4±1,7 ^a	37,9±12,1 ^a	11,2±7,7 ^a	25,1±12,2 ^b
T01	31,3±2,7 ^a	6,2±0,7 ^{bc}	5,8±1,4 ^a	35,9±9,1 ^a	8,5±3,8 ^a	18,7±6,6 ^{ab}
T10	31±3,6 ^a	7,5±1,1 ^c	6,2±1,1 ^a	46,4±9,8 ^a	6,5±4,3 ^a	16,4±6,7 ^{ab}
T11	31,7±2,8 ^a	6,6±1,2 ^{bc}	6,4±1 ^a	42,6±10,2 ^a	7,0±4,6 ^a	14,5±7 ^a
T12	31,5±3,8 ^a	6,6±1 ^{bc}	6,1±1,3 ^a	40,1±9 ^a	11,1±3,7 ^a	14,7±6,8 ^a
T13	30,7±3,0 ^a	6,4±0,8 ^{bc}	5,8±1,3 ^a	37,2±7,9 ^a	10,3±5,7 ^a	16,5±4,6 ^{ab}
T14	30,5±3,7 ^a	5,5±1,1 ^{ab}	7,5±2,3 ^a	39,5±5,7 ^a	11,4±4 ^a	10,4±7,2 ^a
T15	32,3±3,2 ^a	4,9±1,2 ^a	7,5±1,4 ^a	36,5±8,2 ^a	13,3±4,5 ^a	13,2±10,3 ^a

Dans chaque colonne, les valeurs suivies des mêmes lettres ne diffèrent pas significativement au seuil de 5%.

T00: Plantes témoins, sans aucun traitement; T01: Plantes témoins ayant reçues des pulvérisations foliaires avec un mélange composé de 15 ml de méthanol, 485 ml d'eau et d'une goutte de Tween 80; T10: Plantes traitées aux extraits aqueux; T11: Plantes traitées aux extraits à l'acétate d'éthyle; T12: Plantes traitées aux extraits au chloroforme; T13: Plantes traitées aux extraits à l'hexane; T14: Plantes traitées à la poudre; T15: Plantes traitées aux résidus d'extraction; Le TRFPF: temps mis du repiquage à la formation des premières fleurs; NF/G: nombre des fruits par grappe; NG/P: nombre des grappes par plante; NF/P: nombre des fruits par plante; TABF: taux d'avortement des boutons floraux; TAF: taux d'avortement des fleurs.

DISCUSSION

L'application de la poudre de *S. platensis* comme amendement a entraîné d'importantes améliorations de plusieurs paramètres de croissance et de développement des plantes de tomate cultivées. Ces effets de la poudre de *S. platensis* proviendraient d'une part de sa composition en acides aminés, en vitamines, en cytokinine et en auxine (Crouh et al., 1992), car ces substances affectent le métabolisme cellulaire des plantes et permettent d'augmenter leur croissance et leur rendement. D'autre part, les polysaccharides que cette poudre contient peuvent contribuer à l'amélioration de la capacité du sol à retenir de l'eau, du développement des racines et des bactéries bénéfiques au sol, de l'absorption des minéraux par les racines (Jeannin et al., 1991). Bluden (1991) et Norrie et Keathley (2006) ont rapporté que l'amendement avec l'algue *Aschophyllum nodosum* a amélioré la croissance et le rendement de la vigne (*Vitis vinifera* L.). Des travaux antérieurs

notamment ceux de Diédhiou (2009) ont montré qu'en association avec le sorgho et le haricot, *J. curcas* affecte la croissance et le rendement des cultures. Les feuilles de *J. curcas* contiendraient de l'azote et des sels minéraux qui ont permis l'amélioration de la croissance et du rendement du sorgho et du haricot (Diédhiou, 2009). Bien que Ouédraogo (2000) ait rapporté que l'application de 10t/ha de biomasse fraîche de *J. curcas* comme engrais vert a entraîné une augmentation de rendement de riz de 11%, la poudre de *J. curcas* utilisée comme amendement dans le présent travail n'a pas eu d'effets marquants sur la biomasse totale des fruits produits par la tomate. Les différentes espèces végétales ne réagiraient donc pas de la même manière à l'incorporation de *J. curcas* dans le sol pour éventuellement modifier sa constitution et le rendre plus fertile (Ruíz-Valdiviezo et al., 2010; Kumar et al., 2009; Singh et al., 2007). Les solvants d'extraction (l'eau,

l'acétate d'éthyle, le chloroforme et l'hexane) étaient dans l'ordre de polarité décroissante. Cela suppose que chaque solvant (surtout le moins polaire) doit extraire, en plus des petites quantités de certaines substances qui n'y sont normalement pas très solubles, majoritairement des composés d'égale polarité. Ainsi l'eau est capable d'extraire surtout des substances polaires résultantes du métabolisme primaire (glucides et les protéines) et des éléments minéraux, mais aussi certaines phytohormones (auxines et cytokinines), certains polyphénols et stérols (Marinova *et al.*, 2005; Chow and Landhäuser, 2004; Shamshad and Naqvi, 2002). C'est sans doute la raison pour laquelle les traitements aux extraits aqueux et à la poudre ont eu des effets similaires sur la croissance et le développement des plants de tomate. Ces résultats sont comparables à ceux obtenus par Nelson et van Staden (1984) sur le développement de haricot traité aux extraits liquides d'algues. Ils peuvent s'expliquer par le fait que les extraits aqueux d'algues contiendraient des substances solubles dans l'eau telles que les polysaccharides, les phytohormones comme l'auxine et

les minéraux (Crouh *et al.*, 1992) qui provoquent une meilleure croissance générale de la plante et un bon rendement. L'acétate d'éthyle, le chloroforme et l'hexane sont supposés extraire une gamme plus réduite de substances par rapport à l'eau. Plus spécifiquement, les composés volatiles et certains lipides sont plus solubles dans le chloroforme ou l'hexane. C'est ainsi que par rapport aux extraits aqueux et à la poudre, les traitements aux extraits à l'acétate d'éthyle, au chloroforme ou à l'hexane ont eu des effets moindres et sur un plus petit nombre de paramètres de croissance et de développement de la tomate. En outre les plantes de tomate traitées aux extraits ou poudre de *S. platensis* ont eu un feuillage vert foncé. Ce résultat est analogue à ceux de Bluden *et al.* (1997). Ces auteurs rapportent que l'application d'extraits d'*Ascophyllum nodosum* a amélioré la synthèse de la chlorophylle chez les plantes de tomate. Cette augmentation de la teneur en chlorophylle est la conséquence de la diminution de la chlorophylle oxydase causée en partie par la bêtaine contenue dans les extraits d'algue (Whapham *et al.*, 1993).

CONCLUSION

Au regard de la réponse des plantes de tomate aux traitements appliqués, on peut retenir que les extraits et la poudre de *S. platensis* ont eu des effets très remarquables sur l'amélioration des paramètres de croissance et de développement mesurés chez les plantes de tomate. En revanche les extraits, la poudre et les résidus d'extraction de *J. curcas* ont eu des effets plus ou moins minimes. L'originalité de cette étude réside

dans la mise en évidence des propriétés biostimulatrices de *S. platensis* comme ressource renouvelable pour une agriculture durable. Les extraits ou la poudre de cette cyanobactérie peuvent être utilisés pour optimiser quantitativement et qualitativement la production agricole. Les mécanismes exacts par lesquels les extraits ou la poudre de la spiruline améliorent la croissance et le développement de la tomate restent encore à élucider.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Aghofack-Nguemezi J., Christmann A., Frosch S., Trémolières A., Wagner E., 1991. Contrasting photo-and thermoperiod-induced changes in abscisic acid and lipid contents in leaves of mungbean seedlings. *Physiologia Plantarum* 83: 346-352.
- Belay A., Ota Y., Miyakawa K., Shimamatsu H., 1993. Connaissances sur les bienfaits de la Spiruline sur la santé. *Journal of Applied Phycology* 5: 235-241.
- Bluden G., Jenkins T., Liu Y., 1997. Enhanced leaf chlorophyll levels in plants treated with seaweed extract. *Journal Applied Phycology* 8: 535-543.
- Bluden G., 1991. Agricultural uses for seaweeds extracts. In: Gury M.D. and Bluden G. (eds.), *Seaweed resource in Europe: uses and potential*. Wiley Chicester, New-York.
- Chow P. S. and Landhäuser S. M., 2004. A method for routine measurements of total sugar and starch content in woody plant tissues. *Tree Physiology* 24: 1129-1136.
- Crouh U., Smith M.T., van Staden J., Lewis M.J., Hoad G.V., 1992. Identification of auxins in a commercial seaweed concentrates. *Journal of Plant Physiology* 139: 590-594.
- Diédhiou I., 2009. Impacts potentiels de l'introduction de *Jatropha curcas* L. dans un contexte de variabilité et de changements climatiques: impacts environnementaux, intérêts économiques pour les ménages et communautés rurales. Université de Thiès Sénégal, Réseau Sahel, 19p.
- Fontem D.A., 2003. Quantitative effects of early and late blights in tomato yields in Cameroon. *Tropicultura* 21 (1): 36-41.

- FAOSTAT, 2011. Division Statistique de l'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture.
- Jeannin I., Lescure J.C., Morot-Gaudry J.F., 1991. The effects of aqueous seaweed sprays on the growth of the maize. *Botanica Marina* 34: 469-473.
- Khan W., Usha P.R., Sowmyalashmi S., Mundaya N.J., Prasanth R.D., Hodges M., Alan T.C., James S.C., Jeff N., Balakrishnan P., 2009. Seaweed extracts as biostimulants of plants growth and development. *Journal of Plant Growth Regulators* 28: 386-399.
- Kumar S.N., Kumar A., Shama S. and Naik S.N., 2009. Interactions of *Jatropha curcas* plantation with ecosystems. Proceeding of International Conference on Energy and Environment, March 19-21, p. 666-671, ISSN 2070-3740.
- Legendre B., 2008. *Jatropha curcas* (Tabanani). Note agronomique. Technologie pour le Développement Humain. Société Performance, 8p.
- Lee J. E., Giovannucci E., Smith-Warner S.A., Spiegelman D., Willett W.C., Curhan G.C., 2006. Intakes of fruit, vegetable, vitamins A, C and E, and carotenoids and risk of renal cancer. *Institut of Cancer Epidemiologic Biomarkers Prevention* 15 (12): 2445-52.
- Marinov D., Ribarova F. and Atanassova M., 2005. Total phenolics and total flavonoids in bulgarian fruits and vegetables. *Journal of the University of Chemical Technology and Metallurgy* 40(3): 255-260.
- Nelson W.R., van Staden J., 1984. The effect of seaweed concentrate on the wheat culms. *Journal of Plant Physiology* 82: 199-200.
- Norrie J., Keathley J.P., 2006. Benefits of *Ascophyllum nodosum* marine plant extract applications to Thompson seedless'grape production (Proceedings of Xth International Symposium on the Plant Bioregulators in Fruits Production 2005). *Acta Horticulturae* 727: 243-247.
- Ouedraogo M., 2000. Étude biologique et physiologique du pourghère, *Jatropha curcas* L. Thèse d'État Université de Ouagadougou, Burkina Faso, 290p.
- Paradikovic' N., Vinkovic' T., Vinkovic' Vrcek I., Zuntar I., Bojic M., Medic-Saric M., 2011. Effect of natural biostimulants on yield in nutritional quality: an example of sweet yellow pepper (*Capsicum annuum* L.). *Journal of Science and Food and Agriculture* 91(12): 2146-2152.
- Ruiz-Valdiviezo V.M., Luna-Guido M., Galzi A., Guterrez-Miceli F.A. and Deendooven L., 2010. Green house gas emissions and C and N mineralization in soils of Chipas (Mexico) amended with leaves of *Jatropha curcas*. *Applied Soil Ecology* 46: 17-25.
- Saidana D., Ben Halima-kamel M., Majoub M.A., Haouas D., Helal A.N., 2007. Insecticidal activities of tunisian halophytic plant extracts on larvae and adults of *Tribolium confusum*. *Tropicultura* 25 (4): 193-199.
- Shamshad S. and Naqvi M., 2002. Plant growth hormones: growth promoters and inhibitors. In: Pesserakli M. (ed.), handbook of plant and crop physiology. Marcel Dekker, New York.
- Singh R.A., Kumar M. and Haider E., 2007. Synergistic cropping of summer groundnut with *Jatropha curcas* – A new two trier cropping system for Uttar Pradesh. *SAT ejournal* 5(1): 1-2.
- Sorto M., 2003. Utilisation et consommation de la Spiruline au Tchad (ITRAD). 2^{ème} atelier international/voies alimentaires d'amélioration des situations nutritionnelles, Ougadougou, Burkina-faso, 8p.
- Torres C. A, Andrew P. K, 2006. Developmental changes in antioxidant metabolites, enzymes, and pigments in fruit exocarp of four tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) genotypes: beta-carotene, high pigment-1, ripening inhibitor, and "Rutgers". *Plant and Physiology Biochemistry Journal* 44(11-12): 806-818.
- USAID, 2006. La filière tomate cerise en Guinée: situation actuelle et perspective de développement des exportations en Guinée. Rapport Final. Chemonics International Inc., Guinée 24p.
- Whapham C.A., Bluden G., Jenkins T., Hankins S.D., 1993. Significance of betaines in the increased chlorophyll content of plants treated with seaweed extract. *Journal of Applied Phycology* 5: 231-234.