

Available online at <http://www.ifg-dg.org>

Int. J. Biol. Chem. Sci. 9(5): 2377-2384, October 2015

ISSN 1997-342X (Online), ISSN 1991-8631 (Print)

**International Journal
of Biological and
Chemical Sciences**

Original Paper<http://ajol.info/index.php/ijbcs><http://indexmedicus.afro.who.int>

Effet des dates de semis sur les niveaux de sévérité de la pustule bactérienne (*Xanthomonas axonopodis* pv. *glycines*) de soja (*Glycine max*) au Nord Bénin

Valérien. A. ZINSOU^{1*}, Nouhoun ZOUMAROU-WALLIS¹, Léonard A.C. AFOUDA¹,
Taoufik B. PATE BATA¹, Albert KORA SABI¹, Laurence DOSSOU¹, Fabrice
AFLOUKOU¹ et Bonaventure AHOHUENDO²

¹Faculté d'Agronomie, Université de Parakou, BP123 Parakou, Bénin.

²Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi, 01 BP 526 Cotonou, Bénin.

*Auteur correspondant ; E-mail : valzinsou@gmail.com, valerien.zinsou@fa-up.bj; Tél : 00229-95962574

REMERCIEMENTS

Sincères remerciements au Conseil Scientifique de l'Université de Parakou pour le financement de la présente étude.

RESUME

Au Bénin, la pustule bactérienne du soja (*Xanthomonas axonopodis* pv. *glycines*) est à l'origine de la réduction du rendement de la culture. La présente étude vise à réduire les effets néfastes de la pustule bactérienne sur la culture du soja. Pour ce faire, cinq variétés de soja ont été semées à différentes dates suivant un dispositif en split-plot avec comme facteur principal la date de semis et comme facteur secondaire la variété. Les semis ont été réalisés le 1^{er} juillet (semis précoce), le 15 juillet (semis normal) et le 1^{er} août (semis tardif). Les résultats obtenus montrent une réduction significative des symptômes de la pustule bactérienne du soja au semis normal et au semis tardif comparée au semis précoce pour les variétés JUPITER, TGX1910-2F, ISRA 25/72 et TGX1985-11F. Le semis normal et le semis tardif réduisent le rendement des variétés comparé au semis précoce. La variété TGX1984-77F apparaît plus résistante et la variété JUPITER plus sensible que les variétés TGX1910-2F, ISRA 25/72 et TGX1985-11F à l'infection naturelle. Ainsi, l'utilisation des variétés résistantes ou tolérantes au semis normal ou tardif permettrait de lutter efficacement contre la maladie.

© 2015 International Formulae Group. All rights reserved.

Mots clés : Bénin, date de semis, pustule bactérienne, sévérité, soja.

Effect of sowing date on soybean (*Glycine max*) bacterial pustule (*Xanthomonas axonopodis* pv. *glycines*) severity level in northern Benin

ABSTRACT

In Benin, bacterial pustule (*Xanthomonas axonopodis* pv. *glycines*) significantly reduced soybean yield. The present study aims at reducing the effect of bacterial pustule on soybean culture. Then, seeds of five soybean varieties were sown in a split-plot design with sowing date as the main factor and variety as the secondary factor. Sowing was respectively made on 1st July (early planting), 15th July (normal planting) and

© 2015 International Formulae Group. All rights reserved.
DOI : <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v9i5.10>

2485-IJBSC

August 1st (late planting). The results showed a significant reduction in symptoms of soybean bacterial pustule for a normal and a late sowing date compared to the early sowing with the varieties JUPITER, TGX1910-2F, ISRA 25/72 and TGX1985-11F. The normal and late sowing reduce yield varieties compared to early sowing. The variety TGX1984-77F was resistant/tolerant and variety JUPITER was susceptible than varieties TGX1910-2F, ISRA 25/72 and TGX1985-11F under natural infection. Thus, the use of resistant or tolerant varieties to a normal or late sowing date will be helpful to control the disease in soybean culture.

Keywords: Benin, bacterial pustule, sowing date, severity, soybean.

INTRODUCTION

La pustule bactérienne causée par *Xanthomonas axonopodis* pv. *glycines* est une des principales maladies du soja recensée dans le monde (Kaewnum et al., 2005). En Afrique de l'Ouest, elle a été signalée au Nigeria et en Côte d'Ivoire (Janse, 2005). Au Bénin, les prospections réalisées ont montré que la pustule bactérienne était présente sur 94% des champs prospectés dans la savane guinéenne et sur 72% dans les champs visités dans la savane soudanienne (Zinsou et al., 2015a). Les symptômes de la maladie incluent de petites taches vertes pales avec des pustules qui se développent en larges taches nécrotiques conduisant à une défoliation prématurée (Kennedy et Tachibana, 1973; Narvel et al., 2001). Les pertes de rendement dues à la maladie sont estimées entre 15 et 50% à travers le monde (Prathuangwong et Amnuaykit, 1987).

Au Bénin, la production de soja est en pleine augmentation et a atteint 11000 tonnes en 2012 sur une superficie de 17500 ha (FAO, 2013). Au nombre des variétés recommandées dans la savane guinéenne, afin d'accroître la productivité et d'offrir de meilleures opportunités aux producteurs, on peut citer TGx1740-2F, TGx1987-10F, et TGx1987-62 (Dugje et al., 2009), JUPITER, ISRA 44A/73, ISRA 25/72, TGx 536-02 D, TGx 1910-14F, TGx 1910-20^E, TGx 1910-5F et TGx 1910-3F (CaBEV, 2011). Des essais réalisés sur des variétés de soja dans la savane guinéenne du Bénin ont permis d'enregistrer des pertes de

rendement dues à la pustule bactérienne de 2,7 à 28,1% (Zinsou et al., 2015b). Ainsi, une stratégie efficace de gestion de la maladie implique l'utilisation de bonnes pratiques culturales. Parmi celles-ci, le décalage de la date de semis est un moyen que pourrait facilement utiliser les producteurs. En effet, cette technique permet de réduire les coûts de production en supprimant les charges liées aux pesticides tout en préservant la santé des consommateurs. Il peut affecter directement ou indirectement la sévérité de la maladie (Hershman et al., 1990; Egli et Bruening, 1992). Le semis précoce a été adopté pour réduire la sévérité des taches foliaires causées par *Cercospora sojina* (Akem et Dashiell, 1994) et le semis tardif a été préconisé pour réduire l'incidence de *Phomopsis sojiae* sur les graines (Wrather et al., 2003). Hong et al. (2012) ont noté que le semis tardif réduit l'incidence de la pustule bactérienne et affecte plus les variétés sensibles que celles résistantes.

Ainsi, l'objectif de la présente étude est de déterminer l'effet des dates de semis sur la sévérité de la pustule bactérienne et le rendement de différentes variétés de soja dans une localité du Nord Bénin. Il s'agira spécifiquement, d'évaluer les niveaux de sévérité de cinq variétés de soja à trois dates de semis ; de déterminer les rendements de ces variétés aux différentes dates afin de proposer des dates de semis et variétés qui permettraient de réduire les effets néfastes de la pustule bactérienne.

MATERIEL ET METHODES

Matériel végétal

Le matériel végétal était composé des variétés de soja suivantes: JUPITER, ISRA 25/72 (fournis par le Centre de Recherches Agricoles- Nord Ina) TGX1910-2F, TGX1985-11F, TGX1984-77F (en provenance de l'Institut International d'Agriculture Tropical à Ibadan). Ces variétés sont recommandées pour la culture dans la savane soudano-guinéenne.

Expérimentation au champ

Localisation du site expérimental

Les essais ont été effectués à la ferme expérimentale de la Faculté d'Agronomie de l'Université de Parakou (N 09°18' 908"; E 002°42' 106') en 2011 et en 2012 du 1^{er} juillet au 15 novembre (semis précoce), du 15 juillet au 30 novembre (semis normal) et du 1^{er} août au 15 décembre (semis tardif). La pluviométrie totale était de 735,3 mm en 2011 et de 789,6 mm en 2012. L'hygrométrie est comprise entre 29 et 96% en 2011 et entre 39 et 96% en 2012, et la température a varié de 20,8 °C à 34,6 °C en 2011 et de 21,4 °C à 34,4 °C en 2012. Le site est situé dans la zone soudano-guinéenne caractérisée par des précipitations unimodales et une pluviométrie annuelle de 1100 mm. La saison pluvieuse s'étend de mai à octobre et la saison sèche de novembre à avril. Le sol repose sur le socle granito-gneissique où évoluent essentiellement les sols ferrugineux tropicaux. Les moyennes mensuelles de température, d'hygrométrie et de pluviométrie durant la période de l'essai en 2011 et en 2012 ont été obtenues de la station météorologique de l'Agence pour la Sécurité de la Navigation Aérienne en Afrique et à Madagascar (ASECNA) de Parakou au Bénin (Tableau 1).

Dispositif expérimental

L'essai a été conduit selon un dispositif en split-plot avec la date de semis comme facteur principal et les variétés comme

facteurs secondaires. Les facteurs principaux et secondaires ont été randomisés.

Le semis des graines a été fait selon des écartements de 50 cm entre les lignes et de 30 cm entre les poquets sur la ligne. Deux graines ont été semées par poquet soit une densité maximale attendue de 133333 plants à l'hectare. Les parcelles élémentaires mesuraient 3 m x 3 m soit une superficie de 9 m². La distance entre deux parcelles élémentaires adjacentes était de un mètre alors que les trois blocs (3 répétitions) ont été séparés par une allée de deux mètres. Une bordure de 2 m a été observée au niveau de chaque côté. Aucun traitement phytosanitaire n'a été effectué durant tout le cycle de culture. Par contre, deux sarclages manuels ont été faits.

Collecte des données

Sévérité de la maladie

Pour évaluer la sévérité, 10 plantes de chaque variété ont été respectivement choisies au hasard sur les deux diagonales de chaque parcelle. Sur chaque variété, la sévérité a été notée sur les parties basses, moyennes et hautes des plantes en plaçant une carte stencil de 4 x 7 cm avec 9 cercles de diamètre 1 cm sur la surface de la foliole infectée (Prathuanwong et al., 1993). Le nombre de lésions obtenus a été rapporté à la surface foliaire. L'évaluation a débuté dès l'apparition des premiers symptômes et à l'intervalle de 14 jours.

La valeur de la sévérité moyenne de chaque parcelle élémentaire a été ensuite utilisée pour calculer la surface sous la courbe d'évolution de la sévérité (AUSPC, Area Under Severity Progress Curve) suivant la formule ci-dessous :

$$AUSPC = \sum_i [(S_i + S_{i-1}) * (t_i - t_{i-1})] / 2$$

S_i = moyenne de la sévérité à la date t_i et t_i correspond aux différentes dates d'évaluation (Shaner et Finney, 1977; Jeger et Viljanen. Rollinson, 2001; Zinsou et al., 2005).

Rendement en grains

Les plants ont été prélevés dans 15 poquets occupant une superficie de 2,25 m² sur les parcelles élémentaires de 9 m², dans les différents blocs, et dans chaque répétition suivant les variétés. Ensuite, le nombre total de graines des plants choisis sur les 9 m² a été séché jusqu'à un taux d'humidité de 10% puis pesé pour trouver le poids des graines sur 2,25 m² qui a été rapporté enfin à l'unité de surface qui est l'hectare.

Analyse des données

Les données ont été enregistrées avec le tableur Excel (2007). L'analyse de variance a été effectuée suivant la procédure du modèle linéaire général (GLM) de SAS version 7 sur les valeurs de sévérité transformées. Le test de Student-Newmann-Keuls a été ensuite utilisé pour comparer les moyennes ($p \leq 0,05$). Les valeurs des tableaux sont les moyennes réelles avec leurs erreurs Standards.

RESULTATS

Niveaux de sévérité des variétés de soja aux semis précoce, normal et tardif

La sévérité exprimée par la surface sous la courbe d'évolution de la maladie (AUSPC) calculée sur la base des symptômes de pustules a varié significativement à chaque date de semis ($p < 0,001$) (Tableau 2). En 2011, Au semis précoce, les plus fortes valeurs de sévérité sont enregistrées sur les variétés JUPITER (804,9) et TGX 1910-2F (676,5). Elles sont suivies par les variétés ISRA 25/72 et TGX 1985-11F. Au semis normal, la variété JUPITER a développé le plus de symptômes que les variétés ISRA 25/72, TGX 1985-11F et TGX 1910-2F, avec une valeur de sévérité de 199,50 montrant une diminution significative par rapport au semis précoce. Au semis tardif, les variétés TGX 1910-2F, TGX1985-11F, ISRA 25/72 et JUPITER ont montré des valeurs de sévérité allant de 62,8 à 34,3 (Tableau 2). Ainsi une réduction significative des symptômes de la

pustule bactérienne du soja a été enregistrée au semis normal et au semis tardif comparée au semis précoce quelle que soit la variété de soja. La variété TGX1984-77F n'a développé aucun symptôme de maladie aux 3 dates de semis en 2011.

En 2012, au semis précoce, la plus forte valeur de sévérité a été enregistrée sur la variété JUPITER (505). Elles sont suivies par les variétés TGX 1985-11F, TGX1910-2F, ISRA 25/72 et TGX 1984-77F. Au semis normal, la variété JUPITER a développé le plus de symptômes que les variétés TGX 1910-2F, TGX 1985-11F et ISRA 25/72 avec une valeur de sévérité de 252,3 montrant une diminution significative par rapport au semis précoce. Au semis tardif, les variétés JUPITER, TGX 1910-2F, ISRA 25/72, TGX1985-11F et TGX 1984-77F ont montré des valeurs de sévérité allant de 67,8 à 196,1 (Tableau 2). Aucune différence significative n'a été enregistrée entre le semis normal et le semis tardif quelle que soit la variété de soja. Ainsi, ces deux dates de semis réduisent la sévérité de la maladie comparée au semis précoce.

Rendements moyens de cinq variétés de soja semées précocement, à la date normale et tardivement

Les rendements moyens obtenus ont révélé une différence significative suivant les dates de semis et les variétés au seuil de 5% ($P < 0,001$). En effet, en 2011, aucune différence significative n'a été observée entre le semis précoce et le semis normal au niveau des rendements de chacune des variétés ISRA 25/72, TGX1984-77F et TGX1910-2F (Tableau 3). Par contre, les variétés JUPITER et TGX1985-11F ont respectivement montré une réduction significative du rendement au semis précoce (2,7 et 3,2 t/ha) comparé au semis normal (1,8 et 2,0 t/ha). Une différence significative a été observée entre le semis normal et le semis tardif pour les rendements de chacune des variétés. En 2012, il n'y a eu

de différence significative entre le semis précoce et le semis normal pour les rendements de chacune des variétés ISRA 25/72, JUPITER, et TGX1985-11F (Tableau 3). Les variétés TGX1984-77F et TGX1910-2F ont respectivement montré une réduction significative entre le semis précoce (4 et 3,5 t/ha) et le semis tardif (2,8 et 2,0 t/ha) pour les rendements. Aucune différence significative n'a été observée entre le semis normal et le semis tardif pour les rendements de chacune des variétés à l'exception du rendement de la variété ISRA 25/72 (2,7 au semis normal; 1,4 au semis tardif).

Relation valeurs de sévérité et rendement moyen des variétés

Les valeurs de sévérité et le rendement ont globalement diminué du semis précoce au semis normal et tardif. Aucune corrélation significative n'a été obtenue entre les valeurs de sévérité et le rendement de façon globale ($r = 0,27$; $p = 0,14$). Mais une corrélation négative significative entre les valeurs de sévérité et de rendement a été obtenue au semis précoce en 2012 ($r = -0,77$; $p = 0,009$). En 2011, la corrélation a été négative et non significative (Tableau 4).

Tableau 1: Moyennes mensuelles de température (°C), d'hygrométrie (%) et de pluviométrie (mm) de juillet à novembre à Parakou, Bénin en 2011 et 2012.

Facteur climatique	Année	Mois					
		Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	
Température (°C)	2011	Maxi	29,9	28,5	29,3	31,6	34,6
		Mini	21,8	21,6	21,5	21,9	20,8
	2012	Maxi	28,7	28,5	29,2	31,4	34,4
		Mini	21,7	21,4	21,5	21,7	22,5
Hygrométrie (%)	2011	Maxi	94	96	95	95	86
		Mini	61	68	67	57	29
	2012	Maxi	95	95	96	94	93
		Mini	69	67	67	60	39
Pluviométrie (mm)	2011	139,5	205	286,2	104,6	0	
	2012	250,8	161,5	239,3	134,3	3,7	

Les données climatiques ont été obtenues de la station météorologique de l'ASECNA Parakou, Bénin.

Tableau 2: Niveaux de sévérité moyenne (AUSPC) indiquer ce que représente la valeur qui suit de la pustule bactérienne sur cinq variétés de soja semées précocement, à la date normale, et tardivement.

Variétés	2011			2012		
	Semis précoce	Semis normal	Semis tardif	Semis précoce	Semis normal	Semis tardif
ISRA 25/72	433,3±21,8aC	95,0±0,0bB	34,3±1,6bB	204,8±12,0aB	100,7±5,4bB	119,2±7,6bB
JUPITER	804,9±53,5aE	199,5±9,1bC	44,4±2,7bB	505,0±56,1aD	252,3±16,0bD	196,1±8,0cD
TGX1985-11F	280,0±24,56aB	88,1±6,4bB	60,9±2,4bC	274,2±13,9aC	171,8±8,2bC	112,1±7,7cB
TGX1984-77F	0,0±0,0aA	0,0±0,0aA	0,0±0,0aA	86,4±20,7aA	67,7±6,3aA	67,8±8,7aA
TGX1910-2F	676,5±29,2aD	93,2±7,6bB	62,8±2,7abC	264,6±13,5aC	176,3±9,2bC	156,2±6,5bC

Les valeurs suivies d'une même lettre minuscule sur une ligne et celles suivies d'une même lettre majuscule dans une colonne ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% selon le test de SNK. Les séparations sont faites par date et par variété.

Tableau 3: Rendement moyen (t/ha) par variété de soja semées précocement, à la date normale, et tardivement.

Variétés	2011			2012		
	Semis précoce	Semis normal	Semis tardif	Semis précoce	Semis normal	Semis tardif
ISRA 25/72	2,2±1,2bA	1,8±1,2bA	0,6±0,1aA	3,1±0,4bA	2,7±0,5bB	1,4±0,2aA
JUPITER	2,7±1,0cAB	1,8±0,8bA	0,6±0,1aA	3,0±0,5bA	2,7±0,4abB	1,8±0,4aA
TGX1985-11F	3,2±1,4cBC	2,0±0,8bA	0,7±0,2aA	3,3±0,5bAB	2,6±0,4abB	2,0±0,2aA
TGX1984-77F	3,6±2,1bC	3,2±2,0bB	1,3±0,3aB	4,0±0,3bB	2,8±0,3aB	2,1±0,4aA
TGX1910-2F	2,4±1,0bAB	2,1±1,1bA	0,7±0,1aA	3,5±0,3bAB	2,0±0,6aA	2,0±0,3aA

Les valeurs suivies d'une même lettre minuscule sur une ligne et celles suivies d'une même lettre majuscule dans une colonne ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% selon le test de SNK. Les séparations sont faites par date et par variété.

Tableau 4: Corrélation de Pearson entre les valeurs moyenne de sévérité et de rendement aux dates de semis précoce, normal et tardif en 2011 et 2012.

Date de semis	Corrélation de Pearson (r)	Probabilité (p)	Corrélation de Pearson (r)	Probabilité (p)
	2011		2012	
Précoce	-0,73	0,15	-0,77	0,009
Normal	-0,81	0,09	-0,32	0,359
Tardif	-0,79	0,10	0,60	0,06
Global	0,32	0,23	0,27	0,14

DISCUSSION

Nous avons évalué au cours de la présente étude la sévérité de la pustule bactérienne sur un même site durant deux années successives pour montrer la relation entre les facteurs agronomiques (date de semis et variété) et le développement de la maladie. Les résultats de cette étude ont montré que le semis normal et le semis tardif permettent de réduire la sévérité de la maladie quelle que soit la variété. Le semis précoce favorise des valeurs élevées de sévérité au niveau des variétés. Cela peut s'expliquer par le fait que les conditions environnementales affectent l'expression de la maladie. Les fortes valeurs d'AUSPC observées au semis précoce pourraient être expliquées par les fortes valeurs d'hygrométrie durant la période expérimentale. En effet, *Xanthomonas* est un genre dont le développement exige de fortes conditions d'humidité, avec une température comprise entre 30-33 °C (Agrios, 1997;

Thowthampitak, 2008). Le même constat a été fait par Dube et al. (2003) au Zimbabwe qui a enregistré un niveau très élevé de valeurs de pustule bactérienne sur des variétés de soja soumises au semis précoce.

La variété locale JUPITER a été plus affectée par les symptômes de la maladie aux trois dates de semis. Cela signifie que cette variété est plus sensible à la pustule bactérienne. Cela peut s'expliquer également par les caractéristiques intrinsèques de la variété face à la pression parasitaire liée à la maladie et aux interactions variété x environnement (Mekalanos, 1992).

La variété TGX1984-77F a développé très peu de symptômes de maladie en 2012 alors qu'en 2011, elle n'a présenté aucun symptôme de maladie aux différentes dates de semis. Cela signifie que cette variété est plus résistante/tolérante à l'infection par *Xanthomonas axonopodis* pv *glycines*. Cette résistance pourrait être due aux

caractéristiques génétiques de la variété. Cette variété a été également très productive aux différentes dates de semis (Mekalanos, 1992).

Une différence significative a été enregistrée entre le semis normal et le semis tardif pour les rendements de chacune des variétés en 2011 alors qu'en 2012 une différence significative a été observée entre le semis normal et le semis tardif au niveau de la variété IRSA 25/72. Ces résultats seraient peut être dus à la distribution de la quantité de pluie au cours du cycle végétatif de la plante au cours des deux années. Ainsi, la quantité d'eau nécessaire pour le remplissage des gousses peut varier selon les trois dates de semis. Durant la période de l'essai, la quantité d'eau était en dessous de la normale qui se situe entre 450 et 800 mm (390,8 mm en 2011; 377,3 mm en 2012). Ce résultat corrobore celui de Nieuwenhuis et al. (2005) qui ont montré que le remplissage des gousses constitue une période critique pour le soja en ce qui concerne ses besoins en eau. De plus, une corrélation significativement négative a été obtenue entre les valeurs de sévérité et de rendement au semis précoce en 2012. En 2011 la corrélation a été négative et non significative, ce qui suggère que la maladie pourrait avoir des effets de réduction sur le rendement en grains des variétés. Des pertes de rendement dues à la maladie sont estimées à 15-50% à travers le monde (Prathuangwong et Amnuaykit, 1987). Des essais ayant précédé la présente étude ont permis d'enregistrer des pertes de rendement allant 2,7 à 28,1% (Zinsou et al., 2015b).

Conclusion

Le choix de dates de semis et/ou de variétés bien adaptées pourrait être une des méthodes de lutte contre les maladies en réponse aux changements climatiques. Les résultats de cette étude ont montré que le semis précoce augmente la sévérité de la maladie au niveau des variétés. Le semis normal et le semis tardif réduisent efficacement la sévérité de la pustule bactérienne et le rendement comparé au semis précoce. La variété JUPITER est sensible à la pustule bactérienne et la variété TGX 1984-77F est résistante/tolérante dans la zone

d'étude. Ces variétés pourraient être explorées à une échelle plus grande dans d'autres centres de productions pour aussi bien leur mécanisme de durabilité que leur efficacité dans la lutte contre la pustule bactérienne du soja. Ainsi, l'utilisation des variétés résistantes ou tolérantes au semis normal ou tardif permettrait de lutter efficacement contre la maladie.

CONFLIT D'INTERET

Les auteurs déclarent qu'ils n'ont aucun conflit d'intérêt.

REFERENCES

- Agrios GN. 1997. *Plant Pathology* (4th edn). Academic Press: California, USA; 368.
- Akem CN, Dashiell KE. 1994. Effect of planting date on severity of frogeye leaf spot and grain yield of soybeans. *Crop Prot.*, **8**: 607-610.
- CaBEV. 2011. *Catalogue Béninois des Espèces Végétales* (1^{ère} éd). Ministère de l'Agriculture de l'Élevage et de la Pêche: Bénin ; 61.
- Dube ZP, Sibiyi J, Koomen I. 2003. Effect of planting date and cultivar on severity of soybean diseases in communal areas of Zimbabwe. *Conference Proceedings African Crop Science*, **6**: 358-362.
- Dugje IY, Omoigui LO, Ekeleme F, Bandyopadhyay R, Lava Kumar P, Kamara AY. 2009. *Farmers' Guide to Soybean Production in Northern Nigeria*. International Institute of Tropical Agriculture (IITA): Ibadan, Nigeria; 21.
- Egli DB, Bruening W. 1992. Planting date and soybean yield: evaluation of environmental effects with a crop simulation model: SOYGRO. *Agr. Forest Meteorol.*, **62**: 19-29.
- Hershman DE, Hendrix JW, Stuckey RE, Bachi PR, Henson G. 1990. Influence of planting date and cultivar on soybean sudden death syndrome in Kentucky. *Plant Dis.*, **74**: 761-766.

- Hong JK, Sung CH, Kim DK, Yun HT, Jung W, Kim KD. 2012. Differential effect of delayed planting on soybean cultivars varying in susceptibility to bacterial pustule and wildfire in Korea. *Crop Prot.*, **42**: 244-249.
- Janse JD. 2005. *Phytopathology: Principles and Practice*. CAB publishing; 360.
- Jeger MJ, Viljanen-Rollinson SLH. 2001. The use of the area under the disease progress curve (AUDPC) to assess quantitative disease resistance in crop cultivars. *Theor. Appl. Genet.*, **102**: 32-40.
- Kaewnum S, Prathuangwong S, Burr TJ. 2005. Aggressiveness of *Xanthomonas axonopodis* pv. *glycines* isolates to soybean and hypersensitivity responses by other plants. *Plant Pathol.*, **54**: 409-415.
- Kennedy BW, Tachibana H. 1973. Bacterial diseases, In: *Soybeans: Improvement, Production, and Uses*. Caldwell BE (ed). American Society of Agronomy: Madison, WI; 491-504.
- Mekalanos JJ. 1992. Environmental signals controlling expression of virulence determinants in bacteria. *J. Bacteriol.*, **174**: 1-7.
- Narvel JM, Jakkula LR, Phillips DV, Wang T, Lee SH, Boerma HR. 2001. Molecular mapping of *Rxp* conditioning reaction to bacterial pustule in soybean. *J. Hered.*, **92**: 267-270.
- Nieuwenhuis R, Nieuwelink J. 2005. *La Culture du Soja et d'autres Légumineuses*. Agromisa CTA; 15-16.
- Prathuangwong S, Amnuaykit K. 1987. Studies on tolerance and rate reducing bacterial pustule of soybean cultivars/lines. *Kasetsart J.*, **21**: 408-420.
- Prathuangwong S, Preecha C, Thaveechai N. 1993. Development standard method and format for measuring severity of soybean bacterial pustule. In: *Proceedings of the 6th International Congress of Plant Pathology 1993*, Montreal, Canada.
- Shaner G, Finney RE. 1977. The effect of nitrogen fertilization on the expression of slow-mildewing resistance in knows wheat. *Phytopathology*, **67**: 1051-1056.
- Thowthampitak J. 2008. RpfF gene of *Xanthomonas axonopodis* pv. *glycines* involved in the regulation of virulence factor production and epiphytic fitness of bacterial pustule pathogen on soybean leaves. PhD thesis, Kasetsart University, p. 139.
- Wrather JA, Slepser DA, Stevens WE, Shannon JG, Wilson RF. 2003. Planting date and cultivar effects on soybean yield, seed quality, and *Phomopsis* sp. seed infection. *Plant Dis.*, **87**: 529-532.
- Zinsou VA, Afouda LCA, Zoumarou-Wallis N, Pate-Bata T, Dossou L, Götz M, Winter S. 2015a. Occurrence and characterisation of *Xanthomonas axonopodis* pv. *glycines*, causing bacterial pustules on soybean in the guinea savanna of Benin. *Afr. Crop Sci. J.*, **23**: 203-210.
- Zinsou VA, Afloukou F, Sekloka E, Dannon F, Zoumarou-Wallis N, Afouda LAC, Dossou L. 2015b. Sélection des variétés de soja pour la résistance à la pustule bactérienne au Bénin. *Tropicultura*, **34** (sous presse).
- Zinsou V, Wydra K, Ahohouendo B, Hau B. 2005. Genotype environment interactions in symptom development and yield of cassava genotypes with artificial and natural cassava bacterial blight infections. *Eur. J. Plant Pathol.*, **111**: 217-233.