

Résistance à l'helminthosporiose (*Helminthosporium maydis* Y. Nisik. & C. Miyake) de trois variétés biofortifiées de maïs PVA SYN et SAM 4VITA sous conditions contrôlées.

Resistance of two biofortified corn varieties PVASYN and SAM4VITA to corn-leaf blight disease (*Helminthosporium maydis* Y. Nisik. & C. Miyake) in greenhouse.

**MUGISHO Z.J.¹, CHUMA BG.¹, BISIMWA B.E.³, DIEUMERCI M.R.¹
MONDO M.J.¹ SAFINA BF¹ & LUBOBO A.K.^{1,2}**

¹Université Evangélique en Afrique (UEA) Bukavu, République démocratique du Congo

²CIAT Harvest-Plus, Station de Kalambo, Bukavu, République démocratique du Congo

³Université Catholique de Bukavu (UCB/Bukavu)

RESUME

Afin d'améliorer la lutte contre l'helminthosporiose du maïs (*Helminthosporium maydis* Y. Nisik. & C. Miyake) à l'Est de la république démocratique du Congo (RDC), une évaluation de la résistance de trois variétés dont PVASYN et SAM4 VITAA (biofortifiées) et BAMBOU (locale) a été effectuée. L'essai était mis en place dans un tunnel plastique en split plot combinant deux facteurs notamment l'inoculation (avec et sans pathogène) et l'effet variétal. Au total, 6 traitements étaient établis dans chaque bloc faisant un total de 18 pour toute l'expérimentation. La variété PVASYN a affiché une bonne résistance à l'helminthosporiose (incidence et sévérité faible) comparée à la variété SAM4VITAA et au témoin (BAMBOU). La SAM4VITAA a été plus sensible à l'helminthosporiose. La variété locale (Bambou) a réalisé un bon rendement surtout sur les plantes non infestées. La variété PVSASYN a présenté une tolérance au développement de la maladie et a présenté des résultats satisfaisants et serait la plus adaptée pour l'amélioration de la production pour les agriculteurs de l'Est de la R.D. Congo.

Mots-clés : *Helminthosporiose, maïs, résistance, variétés, productivité, Sud-Kivu, République démocratique du Congo (RDC).*

SUMMARY

To improve the control of southern corn-leaf blight (*Helminthosporium maydis* Y. Nisik. & C. Miyake), Democratic Republic of Congo (RDC), an evaluation of the resistance of three varieties including PVA SYN and SAM4 VITAA (biofortified) and BAMBOO (local) was carried out. The test was conducted in greenhouse combining two factors including inoculation (with and without) and varieties effect (PVASYN, SAM4VITAA and BAMBOU). A total of 6 treatments were established in each block making a total of 18 for the entire experiment. The PVASYN exhibited good resistance to corn-leaf blight (low severity) compared to SAM4 VITAA variety and control (BAMBOU). SAM4VITAA was more susceptible to corn-leaf blight. The local variety (BAMBOU) has achieved a good yield especially on uninfected plants). PVSA SYN presented a tolerance to the development

disease and presented good results on yield and would be the most adapted for the improvement of plant harvest in Eastern region in RDC.

Keywords: Corn-leaf blight, maize, varietal resistance, productivity, Democratic Republic of Congo (RDC).

INTRODUCTION

Le maïs (*Zea mays* L.), est l'une des graminées les plus cultivées et constitue un aliment de base pour une grande partie de la population de région des régions tropicales et subtropicales du monde. En République Démocratique du Congo (RDC), cette céréale constitue le troisième aliment de base pour la population derrière le manioc et le bananier (Claudia, 2000 ; Carraretto, 2005 ; Sallah *et al.*, 2009 ; PNSA, 2010). La culture du maïs souffre cependant d'énormes contraintes abiotiques (carence en éléments, stress hydrique) et biotiques (insectes et maladies cryptogamiques, bactériennes et virales) conduisant à des baisses importantes du rendement (White, 1999). Parmi les maladies fongiques, l'helminthosporiose due à *Helminthosporium maydis*, Y. Nisik. & C. Miyake 1926 (synonyme : *Bipolaris maydis*), est l'une de plus dévastatrices de la culture (White, 1999). Elle se présente par des lésions sur les feuilles qui se développent en longues taches elliptiques de couleur gris-vert ou bronzée. Dans des conditions favorables (humidité et températures élevées), les infections hâtives peuvent provoquer des pertes de rendement estimées à plus de 50% (AGCD, 1989 ; Brink et Belay, 2006 ; Nyembo *et al.*, 2014).

Face à ce problème, des méthodes de lutte contre la fusariose telles que l'usage des fongicides, la lutte biologique (Zihahirwa *et al.*, 2017) et les techniques culturales (choix de la bonne date de semis, variétés résistantes) sont utilisées (Fouilloux *et al.*, 2004).

De ces méthodes, la résistance variétale est parmi les plus utilisées dans la gestion durable des maladies fongiques permettant de réduire l'usage excessif des fongicides et par conséquent leurs impacts économiques et écologiques (Dudivier *et al.*, 2013).

En effet, compte tenu du contexte économique et écologique, la résistance génétique (résistance variétale) reste la stratégie la mieux adaptée pour les agricultures surtout de subsistance des régions pauvres telles que celle de l'Est de la R.D. Congo.

Des variétés des maïs (biofortifiées) riches en micronutriments (fer, zinc et provitamines) ont été vulgarisées en R.D. Congo afin de réduire la malnutrition (HarvestPlus et INERA, 2015 ; Andersson *et al.*, 2017).

L'objectif de ce travail est de comparer la résistance de deux variétés Biofortifiées à l'helminthosporiose (SAM4VITAA, PVASYN) comparativement à celle de la variété locale BAMBOU.

MATERIEL ET METHODES

1. Matériel

a) Isolement et préparation de l'inoculum

Le milieu de culture PDA (Potato Dextrose Agar) a été utilisé pour l'isolement du pathogène *H. maydis* (39g dans un litre d'eau distillée). Le milieu PDA ainsi préparé a ensuite été stérilisé à

l'autoclave pendant 15 minutes à 120°C. Un antibiotique à base de chloramphénicol a été ajoutée sur le milieu à une concentration de 5 mg/100 ml pour éviter la croissance des bactéries.

Les feuilles présentant les symptômes l'helminthosporiose ont été récoltées dans les champs de maïs au Sud-Kivu à l'Est de la République Démocratique de Congo. Au niveau des symptômes, trois fragments de ces feuilles ont été découpés, trempés dans l'alcool éthylique (70%) pendant 60 secondes puis rincés dans l'eau de javel (pendant 45 secondes chaque fois) afin de les désinfecter. Les fragments ont ensuite été placés dans de boîtes de Petri contenant environ 20 ml de PDA. Après 3 jours d'incubation à 25°C, le champignon a été repiqué dans d'autres boîtes de Petri (par culture monospore) pour obtenir des cultures pures du pathogène (Tarr, 1962 ; Berber *et al.* 2008 ; Fajolu *et al.*, 2013 ; Manamgoda *et al.*, 2014). La caractérisation morphologique a été réalisée par la méthode de scotch suivant la fiche CMI d'identification des champignons (CMI, 1971).

Après 14 jours d'incubation à 25°C, la suspension des spores était préparée en grattant la culture fongique à l'aide d'un scalpel stérilisé et en le suspendant dans 500 ml l'eau distillée stérile. La suspension a été diluée jusqu'à 10⁶ conidies/ml, trois gouttes de tween 20 ont été ajoutées et l'inoculum a été conservé à 4 °C jusqu'à leur utilisation (Tuite, 1969 ; Amorio and Cumagun, 2017).

b) Comportement variétal de maïs biofortifié à l'helminthosporiose

Un tunnel en sachet Roofing transparent a été érigé pour l'expérimentation. La température révélée dans ce tunnel était en moyenne de 19,8 °C le matin et 22,2 °C dans les après-midis. Le sol utilisé dans ce dernier a été prélevé dans la concession de l'UEA dont les résultats d'analyses chimiques sont présentés dans le tableau 1. Le sol était stérilisé par la chaleur, une cocotte-minute était utilisée à la température de 100-115 °C pendant 24h.

Tableau 1. Résultats d'analyses chimiques du sol utilisé dans l'expérimentation

Paramètres	pH _{eau}	pH _{KCl}	%C	%N	P _{tot}	CEC	C/N
Moyennes	5,7	5,1	5,1	0,5	538	14,6	8,5

Légende : %C : pourcentage en carbone, %N : pourcentage en azote, P_{tot} : Phosphore total, CEC : Capacité Echange Cationique et C/N : rapport Carbone : Azote.

Le tableau 1 montre que le sol utilisé dans l'expérimentation était acide 5,7, avec une concentration de 0,5 % d'azote et un rapport C/N inférieur à 10. La capacité d'échange cationique (CEC) était faible (14,6) renseignant sur la faible libération et la disponibilité des éléments nutritifs dans ce sol. De ce fait, du compost à base de déchets ménagers

et une quantité de DAP (Di-ammonium Phosphate 48-16-0) en raison de 8 g/poquet étaient appliqués pour répondre aux besoins de la culture.

Variétés de maïs

Trois variétés de maïs ont été incluses dans l'étude, dont 2 variétés biofortifiées (PVA SYN et SAM 4VITA) provenant

de CIAT Harvest Plus et une variété locale (BAMBOU) utilisée comme témoin. Les caractéristiques

agronomiques et pathologiques de ces variétés sont présentées dans le tableau 2.

Tableau 2. Caractéristiques des variétés étudiées (INERA-Mulungu et HarvestPlus, 2015)

Caractéristiques	SAM4 VITA A	PVA SYN	Bambou
Hauteur de la plante (cm)	160-270	150-250	180-250
Hauteur de la plante à l'insertion de l'épi (cm)	100-130	80-100	120
Couleur du grain	Blanc concassée	Jaune	Blanche
Texture du grain	Semi dentée	Cornée	Cornée
Cycle en jours	120-150	100-140	130-140
Floraison en jours	59	60-70	60
Rendement en milieu réel (kg/ha)	3500 et 5500	1500-2000	4500-7000
Résistance à la maladie de bandes	Oui	Oui	Non
Sensibilité à l'helminthosporiose	Oui	Non	Non
Sensibilité aux chenilles foreuses de tiges	Oui	Non	Non
Résistance à la striure chlorotique	Non	Oui	Oui
Résistance à la verse	Non	Oui	Oui
Sensibilité à la sécheresse	Non	Oui	Oui

2. Méthode

L'essai a été conduit en conditions contrôlées dans un tunnel en plastique. Suivant un dispositif en split plot avec 3 répétitions.

La figure 1 présente la disposition des différents traitements dans le tunnel en plastique.

Les graines ont été désinfectées par trempage dans une solution d'oxychlorure de cuivre puis semées dans des pots en plastique de 50 cm de longueur et de diamètre. Trois graines étaient semées dans chaque pot et après germination, un démariage a été réalisé pour ne laisser que deux plantes par pot. Les plantes étaient inoculées par pulvérisation de la suspension des spores (10^6 conidies/ml) de *H. maydis* avant la floraison (formation complète de la quatrième feuille) et après la floraison. Les plantes témoins n'étaient pas inoculées. Les plantes inoculées ont été

recouvertes d'un sac transparent humidifié pendant 24 heures. Les observations étaient réalisées 10 jours après inoculation.

3. Paramètres observés

Les données collectées regroupaient la réaction de différents génotypes à la maladie d'helminthosporiose et les paramètres de croissance et de rendement du maïs. La réaction des génotypes à l'helminthosporiose était évaluée en considérant les paramètres suivants :

i) Diamètres des lésions mesurées par une latte graduée à la loupe, mise tout près, pour chacune des taches ; ii) Nombre des taches sur la feuille par une observation visuelle à la loupe et comptage manuel ; iii) Sévérité de la maladie en recourant à l'échelle de cotation établie par le CIAT (Rezende *et al.*, 2014). Cette échelle est présentée de la manière suivante : 1. aucun symptôme, 2. = < 1 % des feuilles présentent des

symptômes (enroulement), 3. = 1 à 10 % de feuilles présentent des symptômes (jaunissement), 4. = 11 à 25 % de feuilles présentent des symptômes (brunissement), 5. = > 50 % de feuilles inférieures présentent de symptômes et 25 % des feuilles médianes et feuilles supérieures présentent également (malformation du sommet, inflorescence male reste enfermé), 6. = les feuilles inférieures sont mortes, > 50 % de feuilles médianes et < 25 % des feuilles supérieures présentent les symptômes. 7. = la plante est morte ; iv).

Notation de l'aspect de la plante : c'est la notation de l'aspect végétatif après anthèse. Cette note tient compte de la hauteur des plantes, de la hauteur à l'insertion de l'épi ainsi que de l'aspect végétatif général des plantes pour chaque traitement. Elle était réalisée suivant une échelle variant de 1 à 5, avec **1.** Désigne une homogénéité et une belle végétation, **2.** une homogénéité ainsi qu'une végétation moyenne et enfin **5.** une hétérogénéité et une végétation médiocre (Dabire, 2000).

Les paramètres de croissance et de rendement du maïs concernés : i) la hauteur des plantes et la hauteur à l'insertion de l'épi : elle a été mesurée du sol jusqu'au sommet de la feuille la plus haute, et dans le second cas du sol à

l'insertion du premier épi ; ii) Jour à la maturité : c'est le comptage du nombre de jours écoulés entre le semi et le jour où 50 % +1 des plantes de la parcelle présente des spathes sèches (absence de vert sur les spathes) ; iii) la biomasse totale à la récolte : a été obtenue par pesage de plante après séchage à étuve à 105°C pendant 24h ; iv) longueur de l'épi : c'est la mesure en centimètres de la longueur moyenne des épis ; v) nombre d'épis récoltés, de grains par rangée, c'est le comptage du nombre total d'épis récoltés par parcelle ;vi) poids des grains par plante: par pesage sur la balance électronique de 0,1 g précision marque Ohaus et poids de 100 grains.

4. Analyses statistiques des données

Les données récoltées étaient encodées à l'aide de MS Excel 2010 et analysées par le logiciel Statistix version 8.0. L'analyse de la variance (ANOVA) à deux critères de classification afin de vérifier l'influence de l'inoculation, l'effet variétal et leur combinaison sur les paramètres d'évaluation de la maladie, de croissance et de rendements du maïs étaient effectués. Là où la différence était significative, le test de LSD a été utilisé pour la séparation des moyennes au seuil de signification de 5%.

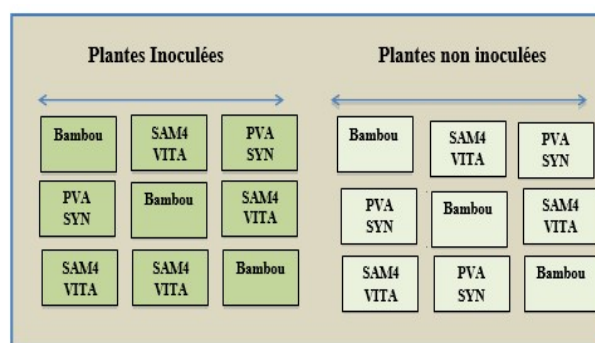


Figure 1. Dispositif expérimental sous tunnel en plastique

RESULTATS ET DISCUSSION

Réaction des trois variétés biofortifiées de maïs à la maladie de l'helminthosporiose

Les effets comparés de paramètres d'évaluation de la maladie des plantes et

croissance de trois variétés biofortifiées de maïs soumises à *H. maydis* sont présentés dans les tableaux 3 et 4.

Tableau 3. Variation de la moyenne du nombre et diamètre des taches et la sévérité de la maladie en fonction de la variété cultivée avant et après floraison

Variétés	Inoculation	Nombre de lésions ¹	Nombre de lésions ²	Diamètre lésions ¹	Diamètre lésions ²	Sévérité ¹	Sévérité ²
BAMBOU		2,2 ^{ab}	1,8 ^b	0,61 ^b	1,8 ^b	1,0 ^b	2,3 ^{ab}
	<i>Avec</i>	4,3 ^{ab}	3,7 ^{ab}	1,5 ^{ab}	4,5 ^a	2,3 ^a	3,7 ^a
	<i>Sans</i>	0,0 ^b	0,0 ^b	0,0 ^b	0,0 ^b	1,0 ^b	1,0 ^b
PVA SYN		0,5 ^b	1,30 ^b	0,0 ^b	0,7 ^b	1,0 ^b	1 ^b
	<i>Avec</i>	1,0 ^b	2,7 ^b	0,5 ^b	1,50 ^a	1,0 ^b	1 ^b
	<i>Sans</i>	0,0 ^b	0,0 ^b	0,0 ^b	0,0 ^b	1,0 ^b	1,3 ^b
SAM 4VITA		3,8 ^{ab}	3,8 ^{ab}	1,4 ^{ab}	2,0 ^b	1,0 ^b	2,7 ^{ab}
	<i>Avec</i>	7,7 ^a	7,7 ^a	3,5 ^a	4,0 ^a	2,3 ^a	4,3 ^a
	<i>Sans</i>	0,0 ^b	0,0 ^b	0,0 ^b	0,0 ^b	1,0 ^b	1,0 ^b
	Moyenne	2,2	2,6	0,6	1,4	1,1	1,9
	LSD	4,39	3,96	2,34	2,92	0,90	2,79
	<i>p-value</i>	0,025*	0,0456*	0,0074**	0,0024**	0,0154*	0,0338*

Légende : 1 : avant floraison (45 jrs), 2 : après floraison. ; *=significatif ($p < 0,05$) ; **= très significatif ($p < 0,01$) ; a,b,c : les valeurs de la même colonne suivies des lettres différentes sont statistiquement différentes au seuil de probabilité de 5% du test LSD.

Du tableau 3 découle une différence très significative dans la sensibilité à la maladie d'une variété à une autre ($p < 0,01$). En effet, de trois variétés testées, la variété SAM4 VITAA a présenté le nombre le plus élevées de lésions sur les feuilles (8 taches) que la variété locale BAMBOU (4 lésions). La variété PVA SYN a présenté peu des lésions 3 (lésions). Les plantes non inoculées n'ont présenté aucun signe de la maladie.

Le diamètre des taches a aussi évolué en fonction des variétés. Les lésions se sont plus développées sur les variétés BAMBOU et SAM 4VITAA (1,5 et 3,5

cm) après la première inoculation et 4 et 4,5 cm après la deuxième par rapport à la variété PVA SYN (1,5 cm) après la deuxième inoculation.

La sévérité était également plus élevée sur BAMBOU et SAM 4VITAA par rapport à PVA SYN. Elle a été selon l'échelle utilisée 3-4 pour BAMBOU et 4-5 et 2 pour SAM 4VITAA. L'attaque était plus marquée au stade de reproduction qu'au stade de développement végétatif.

L'influence de la maladie sur la croissance de la plante est dans le tableau 4.

Tableau 4. Influence de l'heminthosporiose sur le nombre des feuilles et la croissance des plantes.

Variétés	Inoculation	Nombre feuilles ¹	Nombre feuilles ²	Diamètre au collet	Hauteur insertion épi	Hauteur plante
BAMBOU		7,7^b	11,5^{ab}	4,5	88,6^{ab}	175,0^{ab}
	<i>Avec</i>	7,0 ^{bc}	10,7 ^b	4,5	79,0 ^b	185,0 ^{ab}
	<i>Sans</i>	8,3 ^{ab}	12,3 ^{ab}	4,5	103,0 ^a	190,0 ^{ab}
PVA SYN		8,8^a	13,3^{ab}	5,0	77,2^b	182,0^{ab}
	<i>Avec</i>	10,0 ^a	13,7 ^{ab}	5,3	91,0 ^a	204,0 ^a
	<i>Sans</i>	7,7 ^b	13,0 ^{ab}	4,7	63,3 ^b	160,0 ^{ab}
SAM VITA		6,8^{bc}	13,7^{ab}	4,9	87,4^{ab}	163,8^{ab}
	<i>Avec</i>	7,7 ^b	13,0 ^{ab}	4,7	88,7 ^{ab}	147,5 ^b
	<i>Sans</i>	6,0 ^c	14,3 ^a	5,1	86,0 ^{ab}	180,0 ^{ab}
	<i>Moyenne</i>	7,8	12,8	4,8	68,9	174,8
	<i>LSD</i>	1,25	1,40	-	23,60	48,28
	<i>p-value</i>	0,0045**	0,038*	0,535ns	0,0262*	0,0045**

Légende : 1 : stade végétatif, 2 : stade de reproductif, *=significatif (p<0,05), **= très significatif (p<0,01), ns : non significatif, les valeurs de la même colonne suivies des lettres différentes sont statistiquement différentes au seuil de probabilité de 5% du test de LSD.

La croissance de variétés en étude a été influencée par la présence de l'heminthosporiose; en effet, le nombre de feuilles, la hauteur à l'insertion des épis et la hauteur des plantes a varié d'une variété à une autre et par la présence d'*H. maydis*. Dans tous les cas, la variété PVA SYN s'est comportée différemment des autres qui ont été sensible à la maladie. Lors de la première inoculation, PVA SYN a présenté 10 feuilles alors que BAMBOU et SAM 4VITAA n'ont présenté que 8 feuilles sur les plantes saines alors que celles inoculées n'ont présenté que 7 et 6 feuilles. La croissance des plantes a été importante pour les plantes saines que celle inoculées; elle a été de 204 cm, 190 cm et 147 cm respectivement pour PVA SYN, BAMBOU et SAM 4VITAA.

L'inoculation avec *H. maydis* a réduit significativement la croissance des plantes respectivement de 160 cm, 185 cm et 180 cm respectivement pour chaque variété. Toutefois, la variété locale a présenté un faible nombre des feuilles et une hauteur significative que les deux variétés biofortifiées. Ces résultats suggèrent donc que la maladie pourra impacter négativement la productivité de la culture vu l'impact observé sur la croissance de plante et le degré d'attaque sur les feuilles.

Effets sur le paramètre de la productivité de la culture

Les paramètres de rendement sont présentés dans le tableau 5.

Tableau 5. Influence de l'helminthosporiose sur les des paramètres de rendement

	Paramètre de rendement la culture du maïs					
	Inoculation					
	NEP	LE	DE	NRE	NGL	P100G
<i>Sans inoculation</i>	1,24	17,33a	33,00	12,83	28,33 a	38,12a
<i>Avec inoculation</i>	1,12	14,50b	32,2	12,50	24,83 b	34,82b
LSD	Ns	2,19**	Ns	ns	2,824**	2,45**
	Variétés					
<i>BAMBOU</i>	1,34	16,17	33,2b	12,67	27,50	37,81a
<i>SAM4 VITA A</i>	1,02	15,67	32,0b	12,67	25,67	35,14b
<i>PVA SYN</i>	1,04	15,9	42,9a	13,2	33,4	38,01a
LSD	Ns	Ns	ns	ns	ns	2,43**
	Combinaisons					
<i>BAMBOU-non inoculé</i>	1,45	17,67a	33,67	13,00	29,67a	40,23a
<i>SAM4 VITAA-non inoculé</i>	1,03	17,0ab	32,33	12,67	27,0ab	36,01b
<i>PVA SYN-non inoculé</i>	1,02	20,9a	39,1	13,1	32,2a	34,6b
<i>BAMBOU inoculé</i>	1,24	14,67b	32,67	12,33	25,33b	35,39b
<i>SAM VITA inoculé</i>	1,0	14,33b	31,7	12,67	24,33b	34,2b
<i>PVA SYN inoculé</i>	1,0	25,9a	35,3	12,9	31,9a	34,91ab
LSD	Ns	2,834**	Ns	2,306**	3,994**	3,464**

Légende : *= significatif ($p < 0,05$), ** : très significatif ($p < 0,01$), ns : non significatif. Les valeurs de la même colonne suivies des lettres différentes sont statistiquement différentes au seuil de probabilité de 5% du test LSD. NEP : Nombre d'Epis par Plante, LE : Longueur de l'Epi, DE : Diamètre moyen des Epis, NRE : Nombre de Rangée par Epi, NGL : Nombre de Grains par Ligne et P100G : Poids de cent grains.

L'inoculation des plantes par *H. maydis* a influencée la longueur des épis (moyennes de 17,3 à 14,5 cm), le nombre de grains par ligne (28,3 à 24,8 grains) et le poids de 100 grains (34,8 à 38,12 g). Ces résultats montrent que la maladie a permis une réduction du poids de grains de l'ordre de 9,5 %.

La variété SAM4 VITAA a présenté les plus faibles résultats sur les paramètres de rendement. La variété *PVA SYN* s'est bien comportée avec les résultats élevés sur le diamètre des épis (42,9 cm), le poids de 100 grains (38,0 g) et le nombre de grains par ligne (33,4). La variété Bambou s'est également bien comportée et avec les meilleurs résultats sur les plantes non infestées.

Les trois variétés de maïs ont présenté une variation au niveau du nombre et de la taille de lésion. Ces résultats correspondent avec ceux obtenu par

Williams and Hallauer (2000) et Kraja *et al.* (2000) qui ont aussi observé ces différences et montré que l'héritabilité de l'expression des symptômes d'*H. maydis* est plus élevée chez la plante que chez le pathogène, donc l'expression des symptômes (sévérité) est un caractère variétal. La variété *PVA SYN* a présenté des bons résultats sur le nombre et la taille de des lésions.

Le score de la sévérité de la maladie a été < 2 % aucun symptôme à des feuilles présentent des faibles symptômes d'enroulement chez *PVA SYN*; alors que *BAMBOU* a présenté des proportions d'infection très légère (0-10 %) marquée par très peu ou pas de lésions foliaires situées généralement sur les premières feuilles et d'infection était forte (50-75 %) chez *SAM4 VITAA*. Ceci pourrait être expliqué par les caractéristiques de variétés (Mubeen *et al.*, 2017). En effet, *BAMBOU* est classé

dans le catalogue des variétés non sensibles à cette maladie (INERA et HarvestPlus, 2015) et par l'existence de gène de résistance (tolérance chez la variété (PVA SYN) (Tourvieille 1988).

La présence de la maladie a également influencé la croissance de la plante, cela s'explique par le fait la photosynthèse étant élément capital pour la croissance de la plante, la présence des lésions réduirait la surface foliaire de plante, ce qui conduirait à la diminution de la capacité photosynthétique de plant (Payak et Sharma, 1985 ; Lannou *et al.*, 2013 ; Hiltbrunner *et al.*, 2015).

L'intensité de la maladie a été plus marquée au stade de reproduction qu'au stade de développement végétatif, ce résultat s'explique par l'inoculation des plantes après la floraison qui a eu de l'influence sur les nombre de lésions et sur la surface de la plante recouverte par ces lésions. Plusieurs auteurs ont montré l'influence de l'exposition de la disponibilité des pathogènes sur l'intensités de maladies foliaires fongiques (Hiltbrunner *et al.*, 2015).

Le meilleur taux de floraison mâle de plante de maïs a été observé sur le traitement témoins (100 %), alors que le plus faible taux de floraison a été observé sur le traitement à la maladie de l'helminthosporiose (58,33 %). Les effets de cette maladie sur le rendement sont cependant plus marqués quand elle apparait à la floraison que pendant le stade laiteux-pâteux. Il est également influencé par la floraison (Fabien et Guy, 2008).

Les variétés BAMBOU et PAVSYN ont présenté des bons rendements par rapport à la variété SAM4VITA. Ces résultats peuvent s'expliquer par la présence au sein de ces variétés d'un gène de la résistance (tolérance) leur permettant de maintenir une production considérable en

présence de la maladie par rapport à SAM4VITA (Payak et Sharma, 1985 ; Fabien et Guy, 2008, Lannou *et al.*, 2013).

Le fait que la variété Bambou a réalisé les meilleurs rendements en absence des pathogènes, ce qui serait expliqué par l'adaptation de cette variété aux conditions écologiques de la région (cultivées depuis de décennies) (HarvestPlus et INERA, 2015). Elle serait la plus proposée dans des régions à faibles incidence à l'helminthosporiose.

La variété PAVSYN biofortifiée (riche en micro nutriments) a présenté une tolérance à l'helminthosporiose. Elle serait la plus diffusée dans la région car les agricultures (généralement en subsistance) n'ont pas les moyens de se procurer des fongicides et la carence en micro nutriments pousse plus les agriculteurs à migrer vers ces variétés riches en micro nutriments (HarvestPlus et INERA, 2015).

CONCLUSION

L'helminthosporiose est une des maladies fongiques qui affecte le maïs dans le Sud-Kivu, Est de la RD Congo. La SAM4VITAA a été plus sensible à l'helminthosporiose sur l'ensemble des paramètres en étude. La variété PVSASYN a présenté une tolérance au développement de la maladie et a présenté des résultats satisfaisant. La variété locale Bambou a réalisé un bon rendement surtout sur les plantes non infestées.

Les agriculteurs de la région du Kivu à l'Est de R.D. Congo qui ne présentent pas des moyens économiques et des connaissances suffisantes quant à l'utilisation des fongicide, l'usage de la variété tolérante et biofortifiée telle que PVASYN permettrait d'obtenir une

production satisfaisante même en résoudre ainsi le problème de la présence de l'helminthosporiose et malnutrition et la carence en Fe et Zn.

REFERENCES

- AGCD-Coopération Belge, 1989.** Maladies et ravageurs des cultures de la région des grands lacs d'Afrique Centrale, No. 24, 232 p.
- Andersson M.S., Saltzman A., Virk P.S. and Pfeiffer W.H, 2017.** Progress update: crop development of biofortified staple food crops under Harvestplus, African Journal of Food Agriculture Nutrition and Development, 17 (2): 11906- 11935.
- Amorio DJH and Cumagun CJR, 2017.** Pathogenicity and cytological examination of adapted and nonadapted *Bipolaris* species on resistant and susceptible cultivars of rice and corn. Mycosphere 8(3) : 377-391.
- Berber F., Touhami A O. and Douira A., 2008.** Identification de la mycoflore pathogène de *Sorghum bicolor* (L.) Moench, cultivé dans le Gharb et le Loukkos (Nord-ouest du Maroc). *Bulletin de l'Institut Scientifique*, Rabat, section Sciences de la Vie, 30 : 5-11.
- Brink M., et Belay G., 2006.** Ressources végétales de l'Afrique tropicale 1. Céréales et légumes sec Fondation PROTA / Backhuys Publishers / CTA Wageningen, Pays-Bas, 326p.
- Carraretto M., 2005.** Histoire de maïs d'une divinité Amérindienne à ses avatars transgéniques. C.T.H.S, 56 p.
- Claudia L., 2000.** Field and laboratory screening of maize (*Zea mays* L.) cultivars for adaptation on an acid Al-toxic Soil in Guadeloupe. Diploma thesis. University of Hannover, 71 p.
- CMI. 1971.** Description of Pathogenic fungi and bacteria. *Cochliobolus heterosrphus*. CAB. UK. 14: Sheet 301.
- Dabire F., 2000.** Sélection inter et intra variétale pour la résistance à la sécheresse en cours de culture chez le maïs (*Zea mays* L.). Mémoire de fin de cycle d'ingénieur du développement rural, IDR/UPB, Bobo Dioulasso, Burkina Faso, 79p.
- Duvivier M., Mahieu O., Heens B., Meza R., Monfort B., Legrève A., Seutin B., Bodson B. et Deproft M., 2013.** Lutte intégrée contre les maladies. Livre Blanc « Céréales » http://www.gembloux.ulg.ac.be/phytotechnie/temperce/LIVREBLANC/LBfev2013/pdf/6.Maladies_7d8571fcc04f300ad9fb.pdf
- Fajolu L.O., Wadl A.P. Vu L.A. et Gwinn D.K., 2013.** Development and characterization of simple sequence repeats for *Bipolaris sorokiniana* and cross transferability to related species. Mycologia, by the mycological society of America, Lawrence. KS 66044-8897.
- Fouilloux G. and Bannerot H., 2004.** Selection methods in the common bean (*Phaseolous vulgaris*). In: Genetic Resources of *Phaseolous* Bean, (Ed.): P. Gepts. Kluwer, Dordrecht, pp. 503-542.
- HarvestPlus et INERA, 2015.** Production des maïs biofortifié : les cultures biofortifiées pour une meilleure nutrition et la sécurité alimentaire de la R.D. Congo. Bukavu : Harvestplus CIAT-RDC.
- Hiltbrunner A., Viczián A., Bury E., Tscheuschler A., Kircher S., Tóth R., Kraja A., Dudley J.W. et White D.G., 2000.** Identification des populations de maïs tropical et tempéré ayant des allèles favorables pour la résistance aux maladies Crop Sci., 40 : 948 – 954.

- Manamgoda D.S., Rossman A.Y., Castlebury L.A., Crous P.W., Madrid H., Chukeatirote E. & Hyde K.D., 2014.** The genus *Bipolaris*. Studies in Mycology 79: 221–288. <http://dx.doi.org/10.1016/j.simyco.2014.10.002>.
- Lannou C., Papaïx J., Monod H., Raboin L-M., Goyeau H., 2013.** Gestion de la résistance aux maladies à l'échelle des territoires cultivés. Innovations Agronomiques 29: 33-44.
- Mubeen S., Rafique M, Hassaan MFH. And Chaudhary J., 2017.** Study of southern corn leaf blight (SCLB) on maize genotypes and its effect on yield. Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences ,**16(3)**: 210-217 , <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2015.06.006>.
- Nyembo K L, Mpundu M M, and Baboy L L., 2014.** Assessment and selection of new maize varieties (*Zea mays* L.) of good potential yield in the climatic conditions of Lubumbashi, southeast of the DR Congo, International Journal of Innovation and Applied Studies, 6: 21-27.
- Nisik Y. and Miyake C., 1926.** *Helminthosporium maydis*, in J. Pl. Protect. 13 : 23. Jan 1926, nom. Cons. Prop.
- PNSA, 2010.** Programme National de Sécurité Alimentaire de la RDC, ministère de l'agriculture, 9 p.
- Payak M.M. and Sharma R.C., 1985.** Maize diseases and approaches to their management in India. Tropical Pest Management 31 (4): 302-310.
- Fabien R. et Guy F., 2008.** Les maladies foliaires de fin de végétation en culture de maïs. CIPF– Centre pilote en culture de maïs Laboratoire d'Ecophysiologie et d'Amélioration végétale UCL–Louvain-la-Neuve.
- Rezende B.A., Abreu A.D.F.B., Ramalho M.A.P., de Souza E.A., 2014.** Severity evaluation methods in common bean : recurrent selection programme for resistance to Angular Leaf Spot. Journal of Phytopathology. doi: 10.1111/jph.12238.
- Sallah P.Y.K., Nkerabahizi D., Ndayiragije A., Ndiramiye L., Night G., Akinyemi S.O.S and Kanuya N., 2009.** Proceedings, Sustainable agricultural productivity for improved food security and livelihoods, Kigali, Rwanda, March, 26-28: 82-91.
- Tarr S.A.J. 1962.** Diseases of *Sorghum*, Sudan grass and broom corn. Commonwealth Mycological Institute, Kew, England, 380 p.
- Tuite J.F., 1969.** Plant Pathological Methods – Fungi and Bacteria. 5^a ed. Minneapolis, Burgess Publishing Company. 239p.
- Tourveille D. and Thuault M.C., 1988.** Etude du pouvoir pathogène de huit isolats de *Sclerotinia* appartenant aux espèces *Sclerotinia sclerotiorum*, *Sclerotinia minor* et *Sclerotinia trifoliorum* sur tournesol. Informations techniques CETIOM n° 13-11.
- Williams and Hallauer, 2000.** Genetic diversity among maize hybrids. Maydica 45(3):163-171.
- White, D.G. 1999.** In: Compendium of Corn Diseases, 3rd ed., Amer. Phytopathol. Soc., St. Paul, MN
- Zihahirwa K.P., Chuma B.G., Mushagalusa N.G., Philippe T. and Marc O., 2017.** Efficacy of *Bacillus amylolique faciens* as biocontrol agent to fight fungal diseases of maize under tropical climates: from lab to field assays in South Kivu. Environmental and pollution research. 25(30) DOI: 10.1007/s11356-017-9314-9.