

FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCES

INSTITUTE OF CROP SCIENCE

SECTION OF CROP PHYSIOLOGY OF SPECIALTY CROPS (340F)

UNIVERSITY OF HOHENHEIM

SUPERVISOR: **PROF. DR. JENS NORBERT WÜNSCHE (RIP)/ PROF. DR. CHRISTIAN ZÖRB**

Banana weevil borer (*Cosmopolites sordidus*): Plant defense responses and Control options

Dissertation

Submitted in fulfillment of the regulation to acquire the degree “Doktor der
Agrarwissenschaften”

(Dr.Sc.agr.in Agricultural Sciences)

to the

Faculty of Agricultural Sciences

Presented by

Elyeza Bakaze

Born in Luwero, Uganda

-2021-

7. Summary

Each year 25-75% banana yields are lost to *Cosmopolites sordidus*, one of the major pests of banana/plantain plants. This loss is common with resource-limited farmers who cannot afford the frequent application of insecticides due to their cost and developed resistance by weevils. Larvae, the most destructive life stage, occupy ecologically different microenvironments from adult weevils, thus least affected by synthetic insecticides. Feeding of larvae on banana rhizomes interfere with the established and emerging roots which reduce water and nutrient uptake and consequently weaken the plant stability during windy weather. Integrated pest management (IPM) is being promoted, for a single control strategy produces limited and or unsustainable results. IPM options for banana weevils include habitat management (cultural control), biological control, host resistance, botanical control and chemical control as last resort. Of the above IPM strategies, this research evaluated host resistance, botanical plant extracts and entomogenous fungi to contribute to the overall goal of reducing synthetic insecticides use. In the evaluation of host resistance, physiochemical of phenolic origin; lignin and suberin were considered. Comparably, weevil and methyl jasmonate treatment, induced higher deposits of lignin and suberin, cellular modifications, and high total phenolic content as well as antioxidant capacity in “Km5” than “Mbwazirume” banana cultivars. Induced polyphenols reduced weevil damage to less than 5% in “Km5” compared to 11% damage in the “Mbwazirume” cultivar. However, with the onetime application of 0.01% methyl jasmonate, “Mbwazirume”, had 50% reduced weevil damage compared to untreated control.

Extracts from dried clove buds (*Syzygium aromaticum*), pepper fruits (*Piper guineense*) and neem seeds (*Azadirachta indica*) and their synthetic analogs were evaluated as botanical control option to Carbofuran against *C. sordidus* in the laboratory and infested field experiments. Efficacy of plant extracts and their synthetic analogs, revealed egg hatch inhibitory effect, larvicidal toxicity and adult repellency variation. For instance, clove extracts and its synthetic analogs had the lower egg inhibitory dose (ID_{50}) of 0.08 to 0.22% than black pepper (0.24 to 0.75%), and half the ID_{50} value caused 50% larvae mortality. However, in 6 to 48 hours pepper repelled 80 - 98%, clove 78 - 90% and neem 63 - 75% adult weevils, an effect that significantly ($P = 0.001$) reduced field weevil population.

Lastly, three Entomogenous fungi; *Curvularia senegalensis*, *Fusarium verticillioides*, and *Fusarium oxysporum* species complex (FOSC) were also evaluated for their ability to infect weevil eggs,

larvae and adult weevils, and to reduce weevil damage in potted plants. *C. senegalensis* and *F. verticillioides* greatly affected egg hatching and larval survival, for instance, they caused 75 to 90% eggs hatch inhibition, unlike the 25 to 55% egg hatch inhibition for *Beauveria bassiana* and FOSC. Besides that, fungal treated plants 14 days before weevils, had significantly high SPAD value ($P < 0.0001$), less than 20% rhizome damage and predictive weevil mortality $R^2 = 0.46$. Rhizome damage was greatly reduced by *C. senegalensis*, followed by *B. bassiana* and *F. verticillioides*, and it is the first record to demonstrate that *C. senegalensis* and *F. verticillioides* are pathogenic to *C. sordidus*. In conclusion, an IPM that combines host resistance with locally available botanic extracts and effective entomogenous fungi may provide a sustainable intervention in the management of the weevil population and their damages to benefit both commercial and resource-limited farmers.

8. Zusammenfassung

Jedes Jahr gehen 25-75% der Bananenerträge an *Cosmopolites sordidus* verloren, einen der Hauptschädlinge von Bananen- / Wegerichpflanzen. Dieser Verlust tritt häufig bei Landwirten mit begrenzten Ressourcen auf, die sich die häufige Anwendung von Insektiziden aufgrund ihrer Kosten und der entwickelten Resistenz von Rüsselkäfern nicht leisten können. Larven, das zerstörerischste Lebensstadium, besetzen eine ökologisch andere Mikroumgebung als erwachsene Rüsselkäfer und sind daher am wenigsten von synthetischen Insektiziden betroffen. Die Fütterung von Larven mit Bananen-Rhizomen stört die etablierten und entstehenden Wurzeln, wodurch die Wasser- und Nährstoffaufnahme verringert wird, und schwächt folglich die Pflanzenstabilität bei windigem Wetter. Das integrierte Schädlingsmanagement (IPM) wird gefördert, da eine einzige Bekämpfungsstrategie nur begrenzte und / oder nicht nachhaltige Ergebnisse liefert. IPM-Optionen für Bananenrüsselkäfer umfassen Habitatmanagement (kulturelle Kontrolle), biologische Kontrolle, Wirtsresistenz, botanische Kontrolle und chemische Kontrolle als letztes Mittel. Von den oben genannten IPM-Strategien bewertete diese Studie die Resistenz des Wirts, botanische Pflanzenextrakte und entomogene Pilze mit dem Ziel, zum Gesamtziel der Reduzierung des Einsatzes synthetischer Insektizide beizutragen. Bei der Bewertung der Wirtsresistenz werden Physiochemikalien phenolischen Ursprungs; Lignin und Suberin wurden berücksichtigt. Vergleichsweise induzierte die Behandlung mit Rüsselkäfern und Methyljasmonat höhere Ablagerungen von Lignin und Suberin, zelluläre Modifikationen und einen hohen Gesamtphenolgehalt sowie eine höhere Antioxidationskapazität in „Km5“ als in Bananensorten mit „Mbwazirume“. Induzierte Polyphenole reduzierten den Rüsselkäferschaden in „Km5“ auf weniger als 5% im Vergleich zu 11% in der Sorte „Mbwazirume“. Bei einmaliger Anwendung von 0,01% Methyljasmonat hatte "Mbwazirume" jedoch eine um 50% verringerte Schädigung des Rüsselkäfers im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle.

Extrakte aus getrockneten Nelkenknospen (*Syzygium aromaticum*), Pfefferfrüchten (*Piper guineense*) und Neemsamen (*Azadirachta indica*) und ihre synthetischen Analoga wurden im Labor und in befallenen Feldversuchen als botanische Kontrolloption für Carbofuran gegen *C. sordidus* bewertet. Die Wirksamkeit von Pflanzenextrakten und ihren synthetischen Analoga zeigte eine hemmende Wirkung auf das Schlüpfen von Eiern, eine larvizide Toxizität und eine Variation der Abstoßungsfähigkeit bei Erwachsenen. Zum Beispiel hatten Nelkenextrakte und ihre synthetischen Analoga die niedrigere Eihemmungsdosis (ID50) von 0,08 bis 0,22% als schwarzer

Pfeffer (0,24 bis 0,75%), und die Hälfte des ID50-Wertes verursachte eine 50% ige Larvensterblichkeit. In 6 bis 48 Stunden stieß Pfeffer jedoch 80 - 98%, Gewürznelke 78 - 90% und Neem 63 - 75% erwachsene Rüsselkäfer ab, ein Effekt, der die Feldrüsselkäferpopulation signifikant ($P = 0,001$) reduzierte.

Zuletzt drei entomogene Pilze; *Curvularia senegalensis*, *Fusarium verticillioides* und *Fusarium oxysporum* species complex (FOSC) wurden ebenfalls auf ihre Fähigkeit hin untersucht, Rüsselkäfereier, Larven und erwachsene Rüsselkäfer zu infizieren und Rüsselkäferschäden in Topfpflanzen zu verringern. *C. senegalensis* und *F. verticillioides* beeinflussten das Schlüpfen von Eiern und das Überleben der Larven stark. Beispielsweise verursachten sie eine Hemmung des Schlupfes von 75 bis 90%, im Gegensatz zu der Hemmung des Schlupfes von 25 bis 55% bei *Beauveria bassiana* und FOSC. Außerdem hatten mit Pilzen behandelte Pflanzen 14 Tage vor Rüsselkäfern einen signifikant hohen SPAD-Wert ($P < 0,0001$), weniger als 20% Rhizomschaden und eine prädiktive Rüsselkäfersterblichkeit $R2 = 0,46$. Der Rhizomschaden wurde durch *C. senegalensis*, gefolgt von *B. bassiana* und *F. verticillioides*, stark reduziert, und es ist die erste Aufzeichnung, die demonstriert, dass *C. senegalensis* und *F. verticillioides* für *C. sordidus* pathogen sind. Zusammenfassend kann ein IPM, das Wirtsresistenz mit lokal verfügbaren Pflanzenextrakten und wirksamen entomogenen Pilzen kombiniert, ein nachhaltiges Eingreifen in das Management der Rüsselkäferpopulation und ihrer Schäden zum Nutzen sowohl kommerzieller als auch ressourcenbeschränkter Landwirte ermöglichen.