

‘RESEARCH ON THE IMPACT OF BEE POLLINATION AS WELL  
AS APPLICATION OF PLANT GROWTH REGULATORS  
ON *JATROPHA CURCAS*  
AND CHARACTERISATION OF THE HARVESTED JATROPHA-  
HONEY’

DISSERTATION

ZUR ERLANGUNG DES DOKTORGRADES  
DER NATURWISSENSCHAFTEN (DR. RER. NAT.)

FAKULTÄT NATURWISSENSCHAFTEN  
UNIVERSITÄT HOHENHEIM

INSTITUT FÜR BOTANIK

VORGELEGT VON

**MELANIE FRÖSCHLE**

AUS STUTTGART

**2015**

## 5. SUMMARY

In the framework of this study trials have been conducted on a *J. curcas* plantation located on Madagascar in the years 2012 and 2014. Driven by the worldwide expanding cultivation of this plant, there is an urgent necessity of optimizing its production with sustainable management methods.

The project was aiming to improve the commercial situation of the plantation by increasing the yield of fruits and seeds to improve the income situation of the local workers. Experiments pointed out that both the application of plant growth regulators (PGR) and the additional pollination by bees are suitable methods in reaching this target.

The experiments showed that 6-Benzyladenine (BA) and Forchlorfenuron (CPPU) can improve yield affecting parameters in *J. curcas* when the phenological stage of flowering at time of application is precisely considered. Treatment of plants with 6-Benzyladenine at the beginning of flower formation (stage 1) significantly increased the number of male and female flowers per inflorescence, whereas treatment at an advanced flowering stage (stage 2) or at the stage of fully developed flowers (stage 3) had only slight or no effects. In contrast, fruit retention was progressively increased by treatment in stage 2 and 3.

The application of Forchlorfenuron showed increasing effects on female-to-male ratio in stage 1 flowers but no effects in stage 2 and 3. With both PGRs the number of fruits per inflorescences can be affected. Our results showed a significant decrease in seed weight due to BA- and CPPU-application while kernel weight remained stable. Concerning fruits, clusters and oil yield per tree, BA-application showed significant increasing effects.

By conducting hand-pollination experiments it could be proved that *J. curcas* promotes xenogamy rather than geitonogamy. The fruiting rate in case of cross-pollination showed significantly higher fruit sets compared to artificial self-pollination with pollen of the same inflorescence and with pollen of the same plant. The plant showed to be inadequate self-fertile. Moreover, seed weights were significantly increased by cross-pollination. With a fruit set of 35,6% the plantation site showed a lack of a sufficient density of insects suitable for pollination. Ants (*Formicidae*), flies (*Diptera*), darkling beetle (*Tenebrionidae*) as well as moths and butterflies (*Lepidoptera*) were identified as the most frequent flower visitors.

Because of their cross-pollinating behaviour, bee-pollination increased fruiting rate and seed weight significantly. A comparison plot had significantly lower 1000-seed weights and seed oil contents than seeds collected in a plot where bee hives were located. The experiments showed significantly less 1- and 2-seed fruits in favour of 3-seed fruits in the bee plot when compared to the plantation harvest and the plot beyond the flight radius. By establishing bee colonies on the plantation both an additional pollination service and an additional source of food and income for the workers on the other hand were achieved.

*Jatropha* honey showed a high quality with characteristic parameters for this honey type. Pollen grains have an average size of  $86,8 \pm 3,7 \mu\text{m}$  and a tectum with gemmate structures leading to an under-representation of the *Jatropha* pollen grain in honey. Analysed honeys showed typical physico-chemical parameters and characteristic sugar- and free amino acid profiles. In none of the analysed honey samples phorbol esters could be detected. The conducted analyses give an overview of the physico-chemical properties which can serve as a base for a prospective marketing of *J. curca* honeys of Madagascar.

## ZUSAMMENFASSUNG

Im Rahmen dieser Dissertation wurden Versuche in den Jahren 2012 und 2014 auf einer *J. curcas*-Plantage auf Madagaskar durchgeführt. Durch den weltweit expandierenden Anbau dieser Biodieselpflanze besteht eine hohe Notwendigkeit zur Optimierung der Wirtschaftlichkeit durch nachhaltige Anbaumethoden. In dieser Arbeit sollten daher zwei Methoden auf ihre ertragssteigernden Effekte untersucht werden.

Durch die Applikation von Wachstumsregulatoren (PGR) und die Etablierung von Bienenvölkern auf der Plantage sollte die wirtschaftliche Lage der Plantage durch die Erhöhung der Ausbeute an Früchten und Samen verbessert werden. Die verarmte Landbevölkerung wurde in die Haltung der Bienen eingeführt. Darüber hinaus wurden die gewonnenen Bienenprodukte den Plantagenarbeitern zur Verfügung gestellt, um ihre Einkommens- und Ernährungssituation zu verbessern.

Der geerntete *J. curcas*-Honig wurde auf chemisch-physikalische sowie toxikologische Parameter untersucht, um eine Vermarktung auf dem lokalen sowie internationalen Markt zu ermöglichen. Die durchgeführten Experimente haben gezeigt, dass sowohl die Anwendung von Pflanzenwachstumsregulatoren als auch die zusätzliche Bestäubung durch Bienen geeignet sind, den Ertrag an Früchten, Samen und Öl auf der Plantage zu steigern.

Die Versuche zeigten, dass durch die Applikation der Wachstumsregulatoren ‚6-Benzyladenine‘ (BA) und ‚Forchlorfenuron‘ (CPPU) ertragsbestimmende Parameter, in Abhängigkeit des phänologischen Stadium der Blüte zum Zeitpunkt der Applikation, beeinflusst werden können. Die Applikation von 6-Benzyladenine zu Beginn der Blütenbildung (Stadium 1) erhöht signifikant die

Anzahl der männlichen und weiblichen Blüten pro Blütenstand, während die Behandlung in einem fortgeschrittenen Blütenstadium (Stadium 2) oder in der Phase der vollentwickelten Blüte (Stadium 3) einen geringen bzw. keinen Einfluss zeigte. Gegenläufige Effekte zeigten sich bei der Fruchtretenion. Die Behandlung in Stadium 2 und 3 erhöht progressiv die Fruchtbildungsrate. Die Applikation von Forchlorfenuron in Stadium 1 zeigte darüber hinaus einen steigernden Effekt des Verhältnisses von weiblich zu männlichen Blüten. In Stadium 2 und 3 wurden keine signifikanten Effekte festgestellt.

Mit beiden PGRs konnte die Anzahl der Früchte pro Fruchtstand beeinflusst werden. Die Ergebnisse der Untersuchungen zeigen eine signifikante Reduktion der Samengewichte sowohl durch eine Applikation von BA als auch CPPU. Im Gegensatz dazu blieben die Kerngewichte unverändert.

Bei Handbestäubungsversuchen hat sich gezeigt, dass *J. curcas* in Folge einer Fremdbestäubung signifikant mehr Früchte bildet. Die Fruchtbildungsrate lag im Falle der Kreuzbestäubung signifikant höher, verglichen mit der künstlichen Selbstbestäubung mit Pollen des gleichen Blütenstandes als auch mit Pollen derselben Pflanze. Die Ergebnisse der Versuche zeigten eine unzureichende Selbstfertilität. Darüber hinaus konnten durch eine Kreuzbestäubung signifikant höhere Samengewichte erzielt werden. Mit einem Fruchtansatz von  $35,6 \pm 15,1\%$  im Falle einer natürlichen Bestäubung zeigte die Plantagen eine unzureichende Dichte an, für die Bestäubung geeigneten, Insekten.

Ameisen (Formicidae), Fliegen (Diptera), Schwarzkäfer (Tenebrionidae) sowie Motten und Schmetterlinge (Lepidoptera) wurden als die häufigsten Blütenbesucher identifiziert.

Durch das kreuzbestäubende Verhalten der Honigbiene konnte eine signifikante Steigerung der Fruchtbildungsrate sowie der Samengewichte erzielt werden. Eine Vergleichsparzelle wies signifikant niedrigere 1000-Samen-

Gewichte und Ölgehalte auf als eine Parzelle, in der 15 Bienenvölkern platziert wurden. Die Versuche zeigten darüber hinaus signifikant weniger 1- und 2-samige Früchte und eine Verschiebung zugunsten einer gesteigerten Anzahl an 3-samigen Früchten in der Bienenparzelle, verglichen mit einer Parzelle außerhalb des Flugradius der Bienen sowie der Plantagenernte im Jahr 2014. Mit der Etablierung von Bienenvölkern auf der Plantage konnte sowohl eine zusätzliche Bestäubung bei *J. curcas* sowie eine zusätzliche Nahrungs- und Einkommensquelle für die örtliche Bevölkerung erschlossen werden.

Die Analyse des *Jatropha*-Honigs zeigte eine hohe Qualität mit charakteristischen, sortentypischen Parametern. Der Pollen besitzt eine durchschnittliche Größe von  $86,8 \pm 3,7 \mu\text{m}$  und ein Tectum mit gemmelter Struktur, die zu einer Unterrepräsentation des *Jatropha*-Pollens im Honig führt.

Die analysierten Honige zeigten sortentypische, chemisch-physikalische Eigenschaften und ein charakteristisches Spektrum an Zucker und freien Aminosäuren. Die untersuchten Honigproben waren phorbolsterfrei. Die durchgeführten Analysen geben einen Überblick über die chemisch-physikalischen Eigenschaften, die als Grundlage einer Vermarktung der *J. curca*-Honige aus Madagaskar dienen können.