

Establishment of native timber trees in tropical pasture- reforestation

implications of planting schemes, local site conditions
and herbivores

Doctoral Thesis

Author(s):

Plath, Mirco

Publication date:

2011

Permanent link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-006673272>

Rights / license:

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#)

DISS. ETH No. 19858

**Establishment of native timber trees in tropical pasture-reforestation:
implications of planting schemes, local site conditions and herbivores**

A dissertation submitted to
ETH ZURICH

For the degree of
Doctor of Sciences

presented by
MIRCO PLATH
Dipl. Biol., Philipps-Universität Marburg

born 22 August 1977
citizen of Germany

accepted on the recommendation of

Prof. Dr. Silvia Dorn, examiner
Prof. Dr. Nina Buchmann, co-examiner
Dr. Karsten Mody, co-examiner

2011

1. Summary

Timber harvesting and land clearing for agriculture and cattle ranching act as driving forces for a severe loss of natural forest areas in Central America. Once forest cover has been lost, tropical lands often become eroded and infertile. Plantations of native tree species established on former pasture are considered as an eligible strategy to mitigate or reverse the negative impacts of land degradation, to reduce detrimental pressure on remaining natural tropical forests, and to contribute to long-term livelihood of livestock farmers through improved ecosystem services and the production of timber and other goods. However, only little information exists on the suitability and performance of native tree species on degraded pasture, on the potential impact of insect pests on tree establishment as well as on successful sustainable management strategies for reforestations.

The present study focused on the reforestation potential of three native Central American timber species by investigating the effects of tree species identity, local site conditions, different planting schemes, and herbivores on their initial survival and growth performance. *Anacardium excelsum*, *Cedrela odorata*, and *Tabebuia rosea* were planted in two different planting systems established on former pasture at an experimental study site in Panama. The high-density pasture-afforestation system accounted for potential effects of stand diversification and insecticide treatment, comprising monocultures of all three timber species, 3-species mixed stands and insecticide-protected 3-species mixed stands as control. The low-density silvopastoral system accounted for potential effects of multipurpose companion tree species on survival and growth performance of *C. odorata* and *T. rosea*. These two timber species were planted in solitary stands or in association with either a native nitrogen fixing or a non-nitrogen fixing companion tree species.

The study revealed tree species identity, local site conditions and herbivore impact rather than planting schemes as key factors affecting successful establishment of small-scale plantations on former pasture in the tropics. Two years after establishment, highest suitability for reforestations on former pastures was found for *T. rosea*, which exhibited high survival and best growth performance across differing local environmental conditions of the study site. In contrast, establishment of *A. excelsum* and particularly *C.*

odorata was successful only under a restricted range of environmental properties such as favorable water availability and soil quality. Survival and growth performance of both timber species significantly differed across the differing environmental conditions in the individual plantation plots. Stand diversification and the presence of multipurpose companion tree species had no significant effect on the establishment and productivity of either timber species, indicating that neither specific complementary interactions nor enhanced interspecific competition occurred across the individual planting schemes two years after establishment. However, small-scale heterogeneity of site conditions was found to generate variable outcomes of mixed versus monospecific stands across the various plantation plots within the pasture-afforestation system, whereas no such effects were found in the silvopastoral system. Hence, species-specific tree traits and their interaction with small-scale environmental conditions have to be carefully considered when establishing a focal timber species in tree plantations.

Furthermore, the present study provides empirical evidence on the detrimental impact of insect herbivores on the establishment performance of native timber trees in plantations. Each timber species grew best and suffered lowest leaf damage in the insecticide protected mixed stands compared to unprotected monocultures and unprotected mixed stands. Survival of the three timber species, however, was apparently not influenced by herbivory, as indicated by similar survival patterns in all planting schemes of the pasture-afforestation system including the insecticide-protected stands. Stand diversification and host tree density significantly affected the spatial distribution of key herbivores and related herbivory sustained by a tree, whereas the companion tree stands showed no significant effects on herbivore impact compared to solitary stands during the studied time period. However, the effect of stand diversification appeared to be strongly mediated by tree species identity as well as by the impact of small-scale heterogeneity on a tree's tolerance to herbivory and its defense characteristics. These findings further emphasize that the understanding and prediction of damage patterns in forest ecosystems requires careful consideration of the particular key herbivore species, of their biology and of their species-specific responses to the spatial arrangement of host and non-host trees during the process of plantation establishment. In this context, the present study allowed novel insights into established ecological hypotheses accounting

for the effects of host tree association and host density on plant-herbivore interactions in long-lived plant communities.

In conclusion, useful information was gained on the initial reforestation potential of the selected timber species, on local site conditions to be considered during their establishment, as well as on the applicability of particular planting designs for sustainable reforestation. The new insights into ecological processes governing the plant-herbivore interactions in forest plantation ecosystems may contribute to the development of sustainable pest management strategies, and hence, to improve the delivery of ecosystem services in native tree plantations.

2. Zusammenfassung

Holzgewinnung und die Urbarmachung agrarwirtschaftlicher Nutzflächen tragen maßgeblich zum Verlust natürlicher Waldbestände in Mittelamerika bei. Das Fehlen des schützenden Waldbewuchses führt nachfolgend häufig zu Erosionen und einer schnellen Abnahme der Bodenfruchtbarkeit. Die Etablierung von einheimischen Baumarten in Plantagen auf ehemaligen Weideflächen wird weithin als geeignete Maßnahme betrachtet, die negativen Folgen der Abholzung zu verringern beziehungsweise aufzuheben. Gleichzeitig können Plantagen dazu verhelfen, die nachteiligen Auswirkungen auf die natürlichen Tropenwälder zu vermindern und langfristig durch Verbesserung der Ökosystemleistungen sowie durch Produktion von Nutzholz und anderen Gütern zur Lebensgrundlage von Viehzüchtern beizutragen. Informationen bezüglich der Eignung und Effizienz einheimischer Baumarten zur Etablierung auf degradierten Weideflächen sind jedoch nur in geringem Masse vorhanden, genauso wie Informationen zu potentiellen Auswirkungen von Insektenschädlingen oder nachhaltigen Management-Strategien in Aufforstungen.

In der vorliegenden Studie wurden drei in Mittelamerika heimische Nutzholz-Baumarten bezüglich ihres Aufforstungspotentials getestet, und mögliche Einflüsse von Baumartenzugehörigkeit, von lokalen Standortbedingungen, von unterschiedlichen Anordnungen der Baumpflanzungen sowie von Herbivorie auf die Überlebensfähigkeit und das Wachstumsvermögen der einzelnen Arten untersucht. *Anacardium excelsum*, *Cedrela odorata* und *Tabebuia rosea* wurden in einer experimentellen Baumplantage in Panama auf ehemaligen Weideflächen in zwei unterschiedlichen Pflanzungssystemen etabliert. Im Weide-Aufforstungs-System, das auf einer hohen Pflanzungsdichte basiert, wurden mögliche Effekte von Baumartendiversifizierung sowie von Insektizid-Behandlung untersucht. Hierzu wurden Monokulturen der einzelnen Arten, 3-Arten-Mischungen sowie Kontrollflächen in Form von insektizidbehandelten 3-Arten-Mischungen etabliert. Im silvopastoralen System, das aus einer Kombination aus Grasland für potentielle Weidenutzung und Gehölzanpflanzungen in geringer Pflanzungsdichte besteht, wurden mögliche Effekte von verschiedenartig verwendbaren Begleitbäumen auf die Überlebensfähigkeit und das Wachstumsvermögen von *C. odorata*

und *T. rosea* untersucht. Die beiden Nutzholzarten wurden hierzu alleinstehend oder in Vergesellschaftung mit einer stickstofffixierenden beziehungsweise mit einer nichtstickstofffixierenden Begleitbaumart gepflanzt.

Die Studie ergab, dass eine erfolgreiche Etablierung von kleinräumlichen Baumplantagen auf ehemaligen tropischen Weideflächen weniger von bestimmten Pflanzungsanordnungen als vielmehr von der spezifischen Baumart, von lokalen Standortbedingungen und von Herbivorie-Einflüssen abhängt. *T. rosea* erwies sich als die am besten geeignete Baumart für Aufforstungen auf ehemaligen Weideflächen zwei Jahre nach der Plantagenetablierung. Sie zeigte hohe Überlebensraten und das beste Wachstumsvermögen unter den auf der Untersuchungsfläche lokal variierenden Umweltbedingungen. Im Gegensatz dazu schien eine erfolgreiche Etablierung von *A. excelsum* und insbesondere von *C. odorata* primär durch vorherrschende Umweltbedingungen, wie beispielsweise Wasserverfügbarkeit und Bodenqualität, begrenzt zu sein. Dies zeigte sich durch signifikant unterschiedliche Überlebensraten und Wachstumsvermögen in den einzelnen Plantagenflächen, die durch variierende Umweltbedingungen charakterisiert waren. Baumartendiversifizierung und die Vergesellschaftung mit Begleitbäumen zeigten keine signifikanten Effekte auf die Etablierung und die Produktivität der einzelnen Nutzholzarten. Dieses Ergebnis weist darauf hin, dass zwei Jahre nach der Etablierung weder artgebundene komplementäre Interaktionen noch zwischenartliche Konkurrenz in den einzelnen Beständen auftraten. Die kleinräumliche Standort-Heterogenität in den unterschiedlichen Parzellen führte jedoch zu unterschiedlichen Resultaten von Mischungen gegenüber Monokulturen. Im silvopastoralen System konnten diese Effekte hingegen nicht nachgewiesen werden. Aus diesen Befunden lässt sich folgern, dass für die Etablierung von bevorzugten Baumarten artspezifische Charakteristika und daraus resultierende Interaktionen mit kleinräumigen Umweltbedingungen berücksichtigt werden müssen.

Darüberhinaus konnten mit der vorliegenden Studie empirische Erkenntnisse über den nachteiligen Einfluss herbivorer Insekten auf das Wachstum einheimischer Baumarten in Plantagenpflanzungen während der Etablierungsphase erbracht werden. Im Vergleich zu den unbehandelten Monokulturen und Mischbeständen wurde für alle drei Nutzholzarten das beste Wachstum und gleichzeitig der geringste Blattschaden in den

insektizidbehandelten Beständen nachgewiesen. Die Überlebenswahrscheinlichkeit hingegen schien nicht durch Herbivorie beeinflusst zu werden, da sowohl in insektizidbehandelten wie auch in unbehandelten Beständen vergleichbare Überlebensraten nachgewiesen wurden. Baumartendiversifizierung und die Bestandsdichte eines Wirtsbaumes hatten einen signifikanten Einfluss auf die räumlichen Verteilungsmuster relevanter herbivorer Insektenarten und die mit diesen Arten verbundenen Schäden an den Bäumen. Der Effekt von Bestandsdiversifizierung variierte jedoch über die individuellen Plantagenflächen und schien maßgeblich von der jeweiligen Baumart sowie von den Auswirkungen kleinräumiger Standortgegebenheiten auf deren Herbivorie-Verträglichkeit und Abwehreigenschaften bestimmt zu sein. Dagegen übte die Vergesellschaftung mit Begleitbäumen im Vergleich zu solitär stehenden Nutzholz-Individuen innerhalb der berücksichtigten Zeitspanne keinen feststellbaren Einfluss auf die Herbivorie aus.

Zudem verdeutlichen die vorliegenden Ergebnisse, wie sehr die Kenntnis der relevanten Herbivoren-Arten, ihrer Biologie sowie ihrer artspezifischen Reaktion auf Pflanzsysteme (räumliche Anordnung von Wirts- und Nicht-Wirtspflanzen) eine Interpretation von Schadmustern und daraus abzuleitende Prognosen erleichtern. In diesem Zusammenhang lieferte die vorliegende Arbeit wichtige neue Erkenntnisse zu bestehenden ökologischen Hypothesen, welche die Pflanzen-Herbivoren-Interaktionen in langlebigen Pflanzengemeinschaften mit potentiellen Wirkungsweisen der Vergesellschaftung und Bestandsdichte eines Wirtsbaumes in Bezug setzen.

Zusammenfassend betrachtet bietet die vorliegende Studie sachdienliche Informationen zum frühen Aufforstungspotential der gewählten Nutzholzarten, zu lokalen Standortbedingungen, die während ihrer Etablierung berücksichtigt werden müssen, sowie zur Anwendbarkeit bestimmter Bestandsanordnungen für eine nachhaltige Aufforstung. Die neuen Erkenntnisse bezüglich ökologischer Zusammenhänge, die einen regulierenden Einfluss auf Pflanzen-Herbivoren-Interaktionen in forstwirtschaftlichen Ökosystemen haben, könnten überdies zu Entwicklung von nachhaltigen Maßnahmen zur Schädlingsbekämpfung und somit zur Förderung der Ökosystem-Leistung einheimischer Baumplantagen beitragen.