

Pollinator services and coffee production in a forested landscape mosaic

Doctoral Thesis

Author(s):

Krishnan, Smitha

Publication date:

2011

Permanent link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-006717516>

Rights / license:

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

DISS. ETH NO. 19751

**POLLINATOR SERVICES AND COFFEE PRODUCTION IN A FORESTED
LANDSCAPE MOSAIC**

A dissertation submitted to
ETH ZURICH

for the degree of
Doctor of Sciences

presented by

SMITHA KRISHNAN

Master of Science, Pondicherry University

Date of birth: 06 July 1976
Citizen of India

accepted on the recommendation of

Prof. Dr. Jaboury Ghazoul, examiner
Prof. Dr. Alexandra- Maria Klein, co-examiner
Prof. Dr. Emmanuel Frossard, co-examiner

2011

Abstract

Forest conversion to agricultural land uses has resulted in a landscape mosaic of forest fragments interspersed among various types of agricultural lands and human settlements in many regions of the world. Kodagu, south India, comprises a landscape mosaic with a high density of remnant forest fragments dispersed within a largely coffee-agroforestry matrix. This thesis explores the role of forest fragments within this landscape in providing crop pollinator services that enhance coffee production. The study evaluates the abundance and richness of coffee pollinators in coffee agro-forests and adjoining forest fragments, pollinator visitation and pollination success of coffee in the context of proximity to forest patches and management interventions, and the contribution of pollination to crop production.

We specifically address the following questions: (1) Do bees contribute to pollination success and hence fruit productivity in *Coffea canephora*? (2) Does the proximity and extent of forested habitats affect pollinator abundance at coffee at local scales and landscape scales? (3) What are the attributes of the forests and agro-forests that affect pollinator abundance at coffee flowers and hence the pollination success and crop production? (4) Is coffee production in Kodagu pollinator limited? (5) Do size of the forest, openness (edge) and invasive species within forest fragments affect abundance of social and solitary bees? (6) What are the main landscape attributes that influence abundance of social and solitary bees?

We found that pollinators enhance crop production. Pollination by insects improved pollination success and contributed to 33% of the coffee production in Kodagu. Social bees are the main visitors to coffee flowers (95% of all insect visitors) while solitary bees were only occasional visitors (about 1%). The apparent paucity of solitary bees at coffee flowers can be attributed to their low abundance in the remnant forests. *Apis dorsata* the migratory, forest nesting species accounted to 58% of the floral visitors. *A. dorsata* prefer to nest in larger forest remnants with coffee agro-forests as the preferred matrix habitat. On the contrary, the richness and abundance of solitary bee species was negatively influenced by an increase in the size of the forest and the surrounding matrix habitat did not influence them.

Flowering in coffee is initiated annually by either irrigation or rain. Irrigation, which stimulated flowering of individual agro-forests independently of others, resulted in a dramatic increase in pollinator visits, which was also reflected in higher fruit production. Size of the adjoining forest fragment and the availability of alternative floral resources influenced pollinator visitation and pollination success, and the extent of flowering within the landscape determined the direction of the effects. Fruit production in rain-fed agro-forests increased with an increase in the density of

shade trees. Although pollinator abundance at rain-fed coffee agro-forests that were within a distance of less than 500 m did not show a decline in pollinators, there was a substantial reduction in pollinator abundance at distances larger than 750 m from the forest edge.

In conclusion, an increase in pollinator abundance, and especially *Apis dorsata*, at coffee flowers enhances pollination and productivity in coffee. The farmers are able to further benefit by irrigating the coffee plants and inducing coffee flowering at a time when few other agro-forests are flowering, and benefit by attracting a disproportionate number of pollinators to a limited flowering area, irrespective of the distance of the agro-forest from forests. Forest fragments appear to be necessary for the persistence of *Apis dorsata*, but the current distribution of forest patches across the landscape ensures that an adequate pollination service is received by almost all agro-forests. This study emphasises that remnant forests contribute to pollination services by supporting the main pollinator species, but that other pollinator species persist in the coffee plantation matrix. Further, the abundance of forest patches coupled with the large foraging ranges of *A. dorsata* is such that the loss of forest patches is unlikely to substantially impact the pollination services, and so there seems to be habitat redundancy in the context of this one service.

Résumé

En bien des régions du monde, la conversion des forêts en terres à usage agricole a donné lieu à des mosaïques paysagères composées de fragments de forêt mêlés à divers types de terres agricoles et de peuplements humains. Dans le sud de l'Inde, Kodagu est un exemple de cette transformation. On y trouve une forte densité de fragments forestiers résiduels dispersés dans une matrice agroforestière essentiellement à base de caféiers. La présente thèse analyse le rôle des fragments de forêt dans ce paysage pour dispenser des services de pollinisation des cultures qui favorisent la production de café. Elle évalue l'abondance et la richesse des pollinisateurs dans les agroforêts caféières et les fragments forestiers avoisinants, les visites des pollinisateurs, le succès de la pollinisation du café dans un contexte de proximité avec des parcelles de forêt et d'intervention humaine, la contribution de la pollinisation à la production.

Nous avons traité tout particulièrement les questions suivantes: 1) Les abeilles contribuent-elles à la réussite de la pollinisation et donc à la productivité sur le caféier *Coffea canephora*? 2) L'abondance des pollinisateurs sur les caféiers à l'échelle locale et à l'échelle du paysage est-elle influencée par la proximité et l'étendue des habitats forestiers? 3) Quelles sont les caractéristiques des forêts et des agroforêts qui agissent sur l'abondance des pollinisateurs autour des fleurs des caféiers et donc sur la réussite de la pollinisation et de la récolte? 4) La production de café à Kodagu est-elle limitée par le nombre de pollinisateurs? 5) L'abondance des abeilles sociales ou solitaires est-elle influencée par la taille de la forêt, son ouverture (effet de lisière) et par la présence d'espèces invasives dans les fragments forestiers? 6) Quels sont les principaux attributs paysagers qui peuvent modifier l'abondance des abeilles sociales ou solitaires?

Nous avons constaté que les pollinisateurs accroissent la production. La pollinisation par les insectes améliore le succès de la pollinisation et contribue à hauteur de 33% à la production de café à Kodagu. Les principaux visiteurs sur les fleurs des caféiers sont les abeilles sociales (95% de toutes les visites d'insectes) ; les abeilles solitaires ne font que des visites occasionnelles (environ 1%). On peut expliquer leur rareté apparente sur ces fleurs par leur faible abondance dans les forêts résiduelles. *Apis dorsata*, espèce migratoire qui nidifie en forêt, représente 58% des visiteurs des fleurs de caféier. Cette espèce niche principalement dans des forêts résiduelles assez grandes, avec une préférence pour les agroforêts caféières. La diversité et l'abondance des

espèces d'abeilles solitaires sont, au contraire, négativement influencées par l'augmentation de la taille de la forêt ; mais aucunement par l'habitat-matrice environnant.

La floraison des caféiers est déclenchée annuellement soit par l'irrigation, soit par les pluies. L'irrigation, qui stimule la floraison d'agroforêts individuelles indépendamment des autres, provoque une augmentation spectaculaire des visites de pollinisateurs, ce qui se traduit aussi par une production de fruits plus importante. La taille du fragment de forêt avoisinant et la présence d'autres ressources florales influencent les visites des pollinisateurs et le succès de la pollinisation ; et l'étendue de la floraison dans le paysage détermine la direction de ces effets. La production de fruits dans les agroforêts pluviales est améliorée lorsque la densité des arbres dispensateurs d'ombre est plus élevée. L'abondance des pollinisateurs dans les agroforêts caféières pluviales situées à moins de 500m de la lisière des forêts reste stable, mais on constate une réduction substantielle de l'abondance lorsque la distance est supérieure à 750m.

En conclusion, une augmentation de l'abondance des pollinisateurs (notamment *Apis dorsata*) sur les fleurs de caféiers améliore la pollinisation et la productivité. Les exploitants peuvent par ailleurs tirer parti d'une irrigation de leur plantation, qui va déclencher la floraison à un moment où peu d'autres agroforêts ont entamé ce processus. Cela va donc attirer un nombre disproportionné de pollinisateurs dans une zone en fleurs limitée, quelle que soit la distance entre l'agroforêt et la forêt. Il semble que les fragments forestiers soient un élément indispensable à la persistance d'*Apis dorsata*, mais la répartition actuelle des parcelles forestières dans le paysage fait que presque toutes les agroforêts bénéficient de manière satisfaisante des services de pollinisation. La présente étude montre que les forêts résiduelles contribuent à maintenir les principales espèces pollinisatrices, et donc leurs services, mais que d'autres espèces également pollinisatrices subsistent dans la matrice des plantations caféières. Par ailleurs, l'abondance des parcelles forestières et les vastes rayons de butinage de l'*Apis dorsata* se conjuguent pour faire en sorte qu'une perte de parcelles forestières n'affecterait pas de façon significative les services de pollinisation. Il semble donc qu'il n'y ait pas pénurie d'habitats pour la persistance de ce service écologique particulier.