



Doctoral Thesis

Population ecology of potato tuber moth *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae) and design of an integrated pest management program in Tunisia

Author(s):

Roux, Olivier

Publication Date:

1993

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-000891370> →

Rights / License:

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

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).


Diss. ETH No. 10120

**Population Ecology of Potato Tuber Moth
Phthorimaea operculella (Zeller) (Lepidoptera:
Gelechiidae) and Design of an Integrated Pest
Management Program in Tunisia**

A dissertation submitted to the
SWISS FEDERAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY
ZURICH
for the degree of
Doctor of Technical Sciences

presented by
Olivier Roux
dipl. Ing.Agr. ETH
born August 24, 1960
citizen of Grimisuat (VS)

accepted on the recommendation of
Prof. Dr. V. Delucchi, referee
Prof. Dr. W. Matthey, co-referee
Dr. J. Baumgärtner, co-referee



1993

Abstract

The work is divided into two main parts.

The first part (chapter 2 and chapter 3), is a study of potato tuber moth population ecology in fields. In chapter 2, the occurrence of damage in the field is analyzed by means of two multi-disciplinary on-farm surveys (1987, 1990) conducted at harvest time. Thereby particular emphasis is given to the agronomic practices affecting the damage. The importance of avoiding damage by early harvest and frequent irrigation up to harvest is demonstrated. Chapter 3, which is devoted to the temporal coincidence of potato tuber moth population densities and the harvest date. In a first step, the flight pattern of potato tuber moth is studied by means of several years of weekly pheromone captures. A detailed time series analysis using refined spectral analysis permits to detect seasonality and shorter cycle in the flight. In a second step, relevant behavioral aspects providing insight into the mechanisms responsible for the observed damage at harvest time are investigated. Within plant egg-laying distribution and migration of newly hatched larvae at the end of the main potato production season give new insights into the crop-insect interactions. Finally, the relation between crop and potato tuber moth development is studied by a follow-up of yield formation and population densities. Based on these studies, the optimization of the harvest date is discussed.

The second part is presented in chapter 4 and deals with potato tuber moth population ecology in potato stores. First, enumerative and sequential sampling plans are elaborated. Furthermore, a model based on delayed differential equations representing age structured population is constructed. As a result, the experimental population unit is defined as a cohort and the necessary population statistics to be studied are established. A comparison of intrinsic rates of increase found in the literature and obtained from a Tunisian study will show that Tunisian potato tuber moth strain does not differ significantly from other populations. Hence, most of the intrinsic population statistics will be quantified from the literature and more effort will be devoted to the study of population statistics specific to local conditions. Thereby, emphasis is given to the study of mortality factors affecting the population because these factors obviously play a key role in pest management. Stage-specific survival and developmental rates under different storage situations (untreated, treated with a granulosis virus, beginning - end of storage campaign) are established. The role of natural enemies is clarified and quantified. Based on the theory of competing risks, a general mathematical framework that allows the separation and the integration

of mortality factors in the potato tuber moth / storage system is developed. The notion of risk resulting from a pest management program relying on natural enemies and, in general, on biological control, is discussed with the help of a quantitative example. This notion may play an important role in planning sustainable production systems. Finally, all these elements studied at the cohort level are integrated in the delay model which simulates the population and damage dynamics over the complete storage period. The knowledge obtained by these procedures enable the search for adequate integrated pest management strategies.

Résumé

Le présent travail se compose de deux parties.

La première partie (chapitres 2 et 3) est une étude de l'écologie de population de la teigne de la pomme de terre en champs. Au chapitre 2, les dégâts sur tubercules sont analysés au moyen de deux enquêtes multi-disciplinaires (1987, 1990) conduites auprès des fermiers au moment de la récolte. L'accent est mis sur les pratiques culturales qui peuvent jouer un rôle significatif sur les dégâts. L'importance des récoltes précoces et de la fréquence des irrigations sur le dégât à la récolte y est démontrée. Le chapitre 3 traite de la coïncidence temporelle entre la date d'arrachage et l'augmentation des densités de population de teignes en champ. Dans un premier temps, le vol de la teigne est étudié sur la base de plusieurs années de captures hebdomadaires par des pièges à phéromone. Une analyse détaillée de la série temporelle utilisant des techniques raffinées d'analyse spectrale permet de déceler des cycles de vol saisonniers ainsi que des cycles à plus faibles longueurs d'ondes. Dans un deuxième temps, les aspects du comportement de la teigne qui peuvent mettre en lumière les mécanismes responsables du dégât observé à la récolte sont examinés. La distribution de la ponte à l'intérieur de la plante et la migration des larves néonates en fin de culture donnent de nouvelles indications sur les interactions entre la teigne et la plante. Finalement, les relations entre le développement de la culture et de la population teigne sont examinées dans une étude de la formation du rendement de la pomme de terre et des densités de teigne. L'optimisation de la date de récolte est discutée sur la base de cette étude.

La seconde partie correspond au chapitre 4 et traite de l'écologie de population de la teigne en milieu de stockage des tubercules. Des plans d'échantillonnage énumératif et séquentiel sont d'abord élaborés. Ensuite, un modèle théorique est construit sur la base d'équations différentielles à retard représentant le développement de la population de teignes qui passe à travers une structure d'âge au cours d'un temps physiologique. Comme résultat de ce développement théorique, il est établi que l'unité de population à étudier est nécessairement une cohorte. Les statistiques de populations nécessaires à la quantification du modèle sont ensuite étudiées. Une comparaison des taux intrinsèques de développement de population de teignes décrits par la littérature et établis à Tunis montre que ces populations sont semblables. Ainsi, la plupart des statistiques intrinsèques seront calculées à partir de données puisées dans la littérature et un plus grand effort sera consacré à l'étude des statistiques de population spécifiques aux conditions locales. Dans ce sens,

l'accent est mis sur l'étude des facteurs de mortalité car il est évident que ceux-ci jouent un rôle fondamental dans le contrôle de tous ravageurs et que c'est sur la base de leur effet que des facteurs externes peuvent être éventuellement intégrés dans le système de stockage. Les taux de survie et de développement spécifiques au stade sont établis pour différentes conditions de stockage (non-traité, traité avec un granulo-virus, début - fin de saison). Basé sur la théorie des analyses de risques, un cadre mathématique général permettant la séparation et l'intégration de facteurs de mortalité dans une population d'insectes est développé et appliqué à la teigne dans le milieu de stockage traditionnel tunisien. La notion de risque qui résulte d'un programme de lutte reposant sur les ennemis naturels ou sur la lutte biologique en général est discutée à l'aide d'un exemple quantitatif. Cette notion joue certainement un rôle prépondérant dans l'établissement et le succès d'un système de lutte (et aussi de production) durable. Finalement, tous ces éléments étudiés au niveau de la cohorte unique (unité de population) sont intégrés dans le modèle à retard qui simule la dynamique de population de teignes et la dynamique du dégât sur une période complète de stockage. Cette connaissance ainsi obtenue permet la recherche de stratégies adéquates de contrôle de ce ravageur.

Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit besteht aus zwei Teilen.

Der erste Teil (Kapitel 2 und Kapitel 3) ist eine Untersuchung der Oekologie der Kartoffelmotten Population auf dem Acker. In Kapitel 2 wird das Auftreten von Schäden auf dem Acker anhand von zwei multidisziplinären Feldmessungen (1987, 1990) analysiert, welche zur Erntezeit durchgeführt wurden. Dabei werden diejenigen agronomischen Verfahren besonders hervorgehoben, welche den Schaden beeinflussen. Es wird gezeigt, dass eine frühe Ernte und eine häufige Bewässerung bis zur Erntezeit die Schäden verringern. Das Kapitel 3 ist der zeitlichen Koinzidenz von Kartoffelmotte Populationsdichten und dem Erntedatum gewidmet. In einem ersten Schritt wird das Flugmuster der Kartoffelmotte studiert; dabei stützte man sich auf Pheromon-Fänge aus mehreren Jahren. Eine detaillierte Untersuchung mit Zeitreihen und verfeinerter Spektrumsanalyse erlaubt es, Jahreszeitabhängigkeiten und kürzere Flugzyklen aufzudecken. In einem zweiten Schritt werden wichtige Verhaltensaspekte untersucht, welche zum besseren Verständnis derjenigen Mechanismen beitragen, welche die Schäden bei der Ernte bestimmen. Die Verteilung der Eier auf der Pflanze und die Wanderung von neu geschlüpften Larven am Ende der Hauptproduktionszeit geben neue Einblicke in die Interaktionen zwischen Pflanze und Insekt. Schliesslich werden die Zusammenhänge zwischen der Entwicklung der Kartoffelpflanze und der Entwicklung der Kartoffelmotte anhand von Ertragsbildung und Populationsdichte untersucht. Die Optimierung des Erntedatums wird anhand dieser Untersuchungen erörtert.

Der zweite Teil, welcher die Oekologie von Kartoffelmotten Populationen in Lager als Thema hat, wird in Kapitel 4 vorgestellt. Zuerst werden enumerative und sequentielle Stichproben-Strategien erarbeitet. Zusätzlich wird ein Delay-Modell auf Differenzialgleichungen aufgebaut, welches die Entwicklung einer nach dem Alter strukturierten Population wiedergibt. Aufgrund dieses Modells wird die experimentelle Populationseinheit als Kohorte definiert, und die nötigen Populationsstatistiken werden festgelegt. Ein Vergleich von Wachstumsraten aus der Literatur und aus einer tunesischen Versuchsreihe zeigt, dass sich die Eigenschaften von tunesischen Kartoffelmotten unwesentlich von anderen Populationen unterscheiden. Folglich können die meisten Populationsstatistiken aus der Literatur übernommen werden, und man konzentriert sich auf Untersuchungen von Populationsstatistiken, welche direkt von lokalen Bedingungen abhängen. Insbesondere werden Sterblichkeitsfaktoren untersucht, welche die Population beeinflussen, da diese Faktoren in der

Schädlingsbekämpfung eine offensichtlich wichtige Rolle spielen. Stadiumsspezifische Überlebens- und Entwicklungsraten werden unter verschiedenen Lagerungsbedingungen untersucht (unbehandelt, behandelt mit einem Granulosis-Virus, Anfang - Ende der Lagerung). Die Rolle von natürlichen Feinden wird erklärt und quantifiziert. Basierend auf der Theorie der sich konkurrenzierenden Risiken wird ein allgemeiner mathematischer Rahmen erarbeitet, welcher die Trennung und die Integration von Sterblichkeitsfaktoren in einer Insektenpopulation erlaubt. Der Begriff des Risikos, welches aus einem Schädlingsbekämpfungsprogramm mit natürlichen Feinden und biologischer Kontrolle resultiert, wird anhand eines quantitativen Beispiels diskutiert. Dieser Begriff könnte in der Planung von nachhaltigen Produktionssystemen eine wichtige Rolle spielen. Zum Schluss werden alle auf dem Kohortenniveau untersuchten Elemente in das Delay-Modell integriert, um die Populationsdynamik über die ganze Lagerungsperiode zu simulieren. Die damit erhaltenen Erkenntnisse leisten einen Beitrag zur Suche nach angemessenen Schädlingsbekämpfungsstrategien.