

Migration and population dynamics of spruce budworms: measurement and interpretation

Jacques Régnière and Vince Nealis

Natural Resources Canada, Canadian Forest Service

Abstract

In budworm ecology, the E/M ratio measures the apparent fecundity of populations, the result of oviposition by local and immigrant moths. It offers a means to measure the relative importance of fecundity and migration rates in the population dynamics of this highly mobile group of insects. Using mathematical arguments, and backed by considerable amounts of data obtained from the literature and from unpublished datasets, we develop here a formal context upon which to base the measurement and interpretation of E/M ratios in the study of budworm population dynamics. Our main conclusion is that under most circumstances, E/M ratios are very high in low-density populations and very low in high-density populations, all relative to the regional mean. Thus, low-density populations are nearly always migration sinks, and dense populations nearly always sources. The slope of the relationship between $\text{Log}(E/M)$ and $\text{Log}(M)$ where E is egg density and M is local moth density, varies between -1 and 0, and is negatively correlated with migration rate. In addition, we have found strong evidence of density-dependent emigration in the western spruce budworm. Therefore, moth migration is not simply a source of “noise” in the high-order density-dependent stochastic process leading to budworm outbreaks. It is itself highly density-dependent, in both the statistical and biological sense. Therefore, moth migration is a synchronizing factor and a spread mechanism that is essential to understanding the development and expansion of budworm outbreaks at wide landscape scale in the boreal forests of North America.

Résumé

En écologie de la tordeuse des bourgeons de l'épinette, le rapport E/M (oeufs/papillons) mesure la fécondité apparente des populations, le résultat final de l'oviposition par les papillons locaux et immigrants. Il est un moyen de mesurer l'importance relative de la fécondité et la migration dans la dynamique des populations de ce groupe d'insectes très mobiles. En nous basant sur des arguments mathématiques, et avec le support de nombreux ensembles de données publiées et inédites, nous développons ici un contexte formel pour la mesure et l'interprétation du rapport E/M dans l'étude de la dynamique des populations de tordeuses. Notre conclusion principale est que, dans la plupart des circonstances, le rapport E/M est très élevé dans les populations de faible densité, et très faible dans les populations élevées, ceci par rapport à la population moyenne régionale. Ainsi, les populations faibles sont presque toujours des puits migratoires (traduction de *migration sinks*), et les populations denses presque toujours des sources migratoires. La pente de la relation entre $\text{Log}(E/M)$ et $\text{Log}(M)$, où E est la densité des oeufs et M la densité des papillons locaux, varie entre -1 et 0, et est corrélée négativement au taux de migration. De plus, nous avons découvert une preuve convaincante que le taux de migration est densité-dépendant au moins chez la tordeuse occidentale. Donc, la migration des papillons n'est pas une simple source de “bruit” dans un processus aléatoire densité-dépendant d'ordre supérieur qui mènerait aux épidémies de ces insectes. La migration est en fait hautement densité-dépendante, autant dans le

sens statistique que biologique. Par conséquent, la migration est un facteur de synchronisation et d'expansion qu'il est essentiel de comprendre pour expliquer et prévoir le développement et la répartition de ces épidémies à l'échelle des grands paysages dans les forêts boréales d'Amérique du Nord.