

**SERG International
2018 Workshop
Abstracts**

Coast Edmonton Plaza Hotel
Edmonton, AB
February 6th - 8th, 2018

Host:

Alberta Agriculture and Forestry



Sponsors

AEF Global

Forest Protection Limited

Agrifor Biotechnical Services

GDG Environment

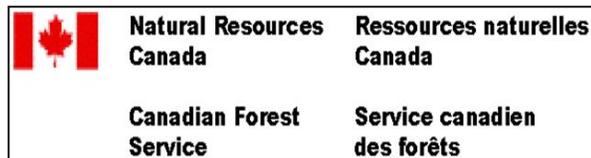
BioForest Technologies Inc

Sylvar Technologies Inc

Valent BioSciences Corp.

**The data in these proceedings are unpublished and may be
cited only with the author's permission**

SERG-I Executive Committee



SERG International Workshop

Feb 6th - Feb 8th, 2018
Coast Edmonton Plaza Hotel, Edmonton, AB

PROGRAM

Tuesday, February 6, 2018		
Welcome Darren Tapp <i>Executive Director, Forest Management Branch</i> <i>Alberta Agriculture and Forestry</i>		8:15 AM
Alberta Agriculture and Forestry Session		
Mike Michaelian <i>NRCan – CFS</i> <i>Northern Forestry Centre</i>	1	8:30 AM
Shane Sadoway <i>West Fraser Mills</i>		
Dr. Elisabeth Beaubien <i>University of Alberta</i>		
Dr. Barb Thomas <i>University of Alberta</i>		
Coffee Break		9:45 AM
Emerald Ash Borer		
Investigations into the Chemical Ecology of the Emerald Ash Borer (EAB), <i>Agrilus planipennis</i>: development of tools for sampling and management of EAB. <i>Krista L. Ryall, Peter Silk</i>	3	10:15 AM
Individual-based approach to monitor potentially invasive <i>Europena Agrilus</i>: an update <i>Marc Rhainds, Troy Kimoto</i>	5	10:35 AM
Validation of emerald ash borer branch sampling and estimation of 2 year life cycle in northern populations. <i>C J K MacQuarrie, K Ryall</i>	6	10:55 AM
Modelling the development of emerald ash borer in its expanding range. <i>C J K MacQuarrie, D Inward, N Straw, S Smith, K Dearborn</i>	7	
Release of exotic parasitoids for biological control of the emerald ash borer in Canada <i>Krista Ryall</i>	8	11:20 AM
FraxiProtec™ a new biological way to control EAB populations <i>Réjean Bergevin</i>	9	11:40 AM

Lunch		12:00 AM
SERG-I Graduate Student Award Presentations		
A hint left by mountain pine beetle on anatomical defenses of lodgepole pine trees: larger resin ducts enhance tree resistance <i>Shiyang (Violet) Zhao and Nadir Erbilgin</i>	10	1:00 PM
Investigating the effects of gut-associated microbiota on the growth of spruce budworm <i>Melbert Schwarz, Daniel Kneeshaw, Steven Kembe</i>	12	1:20 PM
GIS analyses of factors influencing spruce budworm outbreak initiation in northern New Brunswick <i>Mingke Li and David A. MacLean</i>	13	1:40 PM
Analysis of multimodal attractiveness cues in the invasive beech leaf mining weevil, <i>Orchestes fagi</i> L., in Nova Scotia, Canada <i>Joel Goodwin, Simon Pawlowski, N. Kirk Hillier, Jon Sweeney</i>	14	2:00 PM
Advances and Implementation of New Technologies		
Predation in endemic and outbreak forest tent caterpillar populations <i>E Despland, C J K MacQuarrie</i>	15	2:20 PM
Effect of dosage and treatment frequency on efficacy of TreeAzin® Systemic Insecticide for protecting foliage from the beech leaf-mining weevil and preventing mortality of American beech in high value urban environments. <i>Jon Sweeney, Cory Hughes, Tarryn Goble, Joe Meating, Ed Czerwinski, Joel Goodwin, Simon Pawlowski, N. Kirk Hillier, Rob Johns</i>	16	2:40 PM
Coffee Break		3:00 PM
The Synthesis of a New Potential Beech Leaf-Mining Weevil (<i>Orchestes fagi</i> (L.)) Kairomone, 9-Geranylterpinolene <i>P. D. Mayo, P. J. Silk, S. D. Abeysekera, D. I. MaGee</i>	18	3:30 PM
Silviculture Practices		
Using the functional traits of soil fungi to improve post-disturbance pine regeneration <i>Nadir Erbilgin, Jonathan Cale</i>	19	3:50 PM
The impact of silviculture practices on the development of a recalcitrant understory layer: Are we creating a problem for future rotations? <i>Kierann Santala, Isabelle Aubin, Michael Hoeping</i>	21	4:10 PM
Corporate Sponsors		
		4:30 PM
		4:40 PM
End Session		

Wednesday, February 7, 2018

Early Intervention Strategies To Suppress A Spruce Budworm Outbreak		
Introduction		8:00 AM
Dynamics and management of rising spruce budworm outbreaks <i>Régnière J, Delisle J, Martel V, Seehausen ML, Boulanger Y, Béchard A, Labrecque A, Trudeau S, St-Amant R</i>	22	8:05 AM
Landscape level impacts of EIS on SBW, other herbivores and associated natural enemies <i>V. Martel</i>	25	8:30 AM
Innovative DNA-based diagnostic for SBW, its natural enemies and other conifer-feeding species <i>Alex Smith, Eldon Eveleigh</i>	26	8:55 AM
Early Intervention Strategies to Suppress a Spruce Budworm Outbreak: Aerial Application of Pesticides Including Pheromones <i>Peter Amirault, Luke Amos-Binks, Andrew Morrison</i>	27	9:20 AM
Coffee		9:45 AM
Epicentre formation and dispersal behavior of adult spruce budworm in eastern Canada: Implications for the rise and spread of outbreaks and Early Intervention Strategy <i>Deepa Pureswaran , Rob Johns</i>	28	10:15 AM
Identification of Male Hairpencil Pheromone Components in <i>Choristoneura fumiferana</i> Clemens (Lepidoptera: Tortricidae): Chemistry and function. <i>P.J. Silk, E.S. Eveleigh, L.E. Roscoe, M. Brophy</i>	29	10:40 AM
Evaluating endophyte application strategies <i>Greg Adams, David Miller, Pamela Nicks, Andrew McCartney</i>	31	11:05 AM
Early intervention strategies against spruce budworm: modeling and DSS analyses in 2017 <i>David A. MacLean, Jeremy Gullison, Chris Hennigar, Bo Zhang, Drew Carleton</i>	33	11:30 AM
WrapUp		11:55 AM
Lunch		12:00 PM
Validation of a spruce budworm phenology model across environmental and genetic gradients: applications for budworm control and climate change predictions <i>Jean-Noël Candau</i>	35	1:00 PM
Understanding overwintering survival as a component of pest management strategies for spruce budworm <i>Joe Bowden, Eric Moise , Michael Stastny</i>	37	1:20 PM
Using landscape-level forest management to reduce the intensity of spruce budworm outbreaks <i>Dan Kneeshaw, Louis De Grandpré, Deepa Pureswara, Dave MacLean, Brian Sturtevant, Laura Kenefic, Patrick James, Steven Kembel</i>	39	1:40 PM
Numerical descriptors of spruce budworm immigration on the west coast of Newfoundland <i>Marc Rhainds, Dan Lavigne, Troy Rideout</i>	41	2:00 PM

Measuring the active space of a spruce budworm pheromone trap: bridging the gap between chemical ecology and estimates of absolute population density <i>C J K MacQuarrie, J D Allison, M C Bouwer, R Johns, D Pureswaran</i>	42	2:20 PM
Optimization of trapping parameters for spruce budworm sampling <i>C J K MacQuarrie, J Allison, D Carleton, R. Johns</i>	44	2:40 PM
Coffee		3:00 PM
Testing the efficacy of <i>Trichogramma minutum</i> in the context of an ‘Early-intervention Strategy’ against the spruce budworm using different release methods <i>Véronique Martel, Simon Trudeau, Rob Johns, Emily Owens, Sandy Smith, Guy Boivin</i>	46	3:30 PM
Optimization of SBW pheromone application for mating disruption <i>C. M. Riley</i>	47	3:50 PM
Comparisons of <i>Btk</i> aerial spraying strategies against the eastern spruce budworm, based on protection timing and intensity during a complete outbreak episode. <i>Alain Dupont, Éric Bause, Alvaro Fuentealba Morales, Christian Hébert, Richard Berthiaume</i>	48	4:10 PM
End Session		4:30 PM
Testing new approaches for detecting and locating early increasing populations of the Spruce Budworm for implementing an Early Intervention Strategy <i>Christian Hébert, Jean-Michel Béland and Sébastien Bélanger</i>	50	Update
BANQUET		7:00 PM

Thursday, February 8, 2017

Beetle Population Detection and Suppression		
Improving monitoring tools to detect mountain pine beetle at low and high densities in novel habitats <i>Nadir Erbilgin, Jennifer Klutsch</i>	51	9:00 AM
Mountain Pine Beetle Cold Tolerance and Seasonality: Implications for Population Dynamics and Range Expansion in Canada <i>K. Bleiker, G. Smith</i>	53	9:20 AM
Simulating MPB invasive spread control in Saskatchewan using SpaDES <i>Alex M. Chubaty, Barry J. Cooke, Eliot J. B. McIntire</i>	54	9:40 AM
Coffee		10:00 AM
Effect of trap height, trap color, and trap lure on efficacy of detecting species of bark- and wood boring beetles (Cerambycidae, Buprestidae, Scolytinae) <i>Jon Sweeney, Peter Silk, Peter Mayo, Gaetan Leclair, Cory Hughes, Kate Van Rooyen, Jerzy M. Gutowski, Tomasz Mokrzycki, Dan Miller, Meng Qingfan, Li Yan, Joe Francese</i>	56	10:30 AM
Formulations of Emamectin Benzoate (TREE-äge®) and Propiconazole (Propizol®) for Protecting Engelmann Spruce from Mortality Attributed to Spruce Beetle and Associated Fungi <i>Christopher J. Fettig, Darren C. Blackford, Donald M. Grosman, A. Steven Munson</i>	58	10:50 AM
Temperature Regulation of Spruce Beetle's Life Cycle and its Potential Role in Outbreaks <i>K. Bleiker, V. Rezendes, D. Huber, J. Robert</i>	59	11:10 AM
End Workshop		11:30 AM

SERG International Opening Session

Welcome

Darren Tapp

Executive Director, Forest Management Branch
Alberta Agriculture and Forestry

Alberta Agriculture and Forestry Session

Mike Michaelian

NRCan – CFS

Northern Forestry Centre

Notes:

Shane Sadoway

West Fraser Mills

Notes:

Dr. Elisabeth Beaubien
University of Alberta

Notes:

Dr. Barb Thomas
University of Alberta

Notes:

Investigations into the Chemical Ecology of the Emerald Ash Borer (EAB), *Agrilus planipennis*: development of tools for sampling and management of EAB.

Krista L. Ryall¹, Peter Silk²

¹ Canadian Forest Service, Great Lakes Forestry Centre, 1219 Queen Street East, Sault Ste. Marie, ON, P6A 2E5 Phone 705-541-5549; krista.ryall@nrcan.gc.ca Contact person

² Peter Silk, Canadian Forest Service, Atlantic Forestry Centre, Fredericton, NB Phone 506-451-6084; peter.silk@nrcan.gc.ca

Collaborators : Jeff Fidgen, CFS; Peter Mayo, Gaetan LeClair CFS (synthesis, analytical chemistry); Robert Lavallée (CFS); David MaGee (Chemistry Dept., UNB)

Abstract

Our research has demonstrated the attraction of male emerald ash borer (*Agrilus planipennis*, EAB) to a female-produced lactone pheromone, the first pheromone to be demonstrated for any Buprestidae. Our objectives this year were to continue to develop a “push-pull” strategy for EAB using traps baited with the lactone pheromone, to increase attraction of males (the “pull”), as compared to traps baited with one of various non-host volatiles (citronella, butternut, ylang-ylang) to “push” EAB away. We evaluated mean trap captures on traps baited with our attractant lure ((3Z)-hexenol + (3Z)-lactone), placed on trees with one of four treatments: citronella, butternut, ylang-ylang, and a control tree. Our results demonstrated that traps placed on trees with citronella had marginal reductions in captures as compared to control traps. Captures on traps co-baited with ylang-ylang or butternut were slightly, but not significantly reduced. In the second field trial, we conducted a preliminary test of four fluorinated analogs to evaluate their impact on mean trap captures; while not statistically significant due to highly variable trap captures, at least one of the new analogs shows promise for increasing captures of male EAB. Ongoing work is continuing to explore responses of EAB to pheromones, semiochemicals, and non-host volatiles.

Résumé

Notre recherche a montré que l'agrile du frêne mâle (*Agrilus planipennis*) est attiré par la phéromone lactone produite par la femelle, la première phéromone mise en évidence pour tout buprestidé. Notre objectif cette année était de poursuivre l'élaboration d'une stratégie « repousser-attirer » visant l'agrile du frêne au moyen d'arbres pièges appâtés avec la phéromone lactone, comparativement à des pièges appâtés avec des volatiles non hôtes (mélange de terpène d'épinette, citronnelle et bois de cèdre) pour « repousser » l'agrile. Nous avons évalué les captures moyennes dans les pièges contenant notre appât attractif ((3Z)-hexenol + (3Z)-lactone) que nous avons placés sur des arbres selon l'un de quatre traitements : dose élevée de volatiles de l'épinette; appât à la citronnelle; appel au bois de cèdre; arbre témoin. Nos résultats ont montré que les pièges placés sur des arbres ayant reçu une dose élevée de volatiles de l'épinette présentaient un nombre de captures moyen sensiblement inférieur aux pièges témoins. Les pièges coappâtés avec de la citronnelle présentaient aussi des diminutions légèrement significatives de captures comparativement aux pièges témoins. Les captures dans les pièges coappâtés avec du

bois de cèdre ont présenté une légère diminution, quoique non significative. Nous pensons que le taux de libération de la citronnelle et du bois de cèdre n'était pas suffisamment élevé pour abaisser les captures d'agriles du frêne. Dans d'autres essais sur le terrain, nous avons fait des essais préliminaires avec deux analogues fluorés pour évaluer leur incidence sur les captures moyennes dans les pièges; bien que les résultats ne soient pas statistiquement significatifs en raison de la petite taille des échantillons, au moins un des deux nouveaux analogues semble prometteur pour augmenter les captures de l'insecte mâle. Les travaux se poursuivent pour explorer les réactions de l'agrile du frêne aux phéromones, aux substances sémi-chimiques et aux volatiles non hôtes.

Individual-based approach to monitor potentially invasive *Europena Agrilus*: an update

Marc Rhainds ^{1*}, and Troy Kimoto

¹ Natural Resources Canada, Canadian Forest Service - AFC, P.O. Box 4000, Fredericton, New Brunswick, E3B 5P7. * Corresponding author: marc.rhainds@canada.ca

² Canadian Food Inspection Agency, 4321 Still Creek Drive, Burnaby, British Columbia, V5C 6S7

Abstract

This report provides an update on a multi-year study aimed at developing risk-indices based on the potential reproductive output of early invading females *Agrilus*. To date, about 60% of specimens captured at Slovakian oak forests in 2015 - 2016 have been processed to determine the sex of specimens, body size measurements, and (for females) number of eggs. Data on abundance and body size are provided for seven species: *A. angustulus*, *A. biggutatus*, *A. graminis*, *A. laticornis*, *A. obscuricollis*, *A. olivicolor* and *A. sulcicollis*.

Résumé

Ce rapport procure une mise à jour d'un projet de recherche visant à évaluer le risque des invasions biologiques en fonction du potentiel reproducteur des femelles pour sept espèces européennes de *Agrilus*: *A. angustulus*, *A. biggutatus*, *A. graminis*, *A. laticornis*, *A. obscuricollis*, *A. olivicolor* and *A. sulcicollis*. À ce jour, 60% des spécimens collectés en Slovaquie en 2015 – 2016 ont été disséqués afin de déterminer le sexe des individus, leur taille corporelle, et (pour les femelles) le nombre d'oeuds dan la cavité abdominale.

Validation of emerald ash borer branch sampling and estimation of 2 year life cycle in northern populations.

C J K MacQuarrie, K Ryall

Abstract

This report presents the results of sampling to assess the frequency of two-year life cycle in new infestations of emerald ash borer (EAB) in Canada, and an assessment of the accuracy of the branch sampling method in northern EAB populations. A preliminary analysis of samples taken in late 2016 from Thunder Bay, Ontario validated the branch sampling method. Regardless, in 2017 we again sampled trees in Thunder Bay, Ontario and also sampled trees from a wood lot north of Barrie, Ontario near the leading edge of EAB infestation in Ontario to begin the characterization of populations along a north-south gradient of infestation. To these sites we added achieved data collected near Dutton, Ontario in 2005 and from the 2017 detection of EAB in Quebec City, Quebec. As of January 2018 processing of the 2017 Ontario samples was completed and processing of the Quebec samples was ongoing. Data from all sites will be used to determine the frequency of two year life cycle based on the developmental stage of EAB larvae at the time of sampling. Data from the Thunder Bay and Quebec City sites will be used to assess the accuracy of the branch sampling method.

Résumé

Ce rapport présente les résultats d'un échantillonnage effectué pour évaluer la fréquence d'un cycle de vie de deux ans dans les nouvelles infestations d'agrile du frêne au Canada, ainsi qu'une évaluation de l'exactitude de la méthode d'échantillonnage de branches dans les populations nordiques d'agrile du frêne. Une analyse préliminaire des échantillons recueillis à la fin de 2016 à Thunder Bay (Ontario) a validé la méthode d'échantillonnage de branches. En 2017, nous avons quand même de nouveau prélevé des échantillons sur des arbres à Thunder Bay ainsi que sur des arbres dans un boisé situé au nord de Barrie (Ontario) près de la lisière de l'infestation ontarienne de l'agrile du frêne afin d'entreprendre la caractérisation des populations retrouvées le long d'un gradient nord-sud de l'infestation. Nous avons ajouté à ces sites les données recueillies près de Dutton (Ontario) en 2006 et celles de la détection de l'agrile du frêne en 2017 à Québec (Québec). En date de janvier 2018, le traitement des échantillons de 2017 recueillis en Ontario était achevé, et le traitement des échantillons du Québec était en cours. Les données de tous les sites serviront à déterminer la fréquence du cycle de deux ans sur la base du stade de développement des larves de l'agrile du frêne au moment de l'échantillonnage. Les données des sites de Thunder Bay et de Québec seront utilisées pour évaluer l'exactitude de la méthode d'échantillonnage de branches.

Modelling the development of emerald ash borer in its expanding range.

C J K MacQuarrie¹, D Inward², N Straw², S Smith³, K Dearborn³

- 1) NRCan Canadian Forest Service, Great Lakes Forestry Centre, Sault Ste. Marie, Ontario.
- 2) Forest Research, Alice Holt Lodge, Farnham, Surrey, United Kingdom.
- 3) University of Toronto, Faculty of Forestry, Toronto, Ontario

Abstract

This report presents work towards a study of development rates in emerald ash borer reared under laboratory conditions. The goal of this study is to construct development rate models for all emerald ash borer life stages for use in risk assessments and improving the timing of control tactics against the insect. Work towards this project planned for 2017 was deferred and will now begin in early 2018.

Résumé

Le rapport présente des travaux effectués en vue d'étudier le rythme de développement de l'agrile du frêne élevé en laboratoire. Le but de cette étude est de mettre au point des modèles du rythme de développement à toutes les étapes de vie de l'agrile du frêne pour évaluer le risque et améliorer le moment de la réalisation des tactiques de lutte contre l'insecte. Les travaux prévus pour 2017 dans le cadre du projet ont été reportés et sont maintenant censés commencer au début de 2018.

Release of exotic parasitoids for biological control of the emerald ash borer in Canada.

Krista Ryall

Natural Resources Canada, Canadian Forest Service; 1219 Queen Street East, Sault Ste. Marie, Ontario P6A 2E5; Krista.ryall@Canada.ca

Collaborators : Dr C. MacQuarrie and Dr. A Roe, Natural Resources Canada, Canadian Forest Service

Abstract

During 2017, we established eight new release sites, seven in Ontario and one in Quebec. We released over 36, 000 *Tetrastichus planipennisi* at these sites. In addition, over 13, 500 *Oobius agrili* were released at the sites. For the first time, *Spathius galinae* was released in Canada, with over 700 individuals released at two of the Ontario sites. In total, there are now 19 sites where over 97, 000 *T. planipennisi* have been released over the past five years. In addition, over 38, 500 *O. agrili* have been released at 16 sites over the past three years. In fall 2017, we sampled trees from three of the completed sites to evaluate recovery of *T. planipennisi*; rearing of log bolts has begun as of December 2017 and will continue through April 2018 to attempt to recover the parasitoid at these sites. Sampling to recover *O. agrili* will begin in summer/fall 2018. An initiative to conduct rearing *T. planipennisi* at the Insect Production and Quarantine Laboratory, Great Lakes Forestry Centre was initiated in December 2016; as a result, over 3500 “made in Canada” wasps were released at one site in Ontario in 2017. Most recently, in December 2017, technicians travelled to the USDA lab in Michigan to receive training on how to rear *Oobius agrili*; rearing of this species will begin in 2018. The objective of this rearing initiative is to augment numbers provided by USDA-APHIS for research purposes.

Résumé

Au cours de l'année 2017, nous avons établi huit nouveaux sites de relâchement, soit sept en Ontario et un au Québec. Nous y avons relâché plus de 36 000 *Tetrastichus planipennisi*. Il y a aussi eu relâchement de plus de 13 500 *Oobius agrili*. Pour la première fois, *Spathius galinae* a été relâché au Canada - plus de 700 individus dans deux des sites ontariens. Au total, on compte maintenant 19 sites où plus de 97 000 *T. planipennisi* ont été relâchés depuis cinq ans. Plus de 38 500 *O. agrili* ont aussi été relâchés dans 16 sites depuis trois ans. À l'automne 2017, nous avons échantillonné des arbres dans trois des sites traités pour évaluer la détection de *T. planipennisi*; l'élevage dans des blocs de bois a commencé en décembre 2017 et se poursuivra jusqu'en avril 2018 pour tenter de détecter le parasitoïde dans ces sites. L'échantillonnage visant à détecter *O. agrili* commencera à l'été/l'automne 2018. Un projet d'élevage de *T. planipennisi* au laboratoire de production d'insectes et de quarantaine du Centre de foresterie des Grands Lacs a été entrepris en décembre 2016, ce qui a permis de relâcher plus de 3 500 guêpes « produites au Canada » dans un site ontarien en 2017. Plus récemment, en décembre 2017, des techniciens se sont rendus au laboratoire du USDA au Michigan pour suivre une formation sur l'élevage de *Oobius agrili*; l'élevage de cette espèce débutera en 2018. L'objectif de ce projet d'élevage est de suppléer aux spécimens fournis par le USDA-APHIS aux fins de recherche.

FraxiProtec™ a new biological way to control EAB populations

Réjean Bergevin

G.D.G. Environnement Ltée, 430 St-Laurent Street, Trois-Rivières, Quebec, G8T6H3

Abstract

FraxiProtec™ solution is a new biological way of controlling EAB populations. The system uses an autodissemination device to release a pathogenic fungus into the adult EAB population. We will present the new technology along with the preliminary results of the 2017 research projects conducted in 12 municipalities in the vicinity of Montreal. These research projects are part of the PMRA registration process. The research will be carried over three years and will lead to the most efficient methodology which will be used for the directions on the pesticide label.

Résumé

FraxiProtec^{MC} est un nouveau système de lutte biologique contre l'agrile du frêne. Grâce à un dispositif d'autodissémination, il répand un champignon pathogène parmi les agriles adultes. Nous présenterons aujourd'hui cette nouvelle technologie ainsi que les résultats préliminaires de projets pilotes réalisés en 2017 dans 12 municipalités de la grande région de Montréal. Ces projets de recherche sur trois ans, qui s'inscrivent dans le processus d'homologation de l'ARLA, permettront d'établir la méthodologie la plus efficiente, qui servira de prescription pour l'étiquette du pesticide.

A hint left by mountain pine beetle on anatomical defenses of lodgepole pine trees: larger resin ducts enhance tree resistance

Shiyang (Violet) Zhao and Nadir Erbilgin

Department of Renewable Resources, University of Alberta

Abstract

The mountain pine beetle (*Dendroctonus ponderosa*) has caused a wide range of tree mortality in lodgepole pine (*Pinus contorta* var. *latifolia*) forests in western Alberta since 2006. Besides beetle-killed pine trees, there are also a low number of live lodgepole pine trees in post-outbreak pine stands. These residual trees will face potential attacks from additional disturbances such as forest pathogens and other pest insects. Understanding the mechanism underlying the survival of residual trees from mountain pine beetle outbreaks will help us to predict the future of lodgepole pine forests following insect outbreaks. To address the issue, we sampled 140 beetle-killed and 213 residual trees from 31 sites with varying degrees of beetle-caused mortality and compared their growth and resin duct characteristics. Among residual trees, we categorized them into three groups: healthy, declining (trees showed symptoms or signs of agents other than mountain pine beetle), and survived trees (trees attacked by mountain pine beetle, but survived). The several major findings were: (1) no differences were found on average radial growth between beetle-killed trees and residual trees within 10-year preceding outbreak; (2) beetle-killed trees produced a greater number of xylem resin ducts but the size of individual duct was smaller than those in residual trees; (3) survived trees responded to outbreaks the fast and the most, which expressed lower growth rate, higher resin duct production, density and relative resin duct area, versus healthy trees seldom respond to beetle outbreaks all the time; (4) healthy trees had larger resin ducts than declining trees, but not different from survived trees. Through our research we determined that the size of resin ducts may play a more crucial role than the number of resin ducts on the survival of pine trees not only during the mountain pine beetle outbreaks, but also during the post-outbreak phases. The resulting information suggests that we should also focus on tree anatomical characteristics when we classify trees as resistant to insects and pathogens.

Résumé

Depuis 2006, le dendroctone du pin ponderosa (*Dendroctonus ponderosa*) a causé divers taux de mortalité dans les forêts de pins tordus latifoliés (*Pinus contorta* var. *latifolia*) de l'ouest de l'Alberta. Outre les pins tués par l'insecte, on trouve aussi un faible nombre de pins tordus latifoliés vivants dans les peuplements de pin après l'infestation. Ces arbres rémanents pourraient subir l'attaque d'autres facteurs perturbateurs comme des pathogènes forestiers et autres insectes ravageurs. Comprendre le mécanisme qui sous-tend la survie des arbres rémanents après des infestations de dendroctone du pin ponderosa nous aidera à prédire l'avenir des forêts de pins tordus latifoliés après des infestations d'insectes. Pour étudier la question, nous avons échantillonné 140 arbres tués par l'insecte et 213 arbres rémanents dans 31 sites qui avaient subi divers degrés de mortalité causée par le dendroctone, et nous avons comparé leur croissance et les caractéristiques de leurs canaux résinifères. Nous avons réparti les arbres rémanents dans trois groupes : arbres sains, arbres dépérissants (arbres montrant des symptômes ou des signes provoqués par des agents autres que le dendroctone du pin ponderosa) et arbres survivants

(arbres attaqués par le dendroctone du pin ponderosa, mais ayant survécu). Les principales conclusions sont les suivantes : 1) aucune différence n'a été observée dans la croissance radiale moyenne entre les arbres tués par le dendroctone et les arbres rémanents dans les 10 ans précédant l'infestation; 2) les arbres tués par le dendroctone ont produit plus de canaux résinifères de xylène, mais la taille des canaux individuels était plus petite que dans les arbres rémanents; 3) les arbres survivants réagissaient aux infestations le plus rapidement et en plus grand nombre, ce qui se traduisait par un taux de croissance plus lent, une production de canaux résinifères plus élevée, une densité et une zone de canaux résinifères relative plus élevées comparativement aux arbres sains, qui réagissent rarement aux infestations de l'insecte à chaque fois; 4) les arbres sains avaient des canaux résinifères plus grands que les arbres dépérissants, mais ne différaient pas des arbres survivants à cet égard. Grâce à notre recherche, nous avons déterminé que la taille des canaux résinifères pourrait jouer un rôle plus important que le nombre de canaux résinifères sur la survie des pins, non seulement durant les infestations de dendroctone du pin ponderosa, mais aussi durant les phases post-infestation. Les données obtenues semblent montrer que nous devrions nous concentrer sur les caractères anatomiques des arbres quand nous les classons comme des arbres résistants aux insectes et aux pathogènes.

Investigating the effects of gut-associated microbiota on the growth of spruce budworm

Melbert Schwarz¹, Daniel Kneeshaw¹, Steven Kembel¹

¹ Département des sciences biologiques, Université du Québec à Montréal, Montréal (Québec) Canada H2X 1YA

Abstract

Microbial communities have been shown to play an important role for host health in mammals, especially humans. It is thought that microbes could play an equally important role in other animals such as insects. A growing body of evidence seems to support this, however most of the research effort in understanding host-microbe interactions in insects has been focused on a few well studied groups such as bees and termites. The effects of host-associated microbial communities in *Lepidoptera* remains relatively unstudied. We studied the effects of the gut-associated microbial community in the eastern spruce budworm, *Choristoneura fumiferana*, an economically important forest pest in eastern Canada by studying the effects of an antibiotic treatment and diet on larval *C. fumiferana* growth. We show that the antibiotic treatment was sufficient to cause shifts in the microbial communities associated with balsam fir and black spruce foliage as well as in the guts of *C. fumiferana* larvae under laboratory conditions. Contrary to our expectations, we found that the observed antibiotic treatment did not significantly alter larval growth. We did find, however, that under laboratory conditions *C. fumiferana* larvae performed better when feeding on black spruce foliage compared to balsam fir which is widely understood to be the preferred food of *C. fumiferana* due to phenology. Finally we show that although most bacteria originating on foliage appear to be transient through the gut, there is evidence that some bacteria may thrive better in the *C. fumiferana* gut. However, the functional role that these bacteria fill within the *C. fumiferana* gut remains unclear.

Résumé

Les communautés microbiennes jouent un rôle important pour la santé de leurs hôtes chez les mammifères, en particulier pour les humains. Les microorganismes pourraient jouer un rôle important pour les autres animaux, dont les insectes. Plusieurs études ont montré l'importance du microbiome pour les insectes, mais la majorité des recherches sur les interactions entre les insectes et la vie microbienne s'est focalisée sur certains groupes taxonomiques, dont les abeilles et les termites. Les effets des communautés microbiennes sur leurs hôtes chez les lépidoptères sont cependant encore mal compris. Dans le cadre de notre projet, nous avons étudié les effets du microbiote associés à l'intestin de la tordeuse des bourgeons de l'épinette (*Choristoneura fumiferana*), un insecte ravageur important au Canada. Nous avons quantifié en laboratoire les effets des traitements antibiotiques et les différentes diètes sur la croissance et la santé des larves de *C. fumiferana*. Nos résultats ont montré que les traitements antibiotiques n'avaient pas modifié la croissance des larves. La croissance des larves de *C. fumiferana* était augmentée lorsque leur diète était composée d'épinette noire par rapport à lorsqu'elle était composée de sapin baumier, malgré le fait que le sapin baumier est supposé être la diète préférée de *C. fumiferana* en raison de sa phénologie. Finalement, nous avons montré que la majorité des bactéries dans l'intestin de la tordeuse sont des bactéries transitoires originaires des feuilles, mais il y a également certains taxons bactériens avec une bonne performance dans l'intestin de la tordeuse. Le rôle fonctionnel de ces bactéries reste inconnu.

GIS analyses of factors influencing spruce budworm outbreak initiation in northern New Brunswick

Mingke Li¹ and David A. MacLean²

¹ MF student; ² Professor;

Faculty of Forestry and Environmental Management, University of New Brunswick,
P.O. Box 4400, Fredericton, NB, E3B 5A3, Canada

Abstract

Many studies have been carried out to determine potential relationships between environmental factors and spruce budworm (*Choristoneura fumiferana* [Clem.]; SBW) defoliation, tree growth loss or mortality, but few have focused on the influence on SBW populations. The objective of this study was to analyze the effect of four categories of factors (forest composition, climate, topography/location, and site quality) on SBW outbreak initiation in northern New Brunswick. Analyses were mainly based on the second-instar larvae (L2) per branch population data jointly collected by forest industry and NB Department of Energy and Resource Development from 2013 to 2017. GIS analyses, especially spatial overlay analyses, were applied on the geo-referenced datasets using ESRI ArcGIS. Descriptive statistics results suggested that the moderate and higher L2 samples tended to be located in colder area with lower elevation and closer to defoliated areas in Quebec. The outbreak in the Gaspé-Bas St. Laurent region moved south, closer to New Brunswick, over the study period. An autologistic model will be fit to explore the relationships in future.

Résumé

De nombreuses études ont été menées pour déterminer s'il existe des liens entre les facteurs environnementaux et la défoliation par la tordeuse des bourgeons de l'épinette (*Choristoneura fumiferana* [Clem.]; TBE), la perte de croissance ou la mort de l'arbre, mais peu se sont penchées sur l'influence des populations de TBE. Le but de l'étude était d'analyser l'effet de quatre catégories de facteurs (structure de la forêt, climat, topographie/emplacement, et qualité du site) sur le début d'une infestation de TBE dans le nord du Nouveau-Brunswick. Les analyses portaient principalement des données sur les populations de larves de deuxième stade (L2) par branche, recueillies conjointement par l'industrie forestière et le ministère du Développement de l'énergie et des ressources du N.-B. entre 2013 et 2017. Les ensembles de données géo-référencées ont fait l'objet d'analyses fondées sur le SIG, en particulier des analyses de superposition spatiale, au moyen du logiciel ArcGIS d'ESRI. Les résultats des statistiques descriptives semblent indiquer que les échantillons modérés de L2 et plus avaient tendance à se situer dans des lieux plus froids, à une élévation moindre, et plus près des régions défoliées du Québec. L'infestation dans la région Gaspésie-Saint-Laurent s'est déplacée vers le sud, plus près du Nouveau-Brunswick, au cours de la période à l'étude. Un modèle autologistique pourra éventuellement explorer les liens.

Analysis of multimodal attractiveness cues in the invasive beech leaf mining weevil, *Orchestes fagi* L., in Nova Scotia, Canada

Joel Goodwin¹, Simon Pawlowski¹, N. Kirk Hillier¹, Jon Sweeney²

¹ Acadia University

² Natural Resources Canada, Canadian Forest Service

Abstract

The invasive beech leaf mining weevil, *Orchestes fagi* L. (Coleoptera:Curculionidae), is a common pest of beech trees in Europe which has recently become established in Nova Scotia, Canada. Adults overwinter and emerge in early spring to feed on and lay eggs in beech leaves. Developing larvae mine beech leaves and cause significant damage, eventually leading to defoliation and death. Larvae complete development and emerge in approximately 30 days. By using bioassays, field trapping experiments, and electroretinograms, this study will analyze auditory, chemical, and visual attractiveness cues in *O. fagi* to develop a multimodal monitoring system for this species. Results from field trapping trials in 2017 suggest significant preferences toward green, white, and yellow traps, and a significant preference toward triangular prism traps over intercept traps.

Résumé

Le charançon du hêtre invasif, *Orchestes fagi* L. (Coleoptera:Curculionidae), est un ravageur courant du hêtre en Europe qui s'est récemment établi en Nouvelle-Écosse, au Canada. Les adultes hibernent puis émergent au début du printemps pour se nourrir de feuilles de hêtre et y pondre leurs œufs. Les larves en développement creusent des galeries dans les feuilles de hêtre et causent des dommages importants qui finissent par mener à la défoliation et à la mort de l'arbre. Les larves se développent et émergent en 30 jours environ. À l'aide d'essais biologiques, d'expériences de piégeage sur le terrain et d'électrorétinogrammes, cette étude permettra d'analyser les signaux d'attraction auditifs, chimiques et visuels d'*O. fagi* afin de mettre au point un système de surveillance multimodal pour cette espèce. Les résultats des essais de piégeage sur le terrain en 2017 donnent à penser que les pièges verts, blancs et jaunes sont les préférés, et que les pièges à prisme triangulaires sont passablement plus attirants que les pièges d'interception.

Predation in endemic and outbreak forest tent caterpillar populations

E Despland¹, C J K MacQuarrie²

¹ Concordia University, Montréal, Québec

² NRCan Canadian Forest Service, Great Lakes Forestry Centre, Sault Ste. Marie, Ontario

Abstract

The forest tent caterpillar (FTC) is an important pest of Canadian hardwood forests, and is currently outbreaking across several provinces. We build on previous work investigating FTC larval mortality rates by placing FTC colonies in outbreaking and non-outbreaking quaking aspen (*Populus tremuloides*) stands in Abitibi's boreal forest, with varying degrees of protection: free (no protection), tanglefoot (protection against walking predators only) and caged (protection against all predators and parasitoids). Results show that walking arthropod predators are significant sources of mortality in FTC caterpillar colonies. We also show that several species of ants are active early in the spring, at aspen leaf-out when FTC caterpillars eclose. Together, these results suggest that ants could play an important role in controlling FTC populations. Finally, no clear differences in mortality rates were observed between high- and low-density FTC populations, and the investigation will be on-going in 2018 in order to clarify this result.

Résumé

La livrée des forêts est un défoliateur important des forêts décidues Canadiennes, et des épidémies ont présentement lieu dans plusieurs provinces. Ce projet se base sur nos travaux précédents sur les taux de mortalité larvaire chez la livrée : nous avons placé des colonies de livrée dans des peuplements de peuplier faux-tremble (*Populus tremuloides*) dans la forêt boréale en Abitibi avec des degrés de protection différents : colonies libres (aucune protection), `tanglefoot` (protection contre les prédateurs épigés), et en cage (protection contre tous les prédateurs et parasitoïdes). Les résultats démontrent que les prédateurs épigés sont des agents de mortalité importants pour les larves de livrée. Nous démontrons aussi que plusieurs espèces de fourmis sont actives tôt au printemps, quand le peuplier débourre et les livrées éclosent. Ensemble, ces résultats suggèrent que les fourmis pourraient jouer un rôle important dans le contrôle des populations de livrée. Finalement, nous n'avons pas détecté de différence significative de mortalité entre des livrées placées dans des peuplements subissant de fortes populations naturelles de livrée et dans d'autres qui ne sont pas affectés par l'épidémie en cours. Les travaux continueront en 2018 pour clarifier ce résultat.

Effect of dosage and treatment frequency on efficacy of TreeAzin® Systemic Insecticide for protecting foliage from the beech leaf-mining weevil and preventing mortality of American beech in high value urban environments.

Jon Sweeney¹, Cory Hughes¹, Tarryn Goble², Joe Meating², Ed Czerwinski³, Joel Goodwin⁴, Simon Pawlowski⁴, N. Kirk Hillier⁴, and Rob Johns¹

¹Natural Resources Canada, Canadian Forest Service, 1350 Regent Street, Fredericton, NB. E3B 5P7, Tel./Fax. 506 452 3499/506 452 3525, jon.sweeney@canada.ca ; rob.johns@canada.ca; cory.hughes@canada.ca

²BioForest, 59 Industrial Park Crescent, Unit 1, Sault Ste. Marie, ON P6B 5P3, Tel. 705-942-5824 jmeating@bioforest.ca; tgoble@bioforest.ca

³Forestreecare Company, Fredericton, NB, Tel. 506.262-8755; forestreecare@nexicom.net

⁴Acadia University, 33 Westwood Ave., Wolfville, NS, B4P 2R6, Tel. 902-585-1314; kirk.hillier@acadiu.ca

Abstract

The beech leaf-mining weevil, *Orchestes fagi*, is an invasive pest from Europe that has caused severe defoliation of American beech in its new range in Halifax, and Sydney, Nova Scotia, since at least 2008. Cumulative mortality of American beech increased from 20% in 2014 to 97% in 2016 in heavily infested plots near Halifax compared to <5% increase in mortality over the same period in plots with low weevil populations located 40 km from Halifax. Our goal is to develop a method of protecting high value street trees of American beech from beech weevil defoliation and reduce tree mortality. Field trials with TreeAzin® Systemic Insecticide (PCP No. 30559) was tested for control of the beech leaf-mining weevil in four separate trials in spring 2013, spring and fall of 2014, and fall of 2016, in collaboration between Canadian Forest Service, Acadia University, BioForest, and ForestreeCare. Stem injection of TreeAzin significantly reduced larval survival and foliar damage by European beech leaf-mining weevil in American beech trees when injected in early spring, prior to bud burst, at a rate of 3 mls per cm dbh, or when injected the previous fall at a rate of 3 mls or 5 mls per cm dbh. The higher dose was slightly more efficacious than the lower dose. Neither early spring nor fall treatments reduced damage from adult feeding nor the number of eggs laid per leaf. Efficacy data were submitted to PMRA in December 2017 as part of an application for emergency registration of TreeAzin for control of beech weevil in Nova Scotia. Additional efficacy data will be collected in 2018 and 2019 to determine whether annual or biennial injections are necessary to prevent tree mortality.

Résumé

Le charançon du hêtre, *Orchestes fagi*, est un ravageur invasif d'Europe qui cause une défoliation grave du hêtre à grandes feuilles dans sa nouvelle aire de répartition à Halifax et à Sydney, en Nouvelle-Écosse, depuis au moins 2008. La mortalité cumulative du hêtre à grandes feuilles est passée de 20 % en 2014 à 97 % en 2016 dans les parcelles lourdement infestées près d'Halifax, comparativement à une hausse de <5 % du taux de mortalité pour la même période dans des parcelles à faibles populations de charançon situées à 40 km d'Halifax. Notre objectif est de mettre au point une méthode pour protéger les hêtres à grandes feuilles de grande valeur en milieu urbain contre la défoliation causée par le charançon du hêtre et de réduire la mortalité

des arbres. Des essais sur le terrain effectués avec l'insecticide systémique TreeAzin® (PCP No. 30559) ont eu lieu contre le charançon du hêtre lors de quatre essais distincts au printemps 2013, au printemps et à l'automne 2014 ainsi qu'à l'automne 2016 en collaboration avec le Service canadien des forêts, l'Université Acadia, BioForest et ForestryCare. L'injection de TreeAzin dans le tronc de l'arbre a diminué de façon importante la survie des larves et les dommages au feuillage par le charançon du hêtre européen dans le hêtre à grandes feuilles lorsque l'injection était faite au début du printemps avant l'éclosion des bourgeons à un taux de 3 ml par cm DHP, ou à l'automne précédent à un taux de 3 ml ou de 5 ml par cm DHP. La dose plus élevée a été légèrement plus efficace que la dose plus faible. Les traitements au début du printemps ou à l'automne n'ont pas réduit les dommages causés par les adultes qui se nourrissent ni le nombre d'œufs pondus par feuille. Les données sur l'efficacité ont été remises à l'ARLA en décembre 2017 dans le cadre d'une demande d'homologation urgente de TreeAzin pour lutter contre le charançon du hêtre en Nouvelle-Écosse. D'autres données sur l'efficacité seront recueillies en 2018 et en 2019 afin de déterminer si des injections annuelles ou bisannuelles sont nécessaires pour prévenir la mortalité de l'arbre.

The Synthesis of a New Potential Beech Leaf-Mining Weevil (*Orchestes fagi* (L.)) Kairomone, 9-Geranylterpinolene

P. D. Mayo¹, P. J. Silk¹, S. D. Abeysekera¹ and D. I. MaGee²

¹Natural Resources Canada, Canadian Forest Service - Atlantic Forestry Centre, Fredericton, New Brunswick, Canada

²Department of Chemistry, University of New Brunswick, Fredericton, New Brunswick, Canada

Abstract

The beech leaf-mining weevil, *Orchestes fagi* (L.), also known as the beech flea weevil, is a common and widespread pest of beech, *Fagus sylvatica* L., in its native Europe. It now appears to be well established in Nova Scotia, Canada. We have previously reported the synthesis of 9-geranyl-*p*-cymene and 9-geranyl- α -terpinene as they are both found in eclosing beech buds, and have researched the synthesis of other diterpenes which are isomers of 9-geranyl- α -terpinene. We now wish to report a synthesis of the diterpene 9-geranylterpinolene as a mixture of isomers, as a novel diterpene and as a possible kairomone of *O. fagi*. The synthesis of two other isomers of 9-geranyl- α -terpinene, α -springene and β -springene, was accomplished as well.

Résumé

L'orcheste du hêtre (*Orchestes fagi* (L.)), également nommé charançon du hêtre, est un ravageur du hêtre (*Fagus sylvatica* L.) commun et répandu dans son aire de répartition indigène, en Europe. Il semble être maintenant bien établi en Nouvelle-Écosse, au Canada. Nous avons déjà rapporté la synthèse du 9-géranyl-*p*-cymène et du 9-géranyl- α -terpinène, qui sont tous deux présents dans les bourgeons de hêtre en éclosion, et nous avons effectué une recherche sur la synthèse d'autres diterpènes qui sont des isomères du 9-géranyl- α -terpinène. Nous voulons signaler la synthèse du diterpène 9-géranylterpinolène en tant que mélange d'isomères, que diterpène nouveau et que kairomone possible de l'*O. fagi*. De plus, nous sommes parvenus à la synthèse de deux autres isomères de 9-géranyl- α -terpinène, l' α -springène et le β -springène.

Using the functional traits of soil fungi to improve post-disturbance pine regeneration

Nadir Erbilgin¹ & Jonathan Cale¹

¹Department of Renewable Resources, University of Alberta, Edmonton, Alberta, Canada

Abstract

Projections of increased intensity and frequency of natural biotic (mountain pine beetle) and abiotic (wildfire) forest disturbances underscore a need for novel management strategies that accelerate healthy post-disturbance forest recovery in order to maintain dependable commodity supply. We have begun to investigate how biotic and abiotic disturbances individually and in combination affect the functional roles soil fungi play in forest regeneration. Utilizing field and greenhouse surveys and experiments we have made great progress toward achieving our goal of developing novel forest management methods through understanding how soil fungal communities mediate interactions between forest disturbances and forest regeneration through the functional benefits these communities provide developing seedlings. While work to meet our study objectives continues, we made substantial progress in 2017 toward meeting these objectives. We located and sampled soil, overstory and understory plant communities at 28 field sites representing 14 disturbed-undisturbed (control) site pairs. At each of the disturbed sites, lodgepole pine seeds were sown into four 1 m² plots to be used in assessing the feasibility of remediating post-disturbance fungal communities in order to accelerate forest regeneration in the coming years. After a comparative study, we identified an accurate and efficient method for extracting fungal DNA from soil samples. Two greenhouse experiments involving 756 lodgepole pine seedlings growing in pots inoculated with field soil have concluded. Data on seedling performance is being analyzed for one of the experiments, while tissue samples from the other experiment are being processed for analysis of defense related chemicals. With this progress and as work continues, we are well positioned to meet project milestones in 2018.

Résumé

L'accroissement attendu de l'intensité et de la fréquence des perturbations en milieu forestier attribuables à des facteurs naturels biotiques (dendroctone du pin ponderosa) ou abiotiques (incendies de forêt) nécessite des stratégies de gestion novatrices visant à accélérer le rétablissement de la forêt après une perturbation afin de maintenir un approvisionnement fiable en bois. Nous avons commencé à examiner comment les perturbations biotiques et abiotiques individuelles ou en combinaison affectent les rôles fonctionnels que jouent les champignons du sol dans la régénération forestière. Grâce aux relevés et aux expériences faites sur le terrain et en serre, nous avons grandement progressé vers la réalisation de notre objectif de mettre au point de nouvelles méthodes de gestion forestière grâce à une meilleure compréhension du rôle de médiation des communautés fongiques du sol dans les interactions entre les perturbations forestières et la régénération forestière du fait des avantages fonctionnels que ces communautés offrent aux jeunes semis en développement. Alors que les travaux pour réaliser les objectifs de l'étude se poursuivent, nous avons fait des progrès considérables en 2017. Nous avons repéré des communautés végétales du sol, de l'étage dominant et du sous-étage et prélevé des échantillons à 28 endroits pour obtenir 14 paires de sites perturbés-non perturbés. Chaque site perturbé a étéensemencé de pin tordu latifolié sur quatre parcelles de 1 m² afin d'évaluer la faisabilité de procéder à la remédiation des communautés fongiques après une perturbation pour accélérer la

régénération de la forêt dans les années qui suivent. Une étude comparative nous a permis de déterminer une méthode précise et efficiente pour extraire l'ADN fongique des échantillons de sol. Deux expériences en serre comprenant 756 semis de pin tordu latifolié poussant dans des pots inoculés avec du sol provenant du terrain sont achevées. L'analyse des données sur le rendement des semis de l'une des expériences est en cours, tandis que des échantillons de tissus de l'autre expérience sont en préparation en vue d'une analyse des substances chimiques de défense. Vu les progrès réalisés et le fait que les travaux se poursuivent, nous sommes en bonne posture pour atteindre les grands jalons de l'étude en 2018.

The impact of silviculture practices on the development of a recalcitrant understory layer: Are we creating a problem for future rotations?

Kierann Santala, Isabelle Aubin, Michael Hoepting

Natural Resources Canada, Canadian Forest Service, Great Lakes Forestry Centre

Abstract

Silviculture practices have well known direct positive effects on tree growth. However, such practices may release other forest components that may indirectly limit future seedling development through competition for light or nutrients. In this report, we will describe the foundations, objectives, methodology and preliminary results of the first and second year of a project examining the long-term impacts of vegetation management on understory development. This study consists of two components; the first take advantage of well documented ongoing silvicultural studies to explore long-term changes in forest understory using a legacy dataset. The second component includes a stratified field measurement to obtain a more refined assessment of successional dynamics operating within the understory community and vertical structure. By identifying vegetation management approaches that minimize the development of difficult to manage understory species and enhance crop tree productivity, this research will help optimize vegetation management investment in both the short- and long-term.

Résumé

Les pratiques sylvicoles ont des impacts directs positifs bien connus sur la croissance des arbres. Cependant, certaines pratiques sylvicoles peuvent favoriser des espèces pouvant entrer en compétition avec les semis pour la lumière et les nutriments, et ainsi limiter indirectement leur croissance. Dans ce rapport, nous présentons les prémisses, les objectifs, la méthodologie et les résultats préliminaires de la première et deuxième année d'un projet qui évalue les impacts à long-terme de la gestion de la végétation compétitrice sur le développement du sous-bois. Cette étude comprend deux parties. La première, utilisant les données d'études sylvicoles bien documentées, explore les changements à long terme du sous-bois. La deuxième inclut un échantillonnage stratifié du sous-bois en vue d'obtenir une évaluation plus précise de la dynamique successionale du sous-bois et la structure verticale. Avec l'identification des techniques de gestion de la végétation qui minimisent le développement d'espèces récalcitrantes en sous-bois tout en améliorant la productivité des arbres commerciaux, cette étude aidera à l'optimisation de l'investissement dans la gestion de la végétation à court- et à long-terme.

Dynamics and management of rising spruce budworm outbreaks

Régnière J, Delisle J, Martel V, Seehausen ML, Boulanger Y, Béchard A, Labrecque A, Trudeau S, St-Amant R.

Laurentian Forestry Centre, Quebec City, QC.

Abstract

In 2017, work on the dynamics and management of rising spruce budworm outbreaks progressed on four fronts.

1. Monitoring of the endemic SBW populations of Armagh and Epaule.

1.1 SBW populations were monitored by foliage sampling (no SBW larvae were recovered on 200 host branch tips), pheromone and light traps. Moth populations were higher in 2017 than in 2016, but remained < 100 males per pheromone trap, well below the range expected of epidemic populations (Fig. 1a). No clear mass immigration events were recorded in 2015, 2016 or 2017 in Armagh or Epaule. Total catch in pheromone traps in 2015 and 2017, along a transect west from Rimouski to Quebec City, was closely related to distance from Rimouski (near the outbreak front), an indication that even in the absence of mass immigration, there is a spatial gradient in moth abundance suggesting of spread by movement of moths (Fig. 1b).

1.2 The impact of natural enemies was again measured on implanted insects using the sentinel and cohort methods. Overall parasitism rates have remained very high in both locations, which explains why those populations have not been rising. Among sentinel larvae, parasitism by the ichneumonid *Tranosema rostrale* has continued its slow decline initiated in 2011. However, this decline has been compensated by a rise in the contribution of the ectoparasitic eulophid *Elachertus cacoeciae* to total mortality (Fig. 2). In Epaule, mortality from those two wasps has remained very high and has fluctuated without clear trend in recent years (Fig. 2). It is interesting to note the strong negative correlation in attack rates of *T. rostrale* and *E. cacoeciae* at the yearly level (Fig. 3), a feature that had already been clearly observed at the daily level.

2. Modeling of the seasonal ecology of the parasitic wasp *Tranosema rostrale*. The seasonal biology model of *T. rostrale* (Seehausen, PhD thesis, 2017, University of Toronto), was linked to the seasonal biology model of the spruce budworm and that of a likely alternate host, the obliquebanded leafroller (*Choristoneura rosaceana*) developed from literature data. The interaction between the parasitoid and its two hosts was mediated through Holling's disk equation relating parasitoid attack rates to host density. This hybrid model allows us to investigate the consequences of synchrony between adult parasitoids and host larvae on the overall fitness of the parasitoid in response to weather across the landscape (Fig. 4). This work is in progress.

3. Results of three large-scale aerial applications of pheromone for mating disruption (2008, 2013, 2014) were compiled and analysed, and a manuscript is in advanced stages of preparation. While pheromone applications had a clear effect on male captures in pheromone traps and on the

success of caged females at capturing males or getting mated m (Fig. 5), no effect on egg densities or apparent fecundity (E/M ratios) was found (Fig. 6). Thus, pheromone applications failed to reduce SBW populations.

4. Flight modeling, now fully incorporated in the BioSIM/11 software, and Doppler radar image processing were further advanced 2017. The flight model was improved by adding wing-frequency modifications representing the energy required for horizontal moth displacement and through that flight altitude in the wind field. Tools for the incorporation of high-resolution 3D weather data in BioSIM/11, and for overlaying animated flight model output on radar images were developed. The team, composed of Canadian and US researchers or computer scientists, is now developing analytical tools aimed at calibrating and validating the flight model based on radar images and trap networks. Among the most interesting products that the SBW flight model can now deliver are annual egg deposition maps, compiling the cumulative egg deposition of immigrating moths during a season (Fig. 7).

Résumé

En 2017, la recherche dans le cadre du projet sur la dynamique et la gestion des populations de la TBE en début d'épidémie a progressé sur quatre fronts.

1. Suivi des populations endémiques d'Armagh et Épaule.

1.1 Les niveaux de populations de la TBE ont été mesurés par échantillonnage du feuillage (aucune larve n'a été trouvée sur plus de 200 bouts de branches), et à l'aide de pièges à phéromones ou lumineux. Les populations de papillons ont augmenté de 2016 à 2017, mais sont demeurées sous les 100 mâles par piège à phéromones, bien en deçà du niveau attendu d'une population épidémique (Fig. 1a). Aucun événement clair d'immigration massive n'a été enregistré en 2015, 2016 ou 2017 à Armagh ou Épaule. La capture totale saisonnière en 2015 et 2017, le long d'une ligne de piégeage entre Rimouski et Québec, était corrélée étroitement avec la distance de Rimouski (près du front épidémique), une indication que même en l'absence de migration massive il y a un gradient d'abondance des papillons suggérant l'expansion par mouvement des papillons (Fig. 1b).

1.2 L'impact des ennemis naturels a de nouveau été mesuré sur des insectes implantés par les méthodes de sentinelles et de cohortes. Les taux de parasitisme global sont demeurés très élevés, ce qui explique pourquoi ces populations n'ont montré aucune tendance à l'augmentation. Parmi les sentinelles, le parasitisme dû à l'ichneumone *Tranosema rostrale* a poursuivi son lent déclin depuis 2011. Par contre ce déclin a été compensé par une augmentation de la contribution à la mortalité totale par l'eulophide ectoparasitique *Elachertus cacoeciae* (Fig. 2). À Épaule, la mortalité due à ces deux guêpes est demeurée très élevée et a fluctué sans tendance claire au cours des dernières années (Fig. 2). Il est intéressant de noter la forte corrélation négative entre les taux d'attaque de *T. rostrale* et *E. cacoeciae* au niveau annuel (Fig. 3), une caractéristique qui avait déjà été notée au niveau quotidien.

2. Modélisation de l'écologie saisonnière de la guêpe parasitique *Tranosema rostrale*. Le modèle de biologie saisonnière de *T. rostrale* (Seehausen, thèse de PhD, 2017, Université de Toronto), a été couplé au modèle saisonnier de la TBE et celui d'un hôte alterne probable, la tordeuse à

bandes obliques (TBO, *Choristoneura rosaceana*) mis au point à partir de données provenant de la littérature. L'interaction entre le parasitoïde et ses deux hôtes a été approximée par l'équation des disques de Holling qui met en relation les taux d'attaque et la densité des hôtes. Ce modèle hybride nous permet d'explorer les conséquences de la synchronie entre adultes du parasitoïde et les larves des ses hôtes sur la performance globale (fitness) du parasitoïde en réponse au climat à l'échelle du paysage (Fig. 4). Ces travaux se poursuivent.

3. Les résultats de trois applications à grande échelle de phéromones pour la confusion sexuelle de la TBE (2008, 2013, 2014) ont été compilés et analysés, et un manuscrit est en préparation avancée. Bien que les applications aient eu un effet clair sur les taux de capture de papillons dans les pièges à phéromones et sur le succès de femelles en cages à capturer des mâles et à s'accoupler (Fig. 5), aucun effet sur la densité des œufs ou la fécondité apparente (rapport œufs/papillon) n'a été décelé (Fig. 6). Donc, l'application de phéromones a échoué à réduire les populations de TBE.

4. La modélisation du vol de la TBE, désormais incorporée dans le logiciel BioSIM/11, et le traitement d'images de radar Doppler, ont été avancés en 2017. Le modèle de vol a été amélioré en introduisant un facteur de fréquence alaire représentant l'énergie requise pour le déplacement horizontal des papillons et par son truchement l'altitude de croisière de ceux-ci dans le champ de circulation de l'air. Des outils pour l'incorporation de données météo tridimensionnelles à haute résolution dans BioSIM/11 et pour la superposition des extraits du modèle de migration sur des images radar ont été mis au point. L'équipe, composée de chercheurs et informaticiens canadiens et américains, est maintenant à mettre au point des outils analytiques qui permettront de calibrer et valider le modèle de vol à partir d'images radar et de réseaux de pièges. Parmi les produits les plus prometteurs que peut désormais livrer le modèle de vol, figurent des cartes de déposition totales annuelles des œufs par les migrants (Fig. 7).

Landscape level impacts of EIS on SBW, other herbivores and associated natural enemies

V. Martel¹, R. Johns², E. Eveleigh², K. McCann³, D. Pureswaran¹, Z. Sylvain², A. Morrison⁴, B. Morin², E. Owens⁴, C. Hébert¹

¹ CFS-LFC, 1055 du PEPS, PO Box 10380, Stn Ste-Foy, Québec, QC, G1V 4C7

² CFS-AFC, 1350 Regent St., Fredericton, NB, E3B 5P7

³ University of Guelph

⁴ Forest Protection Ltd

Abstract

We report on results from the final year of our research project aimed at addressing three key questions underlying the Early Intervention Strategy: (1) Does treatment cause enough additive mortality (i.e., mortality in addition to what would otherwise occur naturally) to cause populations to decline? (2) Does mass moth migration offset the efficacy of treatments? (3) Do treatments cause unintended effects on non-target caterpillars and natural enemies. In 2017, preliminary results suggest that treatments caused ~20% additive mortality across the range of densities studied. Moreover, intergenerational population growth rates (based on L2 larval collections in 2016 and 2017), indicated that treatments cause mild to significant budworm declines, whereas in untreated sites budworm densities generally increased. Our results also indicated that treating sites relatively early (~L4.5) yielded higher efficacy than treating late (~L6). Validation of molecular approaches to identify parasitoids in frozen larvae remains underway.

Résumé

Ce rapport présente les résultats de la dernière année de notre projet de recherche visant à répondre à trois grandes questions dans le développement du cadre de travail de la Stratégie d'intervention hâtive : (i) Les traitements causent-ils suffisamment de mortalité additionnelle (c.-à-d., de la mortalité en plus de ce qui se produirait naturellement) pour causer le déclin des populations? (ii) La migration de masse des papillons empêche-t-elle l'efficacité des traitements? (iii) Les traitements amènent-ils des effets non voulus sur les chenilles non-ciblées et sur les ennemis naturels?. En 2017, les résultats préliminaires suggèrent que les traitements ont causé ~20% de mortalité additionnelle dans la gamme des densités testées. De plus, les taux de croissance intergénérationnelles des populations (basés sur les collections de L2 en 2016 et 2017) indiquent que les traitements ont causé un déclin des tordeuses de faible à significatif, alors que les densités de tordeuses des sites non-traités ont généralement augmentés. Nos résultats indiquent que traiter les sites relativement tôt (~L4.5) amène une plus grande efficacité que de traiter les sites tard (~L6). La validation de la détection et de l'identification des parasitoïdes par biologie moléculaire dans les larves congelées est toujours en cours.

Innovative DNA-based diagnostic for SBW, its natural enemies and other conifer-feeding species

M. Alex Smith¹, Eldon Eveleigh²

¹Department of Integrative Biology - University of Guelph, ON

²Canadian Forest Service – Atlantic Forestry Center, Fredericton, NB

Abstract

In an original approach for DNA-base identification of insect predators of spruce budworm (SBW) *Choristoneura fumiferana* in Quebec and New Brunswick, we developed a TaqMan qPCR assay to detect and identify parasitoids in SBW larvae. The strategy proposed is largely inspired by the paper by Stewart et al. PlosOne 2016, and consists in using a qPCR approach requiring specific primers designed to enable discrimination among species. In the first step of the assay, we answer the questions: (i) Is this SBW parasitized? And (ii), if so, is the parasitoid a Diptera or a Hymenoptera? In subsequent steps, the assay will provide more information on the family or the actual species detected.

The 28S rRNA sequence share greater similarity among insect orders than the COI barcode while allowing discrimination between Diptera and Hymenoptera. Thus, we successfully designed a first set of specific primers in the 28S rRNA, which allowed DNA quantification of parasitoid DNA and *Hymenoptera* and *Diptera* specific TaqMan assay. Comparative sequences analysis for the different parasitoid species will help us design new specific primer strategies for subsequent steps.

Résumé

Dans une approche originale, nous avons développé une méthode d'essai qPCR TaqMan pour identifier les parasitoïdes impliqués dans le parasitisme de la tordeuse de bourgeons d'épinette (TBE) *Choristoneura fumiferana*, au Québec et au Nouveau Brunswick. La stratégie proposée largement inspirée de celle décrite dans l'article de Stewart et al. PlosOne 2016 consiste à utiliser des amorces de qPCR spécifiques pour permettre la distinction entre les espèces. Dans une première étape de l'essai, nous répondons à la question: (i) Est-ce que la TBE est parasitée ? et (ii) si oui, le parasitoïde est-il un diptère ou un hyménoptère? Dans des étapes suivantes, l'essai fournira des informations complémentaires sur la famille ou l'espèce particulière détectée.

La séquence de l'ARNr 28S partage une meilleure homologie entre les ordres des espèces ciblées, que la séquence du COI, permettant ainsi de distinguer les diptères des hyménoptères. Nous avons produit un premier ensemble d'amorces dans le 28S qui permet de quantifier l'ADN des parasitoïdes et de discriminer diptère et hyménoptère dans un essai TaqMan spécifique. L'analyse comparative des séquences COI et 28S des différentes espèces parasitoïdes permettra de développer d'autres amorces spécifiques pour les étapes subséquentes.

Early Intervention Strategies to Suppress a Spruce Budworm Outbreak: Aerial Application of Pesticides Including Pheromones

Peter Amirault, Luke Amos-Binks and Andrew Morrison

Forest Protection Limited, Lincoln, NB, E3B 7E6, Canada

Abstract

This was the final season for the four-year project. Once again, the area treated for the control of spruce budworm in Northern New Brunswick increased. This was consistent with projections in the original project proposal. The authors have attempted to give the readers a vision of the complexities involved in planning and executing a modern aerial insect control project throughout a considerable area. In meeting this objective various aspects of the planning, obtaining authorizations, abiding by permit requirements, and the extent of resources required are outlined. Many organizations and individuals played a role in meeting the project timelines documented and their contributions are noted in the report.

In 2017, larvicide applications targeted late-instar spruce budworm larvae from three bases of operation (Charlo, Boston Brook and Miramichi). Some 147 230 hectares received a single application of *Bacillus thuringiensis* or Tebufenozide products. These applications were conducted during a span of 18 days in the latter half of June. There were no pheromone applications during 2017.

Résumé

Il s'agissait de la dernière saison d'un projet de quatre ans. Encore une fois, on a agrandi la zone traitée contre la tordeuse des bourgeons de l'épinette dans le nord du Nouveau-Brunswick, ce qui concorde avec les projections de la proposition de projet originale. Les auteurs ont tenté de donner aux lecteurs une idée des complexités qu'impliquent la planification et l'exécution d'un projet aérien de lutte antiparasitaire moderne sur une grande superficie. Pour ce faire, les auteurs décrivent divers aspects touchant la planification, l'obtention des autorisations, le respect des exigences des permis et l'ampleur des ressources nécessaires. Un grand nombre d'organismes et de personnes ont joué un rôle dans le respect de l'échéancier établi du projet, et leur apport est souligné dans le rapport.

En 2017, des applications de larvicides lancées à partir trois bases opérationnelles (Charlo, Boston Brook et Miramichi) ont ciblé des larves du dernier stade de la tordeuse des bourgeons de l'épinette. Environ 147 230 hectares ont reçu une seule application de *Bacillus thuringiensis* ou de tébufénozide. L'application des produits s'est déroulée sur une période de 18 jours durant la deuxième moitié de juin. Aucune application de phéromones n'a eu lieu en 2017.

**Epicentre formation and dispersal behavior of adult spruce budworm in eastern Canada:
Implications for the rise and spread of outbreaks and Early Intervention Strategy**
(ACOA RD100 2.2.5)

Deepa Pureswaran (LFC)¹, Rob Johns (AFC)

¹ Address: CFS-LFC. 1055, rue du PEPS, Quebec City, QC (418) 648-7532

Team members. *Stephane Bourassa (LFC), Louis De Grandpré (LFC), Drew Carleton (FPL), Eric Moise (AFC), Zach Sylvain (AFC)*

Collaborators. *Dan Kneeshaw (UQAM), Patrick James (Université de Montréal), Yan Boulanger (LFC)*

Abstract

This project addresses the role of moth dispersal in the context of early intervention to combat spruce budworm. Although the dispersal of spruce budworm moths has been the subject of extensive study and discussion for more than 50 years, many questions remain unanswered regarding the role of dispersal in driving the rise and spread of outbreaks. Results provide evidence of long-distance dispersal of spruce budworm moths from Quebec to southern New Brunswick. Evidence also indicates, however, that occurrence of dispersal events do not necessarily translate into increased population growth in areas inundated by moths. Stands that are potential sources of moths are characterised by high cumulative defoliation, position in the landscape and phenological match in moth flight with sinks. Source sites emit moths with low body weight and large wing area. Processing remains underway to assess regional differences in genetic markers, which together should help to identify the original sources of captured moths. Analyses of radar imagery can measure large-scale spatial patterns of moth movement on clear nights. We also have significant regional expansion of Citizen Science moth sampling to include all of the eastern provinces and Maine, USA.
RD100 2.2.5).

Résumé

Ce projet évalue le rôle de la migration des papillons dans le contexte d'intervention hâtive pour combattre la tordeuse des bourgeons d'épinette. La dispersion de la tordeuse est le sujet d'étude pendant plus que 50 ans, mais il nous reste encore plusieurs questions à répondre par rapport au rôle du vol long distance dans l'augmentation est dispersion des épidémies. Les résultats de l'étude fournis l'évidence qu'il y a des dispersions des papillons du Quebec au sud du Nouveau Brunswick. Il y a l'évidence aussi que l'immigration des papillons nécessite pas l'augmentation de la population de la tordeuse. Les placettes sources des papillons sont caractérisées par un haut niveau de défoliation sévère, leurs positions dans le paysage, et les périodes de vol des papillons qui rapprochent les puits. Les placettes source produisent des papillons avec un poids bas et une surface d'ailes plus haut. Nous sommes en train d'analyser des données avec des marqueurs génétiques afin d'identifier les populations sources des immigrants. Nous analysons aussi des images radar afin de mesurer le moment et l'endroit de ce phénomène. Dans les prochaines années, il y aura des échantillonnages aussi dans toutes les provinces dans l'est du Canada et dans le Maine aux États-Unis.

Identification of Male Hairpencil Pheromone Components in *Choristoneura fumiferana* Clemens (Lepidoptera: Tortricidae): Chemistry and function.

P.J. Silk¹, E.S. Eveleigh¹, L.E. Roscoe¹, M. Brophy²

¹ Natural Resources Canada, Canadian Forest Service - Atlantic Forestry Centre, PO Box 4000, Fredericton, NB, E3B 5P7, Canada; Phone: 506-451-6084;

² Forest Protection Limited, c/o Natural Resources Canada, Canadian Forest Service - Atlantic Forestry Centre, P.O. Box 4000, 1350 Regent Street, Fredericton, New Brunswick, E3B 5P7 Canada

Abstract

Pheromones are essential mediators of numerous insect behaviors and processes. In Lepidoptera, male pheromones fulfill essential roles in the mating sequence, such as location of the male, induction of acquiescence in the female, and advertisement of male quality. These compounds can also act upon competing males, either through disrupting their location of females interacting with a primary male, or by indicating the status of previously mated females. Recently, the importance of male pheromones in *Choristoneura fumiferana* (Clemens) (Lep.: Tortricidae) to mating success was confirmed; however, both their specific role and the behaviorally important components were unknown. Electroantennogram detection identified two compounds within in the blend, nonanal (9:Ald) and decanal (10:Ald) that elicited strong dose-dependent antennal responses in the antenna of both males and females. Observations from bioassays showed that females marked with nonanal mated significantly less than females marked with either a solvent or decanal. Additionally, mass spectrographic analyses showed that spermatophores removed from mated females contained nonanal. Proportions of males wing fanning and locating a pheromone source containing nonanal were significantly less than pheromone alone and with other male pheromone components. Interestingly, 9:Ald was also found in quantities on adult females that were similar to those on males. Our findings suggest that nonanal is used by primary males to both disrupt female location by secondary males, and to 'mark' females during mating so that the possibility of extra copulations with other males is reduced.

Resumé

Les phéromones sont des médiateurs chimiques qui jouent un rôle essentiel dans le comportement et les processus de nombreux insectes. Chez les Lépidoptères, les phéromones mâles ont des rôles essentiels dans la séquence de l'accouplement, notamment pour la localisation du mâle, l'induction de l'acceptation chez la femelle et l'étalage des qualités du mâle. De plus, ces composés peuvent avoir une incidence sur les mâles concurrents, en perturbant la localisation des femelles interagissant avec un premier mâle ou en agissant comme indicateur de l'état accouplé des femelles. Récemment, l'importance des phéromones mâles pour le succès de l'accouplement a été confirmée chez le *Choristoneura fumiferana* (Clemens) (Lep.: Tortricidae); cependant, le rôle précis des phéromones et leurs composantes importantes sur le plan comportemental étaient inconnus. Un électroantennogramme a permis de déterminer que deux composés du mélange, le nonanal (9:Ald) et le décanal (10:Ald), induisent de fortes réactions antennaires liées à la dose chez les mâles et les femelles. Dans le cadre d'épreuves biologiques, il a été observé que le taux d'accouplement était considérablement moins élevé chez

les femelles marquées au nonanal que chez les femelles marquées par un solvant ou marquées au décanal. De plus, des analyses spectrographiques de masse ont révélé que les spermatophores prélevés chez les femelles accouplées contenaient du nonanal. Les proportions de mâles battant des ailes et localisant la source de phéromone étaient considérablement inférieures dans le cas où cette source contenait du nonanal que dans le cas où elle contenait uniquement la phéromone ou contenait d'autres composantes de la phéromone mâle. Fait intéressant, le 9:Ald a été détecté chez les femelles adultes en quantités semblables à celles observées chez les mâles. Nos résultats donnent à penser que le nonanal est principalement utilisé par les mâles pour perturber le repérage des femelles par les mâles secondaires et pour « marquer » les femelles durant l'accouplement, de façon à réduire les possibilités de copulation avec d'autres mâles.

Evaluating endophyte application strategies

Greg Adams^{1,4}, David Miller², Pamela Nicks³ Andrew McCartney³

¹ J.D. Irving, Limited, 181 Aiton Road, Sussex East, NB, E4G 2V5

² Ottawa-Carleton Institute of Chemistry, Carleton University, Ottawa, ON, K1S 5B6

³ Maritime Innovation Limited, 181 Aiton Road, Sussex East, NB, E4G 2V5

⁴ Corresponding author: adams.greg@jdirving.com; phone: 506-432-2844

Abstract

Our research over the past several years has focused on endophytes, fungi that result in symptomless infections in the needles of conifer trees that improve fitness. Over the past three decades we have identified multiple populations of endophytes that produce secondary metabolites that reduce the growth of pests, namely spruce budworm (*Choristoneura fumiferana*), white pine blister rust (*Cronartium ribicola*) and *Dothistroma septosporum*. We have further developed applications whereby cultures of endophytic fungi are applied to nursery seedling stock to improve tree tolerance to these insect and disease pests. Long-term field studies have demonstrated the persistence and spread of endophytes in inoculated trees and their presence causes reduced budworm survival and defoliation.

Needle endophytes isolated from white pine were shown to produce potently antifungal compounds including the known antifungals pyrenophorol and griseofulvin. In infected needles, these compounds are present in concentrations shown to be toxic to white pine blister rust and related rust fungi in *in vitro* assays. Field experiments to test the efficacy of these selected white pine endophytes are underway. Research during the past few years of the SERG-I project has focused on conducting research on endophyte application strategies to evaluate the inoculation efficiency of seedlings after treatment with endophyte mixtures.

At present, endophyte cultures are applied to seedlings as individual strains but mixtures of diverse species may be desirable, both from the standpoint of diversity and also to address seeding genotype X fungal strain interactions which may be present. This might increase the percentage of seedlings inoculated with true endophytes. However, little is known about how individual strains interact in the context of other, potentially antagonistic, fungal species. To better understand these interactions, we treated 1000 red spruce, white spruce and white pine seedlings with endophyte mixtures. Samples were collected and are currently being analyzed by qPCR methods to determine the percent inoculation of seedlings and the identity of the endophyte strain(s). Early results indicate that one strain appears to dominate over other strains in the white spruce and white pine treatments and two strains co-dominate in the red spruce treatments. There also appears to be no difference between mixture and serial application strategies. The results will be used to support decisions regarding the future deployment of endophytes in large scale applications.

Résumé

Depuis quelques années, notre recherche porte sur une catégorie de champignons endophytes qui habitent à l'intérieur des aiguilles de conifères, formant des associations mutualistes avec leurs hôtes. Nous avons identifié parmi ceux-ci des souches de champignons endophytes qui produisent des métabolites secondaires se comportant de manière antagoniste avec certains ravageurs forestiers, dont la tordeuse des bourgeons de l'épinette (*Choristoneura*

fumiferana), la rouille vésiculeuse du pin blanc (*Cronartium ribicola*) et *Dothistroma septosporum*. Nous avons perfectionné des applications pour ajouter des champignons endophytes à des semis de pépinière afin d'améliorer la tolérance des arbres à ces maladies et insectes nuisibles. Des études de longue durée sur le terrain ont montré la persistance et la propagation des endophytes dans les arbres inoculés et aussi que la présence de ces endophytes réduit la survie de la tordeuse et la défoliation. De plus, les expériences en laboratoire utilisant des extraits antifongiques prélevés sur le pin blanc ont montré que ceux-ci étaient toxiques pour le champignon de la rouille vésiculeuse du pin blanc et d'autres champignons qui causent la rouille dans des essais in vitro. Des expériences sur le terrain sont en cours pour vérifier l'efficacité de ces endophytes du pin blanc. La recherche menée au cours des dernières années dans le cadre du projet SERG-I a consisté à faire des travaux de recherche sur les stratégies qui utilisent l'application d'endophytes pour évaluer l'efficacité de l'inoculation des semis suivant leur traitement avec des mélanges d'endophytes. À l'heure actuelle, on applique sur les semis des souches individuelles de cultures endophytes, mais il est peut-être souhaitable d'appliquer des mélanges de plusieurs espèces, aussi bien du point de vue de la diversité que pour prendre en compte la possibilité d'interactions de souches fongiques de génotype X des semis (augmentant ainsi le pourcentage de semis inoculés avec des endophytes utiles). Toutefois, on en connaît très peu sur l'interaction des souches individuelles en présence d'autres espèces fongiques potentiellement antagoniques. Pour mieux comprendre ces interactions, nous avons traité avec des mélanges d'endophytes 1000 semis d'épinette rouge, d'épinette blanche et de pin blanc. Des échantillons ont été prélevés, et leur analyse est en cours au moyen de méthodes de PCR quantitative pour déterminer le pourcentage d'inoculation des semis et identifier les souches d'endophytes. Les premiers résultats montrent qu'une souche semble dominer sur les autres dans le traitement de l'épinette blanche et du pin blanc et deux souches co-dominent pour l'épinette rouge. De plus, il ne semble y avoir aucune différence, peu importe le mélange ou les stratégies d'application en série. Les résultats de l'analyse serviront à appuyer les décisions concernant le déploiement futur d'endophytes dans des applications à grande échelle.

Early intervention strategies against spruce budworm: modeling and DSS analyses in 2017

David A. MacLean¹, Jeremy Gullison², Chris Hennigar^{1,2}, Bo Zhang¹, Drew Carleton²

¹ Faculty of Forestry and Environmental Management, University of New Brunswick

² NB Dept. of Energy and Resource Development, Fredericton, NB

Abstract

Study 2.2.8 of the Early Intervention Strategies (EIS) against spruce budworm (SBW) project includes modelling and DSS/economic analyses, determining the mechanism of hardwood effects in reducing defoliation, and developing methods to remotely sense defoliation. PhD student Bo Zhang completed analysis of 5 years of SBW defoliation in 27 plots representing a gradient of hardwoods in balsam fir-hardwood stands near Amqui, Quebec. Average defoliation severity in softwood stands and percent hardwood content were the two most important predictor variables in predicting balsam fir defoliation caused by SBW, with 38% and 15% increase in mean square error, respectively. Excluding average defoliation severity in softwood stands as a predictor variable decreased the accuracy of prediction of fir defoliation. Methods to optimize operational blocking in insecticide spray programs, linked to the Spruce Budworm Decision Support System (DSS), were refined and used to prioritize the planned 2018 SBW EIS spray program. Study of remote sensing technology to assess SBW defoliation were continued by MScF student Shawn Donovan, including testing Hyperion satellite imagery and ground-based hemi-spherical canopy photographs to measure changes in leaf-area index and canopy gap fraction with defoliation. Study of economic analyses of EIS against SBW was continued by MSc student Eric Liu.

Résumé

L'étude 2.2.8 du projet de stratégies d'intervention précoce contre la tordeuse des bourgeons de l'épinette (TBE) comprend la modélisation et des analyses de SSD/économiques pour déterminer le mécanisme des effets des feuillus dans la réduction de la défoliation et mettre au point des méthodes permettant de détecter la défoliation à distance. L'étudiant au doctorat Bo Zhang a analysé cinq années de données sur la défoliation par la TBE dans 27 parcelles représentant un gradient de feuillus dans des peuplements de sapins baumiers-feuillus près d'Amqui, au Québec. La gravité moyenne de la défoliation dans les peuplements de résineux et le contenu de feuillus en pourcentage ont été les deux plus importantes variables de prédiction de la défoliation du sapin baumier causée par la TBE, avec des hausses respectives de 38 % et de 15 % de l'erreur quadratique moyenne. Le fait d'exclure la gravité moyenne de la défoliation dans les peuplements de résineux comme variable de prédiction a réduit la précision de la prédiction de défoliation chez le sapin. Les méthodes pour optimiser les parcelles opérationnelles des programmes de pulvérisation d'insecticides avec un système de soutien à la décision (SSD) de la TBE ont été raffinées puis ont servi à établir les priorités du programme de pulvérisation pour la stratégie d'intervention précoce contre la TBE de 2018. Shawn Donovan, étudiant à la maîtrise en sciences de l'environnement, poursuit l'étude de technologies de détection à distance pour évaluer la défoliation par la TBE, y compris l'utilisation d'images satellitaires d'Hyperion et de photographies hémisphériques du couvert forestier à partir du sol pour mesurer les changements dans l'indice de surface foliaire et la fraction de trous du couvert forestier présentant une

défoliation. Eric Liu, étudiant à la maîtrise, a poursuivi l'étude des analyses économiques des stratégies d'intervention précoce contre la TBE.

Validation of a spruce budworm phenology model across environmental and genetic gradients: applications for budworm control and climate change predictions

Jean-Noël Candau, Ashlyn Wardlaw, Kerry Perrault, Amanda Roe, Emilie Vaillancourt, John Dedes, Kala Studens, and Chris MacQuarrie

Canadian Forest Service, Great Lakes Forestry Centre, Sault Ste Marie, P6A 2E5, Ontario.

Abstract

This report presents the results of an ongoing investigation of the variability of spruce budworm development rates over its geographic distribution. The first phase of the study consisted in rearing laboratory colonies from the IPQL in SSM at 7 constant temperatures (i.e. 5-35°C). This allowed us to develop and test rearing protocols. It also provided an opportunity to assess the phenology of laboratory colonies that have been kept in isolation from wild populations for many generations against Biosim's predictions. Our results indicate that the model fits very well the phenology of the laboratory colonies over the 15-25°C range. For lower and higher temperatures (5-10°C and 30-35°C, respectively), the model tends to overestimate development rates.

In 2017, we successfully completed the second phase of the project that consisted in establishing colonies from wild budworm populations sampled in 5 locations across its geographic distribution, from Inuvik to Northern Quebec. A trend analysis of budworm simulated phenology at these 5 locations for the period 1998-2017 reveals a trend towards a faster overall larval development (L2-L6) statistically significant in Inuvik (NWT) and almost significant in High Level (AB). The samples collected in these locations were reared through to the next generation to provide enough individuals in each colony to run 7 temperature experiments. Preliminary results for the Ontario colony reared at 30°C and 35°C are similar to what was observed with the IPQL colonies, i.e. the current phenology model tend to overestimate the development rate at these temperatures. Other temperature treatments for Ontario and Quebec are ongoing while the other colonies have not yet completed their obligatory diapause.

Résumé

Ce rapport présente les résultats de travaux de recherche en cours sur la variabilité du taux de développement de la tordeuse des bourgeons de l'épinette à travers son aire de distribution. La première phase de cette étude consistait à élever des colonies du Service de Production d'Insectes de SSM à 7 températures constantes (i.e. 5-35°C). Ceci nous a permis de développer et tester les protocoles d'élevages qui seront utilisés par la suite. Cela nous a aussi donné la possibilité de comparer la phénologie de colonies isolées des populations sauvages depuis de nombreuses générations avec les prédictions du modèle Biosim. Nos résultats indiquent que le modèle est bien ajusté à la phénologie des populations de laboratoire pour des températures comprises entre 15-25°C. Pour les températures plus basses ou plus hautes (5-10°C et 30-35°C, respectivement), le modèle surestime le taux de développement.

En 2017, nous avons complété avec succès la deuxième phase du projet qui consistait à établir des colonies à partir de populations sauvages échantillonnées dans 5 endroits répartis à travers l'aire de distribution de la tordeuse, depuis Inuvik jusqu'au nord du Québec. Une analyse

de tendance des estimations de phénologie de la tordeuse pour les endroits échantillonnés durant la période 1998-2017 révèle une tendance vers un développement larvaire total (L2-L6) plus rapide statistiquement significatif pour Inuvik (NWT) et pratiquement significatif pour High Level (AB). Les échantillons prélevés dans les 5 endroits ont été élevés jusqu'à la génération suivante de façon à assurer assez d'individus dans chaque colonie pour réaliser 7 traitements à différentes températures. Les résultats préliminaires obtenus sur la colonie de l'Ontario à 30°C et 35 °C sont similaires aux résultats obtenus avec les colonies du Service de Production d'Insectes, i.e. le modèle de développement larvaire de la tordeuse surestime le taux de développement à ces températures. Le reste des traitements pour la colonie de l'Ontario et les traitements pour la colonie du Québec sont

Understanding overwintering survival as a component of pest management strategies for spruce budworm

*Joe Bowden*¹, *Eric Moise (contact person)*¹, *Michael Stastny*²

¹ Atlantic Forestry Centre – Corner Brook, 26 University Drive, Corner Brook, Newfoundland and Labrador, A2H 6J3

² Atlantic Forestry Centre – Fredericton

Collaborators:

Lauren Stead, UNB/NRCan-CFS (AFC)

Dr. Rob Johns, NRCan-CFS (AFC)

Dr. Véronique Martel, NRCan-CFS (LFC)

Abstract

The Early Intervention Strategy aims to mitigate the current spruce budworm outbreak by treating rising population “hotspots” to limit spread via moth migration. Identifying these hotspots relies on fall forecasts of second instar (L2) spruce budworm densities, a process that assumes overwintering mortality is equal across all sample sites. However, this ignores the potential for biotic and abiotic influences. This project aims to quantify how overwintering mortality varies with tree-level differences in the quality of overwintering sites (e.g. host species, crown position, substrate for L2 hibernacula), as well as stand (composition, age) and landscape-level factors (elevation, latitude). Initial results for tree-level effects suggests that both overwintering mortality and parasitism are greater in balsam fir than in black spruce. To further quantify the role of stand- and landscape-level factors, environmental gradients have been established in New Brunswick (elevation, latitude) and Newfoundland (elevation), with initial results anticipated for Spring 2018. Ultimately, this data will help 1) determine if sampling logistics affect the accuracy of L2 monitoring due to intra-tree variation in the strength of different mortality factors, and 2) identify stand conditions that compromise larval survival, thereby delineating low-risk sites for SBW outbreaks, and leading to a reduction in the size or number of necessary treatment blocks.

Résumé

La stratégie d'intervention précoce vise à atténuer l'infestation en cours de la tordeuse des bourgeons de l'épinette en traitant les « points chauds », où les populations sont en croissance, dans le but de limiter la propagation via la migration des papillons. Le repérage de ces points chauds dépend des prévisions automnales des densités de stade larvaire L2 de la tordeuse des bourgeons de l'épinette, processus qui suppose une mortalité hivernale égale dans tous les sites d'échantillonnage. Or, ce processus ne tient pas compte d'éventuelles influences biotiques et abiotiques. Ce projet examine la mesure dans laquelle la mortalité hivernale varie selon les différences au niveau des arbres dans la qualité des zones d'hivernage (p. ex. : espèces hôtes, position de la couronne, substrat pour l'hibernacle de L2) et des peuplements (composition, âge), ainsi que les facteurs au niveau du paysage (élévation, latitude). Les résultats initiaux concernant les effets au niveau des arbres semblent indiquer qu'aussi bien la mortalité

hivernale que le parasitisme sont plus élevés chez le sapin baumier que chez l'épinette noire. Pour quantifier plus en détail le rôle des facteurs au niveau du peuplement et du paysage, des gradients environnementaux ont été établis pour le Nouveau-Brunswick (élévation, latitude) et Terre-Neuve (élévation); les premiers résultats sont attendus au printemps 2018. Au bout du compte, ces données contribueront : 1) à déterminer si la logistique de l'échantillonnage a des effets sur l'exactitude du relevé L2 dus à la variation de la force de différents facteurs de mortalité d'un arbre à l'autre, et 2) à déterminer les conditions d'un peuplement qui compromettent la survie des larves, ce qui permettrait de délimiter les zones à faible risque de connaître une infestation de TBE et de réduire la taille et le nombre de parcelles qu'il est nécessaire de traiter.

Using landscape-level forest management to reduce the intensity of spruce budworm outbreaks

*Dan Kneeshaw¹, Louis De Grandpré², Deepa Pureswara², Dave MacLean³, Brian Sturtevant⁴,
Laura Kenefic⁴, Patrick James⁵, Steven Kembel¹*

¹ (principal investigator). Université du Québec à Montréal

² CFS-LFC

³ UNB

⁴ USDA Forest Service

⁵ Université de Montréal

Collaborators

Mathieu Bouchard, MFFP-QC; Loic D'Orangeville UQAM, Louis-Etienne Robert, UQAM and Malcolm Itter (Michigan State University) and Andria Dawson (Mount Royal University)

Abstract

Recent studies have suggested that large-scale effects of forest management on landscape structure have influenced the severity and duration of insect outbreaks as well as future composition. However, the risk of mortality i.e. the severity of an outbreak will also be influenced by other global changes particularly climate warming. The objectives of this project were to evaluate landscape-level effects of forest management on spruce budworm (SBW) outbreak severity and duration for balsam fir and black spruce, to evaluate whether forest composition responds similarly to SBW outbreaks and to logging and to how climate change may be impacting mortality risk through interactions between moisture stress and defoliation. We also evaluated biotic effects of microbial communities on SBW health with the goal of pursuing this at the landscape scale next year. Our results show that SBW and harvesting lead to different outcomes in terms of composition. We further show that large blocks of spruce are little vulnerable to SBW and could be a good strategy to reduce forest vulnerability but that although they are not vulnerable to SBW they are to forest operations. Climate change, risk in terms of negative feedbacks between moisture stress and defoliation were only weakly observed and unless exacerbated may not be a major issue. Similarly, lab experiments do not yet lend much support for the role of microbe communities on SBW health. These results suggest that forest management may have unintended consequences on forest vulnerability to SBW outbreaks, that a concerted effort will be required to reduce fir and increase spruce during forest management. Climate change over the last 30-40 years is not a compounding factor across much of the SBW range although this should be verified for future scenarios. Thus we may be our own worst enemy due to large landscape level changes in forest contiguity and composition.

Résumé

Des recherches récentes suggèrent que les effets à grande échelle de l'aménagement forestier sur la structure du paysage ont influencé la sévérité et la durée des épidémies d'insectes ainsi que la composition forestière future. Cependant le risque de mortalité est aussi influencé par d'autres changements globaux dont principalement le réchauffement climatique. Les objectifs de ce projet étaient d'évaluer, à l'échelle du paysage, les effets de l'aménagement forestier sur la sévérité et la durée des épidémies de la tordeuse des bourgeons de l'épinette (TBE) pour le sapin baumier et

l'épinette noire, d'évaluer si la composition forestière répond similairement aux épidémies de la TBE et des coupes forestières; et d'évaluer les pertes de croissance causées par la TBE est exacerbée par les stress hydriques. Nos résultats montrent que la composition forestière est différente après épidémie et après coupe forestière. De plus, nous montrons que les massifs d'épinette sont peu vulnérables à la TBE, et donc de maintenir ou d'augmenter leur proportion peut être une bonne stratégie de lutte contre la TBE bien qu'ils soient davantage prisés par les forestiers. Le changement climatique, en termes de sécheresses n'ont pas empiré les pertes de croissance due aux épidémies d'insectes (livrée de forêt ou tordeuse des bourgeons d'épinette). Ces résultats suggèrent que l'aménagement forestier pourrait avoir des conséquences indésirables sur la vulnérabilité des forêts face aux épidémies de TBE et qu'un effort accru sera nécessaire pour réduire le sapin et augmenter l'épinette durant les activités d'aménagement forestier. Les sécheresses des derniers 30-40 ans n'augmentent pas les pertes de croissance suite aux épidémies d'insectes. Les résultats préliminaires, en laboratoire, ne montre pas non plus un effet des microbes sur la santé de la TBE, il faut donc valider ces résultats avec les études sur le terrain. Nous devons faire attention à nos interventions forestières à grande échelle car celles-ci semblent être une plus grande source de risque que les changements climatiques.

Numerical descriptors of spruce budworm immigration on the west coast of Newfoundland

Marc Rhainds^{1*}, *Dan Lavigne*² and *Troy Rideout*²

¹ Natural Resources Canada, Canadian Forest Service - AFC, P.O. Box 4000, Fredericton, New Brunswick, E3B 5P7. * Corresponding author: marc.rhainds@canada.ca

² Ministry of Natural Resources, Government of Newfoundland and Labrador, Herald Towers, P.O. Box 2006, Corner Brook, Newfoundland

Abstract

A simple mathematical tool is proposed to detect the incidence and intensity of budworm immigration on the west coast of Newfoundland, based on variables related to the statistical mode of abundance (nights with highest number of budworms) as derived with captures at light traps. An abductive approach is privileged (inference to the best explanation, or “I know it when I see it”) to pinpoint instances where immigrations provide the simplest and most logical explanation about a given frequency distribution of budworm abundance. This report illustrates a likely immigration event that took place on 26 – 27 July 2017, and for which post-migration survival of budworms resulted in 3-d clusters of high adult abundance.

Résumé

Une approche mathématique est développée afin d’identifier l’incidence et intensité de mouvements migratoires de la tordeuse sur la côte ouest de Terre-Neuve; l’approche est basée sur des paramètres associés au mode statistique d’abondance (nuits avec des nombres élevées de tordeuses) et dérivés à l’aide de captures dans les pièges lumineux. Les données sont analysées sur une base abductive (inférence à l’explication la plus probante, ou “Je reconnais un phénomène quand je le vois”) pour identifier des cas d’espèce pour lesquels l’immigration procure l’explication la plus simple et logique à une distribution spécifique d’abondance. Dans ce rapport, nous évaluons les attributs numériques d’un mouvement migratoire dans la nuit du 26 au 27 Juillet 2017, pour lequel la survie post-migratoire des tordeuses est liée à une période résiduelle de 3 jours avec des captures élevées dans les pièges lumineux.

Measuring the active space of a spruce budworm pheromone trap: bridging the gap between chemical ecology and estimates of absolute population density

C J K MacQuarrie¹, J D Allison¹, M C Boucher², R Johns³, D Pureswaran⁴

- 1) NRCan Canadian Forest Service, Great Lakes Forestry Centre, Sault Ste. Marie, Ontario.
- 2) Department of Chemistry/Forestry and Agricultural Biotechnology Institute, University of Pretoria, Pretoria, South Africa.
- 3) NRCan Canadian Forest Service, Atlantic Forestry Centre, Fredericton, New Brunswick.
- 4) NRCan Canadian Forest Service, Laurentian Forestry Centre, Ste Foy, Quebec.

Abstract

This report presents the results from experiments to determine the relationship between number of spruce budworm (SBW) moths caught in pheromone-baited traps, and the absolute number of moths present in a stand. In 2017 we quantified the relationship between when a moth responds to the pheromone plume emitted by a trap and the distance at which the response occurs using a walking bioassay in a large wind tunnel. We obtained lab-reared male SBW pupae from the insect production facility in Sault Ste. Marie, emerged them under two light-dark regimes, placed them in small wire-mesh cages and then exposed them to a pheromone plume. We then observed the wing fanning behaviour of the moths in the cages as an indication of a positive response to the pheromone. These experiments were repeated at different times of day and with different concentrations of pheromone. We found that the probability of response was less than 0.5 at all distances > 10 m regardless of the pheromone concentration or time of day. However, the probability of positive response at a given distance from a trap increased with higher concentrations of pheromone. These responses were also mediated by temperature, with lower probability of response (or no response) found when experiments were run in the evening (when it was cooler) than during the late afternoon. Previous experiments in this study have suggested the sampling radius of traps is small and that the plume structure emerging from the trap is complex. These data add to these earlier findings to suggest that SBW moths only begin to exhibit a positive response to the trap when they are in relatively close proximity to it.

Résumé

Le rapport présente les résultats d'expériences visant à déterminer le rapport entre le nombre de papillons de la tordeuse des bourgeons de l'épinette (TBE) capturés dans des pièges appâtés aux phéromones et le nombre absolu de papillons présents dans un peuplement. En 2017, nous avons quantifié le rapport entre le moment où un papillon réagit au panache de phéromone émis par un piège et la distance à laquelle la réaction se produisait à l'aide d'un essai biologique de marche dans un grand tunnel aérodynamique. Nous avons obtenu des nymphes mâles de la TBE élevées en laboratoire aux installations de production d'insectes de Sault Ste. Marie, les avons fait émerger sous deux modes de lumière-obscurité, placé dans de petites cages en treillis métallique puis exposé à un panache de phéromone. Nous avons ensuite observé le comportement des ailes des papillons dans les cages, leur déploiement était une indication de réaction positive à la phéromone. Ces expériences ont été répétées à différents moments de la journée et avec différentes concentrations de phéromone. Nous avons constaté que la probabilité de réaction était de moins de 0,5 pour toutes les distances de > 10 m, peu importe la concentration de phéromone ou le moment de la journée. Cependant, la probabilité d'obtenir une

réaction positive à un piège à une distance donnée augmentait avec des concentrations plus élevées de phéromone. De plus, la température avait un effet modérateur sur les réactions, la probabilité d'une réaction (ou d'un manque de réaction) étant plus faible lors des expériences conduites le soir (lorsqu'il fait plus frais) qu'à la fin de l'après-midi. Des expériences menées antérieurement dans le cadre de cette étude avaient semblé montrer que le rayon d'échantillonnage des pièges est petit et que la structure du panache qui émerge du piège est complexe. Les nouvelles données s'ajoutent aux constatations antérieures pour laisser entendre que les papillons de la TBE commencent à manifester une réaction positive au piège seulement lorsqu'ils se trouvent relativement proches.

Optimization of trapping parameters for spruce budworm sampling

C J K MacQuarrie¹, J Allison¹, D Carleton², R. Johns³

- 1) NRCan Canadian Forest Service, Great Lakes Forestry Centre, Sault Ste. Marie, Ontario.
- 2) New Brunswick Energy and Resource Development
- 2) NRCan Canadian Forest Service, Atlantic Forestry Centre, Fredericton, New Brunswick.

Abstract

This report presents the results of lab and field experiments on the effective trapping radius of baited spruce budworm (SBW) traps, and the aging rate of SBW pheromone lures. In 2016 and 2017 we tested the correlation and effect of trap interference in trap catch using 4 x 4 trap arrays with different inter-trap spacings replicated in Ontario and New Brunswick. These data show that at intertrap spacings of > 10 m there is likely no interference between bucket traps baited with PVC flex lures. We also found that low auto correlation among trap catch at very short distances (i.e., < 5 m). This is contrary to other trapping designs where autocorrelation was found at distances of up to 30 m, and greater. This result suggests that the overall sampling radius of SBW traps is likely small. We determined the relationship between lure mass, time and temperature by aging lures under field and lab conditions. The small mass of SBW lures made determining changes in weight to be difficult, even using a sensitive balance. Lures also tended to increase in mass at times, often associated with high humidity. This suggests that the lure matrix absorbs water during the period they are deployed. If so, this means that in order to predict the aging rate of lures we would need to develop a model that both accounts for weight change in the physical structure of the lure and a component that models the loss of pheromone from the lure.

Résumé

Le rapport présente les résultats d'expériences menées en laboratoire et sur le terrain pour déterminer le rayon de piégeage efficace des pièges appâtés pour attirer la tordeuse des bourgeons de l'épinette (TBE), et le rythme auxquels vieillissent les appâts de phéromone de la TBE. En 2016 et en 2017, nous avons étudié la corrélation et l'effet de l'interférence du piège dans les prises en positionnant des pièges selon un modèle 4 x 4 avec des distances différentes entre les pièges, expérience que nous avons reproduite en Ontario et au Nouveau-Brunswick. Les données montrent qu'à des distances de > 10 m entre les pièges, il n'y a probablement pas d'interférence entre les pièges contenant des appâts flexibles en PVC. Nous avons également observé une faible autocorrélation parmi les prises de chaque piège à des distances très courtes (< 5 m). Voilà qui va à l'encontre d'autres dispositions de pièges où une autocorrélation a été observée à des distances pouvant allant jusqu'à 30 m ou plus. Un tel résultat laisse croire que le rayon d'échantillonnage global des pièges de TBE est probablement faible. Nous avons déterminé le rapport entre la masse, la durée et la température de l'appât en vieillissant les appâts sur le terrain et en laboratoire. La faible masse des appâts de TBE a fait qu'il a été difficile de déterminer les changements dans le poids, même à l'aide d'une balance très sensible. De plus, les appâts avaient parfois tendance à gonfler, par exemple quand le taux d'humidité était très élevé, ce qui fait penser que la matrice de l'appât absorbe de l'eau durant la période de déploiement. Si cela s'avère, cela signifie qu'il faudra, pour prédire le taux de vieillissement des appâts, mettre au point un modèle qui tient compte à la fois du changement de poids attribuable à la structure

physique de l'appât et de la perte de phéromone de l'appât.

Testing the efficacy of *Trichogramma minutum* in the context of an ‘Early-intervention Strategy’ against the spruce budworm using different release methods

Véronique Martel¹, Simon Trudeau¹, Rob Johns², Emily Owens², Sandy Smith³, Guy Boivin⁴

¹ Laurentian Forestry Centre, Canadian Forest Service, Natural Resources Canada, Qc;

² Atlantic Forestry Centre, Canadian Forest Service, Natural Resources Canada, NB;

³ Department of Forestry, University of Toronto, ON;

⁴ Horticultural Research and Development Centre, Agriculture and Agri-Food Canada, Qc
Industry Partners: Anatis Bioprotection; Canopée dronautique

Abstract

This report presents the second year’s results (2017) of the research project aiming to assess the efficacy of *Trichogramma* releases against SBW. In 2017, eleven blocks were set up in three areas in Quebec: seven blocks had a control, a release by card and a release by drone plots. The other four blocks had a control and a release by card plot. In each plot, branches were collected in the spring and fall to evaluate population densities using L2, and in summer for SBW egg parasitism. Moths were collected using pheromone traps from the Budworm Tracker project (<http://budwormtracker.ca>) in each region to synchronize the release with oviposition. While in 2016, results showed that egg parasitism was higher in all plots treated with cards, in 2017, the results were not as clear. The block with the lowest egg density showed a higher egg parasitism for both treated plots (cards and drones) compared to the control. However, parasitism was low in the other blocks. Several factors could have decrease the impact of our parasitoids’ releases: the cold and rainy weather, the presence of another moth species in abundance that could have come into competition with SBW eggs for parasitism, and predation by slugs.

Résumé

Ce rapport présente les données de la 2e année (2017) du projet visant à évaluer l’efficacité des lâchers de trichogrammes contre la TBE. En 2017, onze blocs ont été installés dans trois régions du Québec : sept blocs avaient un site témoin, un site avec lâchers par cartes et un site avec lâchers par drone. Les quatre autres blocs avaient un site témoin et un site avec lâchers par cartes. Dans chaque site, des branches ont été collectées au printemps et à l’automne afin d’évaluer les densités de populations à l’aide des L2, et à l’été pour les taux de parasitisme des oeufs. Les papillons étaient piégés par des pièges à phéromone du projet Pisteurs de tordeuses (<http://pisteursdetordeuses.ca/>) pour synchroniser les lâchers. Alors qu’en 2016, les résultats montraient que le parasitisme était plus élevé dans les sites traités, en 2017, les résultats étaient moins clairs. Le bloc avec la plus faible densité d’oeufs a obtenu un parasitisme plus élevé dans les sites traités (drone et tricho-cartes) que dans le témoin. Par contre, le parasitisme était bas et non concluant dans tous les autres blocs. Plusieurs facteurs semblent avoir diminué l’impact de nos traitements : la météo froide et pluvieuse, la présence d’une autre espèce de papillons abondantes qui pourrait avoir été en compétition pour le parasitisme des oeufs, et la prédation par des limaces.

Optimization of SBW pheromone application for mating disruption

C. M. Riley

Agrifor Biotechnical Services Ltd., 151 Queen Street, Fredericton, New Brunswick E3B 7J2, Canada

Abstract

A controlled-release formulation, Confound SBW, containing 95E:5Z (E,Z)-11-Tetradecenal was approved and registered in July 2017. A second project funded by the Atlantic Canada Opportunities Agency under the Atlantic Innovation Fund was approved in 2017 but not in time to procure product for field testing. Additional results from a field trial reported in 2017 are presented. Populations of second instar larvae (L2) in the area treated with Confound SBW were significantly lower than in three of the four untreated control areas. Post-treatment L2 values in the treated area decreased by 36.3% compared to pre-treatment assessments whereas corresponding values in untreated control areas increased by 242% to 461% with an average of 264%. Larval populations per square meter of branch area in the treated area ranged from 11.1% to 40.0% of values in control areas i.e. a relative reduction of 60% to 88.9% as a result of mating disruption with the unregistered Confound SBW product. The relative reduction calculated using the combined data for all four control areas was 81.3%. The treatment effects observed in 2016 did not lead to a significant reduction in the number of moths caught in pheromone traps that were deployed in the same area in 2017. This is not too surprising given that the area treated was only 100 ha. Moth populations in all study areas were greater in 2017 than in 2016.

Résumé

Une formulation à libération contrôlée, Confound SBW, contenant 95E: 5Z (E, Z) -11-tétradécénal a été approuvée et enregistrée en juillet 2017. Un deuxième projet financé par l'Agence de promotion économique du Canada atlantique dans le cadre du Fonds d'innovation de l'Atlantique a été approuvé en 2017 mais pas à temps pour se procurer le produit pour les essais sur le terrain. Des résultats supplémentaires d'une étude rapportée en 2017 sont présentés. Les populations de larves de deuxième stade larvaire (L2) dans la zone traitée avec Confound SBW étaient significativement plus faibles que dans trois des quatre zones témoins non traitées. Les valeurs de L2 post-traitement dans la zone traitée ont diminué de 36,3% par rapport aux évaluations avant traitement alors que les valeurs correspondantes dans les zones témoins non traitées ont augmenté de 242% à 461% avec une moyenne de 264%. Les populations larvaires par mètre carré de surface de ramification dans la zone traitée variaient de 11,1% à 40,0% des valeurs dans les zones témoins, soit une réduction relative de 60% à 88,9% par suite de la perturbation de l'accouplement avec le produit Confound SBW non enregistré. La réduction relative calculée avec les données combinées pour les quatre zones témoins était de 81,3%. Les effets du traitement observés en 2016 n'ont pas entraîné de réduction significative du nombre de papillons capturés dans les pièges à phéromones déployés dans la même zone en 2017. Ce n'est pas surprenant compte tenu du fait que la superficie traitée n'était que de 100 ha. Les populations de papillons dans toutes les zones d'étude étaient plus élevées en 2017 qu'en 2016.

Comparisons of *Btk* aerial spraying strategies against the eastern spruce budworm, based on protection timing and intensity during a complete outbreak episode.

Alain Dupont¹, Éric Baucé², Alvaro Fuentealba Morales², Christian Hébert³ and Richard Berthiaume²

¹ Société de protection des forêts contre les insectes et maladies, 1780 Semples, Quebec City (QC) G1N 4B8

² Consortium iFOR, Université Laval, Pavillon Abitibi-Price, 2405 de la Terrasse, Quebec City (QC) G1V 0A6

³ Canadian Forest Service, Laurentian Forestry Centre, 1055 du P.E.P.S., Quebec City (QC) G1V 4C7

Abstract

Large-scale aerial spraying operations against the spruce budworm (*Choristoneura fumiferana* Clem.) with the biological insecticide *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki* (*Btk*), aims at maintaining trees alive during outbreak episodes. This objective is achieved when $\geq 50\%$ of current-year foliage in balsam fir [*Abies balsamea* (L.) Mill.] stands is preserved. However, it is unknown if this standard approach used in Quebec province is always justified, or if less frequent interventions can provide similar results at lower cost. We conducted between 2010 and 2017 field experiments in Quebec's North Shore region to determine the efficacy of five different protection scenarios in protecting balsam fir, white spruce [*Picea glauca* (Moench) Voss], and black spruce [*Picea mariana* (Mill.) BSP] mixed stands. We hypothesized that less frequent *Btk* applications can provide an adequate level of protection. After nine years of defoliation, our results show a clear effect of protection scenarios on host tree species mortality caused by the spruce budworm. As the protection intensity decreases, the volume of balsam fir mortality increases (0% to 25%). Moreover, balsam fir mortality remains higher than spruce trees, but dead volumes are similar between white and black spruce species. At this stage of the outbreak, our observations suggest that balsam fir stands could be treated every 2 years, and white spruce every 3 years without significant mortality level ($< 4\%$). Based on this study, it is possible to apply the required protection level at lower cost or on a greater forested area at a comparable cost.

Résumé

Les pulvérisations aériennes d'insecticide biologique (*Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki*) sur de vastes superficies infestées par la tordeuse des bourgeons de l'épinette (*Choristoneura fumiferana* Clem.), visent à maintenir les arbres vivants jusqu'à la fin de l'épidémie. Cet objectif est atteint lorsque $\geq 50\%$ du feuillage annuel du sapin baumier [*Abies balsamea* (L.) Mill.] est maintenu. Toutefois, on ignore si cette approche standard utilisée au Québec demeure toujours justifiée ou si des interventions moins fréquentes permettent d'obtenir des résultats similaires à moindre coût. Entre 2010 et 2017, nous avons réalisé une étude dans la région de la Côte-Nord du Québec, afin de comparer l'efficacité de cinq différents scénarios de protection dans des forêts composées de sapins baumiers, d'épinettes blanches [*Picea glauca* (Moench) Voss], et d'épinettes noires [*Picea mariana* (Mill.) BSP]. L'hypothèse de départ stipule que des applications moins fréquentes de *Btk* peuvent fournir un niveau de protection adéquat. Après neuf années de défoliation, les résultats démontrent un net effet des scénarios de protection sur la mortalité des

essences hôtes causée par l'insecte. À mesure que l'intensité de la protection diminue, le volume de sapin mort augmente (0 à 25%). De plus, la mortalité du sapin baumier demeure plus élevée que celle des épinettes, mais les volumes morts sont similaires entre l'épinette blanche et l'épinette noire. À ce stade de l'épidémie, nos observations suggèrent que les peuplements de sapins baumiers peuvent être traités aux 2 ans, tandis que les forêts d'épinettes blanches aux 3 ans sans subir une mortalité significative ($< 4\%$). D'après les résultats obtenus jusqu'à maintenant, il semble possible d'appliquer la protection requise à moindre coût ou de protéger une superficie plus vaste à un coût similaire.

Testing new approaches for detecting and locating early increasing populations of the Spruce Budworm for implementing an Early Intervention Strategy

Christian Hébert, Jean-Michel Béland and Sébastien Bélanger

Natural Resources Canada, Canadian Forest Service, Laurentian Forestry Centre, 1055 du P.E.P.S., P.O. Box 10380, Succ. Sainte-Foy, Quebec, QC, Canada, G1V 4C7

Abstract

We report that it is rapid and easy to install traps in the upper canopy of balsam fir with the BigShot technique and we confirm that traps placed in the upper canopy were much more efficient than those placed at 2-3 m high. Placing traps in the upper canopy of trees should be considered, particularly if large white spruces are present, at least in a subset of surveyed stands in non-outbreak areas, in an early intervention strategy as well as in moth dispersal studies. We also showed that combining pheromone to a portable light trap did not increase spruce budworm moth catches, contrary to other moths. As it increases sorting time, there is no advantage to combine these attractants for monitoring the spruce budworm. Pheromone trap catches in trace or low population density were similar, which is surprising as trace populations were located in a non-outbreak area, the Laurentian Wildlife Reserve, while the low populations were located in the Lower St-Lawrence region, at the south-western edge of the ongoing outbreak. However, light trap catches were better linked with population density of these two regions. Light traps and pheromone traps may provide estimates at different spatial scales and they could thus provide complementary information on spruce budworm populations. The interpretation of these results should be clarified when upcoming L_2 population estimates will be available.

Résumé

Nous rapportons qu'il est facile et rapide d'installer des pièges dans la partie supérieure de la cime de sapins baumier à l'aide de la technique du BigShot, et nous confirmons que les pièges placés dans la cime supérieure étaient plus efficaces que ceux placés à 2-3 m de hauteur. L'installation de pièges dans la cime supérieure des arbres devrait être considérée, particulièrement si de grosses épinettes blanches sont présentes, au moins dans un sous-ensemble d'un réseau de surveillance en région non-épidémique. Cela serait particulièrement utile dans le contexte d'une stratégie d'intervention hâtive ou d'étude de la dispersion des papillons. Contrairement à d'autres espèces, il n'y a aucun avantage à ajouter une phéromone à un piège lumineux pour la tordeuse des bourgeons de l'épinette. Les pièges à phéromone sont des outils de détection utiles dans les populations basses ou à l'état de trace. Or, nous avons constaté avec surprise des niveaux de captures similaires entre les populations basses du Bas St-Laurent et les populations traces de la réserve des Laurentides. Cependant, les captures dans les pièges lumineux reflétaient bien les niveaux de population respectifs des deux régions. L'interprétation de ces résultats devraient être clarifiée lorsque les estimés de populations L_2 seront disponibles.

Improving monitoring tools to detect mountain pine beetle at low and high densities in novel habitats

Nadir Erbilgin¹, Jennifer Klutsch¹

¹Department of Renewable Resources, University of Alberta, Edmonton, Alberta, Canada

Abstract

Mountain pine beetle (MPB) is an economically important bark beetle species that is currently expanding east into the boreal forest in Alberta. Pheromones are important in bark beetle management and in combination with tree volatiles can be used to attract beetles into traps. However, MPB attraction to traps baited with lures shows large variations depending on in part beetle densities in the field. Currently, a single type of lure (two beetle pheromones, *trans*-verbenol, *exo*-brevicommin, and one host tree compound, terpinolene) is used to attract MPB to traps, regardless of beetle densities. In 2014, we tested various combinations of beetle pheromones and host tree volatiles in the field in Alberta and found that a four-component lure (*trans*-verbenol, *exo*-brevicommin, terpinolene, and myrcene) caught the most number of beetles in low beetle densities. However, MPB exhibits dose-dependent response to the female aggregation pheromone in areas with low population numbers. In areas with high MPB population levels, the response is directly proportional to release rates of pheromones and host tree chemicals, suggesting that pheromones and host volatile chemicals have different functions in MPB attraction during host colonization, depending on its population levels. Having effective lures can be highly useful for predicting MPB population levels as tree mortality is driven by the number of beetles. Thus, we conducted a field experiment in 2017 and tested various release rates of pheromones and tree compounds to monitor MPB activities in both low and high density beetle populations in Alberta. We found differential attraction of beetles depending on their population densities. At the high density, standard release rates of MPB pheromones (*trans*-verbenol, *exo*-brevicommin) and increasing the release rates of host chemicals (terpinolene, myrcene) caught more beetles than standard release rates for both. In contrast, at the low density, all increases in release rates of pheromones-host tree chemical combinations caught more beetles than standard release rates. In particular, increasing the release rates of pheromones, both pheromones and host chemicals, and host chemicals caught more beetles. We are currently sexing the beetles, and identifying competitors and natural enemies. We will conduct a statistical analysis to determine the differences among treatments at each density.

Résumé

Le dendroctone du pin ponderosa (DPP) est un scolyte ayant une incidence économique importante qui connaît actuellement une expansion vers l'est dans la forêt boréale de l'Alberta. Les phéromones jouent un grand rôle dans la gestion des scolytes et peuvent être utilisées, en combinaison avec des volatiles d'arbres, pour attirer les DPP dans des pièges. Cependant, on constate de grandes variations dans l'attraction exercée sur le DPP par les pièges appâtés, variations qui dépendent en partie de la densité des scolytes sur le terrain. À l'heure actuelle, un seul type d'appât (deux phéromones de scolytes, *trans*-verbenol, *exo*-brevicomine, et un composé de l'arbre hôte, le terpinolène) est utilisé pour attirer le DPP dans les pièges, peu importe la densité des scolytes. En 2014, nous avons mis à l'essai sur le terrain en Alberta différentes combinaisons de phéromones d'agrégation et de substances volatiles des arbres hôtes

et observé que c'était un appât contenant quatre composants (*trans*-verbenol, *exo*-brevicomine, terpinolène et myrcène) qui avait capturé le plus de scolytes là où leur densité était faible. Par contre, le DPP manifeste une réaction qui dépend de la dose à des phéromones d'agrégation femelles dans les endroits où la population est peu nombreuse. Dans les régions ayant des concentrations élevées de populations de DPP, la réaction est directement proportionnelle aux dates de relâchement des phéromones et des substances chimiques de l'arbre hôte, ce qui laisse entendre que les phéromones et les substances chimiques volatiles de l'hôte ont des fonctions différentes dans l'attraction exercée sur le DPP durant la colonisation de l'hôte, dépendant le niveau de population. Le fait d'avoir des appâts efficaces peut s'avérer extrêmement utile pour prédire les niveaux de populations du DPP, car la mortalité des arbres est reliée au nombre de scolytes. Par conséquent, en 2017, nous avons effectué une expérience sur le terrain et mis à l'essai divers taux de libération de phéromones et de composés des arbres pour surveiller les activités du DPP dans les populations de faible et de forte densité en Alberta. Nous avons constaté une attraction différentielle des scolytes qui dépendait de leur densité de population. À de fortes densités, les taux de libération habituels des phéromones du DPP (*trans*-verbenol, *exo*-brevicomine) et des taux de libération croissants de substances chimiques de l'hôte (terpinolène, myrcène) ont donné lieu, pour les deux, à plus de captures de scolytes qu'avec les taux de libération habituels. Au contraire, pour les populations de faible densité, toutes les augmentations des taux de libération des combinaisons de phéromones et de substances chimiques de l'arbre hôte ont permis d'attraper plus de scolytes que les taux standards. En particulier, l'augmentation des taux de libération de phéromones, aussi bien les phéromones que les substances chimiques de l'hôte, et des substances chimiques de l'hôte a permis d'attraper plus de scolytes dans les pièges. Nous procédons actuellement à la détermination du sexe des scolytes et à l'identification des compétiteurs et des ennemis naturels. Nous ferons une analyse statistique afin de déterminer les différences parmi les traitements pour chaque densité.

Mountain Pine Beetle Cold Tolerance and Seasonality: Implications for Population Dynamics and Range Expansion in Canada

K. Bleiker, G. Smith

Canadian Forest Service, Natural Resources Canada

Abstract

Given the presence of a suitable food source, temperature likely has the largest overall impact on mountain pine beetle's (MPB) distribution and population dynamics. Winter is usually the largest single source of mortality even in benign climates like southern British Columbia. Weather during the growing season affects development and MPB needs to maintain an adaptive seasonality – a synchronous one-year life cycle with the most hardy life stage entering winter – to be successful. This six-year project examines cold tolerance and seasonality (developmental regulation) for mountain pine beetle populations in the historic and expanded ranges. Our ultimate goals are to improve predictions of annual population trends based on annual weather; and provide the necessary empirical data to improve climatic suitability and spread models to identify areas regions at risk and the potential for eastward spread in Canada. For our interim progress report for this past year, we submit two recent publications to demonstrate our work. In addition, we provide a brief report below that highlights some results, which have not yet been published.

Résumé

Pourvu qu'il y ait une source de nourriture propice, c'est probablement la température qui a la plus grande incidence sur la répartition et la dynamique des populations de dendroctone du pin ponderosa. L'hiver est habituellement la principale cause de mortalité, même dans les climats plus doux comme ceux observés dans le sud de la Colombie-Britannique. La météo durant la période de croissance affecte le développement et, pour réussir, le dendroctone du pin ponderosa (DPP) a besoin de maintenir une saisonnalité adaptative – un cycle de vie synchrone d'un an, où l'étape du cycle de vie la plus robuste se situe au début de l'hiver. Ce projet d'une durée de six ans examine la tolérance au froid et la saisonnalité (régulation du développement) des populations de DPP dans leurs aires de répartition historiques et nouvelles. Nous visons ultimement à améliorer les prédictions des tendances annuelles des populations en nous fondant sur la météo annuelle, et à fournir les données empiriques nécessaires pour améliorer les modèles de viabilité climatique et de propagation permettant de déterminer les zones à risque et la possibilité d'une propagation vers l'est du Canada. Pour notre rapport d'étape, nous présentons deux publications récentes qui font état de nos progrès. Nous présentons aussi un court rapport ci-dessous qui met en évidence quelques résultats supplémentaires, qui n'ont pas encore été publiés dans des journaux avec comité de révision.

Simulating MPB invasive spread control in Saskatchewan using SpaDES

Alex M. Chubaty, Barry J. Cooke, Eliot J. B. McIntire

Natural Resources Canada, Canadian Forest Service

Abstract

The continued eastward spread of mountain pine beetle (*Dendroctonus ponderosae* Hopk.; MPB) now threatens the boreal forests of eastern Alberta, Saskatchewan, and beyond. Predicting the outbreak and spread dynamics of this insect in jack pine, and to evaluate control measures to mitigate a potentially devastating loss of forest habitat and timber supply requires not only a complex understanding of the various inputs to this system and their interactions (e.g., MPB population dynamics, climate impacts, landscape features) but also the technical capacity to run large-scale spatial simulation models, and to update them quickly as new data are acquired and new models are developed.

Nonlinear density-dependent dynamics of mountain pine beetle (MPB) recruitment means that MPB spread to Saskatchewan and beyond is primarily a “numbers game”, and this has sharp consequences for pest management thresholds. The nonlinear dependency of survival rate on temperature means that eruptive potential is regulated secondarily by climate, and this has consequences for the efficacy of pest management through “direct control”. Through simulation we distinguish the conditions under which MPB spread can be significantly slowed. Preliminary results indicate that the prognosis for pest management in the lodgepole pine of the Rocky Mountains Foothills region is distinctly different that of boreal jack pine.

Simulations of MPB population recruitment and spread were developed using the SpaDES (Spatial Discrete Event Simulation) platform. SpaDES facilitates a tight coupling of simulation and data within a modular framework that allows easy updates to model components. Furthermore, our development cycle follows current best practices for reproducible computing workflows and, where possible, we have followed an “Open-Access” model for software platform and simulation model development.

Résumé

La propagation continue du dendroctone du pin ponderosa (*Dendroctonus ponderosae* Hopk, DPP) vers l'est menace maintenant les forêts boréales de l'est de l'Alberta, de la Saskatchewan et plus à l'est. Prédire l'éclosion et la dynamique spatiale de cet insecte dans le pin gris, et évaluer les mesures de contrôle pour atténuer une perte potentiellement dévastatrice de l'habitat forestier et de l'approvisionnement en bois nécessite non seulement une compréhension complexe des divers intrants de ce système et de leurs interactions (p. la dynamique des populations, les impacts climatiques, les caractéristiques du paysage) mais aussi la capacité technique d'exécuter des modèles de simulation spatiale à grande échelle, et à les mettre à jour rapidement au moment que de nouvelles données sont acquises et de nouveaux modèles développés.

La dynamique densité-dépendante non linéaire du recrutement du DPP signifie que la distribution du DPP en Saskatchewan et au-delà est avant tout un «jeu des chiffres», ce qui a des conséquences importantes sur les seuils de lutte antiparasitaire. La dépendance non linéaire du taux de survie à la température signifie que le potentiel éruptif est régulé secondairement par le climat, ce qui a des conséquences sur l'efficacité de la lutte antiparasitaire par un «contrôle

direct». Grâce à la simulation, nous distinguons les conditions dans lesquelles la propagation du MPB peut être considérablement ralentie. Les résultats préliminaires indiquent que le pronostic de la lutte antiparasitaire dans le pin tordu latifolié de la région des contreforts des Rocheuses est nettement différent de celui du pin gris boréal.

Des simulations du recrutement et de la propagation de la population DPP ont été développées en utilisant la plateforme SpaDES («Spatial Discrete Event Simulation»). SpaDES facilite un couplage étroit de la simulation et des données dans un cadre modulaire qui permet de mettre à jour facilement les composants du modèle. De plus, notre cycle de développement suit les meilleures pratiques actuelles en matière de «workflows» informatiques reproductibles et, si possible, nous avons suivi un modèle d'accès «Ouvert» pour le développement de modèles de plate-forme logicielle et de simulation.

Effect of trap height, trap color, and trap lure on efficacy of detecting species of bark- and wood boring beetles (Cerambycidae, Buprestidae, Scolytinae)

Jon Sweeney¹, Peter Silk¹, Peter Mayo¹, Gaetan Leclair¹, Cory Hughes¹, Kate Van Rooyen¹, Jerzy M. Gutowski³, Tomasz Mokrzycki⁴, Dan Miller⁵, Meng Qingfan⁶, Li Yan⁶, & Joe Francese⁷

¹NRCan-Canadian Forest Service, Fredericton, NB

²NRCan-Canadian Forest Service, Sault Ste. Marie, ON

³Forest Research Institute (IBL), Białowieża, Poland

⁴University of Warsaw, Poland

⁵USDA Forest Service, Athens Georgia

⁶Beihua University, Jilin, China

⁷USDA APHIS PPQ, Buzzards Bay, MA

Abstract

Improved tools and methods for surveillance of potentially invasive bark- and wood boring beetles are critical needs of regulatory agencies because the earlier an invasive species is detected, the more feasible and less costly it is to eradicate, contain, or manage. We ran several field trapping experiments in 2017 designed to test the effects of lure, trap color, trap design, and trap height on the efficacy of detecting species of Cerambycidae, Buprestidae and Scolytinae. One of our main goals was to screen recently discovered longhorn beetle pheromones [10-methyl dodecanal, racemic 2-hydroxyoctan-3-one, *syn*-octanediols, and 1-(1H-pyrrol-2-yl)-1,2-propanedione (hereafter referred to as pyrrole)] for their detection efficacy in the field in northeast China and Poland. 10-Methyl dodecanal was weakly but significantly attractive to *Stictoleptura maculicornis* in Poland but attracted no species in Jilin. 2-Hydroxyoctan-3-one attracted two longhorn species Poland (*Plagionotus detritus*, *Xylotrechus antilope*) and *Plagionotus pulcher* in Jilin. The pyrrole was not significantly attractive to any species but boosted catches of four longhorn species when combined with ethanol or 3-hydroxyoctan-2-one plus ethanol. Baiting traps with *syn*-octanediols significantly increased the proportion of traps positive for *Rhaphuma acutivittis* in Jilin. Another goal of ours is to determine the optimal combination of lures, trap color, and trap placement that detects the most species of bark- and wood boring beetles at a given site, and to determine how that may vary among different forest types. Results from the factorial experiment conducted in Italy in 2016 clearly indicated that green traps in the canopy detect more buprestid species and more target species (longhorns and jewel beetles) overall than other color-height combinations and that the multicomponent pheromone lure detected more target species than did traps baited with ethanol alone. We also determined release rates and field longevity of new release devices for fuscumol and found that grey halobutyl septa soaked in 10% fuscumol may be equally efficacious and less expensive than the standard top-loaded red septa lure.

Résumé

Il est essentiel pour les organismes de réglementation d'améliorer leurs méthodes et outils de surveillance des coléoptères perceurs du bois potentiellement envahissants, car plus une espèce envahissante est détectée tôt, plus il est faisable et économique de l'éradiquer, de la contenir ou de la gérer. Nous avons mené plusieurs expériences de piégeage sur le terrain en 2017 pour tester les effets de l'appât utilisé, de la couleur du piège, du design du piège et de la

hauteur du piège sur l'efficacité de la détection d'espèces de Cerambycidae, de Buprestidae et de Scolytinae. L'un des quatre principaux objectifs était d'étudier des phéromones du longicorne récemment découvertes [10-méthyl-dodecanal, 2-hydroxyoctan-3-one racémique, *syn*-octanediols, et 1-(1H-pyrrol-2-yl)-1,2-propanedione (ci-après appelé pyrrole)] pour connaître leur efficacité de détection sur le terrain dans le nord-est de la Chine et en Pologne. La substance 10-Méthyl-dodecanal a eu un pouvoir attractif faible mais significatif sur *Stictoleptura maculicornis* en Pologne, mais n'a attiré aucune espèce dans la province de Jilin, alors que 2-Hydroxyoctan-3-one a attiré deux espèces de longicornes en Pologne (*Plagionotus detritus*, *Xylotrechus antilope*) et *Plagionotus pulcher* à Jilin. Le pyrrole n'a attiré aucune espèce de manière importante, mais a quand même accru les prises de quatre espèces de longicornes lorsque combiné à de l'éthanol ou à 3-hydroxyoctan-2-one plus de l'éthanol. Des pièges appâtés avec *syn*-octanediols ont accru de manière importante la proportion de pièges ayant attrapé l'espèce *Rhaphuma acutivittis* dans la province de Jilin. Un autre de nos objectifs était de déterminer la combinaison optimale d'appât, de couleur de piège et de positionnement du piège pour détecter le plus d'espèces de coléoptères perceurs du bois à un site donné, et de voir comment les différentes combinaisons peuvent donner des résultats qui varient selon le type de forêt. Les résultats de l'expérience factorielle menée en Italie en 2016 montrent clairement que dans l'ensemble, les pièges verts dans le couvert forestier détectent plus d'espèces de buprestidés et plus d'espèces cibles (longicornes et buprestes) que les autres combinaisons de couleurs et de hauteurs, et que les leurres imbibés de plusieurs composants de phéromone détectent plus d'espèces cibles que les pièges appâtés uniquement avec de l'éthanol. Nous avons également déterminé les taux de libération et la longévité sur le terrain de nouveaux dispositifs de relâchement du fuscumol et constaté qu'un septum d'halobutyle gris trempé dans une solution de 10 % de fuscumol est peut-être tout aussi efficace comme appât qu'un septum rouge chargé par le haut.

Formulations of Emamectin Benzoate (TREE-äge®) and Propiconazole (Propizol®) for Protecting Engelmann Spruce from Mortality Attributed to Spruce Beetle and Associated Fungi

Christopher J. Fettig¹, Darren C. Blackford², Donald M. Grosman³, and A. Steven Munson²

¹Pacific Southwest Research Station, USDA Forest Service, 1731 Research Park Drive, Davis, California 95618, cfettig@fs.fed.us.

²Forest Health Protection, USDA Forest Service, 4746 South 1900 East, Ogden, Utah 84403.

³Arborjet Inc., 99 Blueberry Hill Road, Woburn, Massachusetts 01801.

Abstract

Spruce beetle is the most significant mortality agent of mature spruce in North America, and many forests in the Rocky Mountains are experiencing outbreaks. In this study, we determine the efficacy of TREE-äge® (TREE-äge® G4 and TREE-äge® 9.5; Arborjet Inc., Woburn, MA) combined with and without the fungicide propiconazole (Propizol®; Arborjet Inc.) for protecting Engelmann spruce from mortality attributed to spruce beetle and associated fungi.

Résumé

Le dendroctone de l'épinette est le plus important agent de mortalité de l'épinette mature en Amérique du Nord, et de nombreuses forêts dans les Rocheuses sont actuellement aux prises avec des infestations. Dans cette étude, nous déterminons l'efficacité de TREE-äge® (TREE-äge® G4 et TREE-äge® 9.5 - Arborjet Inc., Woburn, MA) utilisé avec et sans fongicide propiconazole (Propizol® - Arborjet Inc.) pour protéger l'épinette d'Engelmann contre la mortalité attribuable au dendroctone de l'épinette et aux champignons qui y sont associés.

Temperature Regulation of Spruce Beetle's Life Cycle and its Potential Role in Outbreaks

K. Bleiker¹, V. Rezendes², D. Huber², J. Robert³

¹ Canadian Forest Service, Natural Resources Canada

² University of Northern British Columbia

³ BC Ministry of Forests, Lands, Natural Resource Operations and Rural Development

Abstract

Spruce beetle has a two-year life cycle throughout much of its range. However, one generation may be produced per year in areas or years with warmer growing-seasons potentially doubling the rate of population increase. In fact, there may be a mix of semivoltine (two-year life cycle) and univoltine (one-year life cycle) insects in the same stand and even within the same tree. Voltinism is controlled by inner bark temperatures, although genetic variation in spruce beetle diapause has not been studied. The few studies that have investigated the impact of temperature on the life cycle of spruce beetle have had variable and somewhat contradictory results, including whether there is a true diapause and the life stages sensitive to the environmental cue. This study examines the interaction between temperature and development in the spruce beetle. Our ultimate goal is to improve predictions of spruce beetle populations trends associated with shifts in voltinism in current forests and under climate change. Here, we report on progress in year one of the three-year study.

Résumé

Le cycle de vie du dendroctone de l'épinette est de deux ans presque partout dans son aire de répartition. Toutefois, une génération par année peut être produite dans certaines régions, et des années de saisons de croissance plus chaudes peuvent éventuellement doubler le taux d'augmentation. En fait, il pourrait y avoir un mélange d'insectes semivoltins (cycle de vie de plus d'un an) et univoltins (cycle de vie d'un an) dans le même peuplement, voire dans le même arbre. La température interne de l'écorce a une influence sur le voltinisme, bien que les variations génétiques dans la diapause du dendroctone de l'épinette n'aient pas été étudiées. Les quelques études qui ont exploré les répercussions de la température sur le cycle de vie du dendroctone de l'épinette ont obtenu des résultats variables et quelque peu contradictoires, y compris à savoir s'il se produit ou non une véritable diapause et les stades de vie qui sont sensibles à un signal environnemental. La présente étude examine l'interaction entre la température et le voltinisme chez le dendroctone de l'épinette. Notre objectif ultime est de mieux prédire les tendances des populations de dendroctone de l'épinette associées aux changements dans le voltinisme dans les forêts actuelles et en regard des changements climatiques. Nous faisons ici rapport sur les progrès réalisés durant la première année de cette étude de trois ans.

