

Geographic and seasonal variation in cold hardiness of whitebark pine

Andrew D. Bower and Sally N. Aitken

Abstract: Artificial freeze-testing utilizing the electrolyte-leakage method was used to test the cold hardiness of 2-year-old whitebark pine (*Pinus albicaulis* Engelm.) seedlings growing in a common garden setting across all seasons was used to determine the annual pattern of cold hardiness, and more intensive sampling in the fall and spring was used to assess genetic variation in cold injury among geographic regions spanning the range of the species. Mean hardiness varied widely from -9°C in early summer to below -70°C in the winter. Trees from interior and northern regions were the most hardy in the fall, while trees from California were the least hardy. Geographic patterns of hardiness in the spring were reversed. Significant differences in cold injury among regions were detected on all dates except during the winter. Heritability was low to moderate for both the spring ($h^2 = 0.18$) and the fall ($h^2 = 0.28$), and genetic correlation was weak ($r_A = 0.18$). Only spring cold injury was genetically correlated with date of needle flush ($r_A = 0.34$). Mean cold injury in the fall was most closely correlated with mean temperature of the coldest month in the parental environment ($r = 0.81$). Whitebark pine is well adapted to the low temperatures of the harsh environments where it is found; however, regional variation indicates that moving seed for restoration purposes from areas with higher winter temperatures to colder environments may increase the chance of fall cold injury.

Résumé : Des semis de pin à écorce blanche (*Pinus albicaulis* Engelm.) croissant dans un test de provenances ont été soumis à des tests de congélation artificielle en utilisant la méthode de fuite des électrolytes. Les semis ont été testés durant toutes les saisons pour établir le patron annuel de tolérance au froid et un échantillonnage plus intensif a été réalisé à l'automne et au printemps pour évaluer la variation génétique à regard des dommages dus au gel dans les diverses régions géographiques couvrant l'aire de répartition de l'espèce. La tolérance moyenne au froid variait considérablement de -9°C au début de l'été à plus de -70°C durant l'hiver. Les arbres provenant des régions intérieures et nordiques étaient les plus tolérants à l'automne alors que les arbres provenant de la Californie étaient les moins tolérants. Au printemps, les patrons géographiques de tolérance étaient inverses. Des différences significatives ont été détectées entre les régions pour les dommages dus au froid durant toutes les saisons, excepté l'hiver. L'héritabilité était faible à modérée au printemps ($h^2 = 0,18$) et à l'automne ($h^2 = 0,28$) et leur corrélation génétique était faible ($r_A = 0,18$). Seuls les dommages dus au froid survenus au printemps étaient génétiquement corrélés avec la date d'émergence des aiguilles ($r_A = 0,34$). Les dommages moyens dus au froid à l'automne étaient étroitement corrélés avec la température moyenne du mois le plus froid dans l'environnement parental ($r = 0,81$). Le pin à écorce blanche est bien adapté aux basses températures qui caractérisent les conditions difficiles dans lesquelles on le retrouve; cependant, des variations régionales indiquent que le placement des graines pour la restauration, des zones avec des températures hivernales plus chaudes vers des milieux plus froids, peut augmenter les risques de dommages dus au froid à l'automne.

Traduit par la Rédaction!

Introduction

Studies of cold hardiness and cold injury in most conifer species have concentrated on economically important lower elevation temperate-zone species that are included in breeding programs (see reviews by Howe et al. 2003; Aitken and Hannerz 2001). In many of these studies, genetic differences among provenances or families have been evaluated and

heritabilities and genetic correlations among cold-adaptation traits calculated for the purpose of predicting gains or correlated responses to breeding for growth. Whitebark pine (*Pinus albicaulis* Engelm.) is a high-elevation species that is

We are unable to supply this entire article because the publisher requires payment of a copyright fee. You may be able to obtain a copy from your local library, or from various commercial document delivery services.

Received 4 November 2005. Accepted 21 February 2006.
Published on the NRC Research Press Web site at
<http://cifr.nrc.ca> on 21 June 2006.

A.D. Bower¹ and S.N. Aitken. Centre for Forest Gene Conservation, Forest Sciences Department, Forest Sciences Centre, The University of British Columbia, 3401-2424 Main Mall, Vancouver, BC V6T 1Z4, Canada.

Corresponding author (e-mail: adbower@interchange.ubc.ca).