



Centre canadien sur la fibre de bois

Évaluation des effets Sélection génomique

Des chercheurs du Centre canadien sur la fibre de bois (CCFB) ont étudié les avantages de la technologie de sélection génomique pour améliorer les caractéristiques de la fibre et les taux de croissance des semis d'épinette blanche.

La sélection génomique permet de recenser des arbres supérieurs ayant des caractéristiques souhaitables de cinq à sept fois plus rapidement qu'avec les méthodes conventionnelles. La sélection précoce de caractéristiques du bois à l'aide de marqueurs d'ADN a été démontrée avec succès dans le cadre de ces travaux.

Le Centre canadien sur la fibre de bois (CCFB) a effectué une recherche sur le génome de l'épinette blanche (*Picea glauca*) afin de découvrir si des marqueurs d'ADN pouvaient être utilisés pour rendre possible la sélection de semis. Ces marqueurs représentent des morceaux d'ADN pouvant être liés directement ou indirectement à des caractéristiques précises, comme la densité, l'élasticité, la rigidité et le taux de croissance. L'utilisation dans ce processus de sélection de marqueurs d'ADN distribués le long du génome de l'arbre s'appelle la sélection génomique assistée, ou sélection génomique (SG).

Alors que les méthodes d'amélioration génétique traditionnelles des arbres exigent des décennies, la SG peut permettre aux phytogénéticiens de repérer des arbres ayant des caractéristiques souhaitables beaucoup plus tôt dans le développement de l'arbre, ce qui a pour effet de réduire les cycles d'amélioration génétique. La définition précoce de caractéristiques souhaitables aidera à fournir à l'industrie forestière des semis issus de plantation offrant des attributs recherchés de la fibre plus rapidement qu'avec les méthodes actuelles d'amélioration des arbres.

En outre, la SG pourrait permettre une reforestation à l'aide d'arbres sélectionnés. Un producteur pourrait, par exemple, produire des variétés d'arbres possédant des combinaisons données de caractéristiques (p. ex., la croissance et la qualité du bois) qui répondraient mieux aux exigences des produits prisés par les clients.

Les chercheurs espèrent obtenir le maximum de valeur de la SG en déployant rapidement de nouvelles variétés d'arbres possédant des attributs souhaitables, de concert avec les méthodes de propagation végétative à la fine pointe développées par le Service canadien des forêts.

Besoins

Pour le secteur forestier du Canada, le principal besoin consiste en un bois de meilleure qualité à croissance rapide. Avec les procédés traditionnels d'amélioration des arbres, la sélection de certaines caractéristiques du bois ayant une forte incidence sur la force et la rigidité du bois d'œuvre (comme la densité du bois et l'angle des microfibrilles) peut seulement s'effectuer entre 15 à 20 ans après la plantation. La plupart des programmes d'amélioration génétique ne peuvent prédire ou choisir les caractéristiques de leurs arbres issus de plantation en raison de ce long délai et des coûts très élevés de l'évaluation qui s'y rattache. Par conséquent, les caractéristiques des arbres à maturité issus de plantation ne peuvent être prédites.

La possibilité de prédire les attributs d'arbres à maturité au moment de la plantation permettra aux forestiers de mieux planifier leur production future et d'avoir moins de pertes et, en dernier ressort, un bois à moindre coût.

Le secteur forestier canadien pourrait bénéficier grandement de la découverte de moyens de réduire autant la durée d'essai des caractéristiques du bois que les coûts d'évaluation. Il est urgent de fournir aussitôt que possible des stocks de semis de grande qualité aux programmes de reforestation. Il s'agit de semis pour lesquels autant le potentiel de croissance que celui de qualité peuvent être anticipés. L'amélioration de cet approvisionnement augmenterait la capacité de concurrence de l'industrie forestière canadienne – de même que la capacité à fournir à l'industrie des peuplements ayant des fibres de bois uniformes poussant plus près des scieries.

L'un des buts de ce projet consistait donc à permettre aux phytogénéticiens d'effectuer des sélections au stade des semis d'arbres à croissance rapide possédant des caractéristiques de qualité souhaitables du bois.

L'épinette blanche a été étudiée parce que les épinettes représentent 56 p. 100 des arbres plantés annuellement, avec 300 millions d'arbres plantés partout au pays chaque année. Ces semis représentent la prochaine génération d'arbres de la récolte forestière du Canada. L'épinette blanche est l'une des composantes principales des programmes de reforestation dans la plupart des provinces.

Démarche

La recherche sur la SG porte sur les techniques permettant de déterminer et de sélectionner les arbres ayant les caractéristiques souhaitables pour adapter la croissance de ces arbres sélectionnés aux demandes du marché. Ces techniques utilisent les « empreintes digitales » des arbres. Ces empreintes sont obtenues en utilisant de nombreux marqueurs d'ADN afin de prédire la valeur génétique de chaque arbre étudié pour ses caractéristiques physiques comme la densité du bois ou le taux de croissance. L'objectif ultime consiste à déterminer quel arbre devrait être retenu pour le programme de reforestation.

Les chercheurs ont étudié le génome (l'ensemble de l'ADN pour tous les arbres) de l'épinette blanche, ce qui leur a permis de localiser des variations naturelles de l'ADN (« marqueurs d'ADN ») observées entre divers arbres. Des modèles mathématiques ont été mis au point afin de prédire les caractéristiques souhaitables du bois selon les renseignements provenant des marqueurs d'ADN.

Dans cette étude, les arbres examinés provenaient d'une population obtenue grâce au croisement d'arbres supérieurs issus du programme québécois d'amélioration génétique de l'épinette blanche. Ces 1 700 arbres étaient pleinement apparentés, avec les mêmes parents, appartenant à 59 familles. Environ 7 000 marqueurs d'ADN ont été utilisés afin de prédire la valeur de quatre caractéristiques du bois et de croissance parmi les 1 700 arbres.

Des échantillons de noyaux de bois ont été recueillis sur chacun des arbres. Les caractéristiques du bois ont été évaluées en utilisant la microdensitométrie et la diffraction des rayons X. Ces procédés s'effectuent en examinant de près l'échantillon au moyen de rayons X ou de lumière ordinaire afin d'évaluer les propriétés souhaitables dans le bois. La microdensitométrie permet d'évaluer la densité du bois, ce qui est un bon indicateur de sa résistance. La diffraction des rayons X révèle aux chercheurs plusieurs données concernant la structure et d'autres qualités du bois. L'angle des microfibrilles, par exemple, peut aider à prédire comment un morceau de bois pourra supporter une vis.

Avantages

Actuellement, cela prend de 15 à 20 ans pour définir les caractéristiques souhaitables de l'épinette blanche en utilisant les méthodes d'amélioration génétique traditionnelles, et de 30 à 35 ans pour obtenir des vergers à graines capables de produire des semences améliorées génétiquement. La SG est beaucoup plus rapide : les arbres supérieurs ayant les caractéristiques souhaitables peuvent être déterminés après seulement de un à deux ans, ce qui représente une réduction de la durée de cinq à sept fois. De plus, la SG réduit les cycles d'amélioration d'environ deux tiers, ce qui permet d'avoir du matériel génétiquement supérieur disponible en 10 ans en plus de générer au moins deux fois plus de gains génétiques par année d'amélioration par rapport à l'amélioration génétique traditionnelle.

L'amélioration des stocks canadiens d'épinette blanche pourrait offrir des avantages aux prochaines générations de forestiers et de consommateurs de produits forestiers en offrant plus rapidement des arbres à des coûts moindres et selon la demande du marché. De plus, une croissance plus rapide des arbres permettrait une augmentation des coupes permises allouées aux forestiers.

Les applications de haute technologie en gestion forestière ont une incidence importante sur le rendement de la chaîne de valeur des forêts. Pour bien comprendre comment reproduire de manière efficiente les attributs souhaités de la fibre à partir de la ressource forestière actuelle, il faut avoir recours à plusieurs outils. Ces outils comprennent la sélection et l'amélioration génétique des semis les plus forts et le développement de variétés d'essences d'arbres afin de tirer parti des conditions de croissance locales. La SG fera partie des outils les plus récents qui aideront la croissance des forêts du futur et l'augmentation de la superficie des territoires forestiers actuels grâce à l'utilisation de systèmes de gestion de la plantation et du boisement.

Les résultats des recherches ont indiqué que la sélection précoce de caractéristiques du bois par des marqueurs d'ADN pourrait effectivement être mise en œuvre dans les programmes d'amélioration génétique de l'épinette blanche. De nombreux gènes sont liés à chaque caractéristique de croissance et de qualité du bois, et un seul marqueur d'ADN n'est pas suffisant pour expliquer la variation de différentes caractéristiques parmi les arbres. Toutefois, la SG peut permettre d'améliorer de manière significative l'exactitude des prédictions à environ 80 p. 100 lorsqu'on utilise des arbres pleinement apparentés, parce

qu'elle a recours simultanément à tous les marqueurs pour prédire la caractéristique de croissance ou de qualité du bois.

De plus, lorsque la SG est utilisée pour la sélection de 5 p. 100 des meilleurs arbres, elle permet de déterminer ces semences avec une précision qui est pratiquement égale à celle des méthodes traditionnelles, sans avoir à attendre 20 ans pour que les arbres se rendent à maturité.

Dans une expérience similaire sur des arbres non apparentés, l'utilisation de marqueurs d'ADN pour prédire la composition génétique des meilleurs arbres n'a pas donné d'aussi bons résultats et était moins précise. Cela signifie que la SG est plus utile dans les populations d'arbres ayant une généalogie bien établie, comme des populations en sélection.

Il n'est pas possible de dire avec certitude quelle incidence la SG aura sur le secteur forestier canadien, parce que la technologie est trop récente. Le CCFB souhaite favoriser l'utilisation de cette technologie. Il est donc à la recherche de partenaires avec lesquels il pourra mettre la technologie à l'essai à une échelle opérationnelle. Les objectifs sont d'acquiescer une meilleure compréhension de l'économie de la SG et de l'introduire sur le marché. Le CCFB a déjà résolu les questions scientifiques liées à la SG; il mettra donc l'accent sur les pratiques exemplaires permettant de faire de la SG une proposition d'affaires viable à long terme et cherchera à obtenir de solides données opérationnelles sur la meilleure façon d'employer la technologie.

Au nombre des possibilités futures offertes par cette technologie, mentionnons le criblage d'arbres dans les vergers à graines actuels au moyen de marqueurs d'ADN et l'éclaircissement d'arbres dont on a prédit des caractéristiques moins souhaitables. Les semences produites par le reste des arbres pourraient être utilisées dans les programmes de reforestation traditionnels. Les peuplements composés d'arbres sélectionnés, les arbres possédant des caractéristiques souhaitables du bois et de croissance, pourraient permettre de réduire la demande sur les autres sources de bois et de fibre. À moyen terme, des variétés d'arbres pourraient être sélectionnées en fonction des conditions du lieu, ou pour d'autres caractéristiques, comme leur résistance aux maladies et aux ravageurs.

Concurrence

La principale solution de rechange à la SG est la méthode traditionnelle. Cette méthode qui est actuellement utilisée consiste à sélectionner et à améliorer génétiquement les semis, et à attendre qu'ils croissent. Elle nécessite peu d'investissement au départ et est encore assez précise en ce qui a trait à la prédiction des caractéristiques de croissance et de qualité du bois, malgré le fait qu'elle nécessite un plus grand délai.

D'autres techniques sont également développées afin de reproduire des arbres de haute valeur à croissance rapide à l'échelle commerciale. Ces techniques peuvent être utilisées avec la SG pour améliorer son efficacité ou elles peuvent être utilisées de façon séparée. L'embryogenèse somatique est une technique qui permet la production de quantités illimitées de copies génétiques identiques à partir d'un seul embryon de graine. De concert avec la technique de SG, cela permettra une identification rapide et une production de masse de semis de grande qualité.

Pourquoi c'est important

L'industrie forestière a changé son approche et ne traite plus les arbres comme des marchandises. À l'avenir, on commercialisera des caractéristiques particulières recherchées par les utilisateurs finaux, au lieu de classer les rondins selon leur qualité et leur essence.

Pour les vergers à graines, la SG offrira un outil important pour répondre aux demandes de ce nouveau modèle dans l'industrie forestière. L'accélération de la sélection de nouveaux semis permet aux vergers à graines de sélectionner des semis ayant les caractéristiques souhaitables selon la demande du marché. De plus, ils peuvent reproduire les arbres ayant ces caractéristiques beaucoup plus rapidement que par le passé. Ainsi, la SG appuiera la transformation du secteur forestier et garantira le maintien de sa capacité de concurrence en permettant à l'industrie de répondre plus rapidement à la demande du marché pour des types de fibre particuliers.

La SG constituera un outil clé pour l'établissement et le maintien de l'inventaire des arbres de demain, alors que le secteur forestier se transforme et que les propriétés de la fibre deviennent plus importantes.

Pour obtenir des renseignements sur les droits de reproduction, veuillez communiquer avec Ressources naturelles Canada à droitdauteur.copyright@rncan-nrcan.gc.ca.

Also available in English under the title: Impact Assessment: Genomic Selection
