CFCRA
CANADIAN FIELD CROP RESEARCH ALLIANCE

ARCCC
ALLIANCE DE RECHERCHE SUR LES CULTURES COMMERCIALES DU CANADA

Rapport de recherche de l'ARCCC (2018-2023)

La grappe du soya Projet Avoine Projet Maïs

CANADIAN AGRICULTURAL PARTNERSHIP | PARTENARIAT CANADIEN pour l'AGRICULTURE

Canada

Sommaire exécutif

L'agriculture canadienne compte sur la recherche pour stimuler l'innovation afin de répondre aux besoins des agriculteurs de tout le pays et leur fournir les outils et les technologies essentiels pour maintenir la compétitivité de l'industrie sur les marchés nationaux et mondiaux.

Entre 2018 et 2023, l'Alliance de recherche sur les cultures commerciales du Canada (ARCCC) a soutenu 13 projets portant sur la recherche sur le soya et le maïs au niveau canadien et sur la recherche sur l'avoine dans l'Est du Canada. Ces activités de recherche ont constitué la Grappe du Soya, le Projet Avoine et le Projet Maïs, financés en partie par le gouvernement du Canada dans le cadre du programme Agri-science du Partenariat canadien pour l'agriculture (PAC), avec du soutien financier supplémentaire de la part de partenaires de l'industrie.

Les projets ont réuni des chercheurs de partout au pays pour faire progresser la durabilité économique et environnementale du secteur des grandes cultures au Canada. L'objectif de cet investissement cumulatif de 14,2 millions de dollars sur cinq ans dans la recherche était de développer et de commercialiser (i) des variétés de soya de haute qualité, plus productives et plus résilientes ; (ii) des variétés d'avoine à haut rendement et résistantes aux maladies ; (iii) ainsi que du germoplasme de maïs résistant aux principales maladies et adapté aux régions de croissance plus froides du Canada.

D'autres objectifs comprenaient l'amélioration des outils et des pratiques agronomiques nécessaires pour cultiver efficacement le soya de manière durable ; l'élaboration de recommandations pour les producteurs sur la gestion de l'azote et la dose de semis afin de cultiver avec succès l'avoine dans l'est du Canada ; ainsi que l'élaboration de stratégies avancées de gestion de l'azote pour les agriculteurs qui cultivent du maïs-grain, afin d'en améliorer la productivité et la performance environnementale.

Ce rapport de recherche résume les faits saillants et les principales réalisations pour chaque activité de recherche menée dans le cadre de la Grappe du Soya, du Projet Avoine et du Projet Maïs.

Au cours de la période de cinq ans allant de 2018 à 2023, chaque projet a élargi les possibilités offertes aux agriculteurs canadiens pour la culture du soya, de l'avoine et du maïs.

Sous l'égide de l'ARCCC, les efforts de recherche de la Grappe du Soya, du Projet Avoine et du Projet Maïs ont abouti à la création de 32 nouvelles variétés de soya, de 16 nouvelles variétés d'avoine et de 21 nouvelles lignées parentales de maïs, toutes comportant une résistance accrue aux maladies, une meilleure qualité et des rendements plus élevés, pour le plus grand bénéfice des agriculteurs canadiens et des chaînes de valeur qu'ils fournissent.

32 nouvelles variétés de soya

16 nouvelles variétés d'avoine

21 nouvelles lignées parentales de maïs

Toute cette nouvelle génétique de pointe est maintenant à la disposition de l'industrie canadienne, un apport important aux producteurs qui auront ainsi accès à des variétés améliorées et à des nouvelles opportunités de marché afin de maintenir la compétitivité et la réactivité de ce secteur essentiel de l'économie canadienne.

CFCRA
CANADIAN FIELD CROP RESEARCH ALLIANCE

ARCCC
ALLIANCE DE RECHERCHE SUR LES CULTURES COMMERCIALES DU CANADA

Remerciements

Le financement de la Grappe du Soya, du Projet Avoine et du Projet Maïs, a été fourni en partie par le gouvernement du Canada dans le cadre du programme Agri-science du Partenariat canadien pour l'agriculture, une initiative fédérale, provinciale et territoriale, avec le soutien du secteur par l'entremise de l'Alliance de recherche sur les cultures commerciales du Canada (ARCCC). Les principaux organismes membres de l'Alliance sont : Atlantic Grains Council, Les Producteurs de grains du Québec, Grain Farmers of Ontario, Manitoba Crop Alliance, Manitoba Pulse & Soybean Growers, Saskatchewan Pulse Growers, Prairie Oat Growers Association, SeCan et FP Genetics. Pour le Projet Avoine, du financement supplémentaire des partenaires a été offert par des meuneries canadiennes, dont Grain Millers, General Mills, Richardson International Ltd et Emerson Milling. Pour le Projet Maïs, du financement supplémentaire a été offert par des organismes représentant l'industrie canadienne des fertilisants, notamment Fertilisants Canada et Nutrien. De plus, les partenaires BASF et Koch Agronomic Services ont offert du financement pour la Grappe soya et le Projet Maïs, respectivement, en 2018 et 2019.

Atlantic Grains Council

Producteurs de grains du Québec

Grain Farmers of Ontario

Manitoba Crop Alliance

SeCan — Canada's Seed Partner

Manitoba Pulse & Soybean Growers

Saskatchewan Pulse Growers

POGA — Prairie Oat Growers Association

FP Genetics

Grain Millers

General Mills

Emerson Milling Inc.

Richardson

Fertilizer Canada / Fertilisants Canada

Nutrien

Koch Agronomic Services

BASF — We create chemistry

Canadian Agricultural Partnership | Partenariat canadien pour l'agriculture

Canada

CFCRA
CANADIAN FIELD CROP RESEARCH ALLIANCE

ARCCC
ALLIANCE DE RECHERCHE SUR LES CULTURES COMMERCIALES DU CANADA

Pour plus d’information sur l’ARCCC, veuillez visiter le site www.fieldcropresearch.ca

Table des matières: Résumés des activités de recherche

Activité	Programme	Titre	Chercheur	Page
n° 2	Soya	Sélection génétique du soya de saison courte	Elroy Cober	6
n° 3	Soya	Satisfaire à la norme de protéines du tourteau de soya dans l'Ouest canadien	Elroy Cober	8
n° 4	Soya	Soutenir l'expansion du soya dans l'ouest et le nord du Canada	Leonid Savitch	10
n° 5	Soya	Soya pour régions nordiques – physiologie du rendement et de la résistance au froid	Rosalind Bueckert	12
n° 6	Soya	Sélection pour la résistance au nématode à kyste du soya (NKS) à l'aide de la sélection assistée par marqueurs	Louise O'Donoughue	14
n° 7	Soya	Sélection de lignées de soya résistant, à haut rendement et à grande valeur ajoutée, en utilisant du matériel génétique élite et exotique	Istvan Rajcan	15
n° 8	Soya	Sélection de variétés de soya ou de matériel génétique de soya de qualité alimentaire pour un rendement élevé, une meilleure qualité ou une résistance accrue aux parasites	Kangfu Yu	17
n° 9	Soya	Stratégies pour une gestion de lutte efficace et durable contre le phytophthora et les complexes de pourriture des racines du soya	Yong Min Kim	19
n° 10	Soya	Une nouvelle méthode de phénotypage précis et reproductible des isolats de *Phytophthora sojae* dans le soya	Richard Belanger	21
n° 11	Soya	Soya ultra-hâtif et tolérant aux herbicides	Elroy Cober	23
n° 1	Avoine	Utilisation des techniques de sélection, de la génomique et de la recherche agronomique pour améliorer le rendement et la qualité de l'avoine	Weikai Yan	24
n° 1	Maïs	Développement de lignées parentales de maïs de courte saison de croissance, tolérantes au froid et résistantes aux maladies	Aida Kebede	27
n° 2	Maïs	Avantages agronomiques et environnementaux pancanadiens du Programme de gestion des nutriments 4B appliqué à l'azote dans le maïs-grain	Mario Tenuta	29

La Grappe du soya – Activité n° 2

Titre: Sélection génétique du soya de saison courte
Chercheurs: Elroy Cober (Agriculture et Agroalimentaire Canada), Tom Warkentin (University of Saskatchewan) et Louise O'Donoughue (CÉROM)

Contexte

Cette activité de recherche visait à développer des cultivars de soya non génétiquement modifiés (non- OGM), à haut rendement, à maturité très précoce (groupes de maturité [GM] 00 et 000) conçus pour les régions à courtes saisons de croissance. On a aussi validé la performance des gènes de maturité précoce pour améliorer le processus de sélection.
L'activité de recherche a intégré trois programmes de sélection distincts sous une seule collaboration. Le chercheur Elroy Cober, Ph. D., du Centre de recherche et de développement d'Ottawa (AAC) a mis l'accent sur le développement de cultivars pour les zones de maturité 00 et il a fait les essais de la qualité alimentaire pour le marché d'utilisation finale du tofu. Le chercheur Tom Warkentin, Ph. D., du Crop Development Centre de l'Université de la Saskatchewan a mis l'accent sur l'adaptation à la zone 000. La chercheuse Louise O'Donoughue, Ph. D., du Centre de recherche sur les grains (CÉROM) a mis l'accent sur le développement de cultivars pour la zone GM 00, en plus d'appliquer des outils de biologie moléculaire pour comprendre les interactions génotype x environnement (GxE) de la maturité précoce.

Objectifs de recherche

1. Développer des cultivars de soya de saison courte adaptés aux zones de maturité 00 et 000 au Canada.
2. Tenir compte de la composition et de la fonction de l'utilisation finale, en développant spécifiquement des variétés de soya riches en protéines et possédant de bonnes qualités pour les marchés d'utilisation finale tels que celui du tofu.
3. Prendre en considération la résistance aux maladies majeures lors du développement de nouvelles variétés (pourriture phytophthoréenne des racines, nématode à kyste du soya [NKS], moisissure blanche).
4. Valider les gènes nouvellement identifiés qui gouvernent la maturité et évaluer leur performance dans diverses localités au Canada.

Faits saillants de la recherche (2018-2023)

Six (6) nouvelles variétés de soya ont été conçues et commercialisées* pour le marché de l'alimentation humaine et non OGM:

- **AAC Dale** (accordée à SeCan) a une pubescence grise et un hile jaune. C'est une variété du GM 00 précoce adaptée aux régions froides du Manitoba, de l'Ontario et du Québec.

- **OT16-06** (Agri Magic) a une pubescence grise et un hile jaune. C'est une variété GM 00 tardive pour régions froides du Manitoba, de l'Ontario et du Québec.

- **OT18-16** (CanGro Genetics) a une pubescence brune, un hile jaune imparfait, une teneur en protéines modérément plus élevée et un grain un peu plus gros. C'est une variété GM 0 précoce pour les régions froides de l'Ontario et du Québec.

- **OT18-09** (SeCan) a une pubescence grise, un hile jaune et des graines plus grosses que la moyenne. C'est une variété du GM 00 précoce pour les régions froides du Manitoba, de l'Ontario et du Québec. Semi-tolérante à la chlorose de la carence en fer dans les essais provinciaux du Manitoba.

- **OT18-15** (SeCan) a une pubescence brune et un hile jaune imparfait. C'est une variété GM 0 précoce pour les régions froides de l'Ontario et du Québec.

- **OT18-01** (CanGro Genetics) a une pubescence grise, un hile jaune et des grains plus gros que la moyenne. C'est une variété GM 00 tardive adaptée pour les régions froides du Manitoba, de l'Ontario et du Québec.

En plus du développement des six nouvelles variétés de soya, une pépinière pour tester la résistance au sclérotinia a été établie à Harrington (Î.-P.-É.) pour faciliter la sélection de matériel résistant à la pourriture sclérotique (*Sclerotinia sclerotiorum*).

*Trois autres lignées de soya sont en bonne voie d'être certifiées dans le cadre d'un processus de demande de propositions de variétés d'AAC en mars 2023. Toutefois, l'intérêt des compagnies semencières ne sera connu qu'après la finalisation de ce rapport.

La Grappe du soya – Activité n° 3

Titre: Satisfaire à la norme de protéines du tourteau de soya dans l'Ouest canadien

Chercheur: Elroy Cober, Agriculture et Agroalimentaire Canada

Contexte

En général, le soya cultivé dans l'Ouest du Canada contient moins de protéines que celui provenant de l'est du pays. Cela peut entraîner une baisse du prix du soya de l'ouest. Cette activité de recherche examine les différences de protéines des graines de soya à travers le Canada afin de déterminer la relation protéine-rendement dans un intervalle de teneur en protéines suffisamment grand pour satisfaire aux normes applicables au tourteau de soya de l'ouest du pays.

Objectifs et approches de recherche

La faible teneur en protéines des graines de soya cultivées dans l'Ouest canadien peut donner lieu à un tourteau de soya qui n'atteint pas la norme protéique minimum. Les objectifs de cette étude étaient de quantifier les effets des différentes pratiques agronomiques et de la variation de la composition des graines entre le soya cultivé dans l'est et dans l'ouest du pays, et de déterminer le coût de production pour hausser la teneur en protéines du soya dans l'ouest.

Des essais agronomiques ont été menés sur 20 lignées de soya avec des teneurs en protéines variant de faible à riche. Elles ont été cultivées dans e nombreux sites dans l'est et dans l'ouest du Canada ainsi que sur plusieurs saisons. La teneur en protéines des graines et les rendements ont été mesurés pour évaluer les effets environnementaux sur la protéine.

Une lignée de soya qui ne forme pas de nodule a été utilisée comme témoin afin d'évaluer la contribution d'azote provenant du sol contribuant à la teneur en protéines des graines, étant donné que tout l'azote absorbé par cette lignée – et transformé en protéines – ne provient que du sol.

De plus, une étude génomique a été menée sur dix de ces lignées pour déterminer les différences d'expression génique des gènes associés au développement des protéines de la graine. On a fait appel à l'ontologie génétique pour examiner les systèmes de composition des graines et identifier les gènes les plus différentiellement exprimés qui sont actifs dans la synthèse de ces protéines.

Faits saillants de la recherche (2018-2023)

La qualité des protéines des graines, mesurée par le rapport 11S:7S, était plus élevée dans l'Ouest canadien (2,72) que dans l'Est du Canada (2,51). Cependant, la concentration moyenne en protéines des graines – sur la base de matière sèche – était significativement plus élevée dans les sites de l'Est (41,6 %) comparativement aux sites à l'est des Prairies (39,3 %) et ceux des Prairies (39,7 %). Aucun méga environnement distinct est-ouest n'explique ces différences : un génotype riche en protéines est riche en protéines partout au Canada. À chaque augmentation d'un pour cent de la teneur en protéines des graines, le rendement a chuté de 45,3 kg/ha dans les sites de l'Est, de 53,1 kg/ha dans l'est des Prairies et de 78,4 kg/ha dans les Prairies. Les producteurs et les sélectionneurs pourraient devoir sélectionner des génotypes à plus forte teneur en protéines – mais au prix d'un rendement plus faible – si l'industrie du soya n'est pas en mesure d'exploiter l'avantage de la qualité des protéines produites dans l'Ouest.

Pour comprendre l'écart dans la teneur en protéines des graines entre le soya cultivé dans l'Est et celui de l'Ouest, les techniques ARN-seq et analyse différentielle de l'expression génique des gènes de transport du sucre ont été utilisées. En effet, le transport du sucre est associé à un locus protéique quantitatif (QTL) majeur. Trente-quatre (34) gènes de transport de sucre différentiellement exprimés (GmSWEET), y compris GmSWEET29 et GmSWEET34, ont été constamment régulés à la hausse dans les 10 génotypes de chacun des sites de l'ouest pendant 3 ans. Les gènes de transport du sucre GmSWEET29 et GmSWEET34 sont probablement des candidats sous-jacents à la faible teneur en protéines des graines du soya de l'ouest. GmSWEET20 a été quelque peu régulé à la baisse dans les régions ouest et peut également jouer un rôle dans la baisse de la teneur en protéines des graines.

Une analyse différentielle de l'expression génique a également été effectuée sur les 3 variétés de soya à teneur élevée en protéines totales et les 3 plus faibles, ainsi que sur les variétés de soya 11S à teneur élevée et faible. Les 15 gènes les plus régulés à la hausse et les 15 gènes les plus régulés à la baisse ont été extraits de l'ensemble de données d'expression de chaque site-année (n = 10) et comparés pour créer des listes restreintes des gènes les plus systématiquement exprimés de manière différentielle. Ces gènes ont été évalués par ontologie génique afin d'obtenir une appréciation globale des gènes communs exprimés de manière différentielle. Les gènes jouant un rôle dans la voie métabolique des lipides et la voie métabolique des glucides ont été exprimés de manière différentielle dans le soya à haute teneur en protéines totales et à haute teneur en 11S par rapport à leurs homologues à faible teneur en protéines totales et à faible teneur en 11 S. Les différences d'expression étaient cohérentes entre les emplacements est et ouest à l'exception d'un seul, le Glyma.03G054100.

La Grappe du soya – Activité n° 4

Titre: Soutenir l'expansion du soya dans l'ouest et le nord du Canada
Chercheur: Leonid Savitch, Agriculture et Agroalimentaire Canada

Contexte

L'expansion de la culture du soya vers l'ouest et le nord du Canada entraîne une exposition fréquente et prolongée des cultures à des températures fraîches. Cette exposition à des nuits fraîches et à des températures jour/nuit extrêmes – en particulier au moment de la floraison – peut entraîner la stérilité florale, une réduction de la formation des gousses et des graines, un retard de maturité, une altération de la composition des graines. Ainsi, le rendement des cultures peut être considérablement réduit.

Cette activité de recherche visait à faire la caractérisation et l'évaluation de lignées de soya pour leur aptitude à être cultivées en régions plus froides plus à l'ouest et plus au nord du pays, notamment en Saskatchewan. Le résultat de ce travail a approfondi notre connaissance de base des mécanismes et de la régulation de la tolérance au stress du froid du système photosynthétique du soya et son acclimatation à ces conditions. En plus, une meilleure connaissance a été acquise des mécanismes et de la régulation du retard de la phase de reproduction causée par l'exposition au froid, ainsi que de la régulation du métabolisme du carbone et de la répartition du carbone affecté par le froid.

Objectifs de recherche

1. Identifier les mécanismes associés à une meilleure tolérance photosynthétique du soya au stress du froid et au retard limité de la maturation induit par les températures basses.
2. Caractériser des variétés de soya conventionnelles à maturité précoce (GM 00 à 000) pour leur tolérance différentielle à la réduction de la photosynthèse en raison de la rétroaction induite par des températures nocturnes basses ; ainsique les effets sur la répartition et l'exportation différentielles du carbone, la mobilisation de l'amidon et le retard différentiel induit par les basses températures dans le développement de la reproduction et de la maturité, et sur la productivité.
3. Développer, concevoir et évaluer des tests de dépistage efficaces pour détecter la tolérance de la photosynthèse du soya au stress du froid et identifier les phénotypes exhibant une floraison et une maturité insensibles aux basses températures.
4. Identifier du germoplasme de soya avec une tolérance accrue au stress du froid et adapté à la culture en Saskatchewan et au Manitoba.

Faits saillants de la recherche (2018-2023)

Dix-neuf (19) variétés de soya à maturité précoce ont été cultivées dans des environnements contrôlés –en conditions de jours longs – et ont été évaluées pour leur réponse au stress du froid nocturne et leur acclimatation aux basses températures nocturnes (nuits froides du stade V1 à pleine maturité). Voici un aperçu des données enregistrées :

- Taux de photosynthèse, respiration, transpiration, efficacité d'utilisation de l'eau, état redox du chloroplaste, transport linéaire d'électrons et conductance stomatique dans des conditions de croissance, dans des conditions de lumière saturée et des conditions saturées de lumière et de CO_2.
- Accumulation diurne d'amidon foliaire et dégradation nocturne de l'amidon.
- Rétention diurne des sucres solubles foliaires et exportation nocturne des sucres solubles dans des feuilles donneuses pleinement développées au stade R3.

Les résultats indiquent que la dégradation nocturne de l'amidon foliaire et l'exportation des glucides sont supprimés par les températures nocturnes basses, et que la performance photosynthétique et le rendement des accumulateurs d'amidon et des exportateurs nocturnes de glucides sont aussi affectés.

L'acclimatation au froid des variétés de soya depuis les premiers stades de développement de la plante (stade de croissance V1 jusqu'à pleine maturité) et cultivées dans des conditions de jours longs, a conduit à la différenciation du matériel génétique en fonction du phénotype de croissance, du nombre de jours jusqu'à maturité, du développement reproducteur et de la composition des graines. La tolérance supérieure au stress du froid des variétés de soya à maturité précoce était associée à des changements minimes du nombre de jours jusqu'à maturité, du nombre de gousses, du rendement, du poids spécifique et d'une teneur accrue en protéines des graines.

La différenciation du germoplasme du soya n'était possible que lorsque les températures nocturnes chutaient à 10 °C ou moins. Sinon, toutes les variétés ont conservé les mêmes phénotypes de maturité et de croissance.

Il a été constaté que la croissance dans des conditions de jours courts atténue les effets négatifs de l'acclimatation aux basses températures nocturnes constatés lors de la culture dans des conditions de jours longues. Donc, ceci a mis en évidence la nature interactive de l'acclimatation au froid et de la photopériode sur la maturité, le phénotype de la plante et la composition des graines.

La grappe du soya – Activité n° 5

Titre: Soya pour régions nordiques – physiologie du rendement et de la résistance au froid

Chercheur: Rosalind Bueckert, University of Saskatchewan

Contexte

Des cultivars de soya des GM précoces 00 et 000 sont disponibles dans l'industrie, dont beaucoup ont une résistance aux herbicides ou des traits d'identité préservés (IP), mais leur culture reste un défi pendant les années fraîches ou sèches. L'Ouest canadien est un environnement semi-aride dépourvu de trois facteurs environnementaux importants : des journées chaudes, des nuits chaudes et de l'eau. Ce projet s'est concentré sur la description des résultats de croissance et de rendement de trois sous-groupes de variétés : « Early 00 » (hâtifs 00), « Ultra Early 00" (ultra hâtif 00) et « Super Ultra Early 000" (super ultra hâtif 000).

Ce projet a permis d'évaluer les effets des températures fraîches et du stress abiotique sur le processus de formation du rendement dans une gamme de variétés de soya adaptées à des saisons très courtes, incluant le meilleur du matériel génétique de courte saison des programmes de sélection du soya à courte saison du chercheur Tom Warkentin du Centre de développement des cultures à l'Université de la Saskatchewan et du chercheur Elroy Cober du Centre de recherche et de développement d'AAC à Ottawa.

L'objectif était d'évaluer les effets des températures fraîches et du stress sur la formation du rendement au champ afin d'identifier les traits clés pour l'amélioration variétale, de sorte que la production de soya dans les régions plus au nord puisse mieux tolérer le froid.

Approches de recherche

- Le développement des variétés hâtives de soya a été suivi tout au long de la saison de croissance en fonction du cumul des unités thermiques et de la disponibilité en eau. La performance physiologique du soya dans le nord de la Saskatchewan a été étudiée durant plusieurs saisons de croissance, de 2018 à 2023.
- La progression de la phase reproductive a été suivie, les limitations à la reproduction ont été identifiées et les composantes du rendement ont été mesurées.

Résultats de recherche (2018-2023))

- La progression du soya en fonction du cumul de la chaleur est suivie à l'aide des unités thermiques maïs (UTM). Un manque d'eau (moins de 100 mm de précipitations cumulées jusqu'au R1) peut retarder la progression des plantes jusqu'à la reproduction. Dans certaines années sèches, des retards de près de 1000 UTM peuvent survenir. Habituellement, le soya de l'Ouest canadien nécessite entre 2250 et 2500 UTM pour atteindre la pleine maturité. En Saskatchewan, on est près des 2300 UTM vers le stade R8 (maturité). Cette étude a révélé que 900 à 920 UTM sont nécessaires pour atteindre le stade floraison (R1).

- Les trois sous-groupes, Early 00, Ultra Early 00 et Super Ultra Early 000 se sont avérés avoir un développement de nœuds et de branches similaires, bien que les variétés des groupes Ultra Early et Super Ultra Early étaient plus luxuriantes, avec plus de branches. Au cours des saisons de bonnes pluviométries, les rendements étaient souvent similaires pour les trois sous-groupes.

- On a constaté que les branches latérales apportaient un rendement supplémentaire dans les cultivars 000 et 00. Par contre, pendant les années de sécheresse, le manque d'eau compromettait le rendement et les plants comptaient moins de branches et moins de gousses par branche.

- Les cultivars de soya 000 ont produit plus que les cultivars 00 en période de sécheresse parce que la plupart des cultivars 000 mûrissent plus tôt et évitent ainsi le pire de la sécheresse. Bien qu'ils soient plus petits en apparence, les 000 ont donné de meilleurs rendements. Les cultivars indéterminés 00 peuvent faire mieux les années où les pluies régulières reviennent en août.

- Nos recommandations pour la culture du soya dans les régions plus fraîches ou plus sèches : Envisagez de commencer avec des cultivars de zone 000. Au fur et à mesure que la confiance, l'expérience et la pluviométrie s'améliorent, essayez d'introduire des cultivars 00 plus tardifs. Alors que la teneur en protéines des variétés de soya plus hâtives peut être plus faible, les sélectionneurs s'efforcent d'y apporter des améliorations.

La grappe du soya – Activité n° 6

Titre: Sélection pour la résistance au nématode à kyste du soya (NKS) à l'aide de la sélection assistée par marqueurs
Chercheur: Louise O'Donoughue, CÉROM

Contexte

Le nématode à kyste du soya (NKS) est un important ravageur du soya, signalé pour la première fois en Ontario en 1988, puis trouvé au Québec et au Manitoba. Bien qu'il existe des variétés de soya résistantes au NKS disponibles en Amérique du Nord, la plupart d'entre elles ont été sélectionnées pour des maturités plus tardives, de sorte qu'il n'y a pas autant de variétés disponibles pour les zones de maturité propres au Canada (en particulier au Manitoba et au Québec). Plus inquiétants encore, 90 % des variétés résistantes au NKS ont été développés à partir d'une seule source de résistance (PI88788), et certaines populations de NKS auraient déjà surmonté cette résistance.

Le but de cette activité de recherche était de développer des variétés hâtives résistantes au NKS – donc mieux adaptées aux régions canadiennes (GM 1 et 00) – et cela en utilisant la sélection assistée par marqueurs.

Faits saillants de la recherche (2018-2023)

- Depuis 2018, 156 lignées de soya avancées ont été testées avec 2 types de populations de NKS, et la résistance a été confirmée dans 37 de celles-ci. Ces lignées sont issues de croisements de 1re génération, utilisant du matériel très « exotique » et peu performant du point de vue agronomique.
- Ces lignées prometteuses, résistantes au NKS sont ensuite utilisées dans des croisements de 2e génération pour développer un matériel agronomiquement plus intéressant.
- Entre 2018 et 2023, 67 nouveaux croisements de 2e génération ont été réalisés, et ce matériel est maintenant rendu à divers stades de développement.
- Parallèlement, le matériel est génotypé avec les marqueurs des deux principaux gènes de résistance (Rhg1 et Rhg4), ainsi qu'avec des gènes de maturité hâtive, afin d'accroître la fréquence allélique des gènes souhaités par élimination des plants dépourvus des gènes de maturité et de résistance souhaitées.
- Grâce à ce processus, environ 16 800 plants ont été testés. La sélection assistée par marqueurs a réduit ce nombre à environ 3766 plants qui devraient manifester la résistance recherchée au NKS.

La grappe du soya – Activité n° 7

Titre: Sélection de lignées de soya résistant, à haut rendement et à grande valeur ajoutée, en utilisant du matériel génétique élite et exotique
Chercheur: Istvan Rajcan, University of Guelph

Contexte

Cette activité de recherche visait à développer des variétés de soya de qualité alimentaire non génétiquement modifiées (non-OGM), avec des rendements accrus, une résistance aux maladies et des caractéristiques commerciales souhaitées pour les GM 1 et 00. Plus précisément, ces nouvelles variétés de soya ont été développées avec les priorités suivantes :

1. Rendements élevés, améliorés en incorporant de nouveaux allèles provenant de sources canadiennes élites et exotiques tels que les variétés chinoises modernes.
2. Valeur accrue et conçue pour les marchés à valeur ajoutée – y compris les propriétés améliorées du tofu et de la boisson de soya, la teneur élevée en saccharose, en saponine, en isoflavones et des profils d'huile modifiés pour les marchés des aliments santé et des bioproduits.
3. Résistance accrue à la pourriture blanche.

Faits saillants de la recherche (2018-2023)

- Entre 2018 et 2023, **dix-neuf (19) nouveaux cultivars de soya** ont été conçus et enregistrés en tant que variétés certifiées de qualité alimentaire auprès de l'Association canadienne des producteurs de semences (ACPS).

- Les principales caractéristiques de ces variétés sont énumérées dans le tableau suivant.

Nom commercial	Licence accordée à	Maturité relative	Description
OAC Rush	SeCan	1.0	Variété de qualité alimentaire résistante au NKS avec des niveaux de rendement très élevés pour sa maturité
OAC Kamran	SeCan	0.6	Variété de qualité alimentaire avec hile jaune imparfait, excellente tenue, résistance au NKS et avec cote de tolérance modérée à la pourriture phytophthoréenne des racines. Combinaison compétitive de haut rendement et de haute teneur en protéines pour producteurs et exportateurs de soya IP
OAC Aberdeen	Huron Commodities	1.6	Variété de qualité alimentaire à haut rendement avec hile jaune imparfait et résistance au NKS
OAC Attika	CanGro Genetics	0.4	Variété de qualité alimentaire à haut rendement avec hile jaune imparfait
OAC Almond	CanGro Genetics	0.1	Variété de qualité alimentaire à haut rendement avec hile jaune imparfait
OAC Bryce	SeCan	0.8	Variété de qualité alimentaire avec un hile jaune imparfait et des niveaux de rendement élevés pour les marchés non-OGM à basses protéines
OAC Hastings	SeCan	0.5	Variété de qualité alimentaire avec hile jaune imparfait et d'une maturité légèrement plus tardive que OAC Strive
OAC Shine	SeCan	0.5	Variété de qualité alimentaire et à haute teneur en protéines (44,3 %)
OAC Dawn	SeCan	0.8	Soya conventionnel à hile brun clair, forte teneur en protéines et rendement compétitif
OAC Casey	SeCan	0.9	Variété de qualité alimentaire à hile jaune imparfait et bonne tolérance au champ à la pourriture phytophthoréenne des racines
OAC Malory	SeCan	1.0	Variété de qualité alimentaire à hile jaune avec résistance au NKS. Maturité légèrement plus courte que OAC Avatar avec une teneur en protéines plus élevée, mais la grosseur du grain est comparable
OAC Elevation	SeCan	1.3	Variété de qualité alimentaire à hile jaune imparfait, grosses graines, forts rendements, teneur élevée en protéines (44 %)
OAC Cooper	CanGro Genetics	00.7	Variété de qualité alimentaire à hile jaune et à haut rendement
OAC Bounty	CanGro Genetics	0.7	Variété de qualité alimentaire à hile jaune imparfait, à haut rendement, avec une résistance à la pourriture phytophthoréenne des racines
OAC Acclaim	CanGro Genetics	0.5	Variété de qualité alimentaire à hile jaune imparfait, haut rendement, résistance élevée à la pourriture phytophthoréenne des racines et teneur en protéines supérieure à la moyenne
OAC Ambrose	SeCan	0.7	Variété de qualité alimentaire à hile jaune, bonne tenue et rendement très compétitif
OAC Carson	SeCan	0.4	Variété de qualité alimentaire à hile jaune imparfait, bonne tolérance au champ à la pourriture phytophthoréenne des racines et date de maturation et teneur en protéines comparables à OAC Strive, mais graines légèrement plus petites
OAC Bruno	SeCan	0.6	Variété de qualité alimentaire à hile jaune imparfait, haut rendement, résistance au NKS, pour les marchés non-OGM à basses protéines
OAC Moria	CanGro Genetics	0.5	Variété de qualité alimentaire à hile jaune imparfait, excellente résistance à la verse et bonne tolérance à la pourriture phytophthoréenne des racines

La grappe du soya – Activité n° 8

Titre: Sélection de variétés de soya ou de matériel génétique de soya de qualité alimentaire pour un rendement élevé, une meilleure qualité ou une résistance accrue aux parasites

Chercheurs: Owen Wally et Kangfu Yu *(à la retraite),* Agriculture et Agroalimentaire Canada

Contexte

Cette activité de recherche visait le développement de variétés de soya de qualité alimentaire non génétiquement modifiées (non-OGM) pour les GM 2 à 2,5 ; avec des rendements accrus et une résistance au NKS.

Cette recherche visait également le développement de germoplasmes de soya de qualité alimentaire avec des qualités distinctives pour des marchés de niche, tels que l'exigence de lipoxygénase faible ou nulle pour les boissons de soya, ainsi que pour des profils protéiques spécifiques pour utilisations en alimentation et en transformation alimentaire.

Faits saillants de la recherche (2018-2023)

Sept (7) nouveaux cultivars de soya ont été développés et enregistrés comme variétés certifiées de qualité alimentaire auprès de l'Association canadienne des producteurs de semences (ACPS) – voir le résumé dans le tableau suivant.

En plus du développement de nouvelles variétés de soya, du matériel génétique de spécialité a également été conçu et enregistré auprès de Ressources phytogénétiques du Canada. Ce germoplasme de soya de spécialité offre un matériel génétique de grande valeur qui peut être utilisé par d'autres sélectionneurs de soya, publics et privés. Ils peuvent ainsi incorporer des caractères d'intérêt dans leurs programmes de sélection et soutenir davantage la croissance de l'industrie canadienne du soya.

Nom commercial	Maturité relative	Description
AAC Wigle	2.2	Variété de qualité alimentaire à hile jaune, à haut rendement, riche en protéines, grosses graines, résistance au NKS, teneur en protéines de 45,8 %, avec qualité de transformation acceptable pour les marchés étrangers et nationaux du tofu, boisson de soya et miso. Bien adaptée aux régions S-O de l'Ontario comptant 3200 UTM ou plus
AAC Big Ben	2.3	Variété de qualité alimentaire à hile jaune, à haut rendement, résistance au NKS, avec qualité de transformation acceptable pour les marchés étrangers et nationaux du tofu, boisson de soya et miso. Adaptée aux régions S-O de l'Ontario à 3300 UTM ou plus
AAC McRae	2.2	Variété de qualité alimentaire à hile jaune, à haut rendement, une teneur élevée en protéines, excellente résistance au NKS et au syndrome de la mort subite, avec qualité de transformation acceptable pour les marchés étrangers et nationaux du tofu, boisson de soya et miso. Adaptée aux régions S-O de l'Ontario comptant 3100 UTM ou plus
AAC Nancy	2.5	Variété de qualité alimentaire à hile jaune, haut rendement, grosses semences, teneur élevée en protéines, excellente résistance au NKS et au syndrome de la mort subite
AAC Richard	2.3	Variété de qualité alimentaire à hile jaune, teneur élevée en protéines, résistance au NKS, avec bonne qualité de transformation pour les marchés étrangers et nationaux du tofu, de boisson de soya et de miso. Adaptée aux régions S-O de l'Ontario à 3100 UTM ou plus
OX-221	2.5	Variété de qualité alimentaire à hile jaune imparfait, à haut rendement, bonne résistance au champ au NKS, destinée aux marchés du tofu et boisson de soya
OX-222	2.5	Variété de qualité alimentaire à hile jaune, à haut rendement, résistance au NKS, destinée aux marchés du tofu et de boisson de soya

La grappe du soya – Activité n° 9

Titre: Stratégies pour une gestion de lutte efficace et durable contre le phytophthora et les complexes de pourriture des racines du soya

Chercheurs: Yong Min Kim, Agriculture et Agroalimentaire Canada; Stephen Strelkov, University of Alberta; et Debbie McLaren (*à la retraite*), Agriculture et Agroalimentaire Canada

Contexte

Cette activité de recherche visait à étendre à travers le Canada les campagnes de dépistage des agents pathogènes des racines du soya, actuels et émergents. Ceci en vue d'améliorer les activités de transfert de connaissances et de technologie pour aider les agriculteurs et l'industrie à adopter des stratégies novatrices de gestion des maladies du soya.

Objectifs et approches de recherche :

1. Effectuer le dépistage des pathogènes actuels et nouveaux des racines du soya et du NKS à la grandeur du Canada.

2. Surveiller la propagation du syndrome de la mort subite (SMS) en Ontario et établir une pépinière à maladies pour dépister la tolérance du soya à celui-ci.

3. Utiliser une analyse PCR avancée sur les pathogènes de la pourriture des racines afin de permettre une quantification précise de l'ADN cible.

Faits saillants de la recherche (2018-2023)

- Des campagnes annuelles de dépistage ont été effectuées dans 160 champs à travers le pays (Alberta, Saskatchewan, Manitoba, Ontario, Québec et Île-du-Prince-Édouard).

- La présence de la pourriture des racines a été confirmée dans 100 % des champs visités.

- Les résultats indiquent que la pourriture des racines était principalement causée par groupe d'espèces du genre Fusarium (*F. oxysporum, F. redolens, F. graminearum, F. solani, F. avenaceum* et *F. acuminatum),* ainsi que par une espèce nouvellement identifiée (*Macrophomina phaseolina*).

- La pathogénicité de ces principales espèces a été évaluée sur un groupe de 20 cultivars de soya. Le niveau de résistance variait, suggérant la faisabilité d'une approche d'empilage de gènes pour leur conférer la résistance à la pourriture fusarienne des racines et au flétrissement fusarien.

- Le NKS n'a pu être identifié à des niveaux quantifiables dans aucun des échantillons de sol provenant de l'extérieur de l'Ontario (55 au total), ce qui indique une progression plutôt lente du NKS vers les nouvelles zones de production de soya.

- Des pépinières de dépistage du SMS ont été établies aux stations d'AAC Harrow et dans un champ infecté près de Chatham, en Ontario. Un certain nombre de lignées ont été testées sur ces sites de 2020 à 2022 (57, 110 et 127 variétés). Elles ont manifesté divers niveaux de tolérance.

- Une technique de diagnostic moléculaire avancée – basée sur la technologie PCR (ddPCR)– a été appliquée aux espèces prédominantes du complexe Fusarium, permettant une quantification précise de ces pathogènes au champ. Une expansion de ceux-ci est observée.

- Dans l'ensemble, les résultats de cette activité de recherche ont permis de mieux comprendre l'incidence et la propagation des pourridiés des racines associés au complexe d'espèces du Fusarium et d'autres agents pathogènes émergents. Ces résultats peuvent faciliter l'élaboration de stratégies de gestion de ces maladies affectant le soya partout au Canada.

La grappe du soya – Activité n° 10

Titre: Une nouvelle méthode de phénotypage précis et reproductible des isolats de Phytophthora sojae dans le soya
Chercheur: Richard Bélanger, Université Laval

Contexte

La pourriture phytophthoréenne, causée *Phytophthora sojae*, est l'une des maladies les plus dévastatrices du soya au Canada.

La méthode actuelle de phénotypage du *Phytophthora sojae* pour en déterminer le profil de virulence (l'essai d'hypocotyle) est sévèrement limitée.

L'activité de recherche visait à surmonter ces limitations en développant le premier phénotypage complet des isolats de *P. sojae* présents dans les champs de soya canadiens grâce à un nouveau bio-essai hydroponique fiable et des outils moléculaires novateurs.

Faits saillants de la recherche (2018-2023)

- Un bio-essai hydroponique novateur a été mis au point pour évaluer la réponse du soya à *Phytophthora sojae* avec une meilleure précision et reproductibilité, autant pour les gènes de résistance verticaux (gènes Rps) que les gènes de résistance horizontaux.

- Un lien direct a été établi entre les signatures génomiques et les phénotypes des isolats de *P. sojae* pour identifier rapidement et précisément les profils de virulence contre les gènes Rps.

Faits saillants de la recherche (2018-2023)

- Un outil moléculaire a été développé pour permettre le diagnostic simultané de six gènes d'avirulence dans chaque isolat de *P. sojae*, correspondant aux gènes Rps les plus courants (1a, 1 b, 1 c, 1 k, 3 a, 6).

- Des dépistages exhaustifs de la présence de *P. sojae* dans les champs de soya ont été réalisés en Alberta, en Saskatchewan, au Manitoba, en Ontario, au Québec et dans les provinces atlantiques en 2018, 2019 2020 et 2021.

- L'utilisation commerciale de l'outil de diagnostic moléculaire est devenue disponible pour la première fois en 2022, pour dépister les pathotypes de *P. sojae* dans des champs de soya.

- Une carte détaillant la distribution et les caractéristiques (modèles de virulence) des isolats de *P. sojae* dans les régions productrices de soya au Canada a été préparée.

La grappe du soya – Activité n° 11

Titre: Soya ultra-hâtif et tolérant aux herbicides
Chercheur: Elroy Cober, Agriculture et Agroalimentaire Canada

Contexte

Cette activité de recherche s'est concentrée sur le développement de cultivars de soya à maturité précoce pour l'Ouest canadien et sur l'identification et la validation des gènes de maturité précoce utiles aux sélectionneurs pour améliorer le rendement. Cette activité visait à créer des cultivars génétiquement modifiés (OGM) tolérants aux herbicides (HT) et adaptés aux régions à saison très courte du Canada (GM 00 et 000).

Objectifs et approches de recherche

Le but de cette activité de recherche est le développement de cultivars de soya ultra-hâtifs qui possèdent une tolérance aux herbicides. Cette activité utilise une combinaison d'approches de sélection et de génomique, où les lignées parentales potentielles sont génotypées pour une maturité précoce. Par la suite, des méthodes de sélection traditionnelles étaient prévues pour introgresser le caractère génétique « RR2X » (Roundup Ready 2 Xtend®) dans les lignées à maturité précoce.

Faits saillants de la recherche (2018-2023)

Les longues négociations pour pouvoir utiliser la technologie « RR2X » ont entraîné des retards et empêché la diffusion de nouvelles variétés de soya ultra précoces et tolérantes aux herbicides au cours de cette période de cinq ans – de 2018 à 2023. Néanmoins, des progrès marquants ont été réalisés en utilisant la génomique appliquée pour identifier le matériel et les marqueurs appropriés de la maturité précoce. Un certain nombre de gènes candidats ont été identifiés pour les locus de maturité E7 et E8, et des marqueurs diagnostiques KASP ont été conçus et testés pour ces gènes candidats.

L'approche génomique, appelée « Boîte à outils de diagnostic de maturité », a été conçue et utilisée pour génotyper plus de 250 cultivars et nouvelles lignées parentales potentielles en fonction de la période de floraison et des loci/gènes de maturité, du mode de croissance et de la résistance au nématode à kyste du soya (NKS).

Projet Avoine – Activité n° 1

Titre: Utilisation des techniques de sélection, de la génomique et de la recherche agronomique pour améliorer le rendement et la qualité de l'avoine

Lead Researchers: Weikai Yan, Wubishet Bekele, Baoluo Ma & Nick Tinker (à la retraite), Agriculture et Agroalimentaire Canada

Contexte

Ce projet de recherche visait à améliorer le rendement et la qualité de l'avoine canadienne grâce à un ensemble complet d'objectifs qui permettraient de développer de nouveaux cultivars d'avoine, d'améliorer les processus de sélection génomique dans les programmes de sélection et de développer du matériel génétique résistant à la rouille couronnée pour l'avoine. Cette activité a également exploré les pratiques agronomiques pour accroître les rendements et faire en sorte de produire une haute qualité céréalière stable dans tout le pays.

Objectifs et approches de recherche

Ce projet de recherche comportait trois volets distincts – la sélection classique, la sélection génomique et l'agronomie, avec les objectifs suivants :

- Développer de nouveaux cultivars d'avoine pour l'est du Canada avec un meilleur rendement en grain et une meilleure qualité meunière pour les utilisateurs finaux.
- Améliorer la performance des programmes de sélection de l'avoine aux sites d'AAC d'Ottawa (ON) et de Brandon (MB), par l'utilisation d'outils et d'approches génomiques modernes.
- Établir les quantités optimales d'azote, les meilleures méthodes pour l'appliquer, ainsi que la densité idéale de semis pour optimiser la production d'avoine dans les zones productrices au Canada.

Faits saillants de la recherche (2018-2023)

Les efforts de sélection ont abouti à la création et à la commercialisation de 16 nouveaux cultivars d'avoine entre 2018 et 2023. Parmi ceux-ci, 5 sont adaptés au méga environnement ME1 (sud et est de l'Ontario), 8 le sont au ME2 (nord de l'Ontario, Québec et Maritimes) et 3 au ME3 (Prairies canadiennes).

Les quatre (4) cultivars lancés en 2019 ont déjà eu un impact significatif sur la production d'avoine en Ontario et au Québec. En outre, « AAC Excellence » a démontré un rendement, une qualité de grain et des niveaux de β-glucane supérieurs. Il est inscrit comme la meilleure variété d'avoine sur la liste de recommandation du Québec en 2023. « AAC Reid » a démontré un rendement supérieur de 25 % à la moyenne des essais du Comité ontarien des céréales dans ME1, ainsi qu'une qualité supérieure du grain et de la composition, une bonne tenue à la verse et la résistance à de multiples maladies (rouille couronnée, virus de la jaunisse nanisante et oïdium). « AAC Chandler », de son côté, est l'une des avoines les plus productrices du nord de l'Ontario (ME2). Les nouveaux cultivars plus récents – qui devraient être encore meilleurs – n'ont pas encore pu démontrer leur impact. On s'attend à ce qu'ils performent très bien dans les années à venir.

La sélection génomique (SG) a été introduite dans le programme de sélection à AAC Ottawa et à AAC Brandon en complément à la sélection visuelle traditionnelle. La SG s'est avérée efficace dans la sélection pour le rendement et la teneur en β-glucane. Deux des 16 cultivars développés dans le cadre de cette activité faisaient partie des quelque 60 lignées sélectionnées par prédiction génomique en 2017 en parcelle d'observation. Alors que « OA1655-1' avait également été sélectionné visuellement, « OA1675-1GS » avait d'abord été rejeté visuellement en raison de sa trop grande taille.

Des études agronomiques sur la fertilisation optimale azotée (N) pour l'avoine ont révélé que la dose N économique maximale au Canada était en moyenne de 127 kg/ha aux prix du marché* et variait selon le lieu et les années. Les rendements estimés grâce à une fertilisation N optimale sont de 5560 kg/ha dans l'ouest du pays et de 6240 kg/ha dans l'est. La dose N optimale diminue à mesure que le coût des engrais azotés augmente. Il a également été constaté que le fractionnement de la dose d'azote améliore l'efficacité de son utilisation par la culture

*le prix du grain et le coût de l'azote sont utilisés dans les calculs économiques pour les études d'efficacité ont variés au cours de l'étude. Pour la période 2018-2019 : avoine 246 $/tonne, azote 750 $/tonne. Pour la période suivante 2020-2023 : avoine 400 $/tonne, azote 2200 $/tonne.

Des études sur la densité de peuplement ont révélé que la dose de semis optimale pour l'avoine est de 420 graines/m2 pour l'est du Canada, ce qui est considérablement plus élevé que la dose recommandée par le MAAARO, soit 200 à 300 graines/m2 pour l'Ontario.

Entre 2018 et 2023, 16 nouveaux cultivars d'avoine ont été développés et commercialisés pour l'est du Canada.

Nom commercial	Accordé à	Adapté à*	Description
AAC Excellence	Eastern Grains	ME2	Rendement, qualité du grain et niveaux de β-glucane supérieurs. Cultivar d'avoine en tête de liste des recommandations à l'enregistrement au Québec pour 2023
AAC Reid	SeCan	ME1	Rendement, qualité du grain et teneur en β-glucane supérieurs ; grande résistance à la verse et à plusieurs maladies ; rendement 25 % plus élevé que la moyenne des essais provinciaux dans les zones 2 et 3 de l'Ontario
AAC Stature	SeCan	ME1	Bon rendement et qualité du grain, grande facilité de battage et de nettoyage, rendement 20 % plus élevé que la moyenne des essais provinciaux dans les zones 2 et 3 de l'Ontario
AAC Chandler	SeCan	ME2	Rendement, teneur en β-glucane et résistance à la verse supérieurs ; l'un des rendements les plus élevés de la zone 5 en Ontario
AAC Zip	SeCan	ME2	Rendement supérieur et résistance à la verse exceptionnelle
AAC Wallace	William Houde	ME2	Rendement et qualité du grain supérieurs, résistance à la verse ; l'un des cultivars les plus productifs au Québec
AAC Wight	SeCan	ME2	Rendement et teneur en β-glucane supérieurs
AAC Hunt	SeCan	ME3	Rendement et qualité du grain supérieurs
AAC Dehaan	SeCan	ME1&3	Rendement, qualité du grain et qualité de composition supérieurs ; variété préférée de Quaker
OA1444-5-19 (nom commercial à venir)	SeCan	ME1	Rendement, qualité du grain, teneur en β-glucane, résistance à la verse et à la rouille supérieurs
OA1609-7 (nom commercial à venir)	SeCan	ME2	Même rendement que AAC Nicolas au Québec, mais avec qualité du grain et composition légèrement améliorée
AAC Fedak	À soumissionner	ME3	Rendement, qualité du grain, composition et résistance à la rouille supérieurs ; en bonne voie d'être approuvé par Quaker comme avoine de meunerie préférée en mars 2023
AAC Molnar	À soumissionner	ME2	Même rendement qu'AAC Nicolas au Québec, mais qualité du grain et composition supérieures
OA1634-1 (nom commercial à venir)	À soumissionner	ME3	Rendement, qualité du grain et composition supérieurs
OA1655-1 (nom commercial à venir)	À soumissionner	ME1	Rendement, qualité du grain et composition supérieurs
OA1658-1 (nom commercial à venir)	À soumissionner	ME2	Rendement et qualité du grain supérieurs ; en bonne voie d'être approuvé par Quaker comme avoine de meunerie préférée en mars 2023

*Les régions productrices d'avoine au Canada sont divisées en trois méga environnements (ME). ME1 comprend le sud et l'est de l'Ontario ; ME2 comprend le nord de l'Ontario, le Québec et les Maritimes ; et ME3 comprend les Prairies canadiennes.

Projet Maïs – Activité n° 1

Titre: Développement de lignées parentales de maïs de courte saison de croissance, tolérantes au froid et résistantes aux maladies

Chercheurs: Aida Kebede & Lana Reid (*à la retraite*), Agriculture et Agroalimentaire Canada

Contexte

Cette activité de recherche a utilisé la méthodologie conventionnelle de sélection du maïs, rehaussée par la production de lignées parentales consanguines en haploïdes-doublés et des techniques de tri spécialisées pour la tolérance au froid et la résistance aux maladies. L'objectif est de développer des lignées parentales à maturité hâtive, tolérantes au froid et dotées d'une résistance améliorée aux maladies suivantes : fusariose de l'épi (Gibberella), helminthosporiose du Nord, flétrissement bactérien de Goss, rouille commune et kabatiellose.

Approches de recherche

- De nombreux essais de rendement ont été effectués chaque année en Alberta, au Manitoba, au Québec, en Ontario et à l'Île-du-Prince-Édouard pour évaluer la performance du matériel génétique avancé.
- Afin d'évaluer la résistance du matériel génétique aux principales maladies du maïs, des pépinières à maladies (fusariose à Gibberella, helminthosporiose du nord, rouille commune et kabatiellose) ont été établies à Ottawa. Une nouvelle pépinière a été établie au Manitoba pour tester le flétrissement bactérien de Goss.
- Des campagnes annuelles de dépistage des maladies actuelles et émergentes ont également été réalisées pour continuer à orienter le programme de développement de lignages consanguins quant aux maladies pour lesquelles investir davantage de ressources et pour détecter les nouvelles maladies qui se pointent.

Faits saillants de la recherche (2018-2023)

- Vingt-et-une (21) nouvelles lignées parentales de maïs élite ont été mises à la disposition de l'industrie. Veuillez en trouver un sommaire dans le tableau suivant.
- La première pépinière publique de dépistage du flétrissement bactérien de Goss au Canada a été établi à Carberry, MB. Les protocoles de dépistage de cette maladie ont également fait l'objet d'une publication.
- Afin de conseiller AAC et l'industrie canadienne des semences de maïs quant aux maladies pour lesquelles il faudrait concentrer les efforts de développement de germoplasme résistant, des campagnes annuelles de dépistage des maladies actuelles et émergentes ont été réalisées.
- Une approche de sélection incorporant des lignées dihaploïdes (DH) a été développée et établie pour le développement des lignées parentales consanguines.

Sommaire des lignées de maïs développées et commercialisées 2018 à 2023

Lignée consanguine	Année de lancement	Fusariose à Gibberella	Rouille commune	NCLB[1]	Kabatiellose	Autres détails
CO465	2018				Résistante	Maturation précoce[2]
CO466	2018				Résistante	
CO467	2018					Maturation précoce
CO468	2018					
CO469	2018					
CO470	2018				Résistante	
CO471	2018		Résistante	Résistante	Résistante	
CO472	2018		Résistante	Résistante		
CO473	2018		Résistante	Résistante		
CO474	2019		Résistante		Résistante	Maturation précoce
CO475	2019	Résistante				
CO476	2019	Résistante				
CO477	2020					Maïs sucré
CO478	2020		Résistante			Maïs sucré
CO479	2020					Maïs sucré
CO480	2020		Résistante			Maïs sucré
CO481	2022	Résistante				Maturation précoce
CO482	2022		Résistante			Maturation précoce
CO483	2022	Résistante				Maturation précoce
CO484	2023	Résistante				Maturation précoce
CO485	2023	Résistante				Maturation précoce

1. NCLB : Helminthosporiose du Nord du maïs

2. Maturité précoce : signifie que la lignée est adaptée aux régions de 2200 à 2500 UTM du Canada, notamment au Manitoba

Projet Maïs – Activité n° 2

Titre: Avantages agronomiques et environnementaux pancanadiens du Programme de gestion des nutriments 4B appliqué à l'azote dans le maïs-grain

Chercheurs: Mario Tenuta, University of Manitoba; Craig Drury, Agriculture et Agroalimentaire Canada (AAC); David Hooker, University of Guelph, Joann Whalen, McGill University; Gaétan Parent, AAC & Curtis Cavers, AAC

Contexte

Cette activité de recherche visait à établir des stratégies de Gestion 4B de l'azote dans la culture du maïs (bonne source, bonne dose, bon moment et bon endroit). Le but est d'aider les producteurs canadiens à accroître la productivité de cette culture à forte utilisation d'azote, tout en améliorant son empreinte environnementale en régime intensif de production (lessivage d'éléments nutritifs, émissions de gaz à effet de serre - GES).

Approches de recherche

Cette recherche a répondu à un besoin important d'accroître l'efficacité de l'utilisation des engrais azotés (N) dans la culture du maïs-grain, ce qui pourrait permettre de maintenir au même niveau ou même réduire les doses utilisées sans nuire au rendement. En outre, le projet a exploré les impacts économiques et environnementaux des pratiques avancées de Gestion 4B de l'azote dans le maïs-grain, et a examiné si les tests d'azote en cours de saison et les ajustements de doses devraient être inclus dans les pratiques 4B avancées. Quatre engrais à efficacité améliorée (ESN, SuperU, Agrotain et Agrotain+) ont été comparés à l'engrais liquide à base d'urée et de nitrate d'ammonium (UAN) appliqué au semis, durant des essais de champs en Ontario, au Québec et au Manitoba.

Faits saillants de la recherche (2018-2023)

Études sur l'application de l'azote : source, moment et placement

En Ontario, l'injection en bandes simple et double a été comparée à l'application à la volée, afin de déterminer les pertes d'azote et l'effet sur le rendement en grain.

En 2018, l'application à la volée d'urée et de SuperU sans incorporation, a donné des rendements inférieurs à l'injection en bandes simple ou double d'UAN (urée et nitrate d'ammonium), avec ou sans Agrotain+. L'engrais SuperU a permis des rendements aussi bons que le placement en bandes latérales d'UAN à la dose la plus élevée.

En 2019, l'application à la volée d'urée et de SuperU a donné de meilleurs rendements que l'UAN injectée. L'injection en bande double d'UAN a mieux fait que l'injection en une seule bande.

En 2020, les rendements étaient plus élevés avec une application en cours de saison d'UAN (par injection en bandes simple ou double) par rapport à l'application à la volée au moment des semis.

En ce qui concerne les émissions de gaz à effet de serre (GES), Agrotain+ a réduit davantage le protoxyde d'azote (N_2O) en 2020 lors de l'injection en bande double, comparé à l'injection en une seule bande. Pour les émissions d'ammoniac, SuperU les a réduites lors de l'application à la volée au semis, mais une injection en simple ou double bande d'UAN s'est avérée encore plus efficace à réduire les GES.

Au Québec, le rendement du maïs-grain a été plus élevé au cours des trois années (2018, 2019 et 2020) où l'engrais azoté (N) a été fractionné en deux applications plutôt qu'une seule à la volée en présemis. La première application fractionnée a fourni 25 % de la dose N recommandée sous forme d'urée à environ 5 cm de la semence au semis. Les 75 % restants de N requis ont été appliqués sous forme de solution liquide UAN lorsque le maïs a atteint le stade de croissance V5-V6. Le rendement du maïs-grain était plus élevé (en 2018) ou avait tendance à être plus élevé (en 2019 et 2020), lorsque l'UAN était injecté à une profondeur inférieure à 5 cm par rapport au dépôt à la surface du sol ou injecté à une profondeur supérieure à 5 cm.

Les inhibiteurs d'urée et de nitrification dans Agrotain et Agrotain+ ont été associés à un meilleur rendement du maïs-grain à des doses d'application de N plus élevés en 2018 et 2019, mais pas en 2020 en raison des conditions météorologiques défavorables au Québec.

En termes du meilleur moment d'application, l'étude effectuée au Manitoba a démontré que le fait de retarder les applications d'azote fractionné au-delà du stade V4, n'a pas amélioré les rendements du maïs par rapport aux applications fractionnées faites avant ce stade. Cependant, en Ontario et au Québec, une réponse plus positive à un apport d'azote plus tardif (V8 à V12) a été observée, en raison des différences régionales du climat.

Détermination de la dose d'azote optimale pour le maïs-grain par détection au champ

Au Québec, des études ont montré que l'utilisation de la spectroscopie de réflectance dans le proche infrarouge (NIRS), de Greenseeker et autres capteurs de réflectance, avant l'application d'engrais azotés (N) en post-levée, n'améliorait pas la détermination de la dose N optimale pour le maïs.

L'utilisation de l'indice de nutrition azotée (NNI) seul n'a pas non plus permis de déterminer efficacement la dose N optimale pour le maïs. Les résultats suggèrent qu'un diagnostic plus efficace devrait considérer séparément les parties inférieure et supérieure du plant de maïs afin de détecter une carence de N dans le maïs.

Dose optimale d'azote pour le maïs-grain à l'aide de la modélisation

La dose optimale d'azote (N) pour le maïs-grain peut être déterminée à l'aide de la modélisation au stade de croissance V8. Le modèle intègre de nombreux paramètres – niveau de précipitations, quantité de lumière, pH du sol, teneur en phosphore, potassium, calcium et aluminium du sol, contenu d'azote des plants, biomasse aérienne, contenu en carbone et en sable du sol. Le modèle tient compte des données de cette étude, ainsi que des données d'autres projets en cours. La relation s'est avérée valide même en combinant des données contrastées provenant de sites situés à la fois au Manitoba et au Québec, développant ainsi potentiellement un modèle prédictif, quelle que soit la région. Le modèle est en cours de validation au Centre AAC de recherche et de développement de Québec.

Dans l'ensemble, l'analyse de modélisation utilisant des données traditionnelles liées au sol, au climat et aux plantes s'est avérée plus efficace que l'utilisation de la réflectance proche infrarouge (NIRS) pour prédire la dose N optimale pour le maïs-grain. Cela est probablement dû au fait que l'usage d'un seul paramètre, qu'il s'agisse de l'indice de nutrition azotée (NNI), de la teneur en nitrate du sol ou de la réflectance infrarouge du feuillage (NIRS), détermine rarement, voire jamais, la dose N optimale pour la production du maïs. Il est plus fiable qu'une multitude de paramètres soient utilisés ensemble, simultanément, tout comme les facteurs qui maximisent les rendements des cultures sont multifactoriels, tels que le pH du sol et les concentrations du sol en phosphore, calcium, magnésium et autres éléments essentiels prises ensemble.

CFCRA
CANADIAN FIELD CROP RESEARCH ALLIANCE

ARCCC
ALLIANCE DE RECHERCHE SUR LES CULTURES COMMERCIALES DU CANADA

À propos de l'ARCCC

L'Alliance de recherche sur les cultures commerciales du Canada (ARCCC) est un organisme à but non lucratif créé en 2010 en vue de faire progresser une production économiquement et environnementalement durable des cultures commerciales au Canada, en particulier le soya, le maïs, le blé, l'orge et l'avoine. L'ARCCC est composée d'organisations provinciales de producteurs et de partenaires de l'industrie, y compris : Atlantic Grains Council, Producteurs de grains du Québec, Grain Farmers of Ontario, Manitoba Crop Alliance, Manitoba Pulse & Soybean Growers, Saskatchewan Pulse Growers, Prairie Oat Growers Association, SeCan et FP Genetics.

Pour plus d'information sur l'ARCCC, veuillez visiter le site
www.fieldcropresearch.ca