

PROJET 43. AMÉLIORATION DE L'EFFICACITÉ ET STABILITÉ DES ENGRAIS FOLIAIRE.

OBJECTIFS

Le but du projet est de développer un biostimulant qui pourrait être incorporés dans les engrais liquides pour améliorer leur efficacité. Les objectifs spécifiques ont :

1. Vérifier la potentialité des polyols à améliorer l'alimentation des plantes en.
2. Tester les effets des biostimulants sur la germination, le développement des racines, la nutrition minérale et l'accroissement de la résistance à des stress.
3. Produire des engrais liquides plus performant en incorporant des biostimulants qui auront démontré un haut potentiel.

CONTEXTE

La fertilisation foliaire occupe une place importante dans la nutrition minérale des plantes. Elle permet d'intervenir rapidement pour résoudre les problèmes de carence momentanée lorsque les conditions sont défavorables (sols froids, compacts, imperméables ou gorgés d'eau, ainsi qu'en périodes de sécheresse ou de fortes chaleurs) et que les racines ne peuvent plus absorber suffisamment d'éléments fertilisants. Les engrais foliaire sont principalement absorbés par les feuilles. Compte-tenu des quantités plus faibles d'éléments apportées, il importe d'avoir des techniques précis d'application pour réduire les pertes engendré par la dérive et l'évaporation. La formulation détermine la qualité et/ou l'efficacité d'un engrais foliaire. L'engrais liquide doit en effet coller aux feuilles, pénétrer et voyager dans la plante. Les mécanismes de l'absorption foliaire et de mobilité dans la plante sont complexes et varient d'un élément à un autre. On sait que certains éléments (bore, calcium, zinc) sont immobiles dans la plante. La conservation est aussi un critère important de qualité d'un engrais foliaire liquide. En effet, les engrais liquides sont vendus en dehors de la zone de production (autres provinces, pays étrangers) et/ou souvent conservés plus longtemps avant leur utilisation. Les caractéristiques physiques doivent donc rester intactes face aux changements de conditions climatiques (température, lumière). Par exemple, nous avons remarqué une cristallisation progressive irréversible des formulations de zinc ou de complexes d'oligo-éléments. Cette cristallisation importante par conditions de fortes chaleurs peut entraîner des pertes économiques considérables lors des exportations. Il est possible d'accroître la pénétration et le transport des nutriments ans la plante et l'aptitude à la conservation par l'amélioration des procédés de fabrication (choix des formes chimiques des éléments et utilisation des co-formulants).

L'utilisation des biostimulants a fortement augmenté ces dernières années. Il peut s'agir de phytohormones (auxine, cytokinine), des acides aminés, des enzymes, des vitamines et des composés antioxydants et antiparasitaires d'origine naturelle ou synthétique. Leur application combinée avec les nutriments minéraux s'avère plus avantageuse que les applications individuelles. La synergie entre le

biostimulant et les éléments nutritifs stimule le développement de la plante et améliore le métabolisme de la plante (photosynthèse, assimilation de l'azote), l'efficacité des engrais et la résistance aux différents stress, au bénéfice de la production (rendement et qualité). Le développement des engrais à action stimulante, tout comme leur emploi sur le terrain, restent cependant anecdotiques souvent par manque de reproductibilité dans l'efficacité finale obtenue entre le laboratoire et le terrain. L'évaluation de leur efficacité dans différents agrosystèmes pédo-climatiques est un préalable pour leur mise à marché.

AVANCEMENT SCIENTIFIQUE OU TECHNOLOGIQUE

Le projet vise à fonder un socle de connaissances fondamentales permettant de concevoir des formulations originales qui, contrairement à la plupart des produits actuels, montreraient une efficacité accrue et constante. La nutrition des plantes exige précision et régularité. Ces deux qualités constituent les bases d'une fertilisation qui répond aux exigences d'efficacité économique de production agricole et de protection de l'environnement. Des engrais de qualité et performant sont nécessaires pour atteindre ces objectifs. Un complexe de biostimulants et une nouvelle génération de compositions fertilisante et biostimulante de qualité et stable à long-terme sont attendus à la fin de ce projet. En atteignant des résultats positifs au niveau de la stabilité des produits et des coûts, ces activités de recherche accroîtront les revenus d'entreprise et les possibilités commerciales.

DESCRIPTION DES ACTIVITÉS MENÉES DANS L'ANNÉE VISÉE PAR LA DEMANDE

Activité 1: Évaluation du bore complexé avec les polyols sur la culture de brocoli.

L'activité visait à vérifier si le bore complexé avec le polyol permettait de réduire l'incidence de la tige creuse et cœur brun du brocoli, désordres physiologiques associés à une carence en bore. L'expérience a été réalisée en grandes parcelles à St-Eustache. Les traitements consistaient en un témoin (régie du producteur, avec le bore incorporé au sol) et une application foliaire de bore complexé avec le sorbitol. La solution de bore a été formulée en combinant l'eau (141 g), l'acide borique (580 g), la monoéthanolamine (207 g) et le sorbitol (72 g) pour une concentration finale de 10% B (p/p). Les traitements ont été disposés en bande alternes avec trois répétitions. Une bande mesurait 50 pieds de large sur 300 pieds de long. Six place-échantillons (quadrants de 2 rangs de 6 mètres de long) ont été choisis de façon aléatoire dans chaque bande pour la prise des mesures. Les engrais ont été dilués dans un volume d'eau (500 L/ha) est appliqué par un agricole. A la récolte, 15 plants ont été choisis dans chaque quadrant et évalués pour le cœur creux et le cœur brun. Les tiges atteintes de cœur creux ont été classées en 4 catégories : 0 = aucun symptôme; 1 = cœur creux léger; 2 = cœur creux moyen et 3 = cœur creux sévère.

Activité 2: Évaluation de Sylgro sur le développement racinaire.

L'objectif de l'activité était d'évaluer de Sylgro en comparaison avec d'autres biostimulants sur le développement des racines et la croissance des plantes. **Sylgro** est un biostimulant produit par la compagnie **Sylvanite** qui allègue une meilleure croissance des plantes. Les biostimulants comparatifs ont été choisis en fonction de la composition éventuelle de Sylgro. L'expérience a été réalisée en serre avec le maïs et la pomme de terre. Sur pomme de terre, les traitements consistaient en (1) témoin, (2) glutamate+glycine+mélasse+zinc, 3) Bacillus subtilis + mélasse, (4) Protuber + glutamate et (5) Slygro. Les tubercules de pomme de terre ont été trempés dans les solutions et laissés séchés pendant 15 minutes. Les tubercules ont été plantés dans des pots contenant le substrat Promix. Les traitements ont été disposés en bloc complètement aléatoires avec 4 répétitions. A partir de la deuxième après l'émergence, chaque plant a reçu 15 mL d'une solution contenant 1 mL de 14-4-6 avec oligo-éléments. A 35 jours après émergence, les biomasses aériennes et souterraines ont été collectées, séchées et pesées. Les données ont fait l'objet d'un test d'homogénéité de la variance avant d'être soumises à l'analyse de la variance ANOVA avec le logiciel SAS. Les moyennes des traitements ont été comparées à l'aide du test de la plus petite différence significative au niveau de probabilité d'erreur de 10%.

Dans la deuxième expérience avec le maïs, les traitements consistaient en (1) témoin, (2) GABA, (3) Glutamate (50 g/ha), (4) glutamate (100 g/ha), (5) glycine, (6) polyaspartate, (7) Protuber et (8) Sylgro). Les semences de maïs ont été trempées dans les solutions et laissés séchés pendant 15 minutes. Cinq semences ont été plantées dans des pots contenant le substrat Promix; à l'émergence, un seul plant a été gardé. Les traitements ont été disposés en bloc complètement aléatoires avec 3 répétitions. Chaque pot a reçu 15 mL d'une solution contenant 1 mL de 14-4-6 avec oligo-éléments. A 30 jours après la levée, les biomasses aériennes et souterraines ont été collectées, séchées et pesées. Les données ont fait l'objet d'un test d'homogénéité de la variance avant d'être soumises à l'analyse de la variance ANOVA avec le logiciel SAS. Les moyennes des traitements ont été comparées à l'aide du test de la plus petite différence significative au niveau de probabilité d'erreur de 10%.

Activité 3: Évaluer les effets de 6-24-6 sur la germination de l'oignon.

L'application de 6-24-6 en bande au semis de l'oignon est une pratique courante en Ontario et aux États-Unis. Les producteurs sont souvent préoccupés par la toxicité et les baisses de rendement subséquentes. L'activité visait donc à vérifier si la pratique avait un effet sur la germination. Des biostimulants ont aussi été inclus dans le protocole. Les traitements évalués sont: (1) 6-24-6 5 gal/a, (2) 6-24-6 2,5 gal/a, (3) 6-24-6 1,25 gal/a, (4) Protuber, (5) Protuber+ vitamine B1+ acide naphthalene acétique+glucose, (6) Protuber + Sylgro (250 g/ha), (7) Protuber avec 2% glutamate, (8) Protuber + GABA (50 g/ha), (9) Transit, (10) Protuber+Bacillus et (11)témoin. Les produits (doses suggérées par le fabricant) ont été dilués dans l'eau à raison de 3 gal/acre (volume suggérée pour le 6-24-6). 64 semences d'oignon ont été trempées dans chaque solution et placées directement dans le Promix. Les traitements ont été disposés en bloc complètement aléatoires avec 4 répétitions. Les semences

germées ont été dénombrées à 10 et 15 jours. Le pourcentage de germination a été calculé. Pour chaque traitement, six plants ont été choisis et transplantés dans des pots plus grands. Deux fois par semaine, chaque pot a reçu 1 mL d'une solution comprenant $0.61 \text{ g l}^{-1} \text{ KNO}_3$, $0.95 \text{ g l}^{-1} \text{ Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, $0.49 \text{ g l}^{-1} \text{ MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, $0.12 \text{ g l}^{-1} \text{ NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$, $0.01 \text{ g l}^{-1} \text{ Fe}$ chélaté (Sequestrene 330), $2.86 \text{ mg l}^{-1} \text{ H}_3\text{BO}_3$, $1.81 \text{ mg l}^{-1} \text{ MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, $0.22 \text{ mg l}^{-1} \text{ ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, $0.08 \text{ mg l}^{-1} \text{ CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, et $0.02 \text{ mg l}^{-1} \text{ Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Les biomasses sèches aériennes et racinaires ont mesurées à semaines après la transplantation. Les données ont fait l'objet d'un test d'homogénéité de la variance avant d'être soumises à l'analyse de la variance ANOVA avec le logiciel SAS. Les moyennes des traitements ont été comparées à l'aide du test de la plus petite différence significative au niveau de probabilité d'erreur de 10%.

Résultat et conclusion

Les données de cœur creux montrent que le bore complexe avec le sorbitol réduit l'incidence lors de la première récolte. On note également que le cœur creux sévère a été diminué de façon significative par le bore complexe avec le sorbitol. Les travaux de Will et al. (201) dans le soya indiquent une absorption accrue du bore en présence des polyols. Le bore est un élément critique avec une marge mince entre la toxicité et l'effet positif. Les effets des polyols sur l'assimilation du bore par le feuillage mériteront une attention particulière.

Les données de l'essai sur le maïs mettent en évidence des différences des biostimulants en comparaison avec le témoin. Les biomasses les plus élevés ont été obtenus avec les traitements de Sylgro et de GABA. La faible dose de glutamate a tendance à améliorer la production des biomasses alors que la dose double a entraîné une baisse de biomasses. La biomasse racinaire s'est aussi accrue avec le Protuber, un engrais contenant l'hormone de croissance AIB. La glycine et la polyaspartate n'ont pas d'impact sur la croissance des plants de maïs.

Dans l'essai sur la pomme de terre, les traitements de biostimulants ont provoqué des augmentations des biomasses par rapport au témoin sans toutefois être statistiquement significatives. Sylgro a donné des biomasses aériennes légèrement supérieures à celles des autres traitements. La biomasse racinaire semble être meilleure avec le traitement de Protuber avec le glutamate.

Le comptage final des semences germées indiquent le 6-24-6 placé sur la semence n'affectent pas la germination. Seul le biostimulant Transit a affecté négativement la germination. Tous les traitements étudiés ont provoqué des augmentations significatives de biomasse. Les traitements de Portuber enrichi de Sylgro, de GABA, de glutamate ou de vitamine B1+NAA+Glucose ont donné des rendements légèrement supérieurs au Protuber seul.

En somme, l'essai sur le brocoli suggère que les applications foliaires de bore complexé avec le sorbitol présentent un haut potentiel pour réduire l'incidence du cœur creux. Ce fait sera dû à une meilleure absorption et mobilité de ce type de bore dans la plante. Les travaux de Will et al. (2012).

Les données collectées sur les biostimulants mettent en évidence l'effet positif de Sylgro, GABA et glutamate. Selon les allégations du fabricant, ce produit activerait le cycle de GABA dans la plante. Le glutamate le précurseur de GABA. C'est pourquoi les trois présentent les mêmes effets. Les fortes doses de glutamate auraient un effet négatif sur le développement de la racine principale tout en stimulant le développement des racines secondaires (Kan et al. 2017). Dominguez-may et al. (2013) rapportent aussi une inhibition du développement de la racine principale des poivrons. Les travaux récents mettent en évidence une stimulation de la photosynthèse et une induction de la résistance aux maladies par les applications foliaires de GABA et de glutamate sur la croissance des plantes et la photosynthèse (Li et al., 2016, 2017). Les recherches ultérieures seront centrées sur les applications foliaires de ces 3 biostimulants.

L'expérience montre aussi que le placement de l'engrais liquide 6-24-6 sur la semence d'oignon n'affecte pas la germination mais stimule la croissance des plants d'oignons. Un guide de préconisation sera produit à l'intention des producteurs.

Références

- Dominguez-May et al. 2013. A novel effect for glycine on root system growth of Habanero pepper. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 138(6):433-442.
- Kadotani N., A. Akagi, H. Takatsuji, T. Miwa, and D. Igarashi. 2016. Exogenous proteinogenic amino acids induce systemic resistance in rice. *BMC Plant Biol*. 2016; 16: 60.
- Kan C.-C., T.-Y. Chung, H.-Y. Wu, Y.-A. Juo and M.-H. Hsieh. 2017. Exogenous glutamate rapidly induces the expression of genes involved in metabolism and defense responses in rice roots. *BMC Genomics* 18:186
- Li, Z., J. Yu, Y. Peng and B. Huang. 2016. Metabolic pathways regulated by γ -aminobutyric acid (GABA) contributing to heat tolerance in creeping bentgrass (*Agrostis stolonifera*). *Sci. Rep.* 6: 1-16.
- Li W, Liu J, Ashraf U, Li G, Li Y, Lu W, Gao L, Han F and Hu J. 2016. Exogenous γ -aminobutyric Acid (GABA) Application Improved Early Growth, Net Photosynthesis, and Associated Physio-Biochemical Events in Maize. *Front. Plant Sci.* 7:1-13.
- Li, Z., J. Yu, Y. Peng and B. Huang. 2017. Metabolic pathways regulated by abscisic acid, salicylic acid and γ -aminobutyric acid in association with improved drought tolerance in creeping bentgrass (*Agrostis stolonifera*). *Physiologia Plantarum* 159:42–58.
- Will, S., Eichert, T., Fernández, V., Müller, T., and Römheld, V. (2012). Boron foliar fertilization of soybean and lychee: effects of side of application and formulation adjuvants. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 175, 180–188.

Tableau 1. Effets des biostimulants sur la croissance de la pomme de terre en serre

Traitement	Biomasse, g/plant	
	Aérienne	Racines
Témoin (eau)	17,03	4,97
Glutamate, glycine, mélasse et Zn	21,01	5,57
Bacillus, melasse	21,21	5,62
Protuber, glutamate	20,24	7,71
Sylgro (0,5 g)	22,88	6,95
<i>P>F</i>	0,642	0,7763
<i>LSD 10%</i>	7,02	4,45

Tableau 2. Effets des biostimulants sur la croissance du maïs en serre

Traitement	Biomasse sèche, g	
	Racines	Aérienne
GABA	3,137	6,296
Glutamate 50 g/ha	2,933	6,043
Glutamate 100 g/ha	2,756	5,869
Glycine	2,723	5,822
Polyaspartate	2,616	5,229
Protuber	2,998	5,895
Sylgro	3,138	6,284
Témoin	2,735	5,688
<i>P>F</i>	0,0113	0,0001
<i>LSD 10%</i>	0,2583	0,2758

Tableau 3. Effets de l'engrais 6-24-6 et des biostimulants sur la croissance de l'oignon en serre

Traitement	Germination, %		Biomasse, g
	10 jours	15 jours	
6-24-6 1,25 gal/a	65,6	90,6	11,98
6-24-6 2,5 gal/a	68,0	94,1	12,38
6-24-6 5 gal/a	69,1	90,2	12,73
Protuber	65,6	89,8	11,67
Protuber+ B1+ NAA+glucose	68,4	94,5	12,26
Protuber + Sylgro	70,7	94,9	12,63
Protuber + Glutamate	71,9	96,5	12,35
Protuber + GABA	69,9	92,2	12,80
Transit	69,5	87,5	11,87
Protuber+Bacilus	68,4	93,8	11,94
Témoin	71,5	91,8	9,96
<i>P>F</i>	<i>0,217</i>	<i>0,0113</i>	<i>0,1653</i>
<i>LSD 10%</i>	<i>4,2</i>	<i>3,8</i>	<i>1,50</i>

Tableau 4. Effet des applications foliaires de bore complexé avec le sorbitol sur l'incidence des cœurs creux et bruns de brocoli.

Récolte	Traiteme nt	Coeur creux				Incidence	Coeur brun
		Absent	Faible	Moyen	Sévère		
1	Témoin	10,42	41,67	31,25	16,67	89,58	
	Bore	16,67	45,83	31,25	6,25	83,33	
2	Témoin	47,62	9,52	21,43	21,43	52,38	
	Bore	40,48	28,57	23,81	7,14	59,52	
		P>F					
Date		0,0005	0,0309	0,2558	0,2442	0,0005	0,0005
Traitement		0,9552	0,0631	0,8296	0,0198	0,9552	0,0406
Date x Traitement		0,4081	0,2100	0,7687	0,6737	0,4081	0,3168

Projet 48. Développement d'un engrais liquide potassium à partir des poussières de cimenterie.

OBJECTIFS DU PROJET

Le but du projet est de développer une technique d'extraction de la potasse des CKD en vue d'obtenir un fertilisant liquide. Les objectifs du projet sont:

1. Développer un procédé d'extraction de la potasse et autres éléments nutritifs des CKD
2. Obtenir une technique de concentration des éléments nutritifs dans les solutions obtenues dans l'objectif 1 pour avoir un fertilisant économique et facilement valorisable
3. Obtenir un matériel solide qui serait réutilisé dans la production de ciment
4. Tester et optimiser les applications de ces nouveaux engrais en comparaison avec les engrais conventionnels.

CONTEXTE

La potasse (K) est un des éléments nutritifs le plus important dont la plante a besoin. La potasse veille, entre autre, à la solidité de la plante. La potasse favorise le développement des organes de réserve (tubercules, racines, fruits), ainsi que la coloration des fruits et des fleurs, tout en rendant les végétaux plus résistants aux maladies. La potasse est aussi incontournable dans la qualité des produits puisqu'il donne le goût sucré aux fruits mais permet aussi d'accumuler les sucres sous forme d'amidon dans les tubercules, les grains et les racines.

Plusieurs sources de potassium sont utilisés en agriculture : chlorure, sulfates nitrates, hydroxyde et carbonates. Néanmoins, en production d'engrais foliaires, le coût des sources pures reste exorbitant et l'industrie est toujours à la recherche des alternatives moins coûteuses.

Les poussières de four cimenterie (ciment kiln dust, CKD) est un résidu de l'industrie du ciment. Son contenu en éléments fertilisants et sa propriété chaulante lui ont valu une place importante dans l'agriculture. Par ailleurs, l'industrie du ciment souhaiterait le recycler dans sa production. La présence de potassium constitue un handicap majeur car le potassium a un effet négatif sur la qualité du ciment. On sait que la potasse des CKD est très soluble et, par conséquent, son extraction permettrait le recycler dans le four. Quant au potassium extrait pourrait valoriser comme engrais. Aucune étude n'a été conduite pour savoir si le recyclage des CKD par l'extraction de potasse est rentable pour les deux industries.