

Production du maïs en rangs jumelés

par Mark Jeschke, directeur de recherche agronomique

Sommaire

- Le maïs en rangs a attiré l'attention comme façon de potentiellement augmenter les rendements tout en évitant certaines des difficultés et des coûts de transition aux rangs rapprochés.
- Pioneer a effectué des recherches à grande échelle à la ferme en 2010, comparant les rendements en rangs de 30 pouces et en rangs jumelés.
- Les recherches d'universités et de Pioneer ont montré des rendements semblables entre les rangs jumelés et de 30 pouces; cependant, les résultats entre les sites individuels ont varié.
- Le peuplement optimal pour les rendements maximaux ne semble pas différer significativement selon l'espacement entre les rangs. Les résultats de recherche n'indiquent pas le besoin pour les producteurs de passer aux rangs jumelés ou rapprochés afin d'augmenter les taux de semis.
- Les études de Pioneer et des universités n'ont montré, jusqu'à présent, aucune différence significative des hybrides aux rangs jumelés.
- Aucune relation constante entre le niveau de rendements et la réaction des rendements aux rangs jumelés n'a été démontrée.
- Le maïs en rangs jumelés peut être une option avantageuse dans la production d'ensilage ou là où un espacement de plus de 30 pouces entre les rangs est présentement utilisé.

Introduction

Depuis que le remplacement de la machinerie mue par les chevaux a permis des rangs de maïs de moins de 40 pouces, les producteurs et les chercheurs ont examiné les rangs plus rapprochés afin d'augmenter les rendements de maïs. La grande majorité des superficies de maïs aux États-Unis sont maintenant cultivées en rangs de 30 pouces, avec un relativement petit pourcentage en rangs plus étroits.

Autant la raison que la recherche suggèrent qu'un espacement parfaitement équidistant entre les plantes est idéal pour optimiser la lumière, l'eau et les nutriments. Cependant, le besoin de faire passer la machinerie dans le champ de maïs

levé pour les opérations aux champs en postlevée rend peu pratique cette configuration. De plus, les avantages des rangs de moins de 30 pouces en matière de rendements ont souvent été minimales ou inconstants, rendant difficile de justifier l'investissement en machinerie pour les rangs rapprochés.



Figure 1. Un système à rangs jumelés augmente l'espace entre les rangs par rapport à des rangs simples et peut amener le feuillage à « fermer le rang » plus rapidement et à une meilleure interception de la lumière.

Maïs en rangs jumelés

Le maïs en rangs jumelés est une modification relativement récente des rangs rapprochés. Le maïs en rangs a attiré l'attention dernièrement comme façon de potentiellement profiter des avantages des rangs rapprochés sans autres dépenses de machinerie que le semoir.

Dans une configuration de rangs jumelés, le maïs est semé en rangs en paires, généralement espacés de 7 ou 8 pouces, et 30 pouces de centre à centre (figure 2). Ce système offre un espacement plus uniforme des plantes, semblable aux maïs en rangs rapprochés, mais permet au producteur d'utiliser le même nez cueilleur et autres machines conçues pour les rangs de 30 pouces.

La distance minimum entre les plantes dans un système à rangs jumelés est plus grande que dans les rangs de 20 pouces mais moins que dans les rangs de 15 pouces au même peuplement. Conséquemment, si la maximisation de l'espace entre les plantes est importante en matière de

rendements, on s'attendrait à ce que les rangs jumelés offrent une performance légèrement supérieure aux rangs de 20 pouces mais pas tout à fait aussi bonne que les rangs de 15 pouces.

En étudiant les effets des rangs jumelés sur la croissance et les rendements du maïs, il est utile de considérer aussi la grande quantité de recherche effectuée sur les rangs rapprochés, surtout les rangs de 15 pouces, qui donne un espacement théorique presque optimum. Tous les avantages d'un système à rangs jumelés devraient être réalisés dans une mesure semblable ou plus grande en rangs de 15 pouces.

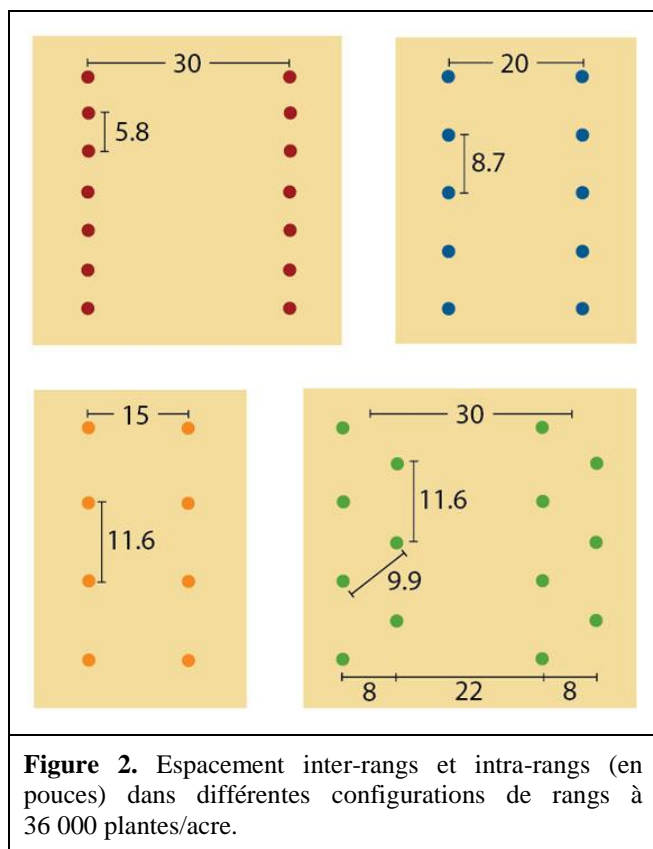


Figure 2. Espacement inter-rangs et intra-rangs (en pouces) dans différentes configurations de rangs à 36 000 plantes/acre.

Certains semoirs à rangs jumelés parmi les plus récents sont capables de semer les grains en disposition précise en losanges, augmentant la distance minimum entre les plantes (figure 3). Cependant, l'avantage de la disposition en losanges diminue avec l'augmentation du peuplement. Par exemple, une disposition en alternance augmente l'espacement minimum de la plante de 1,9 pouce à 36 000 plantes/acre, mais seulement de 1,4 pouce à 42 000 plantes/acre. Tout avantage réel de rendements relié à une disposition en alternance plutôt qu'en parallèle reste à prouver. La recherche sur les rangs jumelés par Nelson et Smoot (2009) n'a pas détecté une différence entre les rangs jumelés en alternance et en parallèle.

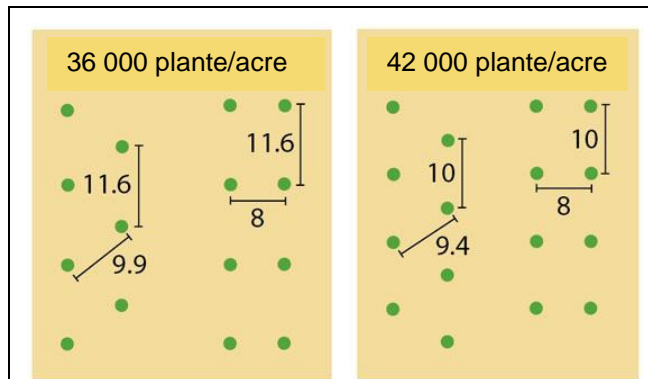


Figure 3. Distances (pouces) entre les plantes en rangs jumelés en alternance et en parallèles à 36 000 et 42 000 plantes/acre.

Résultats des études de rendements sur les rangs jumelés

Pioneer a effectué des recherches à la ferme en 2010, comparant les rendements en rangs jumelés et rangs de 30 pouces. La plupart des études furent effectuées en Illinois, Iowa et Minnesota, bien que des comparaisons côte à côte furent aussi effectuées au Colorado, Indiana, Kansas, Missouri et Ohio. Un total de 179 comparaisons en paires à 31 sites n'ont montré aucun avantage de rendements global des rangs jumelés sur les rangs de 30 pouces (figure 4).

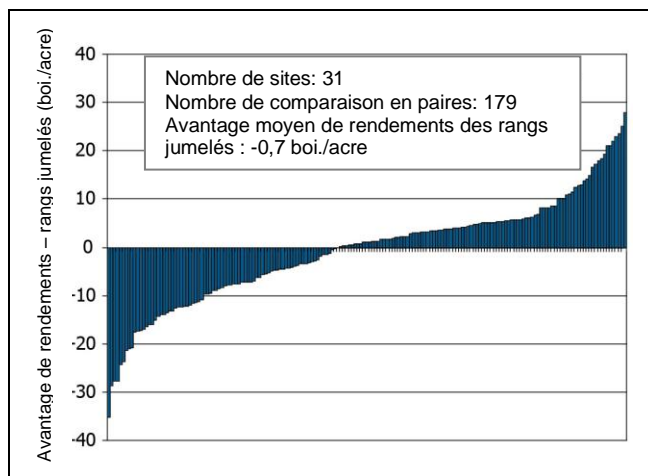


Figure 4. Avantage de rendements des rangs jumelés par rapport aux rangs de 30 pouces dans les études à la ferme de 2010 de Pioneer.

Ces résultats sont très proches de ceux d'un sondage de Deere & Co. Sur les rangs jumelés effectués entre 1980 et 2008 en Amérique du Nord et qui avait aussi trouvé qu'en moyenne les rangs jumelés n'avaient pas donné plus de rendements que les rangs de 30 pouces (figure 5).

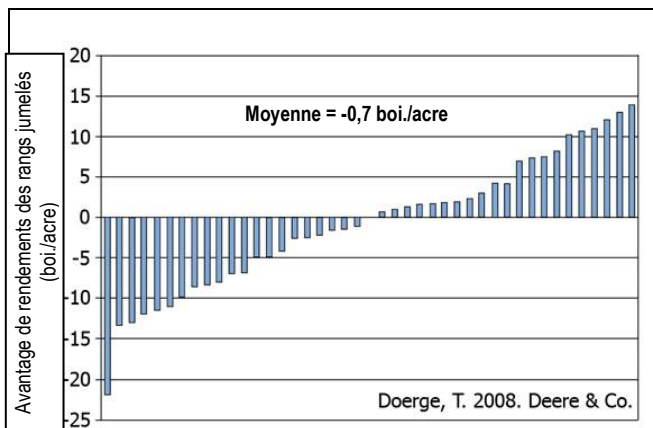


Figure 5. Sondage de Deere and Co. sur l'avantage de rendements des rangs jumelés face aux rangs de 30 pouces dans des études universitaires et de l'industrie entre 1980 et 2008.

Ces résultats sont proches de ceux observés avec le maïs en rangs rapprochés. Les avantages de rendements des rangs de 20 pouces ou de 15 pouces ne sont pas suffisamment grands, ou constants, pour inciter les producteurs à délaissier les rangs de 30 pouces. Dans les états du nord du Corn Belt que sont le Minnesota, Dakota du Nord et du Sud, par contre, les résultats de rendements ont eu tendance à être plus favorables.

Les études de Pioneer effectuées sur 13 ans ont trouvé que la réponse moyenne des rendements aux rangs rapprochés dans le Corn Belt était de 2,0%, alors que la réponse moyennes des rendements aux endroits au nord de la latitude d'environ 43°N était presque le double (Butzen and Paszkiewicz 2008). Des résultats semblables ont été observés dans les études universitaires (Lee 2006). Les études en rangs jumelés de Pioneer ont montré des résultats légèrement plus favorables dans les sites du Nord pour les rangs jumelés (avantage de 1,3 boi./acre au MN vs -2,7 boi./acre en Illinois et -0,7 boi./acre en Iowa), bien que plus de recherches soient nécessaire pour comprendre mieux la performance des rangs jumelés dans le nord du Corn Belt.

On croit que l'avantage des rangs rapprochés dans le nord du Corn Belt est dû à l'interception de lumière lors des stades de développement de l'épi. Les études ont démontré une corrélation entre l'augmentation d'interception de lumière à la floraison et les rendements de maïs en rangs rapprochés (Lee 2006).

La recherche effectuée à l'université de l'Illinois a trouvé que les rangs jumelés et les rangs de 15 pouces interceptaient plus la lumière que dans les rangs de 30 pouces dans les stades végétatifs, mais à partir du stade R2, l'interception de la lumière dans les rangs de 30 pouces s'était rattrapée (tableau 1). Cet avantage hâtif ne s'est pas traduit par un avantage d'interception de lumière lors du

remplissage du grain ni, ultimement, de plus grands rendements (Nafziger 2006).

Tableau 1. Interception de lumière aux stades V10 et R2 et les rendements de maïs cultivé à 34 500 plantes/acre en rangs jumelés, de 30 pouces et de 15 pouces (Nafziger 2006).

Type de rangs	Interception de lumière (%)		Rendement (boi./acre)
	V10	R2	
Jumelés	79,5	98,9	187,4
30 pouces	70,3	98,8	209,6
15 pouces	83,3	98,5	199,3
PPDS 0,10	6,2	0,8	8,5

Hypothétiquement, les avantages des rangs jumelés seraient plus probables dans les régions qui ont vu une réponse en rangs rapprochés, bien que ça reste à prouver.

Robustesse des tiges et tenue. Une question reliée aux avantages du potentiel du maïs en rangs jumelés est de savoir si l'espace plus grand entre les plantes pourrait allouer des tiges plus grosses, permettant une meilleure tenue à la récolte. Les essais de recherche à ce jour n'ont pas démontré une augmentation du diamètre des tiges (Sorensen et al. 2006) ni une réduction de la verse des tiges (Foster et Watters 2006) en rangs jumelés. Kratochvil et Taylor (2005) ont trouvé que la pourriture de la tige et la verse des tiges augmentes par rapport aux rangs de 30 pouces. On ignore la raison de cette augmentation et plus de recherche est nécessaire. Cependant, cela n'indique pas qu'on ne devrait pas considérer une robustesse et tenue améliorée des tiges comme avantage du maïs en rangs jumelés.

Facteurs potentiel d'interaction

La variation de la réponse des rendements entre les études sur le maïs en rangs rapprochés et le maïs en rangs jumelés suggère que d'autres facteurs jouent un rôle dans la détermination des rendements. Les peuplements, l'hybride et l'environnement au champ ont tous été discutés comme facteurs pouvant influencer les avantages de rendements du maïs en rangs jumelés.

Peuplements. Une des questions les plus fréquemment posées au sujet du maïs en rangs jumelés est de savoir si cela permettra aux producteurs d'augmenter les rendements en semant à des peuplements plus élevés que ce qui est pratique avec les rangs de 30 pouces. À mesure que les peuplements augmentent, l'espace entre les plantes à l'intérieur du rang diminue, ce qui a mené à des inquiétudes que la concurrence entre les plantes pourrait limiter les rendements dans les rangs de 30 pouces à peuplements élevés. Une disposition en rangs jumelés a été examinée comme façon de soulager cette concurrence en donnant plus d'espace entre les plantes, permettant ainsi aux producteurs

de réaliser le plein potentiel de rendements des hybrides modernes.

Tableau 2. Peuplement optimum (plantes/acre) pour un rendement maximum en rangs de 30 pouces pour certains hybrides Pioneer Source: Recherche Pioneer sur les peuplements.

Hybride	CCM	Niveau de rendements (boi./acre)	
		140-190	>190
P8581R	85	>42 000	
P8906XR	89	39 700	
P9512XR	95	39 600	
P9990XR	99	35 400	
37K11	99	41 700	>42 000
P0125XR	100	35 200	34 000
P0461XR	104	37 100	35 000
35F44	105	36 400	41 000
35K04	106	35 700	41 500
P0916XR	109	33 900	38 700
33W84	111	35 200	38 100
P1395XR	113	35 800	36 400
33F88	114	35 600	38 200
33D49	115	33 500	35 000

Pioneer effectue beaucoup de recherche sur les peuplements en rangs de 30 pouces. Bien que le peuplement optimum varie selon les hybrides, de nombreux hybrides ont des peuplement optimum excédant 35 000 plantes/acre, surtout en environnements de rendements élevés (tableau 2). Ces données montrent clairement que les rendements de maïs peuvent continuer à augmenter en rangs de 30 pouces à des peuplements plus élevés que 35 000 plantes/acre.

Une étude de recherche chez Pioneer effectuée en 2005-2006 a comparé les rangs jumelés, étroits et de 30 pouces à des peuplements élevés de 36, 42 et 48 mille plantes/acre. Ces études n'ont montré aucun avantage de rendements des rangs jumelés par rapports aux rangs de 30 pouces à des peuplements élevés (figure 6).

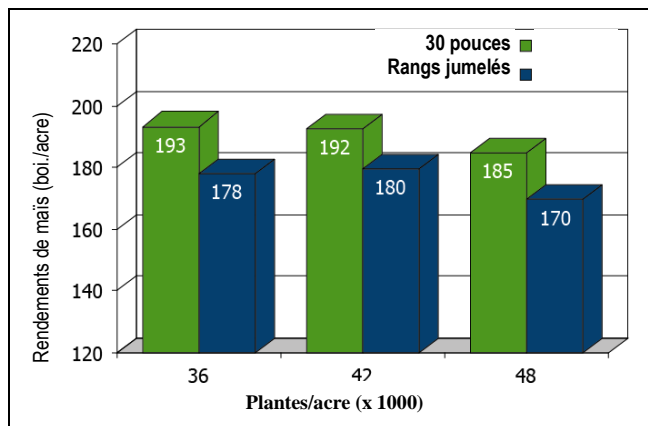


Figure 6. Rendements de maïs en rangs de 30 pouces et en rangs jumelés dans des études Pioneer à Marion, IA and York, NE en 2005 et Johnston, IA and York, NE en 2006.

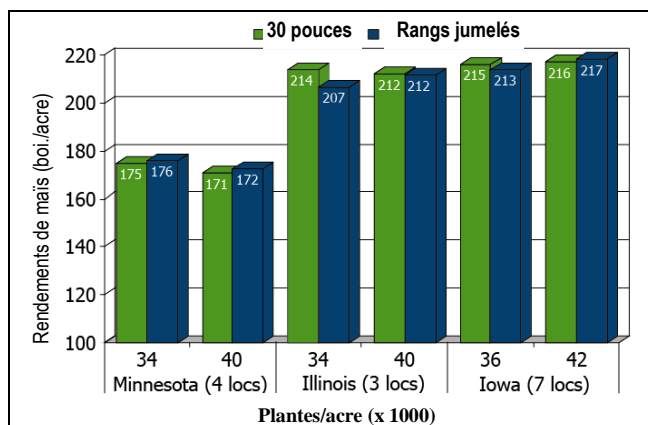


Figure 7. Rendements de maïs en rangs de 30 pouces et en rangs jumelés dans des études Pioneer au Minnesota, Illinois et Iowa in 2010.

Des essais Pioneer à la ferme en 2010 n'ont aussi trouvé aucun effet du peuplement sur les performances de rendements des rangs jumelés par rapport aux rangs de 30 pouces (figure 7). On a comparé les rangs jumelés et en rangs de 30 pouces à 36 000 et 42 000 plantes/acre à sept endroits en Iowa et à 34 000 et 40 000 plantes/acre à quatre endroits au Minnesota et trois endroits en Illinois. Aucun n'a démontré une interaction significative entre la configuration des rangs et le peuplement.

De même, la recherche universitaire effectuée en 2003 et 2004 au Maryland et au Delaware n'a trouvé aucun indice que le peuplement pouvait être augmenté en rangs jumelés pour obtenir des rendements plus élevés qu'en rangs de 30 pouces (Kratovichil et Taylor 2005). Une étude de trois ans en rangs jumelés au Missouri n'a trouvé aucune interaction entre l'espacement et les peuplements allant de 25 000 à 40 000 plantes/acre (Nelson et Smoot 2009). La recherche sur le maïs en rangs rapprochés a généralement trouvé que

le peuplement optimum n'était pas influencé par l'écartement des rangs (Coulter 2009). Les producteurs intéressés à augmenter le peuplement pour maximiser les rendements pourraient vouloir expérimenter de plus hauts peuplements avec l'écartement qu'ils utilisent présentement avant de passer aux rangs rapprochés ou rangs jumelés.

Hybride. Une question fréquemment posée par les producteurs intéressés au maïs en rangs jumelés vise à savoir si certains hybrides sont mieux adaptés à ce système que d'autres. Les études sur les rangs jumelés qui comprenaient plusieurs hybrides n'ont généralement pas trouvé de différence en réaction à l'écartement. Les études à la ferme de Pioneer sur les rangs jumelés effectuées en 2010 comprenaient plusieurs sites avec de multiples hybrides; certains sites ayant jusqu'à 10 hybrides. Parmi les 14 hybrides courants qui furent mis à l'essai à au moins trois sites, on n'a pas observé aucune différence significative entre les rangs jumelés et les rangs de 30 pouces. On n'a pas trouvé non plus des interactions entre les hybrides aux multiples sites (tableau 3).

Tableau 3. Avantage de rangs jumelés par rapport aux rangs de 30 pouces avec des hybrides lors d'essais à la ferme. Les différences de rendements ne furent pas statistiquement significatives pour aucun hybride.

Hybride	CCM	Sites (État)	Avant. rangs jumelés. Boi./acre
38M60	94	4 (MN)	0,8
P9494XR	94	4 (MN)	-1,9
P9910XR	99	5 (IA)	-3,5
P9990XR	99	3 (IA)	-3,7
P0115XR	101	4 (IA)	-1,3
P0448XR	104	6 (IA)	-0,5
P0461XR	104	5 (IA)	0,1
P0528XR	105	7 (IA)	-0,8
P0717HR	107	4 (IA)	0,7
P0751XR	107	7 (IA)	0,5
P0916XR	109	3 (IL)	-5,9
P1184XR	111	3 (IL)	-1,9
33W84	111	3 (IA)	-2,4
P1162XR	111	3 (IA)	-2,8

Les comparaisons universitaires d'hybrides en rangs rapprochés démontrent des résultats mixtes. La recherche effectuée au Michigan (Widdicombe et Thelen 2002) et en Indiana (Nielsen 1988) n'ont démontré aucune différence de réaction des hybrides face à l'écartement des rangs. Une étude de trois ans en Iowa comparant des hybrides en rangs de 15 pouces et en rangs de 30 pouces a cependant détecté

une différence significative entre les hybrides et l'écartement des rangs (Farnham 2001). Des six hybrides testés, un a donné de meilleurs rendements en rangs de 15 pouces, un a donné de meilleurs rendements en rangs de 30 pouces, et quatre n'ont montré aucune différence.

On a suggéré que des améliorations à la tolérance au stress en présence de peuplements élevés pourraient donner de nouveaux hybrides particulièrement adaptés à une configuration en rangs jumelés ou rangs rapprochés. Cependant la recherche effectuée jusqu'à maintenant n'a pas démontré cela. La réponse du rendement d'un hybride à la configuration des rangs peut sembler différer à des sites particuliers, cependant, la recherche de Pioneer a démontré que ces différences semblaient diminuer à mesure qu'augmentent le nombre de sites d'essais augmentaient.

Environnement. Les rangs jumelés et rapprochés ont été considérés potentiellement avantageux autant en environnements limitant les rendements que ceux permettant les rendements élevés. Dans les environnements limités par la disponibilité de la lumière, l'eau ou la fertilité, une configuration plus équidistante des plantes devrait être plus efficace à capturer ces ressources et augmenter les rendements. Les rangs rapprochés ou rangs jumelés auraient donc un moindre avantage en environnement optimal où toutes les ressources sont disponibles en abondance. Néanmoins, la promotion des rangs rapprochés et jumelés a été faite comme un moyen d'augmenter les rendements en environnement très productifs où les autres facteurs limitatifs ont été adéquatement mitigés.

Les études en rangs jumelés n'ont jusqu'à présent pas montré une relations constante entre le niveau de rendements et la réponse aux jumelés. Les niveaux de rendements dans les comparaisons Pioneer en rangs jumelés effectuées en 2010 allaient d'environ 150 boi./acre à 250 boi./acre, gamme à travers laquelle il n'y avait pas de différence significative dans la réponses des rendements aux rangs jumelés (figure 8).

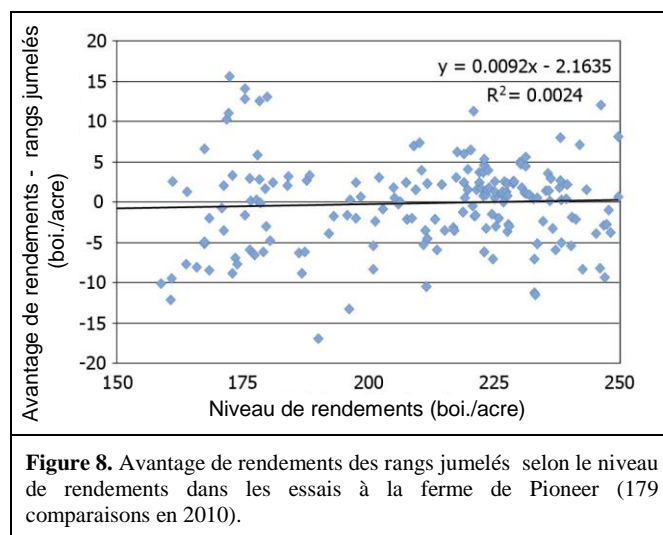


Figure 8. Avantage de rendements des rangs jumelés selon le niveau de rendements dans les essais à la ferme de Pioneer (179 comparaisons en 2010).

De même, la plus grande quantité de recherche sur les rangs rapprochés n'a pas montré une solide relation entre le niveau de rendements et l'avantage en rangs rapprochés (Butzen et Paszkiewicz, 2008). La recherche à ce sujet a surtout été effectuée en environnement de rendements modérés à élevé. Conséquemment, tout avantage potentiel des rangs jumelés en environnement limitant les rendements reste indéterminé. Dans les environnements de rendements élevés cependant, la recherche n'a pas démontré d'avantage de rendements aux rangs jumelés

Autres applications des rangs jumelés

Rangs jumelés en production d'ensilage de maïs. La culture en rangs rapprochés a de façon constante d'être efficace à augmenter les rendements d'ensilage de maïs dans les études d'ensilages effectuées dans les États du nord du Corn Belt et du nord-est des États-Unis (Stahl et al. 2009). Par contre, ces études ont surtout porté sur des rangs de 15 pouces dont l'adoption a été limitée en raison de la difficulté d'appliquer des herbicides postlevée sans cause trop de dommages à la culture. Les rangs jumelés ont produit de l'intérêt en production d'ensilage à cause du potentiel de rendements accrus tout en gardant la possibilité d'effectuer des travaux au champ dans une récolte sur pied.

La recherche limitée sur les rangs jumelés a donné à ce jour des résultats mitigés. Une étude de deux ans dans l'État de New York (Cox et al. 2006) a trouvé que les rendements et la rentabilité de l'ensilage en rangs jumelés étaient plus grand en rangs de 30 pouces, mais moindre en rangs de 15 pouces. Une étude d'un an en Ohio n'a trouvé aucune différence de rendements ou de qualité d'ensilage en rangs jumelés (Foster et Watters 2006). La recherche effectuée en Virginia en 2006 et 2007 a trouvé une augmentation de 12,5 % en rendements d'ensilage en rangs jumelés par rapport aux rangs de 30 pouces avec une qualité d'ensilage semblable. Compte tenu du succès obtenu dans certaines régions avec l'ensilage en rangs rapprochés, les rangs jumelés pourraient permettre aux producteurs de gagner certains des avantages des rangs rapprochés tout en évitant certaines des limites et coûts inhérents.

Maïs en rangs jumelés avec un écartement plus grand. Le semis en rangs jumelés a gagné de l'intérêt dans le sud des États-Unis où les rangs de 38 et 40 pouces sont choses communes. La recherche effectuée en Caroline du Sud au début des années 80 avait trouvé un avantage de rendements de 10 boi/acre des rangs jumelés avec des rangs de 38 pouces ou plus, centre à centre (Karlen et Camp 1985). La culture en rangs jumelés a gagné de la popularité dans le delta du Mississippi dans les systèmes à rangs éloignés, sur billons. Une étude de 3 ans de l'université Mississippi State n'a trouvé aucun avantage de rendements du maïs cultivé en rangs jumelés par rapport à des rangs simples de 38 pouces (Buehring et al. 2003). Par contre, les rendements de rangs jumelés en rangs à centres de 40 pouces dans une étude plus

récentes furent plus positifs (Ebelhar et Clark 2010). Les essais Pioneer à la ferme en 2010 comprenaient deux sites semés en rangs à centres de 38 pouces, et tous les deux ont montré un avantage de rendements des rangs jumelés. La réponse des rendements de soya aux rangs jumelés a été constamment positive en rangs larges, ce qui peut faire du système de maïs/soya en rangs jumelés une option favorable pour les producteurs souhaitant utiliser le même semoir pour les deux cultures.

Conclusions

La grande quantité de recherche sur les écartements des rangs de maïs a montré encore et encore que c'est une question très complexe avec de nombreux facteurs interagissant. Les résultats de rendements ont souvent été non concluants et très variables entre les environnements, rendant difficile pour les producteurs de déterminer la meilleure solution pour leur ferme individuelle. Il en va de même pour le maïs en rangs jumelés. Consultez votre professionnel local des ventes Pioneer pour des renseignements au sujet des meilleurs produits pour votre système de régie spécifique et environnements de croissance.

La recherche de Pioneer en matière de rangs jumelés effectuée en 2010 a confirmé les mêmes conclusions générales que les recherches d'université précédentes, sur le maïs en rangs jumelés. La quantité de recherche accumulée ne donne pas d'indication présentement qu'une transition des rangs de 30 pouces aux rangs jumelés offrirait des avantages généralisés dans la majorité du Corn Belt. Il n'y a pas non plus d'indices constants que les nouveaux hybrides et des peuplements plus élevés favoriseraient la production en rangs jumelés dans un avenir rapproché. Cependant, la recherche courante par les scientifiques de Pioneer continuera à explorer l'applicabilité des configurations de rangs plus rapprochés avec des peuplements plus élevés et de nouveaux hybrides.

Les environnements de rendements ne semblent pas influencer la réponse aux rendements des rangs jumelés bien que les données de recherche en environnement à faibles rendements soient limitées. Les applications les plus prometteuses pour le maïs en rangs jumelés semblent être dans les scénarios où les rangs rapprochés ont connu le plus de succès comme le nord du Corn Belt et en production d'ensilage, de même que dans les systèmes à rangs éloignés du Sud.

Sources

- Buehring, N.W., M.P. Harrison, et R.R. Dobbs. 2003. Corn response to twin and rangs rapprochés with selected seeding rates. Annual Report 2002 of the North Mississippi Research and Extension Center. Mississippi Agricultural & Forestry Experiment Station Information Bulletin 398:43-49.
- Butzen, S. et S. Paszkiewicz. 2008. Narrow-Row Corn Production – When Does it Increase Yield? Crop Insights 18:15. <http://www.pioneer.com/home/site/us/agronomy/library/template.content/guid.9248fd75-1f2d-1d60-f460-e207ff6f2792>
- Coulter, J. A. 2009. Optimum plante population for corn in Minnesota. Online. Offert à www.extension.umn.edu/distribution/cropsystemes/M1244.html U. of Minn., St. Paul.
- Cox, W. J., J. J. Hanchar, W. A. Knoblauch, et J. H. Cherney. 2006. Growth, Yield, Quality, and Economics of Corn Silage under Different Row Spacings. Agron J. 98:163-167.
- Doerge, T. 2008. Communication personnelle.
- Ebelhar, M. W. et D. R. Clark. 2010. Nitrogen Management and Seeding Rates for Twin-Row and Single-Row Corn Production. Proc. Am. Soc. Agron. 105-11.
- Farnham, D. E. 2001. Row Spacing, Plant Density, and Hybrid Effects on Corn Grain Yield and Moisture. Agron. J. 93:1049-1053.
- Foster, S. et H. Watters. 2006. Twin Row Corn Silage Trial, a method to increase silage production. [Online]. Available at http://agcrops.osu.edu/research/2005%20On-Farm%20Projects/Twin%20Row%20Silage%2005_final.pdf . Ohio State Univ. Extension.
- Jones B. P. 2007 Effects of Twin-Row Spacing on Corn Silage Growth Development and Yield in the Shenandoah Valley <http://www.valleycrops.cses.vt.edu/CornManagementAssets/TwinRowCornSilage.pdf>. Virginia Cooperative Extension.
- Karlen, D. L., et C. R. Camp. 1985. Row Spacing, Plant Population, and Water Management Effects on Corn in the Atlantic Coastal Plain. Agron J. 77:393-398.
- Kratochvil, R. J., et Taylor, R. W. 2005. Twin-row corn production: An evaluation in the mid-Atlantic Delmarva region. Online. Crop Management doi:10.1094/CM-2005-0906-01-RS.
- Lee, C. D. 2006. Reducing Row Widths to Increase Yield: Why It Does Not Always Work. Online. Crop Management doi:10.1094/CM-2006-0227-04-RV.
- Nafziger, E. D. 2006. Inter- and Intraplant Competition in Corn. Online. Crop Management doi:10.1094/CM-2006-0227-05-RV.
- Nelson, K. A. et R. L. Smoot. 2009. Twin- and Single Row Corn Production in Northeast Missouri. Online. Crop Management doi:10.1094/CM-2009-0130-01-RS.
- Sorensen, R. B., M. C. Lamb, et C. L. Butts. 2006. Row pattern, plante density, and nitrogen rate effects on corn yield in the southeastern U.S. Online. Crop Management doi:10.1094/CM-2006-1211-01-RS.
- Stahl, L., J. Coulter, et D. Bau. 2009. Narrow-Row Corn Production in Minnesota. Online. Offert à: <http://www.extension.umn.edu/distribution/cropsystemes/M1266.html>.
- Widdicombe, W. D. et K.D. Thelen. 2002. Row Width and Plant Density Effects on Corn Grain Production in the Northern Corn Belt. Agron. J. 94:1020-1023.