

EFFET D'UN PASSAGE AUTOMNAL D'UN AERWAY SUR LA PERFORMANCE D'UN VIEUX PÂTURAGE EN 2012 ET 2013



**Véronique Poulin et Denis Ruel, agronomes
MAPAQ - Direction régionale du Centre-du-Québec**

Avril 2014

Résumé

De l'automne 2011 jusqu'au printemps 2013, un essai sur le rajeunissement d'un pâturage, dans le but d'améliorer les performances de croissance de ce dernier, a été conduit à la ferme de Raymond St-Onge, une entreprise vache-veau sise à Bécancour au Centre-du-Québec. Pour ce faire, des parcelles avec et sans passage du Aerway ont été comparées pour le rendement et les qualités nutritives du fourrage.

Dans les conditions du présent essai, le passage automnal du Aerway n'a pas eu d'effet sur le rendement en matière sèche du pâturage et seulement un effet sur le calcium et le magnésium parmi les composantes chimiques analysées.

Introduction

Un certain nombre d'entreprises agricoles montrent de l'intérêt à utiliser un Aerway pour rajeunir et revigoriser leur pâturage sans avoir recours à un travail conventionnel du sol. Elles veulent alléger et désentasser le sol en surface visant à améliorer l'aération et le ressuyage de leur sol afin de procurer ainsi de meilleures conditions de croissance pour les espèces fourragères présentes (Robinson et Burton, 2000).

Différentes études ont été menées pour évaluer l'effet du Aerway et autres outils d'aération de sol sur le rendement fourrager et d'autres paramètres. Dans un essai sur l'hydrologie, les pertes par ruissellement et le rendement fourrager, Koff et al. (2011) ont noté que la croissance des fourrages n'a pas été affectée significativement de façon positive ou négative. Des chercheurs du Mississippi State University Extension Service, Ingram et al. (2009) ont comparé les effets de divers équipements (AerWay, disques, chisel, et autres) sur l'aération du sol dans les pâturages de *Paspalum notatum* (herbe de Bahia). Ils n'ont pas observé d'effets bénéfiques sur la production de fourrage comparativement au témoin. Ils mentionnent également que la surface travaillée par le Aerway ne représentait que 2 % de la surface totale et atteignait une profondeur de 5 à 7 cm selon le type de sol. Ils ont remarqué également que le travail fait par les dents du Aerway ont lissé les parois et compacté le fond des fentes et que cela pourrait retarder le mouvement de l'eau et la croissance des racines.

L'étude de Vendrami et Silveira (2009) a aussi été menée avec différents aérateurs de sol (Mardin HL-7 tandem chopper, Lawson multi blade pasture aerator, Aerway model AW118 pasture aérateur) dans un pâturage d'herbe de Bahia en sol sableux mal égoutté de la Floride. Ils ont démontré que le taux d'infiltration d'eau a été amélioré et que la compaction a été diminuée immédiatement après le traitement, mais il n'y avait plus d'effets trois, six ou douze mois après le passage des divers équipements comparativement au témoin. Le rendement n'a pas été augmenté dans le pâturage de treize ans d'âge et a été même diminué pour celui âgé de 40 ans.

Une recherche de Fortune et al. (1999), conduite en Irlande pendant trois ans sur des pâturages, a montré que le passage du « Tanco Aerway Pasture Aerator » n'a pas eu d'effet positif sur le rendement fourrager global. Les traitements étudiés comprenaient un passage soit, à l'automne, au printemps ou automne et printemps ainsi qu'un témoin sans passage. Les quelques fois qu'il y avait des effets significatifs lors de certaines coupes, années ou moments de l'année, les résultats étaient inconsistants et très variables. Au Tennessee, Bates et al. (2009), n'ont pas observé de différence

significative sur le rendement de la fétuque élevée suite au passage d'équipements à dents au printemps ou à l'automne comparativement à aucun passage.

Plus près de nous, en Alberta, Malhi et al. ont conduit des essais en 1991 et 1992 pour vérifier l'effet de l'aération mécanique au moyen de l'aérateur Aerway passé au printemps ou à l'automne ou encore à deux reprises (automne et printemps), de la fumure en azote ou des deux traitements combinés comparativement à un témoin sur la production fourragère en régime de fauche ou de pâturage. Ils concluent que le passage du Aerway n'a occasionné aucune amélioration de rendement à aucun des cinq emplacements. Seul l'apport d'engrais azoté a donné des augmentations significatives de rendements. En 1996 et 1997, onze essais ont été conduits en Nouvelle-Écosse pour évaluer l'effet sur les rendements fourragers de l'aération du sol à l'aide d'un Aerway au printemps ou en début d'été et ce, en combinaison avec l'application du lisier de bovin. Le rendement moyen obtenu dans les parcelles aérées ont été significativement inférieures à celui des parcelles non aérées (Gordon et al., 2000).

Par contre, au Pays de Galles en Grande-Bretagne, Davies et al. (1989) ont constaté que sous leurs conditions particulières, comparativement au témoin, le rendement en matière sèche moyen sur deux ans du pâturage a été doublé suite au passage d'un outil rotatif à dents sur une profondeur de 15 cm. Cet outil, semblable au Aerway, utilisé sur un pâturage de ray-grass âgé de 26 ans, a permis de désentasser la zone graveleuse très dense située à 10-12 cm de profondeur. Le passage des animaux aurait favorisé la migration des particules fines du sol en surface vers cette zone graveleuse diminuant la perméabilité et la porosité du sol et menant à une réduction du drainage et des échanges gazeux. Ce phénomène a créé une zone compacte limitant le développement des racines. Les auteurs concluaient qu'il serait avantageux d'utiliser cet outil sur ce type de sol particulier pour fracturer la zone récalcitrante. Ils ajoutaient que des recherches subséquentes seraient nécessaires pour préciser la nature du problème créé par le piétinement des animaux et les solutions les plus appropriées. De même, Ball (2000), dans sa revue de littérature, indiquait qu'avant d'utiliser ce type d'outil, une évaluation minutieuse du potentiel d'aération du site devrait être réalisée.

Comme on peut le constater, peu des études répertoriées montrent des effets positifs sur les performances des pâturages suite au passage d'un outil à dents du type. De plus, aucune de ces recherches n'a été réalisée dans des conditions nordiques semblables au Québec. Dans d'autres buts et objectifs, des chercheurs ont également évalué l'utilisation de cet équipement dans différents essais. Tim Harrigan (2003) a évalué l'efficacité d'une méthode d'aération du sol comme mesure pour réduire les pertes des déjections animales (lisier de bovin laitier) épandues sur les champs sans prendre des observations sur la performance des cultures.

Problématique

MM. Raymond et Pascal St-Onge de Bécancour, secteur Sainte-Gertrude dans la MRC de Bécancour, avaient remarqué un tassemement du sol dans certains de leurs pâturages. Ces derniers désiraient utiliser le Aerway pour rajeunir leur vieux pâturage afin de le rendre plus productif sans détruire les plantes désirables. Ils avaient entendu parler que cette pratique culturale pourrait répondre à leurs attentes lorsque passer à l'automne.

Ils misaient sur l'effet gel-dégel de l'eau accumulée dans les fentes laissées par les dents de l'équipement.

Objectif

L'essai, mis en place à l'automne 2011, avait pour objectif de vérifier les impacts d'un passage du Aerway à l'automne sur le reconditionnement et la productivité d'un vieux pâturage et ce, sous des conditions climatiques du Centre-du-Québec.

Matériels et méthodes

Description du site

L'essai a été mené sur un vieux pâturage, de plus de quinze ans, composé d'une proportion variable de pâturin, mil, chiendent, trèfle blanc, pissemil et quelques autres plantes non désirées en plus faible quantité.

Tableau 1 : Caractéristiques du champ

Numéro de champ	216
Superficie du champ	5 ha divisés en deux planches de 35 m de largeur par 715 m de longueur
Égouttement	Imparfait – non nivelé et non drainé
Type de sol	Sable Saint-Jude phase mince à loam sableux de Courval
Analyse de sol automne 2010 (Mehlich III)	
pH eau/tampon	6,2/6,6
P (kg/ha)	33
K (kg/ha)	276
Ca (kg/ha)	3230
Mg (kg/ha)	286
Al (ppm)	1320
Matière organique (%)	5,1
CEC estimé (meq/100g)	16,3

Début avril 2012, une application de 3,7 t m.s./ha de Gran-mix (Biogénie, Québec, Canada), biosolides municipaux séchés et granulés, a apporté 28 kg/ha N, 59 kg/ha P2O5 et 3 kg/ha K2O. Au printemps 2012, il ya eu un épandage de 110 kg/ha 27-0-0. Aucune autre application de fertilisants n'a été faite en 2013.

Le troupeau pâturant les parcelles de l'essai était constitué de 50 vaches de boucherie (Hereford et HExAN), d'un poids moyen de 680 kg, avec leurs veaux âgés entre deux à quatre mois lors de la mise au pâturage (figure 1). Les animaux avaient accès à une nouvelle bande d'herbe à chaque jour avec un accès maximal de cinq jours aux parcelles. Il était visé une hauteur d'herbe de 8-10 pouces à l'entrée des animaux et 3-4 pouces à leur retrait.



Figure 1: Troupeau au 18 juillet 2012 quelques jours avant l'entrée dans les parcelles

Dispositif expérimental

Deux traitements ont été comparés soit, avec passage du Aerway (A) et un témoin (T), sans passage du Aerway. Les traitements ont été faits sur le sens de la largeur du champ transversalement sur les deux planches, dont une vasée (V) avec du trèfle ladino 'Will' et l'autre non vasée (NV), constituant ainsi deux sites d'essai. Pour chacun des sites, et des traitements, les parcelles avaient une largeur de 7,2 m. Le Aerway, réglé à la position 2 soit, un angle de travail de 5°, a été passé le 5 novembre 2011 en condition de sol frais et humide à une vitesse de 7 km/heure. Le Aerway utilisé avait 3,7 m de largeur avec des dents de 15 cm de longueur et lesté avec des blocs de béton (figures 2 et 3). Les animaux avaient accès au deux sites simultanément (V et NV).



Figure 2 : Ajustement et passage du Aerway, 5 novembre 2011



Figure 3 : À gauche, traitement Aerway et à droite, le témoin - 5 novembre 2011

Le vasage a été réalisé le 27 mars 2012, à l'aide d'un semoir Cyclone installé sur un véhicule tout-terrain, à un taux visé de 2 kg/ha (figure 4).



Figure 4 : Vasage le 27 mars 2012

Échantillonnages et analyses

En 2012 et 2013, le moment de l'échantillonnage a été réalisé un à trois jours avant l'entrée des animaux sur les sites. En 2012, les dates ont été le 28 mai, le 18 juillet et le 11 septembre. En 2013, il y a eu seulement un échantillonnage avant le premier broutage, soit le 27 mai.

Trois quadrats ont été prélevés dans chacune des parcelles traitées et ils ont été pesés individuellement pour déterminer un rendement moyen de chacune des parcelles (figure 5). Le taux de matière sèche et les analyses nutritives ont été effectués à partir des sous-échantillons composites de chacun des quadrats pour chaque répétition des traitements. Selon la date d'échantillonnage, la superficie échantillonnée a été de 0,5 m² ou 1 m².



Figure 5: Échantillonnage du 18 juillet 2012

Les parcelles ont été récoltées à l'aide de ciseaux manuels ou électriques. La hauteur de coupe était d'environ 2,5 cm du niveau du sol.

Les analyses nutritives ont été réalisées par le laboratoire Agri-Analyse (Sherbrooke, Québec, Canada). Quant au taux de matière sèche pour l'évaluation du rendement en fourrage, il a été déterminé par séchage de deux sous-échantillons de chacun des échantillons composites de chaque parcelle et mis à l'étuve à 103° C pendant 24 heures (Fisher Isotemp oven series 200 model 230F, MA, USA).

Des observations sur la composition botanique, sous forme de pourcentage de couverture de la canopée, ont été notées mais n'ont pas fait l'objet d'analyses statistiques.

Statistiques

Les données ont été analysées selon un bloc complet aléatoire, avec cinq répétitions, en utilisant la procédure GLM du logiciel SAS (SAS Institute, 2008) pour le site, le traitement et la date de coupe. Un test de Waller-Duncan K a été utilisé sur les moyennes de rendement en matière sèche et des différents paramètres des analyses alimentaires. Le seuil de signification statistique a été établi à $P<0,05$. Le vasage n'a pas été répété et n'a donc pas été considéré comme un traitement.

Résultats

À l'automne 2011, le passage du Aerway a laissé des fentes d'une profondeur de 7,5 à 10 cm et d'une longueur d'environ 23 cm en surface. L'angle d'attaque a créé un soulèvement du sol de 2,5 cm d'un côté de cette fente (figure 6). Le travail de l'équipement a varié selon la microtopographie du terrain et l'humidité du sol, les endroits plus humides ou plus bas étant moins travaillés. Tel que rapporté par Ingram et al. (2009), du lissage a été observé sur les parois des fentes. Lors de la visite au champ, le 22 mars 2012, les fentes étaient encore visibles mais plus refermées (figure 7).



Figure 6 : 5 novembre 2011, observation des fentes faites par le passage du Aerway



Figure 7 : À gauche, traitement Aerway et à droite, le témoin – 22 mars 2012

Le tableau 2 présente les données brutes des rendements, sur une base de 100 % de matière sèche, obtenus pour chacun des sites, des coupes et des traitements. À titre de renseignements, pour 2012, la Financière agricole du Québec a établi les rendements de référence pour le foin à 15 % d'humidité dans le secteur de Bécancour (Sainte-Gertrude) à 3 268 kg/ha pour la première fauche, 1 892 kg/ha pour la deuxième coupe et 1 261 kg/ha pour la troisième fauche. L'aspect général du champ et des parcelles sont montrés à la figure 8 pour deux des quatre périodes d'échantillonnage effectuées durant l'essai.



Figure 8: Aspect général du champ au 18 juillet et 5 septembre 2012

Tableau 2 : Rendement moyen en matière sèche par site et par coupe selon les traitements

	Coupe	Traitement	Site 1 Non vasé kg ms/ha	Site 2 Vasé kg ms/ha
2012	28 mai	Aerway	2 005	1 808
		Témoin	2 249	1 691
	18 juillet	Aerway	2 386	2 180
		Témoin	2 223	2 340
	11 septembre	Aerway	1 754	1 665
		Témoin	1 895	1 544
	Total 3 coupes	Aerway	6 145	5 652
		Témoin	6 367	5 575
2013	27 mai	Aerway	2 472	2 290
		Témoin	2 404	2 188

En 2012, les vingt parcelles ont été analysées pour le rendement fourrager global des trois coupes (100 % m.s.) selon les sites (V et NV) et les traitements (A et T). Il a été observé une tendance ($P=0,098$) du modèle sur les vingt parcelles analysées. Aucun effet quant au passage du Aerway n'a été noté (tableau 3). Cela va dans le même sens de plusieurs études scientifiques effectuées sous d'autres conditions. Un effet significatif a été observé entre les sites (V et NV) soit, un meilleur rendement en matière sèche dans le site non vasé (NV) comparativement au site vasé (V).

Tableau 3 : Effet des traitements sur le rendement global de matière sèche – 2012

	Rendement total 100% ms kg/ha	P
Site		
Vase	5613	0,0182
Non vasé	6256	
Traitement		
Aerway	5899	0,7672
Témoin	5971	

Pris séparément, pour chacune des coupes en 2012, le passage du Aerway n'a pas non plus eu d'effet significatif sur le rendement et les autres paramètres nutritionnels sauf le taux de calcium et de magnésium. Le pourcentage de calcium s'est établi à 0,96 % et 0,90 %, celui du magnésium de 0,29 % et 0,27 %, et ce, respectivement pour les traitements A et T. Il n'y a eu aucune interaction des dates de coupe avec les traitements contrairement à ce qu'avait observé Fortune et al. (1999) (tableau 4).

D'autre part, il y a eu des effets significatifs entre les sites. Les rendements, les taux de matière sèche, les taux de protéine, de phosphore, de cendres, de sucre ainsi que la digestibilité de la fibre NDF ont été plus élevés dans le site non vasé. Quant aux fibres, ces dernières ont été plus faibles dans le site non vasé comparativement au site vasé

(tableaux 4 et 5). Les données ne permettent d'expliquer cet effet de site. La légère variation de microtopographie du terrain, des espèces fourragères désirables observées ou d'autres aspects non documentés dans les sites pourraient être en cause.

Tableau 4 : Effet des différents traitements sur le rendement, le taux en matière sèche, la protéine et les minéraux - 2012

	Rendement m.s./ coupe	Matière sèche	Protéine	P	Ca	Mg	Cendres
	Kg /ha	%	%	%	%	%	%
Site							
Vasé	1 871*	23,39*	15,69*	0,31*	0,92	0,27	8,54*
Non vasé	2 085	25,05	16,36	0,33	0,94	0,29	8,91
Traitement							
Aerway	1 966	23,99	16,12	0,32	0,96*	0,29*	8,80
Témoin	1 990	24,45	15,93	0,32	0,90	0,27	8,65
Date							
28 mai	1 938 ^b	18,6 ^c	14,9 ^b	0,3 ^b	0,88 ^b	0,26 ^b	8,72
18 juillet	2 282 ^a	23,5 ^b	16,4 ^a	0,33 ^a	0,87 ^b	0,26 ^b	8,76
11 sept.	1 715 ^c	30,6 ^a	16,8 ^a	0,32 ^a	1,04 ^a	0,32 ^a	8,69
Interaction Traitement x Date	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

*P< 0.05

Tableau 5 : Effet des différents traitements sur le contenu en sucre, en fibre et sur la digestibilité de la NDF - 2012

	ADF	NDF	Lignine	Sucre	NDFd30	NDFd 48
	%	%	%	%		
Site						
Vasé	28,43*	50,12*	4,06*	10,50*	70,42	76,79
Non vasé	27,04	48,03	3,72	11,61	73,06	79,16
Méthode						
Aerway	27,60	48,63	3,95	11,07	71,47	77,80
Témoin	27,87	49,52	3,83	11,04	72,01	78,15
Traitement						
28 mai	27,8 ^b	50,6 ^a	3,4 ^b	12,82 ^a	72,7 ^a	79,6 ^a
18 juillet	29,9 ^a	50,5 ^a	4,2 ^a	9,35 ^c	70,1 ^b	75,7 ^b
11 sept.	25,6 ^c	46,2 ^b	4,1 ^a	10,99 ^b	72,4 ^a	78,5 ^a
Interaction Traitement x Date	ns	ns	ns	ns	ns	ns

* P< 0.05

En 2013, seul le pourcentage de matière sèche et le rendement en matière sèche ont été évalués. Il n'y a eu aucune différence significative pour ces deux paramètres entre les traitements, c'est-à-dire avec passage du Aerway (A) et le témoin (T), et entre le site vasé et non vasé (V et NV) (tableau 6). Un nombre plus élevé de degrés de liberté aurait été préférable pour une meilleure analyse, mais les ressources humaines limitées ne permettaient pas de suivre les parcelles durant toute une deuxième saison estivale.

Tableau 6 : Effet des différents traitements sur le rendement en matière sèche – 2013

	Rendement m.s./ coupe	Matière sèche
	Kg /ha	%
Site		
Vasé	2 239	18,30
Non vasé	2 438	19,17
Traitement		
Aerway	2 381	18,51
Témoin	2 296	18,86

* P< 0.05

La composition botanique observée était très variable d'une unité d'échantillonnage à l'autre (figure 9). Faute de ressources, il n'a pas été possible d'évaluer quantitativement la composition botanique des quadrats. Cela aurait permis de faire une analyse statistique sur des données fiables.



Figure 9: Quelques observations de la composition botanique, 5 septembre 2012

Kirychuk et al. (1997) mentionnent dans leur ouvrage que l'utilisation d'un équipement rotatif à dents pour l'aération du sol pourrait avoir des effets variables sur les espèces fourragères présentes. Les luzernières ne devraient pas être travaillées avec ce type d'équipement. Il en serait de même pour les prairies de graminées cespiteuses sauf si le gazon est très dense. Ce type d'équipement causerait un amincissement du gazon et pourrait favoriser ainsi une plus grande compétition des mauvaises herbes vivaces. À titre d'exemple, dans les prairies du Québec, le mil, le dactyle et la fétuque élevée sont quelques-unes des graminées cespiteuses rencontrées.

Conclusion

Sous les conditions du présent essai, aucun effet du passage automnal du Aerway sur le rendement annuel du pâturage n'a été observé en 2012 et pour la première coupe en 2013. Ce résultat va dans le même sens que plusieurs résultats de recherches menées au Canada et ailleurs dans le monde. Par contre, une augmentation du contenu en calcium et magnésium du fourrage a été notée en 2012.

Plusieurs auteurs ont rapportés une densification des premiers centimètres de sol due au piétinement des animaux. Certains indiquent que le surpâturage peut amener le tassemement du sol. Une évaluation des causes, de la profondeur et du degré de tassemement est donc nécessaire. De même, le type et la condition de sol en présence sont à considérer pour évaluer les chances de succès et la pertinence de l'aération. Il faut aussi tenir compte des espèces désirables présentes afin d'éviter une diminution de performance du pâturage.

D'autres essais sous nos conditions nordiques et sur différents types de sol pourraient être souhaitables notamment avec les effets du gel et dégel. Il serait intéressant aussi que l'évaluation des effets sur la composition et la masse des espèces botaniques, ainsi que sur la perméabilité du sol soit réalisée.

Au-delà de toutes ces considérations, le travail de prévention constitue la meilleure pratique culturale pour éviter la baisse de productivité. Les systèmes de paissance favorisant un respect des hauteurs de broutage homogènes et optimales selon les espèces fourragères, le retrait des animaux lorsque les conditions sont trop humides, le choix des espèces fourragères, l'amendement et la fertilisation adaptés, de même qu'un égouttement adéquat sont quelques-unes des bonnes pratiques à privilégier.

Remerciements

Ce projet a été rendu possible grâce à la participation des producteurs agricoles MM Raymond et Pascal St-Onge pour la mise en place des parcelles et leur disponibilité, de nos collègues MM. Michel Beaumier, Jean-Robert Tremblay, techniciens agricoles ainsi que des stagiaires M. Pascal Alliman et M^{me} Pamela Magnan-Baril du MAPAQ du Centre-du-Québec pour l'aide à la prise de données ainsi que M^{me} Martine Girard, agente de secrétariat, pour la révision linguistique. De même nous tenons à remercier M. Gilles Tremblay du CEROM pour son aide au niveau de l'analyse statistique des données.

Ce projet a obtenu une aide financière du programme d'Appui et développement de l'agriculture et de l'agroalimentaire en région - volet démonstration à la ferme du ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec.

Rapport rédigé par :

Véronique Poulin, agronome et Denis Ruel, agronome
MAPAQ, Direction régionale Centre-du-Québec

Février 2014

RÉFÉRENCES

- Ball, Jeff. Some Thoughts on soil aeration of pastureland. 2000. Noble Foundation Ag News and Views.
<http://www.noble.org/ag/soils/soilaeration/>
- Bates ,Gary E. , H. Paul Denton, and Joseph E. Beeler. 2009. The Effect of Spike-Tooth Aeration on Tall Fescue Yield Department of Plant Sciences, University of Tennessee. Forage and Grazinglands doi:10.1094/FG-2009-1019-01-RS.
<http://www.plantmanagementnetwork.org/pub/fg/research/2009/spike>
- Davies A., W. A. Adams, D. Wilman. 1989. Soil compaction in permanent pasture and its amelioration by slitting. Journal of Agricultural Science 113: 189-197
<http://dx.doi.org/10.1017/S0021859600086755>
- De Koff, J. P.,* P. A. Moore Jr., S. J. Formica, M. Van Eps, and P. B. DeLaune. 2011. Effects of Pasture Renovation on Hydrology, Nutrient Runoff , and Forage Yield .Journal of Environmental Quality 40: 320–328
- Financière agricole du Québec. Rendements de référence 2012 en assurance récolte.
http://www.fadq.qc.ca/fileadmin/fr/cent_docu/docu_publ/stat/asrec/rend_refe/rend_refe_2012.pdf
- Fortune, R.A., P.D. Forristal and F. Kelly. 1999. Effects of soil aeration in minimising/alleviating soil compaction and sward damage in grassland.1999. Teagasc. ISBN 1 84170 051 7
- Gordon, R., Patterson, G., Harz, T., Rodd, V. et MacLeod, J. 2000. Aération du sol préalablement à l'épandage de fumier de bovins laitiers sur les cultures fourragères. Can. J. Soil Sci. 80: 319–326.
- Harrigan, Tim. Mitigating farming systems impacts on the landscape.
http://www.egr.msu.edu/age/documents/news_archives/eco/mitigating.pdf
- Ingram, David M., David E. Pettry, Richard E. Switzer, Carl H. Hovermale, Billy Johnson, Ned C. Edwards, Jr.2009. Influence of Spike-tooth Aeration on Permanent Pastures in Mississippi. Mississippi State University. <http://msucares.com/pubs/techbulletins/tb220.htm>
- Kirychuk, Brant, Phillip Curry, Allan Foster, Garry Bowes, Bart Lardner . 1997. Rejuvenation of Tame Forages. Saskatchewan Agriculture, food and rural revitalization.
<http://www.agriculture.gov.sk.ca/Default.aspx?DN=f58e4b48-b268-4da1-9ac2-961f01b252a8>
- Lemus, Rocky. 2011. Breaking Down Soil Compaction: Does It Increase Forage Production? Mississippi State University Extension Service.
- Malhi, S.S., K. Heiler, K. Heier, K. Nielsen, W. E. Davies and K.S. Gill. Efficacy of pasture rejuvenation through mechanical aeration or N fertilisation. Can. J. Plant Sci. 80:813-815.
- Robinson, Julie et Sandra Burton. 2000. Peace Region Ranchers Knife Life into Forage Fields. Forage Fact #1. Forage Goods & Services Auction
- Vendramini, Joao et Maria Silveira. 2009 revisé 2012. Pasture Aeration. Institute of Food and Agricultural Sciences University of Florida. SS-AGR-321