

Nouvelles méthodes de récolte du maïs et qualité des ensilages

Ueli Wyss et Nicolas Pradervand

Agroscope, 1725 Posieux, Suisse

Renseignements: Ueli Wyss, e-mail: ueli.wyss@agroscope.admin.ch



Les différentes balles ont été faites avec une presse à balles rondes stationnaire. (Photo: Ueli Wyss, Agroscope)

Introduction

L'ensilage de maïs est un fourrage important pour les ruminants. Depuis peu, le maïs d'ensilage est aussi récolté sous la forme de powermaïs et de maïs shredlage. Le powermaïs (maïs enrichi en épis) est un aliment composé en partie de maïs plante entière et en partie d'épis de maïs, dont le reste de la plante est laissé au champ après la récolte (fig. 1). L'objectif de cette méthode est d'augmenter la teneur en énergie du fourrage. Cet aliment est principalement distribué comme ensilage aux taurillons à l'engrais.

Quant à la méthode du shredlage, elle provient des États-Unis. Dans ce nouveau procédé de récolte du maïs d'ensilage plante entière, le maïs est haché à une longueur de 26 à 30 mm, puis les tiges passent au travers de rouleaux éclateurs rainurés en croix (*corncrakers*) qui éclatent les grains par frottement et lacèrent les composants résiduels de la plante dans le sens de la longueur. Cette nouvelle technologie permet de broyer les grains dans une large mesure; en outre, les particules

plus grossières qui en résultent contribuent à une ration conforme aux besoins des ruminants (Pries *et al.* 2018). Dans la méthode standard, le maïs est haché à une longueur de 5 à 10 mm.

Au cours d'un essai de digestibilité avec des moutons (Rothacher *et al.* 2019) et d'un essai d'engraissement avec des taurillons (Morel *et al.* 2019), les ensilages de maïs produits avec ces nouvelles techniques ont été testés par Agroscope à Posieux. La qualité de l'ensilage et le risque de post-fermentation ont également été analysés. Ces résultats sont décrits et discutés dans le présent article.

Matériel et méthodes

À l'automne 2016, du maïs d'ensilage de la variété Gotardo a été récolté sur le site d'Agroscope à Posieux en utilisant les trois méthodes suivantes: maïs standard (longueur de coupe 10 mm), maïs shredlage plante entière (longueur de coupe 30 mm) et powermaïs (longueur de coupe 10 mm). Les fourrages ont ensuite été ensilés dans des silos de laboratoire, en balles et en silo-tour. Les balles ont été faites avec une presse à balles rondes stationnaire. Les dates de récolte étaient les 22 et 23 septembre pour le maïs standard en silo tour et en balles, le 26 septembre pour le maïs shredlage en balles et le 10 octobre pour le powermaïs. Ce dernier a été ensilé principalement en balles, mais une petite partie a également été ensilée dans un silo-tour. Des essais de digestibilité avec des moutons et d'engraissement avec des taurillons ont été réalisés avec ces ensilages. De plus, des échantillons ont été prélevés régulièrement pendant toute la durée des essais. La figure 2 montre la structure des trois ensilages. Au cours du test de digestibilité, des échantillons ont été prélevés à trois endroits dans les balles (en haut, au milieu, en bas) chaque semaine pendant un mois et tous les mois au cours de l'essai d'engraissement. Parallèlement, aux mêmes dates, un échantillon a été prélevé manuellement dans l'ensilage du silo-tour désilé à l'aide d'une fraise. Dans les échantil-

lons, les teneurs en MS et en nutriments, les paramètres de fermentation et la qualité microbiologique (levures, moisissures et bactéries aérobies mésophiles) ont été analysés. En ce qui concerne les paramètres de fermentation, on a déterminé le pH, les teneurs en acides lactique, acétique, propionique et butyrique, de même que la teneur en éthanol. Les nombres de germes ont été déterminés selon les méthodes VDLUFA (VDLUFA 2012). La stabilité aérobie a également fait l'objet d'analyses. À cet effet, une partie de l'échantillon a été placée dans des récipients ouverts avec des sondes de température. Les températures ont été mesurées toutes les 30 minutes pendant au moins sept jours. Les ensilages ont été considérés comme stables du point de vue aérobie tant que la température dans l'ensilage ne dépassait pas la température ambiante de plus de 3 °C.

L'analyse statistique a été réalisée au moyen d'une analyse de variance (SYSTAT 13, Systat Software GmbH, Erkrath, Allemagne). Dans le cas d'effets significatifs ($P < 0,05$), les valeurs ont été comparées au moyen du test de Bonferroni. Les données de l'essai de digestibilité et de l'essai avec les taurillons à l'engrais ont été analysées séparément.

Résultats et discussion

Matériel initial

La composition chimique des maïs lors de la récolte est donnée au tableau 1. Le powermaïs, récolté plus tard, présente des valeurs différentes par rapport aux autres procédés. Il se distingue particulièrement par des teneurs plus élevées en MS et en amidon et des teneurs plus faibles en fibres. Les coefficients de fermentation étaient tous supérieurs à 45, ce qui indique une bonne aptitude à l'ensilage du matériel de base.

Pour déterminer la vitesse d'acidification, des silos de laboratoire ont été ouverts après une période de stockage de trois jours déjà. L'ensilage de maïs shredlage affichait un pH légèrement plus élevé (4,4 +/- 0,1) que celui de l'ensilage de maïs standard (4,3 +/- 0,1). Le pH le plus haut était celui de l'ensilage de powermaïs (4,5 +/- 0,2) en raison de sa teneur plus élevée en MS. Les essais de Beintmann *et al.* (2016) montrent également que le pH du maïs shredlage baisse moins rapidement que celui du maïs standard. Après une période d'ensilage de deux jours, la différence était plus importante que dans le présent essai avec respectivement 4,6 et 4,2.

La longueur de coupe supérieure et donc la structure plus grossière du maïs shredlage rend le compactage du fourrage plus difficile et augmente le risque de post-fermentations. La densité de la MS a également

Résumé

Outre les ensilages de maïs d'une longueur de coupe standard de 5 à 10 mm, on produit aujourd'hui aussi du maïs shredlage, d'une longueur de coupe supérieure (26 à 30 mm) et du powermaïs, caractérisé par une plus grande proportion d'épis. Des ensilages de maïs produits selon ces nouvelles méthodes de récolte ont été comparés à des ensilages de maïs standard, lors d'essais de digestibilité avec des moutons et d'essais d'engraisement avec des taurillons. Le maïs d'ensilage a été ensilé, dans les différentes variantes, soit en balles et/ou en silos-tour. La qualité fermentaire, la qualité microbiologique et la stabilité aérobie des ensilages ont également été analysées. Par rapport aux autres méthodes de récolte du maïs, la teneur en matière sèche (MS) du powermaïs était plus élevée, en raison de l'enrichissement en épis et de l'ensilage plus tardif, ce qui a entraîné des teneurs plus faibles en acide lactique. Dans l'ensemble, tous les ensilages présentaient une très bonne qualité fermentaire. En ce qui concerne les teneurs en levures, en bactéries et en moisissures, les valeurs moyennes se situaient dans des concentrations normales. Néanmoins, le maïs shredlage et les ensilages de maïs standard du silo-tour ont enregistré une charge plus élevée en levures, ce qui a eu un effet négatif sur la stabilité aérobie.

été mesurée dans chacune des quatre balles affouragées aux moutons pendant l'essai de digestibilité et dont le volume moyen était de 1,4 m³. Elle s'élevait à respectivement 264, 256 et 300 kg MS/m³ pour le maïs standard, le maïs shredlage et le powermaïs. Les différences entre le maïs standard et le maïs shredlage étaient assez faibles (environ 3 %). Pries *et al.* (2018) ont trouvé des différences beaucoup plus grandes (12 %) dans les silos-tranchée avec la même technique des rouleaux éclateurs. Dans cette étude (Pries *et al.* 2018), les compactages moyens pour la méthode standard étaient de 267 kg MS/m³ et pour la méthode du shredlage de 236 kg MS/m³, avec des différences encore plus grandes dans la couche supérieure. Dans une étude réalisée dans la pratique et portant sur un total de 28 exploitations agricoles, Bommelmann (2017) n'a trouvé aucune différence sensible de compactage entre les deux méthodes. Selon lui, les agriculteurs se sont adaptés à l'aptitude plus faible au compactage de cet ensilage et l'ont mieux compacté en utilisant une technique appropriée.



Figure 1 | Powermaïs avec une ensileuse automotrice équipée pour la récolte de trois rangs en plantes entières et trois rangs d'épis.
(Photo: Ueli Wyss, Agroscope)

Qualité fermentaire des ensilages

Le tableau 2 montre les paramètres de fermentation des ensilages utilisés durant l'essai de digestibilité (quatre valeurs) et l'essai d'engraissement des taurillons (sept valeurs). Des différences entre les procédés ont été constatées dans la teneur en MS, en raison du moment d'ensilage différent, ainsi que dans la teneur en acide lactique et en partie aussi en acide acétique. L'acide butyrique et l'acide propionique n'ont pas pu être détectés, ou seulement en faibles quantités. Les teneurs en éthanol ne différaient que dans l'essai de digestibilité mais dans les deux essais, le maïs shredlage a affiché les valeurs les plus élevées. Les différences d'acide lactique entre la méthode standard et la méthode du shredlage sont particulièrement marquées, bien que les valeurs pH ne se soient pas distinguées entre ces deux méthodes. Pries *et al.* (2016) ont également trouvé des teneurs

plus faibles en acide lactique dans les ensilages de maïs shredlage. Dans l'ensemble, tous les ensilages étaient de très bonne qualité, ce qu'indique le nombre maximal de 100 points DLG.

Qualité microbiologique

De façon générale, dans tous les procédés, les valeurs relatives aux groupes de microorganismes examinés se situaient dans des concentrations normales selon les valeurs d'orientation VDLUFA. Pour les groupes «bactéries aérobies mésophiles» et «moisissures», les indicateurs d'altération dominaient avec une proportion moyenne de plus de 90 % pour les bactéries et de plus de 98 % pour les moisissures par rapport aux microorganismes typiques du produit.

Des différences significatives entre les procédés au niveau des levures (fig. 3) ont été mises en évidence. L'exposition plus longue à l'air à laquelle les ensilages de maïs standard des silos-tours ont été soumis après l'ouverture des silos peut expliquer la charge en levures plus élevée dans ces ensilages, par rapport à celle relevée dans les balles contenant le même ensilage. Une véritable comparaison n'est donc possible que pour les balles soumises aux mêmes conditions. Lors de la comparaison des trois ensilages en balles, la charge en levures était significativement plus élevée dans le maïs shredlage.

Des différences au niveau des bactéries aérobies mésophiles ont été constatées dans l'essai de digestibilité, mais pas dans celui d'engraissement des taurillons (fig. 4.) Aucune différence n'a été constatée entre les procédés au niveau de la charge en moisissures (fig. 5).

Stabilité aérobie

Bien qu'aucune différence prouvée statistiquement n'ait pu être trouvée pour la stabilité aérobie entre les dif-

Tableau 1 | Composition chimique des maïs au moment de la récolte.

| | | Standard silo-tour 22.09 | Standard balles 23.09 | Shredlage balles 26.09 | Powermaïs balles/silo-tour 10.10 |
|-----------------|---------|--------------------------------|-----------------------------|------------------------------|--|
| MS | % | 33,6 | 32,4 | 34,2 | 44,6 |
| Cendres | g/kg MS | 33 | 32 | 33 | 22 |
| Matière azotée | g/kg MS | 60 | 67 | 67 | 71 |
| Cellulose brute | g/kg MS | 181 | 177 | 181 | 106 |
| ADF | g/kg MS | 190 | 199 | 189 | 127 |
| NDF | g/kg MS | 345 | 356 | 367 | 278 |
| Amidon | g/kg MS | 383 | 378 | 359 | 565 |
| WSC | g/kg MS | 80 | 91 | 87 | 55 |
| CF | | 60 | 61 | 61 | 72 |

MS: matière sèche; ADF: lignocellulose; NDF: parois; WSC: glucides hydrosolubles; CF: coefficient de fermentation.

Tableau 2 | Teneurs en MS et paramètres de fermentation des différents ensilages de maïs.

| Méthode | MS | pH | Acide lactique g/kg MS | Acide acétique g/kg MS | Éthanol g/kg MS | DLG points |
|--|-------------------|-------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------|---------------|
| | % | | | | | |
| Essai de digestibilité¹ | | | | | | |
| Standard balles | 36,7 ^a | 3,9 | 57 ^b | 13 ^a | 9 ^b | 100 |
| Standard silo-tour | 34,3 ^a | 3,9 | 63 ^a | 15 ^a | 7 ^a | 100 |
| Shredlage balles | 36,8 ^a | 3,9 | 51 ^c | 11 ^b | 10 ^b | 100 |
| Powermaïs balles | 47,6 ^b | 3,9 | 39 ^d | 10 ^b | 8 ^{ab} | 100 |
| SE | 0,57 | 0,02 | 1,1 | 0,3 | 0,5 | |
| p-value | <0,001 | 0,071 | <0,001 | <0,001 | 0,011 | |
| Essai avec des taurillons à l'engrais² | | | | | | |
| Standard silo-tour | 35,5 ^a | 3,9 ^a | 71 ^a | 17 | 10 | 100 |
| Shredlage balles | 34,9 ^a | 4,0 ^{ab} | 59 ^b | 16 | 12 | 100 |
| Powermaïs balles/silo-tour | 45,0 ^b | 4,0 ^b | 42 ^c | 14 | 9 | 100 |
| SE | 0,60 | 0,03 | 2,8 | 1,3 | 1,1 | |
| p-value | <0,001 | 0,023 | <0,001 | 0,319 | 0,106 | |

MS: matière sèche; DLG: Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft; SE: erreur standard.

¹Quatre échantillons par traitement; ²Sept échantillons par traitement

férentes méthodes, celle-ci a tout de même un impact sur l'affouragement (fig. 6). Si l'on compare les balles standard avec les balles shredlage, dans lesquelles les conditions étaient les mêmes, les balles shredlage s'en tirent moins bien et doivent être affouragées dans les deux jours pour éviter des problèmes d'échauffement de l'ensilage.

Selon les études menées par Thaysen *et al.* (2017), la stabilité aérobie des ensilages diminue avec l'augmentation de la longueur de coupe.

Comme il ressort de la figure 7, la stabilité aérobie diminue en fonction de l'augmentation de la charge en levures.

Pertes de jus de fermentation

Pendant le stockage des balles de maïs shredlage, du jus de fermentation s'est écoulé. Cet effet n'a pas pu être observé dans les balles standard. Il convient toutefois de noter que seules quelques balles ont été produites avec

du maïs standard et que la majeure partie de ce maïs a été ensilé dans des silos-tour.

Au cours de l'essai d'engraisement des taurillons, les échantillons provenant des balles de maïs shredlage et



Figure 2 | Les trois ensilages utilisés dans l'essai: standard (A), shredlage (B) et powermaïs (C). (Photo: Olivier Bloch, Agroscope)

Tableau 3 | Teneurs en MS et paramètres de fermentation dans les balles à différents emplacements.

| Méthode | Emplacement | MS | pH | Acide lactique g/kg MS | Acide acétique g/kg MS | Éthanol g/kg MS |
|-----------------|-------------|------|-----|---------------------------|---------------------------|--------------------|
| | | % | | | | |
| Powermaïs (n=4) | en haut | 44,2 | 4,0 | 40 | 15 | 11 |
| | au milieu | 44,7 | 4,0 | 40 | 13 | 11 |
| | en bas | 45,3 | 4,0 | 41 | 13 | 11 |
| Shredlage (n=7) | en haut | 37,0 | 4,0 | 52 | 14 | 11 |
| | au milieu | 34,4 | 4,0 | 59 | 16 | 13 |
| | en bas | 33,3 | 3,9 | 66 | 17 | 13 |

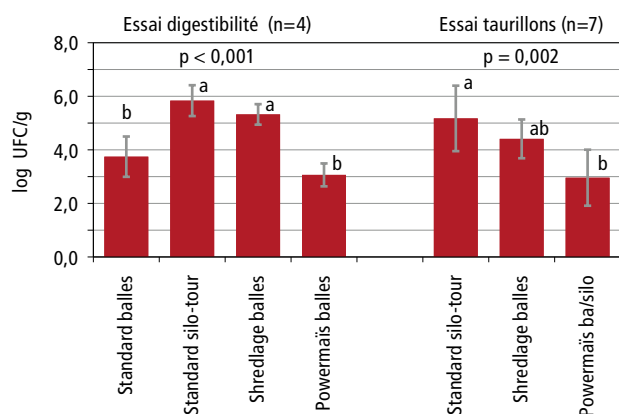


Figure 3 | Charge en levures (UFC: unités formant colonies) dans les différents ensilages de maïs.

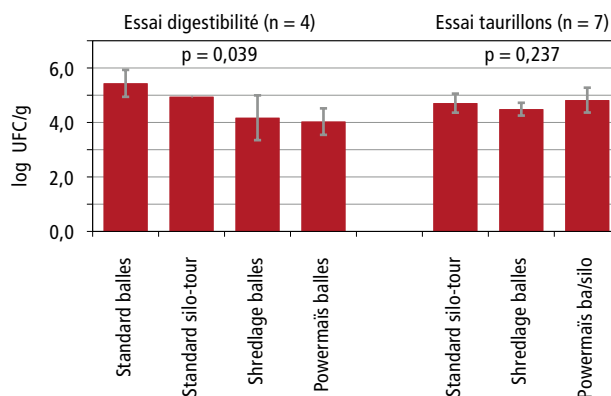


Figure 4 | Bactéries aérobies mésophiles (UFC: unités formant colonies) dans les différents ensilages de maïs.

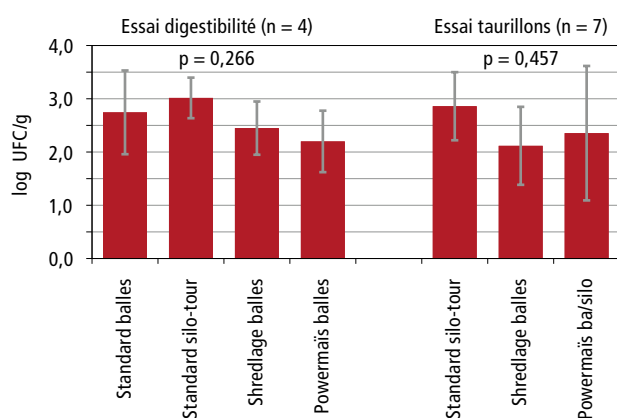


Figure 5 | Moisissures (UFC: unités formant colonies) dans les différents ensilages de maïs.

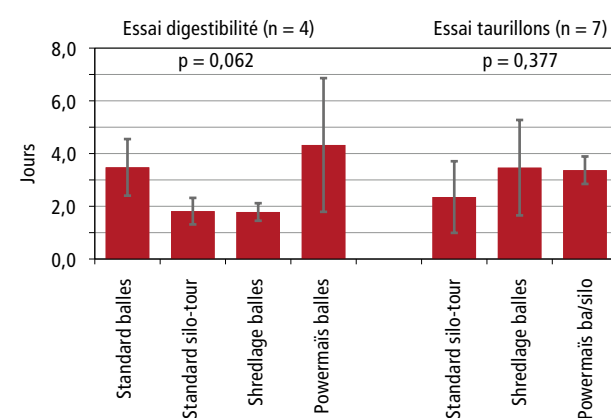


Figure 6 | Stabilité aérobie des différents ensilages de maïs.

des balles de powermaïs ont été analysés séparément. Les balles ont été retournées avant d’être ouvertes pour éviter que du jus de fermentation ne s’en écoule. Malgré cette mesure, des différences dans la teneur en MS, en acide lactique et en acide acétique ont été relevées dans les balles de shredlage en fonction de l’emplacement dans la balle, ce qui n’était pas le cas avec les balles de powermaïs (tabl. 3).

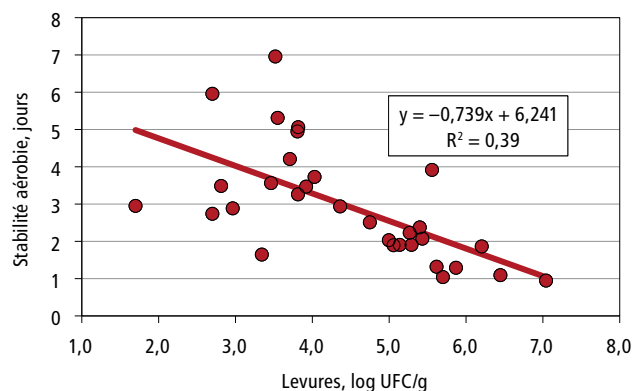


Figure 7 | Rapport entre la charge en levures et la stabilité aérobie des ensilages.

Conclusions

- Dans le cas des ensilages de maïs shredlage et de powermaïs, la vitesse d’acidification et donc la baisse du pH débutent plus tard, ce qui peut être dû à des teneurs en MS et à un compactage différents.
- Pendant la période de stockage, moins d’acide lactique et d’acide acétique se sont formés dans les ensilages de maïs shredlage et de powermaïs, comparés aux ensilages de maïs standard.
- La charge en levures était plus élevée dans l’ensilage de maïs shredlage et dans celui de maïs standard du silo-tour que dans les autres procédés.
- C’est la charge en levures qui a influencé le plus fortement les post-fermentations.
- Le défi principal avec ces nouvelles techniques d’ensilage est et reste d’assurer un haut degré de compactage et de minimiser le risque de post-fermentations en cours d’affouragement. Comme ces nouvelles techniques présentent un risque accru de post-fermentations, il ne faut l’appliquer que si la qualité de l’ensilage est garantie et que si les exploitations ont le risque de post-fermentations sous contrôle. ■

Riassunto**Diverse tecniche di raccolta per l'insilato di mais e qualità dell'insilato**

Oltre agli insilati di mais con una lunghezza di triturazione standard di 5–10 mm, oggi si producono anche insilati Shredlage con una lunghezza di triturazione più lunga (26–30 mm) e powermais con un contenuto più elevato di pannocchie. Agroscope ha effettuato esperimenti di digeribilità su pecore e di ingrassamento su torelli con questi nuovi metodi rispetto al mais standard. Il mais è stato insilato con i vari metodi, in balle e/o in silos a torre. Allo stesso tempo, sono state studiate anche la qualità di fermentazione, la qualità microbiologica e la stabilità aerobica degli insilati. Rispetto agli altri metodi, il powermais aveva un tenore di sostanza secca (SS) più alto a causa dell'elevato contenuto di pannocchie e del momento d'insilamento più tardivo, che ha portato a una riduzione del contenuto di acido lattico. Nel complesso, tutti gli insilati hanno attestato un'ottima qualità di fermentazione. Per quanto concerne il contenuto di lieviti, batteri e muffe, i valori medi si situano in un intervallo normale. Tuttavia, il Shredlage e l'insilato di mais standard del silo a torre hanno attestato un contenuto di lieviti più elevato, condizione che ha avuto anche un effetto negativo sulla stabilità aerobica.

Summary**Maize silage quality produced by different harvest techniques**

Today, in addition to maize silages with a standard chop length of 5 to 10 mm, shredlage with a longer chop length (26 to 30 mm) and power maize with a higher proportion of cobs are also produced. At Agroscope, digestion experiments with sheep as well as fattening bull experiments were conducted comparing the use of these new processes versus standard maize. The maize silage was ensiled in bales and/or in tower silos in the different techniques. At the same time, the fermentation quality, microbiological quality and aerobic stability of the silages were investigated. Owing to its higher percentage of cobs and later ensilating time, the power maize had a higher dry-matter (DM) content than the rest of the techniques, resulting in a lower lactic-acid content. Viewed as a whole, the fermentation quality of all the silages was very good. Although average values for yeasts, bacteria and moulds were in the normal range. But shredlage and the standard maize silages from the tower silo were characterised by a higher yeast count compared to standard maize in bales and powermais, which had a negative impact on aerobic stability.

Key words: mais silage, shredlage, powermais, silage quality, aerobic stability.

Bibliographie

- Beintmann S., Denissen J., Hoffmanns C., Hoppe S., Hünting K., Spelt J. H., Steevens L., Wolzenburg C., Gerlach K. & Maack C., 2016. Silier- und Fütterungsversuch mit Shredlage-Silage im Vergleich zu Maissilage mit herkömmlicher Häcksellänge. *Riswickter Ergebnisse* 2/2016, 60 p.
- Hünting K., Schneider M., Spiekers H. & Pries M., 2018. Effect of shredlage maize harvesting technology on fermentation parameters, packing densities and aerobic stability of maize crop ensiled in bunker silos. *Proceedings of the XVIII International Silage Conference*, Bonn, Allemagne, 492–493.
- Morel I., Oberson J. L., Nadau V. & Wyss U., 2019. Maïs shredlage ou maïs plante entière standard dans la ration des taurillons à l'engrais? *Recherche Agronomique Suisse* 10 (2), 60–67.
- Pries M., Denissen J. & Speit H. H., 2018. Silier- und Fütterungsversuche mit Shredlage-Maissilage im Vergleich zur Maissilage herkömmlicher Häcksellänge. Tagungsband 45. *Viehwirtschaftliche Tagung*, 65–73.
- Pries M., Bothe B., Beintmann S., Denissen J., Hoffmanns C., Hünting K., Hoppe S. & Maack C., 2016. Was kann der Shredlage-Mais wirklich? Silierung und Fütterung der Shredlage im Versuch. *Landwirtschaftliches Wochenblatt* 37, 15–17.
- Rothacher M., Wyss U. & Arigo Y., 2019. Digestibilité in vivo d'ensilages de maïs récoltés par différentes techniques. *Recherche Agronomique Suisse* 10 (2), 54–59.
- Thaysen J., Gerighausen H.G., Maack C. & Richardt W., 2000. Häcksellänge Silomais: Heute kurz – morgen lang. Kann auf teure Spezialtechnik verzichtet werden? *Mais* 34 (3), 108–112.
- VDLUFA, 2012. Keimgehalte an Bakterien, Hefen, Schimmel- und Schwärzepilzen. *Methodenbuch III, Die chemische Untersuchung von Futtermitteln*, 8. Ergänzungslieferung 2012.