Efficacité d'un agent conservateur du foin humide – résultats 2011

Ueli Wyss, station de recherche Agroscope Liebefeld-Posieux ALP-Haras, 1725 Posieux
Renseignements: Ueli Wyss, e-mail: ueli.wyss@alp.admin.ch, tél. +41 26 407 72 14



L'utilisation d'agents conservateurs efficaces lors du pressage des balles peut empêcher une altération, si le fourrage n'est pas assez sec.

Introduction

Le foin séché au sol n'affiche pas toujours la teneur en matière sèche requise pour une conservation optimale. Conséquences: il moisit et s'échauffe fortement. L'emploi d'un agent conservateur permet de prévenir l'altération du fourrage. Mais le dosage du produit est essentiel. Il importe également de savoir comment l'altération et l'échauffement sont influencés par la compression du fourrage.

L'agent conservateur Selko Heu a été testé à l'échelle du laboratoire, dans des fourrages à deux teneurs en matière sèche (MS) distinctes, et comparé à un contrôle négatif sans ajout. Dans le cas du contrôle négatif, plusieurs densités ont également été étudiées.

Matériel et méthodes

Selko Heu est un produit acide non corrosif, à base d'acide propionique. Pour les essais, du regain (4e coupe – riche en graminées, axée sur le ray-grass) a été humidifié de manière à obtenir deux teneurs différentes en MS. Le produit a été appliqué en trois dosages divers, aux deux niveaux de MS (70 %: humide; 75 %: sec; tabl. 1).

Tableau 1 | Variantes et dosages de l'agent conservateur

Niveau de MS	Variante	Dosage par tonne de fourrage	Nombre de cylindres
1	Sans conservateur (contrôle négatif)	–	3
1	Selko Heu	8 l soit 8,40 kg	3
1	Selko Heu	9 l soit 9,45 kg	3
1	Selko Heu	10 l soit 10,50 kg	3
2	Sans conservateur (contrôle négatif)	–	3
2	Selko Heu	4 l soit 4,20 kg	3
2	Selko Heu	5 l soit 5,25 kg	3
2	Selko Heu	6 l soit 6,30 kg	3

Niveau de MS1: 70 %
Niveau de MS2: 75 %

Une variante sans ajout a servi de contrôle négatif. Chaque variante a été répétée trois fois.

Les essais ont été réalisés à l'échelle du laboratoire, sur l'installation développée par Meisser (2001). Le fourrage a été introduit dans des cylindres en PVC. Il a été compressé à 200 kg/ de MF/m³ (matière fraîche) pour tester les différents dosages de l'agent conservateur. De plus, dans le contrôle négatif, des densités de 175 et 150 kg MF/m³ ont encore été analysées. Chaque cylindre a été muni d'une sonde pour relever et enregistrer les températures toutes les 30 minutes, pendant la durée de conservation de 30 jours. Les teneurs en MS et divers paramètres chimiques ont été définis avant et après les 30 jours de conservation. Les nutriments ont été déterminés par spectroscopie dans le proche infrarouge (NIRS). L'évaluation statistique a fait l'objet d'une analyse de variance et d'un test de Bonferroni (programme SYSTAT 12).

Tableau 2 | Teneurs en matière sèche (MS) et en nutriments du fourrage avant les tests

Variante		Niveau de MS 1	Niveau de MS 2
Matière sèche	%	69,2	74,2
Cendres	g/kg MS	102	99
Matière azotée	g/kg MS	182	187
Cellulose brute	g/kg MS	224	241
Sucre	g/kg MS	94	93
ADF	g/kg MS	267	280
NDF	g/kg MS	453	473
NADF/N total	%	4,3	5,0

ADF: lignocellulose; NDF: parois; NADF/N total: azote insoluble par rapport à l'azote total.

Résumé

Certaines exploitations suisses utilisent des agents conservateurs chimiques pour conserver le foin humide. Pour réussir, le procédé implique des connaissances précises quant aux teneurs en MS du fourrage et un dosage approprié de l'agent conservateur. Un essai a été réalisé pour tester l'efficacité de l'agent conservateur Selko Heu, appliqué à raison de trois dosages distincts, dans un fourrage à deux teneurs en MS différentes. Une variante non traitée a servi de contrôle négatif. Au cours de ces contrôles négatifs, plusieurs densités ont par ailleurs été examinées. Les températures ont été relevées en continu pendant les trente jours d'essai. Les teneurs en MS et divers autres paramètres ont également été analysés, avant et après cette période.
Le fourrage non traité s'est fortement échauffé dans les deux niveaux de MS et était entièrement moisi. Les résultats démontrent que plus le fourrage est compressé, plus il s'échauffe et s'altère. Par rapport aux contrôles négatifs, l'ajout de Selko Heu a permis d'éviter totalement ou partiellement l'échauffement et l'altération du fourrage, dans les deux niveaux de MS étudiés. La réussite de l'opération dépend beaucoup d'un dosage approprié.

Résultats

Températures pendant la conservation

Les variantes sans ajout se sont rapidement et considérablement échauffées (fig. 1 et 2) dans les deux niveaux de MS. Les trois dosages testés, de 8, 9 et 10 l d'agent conservateur Selko Heu par tonne de fourrage, ont empêché l'échauffement (fig. 1) du fourrage humide. Mais tel n'a pas été le cas pour le fourrage sec, où un léger échauffement a été constaté avec un dosage de 4 et de 5 l par tonne. Il a fallu un dosage de 6 l pour éviter tout échauffement (fig. 2).

Les autres tests réalisés avec les trois densités choisies ont prouvé que le fourrage moins compressé s'est beaucoup moins échauffé, pour les deux niveaux de MS. L'air circule d'autant mieux que la compression est moindre.

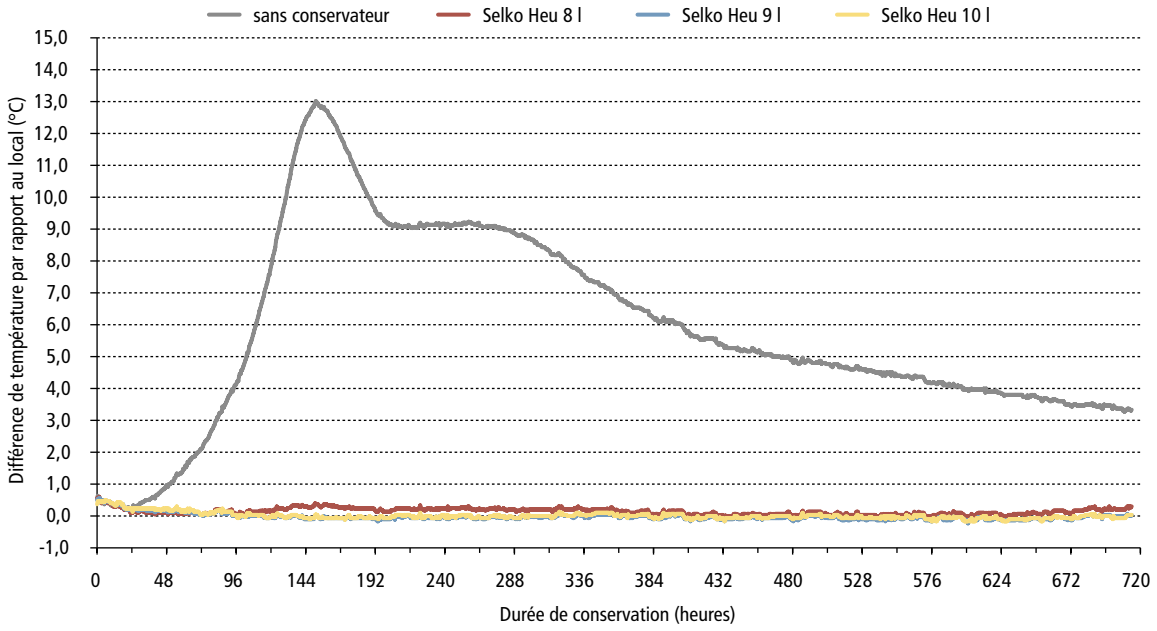


Figure 1 | **Evolution des températures pendant la conservation du foin humide avec et sans conservateur (foin humide avec 70 % MS).**

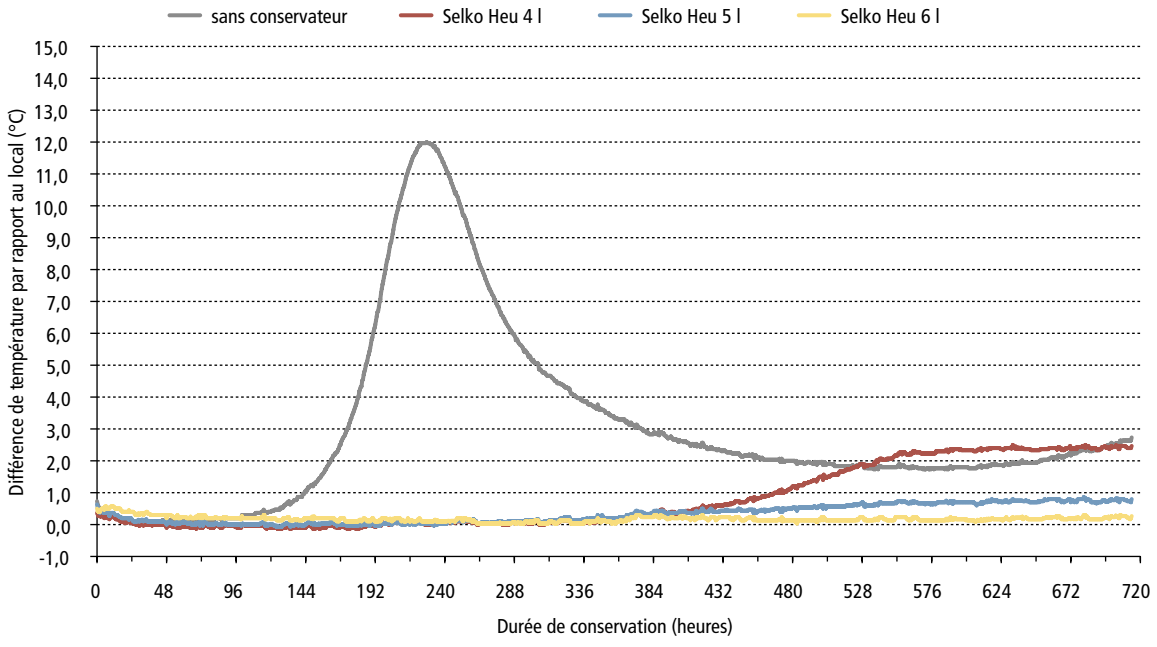


Figure 2 | **Evolution des températures pendant la conservation du foin humide avec et sans conservateur (foin humide avec 75 % MS).**

Teneurs en MS et nutriments

Les teneurs en MS et les nutriments présents dans le fourrage avant le stockage sont indiqués dans le tableau 2, pour les deux niveaux de MS. Bien que le fourrage utilisé pour cet essai ait été récolté sur la même parcelle, les teneurs en constituants pariétaux du fourrage à teneur en MS plus élevée étaient légèrement supérieures. Par contre, les teneurs en sucres étaient identiques.

Au cours de la conservation de 30 jours, l'altération du foin de la variante humide, non traitée, a entraîné la formation d'eau. Après la conservation, ce foin présentait une teneur en MS inférieure à celle du matériel initial humidifié (tabl. 3). Dans les variantes traitées aux trois dosages différents, les teneurs en MS ont légèrement augmenté par rapport à celles du matériel initial, un séchage ultérieur a eu lieu. En outre, les nutriments – à ›

Tableau 3 | Paramètres chimiques du foin humide avec 70 % MS après la conservation

		Sans conservateur	Selko Heu 8 l	Selko Heu 9 l	Selko Heu 10 l	SE	Seuil de signification
Matière sèche	%	57,1^{a}	73,1^{b}	73,3^{b}	73,5^{b}	1,04	***
Cendres	g/kg MS	198^{a}	106^{c}	108^{bc}	113^{b}	1,1	***
Matière azotée	g/kg MS	284^{a}	185^{b}	186^{b}	187^{b}	1,3	***
Cellulose brute	g/kg MS	240	237	237	238	1,5	n.s.
Sucre	g/kg MS	0^{a}	93^{b}	98^{b}	97^{b}	1,3	***
ADF	g/kg MS	287^{a}	274^{b}	272^{b}	275^{b}	2,2	**
NDF	g/kg MS	500^{a}	482^{b}	474^{b}	487^{b}	3,7	**
NADF/N total	%	30,5^{a}	4,2^{b}	4,2^{b}	4,3^{b}	0,69	***
Acide lactique	g/kg MS	0,0^{a}	7,1^{b}	7,5^{bc}	7,7^{c}	0,10	***
Acide acétique	g/kg MS	0,0^{a}	0,8^{b}	0,9^{b}	0,9^{b}	0,02	***
Acide propionique	g/kg MS	0,0^{a}	5,7^{b}	6,3^{b}	7,0^{c}	0,13	***
Pertes en MS	%	36,3^{a}	1,1^{b}	0,9^{b}	-0,6^{b}	1,25	***

SE: erreur standard; n.s.: non significatif; * p<0,05; ** p<0,01; *** p<0,001.
ADF: lignocellulose; NDF: parois; NADF/N total: azote insoluble par rapport à l'azote total.
Des lettres minuscules différentes au sein d'une même ligne indiquent des moyennes significativement différentes entre procédés au seuil de 5% selon le test de Bonferroni.

Tableau 4 | Paramètres chimiques du foin humide avec 75 % MS après la conservation

		Sans conservateur	Selko Heu 4 l	Selko Heu 5 l	Selko Heu 6 l	SE	Seuil de signification
Matière sèche	%	74,4^{a}	79,5^{b}	79,8^{b}	80,6^{b}	0,61	***
Cendres	g/kg MS	126^{a}	108^{b}	111^{ab}	109^{b}	3,4	*
Matière azotée	g/kg MS	224^{a}	191^{b}	187^{b}	188^{b}	1,8	***
Cellulose brute	g/kg MS	281^{a}	257^{b}	251^{b}	242^{b}	3,9	***
Sucre	g/kg MS	11^{a}	66^{b}	80^{b}	89^{b}	7,4	***
ADF	g/kg MS	334^{a}	299^{b}	279^{bc}	265^{c}	5,4	***
NDF	g/kg MS	557^{a}	505^{b}	495^{b}	480^{b}	7,4	***
NADF/N total	%	9,9^{a}	4,9^{b}	4,1^{b}	3,9^{b}	0,29	***
Acide lactique	g/kg MS	0,0^{a}	4,5^{b}	7,2^{bc}	7,5^{c}	0,60	***
Acide acétique	g/kg MS	0,0^{a}	0,1^{a}	0,5^{ab}	0,7^{b}	0,13	*
Acide propionique	g/kg MS	0,0^{a}	1,1^{ab}	2,6^{bc}	3,5^{c}	0,39	**
Pertes en MS	%	13,2^{a}	2,7^{b}	-1,9^{b}	-1,1^{b}	1,07	***

SE: erreur standard; n.s.: non significatif; * p<0,05; ** p<0,01; *** p<0,001.
ADF: lignocellulose; NDF: parois; NADF/N total: azote insoluble par rapport à l'azote total.
Des lettres minuscules différentes au sein d'une même ligne indiquent des moyennes significativement différentes entre procédés au seuil de 5% selon le test de Bonferroni.

Tableau 5 | Paramètres chimiques du foin humide avec 70 % MS après la conservation à différentes densités

		200 kg/m³	175 kg/m³	150 kg/m³	SE	Seuil de signification
Matière sèche	%	57,1[a]	64,9[ab]	69,8[b]	1,77	**
Cendres	g/kg MS	198[a]	183[a]	150[b]	5,6	**
Matière azotée	g/kg MS	284[a]	272[ab]	244[b]	6,0	*
Cellulose brute	g/kg MS	240[a]	256[b]	271[c]	3,0	**
Sucre	g/kg MS	0	0	5	2,7	n.s.
ADF	g/kg MS	287[a]	301[ab]	318[b]	4,6	**
NDF	g/kg MS	500[a]	521[ab]	542[b]	4,5	**
NADF/N total	%	30,5	24,3	20,9	2,98	n.s.
Pertes en MS	%	36,3	26,1	20,9	3,39	*
Max. diff. temp.	°C	13,2[a]	10,2[b]	5,6[c]	0,64	***

SE: erreur standard; n.s.: non significatif; * p<0,05; ** p<0,01; *** p<0,001.
ADF: lignocellulose; NDF: parois; NADF/N total: azote insoluble par rapport à l'azote total.
Max. diff. temp.: différence de température maximale par rapport au local.
Des lettres minuscules différentes au sein d'une même ligne indiquent des moyennes significativement différentes entre procédés au seuil de 5% selon le test de Bonferroni.

l'exception de la teneur en cellulose brute – ont présenté des différences significatives entre les variantes traitées et le contrôle négatif. De même, la part d'azote insoluble par rapport à l'azote total – paramètre important pour décrire le processus de dénaturation – est apparue clairement supérieure dans le contrôle négatif, par rapport aux trois variantes traitées. Selon Weiss *et al.* (1992), plus la part d'azote insoluble croît par rapport à l'azote total, plus la digestibilité de la matière azotée diminue.

Le fourrage sec a révélé des tendances similaires. Ici aussi, des divergences on été observées dans les teneurs en MS après le stockage ainsi que dans les teneurs en nutriments (tabl. 4). Aucune différence significative n'a été constatée entre les trois dosages testés. Mais certaines tendances ont été décelées, telles qu'une baisse de la teneur en sucres ou une hausse de la part d'azote insoluble par rapport à l'azote total, lorsque le dosage diminue.

Les analyses supplémentaires effectuées avec les trois densités choisies ont montré que le fourrage présentait des teneurs en MS différentes après conservation, aux deux niveaux de MS (tabl. 5 et 6). Plus le foin était compressé, plus son altération était forte et moindre était sa teneur en MS. Cet état de fait s'est aussi partiellement répercuté sur les nutriments et sur la part d'azote insoluble par rapport à l'azote total.

Acides gras

Les acides gras ont été déterminés dans tous les échantillons comprimés à 200 kg/m³. Aucun échantillon ne contenait d'acide butyrique. Nous n'avons décelé ni acide lactique, ni acide acétique, ni acide propionique dans les échantillons des contrôles négatifs sans ajout, pour les deux niveaux de MS (tabl. 3 et 4). Plus le dosage de l'agent conservateur était élevé, plus le foin humide contenait d'acide propionique après 30 jours de conservation. Pourtant, les teneurs en acide lactique et en acide acétique ont aussi légèrement augmenté avec le dosage croissant de l'agent conservateur. Ce constat démontre qu'une certaine fermentation lactique se produit encore dans le foin humide traité.

Pertes de MS

Le taux d'humidité du foin et l'agent conservateur ont largement influencé les pertes de MS. Ces pertes ont été beaucoup plus importantes dans le fourrage non traité, aux deux niveaux de MS, que dans les variantes traitées. Le dosage n'a pas eu d'effet significatif sur les pertes de MS (tabl. 3 et 4).

Tableau 6 | Paramètres chimiques du foin humide avec 75 % MS après la conservation à différentes densités

		200 kg/m³	175 kg/m³	150 kg/m³	SE	Seuil de signification
Matière sèche	%	74,4[a]	78,3[ab]	79,4[b]	0,94	*
Cendres	g/kg MS	126	123	119	3,6	n.s.
Matière azotée	g/kg MS	224[a]	209[b]	199[b]	2,8	**
Cellulose brute	g/kg MS	281	274	279	4,1	n.s.
Sucre	g/kg MS	11	29	35	5,5	*
ADF	g/kg MS	334	313	321	5,0	n.s.
NDF	g/kg MS	557	557	562	7,1	n.s.
NADF/N total	%	9,9[a]	6,1[b]	6,1[b]	0,64	**
Pertes en MS	%	13,2	7,4	8,1	1,80	n.s.
Max. diff. temp.	°C	12,3[a]	5,3[b]	4,7[b]	0,75	***

SE: erreur standard; n.s.: non significatif; * p<0,05; ** p<0,01; *** p<0,001.
ADF: lignocellulose; NDF: parois; NADF/N total: azote insoluble par rapport à l'azote total.
Max. diff. temp.: différence de température maximale par rapport au local.
Des lettres minuscules différentes au sein d'une même ligne indiquent des moyennes significativement différentes entre procédés au seuil de 5% selon le test de Bonferroni.



Figure 3 | Foin humide après 30 jours de conservation; à gauche sans conservateur; à droite avec conservateur.

Evaluation sensorielle et contamination par des moisissures

Après la conservation de 30 jours, le foin humide non traité était entièrement moisi, dans les deux niveaux de MS et dans les trois densités testées (fig. 3). Il dégageait une forte odeur d'ammoniac. Pour le fourrage humide traité, nous avons chaque fois constaté un petit foyer de moisissures avec les dosages de 8 et 9 l, à l'une des trois répétitions. Avec le dosage de 10 l, les trois répétitions se sont révélées irréprochables.

Le fourrage sec traité a également présenté de légères moisissures au dosage de 4 l, lors des trois répétitions. Quelques petits foyers de moisissures ont aussi été constatés, avec les dosages de 5 et 6 l, dans l'une des trois répétitions.

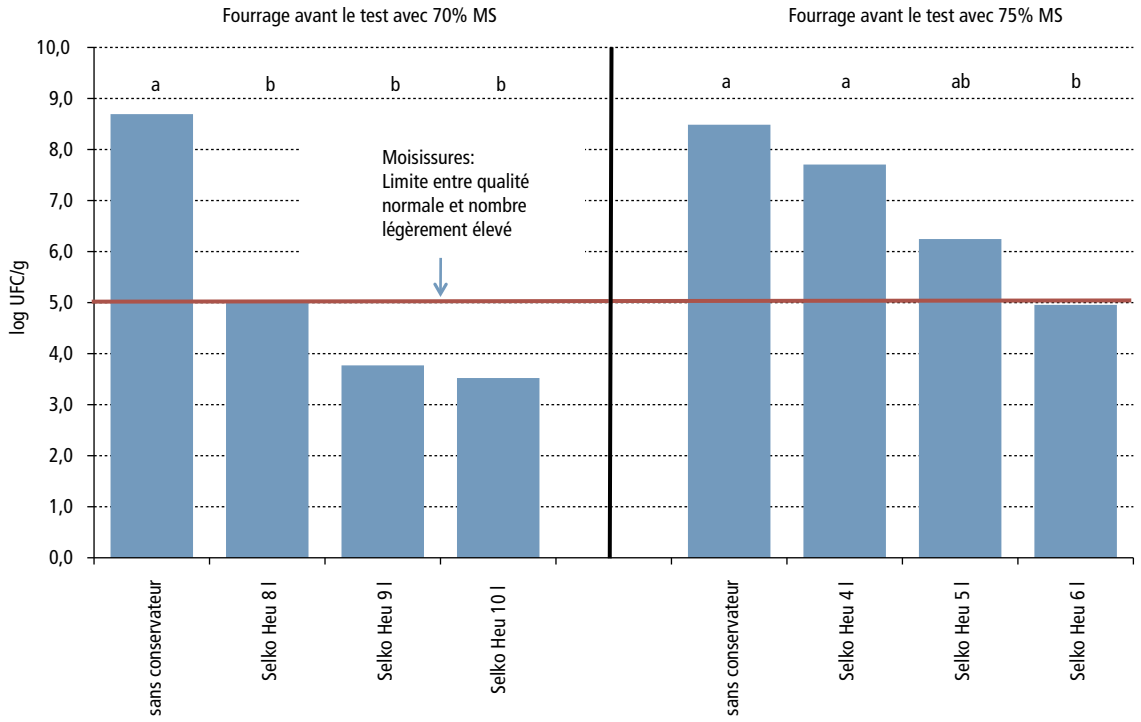


Figure 4 | **Moisissures dans le foin humide avec et sans conservateur (UFC: unité formant colonie).**

Les analyses complémentaires portant sur les moisissures ont confirmé l'évaluation sensorielle. S'agissant du foin humide, nous avons enregistré en moyenne des valeurs inférieures à 100 000 UFC/g dans les trois dosages. Pour le foin sec, il a fallu un dosage de 6 l pour obtenir ce résultat (fig. 4).

Conclusions

- Le foin humide non traité se conserve mal. Il s'échauffe – d'autant plus qu'il est compressé – et il moisit.
- L'agent conservateur Selko Heu a permis d'éviter partiellement ou totalement l'échauffement et l'altération du foin. Le dosage du produit – qui dépend de la teneur en MS du fourrage – joue ici un rôle déterminant. ■

Riassunto

Efficacia dei conservanti nel fieno umido: risultati 2011

In Svizzera alcune aziende impiegano conservanti chimici per conservare il fieno umido. Per ottenere un buon risultato è fondamentale conoscere esattamente il tenore di SS e impiegare il dosaggio giusto. Nell'ambito di una prova è stata verificata l'efficacia del conservante Selko Heu impiegato con due diversi tenori di SS, rispettivamente in tre dosaggi differenti. Una variante non trattata è stata presa come controllo negativo. Nell'ambito di questi controlli negativi sono stati analizzati anche diversi livelli di compattazione.

Nei trenta giorni in cui si è svolta la prova sono state costantemente misurate le temperature. Inoltre si sono analizzati prima e dopo il periodo di prova i tenori di SS e diversi altri parametri.

A entrambi i livelli di SS il foraggio non trattato si è riscaldato sensibilmente ed è ammuffito completamente. I diversi gradi di compattazione hanno mostrato che più il foraggio è compattato, più aumenta il riscaldamento e il deterioramento dello stesso. Con l'aggiunta di Seiko Heu è stato possibile, rispetto al controllo negativo, evitare in parte o completamente il riscaldamento, rispettivamente il deterioramento del foraggio ad ambedue i livelli di SS verificati. Il corretto dosaggio è importante per un buon esito.

Summary

Preservation of moist hay with preservatives – results from 2011

In Switzerland, some farms are using chemical preservatives in order to preserve moist hay. Detailed knowledge of the DM-content as well as the correct dosage are important for the success. In a trial, the efficacy of the preservative Selko Heu was investigated with hay of two different dry matter contents and three different dosages. As negative control, variants without additives were tested. These negative controls were additionally tested with different forage densities. During a period of 30 days, temperature was continuously controlled. Before and after this period, the dry matter contents and different parameters were analysed.

In both DM levels, the untreated hay heated strongly and at the end it was totally moldy. The different densities showed that the stronger the hay was pressed, the higher the heating and the spoilage was. In contrast to the negative control, with the addition of the preservative Selko Heu, the heating up and the deterioration of the hay spoilage could be partly or totally reduced. The correct dosage is important for the success.

Key words: hay, preservation, additives, dosage.

Bibliographie

- Meisser M., 2001. Conservation du foin humide. *Revue suisse d'Agriculture* **33** (2), 61–65.
- Weiss W. P., Conrad H. R. & St. Pierre N. R., 1992. A theoretically-based model for predicting total digestible nutrient values of forages and concentrates. *Anim. Feed Sci. Technol.* **39**, 95–110.