

REVUE DES TECHNIQUES D'ENSILAGE (1)

L'UN DES PROBLEMES ESSENTIELS POSES PAR L'ENSILAGE EST LA LIMITATION DES PERTES QUI INTERVIENNENT, SOIT LORSQU'ON UTILISE DES SILOS MAL ADAPTES, SOIT lorsqu'on ne prend pas suffisamment de précautions en les remplissant. Les pertes nutritives causées par de tels gaspillages peuvent être extrêmement élevées (fait qui est rarement reconnu) aussi doit-on faire en sorte de ramener ces dégâts à un niveau minimum.

Les pertes latérales devraient en fait être très faibles lorsqu'il s'agit d'un silo correctement rempli, mais le problème est plus aigu en ce qui concerne les pertes en surface, car la mise en place et l'enlèvement des matériaux classiques de scellement, tels que la terre ou le calcaire broyé, sont pénibles et coûteux. Dans de nombreux cas cependant, ce coût est amplement justifié par la quantité d'ensilage qui peut être sauvée. L'utilisation d'une toile en matière plastique pour empêcher l'entrée de l'air est une solution possible, mais il n'est pas facile d'assurer une étanchéité complète et il est rare que l'on puisse utiliser cette toile plus d'une saison. Un nombre de plus en plus élevé d'agriculteurs protègent leurs ensilages avec des toits permanents, et cette pratique doit conduire à une amélioration de la qualité moyenne des ensilages. Cependant, d'un point de vue théorique, le silo-tour étanche est la solution idéale en ce qui concerne la protection de l'ensilage. Mais le

coût de ce type de silo et de l'équipement annexe est prohibitif, et il reste à savoir si l'on ne pourrait pas mettre au point une forme de silo imperméable aux gaz qui soit relativement meilleur marché.

Il est probable que, dans l'avenir, la recommandation de permettre à la masse ensilée d'atteindre une température de 30 à 40° c sera abandonnée, à la suite de bon nombre d'essais qui montrent clairement qu'il n'y a pas avantage à procéder ainsi. Le fait de pouvoir remplir le silo de façon continue, plutôt que de disposer le fourrage par couches afin de permettre à la masse de s'échauffer, permettra d'ensiler une plus grande quantité d'herbe en un temps déterminé, donc de mieux respecter le stade de croissance correct auquel la récolte doit être faite.

Autrefois, lorsque l'on utilisait des agents conservateurs, leur application était faite à la main, ce qui constituait une méthode de distribution très peu efficace. Avec la mécanisation de l'ensilage, il est probable que l'on assistera à la vulgarisation d'un épandage mécanisé de ces produits.

L'importance de la teneur en matière sèche du fourrage à ensiler sera de plus en plus généralement reconnue. Il y a de nombreux avantages à préfaner le fourrage avant de l'ensiler, et ce traitement est tout à fait digne de considération. Il n'est évidemment pas souhaitable de prolonger trop longtemps cette période de séchage : une technique intéressante consiste à couper le fourrage avec une récolteuse à fléaux, à lui laisser le temps de se préfaner, puis à le ramasser également avec la récolteuse. L'emploi direct de la machine à fléaux accroît très largement la vitesse de séchage et la double action de lacération résultant de la coupe, puis du ramassage à la récolteuse entraîne l'obtention d'un matériel haché assez finement pour être facilement manipulé, puis tassé.

*
**

Plusieurs études bibliographiques sur les techniques d'ensilage, et d'utilisation des ensilages dans l'alimentation animale, ont été publiées ces dernières années, parmi lesquelles la revue d'ensemble de WATSON et NASH (51). Une autre excellente synthèse de BREIREM et ULVESLI (4) recouvre tous les aspects de l'adjonction d'acides aux ensilages, et traite également de quelques facteurs influençant la qualité des produits ensilés. CARTER (8) a passé en revue la littérature américaine, en particulier, sur la comparaison des pertes nutritives entre les techniques d'ensilage et de fanage. Il y aurait peu d'intérêt à couvrir le même sujet dans son ensemble, aussi ne mentionnera-

t-on ici que des résultats de recherches récentes ayant un intérêt pratique immédiat.

LES PERTES NUTRITIVES DANS L'ENSILAGE

Les pertes sont dues à la respiration des plantes, à la fermentation bactérienne, à l'écoulement des jus dans le silo et au gaspillage à la périphérie de la masse ensilée. En général ces pertes, exception faite pour les dernières, sont réputées inévitables, bien que certaines techniques d'ensilage permettent de réduire la quantité de jus sortant du silo.

Dans des conditions expérimentales, les pertes inévitables doivent être de l'ordre de 15-20 % de la matière sèche, 20-25 % des matières azotées digestibles et 25-30 % des Unités Fourragères (51). Lorsqu'il s'agissait de très petits silos utilisés dans les essais, les pertes en matière sèche ont été quelquefois très basses, souvent de 5 à 10 % seulement, sans doute en raison de la surveillance très étroite que l'on peut exercer lorsqu'on n'a affaire qu'à de faibles quantités d'ensilage.

Il y a donc une divergence considérable entre ces résultats expérimentaux et ceux qui sont rapportés à propos d'essais effectués à l'échelle pratique, dans des silos normalement utilisés dans les fermes. A Jealott's Hill, on a noté des pertes de 32 % en silos-fosses et de 51 à 64 % en silos-meules (51). Un essai néo-zélandais comparant des silos-fosses et des silos-meules, ces derniers étant recouverts ou non, a mis en évidence des pertes en matière sèche de 28 %, 42 % et 52 % respectivement pour les 3 types de silos (40). Les pertes en matière sèche dans un silo-fosse et dans de petits silos-tours se sont montées à 42 et 40 % dans un essai réalisé à Aberdeen (Ecosse) (15). Des essais récents entrepris dans les fermes expérimentales du N.A.A.S. (services officiels de vulgarisation agricole de Grande-Bretagne) ont montré que des pertes élevées peuvent intervenir en silos-tranchées, dont la moyenne est de 26 % si les silos comportent des murs et de 39 % s'il n'y en a pas (10). Ces résultats sont moins bons que ceux qui ont été obtenus en Irlande du Nord (5, 6), où les pertes de matière sèche se limitent à 22-26 %, et sont également inférieurs aux résultats d'essais américains en silos-tours et silos-cuves pour lesquels les pertes sont comprises entre 10 et 22 % (17).

Il est possible que quelques-unes de ces divergences soient dues au fait que les corrections relatives aux pertes de substances volatiles lors du séchage à l'étuve des échantillons n'aient pas toujours été faites, mais ceci

ne peut expliquer les chiffres très élevés qui ont été rapportés. Il est vraisemblable que la différence de pertes entre silos expérimentaux et silos d'échelle normale est due en grande partie au degré de dégradation intervenant sur les bords de la masse ensilée, et les essais de Nouvelle-Zélande montrent clairement (40) que les pertes en matière sèche augmentent au fur et à mesure que l'on a affaire à des silos moins bien protégés. Les résultats dont on dispose montrent que même de faibles quantités d'ensilage avarié visibles à l'œil se traduisent par des pertes nutritives très marquées. Ces résultats mettent en relief la nécessité de protéger les côtés et le sommet de la masse de l'ensilage, puisque les surfaces exposées à l'air seront inévitablement avariées, entraînant ainsi des pertes indésirables en matières nutritives.

FACTEURS AFFECTANT LA FERMENTATION DE L'ENSILAGE

Dans les toutes dernières années, la connaissance des facteurs qui affectent la fermentation s'est considérablement améliorée.

Le type de fermentation qui se développera dans le silo dépend du type et du nombre des bactéries présentes sur le fourrage et des conditions créées à l'intérieur du silo par la masse de fourrage et la technique de l'ensilage. Une exception à cette règle est constituée par la méthode à l'acide A.I.V., basée sur l'acidification directe de la masse, dans laquelle on ne laisse que peu de rôle à la fermentation bactérienne, ou même aucun. En général, cependant, la préservation de l'ensilage est sous la dépendance de l'acide lactique — un sous-produit du métabolisme bactérien — qui se forme dans l'ensilage, et par conséquent pour que cette méthode réussisse, le fourrage ensilé aussi bien que le traitement appliqué doivent entraîner, dans le silo, des conditions favorables au développement du bacille lactique. De plus, une population suffisante de ces bacilles doit être présente sur le fourrage au moment de l'ensilage. Il est également important de limiter au minimum le nombre des agents bactériens proléolytiques, en évitant la contamination du fourrage par la terre.

LA FLORE BACTERIENNE DE L'HERBAGE

Dans le passé, on pensait généralement que les bacilles lactiques étaient toujours présents sur les fourrages verts, mais il a été démontré récemment que le nombre de ces organismes présents dans ces conditions peut varier

dans de très grandes proportions (44). Il semble évident que le bacille lactique se multiplie pendant le processus du fanage (18), mais des travaux réalisés à Edimbourg montrent que le type de culture, sa localisation et les variations saisonnières ont peu d'effet sur le nombre des bacilles lactiques présents sur le fourrage. Des échantillons d'herbe de prairies pâturées possédaient tous un nombre appréciable de bacilles, bien qu'il soit apparu que cet effet de la présence des animaux soit de très courte durée : les fauches pratiquées quelque temps après la pâture ne contenaient pas toujours de bacilles lactiques.

Des recherches nombreuses ont porté sur la possibilité d'inoculer le fourrage avec des bacilles lactiques, soit employés seuls, soit avec un support hydro-carboné. Les résultats ont été variables, ce qui est peut-être dû en certains cas à l'emploi de mauvais types de bactéries. Ces dernières années, plusieurs essais d'inoculation n'ont pas donné de résultats (51), mais à Edimbourg, l'inoculation d'ensilages de laboratoire avec des souches sélectionnées de bacille lactique a donné de bons résultats à condition qu'il y ait en présence, et en quantité suffisante, des hydrates de carbone fermentescibles (45).

Certains doutes subsistent toutefois quant à la possibilité de pratiquer l'inoculation à l'échelle de la ferme, et de toute façon il n'existe pas à l'heure actuelle d'inoculants corrects qui soient disponibles. On doit donc considérer pour le moment que les bacilles lactiques sont présents sur le fourrage en quantité suffisante.

LA TENEUR EN SUCRES DU FOURRAGE

Depuis longtemps on a reconnu l'importance d'une fourniture suffisante d'hydrates de carbone fermentescibles pour le développement du bacille lactique, et ce point a encore été récemment mis en évidence par un essai au laboratoire (45). Une intéressante conclusion annexe de cet essai fut la démonstration de l'effet du temps sur la teneur en sucres du fourrage. Cette teneur s'est révélée beaucoup plus élevée par temps clair et ensoleillé que dans des conditions de ciel couvert et de temps sombre.

On a également mis en évidence l'effet des saisons sur la teneur en sucres de l'herbe coupée à des intervalles fréquents : cette teneur est moins élevée pendant la dernière partie de l'année qu'au début de l'été (47), mais il est possible que cet effet soit dû au moins partiellement à l'influence du temps déjà mentionnée. Les teneurs en sucres différeraient beaucoup moins lorsque les intervalles entre les coupes étaient plus longs (21).

Il y a des différences considérables de teneur en sucres entre types de cultures, et aussi entre espèces de graminées. Des résultats suédois (46) montrent les grandes variations qui peuvent se présenter selon les fourrages, et leurs conséquences sur les fermentations en ensilage ; la luzerne et le trèfle violet ont une teneur en sucres particulièrement faible.

On a également démontré que des différences importantes de teneur en sucres solubles à l'eau existent entre les espèces de graminées, les ray-grass ayant une forte teneur alors que celle des dactyles est faible (47). Il faut mentionner ici l'intéressante possibilité de sélectionner les variétés de graminées pour leur teneur en sucres (9).

On soupçonne, par ailleurs, les fortes applications d'éléments fertilisants d'abaisser la teneur des graminées en hydrates de carbone solubles à l'eau (48).

Ces facteurs influençant la teneur en sucres des fourrages ont une importance considérable du point de vue de la fermentation des ensilages, et expliquent pourquoi certains types de fourrages sont plus difficiles à ensiler que d'autres.

LA TENEUR EN HUMIDITE DES FOURRAGES

Le fait que la teneur en eau du fourrage a un effet marqué sur la fermentation de l'ensilage est maintenant bien connu. Il a été clairement démontré que le préfanage du fourrage entraîne un ensilage satisfaisant, là où le même fourrage ensilé non préfané produit un mauvais ensilage (30, 42, 55). Aucune explication satisfaisante de cette constatation n'avait été donnée jusqu'à ces toutes dernières années (1959-60) où l'on put démontrer que l'ensilage préfané présentait en général une teneur suffisamment basse en acide lactique et une valeur relativement élevée au point de vue pH, et que cependant la formation d'acide butyrique et la dégradation des protéines étaient faibles (30, 55). Des essais récents réalisés aux Pays-Bas montrent que la pression osmotique, plus élevée dans l'ensilage après préfanage, a un effet d'inhibition sur les bactéries protéolitiques, ce qui pourrait expliquer la meilleure préservation constatée dans les ensilages de fourrages préfanés (53).

Le préfanage a plusieurs autres avantages. Les pertes nutritives sont faibles (30, 35, 42), sauf lorsque la quantité d'ensilage endommagé à la périphérie du silo est importante par suite des difficultés de tassement, plus grandes lorsqu'il y a eu préfanage (30). Le niveau plus faible de pertes

nutritives est dû, au moins en partie, à la diminution de la quantité de jus s'écoulant du silo (27, 35), puisque cette dernière devient très faible et même nulle dès que la teneur en matière sèche du fourrage ensilé atteint 30 % ou plus. En contrepartie, on peut craindre quelques pertes de matières nutritives lors du préfanage sur le champ, mais ces dernières sont très faibles (38) et, à la vérité, quelques gains de poids de matière sèche ont pu être enregistrés au total (34). Une période de séchage prolongée, ou une pluie tombant sur le fourrage coupé dans le champ risquent toutefois d'accroître les pertes (13). En général, cependant, les pertes au champ seront largement compensées par la diminution des pertes intervenant dans le silo.

Un autre avantage de l'ensilage préfané réside dans la plus forte consommation de matière sèche que l'on peut en attendre de la part de l'animal lorsqu'on le lui propose à volonté, sans rationnement (30, 41). Il semble toutefois que l'eau ne soit pas, en elle-même, la cause de cette différence de consommation : il est possible que les ensilages à faible teneur en matière sèche contiennent certains métabolites qui peuvent affecter l'appétit de l'animal (25).

L'eau s'introduisant dans l'ensilage pendant la conservation peut également avoir une influence néfaste sur la qualité du produit (26).

La pluie, en pénétrant dans l'ensilage, entraîne l'acide lactique et permet à une fermentation secondaire, indésirable, de se développer ; de plus les pertes en valeur nutritive seront également accrues par des écoulements supplémentaires de jus.

LE TRAITEMENT MECANIQUE DU FOURRAGE

La fermentation peut être améliorée, par rapport à la méthode classique d'ensilage d'un fourrage intact, lorsque la récolte est lacérée ou hachée à l'aide d'une récolteuse à fléaux ou d'une machine à tronçonner (28, 33). Un nombre plus élevé de bactéries a été trouvé dans un ensilage effectué avec des graminées hachées, par rapport à celui qui avait été fait à l'aide du fourrage intact (43), et il a également été mis en évidence qu'une fermentation lactique plus vigoureuse se développe dans l'ensilage haché ou lacéré (28).

L'herbe hachée ou lacérée est plus facile à tasser dans le silo, et on a pu supposer que l'effet sur la fermentation n'était pas dû au fait que le fourrage soit meurtri, mais aux plus basses températures dans la masse résultant d'un meilleur tassement (19). Il semble cependant que l'abaissement

de la température dans le silo et la libération des sucs cellulaires par le traitement mécanique infligé au fourrage peuvent influencer l'un et l'autre la fermentation (52).

Dans quelques cas, on a pu noter une accélération progressive de la fermentation au fur et à mesure que le traitement mécanique avait été plus sévère (14). Toutefois des résultats contradictoires ont été obtenus, dus sans doute à des différences des températures dans les ensilages comparés, et, dans un cas où les températures étaient du même ordre, aucune différence de fermentation ne put être notée entre deux ensilages de fourrages traités différemment, l'un sévèrement et l'autre moins (39).

INFLUENCE DE LA TEMPERATURE

Pendant de nombreuses années, il fut courant de laisser la température s'élever dans le silo jusqu'à 30-45° c, car on supposait qu'il y avait moins de risques de fermentation butyrique à cette température (24, 51, 50). Il est exact que l'acide butyrique se forme rarement lorsque de très hautes températures interviennent dans la masse (au-dessus de 50° c) mais il y a alors un abaissement marqué de la valeur nutritive de l'ensilage, particulièrement en ce qui concerne la digestibilité des protéines (51), ce qui semble être le résultat des effets combinés de la chaleur et de l'oxygène présent dans l'ensilage (53). A des températures inférieures (30 à 45° c), la valeur nutritive de l'ensilage n'est pas atteinte. Ce niveau de température, cependant, n'engendre pas nécessairement des conditions favorisant spécifiquement le bacille lactique, car les bactéries produisant aussi bien l'acide lactique que l'acide butyrique présentent une même température optimale de développement (51).

La fermentation « froide » a été préconisée pendant de nombreuses années en Europe, mais il y avait alors peu d'évidences précises de la valeur de cette technique. Ces dernières années un travail considérable a été fait sur ce sujet, et on possède des résultats de laboratoire aussi bien qu'à grande échelle. Les résultats de ces essais montrent clairement que les basses températures (au-dessous de 30° c) n'ont aucun effet nocif sur la fermentation, et qu'en certains cas elles peuvent entraîner une fermentation lactique plus vigoureuse qu'à des températures plus élevées (11, 19, 20, 31, 36, 53). On possède également quelques données qui montrent qu'à de basses températures, les pertes en matières nutritives sont plus faibles (19).

L'élévation initiale de température dans l'ensilage est en grande partie liée au degré de respiration des plantes. La respiration est fondamentalement un processus entraînant l'oxydation des sucres qui aboutit à la formation de gaz carbonique, d'eau et de chaleur. Lorsque des basses températures dans la masse sont enregistrées, on peut alors admettre que la respiration a été stoppée, et avec elle, par conséquent, la combustion des sucres. Dans les petits silos expérimentaux, toutefois, les basses températures peuvent être simplement le reflet d'un isolement insuffisant.

Il semble par conséquent que, lorsqu'on a affaire à un fourrage dont la teneur en sucres est déficiente, la réduction de la quantité de sucres brûlés par la respiration peut entraîner une meilleure fermentation. Certains résultats viennent à l'appui de cette hypothèse (31, 46).

ADDITION DE CONSERVATEURS

On a montré à de nombreuses reprises que le stade de croissance atteint par les plantes a un effet marqué sur la valeur nutritive des fourrages et sur l'ensilage que l'on peut en faire (23, 49). Alors que l'herbe jeune a une haute valeur nutritive à la fois en ce qui concerne les protéines et les matières énergétiques, il est plus difficile d'en obtenir un ensilage satisfaisant que lorsqu'elle a atteint un stade plus avancé, surtout en raison de sa forte humidité et de sa faible teneur en sucres. Pour les mêmes raisons, les légumineuses ne s'ensilent pas facilement et il est généralement nécessaire de leur appliquer un traitement lorsqu'on veut les mettre en silos, de même que lorsqu'il s'agit de graminées trop jeunes.

Un grand nombre de traitements sont proposés et de nombreuses affirmations sont avancées quant à leur efficacité.

L'un de ces traitements : le préfanage, a déjà été mentionné ; les autres peuvent être classés grossièrement en deux catégories :

- 1°) Adjonction de produits qui stimulent la fermentation.
- 2°) Adjonction de produits qui ont un effet d'inhibition sur le développement des bactéries.

L'efficacité des additifs, quels qu'ils soient, dépend de la façon dont ils sont, ou non, intimement mélangés avec le fourrage au cours de l'ensilage (51). Leur distribution mécanique, par exemple sur une récolteuse à fourrages, constitue une méthode d'application idéale, et les produits se présentant sous forme solide, principalement lorsque leurs doses d'emploi sont faibles, sont

beaucoup plus efficaces quand ils sont distribués selon ce procédé. Même avec des produits utilisés en quantités relativement importantes, tels que les mélasses, l'application à la main est généralement beaucoup moins efficace que la distribution mécanique (51). Les résultats seront, par conséquent, décevants à moins que l'agriculteur n'apporte un soin extrême à l'épandage du produit à la main.

ADDITIFS QUI STIMULENT LA FERMENTATION

Le produit traditionnel de cette catégorie est la mélasse. Celui-ci a été expérimenté dans un très grand nombre d'essais, et sans aucun doute son emploi permet d'assurer une fermentation satisfaisante, pourvu qu'une quantité suffisante soit distribuée à travers toute la masse du fourrage.

Plusieurs autres produits riches en hydrates de carbone ont été essayés avec des succès divers, l'un des plus intéressants étant la farine de céréales. Mis à part tout effet sur la fermentation, cet additif peut être utile par l'accroissement de la valeur énergétique de l'ensilage qu'il permet, et par le meilleur équilibre nutritif qu'il entraîne lorsqu'il est ajouté à des ensilages de graminées ou de légumineuses très riches en protéines. On a trouvé peu d'avantages à l'emploi de cet additif en ce qui concerne l'élévation de la teneur en acide lactique de l'ensilage, sauf depuis qu'une enzyme, sous la forme de malt, lui fut elle-même ajoutée, qui permet la rétrogradation de l'amidon présent dans la céréale en sucres (37).

Un autre produit d'action similaire à celle de la farine de céréales est la pulpe de betterave séchée, qui a un effet marqué sur la fermentation, réduit la formation des jus et accroît la valeur énergétique de l'ensilage (32). Le mode d'action de cet additif est complexe, car l'effet obtenu sur la fermentation est dû en partie à la capacité d'absorption de la pulpe sèche et en partie au sucre qu'elle contient.

ADDITIFS QUI INHIBENT LA FERMENTATION

De nombreux acides ont été utilisés comme additifs, en application de la théorie selon laquelle l'acidification directe de la masse est une méthode de préservation plus sûre que celle qui consiste à se fier à la fermentation

bactérienne. De bons résultats ont été obtenus avec plusieurs acides et, lorsque l'on dispose d'un équipement et de silos convenables, cette méthode peut être très utile. Dans les conditions de la Grande-Bretagne toutefois, les types de silos généralement utilisés se prêtent mal à l'application d'acides au moment de l'ensilage, et la manipulation de ces produits, particulièrement sous forme concentrée, est déplaisante ou dangereuse. De plus, il n'est pas facile de déterminer la quantité d'acide qui doit être utilisée ; une application trop abondante aura pour résultat la présence d'un excès d'acide dans l'ensilage, qui devra être neutralisé avant que ce dernier ne soit distribué aux animaux. En général les acides ou les sels qui en dérivent ne contribuent pas à relever la valeur alimentaire des ensilages, tandis que les hydrates de carbone accroissent leur valeur énergétique aussi bien sous forme de sucres résiduels que sous forme d'acides dérivés de ces sucres.

En raison des difficultés d'emploi des acides classiques, un grand intérêt s'est porté sur les sels ou acides présentés sous la forme solide, plus aisés à manipuler. L'un de ces additifs est le métabisulfite de soude et on possède de nombreuses données sur son emploi (2, 3, 6, 22, 29). Il s'agit d'un produit très efficace, mais qui est sujet à l'oxydation lorsqu'il reste de l'oxygène dans la masse et qui, étant soluble d'autre part, risque de se perdre dans les jus d'ensilage. Le « Kylage » (une préparation à base de formiate de calcium et de nitrite de sodium) peut également donner de bons résultats (1, 16), ainsi qu'un autre additif de ce type, l'acide sulfamique (7). Différents autres sels ont été essayés avec des succès divers (4).

Un problème essentiel consécutif à l'emploi des additifs solides résulte des quantités relativement faibles qui doivent être introduites dans l'ensilage, et de la difficulté d'assurer leur mélange intime avec le fourrage. Cette difficulté peut être tenue pour responsable des résultats très variables qui ont été enregistrés, et il semble que la seule méthode d'application satisfaisante consiste à adapter un appareil distributeur sur les récolteuses à fourrages.

Les antibiotiques ont également été essayés en tant qu'additifs, mais on a peu d'informations précises sur leur efficacité. La chlortétracycline et la bacitracine semblent être les plus efficaces (12, 54), mais les travaux expérimentaux doivent être poursuivis avant que la valeur des antibiotiques puisse être reconnue avec certitude.

J. C. MURDOCH

*Institut National de Recherches Laitières,
Shinfield, Reading (Angleterre)*

REFERENCES

1. ARCHIBALD, J. G., KUZMESKI, J. W. and RUSSELL, S. 1960. Grass silage quality as affected by crop composition and by additives. *J. Dairy Sci.* Vol. 43, pp. 1648-53.
2. ALDERMAN, G., COWAN, R. L., BRATZLER, J. W. and SWIFT, R. W. 1955. Some chemical characteristics of grass and legume silage made with sodium metabisulphite. *J. agric. Sci.* Vol. 38, pp. 805-10.
3. BRATZLER, J. W., COWAN, R. L. and SWIFT, R. W. 1955. Preservation of grass silage with sodium metabisulphite. *Bul.* 597, *Pennsylvania State Univ.*, pp. 43.
4. BREIREM, K. and ULVESLI, O. 1960. Ensiling methods. *Herb. Abstr.* Vol. 30, pp. 1-8.
5. BROWN, W. O. and HEANEY, J. H. 1951. The conservation of grassland herbage in lined trench silos. *J. Brit. Grassl. Soc.* Vol. 6, pp. 91-8.
6. BROWN, W. O. and SMYTH, V. 1958. Losses in the conservation of grassland herbage as molassed and metabisulphite silage in lined trench silos. *J. Agric. Sci.* Vol. 50, pp. 307-11.
7. BROWN, W. O. 1960. Sulphamic acid : A possible additive in the preparation of grass silage of high nitrogen content. *Res. Exp. Rec. Min. Agric. N. Ireland* Vol. 9, pp. 51-8.
8. CARTER, W. R. B. 1960. A review of nutrient loss and efficiency of conserving herbage as silage, barn-dried hay and field-cured hay. *J. Brit. Grassl. Soc.* Vol. 15, pp. 220-30.
9. COOPER, J. P. 1960. Selection for production characters in ryegrass. *Proc. 8th Int. Grassl. Congr., Reading*, pp. 41-4.
10. CULPIN, C. 1960. Conservation of green fodder crops. *Prog. Rep. Exp. Husb. Frms.* pp. 2-9.
11. DE MAN, J. C. 1953. The influence of temperature rise in silage. *Neth. J. agric. Sci.* Vol. 1, pp. 186-7.
12. DEXTER, S. T. 1957. The use of antibiotics in silage-making. *Agron. J.* Vol. 49, pp. 483-5.
13. DIJKSTRA, N. D. 1952. Chemical and bacteriological changes involved in making grass silage and their effect on losses in feed value. *Proc. 6th Int. Grassl. Congr. Pennsylvania*, pp. 1164-70.
14. DIJKSTRA, N. D. 1958. Comparative experiments on ensiling slightly and heavily crushed grass. *Versl. Landbouwk. Onderzoek.* 64-12, pp. 19.
15. DODSWORTH, T. L. 1954. Further studies on the fattening value of grass silage and on the effect of D.M. percentage of the diet on the D.M. intake in ruminants. *J. agric. Sci.* Vol. 44, pp. 383-93.
16. GORDON, C. H., WISEMAN, H. C., CAMPBELL, L. E., MELIN, C. G. and IRVIN, H. M. 1954. The use of acidifying salts in high moisture hay crop silage. *J. Dairy Sci.* Vol. 37, p. 659.
17. GORDON, C. H., KANE, E. A., DERBYSHIRE, J. C., JACOBSEN, W. C., MELIN, C. G. and McCALMONT, J. R. 1959. Nutrient losses, quality and feeding value of wilted and directly cut orchard grass stored in bunker and tower silos. *J. Dairy Sci.* Vol. 42, pp. 1703-11.
18. KROULIK, J. T., BURKEY, L. A., GORDON, C. H., WISEMAN, H. G. and MELIN, C. G. 1955. The microbial populations of the green plant and of the cut forage prior to ensiling. *J. Dairy Sci.* Vol. 38, pp. 256-72.
19. LANCASTER, R. J. 1959. Consolidation as a factor in silage fermentation. *Proc. N.Z. Soc. Anim. Prod.* Vol. 19, pp. 16-9.
20. LANGSTON, C. W., IRVIN, H. M., GORDON, C. H., BOUMA, C., WISEMAN, H. C., MELIN, C. G., MOORE, L. A. and McCALMONT, J. R. 1958. Microbiology and chemistry of grass silage. *Tech. Bull.* 1187, *U.S. Dep. Agric.* pp. 73.
21. MACKENZIE, D. J. and WYLAM, C. B. 1957. Analytical studies on the carbohydrates of grasses and clovers. *J. Sci. Fd Agric.* Vol. 8, pp. 38-45.
22. MACPHERSON, H. T., WYLAM, C. B. and RAMSTED, S. 1957. Changes in the carbohydrate, nitrogen and organic acid distribution in grass preserved with sodium metabisulphite. *J. Sci. Fd Agric.* Vol. 8, pp. 732-9.
23. MINSON, D. J., RAYMOND, W. F. and HARRIS, C. E. 1960. The digestibility of grass species and varieties. *Proc. 8th Int. Grassl. Congr. Reading*, pp. 470-4.

24. MOORE, H. I. 1959. Silage and haymaking. Farmer & Stock-Breeder Publications Ltd., London.
25. MOORE, L. A., THOMAS, J. W. and SYKES, J. F. 1960. The acceptability of grass/legume silage by dairy cattle. *Proc. 8th Int. Grassl. Congr., Reading*. pp. 701-4.
26. MORRISON, J. and MOORE, T. 1954. Roofing of silos. *Scot. Agric.* Vol. 34, pp. 122-6.
27. MURDOCH, J. C. 1954. Seepage from silos. *Agriculture, Lond.* Vol. 61, pp. 224-5.
28. MURDOCH, J. C., BALCH, D. A., HOLDSWORTH, M. C. and WOOD, M. 1955. The effect of chopping, lacerating and wilting of herbage on the chemical composition of silage. *J. Brit. Grassl. Soc.* Vol. 10, pp. 181-8.
29. MURDOCH, J. C. and HOLDSWORTH, M. C. 1958. The use of sodium metabisulphite in silage-making. *J. Brit. Grassl. Soc.* Vol. 13, pp. 55-60.
30. MURDOCH, J. C. 1960. The effect of pre-wilting herbage on the composition of silage and its intake by cows. *J. Brit. Grassl. Soc.* Vol. 15, pp. 70-3.
31. MURDOCH, J. C. 1960. The effect of temperature on silage fermentation. *Proc. 8th Int. Grassl. Congr., Reading*. pp. 502-5.
32. MURDOCH, J. C. Unpublished data.
33. NASH, M. J. 1952. Lacerated silage. *Scot. Agric.* Vol. 31, pp. 1-4.
34. NASH, M. J. 1959. Partial wilting of crops for silage. *J. Brit. Grassl. Soc.* Vol. 14, pp. 65-73.
35. NASH, M. J. 1959. Partial wilting of crops for silage. *J. Brit. Grassl. Soc.* Vol. 14, pp. 107-16.
36. NILSSON, R., TOTH, L. and RYDIN, C. 1955. Studies on the fermentation processes in silage. *Arch. Mikrobiol.* Vol. 23, pp. 366-75.
37. NILSSON, R. and RYDIN, C. 1960. The effect of malt enzymes on the biochemical changes occurring during ensilage. *Proc. 8th Int. Grassl. Congr., Reading*. pp. 493-7.
38. *Rep. Nat. Inst. Res. Dairying*. 1953. p. 36.
39. *Rep. Nat. Inst. Res. Dairying*. 1960. p. 37.
40. SEARS, P. D. and GOODALL, J. C. 1947. Silage studies. *N.Z. J. Sci. Tech. (A)*. Vol. 28, pp. 289-304.
41. SHEPHERD, J. B., GORDON, C. H. and CAMPBELL, L. F. 1953. Developments and problems in making silage. *U.S. Dep. Agric. B.D.I.-Inf.-149*, pp. 19.
42. STEENSBURG, V. 1952. Making grass silage without additives. *Proc. 6th Int. Grassl. Congr., Pennsylvania*, pp. 1159-63.
43. STIRLING, A. C. 1951. Bacterial changes in experimental laboratory silage. *Proc. Soc. appl. Bact.* Vol. 14, pp. 151-6.
44. STIRLING, A. C. 1953. Lactobacilli and silage-making. *Proc. Soc. appl. Bact.* Vol. 16, pp. 27-9.
45. STIRLING, A. C. 1954. Studies in silage fermentation at Edinburgh. *Rep. European Grassl. Conf. Paris*, pp. 251-3.
46. TOTH, L., RYDIN, C. and NILSSON, R. 1956. Studies on the fermentation processes in silage. *Archiv. Mikrobiol.* Vol. 25, pp. 208-18.
47. WAITE, R. and BOYD, J. 1953. The water soluble carbohydrates of grasses. *J. Sci. Fd Agric.* Vol. 4, pp. 257-61.
48. WAITE, R. 1958. The water soluble carbohydrates of grasses. *J. Sci. Fd Agric.* Vol. 9, pp. 39-43.
49. WATSON, S. J. 1948. The nutritive value of silage and dried grass. *Nutr. Abs. Rev.* Vol. 18, pp. 1-14.
50. WATSON, S. J. and SMITH, A. M. 1951. Silage. Crosby Lockwood & Sons Ltd., London.
51. WATSON, S. J. and NASH, M. J. 1960. The conservation of grass and forage crops. Oliver & Boyd, Edinburgh.
52. WIERINGA, G. W. 1959. Some factors affecting silage fermentation. *Neth. J. agric. Sci.* Vol. 7, pp. 134-7.
53. WIERINGA, G. W. 1960. Some factors affecting silage fermentation. *Proc. 8th Int. Grassl. Congr., Reading*. pp. 497-502.
54. WING, J. M. and WILCOX, G. J. 1960. New research on preserving silage with antibiotics. *Feedstuffs* Vol. 32, No. 51, p. 62.
55. WOODWARD, T. E. and SHEPHERD, J. B. 1938. Methods of making silage from grasses and legumes. *Tech. Bul.* 611. *U.S. Dep. Agric.* pp. 33.