

豫乾이 Silage의 品質에 미치는 影響

申正男 · 尹益錫*

啓明實業專門大學

The Effect of Pre-Wilting Herbage on the Composition and Feeding Value of Silage

C. N. Shin and I. S. Yun*

Keimyung Technical College

Summary

Experiment were conducted to study the effect of pre-wilting on the quality of silage.

Herbage samples were taken on November 11, 1981. Italian ryegrass and rye plant at grazing stage were taken and wilted to adjust their dry matter contents to the range of 15.8 to 53.2% and ensiled in order to evaluate the effect of pre-wilting on the chemical composition and nutrient loss of silage. Both prewilted and unwilted grass material were ensiled in small polyethylene film bag and stored under room temperature.

1. The formation of total acid decreased by increasing DM content, however, lactic acid content of the total organic acid increased.
2. In the silage, the loss of DM declined as DM content increased.
3. The quality of silage estimated by organic acid constituent was improved as DM content in the herbage increased.
4. The production of $\text{NH}_3\text{-N}$ decreased by increasing degree of prewilting.
5. In vitro dry matter digestibility was not affected by prewilting.

I. 緒論

水分含量은 材料속의 營養成分의 濃縮과 滲透壓에 影響을 주고 미생물의 醱酵에 대단히 重要한 것으로 Gordon (1967)은 材料의 水分含量이 사일리지의 乾物損失에 크게 影響을 미친다고 報告했으며, Zimmer (1973)도 CO_2 生成이나 乾物損失에 關係한 다고 했다. 또한 Weise (1967)도 良質의 사일리지를 調製하는데 有利한 處理中의 하나는 豫乾에 의해

乾物含量을 增加시키는 것이며, 그 結果로 滲透壓이 增加되고 醱酵에 有用한 糖分이 相對的으로 濃縮된다고 했으며, 韓等 (1978)은 適當히 豫乾한 사일리지는 有機酸組成이 良好해서 品質과 關係되는 營養素 損失도 적고 嗜好性和 飼養價値가 增加된다고 하였다.

一般的으로 豫乾하므로써 攝最量과 利用性에 影響을 주는 營養素의 損失을 最少한으로 줄이고 (L-abuda, 1967) 不必要한 微生物의 發育이나 植物體의

* 建國大學校 畜産大學 (Animal Husbandry College, Kon-Kuk University)

呼吸, 炭水化物的 破壞과 같은 것이 最少化되거나 정지될 수 있게 된다.

Yamada(1964, Maskova(1969) 및 Weise(1967)는 生育初期에 예취한 牧草는 水分含量 75~85%가 되므로 사일리지 調製前에 水分含量을 減少시켜야 하는데 適當하게 豫乾된 사일리지는 總酸의 生成이 減少되고 乳酸이 增加되어 品質이 改善된다고 하였으며, Gordon(1961)은 材料의 乾物含量이 20%에서 50%로 增加함에 따라 總酸의 生成量은 減少되고, 反面 乳酸은 增加되어 品質이 改善되었으며 各酸의 增減 方程式으로 總酸 $Y=14.4-0.128X$, 乳酸 $Y=0.93+0.033X$ 로 報告했다 ($X=乾物含量$).

高(1966)도 豫乾에 의해서 수분함량이 감소되면 總酸生成이 감소한다고 보고했으며, 豫乾에 의한 乾物含量이 40~45%일 때 禾本科나 豆科 共히 醱酵에 의한 損失을 最少로 줄일 수 있다고 Gordon(1967), Zimmer(1971)는 報告한 바 있는데 Maskova等(1969)은 材料乾物含量이 45~55%일 때 乾物 損失을 最少化할 수 있다고 약간 相異한 結果를 報告하였다.

II. 材料 및 方法

本試驗은 慶山郡소재 啓明大學校 實驗農場에서 1981年 9月 19일부터 1982年 3月 사이에 實施하였다.

1. 試驗用 牧草의 栽培

재래종 호밀과 地方種 이탈리아라이그라스의 2개 草種을 1981年 9月 19日, 호밀은 18kg/1001a 이랑 넓이 20cm로 條播하였고, 이탈리아라이그라스는 3kg/10a를 散播하였으며 窒素 7kg/10a, 磷酸 15kg/10a 및 加里 15kg/10a을 基肥로 주었다.

2. 사일리지 調製

試驗草種인 이탈리아라이그라스와 호밀은 生育初期인 1981年 11月 22日 各各 刈取하여 대조구의 試料는 3~4cm 細切한후 사일리지를 調製하였고, 이탈리아라이그라스 豫乾區는 靑草刈取後 1.5, 3, 5, 및 8時間 陽乾하여 乾物含量이 23.5, 32.6 42.9,

및 53.2%가 되도록 한 다음 3~4cm로 細切하여 各各 사일리지를 調製하였다. 호밀 豫乾區는 靑草 刈取後 1, 2, 3, 및 5時間 陽乾하여 乾物含量이 20.3, 25.9, 31.2 및 42.5%가 되도록 한 다음 3~4cm로 細切하여 各各 사일리지를 調製하였고, 이탈리아라이그라스 및 호밀 대조구 시료의 水分含量은 各各 15.8 및 16.6%였다. 사일리지 調製는 0.05mm 폴리에틸렌필름봉지에 800g의 試料를 充填하여 밀봉하고 실온에서 80日間 저장하였다.

3. 調查項目 및 方法

1) Neutral Detergent Fiber(NDF), Acid Detergent Fiber(ADF) 및 Cellulose는 Goering과 Van Soest(1970)의 方法에 의하였다.

2) In Vitro 消化率은 Tilly와 Terry(1963)의 方法을 변형한 孟(1976)의 方法을 利用하였다.

3) 사일리지 有機酸 測定은 Lepper and Flieg(1938)法을 使用하였다.

4) 암모니아태질소는 Conway의 Microdiffusion 方法(1939)을 使用하였다.

III. 結果 및 考察

1. 靑草의 化學的 粗成分

本試驗에 사용한 材料의 化學的 成分 含量은 表 1과 같다.

호밀과 이탈리아라이그라스는 播種當年 越冬전에 刈取했으므로 乾物含量이 17.3과 16.5%로 낮고 粗蛋白質含量이 높은 生育初期의 것으로서 NDF, ADF, 셀룰로즈 및 리그닌 含量이 낮은 良質의 것이었다.

2. 사일리지의 有機酸 含量 및 PH 豫乾水準에 따른 이탈리아라이그라스 사일리지의 PH 및 有機酸含量은 表 2와 같다.

一般的으로 各 處理 모두 그 品質은 良好했으며, PH는 대조구가 4.17이었고 乾物含量 53.2% 區가 5.87로서 乾物含量이 높은 處理일수록 增加하였다. 炭水化物的 醱酵에 의해서 生成되는 總酸의 量은 乾物含量이 낮은 處理일수록 많았으나 總酸에 대한

Table 1. Chemical composition of rye plant and Italian ryegrass, DM basis (%)*

Herbage	Dry Matter	Crude protein	NDF	ADF	Lignin	Cellulose	Silica
Rye plant	16.60 ± 0.41	28.86 ± 0.70	27.83 ± 1.79	15.04 ± 0.91	1.61 ± 0.35	12.16 ± 0.69	1.49 ± 0.44
	15.80 ± 0.30	23.69 ± 0.57	31.26 ± 1.34	16.08 ± 0.59	1.68 ± 0.23	12.71 ± 1.05	1.43 ± 0.32
Italian ryegrass							

* Mean of duplicates ± standard deviation.

Table 2. Effect of dry matter content in the Italian ryegrass on the pH and organic acid production of silage, DM basis (%)*

Treatment (DM %)	pH	Acetic acid (%)	Lactic acid (%)	Total acid (%)	Lactic	Flieg point
15.8	4.17 ± 0.12	4.39 ± 0.11	5.15 ± 0.21	9.54 ± 0.32	54	64
23.5	4.29 ± 0.03	3.72 ± 0.31	4.94 ± 0.40	8.66 ± 0.40	57	68
32.6	5.27 ± 0.02	2.81 ± 0.31	4.22 ± 0.31	7.03 ± 0.62	60	72
42.9	5.47 ± 0.02	1.59 ± 0.17	3.72 ± 0.34	5.31 ± 0.46	70	84
53.2	5.87 ± 0.42	0.79 ± 0.10	2.15 ± 0.11	2.94 ± 0.21	73	91
LSD 5%		0.77	1.58	1.79		
1%		1.21	2.47	2.80		

*Mean of duplicates ± standard deviation.

乳酸의 比率은 減少하였다. 그러나 乾物含量이 높은 處理는 이와 반대였는데 이와같이 豫乾된 處理일수록 乳酸의 比率이 높아지는 것은 homofermentation을 誘導하였음을 알 수 있다. Zimmer (1972)도 生成된 有機酸의 組成은 醋酸과 酪酸은 減少되고 乳酸은 前記 醋酸과 酪酸보다 增加한다고 報告하였다.

乾物量의 差에 의한 유기생산성에 關해 試驗한바 있는 Forbes等 (1971), Yamada (1964), Zimmer(1969) 및 高 (1966)도 같은 結論을 얻었다. 또한 Weise (1967)는 良質의 사일리지를 調製하였는데 有利한 處理中의 하나는 豫乾에 의해 乾物含量을 增加시키는 것이라고 했으며, 그 結果 糖分이 相對的으로 增加되어 有機酸組成이 良好해지고 營養素損失도 적어진다고 했다.

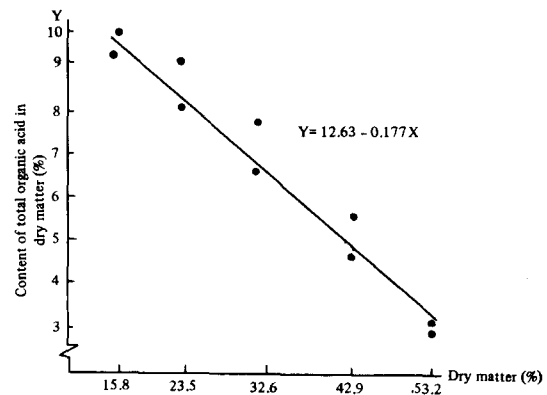


Fig. 1. Effect of dry matter content in the Italian ryegrass on the total acid production of silage

水分含量이 總酸 및 乳酸生成에 重要한 역할을 한다는 Anderson等(1970), Weissbach等(1964), Zimmer等(1962)의 報告와 같이 本試驗에서도 乾物水準이 높은 處理일수록 그 生成量은 낮았다.

材料의 豫乾에 의한 乾物含量別 有機酸生成 변화는 그림 1 과 같다.

處理別 乾物含量(X)과 有機酸 生成量(Y)과의 회귀방정식은 $Y=12.63-0.177X$ 로서 高度의 有意性이 있었으며 ($P<0.01$), 材料의 乾物含量이 增加함에 따라 有機酸含量은 減少하였다.

Gordon等(1967)도 재료의 건물함량이 20%에서 50%로 증가함에 따라 總酸의 生成量은 감소하고, 이와 더불어 사일리지 품질을 저하시키는 醋酸과 酪酸은 감소된 반면 유산을 증가하였는데 그 방정식은 總酸 $Y=14.4-0.218X$, 醋酸 $Y=9.71-0.172X$, 酪酸 $Y=2.58-0.055X$, 乳酸 $Y=0.93+0.033X$ 로 報告하였다. Labuda(1967)는 豫乾하므로 사일리지중 건물, 조단백질 및 NFE의 손실을 줄이고 酪酸을 감소시키며 乳酸을 增加시킬수 있다고 하였다.

3. 사일리지의 乾物損失率

材料의 水分含量이나 사일로의 構造는 사일리지 乾物損失에 영향을 주는 重要한 要素이다. 그런데 이들 개개나 두가지 요인의 影響을 測定한다는 것은 어려운데 그 理由는 다른 重要한 要素들과의 相關關係 때문이다. 또한 草種, 化學的成分, 酸素, 기계적조제방법, 첨가제, 온도 등이 사일리지의 品質에 關係한다고 잘 알려져있다. 이런 요소들은 貯藏된 材料의 水分含量이나 特別한 상황에서 사일로의 種類와 關係가 크다.

발효기간동안의 乾物損失은 3 가지로 要約할 수

있다. 排汁, 부패 및 가스로의 損失이 그것이다.排汁이나 부패는 무게를 測定함으로써 쉽게 알 수 있다. 사일리지材料의 水分含量을 줄이는 方法으로는 豫乾, 水分含量이 낮은 材料의 混合, 作物의 生育時期의 적절한 選擇等이다. 사일리지 재료는 一般적으로 水分含量 60~70%로 豫乾하고, 약 60%이하일때는 저수분사일리지라하여 진공기밀사일리에 貯藏을 권장한다.

豫乾處理別 이탈리아 라이그라스 사일리지의 乾物損失率은 表 3 과 같다. 사일리지의 乾物損失率은 乾物含量이 增加할수록 減少하였다. 比較的 水分含量이 높은 處理도 乾物損失이 적었던 것은 細切, 進압, 밀폐가 가능했으며, 貯藏기간중의 외부기온이 낮았고 貯藏실의 溫度(15°C이하)가 낮아 저온발효에 기인하는 것으로 생각된다. McDonald 等(1967)도 저온발효시는 PH도 낮고 乳酸이 增加되나, 高溫醱酵時 그 반대였다고 하였다. Gordon (1957)은 水分含量이 約80%인 刈取直後의 材料로 調製한 경우 타워사일로에서 乾物損失이 20~30%였다고 報告했으며, 高水分 알팔파사일리지일 경우 23~24%였고(Gordon, 1961), Murdock (1958)는 경우에 따라 14%以下일 때도 있다고 하였다. Shepherd等(1954)은 水分含量60~66%로 예견한 材料를 타워사일로에 充填했을 때 8~12%의 乾物損失이 있었다고 했으며, Murdock等(1958)과 Browning (1965)은 잘 進압되고 밀폐가 可能할 경우 乾物損失率이 各各 8% 및 7%였다고 報告했다. 기밀사일로에서 水分含量 50% 혹은 그 이하시에 乾物損失이 5%라는 報告도 있으며(Shepherd, 1953), 水分含量 60~65%일 경우 4~12%(Shepherd, 1953, Gordon, 1961)였으며, Derbyshire等(1965)은 乾物含量 40 및 50%의 오차드그라스를 기밀사일로와 벙커사일로에 貯藏했더니 사일리지 회수율이 78과

Table 3. Effect of dry matter content in the Italian ryegrass on the DM loss of silage.

Treatment (DM %)	15.8	23.5	32.6	42.9	53.2
DM loss (%)	2.88	1.98	1.46	0.97	1.00
LSD 5%	0.39				
1%	0.55				

87% 였다고 報告하였다. 잘 밀폐된 사일로일 경우 水分含量이 減少되면 有機酸 및 암모니아의 生成이 減少되고 사일리지중의 당분함량이 높다고 했다. (Gordon, 1961). 그 理由로 水分含量이 적어 醱酵이 제한되고, 산소부족으로 호흡과 산화가 限制되 기 때문이다.

豫乾處理別 호밀사일리지의 乾物損失率은 表 4와 같다.

豫乾에 依한 乾物含量別 이탈리아라이그라스 사일리지의 건물손실율의 변화를 보면 그림 2와 같다.

乾物含量(X)에 따른 乾物損失(Y)과의 2차회귀 방정식은 $Y=5.17-0.175X+0.002X^2$ 로서 乾物含

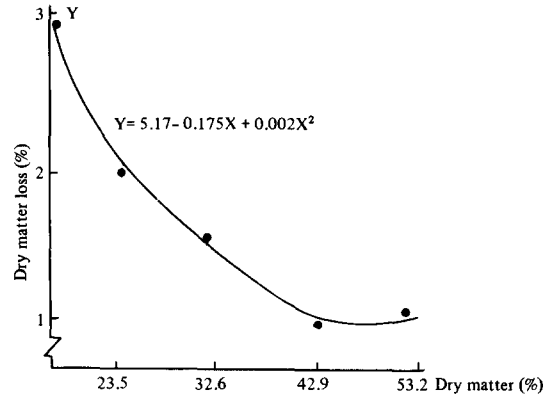


Fig. 2. Effect of dry matter content in the Italian ryegrass on the DM loss of silage.

Table 4. Effect of dry matter content in the rye plant on the DM loss of silage

Treatment (DM %)	16.6	20.3	26.9	31.2	42.5
DM loss (%)	3.54	2.61	2.00	1.55	1.06
LSD 5%	0.38				
1%	0.54				

량이 높은 處理일수록 乾物損失率의 減少가 급격하다가 乾物含量42.9%를 기점으로 변화되지 않는 경향을 보였다. Gordon(1967)은 화분과 및 두과 목초의 豫乾에 依한 乾物水準이 40~45%일때 醱酵에 依한 損失을 最少化할 수 있다고 하였는데 Maskov等(1969)은 재료의 건물함량이 45~55%일때 건물

손실을 최소화 할 수 있다고 報告하였다.

4. 消化率

豫乾物處理別 이탈리아라이그라스와 호밀사일리지의 in vitro DDM含量은 表 5 및 6과 같다.

Table 5. Effect of dry matter content in the Italian ryegrass on the DDM of silage

Treatment (DM %)	15.8	23.5	32.6	42.9	53.2
DDM (%)	82.43 ±0.30	80.49 ±0.26	83.27 ±0.13	81.03 ±1.04	81.05 ±1.17
LSD 5%, 1%	NS				

Mean of duplicates ± standard deviation.

表 5와 6에서와 같이 호밀과 이탈리아라이그라스 사일리지의 乾物含量에 따른 invitro DDM의 差는 없었다. Kormos等(1967)도 生育時期別 豫乾과 그렇지 않는 사일리지 試驗에서 生育初期에는 豫乾

해도 乾物消化率이 差가 없었으나 生育後期에는 豫乾으로 사일리지의 乾物消化率이 多少 減少 한다고 하였다.

Table 6. Effect of dry matter content in the rye plant on the DDM of silage.

Treatment (DM %)	16.6	20.3	26.9	31.2	42.5
DDM (%)	81.07 ±1.21	72.3 ±1.11	83.73 ±0.20	82.54 ±0.62	82.53 ±0.72
LSD 5%, 1%	NS				

Mean of duplicates ± standard deviation.

5. 사일리지의 암모니아태질소 함량

豫乾處理別 이탈리아라이그라스 사일리지의 암모니아태질소 함량은 表 7 과 같다.

암모니아태질소 함량은 表 7 에서 보는 바와 같이 乾物水準이 높은 處理일수록 減少하였다. 암모니아태질소는 粗蛋白質의 分解로 生成되는 成分中の 하나인데 材料의 糖類, 水分含量 및 粗蛋白質의 量에

크게 影響을 받으며 암모니아태질소 함량이 增加하면 사일리지의 品質은 低下된다.

Voss (1966 ab)는 암모니아태질소에 관한 그의 研究에서 粗蛋白質이 높을수록, 豫乾區보다 靑刈區에서, 生育時期別로는 어린 植物일수록 암모니아태질소의 生成이 增加한다고 하였다.

많은 研究者들이 低水分材料의 貯藏時에는 微生物의 活動減少로 有機酸生成이 低下되고 암모니아

Table 7. Effect of dry matter content in the Italian ryegrass on the NH₃-N of silage (mg NH₃-N/100g DM).

Treatment (DM %)	15.8	23.5	32.6	42.9	53.2
NH ₃ -N mg	159	114	86	56	05

태질소가 감소한다고 報告한바 있다 (Weise, 1967, Zimmer, 1962, McDonald, 1968), Gordon等 (1961)은 재료의 건물함량을 20%에서 50%로 상승시켰을 때 암모니아태질소의 生成량(Y)은 건물함량(X)이 증가됨에 따라 감소한다고 하였는데 그 방정식은 $Y=27.2-0.371X$ 로 표시하였다.

IV. 摘 要

材料의 豫乾水準에 따른 乾物含量이 사일리지 品質에 미치는 影響을 알고져 1981年 11月 11日에 호 밀과 이탈리아라이그라스를 수확하였다. 豫乾에 의하여 材料의 乾物含量을 15.8%에서 53.2%까지 4水準으로 조절하였으며 사일리지는 폴리에틸렌필름 봉지에 넣어 실온에 저장하였다.

1. 有機酸의 含量은 材料의 乾物含量이 增加됨에 따라 減少하였으나 총산에 대한 乳酸은 增加하

였다.

2. 乾物損失은 材料의 乾物含量이 增加함에 따라 減少하였다.

3. 사일리지의 品質은 乾物含量이 增加함에 따라 良好하였다.

4. 암모니아태질소는 乾物含量이 增加함에 따라 減少했다.

5. Invitro 乾物消化率에는 乾物含量에 의한 差가 없었다.

V. 引用 文 献

- Anderson, B.K. and M. Jackson, 1970. Conservation of herbage of varying dry matter content in airtight metal containers with reference to the carbohydrate fraction. J. Sci. Food and Agric. 21(5): 228-234.

2. Browning, C.B. 1965. Gas-Tight and conventional upright silos. *J. Dairy Sci.* 48: 839. (Abstr.)
3. Conway, E.J., 1939. Microdiffusion analysis and volumetric error. Crosby Lockwood and son. London.
4. Derbyshire, J.C., C.H. Gordon, W.C. Jacobson, and J.L. Humphrey. 1965. Some aspects concerning low moisture Orchardgrass stored in bunker and gas-tight silos. *J. Dairy Sci.*, 48: 812. (Abstr.)
5. Forbes, T.J. and N. Jackson, 1971. A study of the utilization of silage of different dry-matter content by young beef cattle with or without supplementary barley. *J. Br. Grassld. Soc.* 26: 257-264.
6. Goering, H.K. and P.J. van Soest. 1970. Forage fiber analysis. *Agr. Handbook.* 397. A.R.S., U.S.D.A., Beltsville.
7. Gordon, C.H., H.M. Irvin, C.G. Melin, and H.G. Wiseman. 1957. Some experiments in preservation of high-moisture hay-crop silages. *J. Dairy Sci.* 40: 789-799.
8. Gordon, C.H., E.A. Kane, J.C. Derbyshire, W.C. Jacobson, and C.G. Melin. 1959. Nutrient losses, quality, and feeding values of wilted and direct-cut Orchardgrass stored in bunker and tower silos. *J. Dairy Sci.* 42: 1703-1711.
9. Gordon, C.H., J.C. Derbyshire, H.G. Wiseman, E.A. Kane, and C.G. Melin. 1961. Preservation and feeding value of Alfalfa stored as hay, haylage, and direct-cut silage. *J. Dairy Sci.* 44: 1299-1311.
10. Gordon, C.H., 1967. Storage losses in silage as affected by moisture content and structure. *J. Dairy Sci.* 50: 398-402.
11. Kormos, T. and D.M.B. Chestnutt. 1967. A study of ensiling wilted and unwilted grass at two stages of maturity. 1. Nutrient losses. *Herb. Abstr.* 37: 1206.
12. Labuda, J. 1967. Effect of degree of lucerne wilting on the ensiling process and on changes in silage composition. *Herb. Abstr.* 37: 1207.
13. Lepper, W. Und O. Flieg. 1938. *Methodenbuch.* Neumann, Radebeul. Berlin. 4: 12.
14. Maskova, H. und J. Havelik. 1969. Garverlauf und Verluste in Hochsilos. *Das wirtschaftseifene Futter.* 3: 165-184.
15. McDonald, P., A.R. Henderson, R. Whitenbury. 1967: The effect of temperature on ensilage. *Herb. Abstr.* 37: 167.
16. McDonald, P. et al, 1968. Chemical changes and losses during the ensilage of wilted grass. *J. Sci. Food and Agric.* 19: 125-132.
17. Murdock, F.R., A.S. Hodgson, and J.R. Harris. 1958. Nutrient losses and feeding value of wilted and direct-cut forages stored in twoer silos. *J. Dairy Sci.* 41: 1483. (Abstr.)
18. Shepherd, J.B., C.H. Gordon, H.G. Wiseman, and C.G. Melin, 1953. Comparisons of silages stored in gas-tight silos and in conventional silos. *J. Dairy Sci.*, 36: 1190-1200.
19. Shepherd, J.B., H.G. Wiseman, R.E., Ely, C.G. Melin, W.J., Sweetman, C.H., Gordon, L.G., Schoenleber, R.E. Wagner, L.E., Campbell, G.D., Roane, and W.H. Hosterman. 1954. Experiments in harvesting and preserving alfalfa for dairy cattle feed. *U.S.D.A., Tech. Bull.* 1079.
20. Tilley, J.M.A. and R.A. Terry. 1963. A two-stage technique for in vitro digestion of forage crops. *J. British Grassland Soc.* 18: 104-111.
21. Voss, N., 1966a. Amines and ammonia as products of protein decomposition in silage. *Proceedings of the x International Grassland*

- Congress. Section. No. 45: 540-545.
22. Voss, N. 1966b. Über die Amin-und Ammoniak bildung in Gärfutter. Das Wirtschaftseigene Futter. 2: 161-171.
 23. Weise, F., 1967. Charakteristische Unterschiede in der Entwicklung der Gärfutterflora in Feucht-und Vorwelksilagen. Symposium Rostock. Tagungsberichte Nr. 92 der DAL, Berline p. 92-102.
 24. Weissbach, F., 1964. Über die Abhängigkeit des Gärungsverlaufes von der Chemischen Zusammensetzung des Ausgangsmaterials bei der Grünfuttersilierung. Tagungsberichte No. 63 der DAL, Berline, p. 189-206.
 25. Yamada, T. and K. Takagi, 1964. The effects of wilting and sealing in making low moisture grass silage on its quality. J. Japan Grassl. Science. 10: 83-89.
 26. Zimmer, E., 1962. Gärfutter-bereitung in Futterbaubetrieb landbauforschung Violenrode. 12: 80-82.
 27. Zimmer, E. 1969. Futterkonservierung and Grünland. Berichte des 3. Kongresses der Europäischen Grünlandvereinigung. Braunschweig. 113-125.
 28. Zimmer, E. 1971. Factors affecting fermentation in Silo. Technological papers presented at international silage research conference. National Silo association INC. 58-78.
 29. Zimmer, E. 1972. Qualitätsforschung in Futterproduktion und Futterkonservierung. Landbauforschung Völknerode, Son
 30. Zimmer, E., 1973. New methods in fodder conservation. European grassland federation 5th general meeting Uppsala, 12-15 June, Main paper p. 6-7.
 31. 高永社, 1966. 材料의 水分含量이 Silage의 品質에 미치는 영향, 韓畜誌. 8 : 50-52.
 32. 孟元在, 1976. 低質粗飼料의 飼料價值改善에 관한 研究. I. 알카리 처리에 의한 보리짚의 消化率改善과 化學的成分의 變化. 韓畜誌. 18 : 499-504.
 33. 韓貞大, 尹益錫, 1978. Silage品質에 影響을 미치는 各種要因의 評價, 韓國草地研究會報. 1 : 18-28.