

窒素施肥水準과 添加劑가 飼草用 油菜의 飼料價値 및 사일리지 品質에 미치는 影響

II. 窒素施肥水準과 포름알데히드 處理가 油採 사일리지의 品質에 미치는 影響

曹武煥 · 金東岩 · 徐 成*

Effects of Nitrogen Fertilization Levels and Some Additives on the Chemical Composition and Silage Quality of Forage Rape (*Brassica napus* Subsp. *oleifera*)

II. Effects of N fertilization levels and formaldehyde treatment on the chemical composition of forage rape silage

Mu Hwan Jo, Dong Am Kim and Sung Seo*

Summary

This study was carried out to determine the effects of nitrogen (N) fertilization levels (0, 100 and 200kg/ha) and formaldehyde (0.4, 0.8 and 1.2%: w/w CM) on the chemical composition, dry matter (DM) yield and *in-vitro* dry matter digestibility (IVDMD) of forage rape (*Brassica napus* Subsp. *oleifera*) silage. The results obtained are summarized as follows:

1. Forage rape was a catch crop which was highly digestible and low concentration in NDF, ADF, cellulose and lignin.
2. The concentration of the water soluble carbohydrate (WSC) and buffering capacity (PK) was 17.9% and 6.77g/100g, respectively, provided the WSC to PK ratio was 2.65.
3. DM content of silage decreased as the rate of N fertilization increased, but concentration of ammonia-N decreased. IVDMD was not affected by the rate of N fertilization.
4. By the addition of formaldehyde, the pH and IVDMD were increased, but the DM, lactic acid, total organic acid and ammonia-N content of rape silage were decreased, that was effective as a silage additive for forage rape.

I. 緒 論

飼草用 油菜는 生産性이 높고 11월末까지 圃場에 두고 利用할 수 있어서 다른 牧草나 野草의 生育이 停止되고 品質이 低下되는 時期에도 靑草를 공급할 수 있고 蛋白質과 鐵物質含量이 높으며 生育時期에 관계없이 消化率이 높은 우수한 端境期 飼料作物이다(金등, 1986; 曹 및 金, 1988).

그러나 多肥性 作物인 油菜는 窒素의 增施가 增收에 효과적이고 窒素增施에 따른 窒酸態 窒素의

증가와 높은 水分含量은 설사와 貧血을 동반하게 되므로(Griffith 및 Johnston, 1961; Bradshaw 등, 1983) 給與量의 制限을 받게 된다. 따라서 生草生産 量은 많으나 制限給與로 인하여 收穫이 지연되고 氣溫의 降下로 더이상 圃場에 두고 利用할 수 없을 때는 한꺼번에 收穫하여야 되고 貯藏하지 않을 수 없다.

本 研究는 飼草用 油菜의 貯藏에 따른 材料의 特性, 窒素施肥水準이 사일리지의 品質에 미치는 영향 및 포름알데히드(formaldehyde)의 添加水準이

서울대학교 農科大學(College of Agriculture, Seoul National University, Suweon, 440-744, Korea)

*畜産試驗場(Livestock Experiment Station, RDA, Suweon, 440-350, Korea)

사일리지 品質에 미치는 影響을 究明할 目的으로 遂行되었다.

II. 材料 및 方法

1. 試料의 分析

本 研究에서는 제 I 報(曹 및 金, 1988)에서 준비된 試料를 이용하였고 試料의 一般成分은 AOAC法(1984), WSC(total water soluble carbohydrate) 含量은 Anthrone 法(大山喜信, 1976)으로, 緩衝力(buffering capacity; PK)은 McDonald 및 Henderson(1962)이 이용한 방법으로 4.8g의 風乾試料를 150 ml의 증류수와 잘 混合한 다음 다시 50ml의 증류수를 가하여 2시간동안 實驗室에 방치한 후 준비된 0.1N 乳酸을 서서히 加하면서 pH가 4가 될 때 까지 첨가하였다. 이때 첨가된 乳酸의 量을 試料 1

g이 pH 4까지 강하하는데 필요한 0.1N 乳酸의 量으로 환산하여 緩衝力으로 하였다. 또 粗纖維는 Goering 및 Van Soest法(1970)에 의하여 NDF, ADF, lignin 및 cellulose 含量을 구하였으며 *in vitro* 消化率은 Tilley 및 Terry(1963)의 方法에 의거 분석하였다.

2. 사일리지의 調製

圃場試驗에서 얻어진 材料를 1~2cm로 細切한 후 폴리에틸렌 비닐에다 10kg씩 손으로 충분히 鎊壓하면서 充鎊하고 密封한 후에 가스와 漏汁을 배출할 수 있는 2mm의 구멍을 뚫고 다시 한번 더 비닐로 密封한 다음 150~180일이 경과한 후 개봉하여 分析에 使用하였다.

포름알데히드 添加水準 試驗에 있어서는 35%의 포름알데히드(formaldehyde; HCHO)를 材料 乾物重

Table 1. Chemical composition of experimental materials for silage

Component	Forage rape				Rice straw
	Control**	N0	N100	N200	
	%				
Dry matter	13.03 (100)	13.35 (100)	13.35 (100)	12.22 (100)	90.00 (100)
Crude protein	2.62 (20.09)	2.77 (19.08)	3.07 (20.77)	2.74 (20.42)	5.2 (5.7)
Ether extract	0.43 (3.29)	0.39 (2.69)	0.62 (4.17)	0.41 (3.02)	0.7 (1.9)
Crude fiber	1.44 (11.01)	1.50 (10.30)	1.69 (11.40)	1.52 (11.33)	30.2 (33.50)
Ash	1.45 (11.14)	1.63 (11.19)	1.31 (8.87)	1.79 (13.36)	10.8 (12.00)
NFE	5.98 (45.90)	7.07 (48.64)	6.84 (46.21)	5.76 (42.87)	42.2 (46.90)
NDF	20.90	21.51	20.89	20.31	69.70
ADF	18.89	19.81	19.25	17.60	45.48
Cellulose	16.32	17.26	16.87	14.85	28.71
Lignin	2.92	3.25	3.02	2.49	9.34
IVDMD	78.72	77.34	75.34	77.58	50.21
WSC(Z)	17.93	19.17	17.71	16.24	4.11
Buffering* capacity(PK) (g/100g)	6.77	6.82	6.73	7.41	3.80
Z/PK quotient	2.65	2.80	2.63	2.19	1.08

Means for each element not followed by a common letter are significantly different (0.05 level)

*g. lactic acid required to lower pH to 4.0 in 100g. of dried milled rape ():DM base

**Control; forage rape silage without additive.

량의 0.4, 0.8 및 1.2%로 秤量한 다음 手壓式 분무기를 利用하여 充鎖하는 과정중에 攪로루 살포하면서 위에서와 같은 方法으로 各各 3 反復씩 調製하였다.

3. 사일리지의 分析

① 抽出液의 調製 : 30g의 細切한 사일리지를 200 ml 삼각플라스크에 넣고 증류수 100ml를 가한다음 마개를 덮고 冷蔵庫內에 放置하였는데 2時間마다 흔들어 주었다. 24時間後 여과지위에 4 중 가아체를 퍼 抽出하였고 여과지를 通過한 液을 즉시 凍結하여 保存하였다.

② 揮發性 脂肪酸의 分析 : Acetic, propionic, isobutyric, butyric, isovaleric 및 valeric acid의 分析은 Supelco Bulletin 748G (1975)에 준하였고 기기는 United Technologies Packed Model 439 Gas-Chromatography를 이용하였다.

③ 乳酸 : Pyruvic, lactic, fumaric 및 succinic acid도 上記 方法에 準하여 分析하였다.

④ 암모니아態 窒素(NH₃-N) : 암모니아態 窒素는 AOAC (1984)法에 의거 MgO 증류법을 Kjeltac system을 使用하여 분석하였다.

Ⅲ. 結果 및 考察

1. 사일리지 材料 및 窒素施肥水準에 따른 飼草用 油菜의 化學的 成分

사일리지 調製에 이용된 볏짚, 窒素施肥 水準別 및 ha當 100kg의 窒素를 施用하고 添加劑를 사용하지 않고 調製한 油菜 사일리지의 化學的 成分은 Table 1에서 보는 바와 같다. 乾物含量은 13%내외로 일반적인 사일리지 調製에 적합한 乾物含量 30% 보다는 매우 낮아 漏汁에 의한 손실이 예상되었다. 粗蛋白質 含量은 질소시비 水準이 증가할수록 다소 증가하는 경향을 보였으나 有意性은 없었으며 20%정도로 다른 禾本科 牧草보다는 높은 편이었다. 이와같은 결과는 Songin (1985), Jung 등 (1984) 및 Sheldrick 등 (1981)이 飼草用 油菜는 질소시비 수준을 높일수록 粗蛋白質의 含量은 증가하였다는 결과와 일치하였다.

粗纖維의 含量에 있어서는 10.3-11.4%로 다른 牧草에 비하여 (한국 사료성분표, 1982) 매우 낮아 IVDMD (*in vitro* dry matter digestibility)가 높음

을 간접적으로 시사하고 있다. 그러나 窒素施肥 水準에 따른 뚜렷한 경향은 발견할 수 없었으며 이러한 결과는 粗脂肪含量에 있어서도 마찬가지였다.

한편 粗灰分의 含量에 있어서는 8.9~13.4%로 다른 牧草類에 비하여 높았다. NDF, ADF, cellulose 및 lignin 含量에 있어서는 窒素施肥水準이 증가할수록 감소하는 경향을 보였으며 전체적으로 그 含量이 낮았다. 이러한 결과는 粗纖維 含量이 낮기 때문인 것으로 생각되며 기호성이나 소화율이 매우 좋을 것으로 思料된다.

사일리지 醱酵에 영향을 미치는 化學 成分으로는 水溶性炭水化合物과 緩衝力을 들 수 있는데 油菜의 水溶性炭水化合物 含量은 17% 내외로써 좋은 사일리지를 調製하기에 충분한 量이었으나 緩衝力이 6.77 g/100g으로 상당히 높아서 水溶性 炭水化合物 含量에 對한 緩衝力의 比率은 2.65였다. McDonald 등 (1964)과 Wilkinson 등 (1981)은 材料의 水溶性炭水化合物이 16.2% 이상만 되면 添加劑 없이도 좋은 사일리지를 만들 수 있다고 하였으며 Weissbach 등 (1974)이 발표한 結果에 의하면 本 研究에서 얻어진 飼草用 油菜의 乾物含量은 적어도 23.8% 이상이 되어야 좋은 사일리지를 만들 수 있을 것으로 思料된다.

Playne 및 McDonald (1966)가 발표한 報告에 의하면 材料의 緩衝力은 草種에 따라 다르고 일반적으로 禾本科보다 荳科의 緩衝力이 크며 生草에 비하여 사일리지의 緩衝力이 2~3 배 높는데 이러한 緩衝力은 植物體의 陽이온이 總緩衝力의 60~80%를 차지하고 蛋白質이 10~20%를 차지한다고 보고하였다. 따라서 礦物質 含量이 높고 蛋白質 含量이 높은 飼草用 油菜는 다른 飼草에 비하여 상대적 緩衝力이 높을 가능성을 시사하고 있기 때문에 材料 自體만으로도 볼때 사일리지를 調製할 수 있는 좋은 재료는 아닌것 같이 생각된다. 또 Henderson 및 McDonald (1976)는 緩衝力과 관련하여 飼草의 成熟이 進行됨에 따라 氨基酸에 對한 緩衝力이 감소하고 늦게 刈取할수록 酸의 添加量도 줄일 수 있게 된다고 보고한 바 있다.

따라서 油菜의 사일리지 調製는 霜害를 받지 않는 範圍內에서 가능한 한 늦게 실시하는 것이 유리할 뿐만 아니라 飼草의 利用效率의 극대화를 위해서도 生草를 급여할 수 있을 때까지 지연하는 것이 유리할 것으로 생각된다.

水溶性炭水化合物과 緩衝力과의 比率(Z/PK quoti-

ent)이 2.65 내외로 窒素施肥 水準이 ha當 0, 100 kg 및 사일리지 對照區間에는 有意性이 없었으나 窒素 200kg 施用區에서는 有意적으로 낮았다. 이러한 結果는 Weissbach 등 (1974)이 研究한 옥수수의 6.6, 연맥의 3.3보다는 낮은 값이지만 호밀, 이탈리안라이그라스 보다는 조금 높았다.

한편 Wilkinson 등 (1981)은 Z/PK의 비율보다도 사일리지 醱酵을 결정하는 궁극적인 요인은 재료의 水溶性炭水化合物이라고 하였으므로 本 研究에서 사용된 飼草用 油菜가 水溶性炭水化合物이 豊富하다고 하는 사실은 添加劑 없이도 사일리지로서 貯藏利用이 가능하다고 하는 것을 시사하고 있는 일면이라고 할 수 있을 것이다.

2. 窒素施肥水準이 사일리지 品質에 미치는 影響

窒素施肥水準에 따른 油菜 사일리지의 化學成分, DM, pH 및 IVDMD는 Table 2에서 보는 바와 같다. 窒素施肥水準이 增加함에 따라 사일리지의 乾物率은 有意적으로 낮았으며 ($P < 0.05$) pH는 4.3정도로 差異를 보이지 않았으나 乳酸含量에 있어서는 ha當 窒素 200kg 施用區가 無施用區나 100kg 施用區에 비하여 약간 낮은 편이었다. 이러한 結果는 總 有機酸 含量에 있어서도 같은 경향을 보였다.

또 醱酵過程에서 蛋白質의 分解로 生成되는 總 窒素에 對한 암모니아態 窒素含量은 窒素施肥水準이 증가할수록 높았으나 ($P < 0.05$) 酪酸의 含量과는 관계가 없는 것으로 나타났다.

Anderson (1983)에 따르면 窒素施肥水準을 달리 한 페레니알 라이그라스로부터 만든 사일리지에서 窒素施肥水準이 증가할수록 암모니아態 窒素의 含量도 높았다고 하여 本 研究과 같은 結果를 보고한 바 있다.

窒素施肥水準이 증가할수록 사일리지의 酪酸 含量이 減少하는 경향을 보였는데 이러한 結果는 窒素施肥水準이 증가할수록 窒酸態 窒素含量이 증가하기 때문인 것으로 생각된다. Wieringa (1966), Woolford (1975, 1984), Ataku 등 (1981), Spoelstra (1982) 및 Anderson (1983) 등은 질소소비 수준과 NO_3-N 함량 및 사일리지의 발효관계를 연구한 결과 첫째, NO_3-N 함량과 炭水化合物含量 간에는 負의 상관이 있고 둘째, 사일리지의 醱酵가 進行되는 동안 NO_3-N 의 含量은 급격히 감소하나 酪酸의 生

Table 2. Effect of N fertilization levels on the chemical composition, DM, pH and IVDMD of forage rape silage.

	N fertilization level (kg/ha)		
	N0	N100	N200
	%		
DM	14.16 ^a	13.48 ^b	12.90 ^c
pH	4.43 ^a	4.30 ^a	4.29 ^a
Acetic acid	2.10	2.13	2.81
Propionic acid	—	0.05	0.03
Butyric acid	0.20	0.15	0.14
Iso-Valic acid	—	0.16	0.20
Lactic acid	20.10 ^a	20.62 ^a	18.69 ^b
Fumaric acid	0.32	0.14	0.13
Total organic acid	22.72 ^a	23.25 ^a	20.00 ^b
Ammonia N(mg/100ml)	46.27 ^a	55.76 ^b	71.17 ^c
IVDMD	77.34	75.34	77.58

Means for each element not followed by a common letter are significantly different (0.05 level).

成을 억제하며 세제, NO_3-N 의 환원작용은 pH를 상승시킨다고 결론지었으며 NO_3-N 으로부터 환원된 亞窒酸 및 nitric oxide가 사일리지 발효초기에 clostridia의 성장을 막으며 植物體內에 NO_3-N 이 존재하는 한 clostridia는 성장하지 못한다고 보고한 바 있다. 따라서 飼草用 油菜의 增收에 必須적인 窒素의 增施로 인한 窒酸態 窒素의 含量增加는 생초급여시에는 문제가 되겠지만 사일리지로 調製하면 사일리지의 不良醱酵을 막을 수 있는 原因으로 작용하는 것으로 생각된다.

IVDMD는 ha當 질소 100kg 시용구에서 다소 낮았으나 有意性은 없었으며 施肥水準에 따른 뚜렷한 경향은 발견할 수 없었고 76% 정도를 보였다.

3. 포름알데히드의 添加水準이 사일리지 品質에 미치는 影響

포름알데히드(formaldehyde) 添加水準에 따른 사일리지의 化學成分, DM 및 IVDMD의 變化는 Table 3에서 보는 바와 같다. 포름알데히드를 0.4% 및 0.8% 添加함으로써 乾物含量은 감소하였으나 ($P < 0.05$) 1.2% 添加區와 無添加區間에는 차이가 없었다. pH의 변화에 있어서는 0.4% 添加區를 제

의하고는 無添加區에 비하여 조금 증가하는 경향을 보여 ($P < 0.05$) 포름알데히드 처리가 사일리지의 醱酵自體를 억제하여 無添加區에 비하여 酸도가 높았다는 Kaiser 등(1982)의 結果와 같은 경향이었으나 乳酸과 總有機酸 含量에 있어서는 포름알데히드를 添加함으로써 다소 감소하는 경향을 보였는데 0.4%와 0.8% 添加區에서는 無添加區와 차이가 없었으나 1.2% 添加區에서는 낮았다 ($P < 0.05$). 有機酸 含量은 감소하고 酪酸의 含量은 0.4%와 0.8% 添加區에서 조금 높은 경향을 보였으나 有意性은 없었다. 또 암모니아態 窒素의 含量에 있어서도 0.8% 添加區를 제외하고는 無添加區에 비하여 낮은 含量을 보여 ($P < 0.05$) 암모니아態 窒素의 含量이 높을수록 家畜에 대한 嗜好性이나 섭취량이 감소한다고 생각할 때 (Waldo 등, 1969, 1971) 포름알데히드를 添加하는 것이 添加하지 않는 것보다 유리할 것으로 생각된다.

Kaiser 등(1981, 1982)도 red clover 에 포름알데히드를 kg 당 0, 31g 및 120g을 添加하여 사일리지를 調製한 結果 비록 31g 添加區에서 酪酸의 含量이 높았으나 一般的으로 醱酵을 억제시켜 암모니아態 窒素의 含量을 減少시켰으며 사일리지內 蛋白質 分解를 억제하였다고 報告하였다. 포름알데히드가 牧草 사일리지 添加劑로서 많이 이용되고 있는데

Table 3. Effect of formaldehyde treatment on the chemical composition, DM, pH and IVDMD of forage rape silage.

	Control	Formaldehyde level (%DM)		
		0.4	0.8	1.2
		%		
DM	13.48 ^a	11.79 ^b	12.93 ^b	13.94 ^a
pH	4.30 ^a	4.47 ^a	4.68 ^b	4.80 ^b
Acetic acid	2.13	0.69	1.99	0.69
Propionic acid	0.05	0.26	0.61	0.19
Butyric acid	0.15	0.30	0.25	—
Lactic acid	20.63 ^a	20.60 ^a	19.99 ^a	18.08 ^b
Fumaric acid	0.14	—	0.07	0.22
Total organic acid	23.26 ^a	21.85 ^a	22.91 ^a	19.18 ^b
Ammonia N(mg/100ml)	54.27 ^a	33.19 ^b	64.00 ^a	43.30 ^b
IVDMD	78.72 ^a	81.16 ^{ab}	85.28 ^b	79.52 ^a

Means for each element not followed by a common letter are significantly different (0.05 level).

(Wilkins 등, 1974) 部分的인 殺菌作用과 함께 嫌氣性 狀態의 醱酵을 억제하여 結果적으로 蛋白質 分解를 억제하며 (Beever 등, 1977), VFA 含量, 특히 酪酸, 乳酸 및 암모니아 含量을 감소시켰다는 Barry 등(1973)의 報告와 마찬가지로 本 研究에서도 酪酸, 乳酸 및 암모니아態 질소의 生成을 감소시켰다. Table 3에서 보는바와 같이 IVDMD에 있어서는 0.8% 添加區가 無添加區나 다른 添加區에 비하여 有意的으로 높았고 ($P < 0.05$) 0.4%나 1.2% 添加區는 無添加區에 비하여 약간 증가하는 경향을 보였으나 有意性은 없었다. 이러한 結果는 Waldo (1977)가 報告한 結果와 일치하였는데 포름알데히드와 कै미산을 동시에 處理하였을때는 無添加區에 비하여 에너지 消化率이 1.7% 증가하였으나 포름알데히드만을 添加하였을때는 아무런 變化도 없었다고 報告한 바 있다.

IV. 摘 要

本 研究은 飼草用 油菜 (*Brassica napus* Subsp. *oleifera*)의 貯藏에 따른 材料의 特性, 窒素施肥水準 (0, 200 및 200kg/ha) 및 포름알데히드 (formaldehyde)의 添加水準 (0.4, 0.8 및 1.2%; 건물 무게 기준)이 사일리지의 品質에 미치는 影響을 究明할 目的으로 遂行되었으며 얻어진 結果를 要約하면 다음과 같다.

1. 飼草用 油菜는 NDF, ADF, cellulose 및 lignin의 含量이 낮고 消化率이 높은 우수한 단경기 飼料作物이었다.

2. 水溶性炭水化物的 含量은 17.93%로 높았고 緩衝力은 6.77g/100g으로 컸으며 水溶性炭水化物에 對한 緩衝力の 比는 2.65였다.

3. 窒素施肥水準이 增加될수록 사일리지의 乾物率은 낮아졌으며 건물율이 낮을수록 암모니아態 窒素의 含量은 증가하였으나 IVDMD에는 일정한 경향을 발견할 수 없었다.

4. 油菜 사일리지 調製時 포름알데히드 添加區는 無添加區에 비하여 pH 및 IVDMD는 增加하였으나 乾物率, 乳酸含量, 總有機酸含量 및 암모니아態 窒素의 含量은 낮았다. 이러한 사실로 미루어 포름알데히드의 添加는 油菜 사일리지에 좋은 영향을 미치는 것으로 생각된다.

V. 参考文献

1. Anderson, R. 1983. The effect of extended moist wilting and formic acid additive on the conservation as silage of two grasses differing in total nitrogen content. *J. Sci. Food Agric.* 34:808-818.
2. A.O.A.C. 1984. Official methods of analysis, 14th ed.
3. Ataku, K., M. Horiguchi and T. Matsumoto. 1981. Relationship between silage. *Proc. 14th Int. Grassl. Cong., Kentucky.* pp. 663-665.
4. Barry, T.N. 1973. Effect of treatment with formaldehyde and intraperitoneal supplementation with DL-methionine on the digestion and utilization of a diet by sheep. *N.Z.J. Agric. Res.* 16: 191-196.
5. Beever, D.E., D.J. Thomson, S.B. Cammell and D.G. Harrison. 1977. The digestion by sheep of silages made with and without the addition of formaldehyde. *J. Agric. Sci. Camb.* 88:61-70.
6. Bradshaw, J.E., R.K. Heaney, G.R. Fenwick and I.H. Mcnaughton. 1983. The glucosinolate content of the leaf and stem of fodder kale (*Brassica oleracea* L.), rape (*Brassica napus* L.) and radicle (*Rephanobrassica*). *J. Sci. Food Agric.* 34:571-575.
7. Goering, H.L. and P.J. Van Soest. 1970. Forage fiber analysis. *Agr. Handbook No. 379.* USDA.
8. Griffith, G. and T.D. Johnston. 1961. The nitrate-nitrogen content of herbage. III. The mineral nitrate content of rape and kale. *J. Sci. Food Agric.* 12:348-352.
9. Jung, G.A., R.E. Kocher and A. Glica, 1984. Minimum-tillage forage turnip and rape production on hill and as influenced by sod suppression and fertilizer. *Agron. J.* 76:404-408.
10. Kaiser, A.G., R.A. Terry and M.S. Dhanoa. 1981. Fermentation patterns in ryegrass, red clover and maize silages treated with formaldehyde additives at ensiling. *J. Sci. Food Agric.* 32:637-646.
11. Kaiser, A.G., D.F. Osbourn and P. England. 1982. Intake and digestion of formaldehyde-treated red clover silages offered to calves either alone or with a urea supplement. *J. Agr. Sci. Camb.* 95:357-369.
12. McDonald, P. and A.R. Henderson, 1962. Buffering capacity of herbage samples as a factor in ensilage. *J. Sci. Food Agric.* 13:395-400.
13. McDonald, P. and A.R. Henderson. 1964. Determination of water-soluble carbohydrates in grass. *J. Sci. Food Agric.* 15:395-398.
14. Playne, M.J. and P. McDonald. 1966. The buffering constituents of herbage and of silage. *J. Sci. Food Agric.* 25:107.
15. Sheldrick, R.D., J.S. Fenlon and R.H. Lavender. 1981. Variation in forage yield and quality of three curciferous catch crops grown in southern England. *Grass and Forage Sci.* 36:179-187.
16. Songin, W. 1985. The effect of nitrogen application on the content of nitrogen, phosphorus, potassium and calcium in the dry matter of rye and winter rape grown as winter catch crop. *Herb. Abst.* 55(2):297.
17. Spoelstra, S.F. 1982. A laboratory silo permitting repeated sampling. *Neth. J. Agr. Sci.* 30.
18. Supelco, Inc. 1975. Analysis of VFAs from anaerobic fermentation. *Bulletin 748G.* PA. 16823-0048. 1299 CRANS, Switzerland.
19. Waldo, D.R. 1977. Potential of chemical preservation and improvement of forages. *J. Dairy Sci.* 60:306-324.
20. Waldo, D.R., J.E. Keys, Jr., L.W. Smith and C.H. Gordon. 1971. Effect of formic acid on recovery, intake, digestibility and growth from unwilted silage. *J. Dairy Sci.* 54:77.
21. Waldo, D.R., L.W. Smith, R.W. Miller and L.A. Moore. 1969. Growth, intake and digestibility from formic acid silage versus hay. *J. Dairy Sci.* 52:1069.
22. Weissbach, H.F., L. Schmidt and E. Hein. 1974. Method of anticipation of the run of fermentation in silage making, based on the chemical composition of green fodder. *Proc. XII. Int. Grassl. Cong. Moscow.* 3:663-673.
23. Wieringa, G.W. 1966. The influence of nitrate on silage fermentation. *Proc. 10th Int. Grassl.*

- Congress, Helsinki. pp. 537-540.
24. Wilkins, R.J., R.F. Wilson and J.E. Cook. 1974. Restriction of fermentation during ensilage: the nutritive value of silage made with addition of formaldehyde. Page 237 in Technique and forage conservation and storage. Proc. XII. Intern. Grassland Cong., Moscow.
 25. Wilkins, R.J., R.F. Wilson and M.K. Woolford. 1974. The effect of formaldehyde on the silage fermentation. *In: Proc. 5th General Meeting. European Grassland Federation, Uppsala, Vaxtödl- ing, 29:197-201.*
 26. Wilkinson, J.M., P.F. Chapman, R.J. Wilkins and R.F. Wilson. 1981. Interrelationships between Pattern of fermentation during ensilage and initial crop composition. *Proceedings of the 14th Int. Grassland Cong., Kentucky, pp.631-636.*
 27. Woolford, M.K. 1975. Microbiological screening of the straight chain fatty acids (C1-C12) as potential silage additives. *J. Sci. Food Agric. 26:219-228.*
 28. Woolford, M.K. 1984. *The silage fermentation. Marcel Dekker, Inc. New York and Basel. 350pp.*
 29. 大山喜信. 1976. 栽培植物分析測定法, 作物分析委員會編. pp.335~339.
 30. 金東岩, 成慶一, 曹武煥. 1986. 飼草用油菜와 燕麥, 호밀, 라이그라스, 순무間의 秋季生産性 比較. *韓畜誌 28(2): 117-120.*
 31. 曹武煥, 金東岩. 1988. 窒素施肥 水準과 添加劑가 飼草用 油菜의 飼料價値 및 사일리지의 品質에 미치는 영향. I.刈取時期와 窒素施肥 水準이 油菜의 收量과 飼料價値에 미치는 影響. *韓草誌 8(1): 33-39*