

## 농업부산물 사료화 이용 연구

김원호 · 서 성 · 신동은 · 박근제 · 최기준 · 김기용

# Studies on Feed Resources of Non-Conventional Agriculture Roughage

Weon-Ho Kim, Sung Seo, Geun-Je Park, Dong-Eun Shin, Gee-Jun Choi and Kee-yong Kim

### Abstract

This study was conducted to investigate the effects of feed resources and collection system of non-conventional agricultural roughages, and reduction of environment pollution by turning non-conventional agricultural roughages to feed resources and diversification of feed supply. And a series of experiment were conducted to determine the effect of moisture control material on quality of sweet potato stalk, peanut stalk, barley straw, the experiments were conducted at Grassland and Forage Crops Division, National Livestock Research Institute, RDA, Suwon in 1999 and 2000. The results obtained from these experiments are summarized as follows;

Acid detergent fiber(ADF), neutral detergent fiber(NDF) and total digestible nutrient(TDN) of sweet potato were 38.8, 50.7 and 58.2% in the control silage, but that of rice straw added silage for moisture control were decreased to 41.5, 50.8 and 56.1%. ADF, NDF, CP(crude protein) and TDN of peanut stalk were 42.2, 49.6, 10.5 and 55.6% on the rice straw added silage for moisture control, and there were not affected by barely straw added silage for moisture control. And ADF, NDF and TDN content of barely straw increased 42.8, 65.8 and 55.1% on the water+inoculants treated silage.

The results of this study indicate that non-conventional agricultural roughages to feed resources should be make for silage at silo after dry matter percentage(about 35%) control. Also, rice straw added silage for moisture control will improve the silage fermentation and conservation.

**(Key words)** : Feed resources, Non-conventional agriculture, Fermentation, Inoculant, Rice straw)

### I. 서 론

수입 의존성이 높은 양축용 사료자원에 대한 국내에서의 이용효율의 극대화화 국내 부존자원의 이용증진을 위한 노력은 가축의 생산성 증진 노력의 결과에 못지 않게 생산비의 절감을 통한 국제 경쟁력 제고에 크게 작용할 것으로 사료된다. 또

한 농업부산물의 사료로의 전환은 수입 사료물량의 획기적인 감소와 조사료 공급량 증대에 의한 축우에 대한 사양적 안정성을 크게 해 주어 축우의 경제 년한을 연장시켜 결국 생산성 향상을 제 공해 줄 사료화 개발이 절실하다.

농업부산물 또는 농산 가공부산물의 수집과 처리의 어려움이나 현재의 경제적 이유로 미처 이용

되지 못하는 물량은 폐기물이 되어 환경오염의 공급원으로서 남게 되는데, 그 동안 농업부산물 중 볏짚만이 이용 효율 증진을 위한 수많은 연구들이 수행되어 보고되어 왔고, 암모니아 처리 지원사업 (1993년, 21만 여톤) 등 정부차원에서의 지원사업도 적극적으로 추진되고 있지만 그 외의 부산물들은 노동력의 부족, 저장기술과 공정의 어려움, 수송과 보관 시설 등의 부족으로 사료로 이용이 낮은 편이다.

그러나 고수분 농업부산물 등의 이용성이 낮고 품질이 낮은 볏짚 등의 고간류 부산물을 함께 혼합하여 사일리지 발효과정을 통하여 품질이 우수한 일종의 조사료원이 될 수 있을 것으로 본다. 또한 농업부산물은 사료자원으로서 가능성이 충분하여, 이러한 농업부산물들은 수분 함량이 80%이상의 고수분의 것이 대부분이고, 단백질 등의 상당한 영양소를 함유한 유기물로서 공기 중에서 부패, 발효 등 변질성이 높은 물질로 되어있다는 특성이 있다.

농업부존자원 중 보릿짚, 콩, 고구마줄기, 감자줄기, 배추 및 무부산물 등은 계절별로 소량씩 생산되고 수분 함량이 높아 장기간 보관하기는 어려워 사료로 이용이 되지 않고 있었다. 따라서 농업부산물을 신속하게 간이 사일로백에 수거하여 사료화한 다음 자가배합사료 배합시 이용하면, 농업부산물의 이용이 향상될 것으로 본다. 본 연구는 고수분의 농업부산물에 볏짚 등을 혼합하여 사일리지로 만드는 기술을 정립하고, 신속 및 간편하게 저장할 수 있는 방법으로 조사료 간이 저장 사일로백에서 발효시켜 사료로서 이용 가능성을 검토하고자 수행하였다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 처리내용

본 시험은 축산기술연구소 초지사료과에서 고구마줄기, 보릿짚을 사일리지로 조제하였고, 땅콩부

산물은 호남농업시험장에서 실시하였다. 농업부산물별 처리 내용은 Table 1에서 보는 바와 같다. 단 농업부산물의 수분조절을 위해 볏짚, 보릿짚, 물을 첨가하여 건물률을 30~35%로 조절하였다.

### 2. 원재료의 분석

#### 가. 건조사료의 제조

원재료는 처리구별로 약 500g의 시료를 취하여 생초중량을 평량하고 65℃ 순환식 송풍건조기에서 3일간 건조 후 건물중량을 평량하여 계산식으로 건물물을 산출했다. 건조된 시료는 20 mesh screen의 Wiley mill로 분쇄하여 플라스틱 용기에 이중마개로 막아 분석시까지 보관하였다.

#### 나. 사료가치 분석

시료의 일반성분은 AOAC법(1991)에 의하여 분석하였고, NDF 및 ADF 함량 Georing 및 Van Soest법(1970)에 의해 분석하였다. 또한 *In vitro* 건물소화율 Tilley 및 Terry법(1963)을 Moore(1970)가 수정한 방법을 이용하였다. 시험에 쓰인 위액은 볏짚을 자유채식한 한우에서 아침사료를 급여하기 전에 채취하여 이용하였다.

### 3. 사일리지 분석

저장 60일후 사일리지를 시료채취기(Uni-Forage Sampler; STAR QUALITY SAMPLER Co. Canada)로 각 처리구당 약 500g을 취하여 일부는 순환식 열풍 건조기에서 건조한 후 분쇄하여 일반성분 등을 분석하였고, 나머지 일부는 -20℃ 냉동고에 보관하였다가 사일리지 특성조사에 사용하였다.

#### 가. pH의 분석

사일리지의 pH는 개봉한 사일리지 10g을 증류수

Table 1. Experimental design

| By-products  | Treatment(control of moisture) |              |                       |
|--------------|--------------------------------|--------------|-----------------------|
| Sweet potato | ○ Control                      | ○ Rice straw | -                     |
| Peanut stalk | ○ Control                      | ○ Rice straw | ○ Barley straw        |
| Barely straw | ○ Control                      | ○ Water      | ○ Water + Latic 'acid |

100ml에 넣고 냉장고에서 가끔씩 흔들어주면서 24시간 보관후 4중 가아제로 완전히 짜서 걸러낸 액을 pH meter(HI 9024; HANNA Instrument Inc. UK)를 이용하여 측정하였다.

나. 추출액의 조제

냉동시킨 시료를 처리별로 10g을 취하여 100ml 증류수에 넣고 냉장고에서 가끔씩 흔들어주면서 24시간동안 보관한 후 4중 가아제로 1차 거른후 여과지(No. 6)를 통하여 걸러서 추출액을 조제하여 젖산 및 유기산 분석에 이용하였다. 추출액은 분석에 이용할 때까지 -20℃에서 냉동보관하였다.

다. 젖산의 분석

젖산은 大山喜信법(1976)을 이용하여 분석하였으며 흡광도 측정을 위한 스펙트로 포토메타는 Jasco 사(UVIDEC-610) 제품을 이용하였다.

라. 유기산 분석

유기산의 분석은 Varian 사의 3800 모델 가스 크로마토그래피를 이용하여 분석하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 고구마줄기 담근먹이의 사료가치

고구마줄기의 대조구 및 볏짚첨가구의 원료 일반성분 함량은 Table 2에서 보는 바와 같다. 고구마줄기에 수분조절제로 사료가치가 낮은 볏짚을 첨가했을 때 ADF와 NDF 함량은 각각 38.6와 55.3%로 높게 나타났다. 그리고 소화율과 TDN 함량은 42.9와 58.4%로 낮아져 사료가치가 떨어지는 경향을 보였다.

그리고 고구마줄기 사일리지의 건물물은 대조구에서 15.0%와 볏짚첨가구 25.0%로 사일리지에 적합한 수분 함량은 볏짚을 첨가해야만 가능할 것으로 사료된다. 또한 사일리지의 산도는 처리간에 비슷한 경향이였다. 그러나 농업부산물물을 사일리지로 저장할 때 재료중의 수분은 미생물의 생육에 필수적인 요인이 된다. 또한 과도한 수분 함량은 발효과정에서 Clostridia가 발생할 위험이 높고 (Gibson 및 Stirling, 1959) 유증을 발생시켜 영양소 손실과 환경오염을 유발할 수 있으며, 무게가 무거워 취급하기가 어렵다(Marsh, 1979). 따라서 사일리지 제조시 수분 함량을 적당하게 맞추는 것은 매우 중요한 일이다.

그리고 고구마줄기를 사일리지 조제하여 개봉 후 사료가치를 분석한 결과 Table 3에서 보는 바와 같이 대조구에서 ADF, NDF 및 TDN 함량이 각각 38.8, 50.7 및 58.2%로 볏짚을 첨가했을 때 각각 41.5, 50.8 및 56.1%로 비슷한 경향이였다.

Table 2. Effect of moisture control on acid detergent fiber(ADF), neutral detergent fiber (NDF), *in vitro* digestibility(IVDMD) and total digestible nutrient(TDN) of sweet potatos stalk

| Moisture control material | ADF  | NDF  | IVDMD | TDN  |
|---------------------------|------|------|-------|------|
| Control                   | 34.5 | 39.2 | 60.3  | 61.6 |
| Rice straw                | 38.6 | 55.3 | 42.9  | 58.4 |

(Unit : %)

Table 3. Effect of moisture control on dry matter(DM), pH, acid detergent fiber(ADF), neutral detergent fiber(NDF) and total digestible nutrient(TDN) of sweet potatos stalk silage

| Moisture control material | DM   | pH  | ADF  | NDF  | TDN  |
|---------------------------|------|-----|------|------|------|
| Control                   | 15.0 | 3.9 | 38.8 | 50.7 | 58.2 |
| Rice straw                | 25.0 | 4.1 | 41.5 | 50.8 | 56.1 |

(Unit : %)

## 2. 땅콩부산물 사료화

땅콩부산물의 사료화를 위해 대조구 및 수분조절재로 벃짚과 보릿짚을 첨가하여 건물률, ADF, NDF, 조단백질 및 TDN을 분석한 결과 Table 4에서 보는 바와 같다. 특히 농업부산물의 사일리지 제조시 건물률은 매우 중요하며, 수분 함량이 높으면 미생물의 발효가 지연되어 부패되는 경우도 있어 사일리지 제조전에 35% 정도 수분조절이 필수적이라 할 수 있다.

땅콩부산물 원료의 건물률은 26.1%로 수분조절재로 벃짚과 보릿짚을 첨가했을 때 32.2~35.5%로 사일리지 조제하는데 알맞은 수분 함량이라 할 수 있다. 그러나 사료가치가 낮은 벃짚과 보릿짚을 첨가했을 때 ADF, NDF, CP 및 TDN 함량은 떨어지는 경향이다. 따라서 땅콩부산물을 저장하여 조사료로 이용할 경우에는 수분조절재를 첨가하여 사일리지로 저장하는 것이 좋을 것으로 사료된다.

그리고 땅콩부산물에 수분조절재를 첨가하여 사일리지로 조제하여 35일 후 개봉한 사료가치는 Table 5과 같다. 수분조절재로 벃짚을 첨가하여 저장 35일 후 사일리지의 ADF, NDF, CP 및 TDN 함량은 각각 42.2, 49.6, 10.5 및 55.6%로 수분조절재로 보릿짚을 첨가하는 것보다 사료가치가 약간 좋은 것으로 사료된다.

그리고 땅콩부산물을 대조구와 수분조절재를 첨가하여 35일 후 개봉한 건물률, 산도 및 유기산의 결과는 Table 6에서 보는 바와 같다. 즉 땅콩부산물에 수분조절 없이 사일리지를 조제할 경우 산도가 5.2로 아주 높게 나타났으나 수분조절재로 벃짚을 첨가했을 때 5.0로 낮았으나 전체적으로 높은 경향을 보였다. 일반적으로 사일리지의 pH는 수분 함량과 관련이 있어 예건 및 수분조절로 pH를 조절할 수 있다고 보고하였다(William 등, 1995).

## 3. 보릿짚 사료화

농업부산물중 사료로 이용이 가장 낮은 것이 보릿짚이라 할 수 있으며, 특히 벼 이앙하기 전에 대부분 토양의 산성을 방지하기 위해 소각처리하는 경우가 많으며 소각처리시 연기 때문에 농촌환경 오염을 일으키는 원인으로 되고 있다. 그러나 사료로 이용할 경우 저장기술이 없고 가축의 기호성이 낮아 지금까지 사료로 이용하지 못한 원인으로 되고 있다. 따라서 보릿짚을 수분조절하여 사일리지로 제조할 경우 이런 문제점을 해결할 하나의 방법이라 할 수 있을 것이다. 그래서 본 연구는 보릿짚에 물로 수분조절하고 미생물 첨가제(inoculant)를 첨가하여 사일리지로 제조하여 기호

Table 4. Effect of moisture control on dry matter(DM), acid detergent fiber(ADF), neutral detergent fiber(NDF), crude protein(CP) and total digestible nutrient(TDN) of peanut stalk(Unit : %)

| Treatment    | DM   | ADF  | NDF  | CP   | TDN  |
|--------------|------|------|------|------|------|
| Control      | 26.1 | 34.0 | 42.7 | 15.3 | 62.5 |
| Rice straw   | 35.5 | 38.7 | 50.7 | 11.5 | 58.3 |
| Barley straw | 32.2 | 45.2 | 57.1 | 8.1  | 56.3 |

Table 5. Effect of moisture control on acid detergent fiber(ADF), neutral detergent fiber(NDF), crude protein(CP) and total digestible nutrient(TDN) of peanut stalk silage

| Treatment    | ADF  | NDF  | CP   | TDN  |
|--------------|------|------|------|------|
| Control      | 37.9 | 44.0 | 13.1 | 58.9 |
| Rice straw   | 42.2 | 49.6 | 10.5 | 55.6 |
| Barley straw | 41.3 | 56.1 | 9.9  | 56.2 |

Table 6. Effect of moisture control on dry matter(DM), pH, lactic acid, acetic acid and butyric acid of peanut stalk silage

| Treatment    | DM   | pH  | Organic acid(%) |             |              |       |
|--------------|------|-----|-----------------|-------------|--------------|-------|
|              |      |     | Lactic acid     | Acetic acid | Butyric acid | Total |
| Control      | 27.2 | 5.2 | 7.4             | 2.2         | 3.3          | 13.0  |
| Rice straw   | 33.1 | 5.0 | 7.3             | 3.8         | 3.1          | 14.2  |
| Barley straw | 32.2 | 5.1 | 2.1             | 5.7         | 4.6          | 15.4  |

Table 7. Effect of moisture control on dry matter(DM), acid detergent fiber(ADF), neutral detergent fiber(NDF) and total digestible nutrient(TDN) of barley straw silage  
(Unit : %)

| Treatment       | DM    | ADF  | NDF  | TDN  | pH   |
|-----------------|-------|------|------|------|------|
| Control         | 62.00 | 50.6 | 72.0 | 48.9 | 6.80 |
| Water           | 54.61 | 50.4 | 72.3 | 49.1 | 5.44 |
| Water+Inoculant | 56.67 | 42.8 | 65.8 | 55.1 | 4.12 |

성을 향상시키고자 실시하였고, 조제후 30일 후에 개봉하여 사료가치를 분석한 결과 Table 7에서 보는 바와 같다.

보릿짚의 건물 함량은 62% 정도 되었으나 물로 수분조절하게 되면 54.61~56.67%로 낮추어 사일리지로 제조가 가능할 것으로 사료된다. 특히 물에 미생물 첨가제(inoculant)를 첨가하면 ADF, NDF 및 TDN 함량이 각각 42.8, 65.8 및 55.1%로 개선되는 것을 볼 수 있었다. 또한 사일리지의 산도도 4.1로 일반 사료작물 사일리지의 산도와 비슷한 경향을 나타나 충분히 발효가 된 것으로 사료된다.

본 연구의 결과는 김(1999)이 호밀사일리지 조제시 젖산균 첨가제 처리가 무처리구에 비해 젖산 함량이 증가하고 초산 및 낙산 함량을 감소시키는 결과를 보고하였으며, Keady 및 Steen(1994)은 젖산균을 첨가한 사일리지의 산도, 암모니아태 질소 함량 및 초산 함량이 감소된다고 하였다 또한 Gordon (1989)도 젖산균 처리는 초산 함량을 낮춘다고 하였지만 젖산과 낙산 함량은 유의적인 차이가 없었다고 하였다.

#### IV. 적 요

본 연구는 농업부산물을 수거하여 조사료원으로 개발하고, 여러 가지 조사료원과 농업부산물의 조사료원으로 이용함으로써 환경오염의 절감을 위해

연구를 수행하게 되었다. 그리고 본 연구의 목적은 농업부산물 중 고구마줄기, 땅콩 부산물, 보릿짚, 배추 및 무부산물의 수분조절을 통해 사일리지의 품질에 미치는 영향을 비교할 목적으로 1999년에서 2000년까지 수원에 있는 축산기술연구소 초지사료과에서 수행하였으며, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

고구마줄기 사일리지의 ADF, NDF 및 TDN 함량은 각각 38.8, 50.7 및 58.2%였으나 수분조절제로 볏짚을 첨가했을 때 각각 41.5, 50.8 및 56.1%로 대조구에 비해 사료 가치가 떨어졌다. 땅콩부산물에 수분조절제로 볏짚을 첨가한 사일리지의 ADF, NDF, CP 및 TDN 함량은 각각 42.2, 49.6, 10.5 및 55.6%로 수분조절제로 보릿짚을 첨가하는 것보다 사료가치가 약간 좋은 것으로 나타났다.

보릿짚의 사료화를 위해 물에 젖산균을 첨가한 사일리지의 ADF, NDF 및 TDN 함량이 각각 42.8, 65.8 및 55.1%로 사료가치가 향상되었다. 또한 사일리지의 산도는 4.1로 일반 사료작물 사일리지의 산도와 비슷한 경향을 나타냈다.

이상의 결과를 종합하여 볼 때 농업부산물의 조사료원으로 이용하기 위해 수분조절제로 약 35%로 수분조절한 후 사일로백에 사일리지로 저장하는 것이 바람직하며, 사일리지의 발효와 저장을 향상시키기 위해 볏짚을 첨가하는 것이 권장된다고 할 수 있다.

## V. 인 용 문 헌

1. A. O. A. C. 1991. Official method of analysis. Washington D. C.
2. Goering, H.K. and P.J. Van Soest. 1970. Forage fiber analysis. Agric. Handbook 379, U. S. Gov. Print. Office, Washington, D. C.
3. Gibson, T. and A.C. Stirling. 1959. The bacteriology of silage. N. A. A. S. quarterly Review. No. 44. Summer, p. 167-172. in M. K. Woolford(ed). The silage fermentation. 1984. Marcel Dekker. Inc. New York and Based.
4. Gordon, F.J. 1981. The effect of wilting of herbage on silage composition and its feeding value for milk production. Anim. Prod. 32:171-178.
5. Gordon, F.J. 1989. An evaluation through lactating cattle of a bacterial inoculant as an additive for grass silage. Grass Forage Sci. 44: 169-179.
6. Keady, T.W.J. and J.J. Murphy. 1996. Effects of inoculant treatment on ryegrass silage fermentation, digestibility, rumen fermentation, intake and performance of lactating dairy cattle. Grass Forage Sci. 51:232-241.
7. Keady, T.W.J. and R.W.J. Steen. 1994. Effects of treating low dry matter grass with a bacterial inoculant on the intake and performance of beef cattle and studies on its mode of action. Grass Forage Sci. 49:438-446.
8. Marsh, R. 1979. The effects of wilting on fermentation in the silo and on the nutritive value of silage. Grass Forage Sci. 34:1-10.
9. Moore, J.E. 1970. Procedure for the tow-stage *in vitro* digestion of forage. University of Florida, Department of Animal Science.
10. Tilley, J.M.A. and R.A. Terry. 1963. A two-stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. J. Bri. Grassl. Soc. 18:104-111.
11. Wilkins, R.J. 1974. The nutritive value of silage. Proceeding of the 8th Nutrition Conference for Feed Manufacturers. pp. 167-189.
12. Williams, C.C., M.A. Froetschel, L.O. Ely and H.E. Amos. 1995. Effects of inoculation and wilting on the preservation and utilization of wheat forage. J. Dairy Sci. 78:1755-1765.
13. 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.
14. 김중근. 1999. 수확시 숙기와 제조방법이 라운드베일 호밀 사일리지의 품질에 미치는 영향. 서울대학교 박사논문.
15. 손용석, 홍성호. 안희철, 황천구, 강성원, 정순영. 1998. 조사료화 증진을 위한 약초 곤포사 일리지 제조방법에 관한 연구. 한국초지학회 제36회 학술발표초록.