반추가축에 있어서 짚류의 이용성

〈캐나다 앨버타 대학교〉
J. J. Kennelly and D. Dalton
〈李 文 演 譯〉

□ 본고는 8월11일 한국축산학회 영양사료연구회에서 개최한 제9회 기술강습회에서 강의한 내용중 우리나라에서 생산되는 짚류 부분에 해당되는 사항만 번역하여 게재하는 바임 (편집자)

벗짚 및 짚류의 이용에 있어서 주된 제한요인은 영양소의 낮은 함량과 소화율이며, 이들 요인이 사료섭취량을 저하시키고, 가축의 능력을 떨어뜨리는 결과가 된다.

이러한 짚류의 화학적 성분을 보면 표1과 같다. 벗짚에서의 세포막(벽)이 차지하는 비율은 건물질의 79%이며, 이 세포막은 헤미셀룰로오즈, 셀룰로오즈, 리그닌 및 실리카 등으로 구성되어 있다.

표1. 짚류 및 왕겨의 화학적 성분

짚 류	세 포 내용물	세포막	헤 미 셀룰로오즈	셀룰로오즈	리그닌	실리카
벗 짚	21	79	26	33	7	13
보리짚	19	81	27	44	7	3
밀 짚	20	80	36	39	10	6
왕 겨	14	86	14	39	11	22

*단위 : 건물질에 의한 %.

셀룰로오즈와 헤미셀룰로오즈가 반추류의 에너지원이라 할지라도, 셀룰로오즈, 헤미셀룰로오즈와 리그닌, 실리카 등과의 관계는 건물질의 소화율에서 역(逆)의 상관관계를 가지고 있어 리그닌과 실리카 등이 많이 함유되었을 때는 소화율이 떨어진다(Anderson, 1978). 식물에서 리그닌과 셀룰로오즈는 세포막의 구조성분으로 리그노-셀룰로오즈(ligno-cellulose)라는 복합물질로 함께 존재하며, 실리카도 세포막의 구조성분으로 리그닌에서 관찰된 바와 같이 비슷한 소화율의 억제현상을 보여준다. 이러한 짚류및 왕겨의 낮은 소화능력은 헤미셀룰로오즈 또는 셀룰로오즈와 리그닌 또는 실리카와 화학적 또는 물리적 결합에 의한 것으로, 이러한 결합은 셀룰로오즈 효소의 침투를 억제하게 한다(Tarkow and Feist, 1979). 그래서 이들 관계는 미생물 효소의 능력에 영향을 미치고, 그것에 의해서 가축의 영양도 이용능력이 제한된다.

짚류의 자유채식은 아주 낮으며, 채식량은 이들 조사료의 화학적성분과 가소화건물질과 밀접하게 관련되어 있다. 일반적으로 세포막 성분이 건물질의 50%이상을 상회할 때 자유채식이 감소되며, 사료섭취시간이 길어지고 소화속도도 떨어진다.

벗짚의 대사에너지 함량은 건물질 kg당 1.7Mcal이며, 밀짚과 보리짚도 건물질 kg당 약 1.7Mcal이다. NRC 사양표준(1976)에 따르면 육우를 유지시키기 위한 유지사료의 대사에너지 함량은 건물질 kg당 최소 2.0Mcal이어야만 한다. 그러나 보리짚, 밀짚 및 벗짚 등은 대략 1.7Mcal로 유지에 필요한 ME섭취량을 공급할 수 없다. 또한 벗짚은 코발트, 구리, 마그네슘 및 황이 낮은 수준으로 함유되어 있어 겨울철 조사료로 계속 사양할 경우 마그네슘 결핍증을 일으킬 수 있다. 이 증세는 섭취량을 감소시킬 뿐만 아니라, 반추내의 미생물의 변화를 야기시키고, 소화율도 떨어뜨리기 때문에 조심해야 한다. 그외에 벗짚에는 셀레니움 등이 부족하게 함

유되고 있음을 알아야 할 것이다.

1. 짚류사료에 질소의 보충 급여

앞서에서 언급한 바와 같이 짚류의 이용성에 대한 주요 제약요인은 낮은 질소함량과 조섬유의 소화율이 떨어지는데 있었으며 이들이 결국 가용성 에너지의 이용을 제한시킨다. 그러므로 볏짚의 최대활용은 보충급여되는 사료요인에 좌우된다고 볼 수 있다. 많은 연구에서 볏짚류와 같은 저질조사료에 보충사료로써 단백질, 비단백태질소(NPN), 광물질 및 에너지를 공급하여 생산성시험을 시행 비교분석 하였다.

단백질은 가장 중요하면서도 가장 비싼 보충사료 성분이며 짚류에서 저단백수준은 미생물의 소화와 성장을 제한하는 경향이 있다.이런 요인이 결국 섭취된 사료의 통과를 더디게 하고, 섭취사료를 반추위내에 장시간 머무르게 하여, 사료섭취량을 떨어지게 할 뿐만 아니라 단백질 결핍을 일으킨다. 그러므로 짚류를 주사료로 급여할 경우에는 단백질을 보충 급여 하여야 하며, 짚류가 85%를 함유하는 사료에 건물기준으로 단백질을 7.1% 수준으로 급여할 경우 사료섭취량과 생체중이 증가하였다는 보고가 있으며, 겨울철에는 단백질 수준을 약간 높여주는 것이 효과적이라고 하였다.

광물질간의 상호작용과 마찬가지로 단백질과 에너지간의 상호작용은 복잡하여 정확하게 규명되어 있지는 않으나 가축에 이용될 수 있는 단백질과 미생물성장을 최대로 하는데 필요한 단백질은 반추위내에서 이용될 수 있는 질소원에 의하여 영향을 받을 수 있다고 Pritchard와 Males (1982)가 보고하였다.

가. 비단백태질소의 보충급여

비단백태질소로써 요소가 주로 급여되며 요소는 반추위내에서 쉽게 가수분해 되어 암모니아가 발생된다. 이 암모니아는 미생물단백질 합성에 이용되며, 균형이 맞는 고에너지 사료에서 가장 이용성이 높다. 그러나 짚류위주사료에 요소첨가 반응은 아주 다양하다. 보고된 예에서, 요소의 첨가는 짚류의 채식량을 증가시키고, 건물기준 당밀18~30%와 1.0%의 요소를 첨가 시켰을 때 볏짚의 자유채식량, 유기물질, 조단백의 소화능력 섭취사료의 잔류시간 및 증체량도 개선시켰다고 하였다. 그러나 이와 반대로 다른 연구에서는 요소첨가 반응에서 통계적으로 유의적인 차이를 발견하지 못하였는데 이는 저질조사료의 공급시 요소는 빠르게 가수분해되는 반면, 탄수화물의 가수분해속도는 상대적으로 늦어 이들의 균형이 맞지 않는데서 기인되는 것으로 사료되었으며, 이후 이들에 대한 연구가 계속되었으나 짚류와같은 저질사료에서는 고에너지 사료를 급여하는 반추가축에 요소를 급여할 때 얻은 효과에 비교할 수 있는 반응은 얻지 못하였다.

나. 자연단백질원으로 단백질을 보충 급여

요소는 볏짚사료에 가장 경제적인 보충질소원이나 그 효과면은 자연단백질보다 떨어지는 것으로 일반적으로 알려지고 있다. 이것은 자연단백질의 분해속도가 느린데에서 비롯되는 것으로 결국 이런 분해속도는 반추미생물에게 보다 균일한 질소를 공급하게 되며 이들 자연단백질의 일부는 반추위내에서 분해되지 않고 소장에서 소화 흡수되어 이용될 수 있다. 질소 보충급여원으로써 요소와 대두박을 비교할 때 질소의 수준 또는 질소원에 관계없이 미생물의 단백생산에 유의적인 차이는 없었으나 비암모니아질소(NAN)의 수준은 낮은 분해속도를 보여주는 단백질원에서 가장 높았고, 요소는 건물질, 유기물 및 질소의 소화를 촉진시키는데 대두박보다 열등하였다. 다른 자연단백질을 첨가하였을 때 셀룰로오즈의 소화율이 증진되었는데 이는 질소급여원이 반추류에 의한 짚류 이용성에 중요한 요인이라는 결론을 내릴수가 있다. 또한 요소와 대두박, 요소와 알팔파 분말을 같이 질소보충급여원으로 이용하는데, 이 경우 대두박이나 알팔파 분말을 사용하였을 때와 같은 효과를 보여주었다.

보리짚과 밀짚을 위주로하는 육성우 사료에 질소보충급여에 관한 연구보고에 의하면, Hor-

ton과 Nicholson (1981)은 요소와 대두박의 첨가에 의하여 유기물, 조단백 및 산으로 처리된 섬유질의 소화율이 증가되는 것으로 보고하였으나, 알팔파 분말의 첨가는 효과를 거두지 못하였다고 한다. 결과는 많은 연구자들의 보고와 일치되었으며 알팔파 분말의 첨가에 의한 효과가 나타나지 않았던 것은 반추위내에서 쉽게 분해된 것에 기인된 것으로 분석하였다. 그러나 요소만을 급여하였을 경우에는 사료효율이나 일당증체량에서 무첨가 사료에 비해 유의적인 효과를 보여주지 않았으나 대두박 또는 알팔파분말을 급여한 수송아지 사료에서는 8~24%이상의 사료효율을 보여주었다. 또한 조단백의 적정수준 이하를 보여주는, 40%의 짚을 함유하는 수송아지 사료에 대두박을 보충급여하였을 때 증체 효과를 보여주었으나 요소의 첨가시는 효과가 없었다. 그러나 가장 높은 증체와 사료효율을 보여준것은 알팔파 분말이 대두박과 짚류로 대체되었을 때 얻을 수 있었다. 또한 대두박을 열처리할 경우 열처리를 하지않은 대두박 보다 반추위내에서의 분해속도가 느려 열처리가 대두박의 첨가시 중요한 것으로 보고되었다. 이외에 알팔파의 건조시 온도가 중요하며 온도가 과도할 때 알팔파의 단백질소화율이 떨어진다고 하며 건조를 심하게 시킬경우 라이신, 시스틴,메치오닌 등이 파괴되므로 이를 적당하게 건조시켜야 한다.

2. 볏짚의 화학적처리

저질 조사료의 소화능력을 향상시키기 위하여 많은 화학물질의 처리가 시도되어 왔으나, 화학적으로 처리된 볏짚의 영양가 및 처리정도에 대한 참고문헌의 이용은 어려운 실정이다. 화학적 처리(알카리처리)에 의하여 볏짚의 급여가치는 개선될 수 있을 것으로 보여지나, 이렇게 처리된 볏짚이 실용적이고 경제적인지는 처리정도,나라 및 한정된 지역에 따라 아주 다양한 것이다.

일반적으로 가성소오다, 亜염化나트륨, 소석회(수산화칼슘), 가성가리(수산화칼륨), 금속산 및 암모니아와 같은 화학물질이 짚류의 급여가치를 개선하기 위한 노력에 이용되어져 왔다. 그러나 일반적인 관점에서, 가성소오다와 암모니아가 짚류사료의 소화율과 섭취량을 개선하는데 가장 성공적인 것으로 입증되었다.

가. 조사료의 알카리처리 효과

저질조사료에 알카리처리는 리그닌, 실리카 및 헤미셀룰로오즈를 용해할 수 있으나 셀룰로오즈는 용해되지 않는다(표 2)

표 2. 알카리 처리구와 무처리된 저질조사료의 화학적 성분

조사료		건물질	세포내용물	세포막	헤미셀룰로오즈	셀룰로오즈	리그닌	실리카
볏짚	무처리	100	21	79	26	33	6.5	13.0
	처리1	69	13	56	11	32	4.9	7.0
밀짚	무처리	100	20	80	36	39	9.6	5.5
	처리1	74	12	62	13	40	4.8	3.3
왕겨	무처리	100	14	86	14	39	11	22
	처리2	73	10	63	11	37	11	3

*처리 1 조사료 100g당 NaOH 15g으로 30분동안 처리후 물 40배액으로 씻어냄.
처리 2 : 조사료 10g당 NaOH 12 g으로 24시간 동안 처리 후 물 480배액으로 씻어냄.

특히 알카리처리시 수산화물의 처리는 셀룰로오즈와 헤미셀룰로오즈의 소화속도를 증진시키는데 이는 리그닌과 셀룰로오즈 또는 헤미셀룰로오즈와의 결합을 분해하는 데서비롯되는 것으로 생각된다. 알카리처리된 조사료는 셀룰로오즈섬유가 부풀게 되는데 이는 반추액이 쉽게 스며들어가게 하며 결국 반추미생물의 활성을 증가시켜 셀룰로오즈의 소화율을 증진시킨다. 표 4에서 보는바와 같이 처리된 짚류의 셀룰로오즈 비율은 무처리 보다 높으며 상대적으로 헤미셀룰로오즈의 함량이 떨어져 이것이 소화율을 증진시키는 또 하나의 요인이 될 수 있다. 볏짚에 알카리 처리를 할 경우 시험관내에서 볏짚의 셀룰로오즈의 소화율을 20%에서 49.8%까지 증진시켰으며 볏짚자체의 소화율은 14%까지 개선하였다고 하였으며 밀짚보다 효과가 크게 나타났는데 Kiangi와 Kateile (1981)은 알카리처리 반응은 무처리시와의 소화율의 차이에서 기인된다고 결론지었다.

가성소오다 처리에 관한 방법은 독일의 Beckmann (1921)에 의하여 처음으로 개발되었다. 이

방법은 희석액 무게의 10배의 짚을 4～24시간 동안 처리한 후 알카리를 다량의 물로 세척하였다. 그러나 이방법은 유기물질의 소화율은 높일 수 있으나 세척에 의한 용해성 유기물의 손실이 높다. 또한 이런 알카리처리방법은 비용이 많이 소요되고 양질의 조사료 값이 상대적으로 높을 경우에 유용한 것으로 판단되어, 비용을 절감할 수 있는 대체방안을 Wilson과 Pigden이 보고하였다. 이들의 방법은 농축된 NaOH의 소량을 이용하는데 그 방법은 조사료 무게의 절반에 해당하는 가성소오다의 희석액을 분무하고, 이들을 골고루 섞어 직접 가축에 급여하기도하며 말려서 후에 급여하나 세척을 필요로 하지 않는다. (Chandra와 Jackson, 1971) 이 방법은 전술된 Beckmann의 방법에서의 심한 건물질의 손실을 줄일수 있으나 취급하기 위험한 농축액을 사용하기 때문에 해박한 지식이 없을 경우는 바람직하지 못하며 훌륭한 시설장비를 갖추고 있는 대규모 농장에서의 사용이 바람직하다

분쇄된 볏짚에 알카리 처리에 대한 여러 방법이 표3에 제시되었으며, 이 방법 모두 시험관내 볏짚 유기물의 소화능력에서 무처리구 보다 높은 소화능력을 보여 주었으나, NaOH 처리수준이 높아감에 따라 소화율은 크게 향상되지 못하였다. 그러나 물의 양이 소화율을 크게 좌우하고 있음을 볼 수 있으며, 100g의 조사료당 60～120㎖ 이내의 물로 희석처리하였을 경우가 효과적인 것으로 나타났다.

표 3. 분쇄볏짚의 시험관내 유기물소화율 관계

분쇄볏짚 100g당 NaOH 첨가량	분쇄볏짚 100g당 NaOH 첨가량	볏짚 100g 당 물의 양 ㎖			
		0	60	120	200
0	0	32.2			
2.0	16.0		47.9	53.1	56.2
4.0	24.0		58.5	69.0	69.4
6.0	48.0		68.9	76.2	76.6
8.0	80.0		69.2	84.4	84.6
10.0	120.0		68.8	80.2	81.3

Garrett등(1979) 4 %NaOH로 처리은 볏짚이 72% 함유된 펠렛사료로 소와 양에 사양시험을 하였을 때 무처리된 볏짚을 급여하였을 경우보다 능력이 향상 되었다고 보고 하였으며 이 요인은 사료섭취량의 증가와 사료효율 및 소화율의 개선에 있었다. 일반적으로 저질조사료가 사료에 36% 이하가 함유되었을 때는 무처리나 처리된 볏짚의 소화율에 차이가 없는데, 이것이 고에너지 농후사료에 알카리처리된 볏짚을 사용하는데 주요 제약요인이 될 수 있다고 Garrett등(1979)은 보고하였다.

시험관내와 생체내 실험효과는 서로 상이한 경우가 많으며 시험관내 실험효과가 과대평가 되는 경우가 종종 있다. 이는 고농도 처리시 미반응 알카리가 잔류되어 있을 경우에 볼 수 있으며 실제 생체내(반추위)에서 이런 잔류 알카리는 미생물의 활성을 억제시키고 소화능력을 떨어트린다. 이에 대해 Jackson(1977)은 생체내 소화실험에서 알카리처리는 짚류 100g당 NaOH 3～6 g을 권장하고 있다. 그러나 알카리의 적정처리 수준은 조사료의 종류, 사료 및 가축의 종류에 따라 적정수준을 정하는 것이 필요하다. 그외에 알카리 처리에서 알아둘 것은 잔류 알카리 성분의 중화작용이다. 다량의 물로 처리볏짚을 세척할 때는 전술한 바와 같이 영양소의 손실이 많기 때문에 3 % 이상의 알카리로 처리된 볏짚의 경우에서만 Hcl, 또는 식초산으로 중화시킨다.

나. 암모니아 처리

볏짚의 암모니아 처리는 알카리 처리보다 몇가지 이점을 갖는다. 소화율을 증가시키는 데는 알카리로 처리된 것 보다 다소 떨어지나, 단백질 공급이 제한되어 있거나 비싼지역에서는 이 방법이 중요하다. 암모니아로 처리된 볏짚은 질소함량을 증가시키기 때문이다. 더우기 처리과정시 시설투자가 적고 보통 농장에서도 이용 될 수 있다.

칸막이된 구조물을 이용하여 수용성 암모니아를 볏짚에 처리함으로써, 소화율과 영양가를 증진시켰다고 보고 하였으며(Waiss등 (1972), 이들의 방법은 볏짚 중량의 5%에 달하는 암모니아를 첨가하고 중량의 30%에 상당하는 물을 혼합하여 30일동안 실내온도에서 처리하였다.이런 조건하에서 효소에 의한 소화율이 10% 증가

했고 질소함량도 13.3% 늘어났으며, 암모니아 가스에 의한 냄새도 완전히 처리되어 문제가 되지 않았다.

표 4는 몇몇 대학에서 실험한 결과치로 암모니아로 처리된 저질조사료의 효과를 보여준다. 표 4에서 보는 바와같이 조사료의 조단백함량은 배로 증가되고 건물질 소화율도 8～15% 증가되어 섭취량도 15～20% 또는 그 이상으로 늘어났다.

표 4. 암모니아 처리된 저질조사료의 효과

연구기관	조사료	첨가된 암모니아 %	조단백 %		소화율 %	
			무처리	처리	무처리	처리
네브라스카	밀짚	3.27			50.3	57.7
퍼듀	〃	2.75	3.5	10.6		
오클라호마	〃	1.5	2.8	6.3	29.0	37.0
〃	〃	3.0	4.6	11.0	38.4	50.9
퍼듀	건초	3.0	7.7	17.8	50.2	64.4
미조우리	쾌스큐	3.0	5.3	12.9	40.0	58.0
퍼듀	〃	3.0	7.9	16.7	39.4	57.4
〃	오차드그라스	3.0	7.1	14.2	46.1	54.3

*암모니아 첨가량은 조사료 무게에 대한 비율

볏짚중량의 30% 이상의 물로 처리하는 암모니아 처리가 향상되나 장기간 동안 빙점 이하로 유지되는 겨울철에 과량의 물을 사용하는 것은 비실용적이다. 노르웨이에서 퇴적방법에 의한 암모니아 처리방법이 개발되었는데 이는 상기의 방법과 대체될 수 있는 하나의 방안으로 커버를 이용 공기를 차단하는 것으로 폴리에치렌비닐을 이용한다. 공기가 차단되도록 퇴적된 짚더미에 직경 5cm의 쇠파이프를 퇴적더미에 삽입 무수암모니아를 주입하고 상온에서 42일 동안 방치해 놓으면 된다.

표 5에는 볏짚의 암모니아 처리시 시험관내에서 건물질과 유기물소화율의 반응을 보여주고 있다. 표에서 보는바와 같이 암모니아로 처리된 볏짚은 소화율과 조단백함량을 증가시키는데 이 처리방법은 알카리 처리에 의한 것보다 다음과 같은 몇가지 잇점이 있다.

① 처리비용이 저렴하다.

② 분쇄나 혼합과정이 필요없어 보다 실용적이다.

③ 시설장비를 부식시키거나 상하게 하지 않는다.

④ 나트륨과 같은 잔류물질이 남지않아 토양오염 우려가 없다.

이외에 암모니아는 수송이 편리하고 소규모 농장에서도 이용될 수 있다는 것이 암모니아 처리방법의 편리한 점이다.

표 5. 볏짚의 암모니아 처리시 시험관내 건물질과 유기물 소화율의 반응.

	실험구수	평균 건물질 소화율	평균 유기물 소화율	세포막 구성물	조단백
수분(%)	36	48.3a			
20	36	49.7b	51.9a	75.2b	9.0a
40	36	49.7b	53.7b	73.9a	9.9b
처리기간(일)					
15	36	48.4a	51.9a	74.8a	9.4a
30	36	49.6b	53.7b	74.4b	9.5a
암모니아 수준 (g/kg 건물질)			44.9		
0	24	43.0a	44.9a	76.9c	3.7a
25	24	50.6b	54.4b	74.6b	10.1b
50	24	55.4c	58.9c	72.2a	14.6c
암모니아 종류					
대조구	24	43.0a	44.9a	76.9c	3.7a
NH_4OH	24	46.9b	54.4c	74.6b	8.9b
Urea	24	49.7c	49.8b	74.9b	9.1b
Anhydrous NH_3	24	50.5d	54.2c	74.3a	10.4c
평균들의 표준오차	24	0.171	0.427	0.145	0.097
〃	36	0.139	0.348	0.119	0.079

*평균간에 표시된 동일문자는 $P<0$에서 유의성이 인정되지 않음.

3. 화학적으로 처리된 볏짚 사료에 보충사료급여

알카리로 처리된 볏짚에 단백질과 광물질을 보충하여 널리 이용하고 있으며 암모니아로 처리된 볏짚사료에서는 단백질을 보충급여하지 않은 사료에서 가장 큰 효과를 보여 주었다(Knhl, 1981). 그러나 처리된 조사료 섭취량은 보충단백질을 급여하였을 경우에 무처리된 조사료보다 10～20% 정도 증가하였다. Jackson (1977)은 3% NaOH로 처리된 볏짚사료에 요소와 당

밀을 첨가하여 육성빈우에 급여한 결과 유기물의 소화율이 44%에서 61%까지 증가하였음을 보고하였다.

이런 결과를 종합해 볼 때 암모니아로 처리된 볏짚의 최대이용성은 적당한 단백질을 보충 급여함으로써 이용성을 증대시킬 수 있다는 것이다.

4. 짚류의 물리적 처리에 의한 가공

볏짚의 사료가를 개선하는데 또 하나의 방법은 화학적처리를 하지 않는 물리적 가공방법이다. 이 방법의 종류로는 분쇄, 펠렛 및 증기처리 등이 있다. 볏짚을 가공할 것인가의 결정은 비용과 영양적 가치를 고려해야 하며, 영양적가치는 영양가 뿐만 아니라 가축의 사료섭취량을 염두에 두어야 한다.

짚의 물리적 형태가 사료의 가치에 영향을 주며 긴형으로 된 조사료는 분쇄나 펠렛 등을 만들어 가치를 향상시킬 수 있다. 그러나 분쇄 또는 펠렛의 영양가에 영향을 미치는 많은 요인들이 있다. 이런 요인들로써는 분쇄의 정도, 수분함량, 가공시 열발생, 펠렛의 강도, 본래의 성분, 조사료의 질 및 펠렛에 첨가되는 농후사료의 양 등이다.

볏짚가공형태에 따른 볏짚사료를 수송아지에 급여시킨 결과가 표 6에 제시되어 있다.

표 6. 볏짚가공형태와 급여수준에 따른 수송아지의 능력

항 목	장	형	펠	렛	분	쇄
	20%	5%	20%	5%	20%	5%
시험두수	16	16	16	16	16	16
시험기간	112	112	112	112	112	112
개시체중 kg	242	242	243	242	243	242
일일건물질섭취량 kg						
볏짚	0.95	0.41	1.77	0.41	2.22	0.41
농후사료	7.72	7.49	7.13	7.58	8.99	7.81
일당증체량 kg	1.12	1.04	1.04	0.99	1.26	1.06
도체율 %	58.3	58.6	58.2	58.0	59.5	58.3
도체중 kg	223	219	217	213	238	218
마블링	10.2	10.4	10.2	8.6	12.2	10.4
도체등급	11.1	11.2	10.6	10.1	12.2	11.1
지방두께 mm	7.8	7.5	8.2	7.5	10.0	9.1
로-인단면적 cm^2	63.2	65.2	63.2	65.8	66.5	60.6
반추시간	19.6	13.7	5.1	10.2	17.5	11.8

펠렛에서의 볏짚첨가 수준은 펠렛의 영양가에 영향하는 중요한 요인이다. 보리짚은 기본사료로 하는 세가지 형태의 펠렛사료를 급여시킨 결과가 나타나 있으며 보리짚을 40.55 및 70% 수준으로 첨가시켜 kg당 생체중 증가에 대한 가소화에너지를 비롯하게 하였다. 그러나 보리짚이 가장 적게 들어있는 사료를 급여한 구에서 가장 무거운 도체를 얻었다는 사실은 보리짚이 적게 들어있는 사료에서 가소화 에너지가 보다 효율적으로 이용된다는 것을 알 수 있으며, 사료에 너무 과량의 보리짚이 들어 있을때는 충분한 능력을 발휘할 수 있도록 사료를 섭취 할 수 없기 때문에 곡류사료의 공급이 필요하다.

분쇄나 펠렛으로된 짚류사료를 급여할 때 가축의 능력은 이를 조제하는 과정에 의하여 영향을 받는데 특히 증기처리시 압력과 처리시간에 따라 달라진다. 알카리나 암모니아로 처리된 짚류를 증기처리에 의한 펠렛사료를 사용하였을 때가 가장 좋은 효과를 보여주었지만 이들 증기처리에 의한 펠렛사료는 수분함량이 높고 처리동안 건물질의 손실 등이 따르는 불리점이 많고 경비가 많이 소요되는 결점이 지적되고 있다.