

꽃사슴에 있어서 소화율 및 소화관내 통과속도의 계절간 차이

김경훈 · 신향재* · 이상무 · 전병태 · 김창원

건국대학교 동물자원연구센터

I. 서 론

반추가축에 있어서 반추위 내용물의 통과속도는 사료섭취량 및 소화율에 영향을 미치기 때문에 통과속도에 미치는 요인들에 대한 연구는 반추가축의 영양과 사료효율을 높이기 위해서 중요한 연구가 된다. 이들 요인에 대한 연구는 소나 면양에 있어서는 많은 연구들이 이루어져서, 사료의 입자도가 작을 수록(Welch와 Smith, 1978; Woodford와 Murphy, 1988; Okine과 Mathison, 1991), 그리고 사료의 비중이 증가할수록(Ehle, 1984; Ehle 등, 1984) 반추위를 통과하는 속도가 빨라지며, 사료의 입자도는 채식과 반추시의 저작에 의해 더욱 작아지고(McLeod와 Minson, 1988), 기능적 비중의 변화는 반추위내의 소화과정에서 작은 입자일수록 더욱 빨라짐(Hopper와 Welch, 1985)이 확실히 밝혀져 있다.

Hofmann(1988)에 의한 소화생리적 특징에 따른 반추가축의 분류에 의하면, 소나 면양은 반추위가 가장 발달된 roughage eater에 속한다고 하였고, white-tailed deer나 moose등

은 소나 면양과 달리 반추위가 비교적 작고, 가용성 성분을 먼저 이용하고, 불소화물들은 소화관을 통해 신속히 배출하는 소화방식을 채택하고 있는 concentrate selector로 분류하였다. 그리고 사료의 선택과 소화생리면에서 이들의 중간적인 특징을 보여주는 intermediate feeder에 goat와 함께 reindeer, elk, red deer등이 속한다고 하였다. 이러한 분류체계에 따르면 소나 면양과 달리 사슴은 품종별로 intermediate feeder에서 concentrate selector까지 넓게 분포하고 있고, 또한 사료섭취량이 여름에 가장 높고, 겨울에 가장 낮은 뚜렷한 계절성을 보여주는 특징(Barry 등, 1991; Domingue 등, 1991)을 갖고 있다.

따라서 사슴에 있어서 사료섭취량에서 볼 수 있는 계절성이 사료의 통과속도나 소화율에서는 어떻게 나타나는지에 대한 관심이 높아지고 있으나 이에 대한 연구는 그리 많지 않으며, 이들의 연구들은 또한 서로 다른 결과들을 보여주고 있다. 小田島 등(1991)은 일본 꽃사슴을 공시한 실험에서 여름에 비하여 겨울에 소화율이 낮아지며, 그 원인은 사료의 통과속도가 빨

라지기 때문이라 하였고, Domingue등(1991)에 의하면 red deer를 공시한 실험에서 여름의 사료섭취량이 겨울보다 약 30%정도나 높지만 소화율은 낮아지지 않았으며, 이유는 반추위의 용적이 증가함(51%)에 따라 사료입자의 통과속도가 느려지기 때문이라고 설명하였다. 이와는 달리 계절간 소화율에 대해서 차이가 없었다는 보고(Wheaton과 Brown, 1983)와, 계절간 통과속도에 있어서도 여름이 겨울보다 빨랐거나 변화가 없었다는 보고(Milne 등, 1978)도 볼 수 있다.

우리나라의 사슴사육두수는 14만두이상 까지 증가하여 이제는 양록업이 대체축산으로 자리를 잡아가고 있다. 소득을 녹용과 녹혈의 판매에 전적으로 의존하고 있는 현재의 경영형태에서는 녹용의 생산성을 높이기 위한 방법의 하나로 겨울동안의 영양관리의 중요성이 강조되고 있으며(전 등, 1995), 이를 위해서는 계절간의 소화생리적인 특징의 규명은 반드시 필요한 연구과제라 할 수 있다. 따라서 본 연구는 우리나라에서 총 사육두수의 80%가 넘는 꽃사슴을 공시하여 여름과 겨울간의 소화율 및 소화관 내용물의 통과속도를 비교함으로써 겨울에 있어서의 합리적인 영양관리를 위한 자료를 얻기 위하여 실시하였다.

II. 재료 및 방법

1. 실험동물

3년생 꽃사슴(♀) 4두를 분을 받을 수 있도록 설계된 대사틀에 약 30일간 시간별로 수용

하는 방법에 의하여 점차적으로 적응시킨 후 본 실험 10일전 부터는 24시간 대사틀에 수용하여 실험사료의 예비급여를 실시하였다. 실험동물의 평균체중은 겨울에 $40.2 \pm 4.8\text{kg}$, 여름에 $40.9 \pm 4.9\text{kg}$ 이었다.

2. 실험사료

급여사료는 시판 농후사료, 알팔파 헤이큐브브, 수입갈임을 4:2:4(현물기준)의 비율로 구성하였으며, 본 실험에서의 사료급여량은 10일의 예비실험기간 동안에 조사된 평균 자유채식량의 90%를 1일 1회(15:00) 급여하였다. 알팔파 헤이큐브와 갈임은 동일시기에 구입한 것을, 시판농후사료는 동일회사의 제품을 필요시 구입하여 전 실험기간동안 이용하였으며, 이들의 일반성분은 표1에 나타내었다. 물과 미네랄 블록은 자유롭게 섭취할 수 있도록 하였다.

3. 실험방법

본 실험은 겨울과 여름에 있어서의 소화율 및 사료내용물의 통과속도를 조사하기 위하여 1993년 2월과 동년 7월에 각각 실시하였다. 각 실험은 사료의 제한급여에 5일간 적응시킨 후에 Plastic particle(PP)의 주입에 의한 비중별 통과속도 시험을 7일간, 그리고 소화율 및 Cr 염색사료(Cr-NDF)에 의한 소화관 내용물의 통과속도 측정 시험을 7일간 연속해서 실시하였다.

비중별로 색을 다르게 제조된 PP(0.90,

1.20, 1.55, 2.10g/ml)의 투여는 각 동물을 마취시킨 후 각각 300개씩 총 1,200개를 튜브를 통하여 직접 반추위로 투입하였다. 그리고 다음날부터 7일간 매일 전분을 채취하여 무게를 잰 후 일정비율의 시료는 건물측정에 사용하고 나머지는 모두 마쇄한 후 pore size 0.5mm의 seive를 이용하여 입자를 걸러낸 뒤 dry oven에서 말린 후 핀셋으로 PP를 골라 내었다. 그리고 회수된 PP의 형태가 일그러진 것은 반추시 사료와 함께 토출되어 저장되었을 때 남는 이빨 자국으로 판단하여 이들의 비율을 조사하여 비중별 반추율로 나타내었다.

섭취를 확인한 후 실험사료를 급여하였다. 소화율 및 Cr 회수율 측정을 위해 그 후 7일간의 전분을 매일 채취하여 무게를 측정한 후 일정비율을 채취하여 70°C의 dry oven에서 48시간 건조시킨 후 건물함량을 조사하였고, 건조된 분은 분쇄하여 Cr의 농도와 각 성분의 분석시료로 이용하였다.

4. 화학분석 및 통계처리

실험사료 및 분의 Crude protein(CP)과 ash는 A.O.A.C 방법(1990)으로 분석하였고

Table 1. Chemical composition of experimental diets

Diet		Dry matter (%)	Organic matter	Crude protein % DM	NDF*
Commercial concentrate	winter	84.87	92.58	21.93	26.42
	summer	86.07	93.21	21.51	29.37
Alfalfa hay cube	winter	89.28	87.99	15.73	50.39
	summer	91.21	85.97	15.70	52.24
Oak leaf	winter	87.93	94.65	9.50	53.36
	summer	87.72	93.42	9.77	54.86
Mixed feed	winter	85.91	91.57	16.12	40.17
	summer	87.80	91.76	16.07	43.35

*Neutral detergent fiber.

Cr-NDF는 Uden 등(1980)의 방법에 기초하여 제조하였으며 PP회수 실험이 끝나는 7일 후 두당 25g씩 급여하였다. 특히 Cr-NDF는 풍미증진을 위해 당일 실험사료에서 옥수수 알곡만을 골라 끓여 Cr-NDF와 잘 섞은 후, hay cube 모양으로 건조 급여하였으며 전량

neutral detergent fiber(NDF)의 함량은 Goering과 Van Soest(1970)의 방법으로 분석하였다. Cr의 농도측정은 일정시료를 자기 도가니에 넣고 회화한 후 상온으로 냉각하고 각각의 도가니에 인산유산망간용액(85% 인산 970ml, 20% 유산망간용액 30ml의 비율)

3ml와 4.5% 취소산 칼륨용액 4ml를 넣고 200°C의 hot plate에서 30분에서 1시간 자색으로 변할때까지 끓였다. 그 후 0.2mol의 염화칼륨용액 3ml를 더하여 용해시키며 증류수를 이용하여 50ml까지 희석하였다. 희석시료를 하룻밤 방치하고 상등액을 채취하여 원자흡광광도계(Automic absorption chromatography)를 이용하여 Cr의 농도를 측정하였다.

통계분석은 SAS package(1988)을 이용하여 분산분석을 실시하였고, 소화율의 계절간 차이는 t-test로, 비중별 PP 회수율의 차이는 General Linear Model(GLM)을 이용한 Duncan 다중분석을 행하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 소화율과 Cr 염색사료의 통과속도에 있어서 계절간 특성

계절별 영양소 소화율은 Fig. 1에 나타내었다. 건물, 유기물, 조단백질 그리고 NDF의 겨울 소화율은 각각 56.7, 60.3, 55.7, 42.7% 이었고, 여름에는 각각 60.3, 63.6, 58.7, 47.7%로 여름의 소화율이 높은 경향이었으나 통계적인 유의차는 없었다($P > 0.05$). 분중의 Cr 회수율(Fig. 2)도 계절간에 차이가 나타나지 않았고, Cr 사료 섭취 후 이틀째에 겨울과 여름 모두 90% 이상의 Cr이 회수되었다.

小田島 등(1991)은 알팔파 헤이큐브를 체중의 2%로 제한급여한 실험에서 건물, 유기물, NDF, ADF의 겨울 소화율이 여름과 비교하여 유의성 있게 낮았던 결과는 겨울에 사료의

통과속도가 빠르기 때문이라 설명하였다. 또한 자유급여조건에서 알팔파 건초를 공시한 Domingue 등(1991)의 실험에서는 겨울에 비하여 여름 섭취량이 약 30% 정도 높았다고 보고하면서 여름에 자유섭취량이 현저히 높았음에도 사료의 소화율은 낮아지지 않았던 이유는 여름에 있어서의 반추위 용적의 증가(겨울 대비 51% 증가)에 따라 사료입자의 통과속도가 느려지기 때문이라고 설명을 하고 있다.

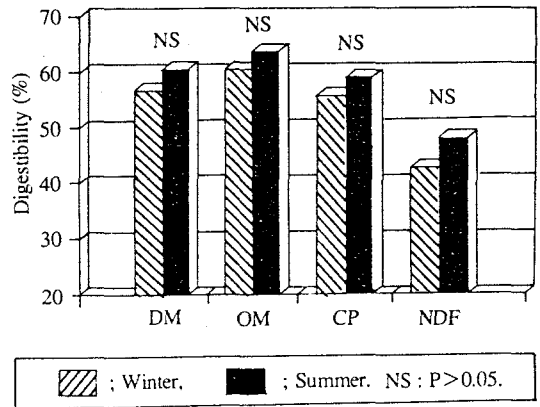


Fig. 1. Feed digestibilities of sika deer fed on sme experimental diets in winter and summer.

제한급여의 방법에서는 본실험과 小田島 등(1991)의 실험이 같았지만, 본실험의 결과는 겨울의 소화율이 낮은 경향이었으나 통계적 유의성은 없었으며 통과속도에서도 계절간 차이가 나타나지 않았다. 이는 본 실험이 각 계절에 따른 자유섭취량에 기초하여 제한급여의 기준을 설정한 반면, 小田島 등(1991)은 체중을 기준한 2%의 제한급여를 한 점에서 결과의 차이에 대한 원인을 찾아 볼 수 있을 것 같다.

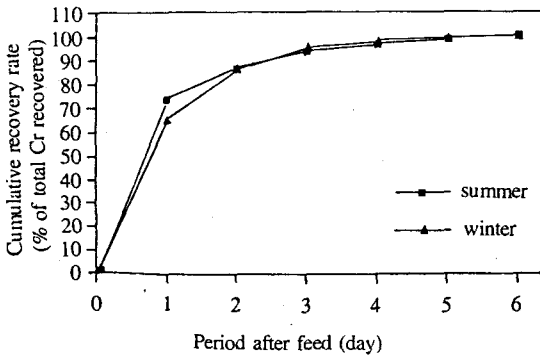


Fig. 2. Cumulative recovery rate of Cr excreted in the feces of sika deer.

즉 이들의 실험에서 겨울에는 미량의 잔량이 확인되었다는 관찰기록으로부터도, 여름에 자유채식량이 증가하는 사슴의 특성상 이 실험에서의 여름 사료급여량은 겨울보다 상당히 부족하였을 가능성이 있고, 이와 같은 실험설계 때문에 여름의 통과속도는 더욱 낮아졌을 것이고, 체류시간의 연장이 소화율을 더욱 높였을 것이라 판단된다. 따라서 본실험에서 겨울의 소화율이 낮은 경향을 보였으나, 통과속도에서는 계절간 차이가 뚜렷하지 않았던 결과는 자유채식과 제한급여 그리고 제한급여의 기준등에 따른 소화율과 통과속도의 계절간 차이에 대해 먼저 연구가 되어야 할 필요성을 제시하고 있다.

소화율과 통과속도의 계절간 차이가 뚜렷하지 않았던 결과는 방목조건에서의 Wheaton과 Brown(1983)의 보고나 통과속도가 여름이 겨울보다 빨랐거나 변화가 없었다는 Milne 등(1978)의 보고에서도 찾아볼 수 있다. Renecker와 Hudson(1990)은 concentrate selector인 moose, intermediate feeder인 wapiti 그리고 roughage eater인 cattle을

공시하여 그들의 대표적인 사료들인 수염류, 알팔파, 목건초를 전 축종에 공시하여 사료의 특성에 따른 계절간의 통과속도를 Cr 염색사료로 조사한 결과, Wapiti는 모든 사료에서 여름의 통과속도가 겨울보다 느렸으나, Moose는 여름이 더 빨랐다고 보고하였다.

Milne 등(1978)이 양질의 목건초와 저질의 목초를 급여한 조건에서 얻은 계절간의 통과속도의 결과와 사료의 특성과 계절에 대한 품종별 사슴의 반응을 조사한 Renecker와 Hudson(1990)의 실험등을 종합해 볼 때, 각 실험의 조건에서 나타난 사료의 종류나 품질, 급여기준, 품종차등에 대한 연구들이 종합적으로 수행되어야 사슴에 있어서 소화율과 통과속도의 계절적 특성에 대한 확실한 결론을 얻을 수 있을 것 같다.

본 실험에서 이용된 Cr 염색법은 Cr과 식물의 세포벽물질의 강한 흡착력을 이용한 방법으로 반추위액을 이용한 in vitro 실험에서 Cr의 회수율이 평균 98%로 나타나 사료입자의 통과속도 측정에 적합한 것으로 나타났다(Uden 등, 1980). 그러나 Cr-NDF는 Cr 자체의 무게로 인해 무처리 NDF 보다 비중이 높아지는 경향이 있어 사료의 정확한 소화관내 체류시간을 얻을 수는 없지만(Ehle 등, 1984) 체류시간들을 상대적으로 비교하는데 매우 유효하게 이용되고 있다.

2. 비중별 Plastic particle의 회수속도

비중별 plastic particle(PP)의 경구투여를 위해 겨울실험에서는 마취제로서 xylazine이

사용되었으나, 마취후의 회복이 느렸기 때문에 첫째날 실험사료의 섭취가 적었고, 또한 정상적인 분 배설양을 보여주지 못하였다. 따라서 7일째까지의 누적회수율만을 Table 2에 나타내었다. 여름처의 2차 실험에서는 마취제로 succinylcholin을 사용한 결과, 마취된 시점으로 부터 15~20분 만에 완전 회복되어 1일 급여사료를 전량섭취하였기 때문에 7일째까지의 누적 회수율을 Table 2에 함께 나타내어 겨울철 누적 회수율과 비교하였고, 경시적 회수경향을 Fig. 3에 나타내었다.

7일간의 누적회수율은 겨울과 여름의 계절간의 특징을 보여주고 있지 않았고, 비중간에는 유의성 있는 차이가 있었다. 비중 0.90의 PP는 2회의 실험(겨울과 여름) 모두 평균 5.6%와 5.5%의 낮은 회수율을 보였으나 이 높아지면서 회수율은 높아졌고, 비중 2.10의 PP는 75% 이상이 회수되었다. 그러나 비중 1.20과 1.55의 PP는 개체간 변이가 심하게 나타나 최대 95.1%에서 최저 1.3%의 범위를 보였다.

Table 2. Recovery rates of plastic particles in feces from sika deer fed plastic particle of various gravities

Gravity (g/ml)	Recovery rate (% total infused)	
	Winter	Summer
0.90	5.58 ± 2.74 ^b	5.46 ± 2.18 ^b
1.20	36.03 ± 40.37 ^{ab}	35.63 ± 32.31 ^{ab}
1.55	41.18 ± 37.18 ^{ab}	51.08 ± 41.39 ^a
2.10	75.90 ± 2.93 ^a	78.04 ± 8.12 ^a

Mean ± S.D.

a,b: Values with different superscrit in the same column are significantly different (P<0.05).

Fig. 3에는 마취의 영향이 없었던 여름 실험에 있어서 분중에 회수된 PP의 수와 이들의 누적 회수율을 경시적으로 나타내었다. 비중 0.90은 7일간의 총회수율이 전개체가 6% 미만으로 매일 조금씩 회수되었다. 그러나 비중 2.10은 2~3일만에 평균 78%가 회수되었고, 그후 7일까지는 변동이 거의 없었다. 비중 1.20과 1.55는 개체간에 심한 차이가 있었지만, 회수율이 2~3일만에 평균 78%가 회수되었고, 그후 7일까지는 변동이 거의 없었다. 비중 1.20과 1.55는 개체간에 심한 차이가 있었지만, 회수율이 2~3일만에 거의 결정되는 것은 모든 개체에서 공통적으로 나타났다.

소나 양에 있어서, 비중의 차이가 통과속도에 관한 그동안의 연구결과(Lindlberg, 1985; Katoh 등, 1988; Ehle, 1984; Ehle 등, 1984)는 0.8에서 1.5g/ml의 비중간에는 반추위의 통과속도와 정의 상관관계가 있다고 하였고, PP를 이용한 비중별 통과속도에 관한 Welch(1990)의 총설에서는 비중이 1.10이상일 때 최대의 통과속도가 나타나지만 1.10에서 1.77까지의 범위에서는 비중이 통과속도에 미치는 영향은 그리 크지 않다고 하였다. 본 연구에서도 Welch(1990)와 小田島(1991)의 실험결과와 같이 비중 1.20과 1.55에서는 높은 회수율을 보인 개체도 있었지만, 비중에 대한 회수율이 전혀 다른 형태로 나타나는 개체도 확인되었다. 그러나 이들보다 비중이 더 높은 2.10은 회수율이 75% 이상을 보이면서 개체간의 차이도 적었기 때문에, 비중 1.55와 2.10 사이에서 개체간의 차이가 없어지는 비중과 개체간에 나타나는 회수율의 차이에 대한 원인의 규명

이 필요할 것으로 생각된다.

여러 가지 형태의 불소화성 PP는 입자의 길이, 비중별로 색을 달리 할 수 있고 반추에 의한 저작시의 이빨자국에 의해 반추율도 측정할 수 있다는 점에서 그 유용성이 크지만 실제 사료입자에서 일어나는 함수작용(hydration)에 의한 또는 반추, 미생물 분해에 의해 입자가 작아짐으로써 일어나는 기능적 비중의 변화를 고려할 수 없다는 단점이 있으나 사료통과에 영향을 미치는 각 요인별 비교에는 적합한 방법이라 할 수 있다(Welch, 1990).

particle의 저작시의 이빨자국을 토대로 총 회수된 plastic particle의 반추율을 조사하였고, 개체간의 변이가 작았던 비중 0.90과 2.10의 반추율만 Fig. 4에 나타내었다. 계절에 관계없이 비중이 낮아짐에 따라 반추율이 증가하는 양상을 보여, 총 회수율이 6%미만이었던 비중 0.90의 PP는 반추율이 여름에 75%, 겨울에 65%로 나타났다. 그러나 총 회수율이 70% 이상이었던 비중 2.10의 PP는 반추율이 5% 미만이였다.

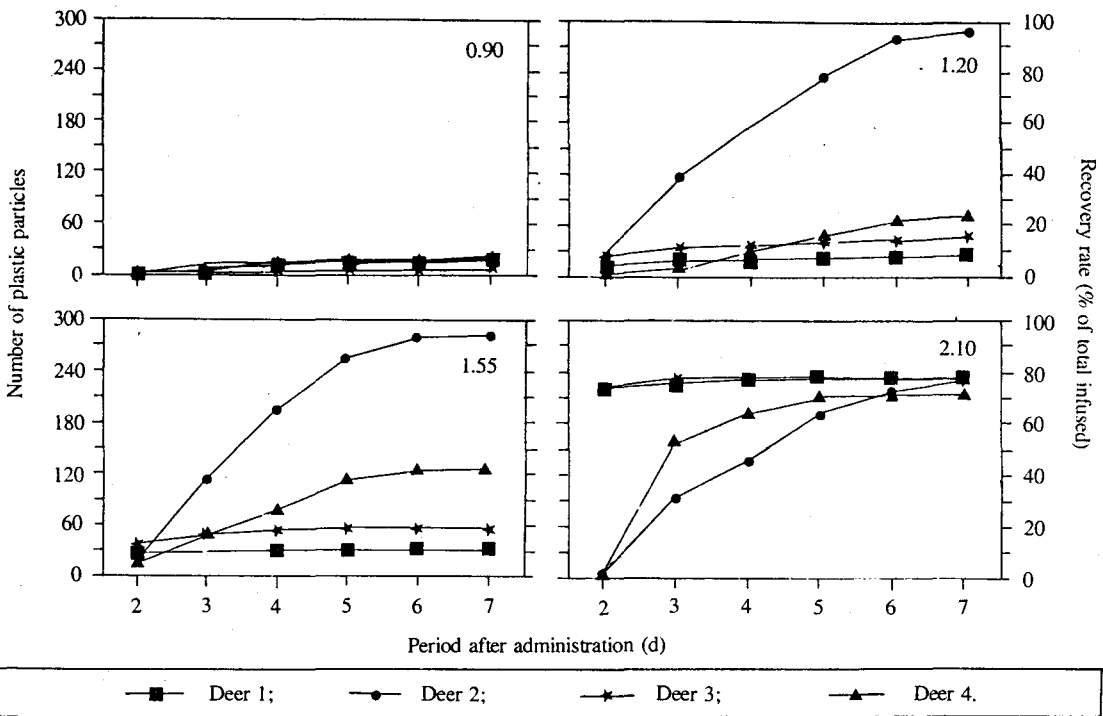


Fig. 3. The cumulative number and rate of recovered plastic particles of different specific gravity in winter.

3. 회수된 Plastic particle의 반추율

여름과 겨울실험에서 각각 회수된 plastic

Fig. 4. Recovery rates of ruminated plastic particles with different gravities.

사료의 입자도가 크고 비중이 낮은 사료들은

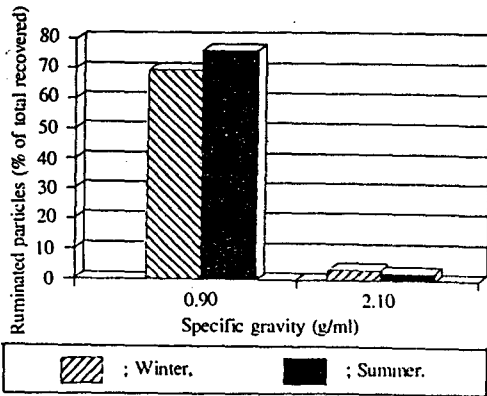


Fig. 4. Recovery rates of ruminated plastic particles with different gravities.

반추위내의 rumen mat를 형성하게 되고, 반추는 이들이 반추위벽을 자극함으로써 촉진된다. 또한 이들 사료들은 반추에 의한 저작에 의해 입자도가 작아지게 되고, 기능적 비중도 높아지게 되면 제 2~3위구의 통과가 용이해진다 (Hooper와 Welch, 1985; McLeod와 Minson, 1988). 따라서 본 실험에서 회수율이 극히 낮았던 비중 0.90의 PP가 반추율이 높았던 원인은 rumen mat를 형성하고 있는 사료들과 섞여서 함께 반추 저작되었으나 기능적 비중이 변할 수 없는 PP의 재질상 하층으로의 이동이 어려웠기 때문으로 사료된다. 비중 2.10의 PP는 이와는 반대로 제 2~3위구를 쉽게 통과할 수 있는 반추위 하층부의 위치 이동이 용이하기 때문에 반추에 의한 저작이 없이 높은 회수율을 나타낸 것이다. Katoh 등 (1991)의 실험에서도 비중 0.92의 PP는 87%의 반추율을 보였고, 비중 1.20 이상에서는 10% 미만으로 나타났다.

비중별 PP를 이용한 본 실험에서도 계절간 회수율의 차이는 확인하지 못하였고, 비중별 회수율에서 나타나는 특징적 차이는 소나 면양에서 연구된 결과와 같은 경향이었다. 반추율의

조사 결과는 사료의 비중과 통과속도를 반추와 관련하여 이론적으로 설명할 수 있는 자료를 제공해 주었다.

IV. 요약

꽃사슴에 있어서 계절간 소화율의 차이와 사료의 통과속도와의 관계를 암사슴 4두를 공시하여 겨울과 여름에 각각 실시하였다. 사료의 통과속도는 Cr염색법을 이용하였고, 또한 비중별 (0.91, 1.20, 1.55, 2.10g/ml) 통과속도의 차이를 규명하기 위하여 plastic particle (PP)를 이용하여 조사하였다.

건물, 유기물, 조단백질 그리고 NDF의 소화율은 겨울철보다 여름철이 높은 경향이었으나 유의적인 차이는 없었다($P>0.05$). 그리고 분종의 경시적인 Cr 회수율과 누적회수율에서 계절간에 차이가 나타나지 않았다.

비중별 회수율에 있어서도 계절간의 차이는 나타나지 않았으나, 비중간의 차이는 유의성 있는 차이($P<0.05$)를 보였다. 비중 0.90에서는 모든 사슴이 6%의 미만의 낮은 회수율을 보였으나 1.20이상부터 회수율은 높아졌고, 비중 2.10의 PP는 75% 이상이 회수되었다. 그러나 비중 1.20과 1.55의 PP는 개체간 변이가 심하게 나타나 최대 95.1%에서 최저 1.3%의 범위를 보였다. 반추에 의한 이빨자국을 기초로 반추율을 조사한 결과, 비중 0.90의 PP는 약 70% 반추율을 보였으나 비중 2.10의 PP는 5%미만의 반추율을 나타내어 비중이 높을수록 반추되지 않고 보다 빨리 2-3위구를 통과하기 때문에 통과속도가 빨랐던 것으로 나타났다.