

사료작물 재배지에서 초지식생대를 이용한 NO₃-N 저감효과에 관한 연구

조남철 · 김원호 · 서 성 · 윤세형 · 이기원 · 최기춘 · 정민웅*

농촌진흥청 국립축산과학원

Effect of Grass Filter Strips on NO₃-N in Runoff from Forage Cropland

Nam Chul Jo, Won Ho Kim, Sung Seo, Sei Hyung Yoon, Ki-Won Lee, Ki Choon Choi and Min Woong Jung*

Grassland and Forages Division, National Institute of Animal Science, R. D. A., Cheon-an 331-808, Korea.

ABSTRACT

The performance of grass filter strips (GFS) in abating NO₃-N concentrations from the forage cropland was tested in an experiment on the 10% slope in Grassland and Forages Division, National Institute of Animal Science, Rural Development Administration (RDA) from October 2007 to September 2009. Forage croplands with rye-corn double cropping system applied with chemical fertilizer and livestock manure (LM) were compared in a natural condition. The plots were hydrologically isolated in a randomized block layout of 3 treatments × 2 factors × 3 replicates. Main plots consisted of the length of GFS, such as 0 m, 5 m, 10m and 15m. Sub plots consisted of the type of LM, such as chemical fertilizer (CF), cattle manure (CM) and swine manure (SM). Dry matter yields of rye and corn increased significantly in order of CF > CM > SM (p<0.05). Concentrations of NO₃-N in surface runoff water were reduced as the length of GFS increased. Especially, GFS with 10 m and 15m reduced NO₃-N concentrations significantly compared to that with 0 m and 5 m (p<0.05). The results from this study suggest that GFS improved the removal and trapping of manure nutrients from forage croplands.

(Key words : Grass filter strips, Run-off, Manure, Forage, NO₃-N)

서 론

최근 국내 농·축산업에서는 축산농가와 경종농가가 연계하여 가축분뇨를 안전하고 적정하게 경지에 환원하는 자원순환형 농업체계의 구축과 더불어 가축분뇨에 의한 환경오염 문제도 동시에 해결하고자 노력하고 있다. 가축분뇨는 화학비료를 대체할 수 있는 자원이며 (Brechin와 McDonald, 1994; Petersen, 1996; Zebarth 등, 1996; Jensen 등, 2000), 퇴비 등으로 이용이 가능하기 때문에 비료화 기술을 위한 다양한 연구가 진행되었고 (Baker, 2002; Preedy 등, 2001) 가축분뇨를 이용한 퇴구비의 경우 토양의 지력을 증진시키고 (Campbell 등, 1986; Sommerfeldt와 Chang, 1988; Shin 1998), 토양의 물리화학적 조성을 변화시키기 때문에 친환경농업으로써 가축분뇨는 매우 중요하다고 보고된 바 있다 (Sommerfeldt와 Chang, 1988).

우리나라 가축분뇨 자원화율은 2009년 기준 85.6%로 2013년까지 90%로 끌어올릴 계획을 가지고 있으며, 특히 사료작물 재배농가를 중심으로 유기질 비료원으로 많이 사용되고 있다. 하지만 무분별한 가축분뇨의 농경지 투입은 강우 시 가축분뇨의 오염물질의 유실로 비점오염으로 작용하고 있다. 농업에 의한 비점오염원으로는 질소(N, nitrogen)와 인(P, phosphorus)이 가장 대표적으로 가

축분뇨에 포함된 질소-인 성분이 강우 시 불특정한 장소에서 유출되어 수계로 흘러 들어가 부영양화를 일으키게 된다고 보고된 바 있다 (Cooper와 Gilliam, 1987; Jacobs와 Gilliam, 1985). 이러한 문제를 해결하기 위한 대안으로는 수변구역 지역에 초지식생대를 조성하여 수계를 오염시키는 질소와 인 등의 오염물질을 경제적으로 제거할 수 있다. 또한, 초지식생대를 이용한 수질관리는 유지관 리비가 비교적 적게 들고 오염물질의 제거가 효과적으로 이루어진다는 장점이 있기 때문에 이와 관련된 연구가 국내외에서 활발히 진행되고 있다 (Abu zreg 등, 2003; Dillaha 등, 1989).

초지식생대의 작용은 유입된 강우 유출수를 여과대를 통해 흐르게 하여 유출속도를 감소시켜 토사, 유출물 등의 오염원을 물리적으로 여과, 침전, 흡수, 분해 시키는 작용을 하며 그로 인해 수계로 유입되는 상당량의 오염물질을 줄일 수 있고, 질소와 인 등의 오염물질을 식물체내로 흡수하기도 한다 (EPA, 2005; Osborne 등, 1993; 정 등, 2006). 또한 초지식생대는 퇴적물 (Neibling와 Alberts, 1979), 제초제 (Mersie 등, 1999), 그리고 영양분 (Lee 등, 1999)의 감소를 가져온다고 보고되었다. 초지식생대의 중요 영향인자에는 여과대 길이 (Filter strip length), 기울기 (Slope), 식생 종류 (Vegetation type) 등이 있으며 (Abu-zreg 등, 2003; Dillaha 등, 1989; Dorioz 등, 2006), 초지류는 단기간에 조성이 가능하고

* Corresponding author : Min Woong Jung, Grassland and forages Division, National Institute of Animal Science, R. D. A., Cheon-an 331- 808, Korea. Tel: +82-41-580-6775, E-mail: mwjung@korea.kr

여과효과도 가장 높은 것으로 보고되었다(Strohmeier, 2002). 더욱이 우리나라의 밭 면적은 879천 ha로서 이 중 경사 7% 이상의 경사지 밭 면적은 전국적으로 62%를 차지하고, 강우가 하절기에 집중되는 기후형태를 보이므로 경사지에서 초지식생대의 설치는 양분의 유실 등과 같은 사료작물 재배지로부터 발생하는 비점오염원을 저감할 수 있을 것으로 사료된다. 따라서 본 연구는 가축분뇨가 조사료 생산 시스템에 투입되어 생산성을 향상시키고 그에 따른 환경오염에서의 비점오염원의 배출을 줄이고자 초지식생대를 설치함으로써 가축분뇨의 용탈에 의한 환경오염 방지 및 초지식생대를 이용한 양분 유실방지에 미치는 영향을 구명하기 위하여 시험을 실시하였다.

재료 및 방법

1. 시험기간 및 장소

본 시험은 농촌진흥청 국립축산과학원 초지사료과 시험포장(천안)에서 2007년 8월부터 2009년까지 9월까지(3년간) 수행하였으며, 시험포장은 경사가 약 10° 정도인 자연경사지를 이용하였다.

2. 시험포장의 설계 및 시비방법

(1) 시험포장의 설계

시험포장의 설계는 약 10° 경사지에 면적이 25 m² (5×5m), 50 m² (5×10m), 75 m² (5×15m)인 초지식생대를 조성하고 그 위에는 각각 면적이 100 m² (5×20m)인 사료작물 재배지를 조성하였다.

시험구의 배치는 분할구 배치법으로 처리는 초지식생대의 길이(5 m, 10 m 및 15 m)를 주구로 하였으며, 가축분뇨의 종류(우분, 돈분퇴비 및 화학비료)를 세구로 하였다. 각 처리구 사이의 유거수의 교차 오염을 방지하기 위해 시험구 사이의 경계에는 가로, 세로가 각각 2 m, 0.3 m인 직사각형의 금속판(Metal border)을 약 15 cm의 깊이로 토양에 설치하여 시험구를 분리하였다. 또한 금속판과 금속판사이로 유거수가 유입되는 것을 막기 위하여 금속판의 끝부분을 서로 겹치게 설치하였다.

(2) 시비형태 및 방법

대조구인 화학비료의 시비는 표준시용량(N-P₂O₅-K₂O)을 기준하여 ha당 옥수수는 200-150-150 kg, 호밀은 150-120-120 kg을 전량 기비로 시용하였으며, 가축분뇨의 시비는 화학비료구의 질소대비 100%를 전량 기비로 작물을 재배하기 1주일 전에 시용하였다.

3. 사료작물의 재배

본 시험에 이용한 사료작물 작부체계는 중부지방의 대표적인 사료작물 작부체계인 호밀-옥수수 2모작 작부조합으로 이용하였다.

공시품종으로 옥수수는 국내육성 품종인 광평옥, 호밀은 수입품종인 쿨그레이저(Koolgrazer)를 이용하였다. 호밀의 파종은 2007년 10월 23일과 2008년 10월 15일에 실시하였고, 옥수수의 파종은 2008년 5월 14일과 2009년 5월 12일에 실시하였다. 호밀 파종은 150 kg/ha를 산파하였으며, 옥수수는 조건 70 cm, 주간 15 cm 간격으로 점파하였고 파종 후 롤러를 이용해 진압을 해 주었다. 그 외의 재배법은 사료용 옥수수와 호밀의 표준재배법에 준하여 재배하였다.

4. 초지식생대 조성 및 관리

초지식생대는 우리나라의 중부지방의 권장 혼파조합인 오차드그라스 위주의 혼파조합으로 조성하였으며, 혼파비율은 ha당 오차드그라스 18 kg, 톨페스큐 10 kg, 켄터키블루그라스 3 kg, 페레니얼 라이그라스 7 kg, 화이트크로버 2 kg로 파종하였다. 초지식생대의 파종은 2007년 8월 30일 실시하였으며, 초지 조성용 기비로 화학비료를 80-200-70 (N-P₂O₅-K₂O) kg/ha 살포하였다. 그 외에 관리용 비료는 주지 않았다. 초지의 예취 관리는 2008년도에는 3회 예취하였으며, 2009년도에는 2회 예취하였다. 초지의 1차 예취는 2007년 4월 22일에 목초가 출수기 단계에 있을 때 실시하였으며, 나머지 예취는 목초의 초장이 약 30 cm 정도 되었을 때 지상으로부터 약 10 cm 높이에서 예취하였다.

5. 건물수량 및 생육조사

옥수수와 호밀의 생산성은 적기에 수확하고 생초량을 측정하였으며, 그 중 일부를 취하여 생초중량을 평량하였다. 옥수수는 황숙기인 2008년 8월 27일과 2009년 8월 26일에 수확하였으며, 암이삭과 경엽을 분리하여 생초수량을 측정하였고, 호밀은 유숙기인 2008년 5월 2일과 2009년 5월 6일에 재배지의 상부, 중간지점 및 하부 지점에서 각각 5×1 m² (가로×세로)의 면적을 수확하였다. 옥수수와 호밀은 생초량을 조사하고, 각 구마다 시료를 취하여 60℃의 열풍순환 건조기에서 72시간 이상 건조 후 건물물을 구하여 건물수량으로 환산하였다. 옥수수의 생육조사는 각 시험구마다 평균적인 10주는 선별하여 조사하였다. 초장은 지면에서 옥수수의 최장 길이까지 측정하였고 착수고는 지면에서부터 암이삭이 달린 지점까지의 높이를 측정하였다. 경직경은 지면에서부터 15 cm 높이의 지름을 디지털 캘리퍼스(Digital calipers-Mitutoyo, Japan)를 이용하여 측정하였다. 호밀은 한 구에서 약 10씩의 초장을 조사하였다.

6. 수질 조사

(1) 유거수 수집

유거수 수집장치는 초지식생대에 설치하였으며, 0 m, 5 m, 10 m, 15 m 지점의 양쪽에 두 개씩 설치하였다. 유거수의 수집장치는 Kim 등(2006)의 방법을 이용하여 PVC파이프(Polyvinyl chloride

pipe)로 제작하였다(Fig. 1). 유거수의 수집은 2008년 7회(6월 4일, 6월 20일, 7월 14일, 7월 21일, 8월 5일, 8월 19일, 8월 25일), 2009년 5회(3월 23일, 7월 10일, 7월 15일, 7월 20일, 8월 17일) 실시하였으며 이는 전날 강우량이 충분하여 유거수 수집이 가능한 날짜에 맞추어 수행하였다.

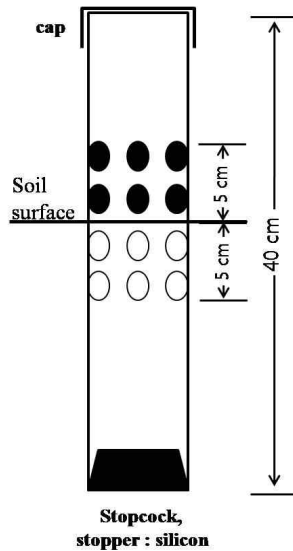


Fig. 1. The designs of sampling wells used in the grass filter strips.

(2) NO₃-N 분석

유거수 수집장치에 수집된 유거수는 피펫으로 35~40 ml를 취하여 냉장보관(4℃)하여 24시간 안에 분석하였다. 수질분석은 수질분석기(HS-2300 Plus water analyzer-Humas, Korea)를 이용하여 NO₃-N의 농도를 측정하였다. 수질분석기의 측정원리는 발색시약에 의한 흡광도법으로 수질분석키트를 이용하여 측정하였다. 농도측정은 각각의 다른 수질분석키트를 이용하였으며 측정범위는 0.5~30 mg/L이었다.

7. 통계처리

본 시험에서 얻은 모든 결과는 윈도우(Windows) 용 SPSS/PC (Statistical Package for the Science, ver 12.0. USA) 통계프로그램을 이용하여 분석하였다. 처리간의 평균비교는 two-way ANOVA test를 시행하였으며, 사후분석은 LSD 방법에 의해 유의수준은 p<0.05로 평가하였다(SPSS Inc, 1968).

결과 및 고찰

1. 사료작물의 생산성

호밀-옥수수 작부체계에서 우분, 돈분퇴비 및 화학비료사용에 따른 사료작물의 옥수수 및 호밀의 건물수량은 Table 1, 2와 같다. 2년 동안 옥수수의 평균 건물수량은 화학비료구에서 24,716 kg/ha (100%), 우분퇴비구 20,497kg/ha (83%), 돈분퇴비구에서 18,862 kg/ha (76%) 순으로 높았으며, 화학비료구에 비해 우분퇴비구와 돈분퇴비구에서 유의적인 수량감소가 나타났다(p<0.05). 2009년도 옥수수의 건물수량은 2008년의 건물수량보다 약 24%의 수량 증가가 나타났으며, 특히 우분퇴비는 29%, 돈분퇴비구는 30%의 수량이 증가되었으며 화학비료의 증가율 16%로 비해 약 2배 정도의 수량증가를 가져왔다(Table 1). 2년 동안 호밀의 평균 건물수량은 화학비료구 11,870 kg (100%), 우분퇴비구 10,650 kg (90%) 돈분퇴비구 9,300 kg (78%) 순으로 높았으며, 화학비료구에 비해 돈분퇴비구에서 유의적인 수량감소가 나타났으나(p<0.05), 우분퇴비구에서는 유의적인 차이가 인정되지 않았다. 호밀의 건물수량은 2008년에 비해 2009년에 약 80%의 수량 증가가 나타났으며, 특히 우분퇴비와 돈분퇴비구에서 각각 80%와 103%로 수량 증가 비율이 화학비료 증가율 64%에 비해 높은 수량증가를 가져왔다. 이상의 결과에서 보는 바와 같이 가축분뇨 시용구에서 화학비료 시용구에 비해 높은 건물생산량의 증가를 가져왔는데, 이는 가축분뇨의 반복적인 시용에 따른 잔류 질소의 축적으로 인해 가축분뇨의 시용 다음 해의 작물의 질소 이용성이 증가하여 전체적인 건물의 생산성이

Table 1. Effect of treatment composed of cattle and swine manure, and chemical fertilizer on dry matter (DM) yield of corn

Treatment	DM yield (kg/ha)						Total		
	Stalk & leaves			Ear			2008	2009	Mean
	2008	2009	Mean	2008	2009	Mean			
CM ¹⁾	8,353±77 ^b	15,064±760 ^{ab}	11,709±463 ^b	9,510±87 ^{ab}	8,065±114 ^b	8,787±214 ^b	17,863±765 ^b	23,130±874 ^b	20,497±650 ^b
SM ²⁾	7,951±426 ^b	13,914±836 ^b	10,933±212 ^b	8,460±497 ^b	7,398±187 ^c	7,929±254 ^b	16,412±736 ^b	21,313±1,023 ^b	18,862±401 ^b
CF ³⁾	11,197±831 ^a	16,446±128 ^a	13,821±391 ^a	11,700±40 ^a	10,088±191 ^a	10,894±76 ^a	22,897±2171 ^a	26,535±283 ^a	24,716±967 ^a

¹⁾ Cattle manure. ²⁾ Swine manure. ³⁾ Chemical fertilizer.
^{a, b, c} : Different letters within the same column represents significant differences at the 5% level.

Table 2. Effect of treatment composed of cattle and swine manure, and chemical fertilizer on dry matter (DM) yield of rye

Treatment	DM yield (kg/ha)		Mean
	2008	2009	
CM ¹⁾	7,601±1,069 ^{ab}	13,699± 521 ^a	10,650±370 ^{ab}
SM ²⁾	6,142± 727 ^b	12,457± 143 ^a	9,300±363 ^b
CF ³⁾	8,982± 509 ^a	14,759±1,309 ^a	11,870±858 ^a

¹⁾ Cattle manure. ²⁾ Swine manure. ³⁾ Chemical fertilizer.
 a, b, c : Different letters within the same column represents significant differences at the 5% level.

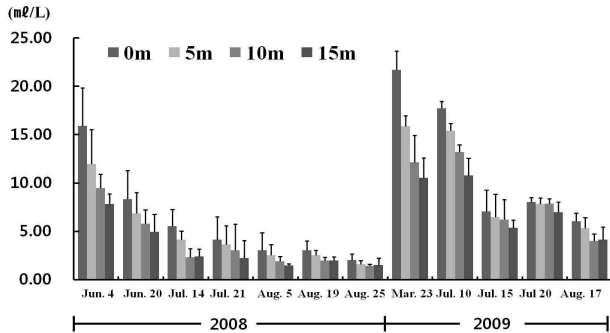


Fig. 2. Changes of NO₃-N concentration in surface runoff water by the length of grass filter strips. Values represent the means ± SD of the three replicates.

증가한 것으로 판단되며 (Dilz 등, 1990; Lund와 Doss 1980; Wolf 등, 1989), 가축분뇨의 장기 시용은 질소잔여효과 (Residual nitrogen effect)를 가져와 작물의 생산성을 증가시키는 것으로 사료된다.

2. 유거수 중의 NO₃-N 농도

초지식생대 설치에 따른 유거수 중의 NO₃-N의 농도 (Fig. 2)는 초지식생대의 길이가 길어질수록 농도가 줄어드는 경향을 보였으며, 1차년도 보다는 2차년도의 유거수 중의 NO₃-N의 농도가 높은 경향을 보였다. 가축분뇨 시용에 따른 유거수 중의 NO₃-N 변화 (Fig. 3)는 화학비료구와 비슷한 경향을 보였으나 화학비료구의 경우 시용 후 초기에 가축분뇨보다 높은 농도를 나타내었다. 초지식생대를 거치지 않은 지점 (0 m)의 유거수의 농도를 조사한 결과 2007년도 처음 수집한 유거수 중의 농도와 2008년도 처음 수집한 농도는 각각 15.92 ml/L, 21.72 ml/L로 2차년도의 농도가 약 36% 높게 나타났다.

2008~2009년 2년에 걸친 초지식생대 설치에 따른 유거수 중의 평균 NO₃-N 농도 (Fig. 4)는 조사한 결과 초지식생대를 거치지 않은 지점에 비해 초지식생대의 길이가 10 m 및 15 m인 지점의 NO₃-N는 농도가 유의적으로 감소하였다 (p<0.05). 2008년도의 경우 초지식생대의 길이가 0 m, 5 m, 10 m, 15 m 길어질수록 년 평균 NO₃-N의 농도가 6.00, 4.47, 3.70, 3.20 ml/L로 감소하였으며,

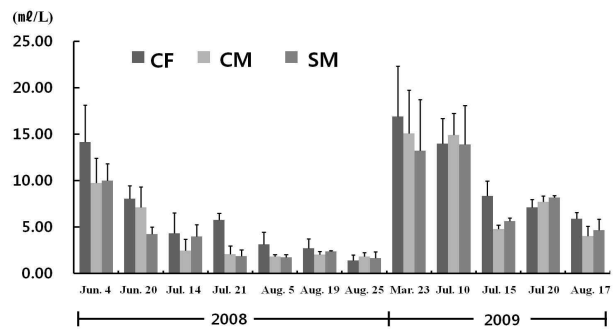


Fig. 3. Changes of NO₃-N concentration in surface runoff water composed of cattle manure, swine manure and chemical fertilizer. Values represent the means ± SD of the three replicates.

초지식생대의 길이가 10 m 및 15 m 지점의 경우 초지식생대를 거치지 않은 지점에 비해 NO₃-N의 농도가 유의적으로 감소하였다 (p<0.05). 2009년에는 초지식생대를 설치하지 않은 지점에 비해 초지식생대의 길이가 5 m 및 10 m인 지점의 NO₃-N의 농도가 유의적 (p<0.05)으로 감소하였으며, 초지식생대 길이 10 m와 15 m 사이에는 유의적인 감소는 나타나지 않았다. 가축분뇨 시용에 따른 2008~2009년 평균 NO₃-N 농도 (Fig. 5)는 화학비료 > 우분퇴비 > 돈분퇴비 순으로 높은 경향을 보였으나, 통계적인 유의성은 나타나

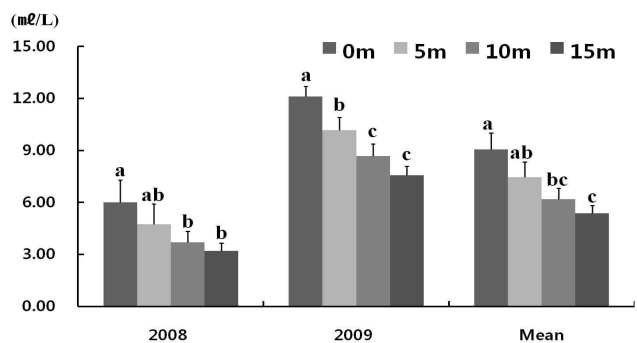


Fig. 4. Annual average NO₃-N concentration in surface runoff water by the length of grass filter strips. Values represent the means ± SD of the three replicates. a, b, c : Different letters within the same column represents significant differences at the 5% level.

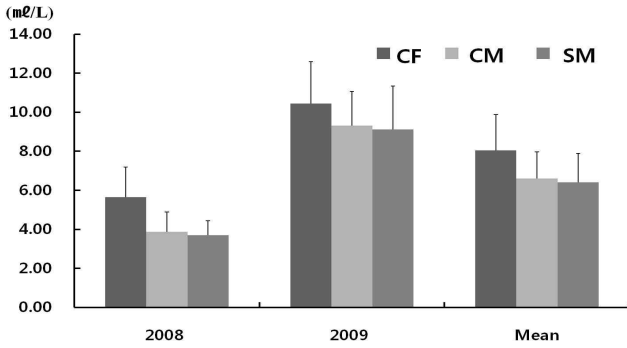


Fig. 5. Annual average NO₃-N concentration in surface runoff water composed of cattle manure, swine manure and chemical fertilizer. Values represent the means ± SD of the three replicates.

지 않았다.

본 실험의 결과에서 보는 바와 같이 초지식생대의 설치가 사료작물 재배지의 가축분뇨 사용에 따른 NO₃-N의 수계유입 농도를 현저하게 줄일 수 있는 것으로 나타났으며, 이러한 결과는 초지식생대가 질소의 유실을 줄이는 중요한 역할을 한다고 보고한 여러 연구자들의 결과와 일치하였다(Gilliam, 1994; Lowrance 등, 1995; Vought 등, 1995). 또한 초지식생대가 유거수의 유속을 느리게하여 여과효과를 증진시키고(Meyer 등, 1995), 오염원을 물리적으로 침전, 흡수, 희석시키는 작용을 통하여 침전물의 흐름을 방해하여 식물체내로 흡수되는 N의 양을 증가시키는데 기인하는(Maurizio와 Bigon, 2002; Osborne 등, 1993) 것으로 생각된다. 또한 시험 결과에서 초지식생대의 길이가 10 m 이상일 경우, 초지식생대를 설치하지 않은 지점에 비해 질소의 유실 저감효과가 유의적으로 증가하였는데, 영국의 수질보호를 위한 표준재배지침서(GAP)에서도 농경지와 수로 사이에는 10 m의 초지식생대를 설치할 것을 권고하고 있으며(MAFF, 1991) 여러 연구결과에서도 초지식생대의 길이를 최소 10 m 이상으로 설치하는 것을 권장하고 있어(Castelle 등, 1994; Haycock와 Pinay, 1993) 본 연구와 일치하였다.

더욱이 본 시험결과에서는 약 10% 경사지에서 가축분뇨와 화학비료를 이용한 사료용 옥수수-호밀 재배에서 초지식생대의 설치 유실되는 NO₃-N의 농도를 현저히 감소시키는 결과를 가져왔는데, Egnhball 등(2000)이 보고한 스위치그라스를 이용한 초지식생대 시험에서도 경사가 약 12%인 옥수수재배지에서 46.4 Mg/ha의 가축분뇨를 사용했을 경우, 가축분뇨의 경우 NH₄-N의 농도가 약 52%까지 저감하였으며, 화학비료의 경우에서도 NO₃-N의 농도가 21% 저감할 수 있다고 보고하여 본 시험과 유사한 결과를 나타냈다. 또한 Heathwaite 등(1998)은 10 m의 초지식생대를 설치 15°에서 20° 경사지에서 가축분뇨와 화학비료를 사용하였을 경우 초지식생대 설치구의 경우 약 5~10배 정도 질소가 적게 유출되었다고 보고한 바 있다(Heathwaite 등 1998). 특히 우리나라의 경우 국토의 2/3가 산지로 이루어져 있고, 우리나라 밭 면적은 879천 ha로서 이중 경사 7% 이상의 경사지 밭 면적은 전국적으로 62%를 차지하고 있다. 따라서 본 시험결과에서 나타난 바와 같이 밭에

서 사료용 옥수수를 재배할 경우 초지식생대를 10 m 이상 설치할 경우 NO₃-N의 유실을 저감시켜 사료작물재배지로부터 발생하는 비점오염원을 크게 줄일 수 있는 것으로 판단된다.

요 약

본 연구는 사료작물 재배지에 가축분뇨를 투입하여 사료작물의 생산성을 향상시키고 초지식생대를 설치함으로써 비점오염원의 저감 효과를 구명하기 위하여 수행되었다. 본 시험은 국립축산과학원 초지사료과 시험포장(천안)에서 경사가 약 10° 인 자연 경사지를 이용하여 2007년부터 2009년까지 3년간 수행하였다. 가축분뇨를 사용한 사료작물 재배지의 2년 동안 옥수수의 평균 건물수량은 화학비료구에서 24,716 kg/ha(100%), 우분퇴비구 20,497 kg/ha(83%), 돈분퇴비구에서 18,862 kg/ha(76%) 순으로 높았으며, 화학비료구에 비해 우분퇴비구와 돈분퇴비구에서 유의적인 수량감소가 나타났다(p<0.05). 호밀의 평균 건물수량은 화학비료구 11,870 kg/ha(100%), 우분퇴비구 10,650 kg/ha(90%) 돈분퇴비구 9,300 kg/ha(78%) 순으로 높았으며, 화학비료구에 비해 돈분퇴비구에서 유의적인 수량감소가 나타났으며(p<0.05), 우분퇴비구에서는 유의적인 차이가 인정되지 않았다. 2년 동안 2009년도 옥수수의 건물수량은 2008년의 건물수량보다 약 24%의 수량 증가가 나타났으며, 호밀의 건물수량은 2008년에 비해 2009년에 약 80%의 수량 증가가 나타났다.

초지식생대의 설치에 따른 유거수 중의 평균 NO₃-N 농도는 초지식생대의 길이가 0 m, 5 m, 10 m, 15 m로 길어질수록 NO₃-N의 농도가 감소하였는데, 초지식생대를 설치하지 않은 0 m인 지점에 비해 10 m 및 15 m인 지점에서 유의적으로 감소하였다(p<0.05). 이상의 결과는 초지식생대를 사료작물 재배지에 10 m 이상 설치할 경우 초지식생대를 설치하지 않았을 때 보다 NO₃-N의 유실량을 유의적으로 감소시킬 수 있음을 나타내었고, 초지식생대의 설치가 사료작물 재배지의 가축분뇨 사용에 따른 NO₃-N의 수계유입 농도를 현저하게 줄일 수 있는 것으로 나타났다. 따라서 경사지에서 초지식생대의 설치에 가축분뇨를 사용한 사료작물 재배지에서 발생하는 NO₃-N의 유실을 저감할 수 있을 것으로 사료된다.

(주제어: 초지식생대, 가축분뇨, NO₃-N, 사료용 옥수수)

인 용 문 헌

- Abu-Zreig, M., Rudra, R. P., Whiteley, H. R., Lalonde, M. N. and Kaushi, N. K. 2003. Surface Water Quality : Phosphorus Removal in Vegetated Filter Strip. *J. Environ. Qual.* 32:613-619.
- Baker, A. 2002. Fluorescence properties of some farm wastes : implications for water quality monitoring. *Water Res.* 36(1):189-95.
- Brechin, J. and McDonald, G. K. 1994. Effect of form and rate of

- pig manure on the growth, nutrient uptake, and yield of barley(cv. Galleon). *Aust. J. Exp. Agric.* 34(4):505-510.
- Campbell, C. M., Schnitzer, M., Stewart, W. B., Biederbeck, J. V. O. and Selles, F. 1986. Effect of manure and fertilizer on properties of a Black Chernozem in southern Saskatchewan. *Can. J. Soil Sci.* 66:601-613.
- Castelle, A. J., Johnson, A. W. and Conolly, C. 1994. Wetland and stream buffer size requirements. A review. *J. Environ. Qual.* 23:878-882.
- Cooper, J. R. and Gilliam, J. W. 1987. Phosphorus redistribution from cultivated fields into riparian areas. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 51: 1600-1604.
- Dillaha, T. A., Reneau, R. B., Mostaghimi, S. and Lee, D. 1989. Vegetative filter strips for agricultural nonpoint source pollution control. *Trans. ASAE.* 32(2):513-519.
- Dilz, K., Postmus, J. and Prins, W. H. 1990. Residual effect of long term applications of farmyard manure to silage maize. *Fert. Res.* 26:249-252.
- Dorioz, J. M., Wang, D., Poulencard, J. and Trevisan, D. 2006. The effect of grass buffer strip on phosphorus dynamic A critical review and synthesis as basis for application in agriculture landscapes in France. *Agric. Ecosyst. Environ.* 117:4-21.
- Egnhball, B., Gilley, J. E., Kramer, L. A. and Moorman, T. B. 2000. Narrow grass hedge effects on phosphorus and nitrogen in runoff following manure and fertilizer. *J. Soil Water Conserv.* 55(2): 172-176.
- Environmental Protection Agency (EPA). 2005. National management measures to protect and restore wetlands and riparian areas for the abatement of nonpoint source pollution. 841-B-05-003:61-80.
- Gilliam, J. W. 1994. Riparian wetlands and water quality. *J. Environ. Qual.* 23:896-900.
- Haycock, N. E. and Pinay, G. 1993. Groundwater nitrate dynamics in grass and poplar vegetated riparian buffer strips during the winter. *J. Environ. Qual.* 22:273-278.
- Heathwaite, A. L., Griffiths, P. and Parkinson, R. J. 1998. Nitrogen and phosphorus in runoff from grassland with buffer strips following application of fertilizers and manures. *Soil Use Manage.* 14:142-148.
- Jacobs, T. C. and Gilliam, J. W. 1985. Riparian losses of nitrate from agricultural drainage waters. *J. Environ. Qual.* 14:472-478.
- Jensen, L. S., Pederson, I. S. Hansen, T. B. and Nielsen, N. E. 2000. Turnover and fate of 15N-labelled cattle slurry ammonium-N applied in the autumn to winter wheat. *Eur. J. Agron.* 12:23-35.
- Kim, Y. J., Geohring, L. D., Jeon, J. H. and Collick, A. S. 2006. Evaluation of the effectiveness of vegetative filter strips for phosphorus removal with the use of a tractor. *J. Soil Water Conserv.* 61(5):293-302.
- Lowrance, R., Altier, L. S., Newbold, J. D., Schnabel, R. R., Groffman, P. M., Denver, J. M., Correll, D. L., Gilliam, J. W., Robinson, J. L., Briensfield, R. B., Staver, K. W., Lucus, K. and Todd, A. H. 1995. Water Quality Functions of Riparian Forest Buffer Systems in the Chesapeake Bay Watershed (Technology Transfer Report). U.S.E.P.A. Chesapeake Bay Program, Annapolis, MD.
- Lee, K. H., Isenhardt, T. M., Schultz, R. C. and Mickelson, S. K. 1999. Nutrient and sediment removal by switchgrass and cool-season grass filter strips in Central Iowa, USA. *Agroforestry System.* 44:121-132.
- Lund, Z. F. and Doss, B. D. 1980. Residual effect of Dairy cattle manure on plant growth and soil properties. *Agron. J.* 72:123-130.
- MAFF. 1991. Code of Good Agricultural Practice for the Protection of Water. MAFF Publications, London SE99 7TP.
- Maurizio Borin and Elisa Bigon. Abatement of NO₃-N concentration in agricultural waters by narrow buffer strips. 2002. *Environment Pollution* 117:165-168.
- Mersie, W., Seybold, C. A., McNamee, C. M. and Huang, J. 1999. Effectiveness of switchgrass filter strips in removing dissolved atrazine and metolachlor from runoff. *J. Environ. Qual.* 2:816-821.
- Meyer, L. D., Dabney, S. M. and Harmon, W. C. 1995. Sediment-trapping effectiveness of stiff-grass hedges. *Trans. ASAE.* 38(3):809-815.
- Neibling, W. H. and Alberts, E. E. 1979. Composition and Yield of Soil Particles Transported Through Sod Strips, Paper No. 792065. American Society of Agricultural Engineering, St. Joseph, MI, USA.
- Osborne, L. L. and Kovacic, D. A. 1993. Riparian vegetated buffer strip in water-quality restoration and stream management. *Freshwat. Bio.* 29:243-258.
- Petersen, J. 1996. Fertilization of spring barley by combination of pig slurry and mineral nitrogen fertilizer. *Journal of Agricultural Science, Cambridge University Press.* 127:151-159.
- Preedy, N., McTiernan, K. B., Matthews, R., Heathwaite, A. L. and Haygarth, P. M. 2001. Rapid incidental phosphorus transfers from grassland. *J. Environ. Qual.* 30(6):2105-2112.
- Shin, D. E. 1998. Effects of different liquid manure type and nitrogen application rate on forage yield and quality, and soil characteristics. Ph.D. thesis. Seoul national university. seoul. korea.
- Sommerfeldt, T. G., Chang, C. and Entz, T. 1988. Long-term annual manure applications increase soil organic matter and nitrogen,

- and decrease carbon to nitrogen ratio. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 52:1667-1672.
- Strohmeier, K. 2002. Vegetative filter strips. Owen County Extension Agent for Agriculture and Natural Resources.
- Vought, L. B. M., Pinay, G., Fuglsang, A. and Ruffinoni, C. 1995. Structure and function of buffer strips for a water quality perspective in agricultural landscapes. *Landscape and Urban Planning* 31:323-331.
- Wolf, J. and Van Keulen, H. 1989. Modelling long-term crop response to fertilizer and soil nitrogen. II. Comparison with field result. *Plant. Soil.* 120:23-38.
- Zebarth, B. J., Paul, J. W., Schmidt, O. and McDougall, R. 1996. Influence of the time and rate of liquid-manure application on yield and nitrogen utilization of silage corn in south coastal British Columbia. *Can. J. Soil Sci.* 76:153-164.

(Received Jul. 30, 2010; Revised Oct. 11, 2010; Accepted Nov. 5, 2010)