

고라니 분변량과 토지 유형의 차이가 식물 생장에 미치는 영향

박효민 · 이상돈⁺

이화여자대학교 환경공학과

Factor of Plant Growth in Relation to Feces of Korean Water Deer and Land Use Patterns

Hyomin Park · Sangdon Lee⁺

Dept of Environmental Sciences and Engineering, Ewha Womans University

요 약

동물로부터 발생하는 분변은 질소, 인산, 칼리 등의 영양분을 함유하고 있으며, 동물의 분변이 환경에 미치는 영향에 대한 연구는 매우 다양하다. 그러나 육상 생태계의 주요 구성원인 포유류를 대상으로 한 연구는 전무한 실정이다. 그러므로 전 세계적으로 한국과 중국의 토착종이고 우리나라 고유종이며 우리나라 전역에 서식하는 고라니의 분변을 이용하여 각각의 토지 유형별로 고라니의 분변량의 차이가 생육하는 식물의 생장에 미치는 영향에 대한 연구를 수행하였다.

고라니의 분변량과 토양의 차이에 따른 옥수수 개체의 성장량, 생물량, 탄질비를 분석한 결과 고라니의 분변량과 토양의 차이는 식물체의 성장량과 탄질비에 영향을 주는 것으로 나타났으며, 토양의 차이보다 분변량의 차이가 식물체의 생장에 더 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다. 또한 고라니의 분변은 다른 동물의 분변에 비하여 낮은 탄질비를 가지고 있어 퇴비화의 과정을 거친다면 작물 생육에 적합한 비료의 역할을 할 수 있음을 확인할 수 있었다.

본 연구는 동물의 분변이 육상생태계에 미치는 영향을 알아보고자 하였으며, 동물 분변의 효율적인 자원화 방안을 마련하도록 기초자료를 제공을 함과 동시에 동물 생태계와 토양 그리고 식물체 간의 물질 순환을 정량화 하고 서로의 관계를 파악할 수 있다는 점에서 의의가 있는 연구이다.

핵심용어 : 생물량, 탄질비, 분변, 성장량, 토지 유형, 물질순환, 고라니

Abstract

Feces contain nutrients such as nitrogen and phosphate, potassium and research of the impact on the environment from feces is very diverse. However, despite the importance of mammals to environment, studies of mammals into the terrestrial ecosystems are rare. Korean water deer (*Hydropotes inermis*) is an endemic species of Korea and China, and we conducted on factor of plant growth in relation to feces of Korean water deer depending on land use patterns.

The analysis of growth, biomass and C/N ratio of *Zea mays*, amount of feces and land use patterns are strongly affecting the C/N ratio and growth of the *Zea mays*. The quantity of the feces also influences the growth of plants instead of the land use patterns. Furthermore, the feces of Korean water deer have a lower C/N ratio than that of other animals' feces. Being the process of composting, it is able to serve a suitable fertilizer for a crop growth.

In this study, we investigated the impact of feces into the environment in the terrestrial ecosystems and we were able to provide the basic data to the resources of an efficient scheme of animal feces. Further research is needed to quantify the materials amongst the plant, soil and animal, and to understand the relationship ecosystem.

Key words : Biomass, C/N ratio, Feces, Growth, Land use pattern, Material circulation, Waterdeer

⁺ Corresponding author : lsd@ewha.ac.kr

1. 서론

동물의 군집이 환경에 미치는 영향에 관한 연구는 매우 다양하게 연구되었으며, 해외에서는 야생마(*Equus caballus*)의 분변으로부터 야생마의 먹이 섭취량과 소화능력을 추정하여 대사량을 도출한 연구(Kaz'min et al., 2013), 민물가마우지(*Phalacrocorax carbo*)의 집단 서식으로 발생하는 영양물질이 서식지의 잡초에 주는 영향에 관한 연구(Kazama et al., 2013), 사슴(*Dama dama*, *Muntiacus reevesi*)의 군집이 서식지 내 초목에 미치는 영향(Morecroft, 2001) 등 다양한 종들이 환경에 미치는 영향에 대해 많은 연구들이 진행되었다. 국내에서도 백로류와 왜가리류의 집단 서식지에서 발생하는 다량의 분변이 서식지 내 소나무 군집과 그 주변 토양에 미치는 영향(Moon and Cho, 1996), 팔당호에서 겨울철새 분변에 의한 질소와 인 오염 부하량 산정(Lee and Park, 2010), 겨울철 수금류의 분변이 논 토양과 벼의 생장에 미치는 영향(Lee et al., 2012) 등 동물의 군집으로부터 발생하는 영향에 대해 다양한 연구들이 수행되고 있다.

특히 동물로부터 발생하는 분변은 질소, 인산, 칼리 등을 비롯한 여러가지 영양분들을 함유하고 있으며, 작물생육을 촉진시킨다(Bolan et al., 2004). 분변의 영향을 받은 토양은 NH_4^+ , N, P, K, DOC(Dissolved Organic carbon)가 높은 농도로 함유되어 있으며(Di and Cameron, 2002), 이로 인해 토양의 물리·화학적 개선 효과가 있는 것으로 알려져 있다. 그러나 분변에 함유된 많은 유기물이 토양에 시비될 경우 토양 내 호기적 토양 미생물의 밀도를 급격히 상승시켜 토양 산소의 고갈을 초래하고 토양을 환원 상태로 유도하여 오히려 작물 생육을 저해하는 경우도 있다(Yun et al., 1993). 이를 통해 동물의 분변은 토양 생태계에 영향을 줄 뿐만 아니라 식물 생태계에도 영향을 주는 것을 알 수 있다.

그러나 동물의 분변이 환경에 미치는 영향에 관한 대부분의 연구들은 조류를 대상으로 실시되었으며, 육상 생태계의 주요 구성원인 포유류를 대상으로 한 연구는 전무한 실정이다. 포유류는 육상 생태계의 상위 포식자이며 하위 영양단계의 변화상을 반영할 수 있는 중요한 지표종이므로 포유류의 일상적인 행동들은 자연환경에 영향을 미친다. 또한 포유류로부터 발생하는 분변은 육상 생태계에서 외부로부터 들어오는 물질의 유입원이므로 육상 생태계의 물질 순환에 중요한 역할을 하게 된다.

고라니(*Hydropotes inermis*)는 우리나라 전역에 서식하는 고유종으로 중·대형 포유류 중 서식밀도가 높으며, 주로 산림과 습지, 농경지에서 활동하는 것으로 알려져 있다(Park and Lee, 2013). 따라서 고라니의 서식밀도가 높고 고라니의 주요 행동권인 산림 및 농경지, 습지 토양이 나타나는 한강 하구의 장항습지를 연구지역으로 선정하여 장항습지 내 서식하는 고라니가 영향을 중점적으로 미치는 지역인 농경지, 휴경지, 선버들(*Salix nipponica*)군락, 갈대(*Phragmites australis*) 습지 토양을 중심으로 연구를 실시하였다.

본 연구의 목적은 다음과 같다. 첫째, 토지의 유형과 토양에 시비되는 고라니의 분변량의 차이가 토양에 생육하는 옥수수(*Zea mays*)의 생장에 미치는 영향에 대해 알아보고자 하며 둘째, 야생동물 분변의 효율적인 자원화 방안을 마련하는 데에 기초자료를 제공하고 셋째, 동물 생태계와 토양 그리고 식물체 간의 물질 순환과의 관계를 파악하기 위하여 수행되었다.

2. 연구지역 및 방법

2.1 연구재료

고라니는 소목(Artiodactyla), 사슴과(Cervidae), 고라니속(*Hydropotes*)에 속하며 중국의 양쯔강 이남에 서식하는 중국고라니(*H. i. inermis*)와 우리나라 전역에 분포하고 있는 한국고라니(*H. i. argyropus*)로 크게 분류된다. 세계적으로 한국과 중국에 토착종으로 분포하며, 영국과 프랑스 지역에 일부가 이주되어 분포하는 것으로 알려져 있다(Cooke and Farrell, 1998). 중국 고라니는 서식지의 파괴로 인한 개체 감소로 1990년 당시 10,000여 마리가 남은 것으로 조사되었으며(Butzler, 1990), 서식지의 파괴와 파편화로 개체수가 줄어들고 있다(Zhang, 2000). 현재 중국 고라니는 IUCN과 중국정부에 의해 Lower Risk/Near Threatened species와 Vulnerable species로 각각 지정되어 보호되고 있다(Wang, 1998; Hilton-Taylor, 2000).

우리나라에 서식하는 고라니는 울릉도와 제주도를 포함한 일부 섬 지역을 제외하고 거의 모든 지역에 풍부한 개체수가 존재하며 환경부는 우리나라에 서식하는 고라니를 야생 동·식물 보호법을 통해 유해 야생동물 및 수렵종으로 지정하여 매년 포획을 통한 밀도 조절 정책을 시행하고 있다(Kim et al., 2009). 2003-2007년까지 포획된 고라니의 개체수는 18,367마리이다(Ministry of Environment, 2008).

한편, 옥수수는 단기간 내 식물 생장을 측정할 수

있다는 장점을 가지고 있다. 옥수수는 우리나라 중북부 지방에서 남부지방에 이르기까지 전국에서 재배되고 있는 여름사료 작물이며, 대표적인 C₄ 작물로 평균 10°C 이상에서 생육을 시작하고 30-40°C에서 물질생산을 활발하게 한다. 또한 물질생산에 필요한 수분의 함량도 북방형 작물이 필요로 하는 양의 1/2 정도로 적어 가뭄에 대한 영향도 상대적으로 많이 받지 않는 작물이다(Kim et al., 2013).

2.2 연구지역

본 연구는 한강하구에 위치하고 있는 장항습지를 대상으로 실시하였다. 한강 하구지역은 육상 및 수생태의 서식처 다양성이 높아 다양한 수서생물 및 육상생물의 서식지로 이용될 뿐 만 아니라 천연기념물 등 주요 생물군이 다수 서식하고 있다(Fig 1).

장항습지는 경기도 고양시에 위치한 산림성 조석담수습지(tidal freshwater marsh)로 종단길이 7.6km, 최대 폭 0.6km, 면적 2.7km²에 달하는 대규모 습지이며 한강하구 습지보호지역 중 가장 상류 쪽에 위치하고 있다. 장항습지는 서울에 인접해 있으나 군사보호지역으로 오랫동안 일반인의 출입이 금지되어 잘 보

전된 자연하구이다. 장항습지는 연안습지와 내륙습지의 특성을 동시에 간직하고 있으며, 이러한 생태적 가치를 인정받아 2006년에 60.7km²의 면적이 습지보호지역으로 지정되었다. 습지 중앙부에서는 논농사가 이루어지고 있고 하류로 갈수록 장항습지의 대표적인 식물군락인 버드나무 군락이 발달되어 있으며, 갈대 군락이 여러 곳에 형성되어 있다. 이곳은 다양한 생물 서식처 유형이 나타나고 있는데 특히 버드나무가 우점하는 산림성 습지, 초본이 우점하는 습초지, 하구갯벌, 논, 나대지 등에 따라 다양한 동·식물이 출현하고 있다.

오랫동안 군사보호지역으로 보호되어 고라니, 삥(*Felis bengalensis*), 너구리(*Nyctereutes procyonoides*) 등의 포유류 서식밀도가 높다. 특히 일부 건조한 나대지나 제방 사면부에는 1년생 또는 2년생 식물이 우점하여 이를 주로 섭식하는 고라니의 서식처로 제공되고 있으며, 농경지가 있고 물을 쉽게 구할 수 있어 고라니의 서식수가 크게 증가하고 있다. 고라니는 장항습지 내에 버드나무가 많고 숨을 곳이 있어서 서식밀도가 높으며, 습지 내에서만 서식하는 수가 50-70마리로 알려져 있다(Ministry of Environment, 2010).

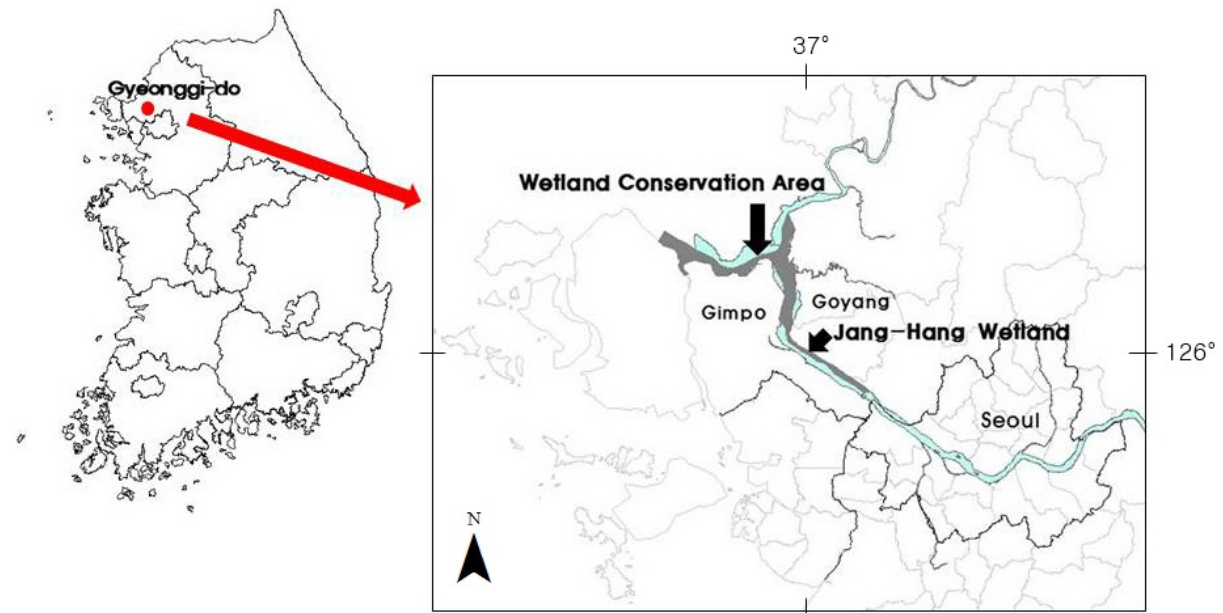


Fig 1. Study site is located at Jang-Hang Wetland

2.3. 실험 방법

2.3.1 시료 채취

실험용 토양과 고라니의 분변은 2012년 9월에 채취하였다. 시료 채취지역은 장항습지 내 대표 식생과 토지 유형을 바탕으로 버드나무 군락과 갈대습지, 농

경지, 휴경지로 구분하였다(Table 1). 그리고 4개로 구분한 지역 중 고라니의 활동이 많은 지역의 토양 및 고라니 분변의 시료를 채취하였다.

고라니 분변시료와 토양시료는 각각의 조사지역 내에서 무작위로 선정하여 채취하였고, 고라니 분변의 영향을 받는 토양시료는 고라니 분변 아래에 있는

토양을 채취하였다. 토양시료는 표토 위에 샘플관($\Phi=31\text{cm}$, $h=10\text{cm}$)을 설치하여 표토층 토양 10cm를 채취하였으며, 채취한 즉시 밀봉한 뒤 실험실로 운반하였다.

Table 1. Current status of dominant vegetation at Jang-Hang Wetland (Yeum, 2009)

Vegetation	Area(m ²)	Percentage(%)
<i>Salix nipponica</i>	880,961	32.0
<i>Phragmites communis</i>	495,982	18.0
Rice paddy	371,600	13.5
Total	1,748,543	63.5

2.3.2 실험 방법

포유류의 분변이 육상생태계의 식물체에 주는 영향을 알아보기 위해 고라니의 분변이 옥수수 생장에 미치는 영향에 관한 실험을 실시하였다. 고라니의 분변량과 토양 유형의 차이가 옥수수 개체의 성장량 및 생물량, 탄질비(C/N ratio)에 미치는 영향을 microcosm 실험을 통해 실시하였다.

2012년 10-11월까지 7주간 실험을 실시하였으며, 배양 토양의 종류(농경지, 휴경지, 버드나무군락, 갈대습지)와 고라니 분변의 양을 달리하여(고라니 분변을 시비하지 않은 토양, 고라니 평균 분변의 양을 시비한 토양, 고라니 평균 분변의 두 배를 시비한 토양) 옥수수를 생육하였다. 본 실험에 사용되는 식물체인 옥수수 종자는 종묘상에서 구입 하였다.

채취한 토양은 2000 μm 의 체를 이용하여 돌과 식물 뿌리 등을 포함한 기타 이물질을 제거하여 토양 입자를 균일하게 해주었다. 그리고 준비된 pot($\Phi=13\text{cm}$, $h=15\text{cm}$)에 토양의 통풍과 배수를 위하여 마사토와 각 지점에서 채취한 흙을 1: 3의 비율로 섞어서 넣었다. 그리고 각각의 pot에 옥수수 씨앗 10립씩 파종 하였으며, 파종한 씨앗은 pot에서 직접 받아시켰다.

한편, 고라니 분변량에 따른 식물체의 영향을 알아보기 위해 고라니 분변의 영향을 받은 농경지, 휴경지, 버드나무 군락, 갈대습지 토양을 담은 pot에 고라니 분변을 각각 달리하여 시비하였다. 분변은 4 $^{\circ}\text{C}$ 의 냉장고에서 보관하였다가 투입 전에 풍건하고 분쇄하여 가루형태로 투입하였다. 옥수수 씨앗을 파종한 pot에 실험의 조건에 따라 고라니 분변의 평균량(10g), 고라니 평균 분변량의 2배(20g)를 넣어주었으며 26 $^{\circ}\text{C}$ 의 실험실에서 생육하였다.

옥수수의 성장량 측정은 2주 간격으로 옥수수의 지상부의 길이(Shoot growth)를 측정하였으며, 지상부

측정 길이의 평균과 표준편차를 구하였다. 옥수수의 생물량은 실험 종료일에 각 토양에서 생육한 옥수수를 뿌리부분까지 전체를 수거하여 70 $^{\circ}\text{C}$ 오븐에서 24시간 건조시켰다. 그리고 정밀저울을 이용하여 옥수수의 건중량(dry weight)을 측정하였다. 옥수수의 탄질비 측정은 70 $^{\circ}\text{C}$ 오븐에서 24시간 건조시킨 옥수수를 막자 사발을 이용하여 잘게 분쇄한 뒤, CNS분석기를 이용하여 식물체 내의 탄질비를 구하였다. 모든 실험 결과는 SPSS Statistics 21.0을 이용하여 ANOVA analysis와 Pearson correlation을 실시하였다.

3. 결과

3.1 분변량과 토양의 차이에 따른 식물의 성장량 측정

고라니 분변량과 토양의 차이에 따른 식물 생장의 차이를 살펴보기 위하여 2주 간격으로 옥수수 지상부의 길이를 측정한 뒤 실험 종료 후 각 조건 별 옥수수의 평균 성장량을 분석하였다.

고라니 분변량에 따른 옥수수의 성장량은 고라니 분변을 시비하지 않은 농경지, 버드나무 군락, 갈대습지 토양이 각각 41.99cm, 35.88cm, 32.45cm로 가장 높은 성장길이를 나타냈다. 그러나 휴경지 토양은 고라니 분변 20g을 시비한 곳의 옥수수 생장이 36.97cm로 가장 높게 나타났다.

실험 결과를 통해 대부분 토양에서 고라니의 분변을 시비하지 않은 곳의 옥수수 생장이 더 좋은 것을 확인할 수 있었으며, 특히 고라니 분변을 시비하지 않은 곳과 고라니 분변을 시비한 곳을 비교했을 때 휴경지를 제외한 나머지 토양에서는 고라니 분변의 양이 증가할 수록 옥수수 성장이 저해됨을 알 수 있었다(Table 2).

Table 2. The average growth of *Zea mays* by different of amount of Korean waterdeer feces

Site	Feces	N	1 week(cm)	3 weeks(cm)	5 weeks(cm)	7 weeks(cm)
Rice paddy	0g	20	8.79±2.98	29.52±7.53	39.21±8.55	41.99±7.21
	10g	20	8.59±2.12	24.73±6.12	30.35±8.53	34.74±7.32
	20g	20	7.33±2.27	24.13±3.64	29.58±6.84	31.19±5.38
Fallow ground	0g	20	7.65±3.32	25.15±6.61	30.24±10.26	36.28±7.65
	10g	20	6.91±3.37	25.57±5.37	31.93±7.50	35.48±5.49
	20g	20	7.36±2.62	26.13±7.70	32.14±8.86	36.97±8.37
<i>Salix nipponica</i>	0g	20	9.13±3.22	25.72±6.72	32.54±7.68	35.88±7.85
	10g	20	6.39±2.92	21.89±6.70	28.00±6.45	31.19±7.21
	20g	20	6.47±3.03	23.68±5.53	28.05±7.89	31.07±6.17
<i>Phragmites communis</i>	0g	20	7.10±2.79	23.85±8.83	29.01±9.25	32.45±5.38
	10g	20	6.94±3.75	22.14±6.42	27.68±7.42	30.70±5.13
	20g	20	5.09±3.28	19.25±6.53	25.63±8.57	27.88±6.94

토양유형의 차이에 따른 옥수수의 성장 속도를 비교하기 위해 옥수수 성장 속도에 대한 회귀분석을 실시하였다. 고라니 분변을 시비하지 않은 토양 중 옥수수 성장속도가 가장 빠른 곳은 농경지였으며 버드나무 군락 - 갈대습지 - 휴경지 순으로 나타났다. 고라니 분변을 10g 시비한 토양은 휴경지의 옥수수 성장속도가 가장 빠른 것으로 나타났으며 농경지 - 갈

대습지 - 버드나무 군락으로 순으로 분석되었다. 고라니 분변을 20g 시비한 토양은 휴경지의 옥수수 성장속도가 가장 빠르게 나타났으며 농경지 - 버드나무 군락 - 갈대습지 순으로 나타났다. 분석 결과를 통해 식물의 성장속도가 가장 좋은 곳은 휴경지였으며 농경지 - 버드나무 군락 - 갈대 습지 순으로 옥수수의 성장속도 증가를 확인할 수 있었다(Fig 2).

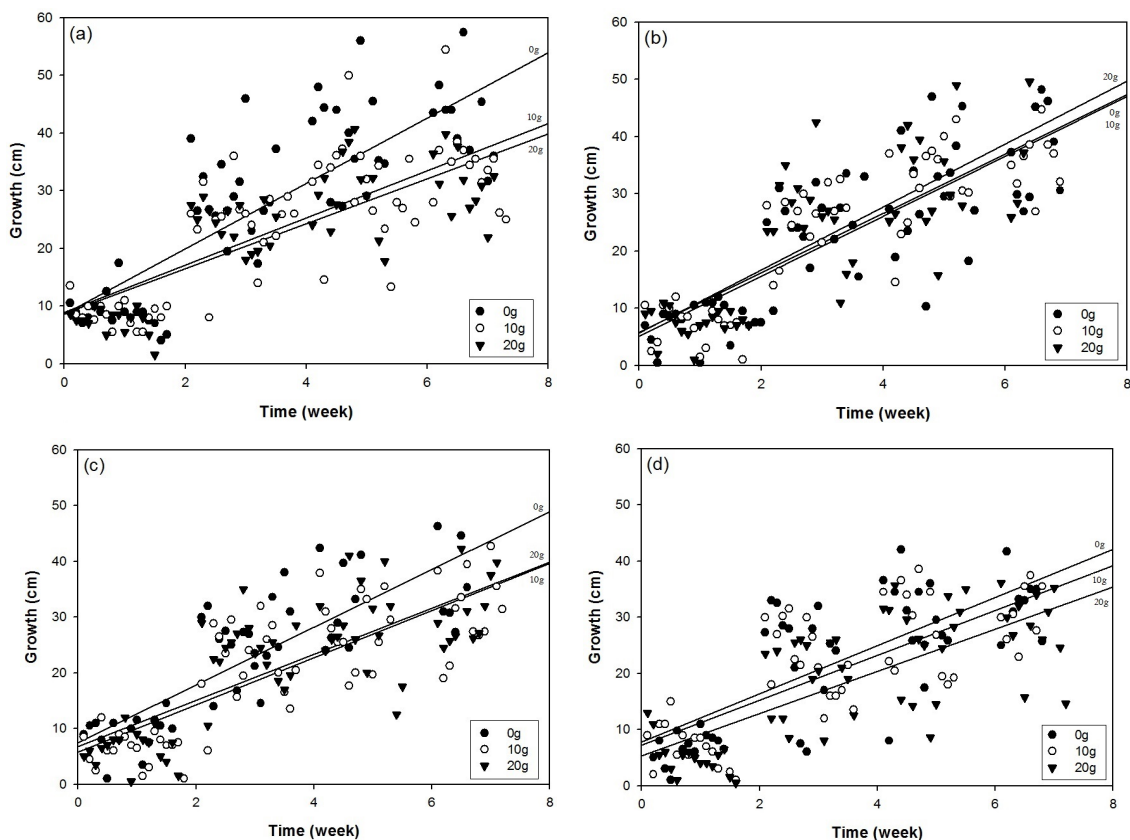


Fig 2. Comparison of *Zea mays* growth with different soil type : (a) Rice paddy, (b) Fallow ground, (c) *Salix nipponica*, (d) *Phragmites communis*

측정된 실험 결과를 바탕으로 고라니 분변량과 토양의 차이가 옥수수의 생장에 미치는 영향에 대한 통계적 분석을 실시하였다. 통계분석은 ANOVA분석 (SPSS 21.0)을 이용하였다. 통계 분석 결과, 모든 토양에서 분변의 시비량의 차이와 옥수수 성장량과의

통계적 유의확률은 $P=0.007$, 토양의 차이와 옥수수의 성장량과 통계적 유의확률은 $P=0.003$ 으로 매우 유의미하게 나타났으며, 이를 통해 고라니의 분변량 및 토양의 차이가 옥수수의 생장에 영향을 주는 것을 알 수 있었다(Table 3).

Table 3. Statistical tests of affected factors of the *Zea mays* growth with Two way-ANOVA

	SS	DF	F	P
Soil	687.014	3	5.06	0.003
Feces	463.672	2	5.12	0.007
Total	1150.686	5	10.18	

3.2 분변량과 토양의 차이에 따른 식물의 생물량 측정

실험 종료 후 각 실험 조건에서 배양시킨 옥수수의 건중량을 측정하여 각 조건 별 옥수수의 생물량을 분석하였다.

고라니 분변의 시비량에 따른 토양 별 옥수수의 생물량을 비교한 결과, 농경지와 버드나무군락 토양의 옥수수는 고라니 분변을 시비하지 않은 곳의 생물량이 가장 높게 나타났으며, 이 때 농경지의 옥수수 생물량은 0.18g, 버드나무 군락의 옥수수 생물량은 0.16g 이었다. 반면 휴경지와 갈대 군락은 고라니 분변을 시비하지 않은 곳의 옥수수 생물량이 가장 낮게

나타났으며, 고라니 분변을 시비하지 않은 휴경지 토양의 평균 생물량은 0.11g, 갈대습지 토양에서 생장한 옥수수의 평균 생물량은 0.09g 이었다.

실험결과를 통해 농경지와 버드나무 군락에서 생장한 옥수수의 생물량은 토양에 시비되는 고라니 분변의 양이 증가 할수록 옥수수의 생물량이 감소하였지만 이와 반대로 휴경지와 갈대습지에서 생장한 옥수수의 생물량은 토양에 시비되는 고라니 분변량이 증가 할수록 옥수수의 생물량이 증가함을 확인할 수 있었다. 또한, 토양 별 옥수수의 생물량 평균 값을 측정하여 분석한 결과 갈대습지의 생물량은 다른 토양에 비해 현저하게 낮은 것으로 나타났다(Fig 3).

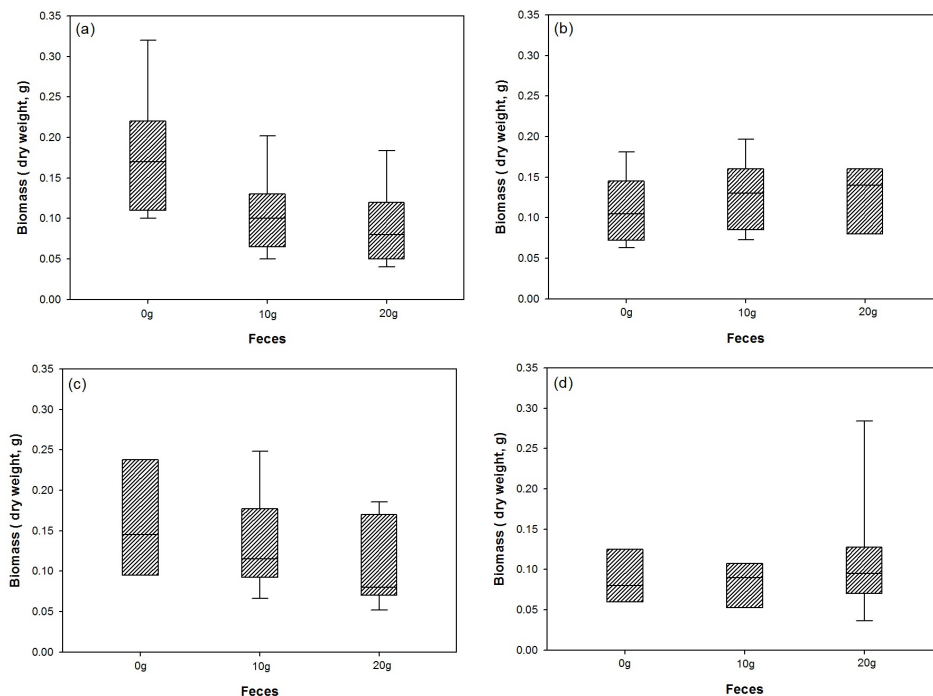


Figure 3. Comparison of *Zea mays* biomass with different soil type and amount of feces : (a) Rice paddy, (b) Fallow ground, (c) *Salix nipponica*, (d) *Phragmites communis* (average, 25-75% box)

고라니 분변량과 토양의 차이가 옥수수 생물량에 미치는 영향에 대해 분석하기 위하여 ANOVA 분석을 실시하였다. 그 결과 고라니 분변량의 차이와 옥수수

생물량과의 유의확률은 $P=0.128$, 토양의 차이와 옥수수 생물량과의 유의확률은 $P=0.08$ 로 통계적으로 유의미한 차이가 없는 것으로 나타났다(Table 4).

Table 4. Statistical tests of affected factors of the *Zea mays* biomass by using the analysis of Two way-ANOVA

	SS	DF	Mean SS	F	P
Soil	0.02	3	0.07	2.30	0.081
Feces	0.01	2	0.06	2.10	0.128
Total	0.03	5	0.13	2.40	

3.3 분변량과 토양의 차이에 따른 식물의 탄질비 측정

실험 종료 후 옥수수 내 탄소와 질소의 함량을 CNS 원소분석기를 이용하여 측정한 뒤 탄소와 질소의 비율(C/N ratio)을 구하였다. 고라니 분변량 차이에 따른 옥수수의 탄질비를 비교한 결과 농경지, 휴경지,

갈대습지는 고라니 분변을 평균량으로 시비한 곳이 탄질비가 가장 높았고 고라니 분변을 시비하지 않은 곳의 탄질비가 가장 낮게 나타났다. 반면 버드나무군락은 고라니의 분변을 2배로 시비한 곳의 옥수수 탄질비가 가장 높게 나타났으며, 옥수수의 탄질비가 가장 낮은 곳은 다른 지역과 마찬가지로 고라니의 분변을 시비하지 않은 곳으로 나타났다(Table 5).

Table 5. Comparison of *Zea mays* C/N ratio with different soil type

Site	Feces	C(wt%)	N(wt%)	C/N ratio
Rice paddy	0g	34.878	3.135	11.126
	10g	40.127	2.741	14.642
	20g	36.776	3.193	11.518
Fallow ground	0g	38.166	3.675	10.384
	10g	38.460	2.839	13.547
	20g	39.315	2.938	13.383
<i>Salix nipponica</i>	0g	30.205	2.807	10.760
	10g	34.037	2.700	12.607
	20g	39.253	2.835	13.847
<i>Phragmites communis</i>	0g	38.667	3.525	10.970
	10g	38.702	2.610	14.831
	20g	37.519	2.615	14.348

고라니 분변량과 토양의 차이가 옥수수 내 탄질비에 미치는 영향에 대해 분석하기 위하여 Pearson 상관분석(SPSS 21.0)을 실시하였다. 그 결과 고라니 분변량의 차이와 옥수수 내 탄질비와의 Pearson 상관계수는 0.641, 토양의 차이와 옥수수 내 탄질비와의 Pearson 상관계수는 0.202로 나타났으며, 분석 결과를 통해 옥수수의 탄질비는 토양의 차이보다는 토양에 시비되는 분변량과 큰 상관관계를 나타남을 확인할 수 있었다.

4. 고찰

장항습지의 농경지는 장항습지 내 중앙에 위치한 논농사 지역으로 매년 비료를 사용하여 농사를 짓고 있으며, 농경지 내 고라니의 분변과 족적을 흔하게 확인할 수 있었다. 휴경지는 논농사 지역 중 농사를 짓지 않는 지역이며, 휴경지 내 고라니의 분변과 족적은 다른 조사지역들보다 적게 분포하고 있었다. 버드나무군락은 장항습지 하류에 위치하며 점토질 토양

으로 사방에서 고라니의 분변과 족적을 확인 할 수 있었고, 버드나무에 고라니의 흔적이 쉽게 발견되었다. 갈대습지는 버드나무군락 근처에 위치하고 있으며, 버드나무군락의 토양보다 토양 내 모래와 자갈이 많은 것이 특징이다. 이 지역은 지형이 평평하며, 고라니의 분변을 쉽게 발견할 수 있었다.

농경지, 버드나무 군락, 갈대습지 토양은 토양에 시비되는 고라니 분변의 양이 증가할수록 옥수수의 생장이 저해되는 경향이 나타났다. 그러나 휴경지 토양은 시비된 분변의 양이 증가할수록 옥수수의 생장에 긍정적인 영향을 미치는 것을 알 수 있었으며, 휴경지 토양을 제외한 나머지 토양에서 자란 옥수수의 평균 성장량과 비교했을 때 휴경지 토양의 옥수수 평균 성장량이 가장 높은 것으로 나타났다. 한편 옥수수의 생물량은 농경지, 버드나무 군락의 토양은 시비하는 분변량이 증가할수록 생물량은 감소는 경향이 나타났지만, 휴경지와 갈대습지 토양은 고라니의 분변이 증가할수록 생물량이 증가하는 것으로 나타났다. 토양의 탄질비는 버드나무 군락 토양이 고라니의 분변량이 증가할수록 탄질비가 증가하는 것으로 나타났다. 동물의 분변을 이용한 퇴비사용은 토양 환경을 작물 생육에 유리하게 만든다고 알려져 있으며(Lee et al., 2010), 휴경지의 토양에서 자란 옥수수는 시비된 분변량에 비례하여 옥수수의 성장량과 생물량이 증가하는 것을 알 수 있었다. 다른 토양과는 달리 시비되는 분변량에 비례하여 옥수수의 성장량과 생물량이 증가하는 이유는 농경지와 버드나무 군락, 갈대습지에 비해 유기물의 함량이 적은 휴경지 토양에 동물의 분변을 시비되면서 동물 분변 내 풍부한 유기물이 토양과 토양에서 생육하는 식물에 영향을 주기 때문으로 사료된다.

반면 토양 내 유기물의 양이 풍부한 농경지, 버드나무 군락, 갈대습지 토양에서는 옥수수에 시비되는 고라니의 분변량이 증가할수록 옥수수의 성장량이 저해되는 것으로 나타났다. 그 이유는 토양에 시비되는 분변량의 증가로 인하여 과량의 염이 토양에 존재하게 되고 이로 인해 작물의 생육에 부정적인 영향을 줄 수 있기 때문이다. Yeom(2011)의 연구에 따르면 가축의 분변의 농도를 다르게 하여 식물의 성장반응을 측정된 결과, 분변의 농도가 증가함에 따라 고농도로 처리한 식물 성장량이 저농도로 처리한 식물의 성장량에 비해 저조한 것으로 나타났으며, 이는 시비된 분변의 양이 증가할수록 일부 높은 영양물질의 흡수에 의한 대사 작용의 불균형이나 분변의 분해과정에서 발생하는 유해가스로 인한 성장 장애로 사료된

다고 하였다. 이와 같이 고농도의 분변을 시비하였을 때 성장 저해가 발생하는 이유는 분변이 분해되는 과정에서 메탄, 암모니아, 황화수소와 같은 유해 가스가 발생하여 식물의 생장에 악영향을 주기 때문에(Kwon et al., 2000) 시비되는 분변량이 증가함에 따라 식물 성장량이 저해되는 것으로 보여진다. 그러므로 동물 분변을 이용한 퇴비의 과다 시비는 토양 내 각종 양분과 염류의 집적을 유도하여 토양 악화를 초래할 수 있으며(Hwang et al., 2004), 이러한 토양의 질적 상태 변화는 토양에 살아가는 식물체뿐만 아니라 토양을 기반으로 살아가는 육상 생태계 전체에 영향을 미칠 것으로 예상된다.

한편, 작물 재배 시 유기물을 토양 중으로 시비하게 되면 유기물 내 존재하는 유기태 질소가 토양 중으로 무기화(N-mineralization)되며, 그 속도는 유기물의 탄질비에 기인한다(Gale et al., 2006). 이는 탄질비가 낮을수록 질소의 무기화는 빨리 진행되어 작물의 초기 생육을 촉진 시킬 수 있다는 것이다(Cho et al., 2012). 본 실험에 사용된 고라니 분변의 C/N ratio의 평균은 13.90으로 일반적으로 토양에 유기체료로 많이 사용하는 돈분의 탄질비인 17에 비하여 낮은 탄질비를 나타내므로 퇴비화의 과정을 거친다면 작물의 생육에 적합한 유기체료로 사용될 수 있을 것이다.

5. 결론

본 연구는 동물 생태계와 토양 물질순환의 관계를 파악하기 위하여 수행되었다. 이를 위해 고라니의 분변에 함유된 풍부한 유기물이 토양에 시비되었을 때 토양에 생존하는 식물체에 미치는 영향에 대해 알아보았으며, 고라니 분변의 시비되는 양과 시비된 토양 유형의 차이 따라 식물의 생장에 어떠한 영향을 미치는지에 관하여 연구하였다.

고라니의 분변량과 토양의 차이에 따른 옥수수 개체의 성장량, 생물량, 탄질비를 분석한 결과 고라니의 분변량의 차이와 토양의 차이는 식물체의 성장량과 탄질비에 통계적으로 유의미한 영향을 주는 것으로 나타났다. 각각의 토양에 고라니 분변을 평균량을 시비하였을 때 식물체 생장에 긍정적인 효과를 주었지만, 시비되는 고라니 분변의 양이 증가할수록 식물체의 생장은 저해됨을 알 수 있었다.

또한 영양염류가 풍부한 농경지나 버드나무 군락지 토양에서 자란 옥수수는 시비되는 분변량이 증가할수록 성장량과 생물량이 저해되는 것을 알 수 있었지만, 영양염류가 풍부하지 않은 휴경지나 갈대습지

토양은 분변량이 증가할수록 성장량과 생물량이 증가함을 알 수 있었다. 또한 고라니의 분변은 현재 비료로 쓰이는 다른 동물의 분변에 비하여 낮은 탄질비를 가지고 있으므로 퇴비화의 과정을 거친다면 작물 생육에 적합한 비료가 될 수 있음을 확인할 수 있었다. 그러므로 본 연구를 통해 고라니의 분변은 육상 생태계에 영향을 줄 뿐만 아니라 작물의 생육에 적합한 유기재료로 사용할 수 있으며 고라니 분변을 농업적으로 이용하기 위해서는 토양의 특성을 고려하여 따라 적절한 시비량을 설정하여 이용해야 할 것이다.

본 연구는 동물 분변의 효율적인 자원화 방안을 마련하는 데에 기초자료를 제공함과 동시에 동물 생태계와 토양 그리고 식물체 간의 물질 순환과의 관계를 정량화하고 관계를 파악할 수 있다는 점에서 큰 의의가 있다.

사사

이 논문은 NRF(2009-0083527), SESTC(2014)의 지원을 받아 수행되었습니다.

6. 참고문헌

- Bolan, NS, Home, DJ, Currie, LD (2004). Growth and chemical composition of legume-based pasture irrigated with dairy farm effluent. *N. Z. J. Agric. Res.* 47(1), pp. 85-93.
- Butzler, W (1990). *Grzimek's encyclopedia of mammals*, vol. 5, McGraw-Hill, New York.
- Cho, JL, Choi, HS, Lee, Y, Lee, SM, Jung, SK (2012). Effect of organic materials on growth and nitrogen use efficiency of rice in paddy. *Korean J. Organic Agri.* 20(2), pp. 211-220. [Korean Literature]
- Cooke, A and Farrell, L (1998). *Chinese Water Deer*. The Mammal Society, London and the British Deer Society. Fordingbridge. pp. 1-32.
- Di, HJ and Cameron, KC (2002). Nitrate leaching and pasture production from different nitrogen sources on a shallow stoney soil under flood-irrigated dairy pasture. *Australian J. Soil Res.* 40(2), pp. 317-34.
- Gale, ES, Sullivan, DM, Cogger, CG, Bary, AI, Hemphill, DD, and Myhre, EA (2006). Estimation plant-available nitrogen release from manures, composts, and specialty products. *J. of Environ. Qual.* 35(6), pp. 2321-2332.
- Hwang, KS, Ho, QS, Yoo, BS (2004). Aspects of Nutrient Transportation after Animal Manure Application in Jeju Field Soil. *Korean J. Environ. Agric.* 23(3), pp. 133-137. [Korean Literature]
- Hilton TC (2000). *IUCN Red List of Threatened Species*. International Union for the Conservation of Nature, Gland, Switzerland
- Kazama, K, Murano, H, Tsuzuki, K, Fujii, H, Niizuma, Y, and Mizota, C (2013). Input of seabird-derived nitrogen into rice-paddy fields near a breeding/roosting colony of the Great Cormorant (*Phalacrocorax carbo*), and its effects on wild grass. *Appl. Geochem.* 28(1), pp. 128-134.
- Kaz'min, VD, Pozdnyakova, MK, Kolesnikov, MP and Abaturov, BD (2013). Quantitative characterization of the nutrition of the free-living horse (*Equus caballus*) on Vodnyi Island (Manych-Gudilo Lake). *Biol. Bull.* 40(8), pp. 684-691.
- Kim, MJ, Seo, S, Choi, KC, Kim, JG, Lee, SH, Jung, JS, Yoon, SH, Ji, HC and Kim, MH (2013). The Studies on Growth Characteristics and Dry Matter Yield of Hybrid Corn Varieties in Daegwallyeong Region. *J. Korean Soc. of Gra. and For. Sci.* 33(2), pp. 123-130. [Korean Literature]
- Kim, WM, Kim JY, Seo CW, Kim EK, Kim JH, Shin JH, Bang KJ, and Joe YG (2009). *Study on the optimal management for sustainable use of Korean water deer population*. National Institute of Environmental Research. pp. 43 [Korean Literature]
- Kwon, SH, Kwon, SW, Lee, DH (2000). Estimation of the Treatment Efficiency and Ammonia Evolution during the High - rate Composting Process for Swine Manure. *J. Korea Solid Wastes Eng. Soc.* 17(8), pp. 935-943. [Korean Literature]
- Lee, GJ, Kim, YS, Song, IG (2010). Effect of Tillage Depth and Amount of Compost on Red Pepper Growth. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 43(6), pp. 798-803. [Korean Literature]
- Lee, GM, Kim, HT, Kim, JG (2012) Effects of wintering waterfowl's feces on nutrient dynamics of paddy fields and rice growth. *J. Ecol. Field Biol.* 35(4), pp. 291-399.

- Lee, JH and Park, HK (2010). Estimating the Nitrogen and Phosphorus Loads of Wintering Waterfowl Feces in Lake Paldang. *J. Korea Soc. on Water Qual.* 26(2), pp. 311-316. [Korean Literature]
- Mer, RK, Prajith, PK, Pandya DH and Pandey AN (2000). Effect of salts on germination of seeds and growth of young plants of *Hordeum vulgare*, *Triticum aestivum*, *Cicer arietinum* and *Brassica juncea*. *J. Agron. Crop Sci.* 185(4), pp. 209-271.
- Ministry of Environment (2008). *Expand the Management of Wild Animal Damage Prevention in Harvest Season*. [Korean Literature]
- Ministry of Environment (2010). *Monitoring Report of Wetland Protection Area at Han River Estuary*. [Korean Literature]
- Moon, HT and Cho, SR (1996). Effects of Group Breeding of Herons on Pine Community. *J. Ecol. and Environ.* 19(1), pp. 47-53. [Korean Literature]
- Morecroft, MD, Taylor, ME, Ellwood, SA and Quinn, SA (2001). Impacts of deer herbivory on ground vegetation at Wytham Woods, central England. *Forestry*. 74(3), pp. 251-571.
- Park, HM and Lee, SD (2013). Habitat use pattern of Korean Waterdeer based on the land coverage map. *J. Wetl. Res.* 15(4), pp.567-572. [Korean Literature]
- Wang, S (1998). *China red data book of endangered animals (mammal volume)*. Science Press, Beijing.
- Yeom, CH, Lim, YM, Chae, SM and Lee, CH (2011). Study on Nitrogen-Phosphorus Absorption and Growth of Seedling of *Prunus serrulata* var. *serrulata* f. *spontanea* (E.H. Wilson) C. S. Chang by Treatment with Dried Swine Excrement. *J. Korean Env. Res. Tech.* 14(6), pp. 17-27. [Korean Literature]
- Yeum, JH (2009). *A Study on Ramsar Site Designation and Management Method of Jang Hang Estuary Wetland, Han River, Korea*, Master's thesis, The University of Seoul, Seoul, Korea. [Korean Literature]
- Yun, SG, Jung, KY and Yoo, SH (1993). Transformation of Nitrogen Derived from Solid Piggery Manure in Soil under Aerobic or Anaerobic Incubation Condition. *Korean J. Soil Sci. Fert.*, 26(2), pp. 121-126. [Korean Literature]
- Zhang, ED and Guo, GP (2000). Poaching as a major threat on Chinese water deer in Zhoushan Archipelago. *Deer*. 11, 413-414.
- 논문접수일 : 2014년 08월 22일
○ 심사의뢰일 : 2014년 08월 27일
○ 심사완료일 : 2014년 11월 17일