Journal of Environmental Science International
30(2); 145~152; February 2021

pISSN: 1225-4517 eISSN: 2287-3503
https://doi.org/10.5322/JESI.2021.30.2.145

ORIGINAL ARTICLE

고랭지 농업에서 알팔파 재배가 토양유실 및 옥수수 생산에 미치는 영향

백계령*・이정태
국립식량과학원 고령지농업연구소

Effects of Alfalfa Cultivation on Soil Erosion and Maize Production in Highland Agriculture

Bak Gyeryeong*, Lee Jeong-Tae
Highland Agriculture Research Institute, National Institute of Crop Science, Pyeongchang 25342, Korea

Abstract

Soil conservation management is necessary for sustainable agriculture, in highland areas, and cover crops are one of the best soil conservation methods for slopes. In this study, we evaluated the effects of alfalfa cultivation on maize production, as well as soil conservation and quality. There was an outstanding soil conservation effect with alfalfa cultivation in the fallow and maize growing seasons. In particular, alfalfa cultivation reduced soil loss by up to 98% compared with bare field. It also increased the activities of soil microorganisms and the supply of organic matter. Maize production with alfalfa cultivation showed no significant differences in yield. In conclusion, alfalfa is an advantageous perennial cover crop in highland agricultural slope areas, which can have positive effects on soil quality and conservation, as well as maize production.

Key words : Alfalfa, Cover crop, Highland agriculture, Soil erosion, Maize

1. 서 론

고랭지(高冷地)농업이란 해발고도가 높아서 일반적으로 여름철이 서늘한 지역에서 이루어지는 농업을 말하며, 우리나라에서는 해발고도 600 m 이상의 지대에서 행해지는 농업을 고랭지농업이라고 한다. 우리나라에서 고랭지농업은 전국 경지면적 중 약 3.5%(74,000 ha)로 백두대간을 중심으로 강원도, 경상북도, 전라북도 등지에 분포되어 있으며, 특히 강원도가 그 중 약 80%를 차지하고 있다(Park et al., 2004). 강원도 고랭지 밭의 경사도 별 분포 비율을 보면 경사 15% 이상인 밭이 고랭지밭의 47.4%로 매년 ha 당 30~80 톤의 막대한 양의 토양이 유실되고 있다. 고랭지 경사밭의 유효토심을 조사한 결과 1970년대 중반에는 150 cm 였던 것이 최근에는 30 cm 내외로 얕아졌으며, 7~8%에 달했던 유기물 함량도 3% 내외로 떨어져 농업생산기반이 악화되었음을 알 수 있다(Shin et al., 2005). 그러므로 고랭지 밭에서 지속적인 농업을 하기 위해서는 토양을 보전하고 지력을 회복시키기

Received 28 November, 2020; **Revised** 27 January, 2021; **Accepted** 28 January, 2021
***Corresponding author**: Bak Gyeryeong, Highland Agriculture Research Institute, National Institute of Crop Science, Pyeongchang 25342, Korea
Phone: +82-33-330-1950
E-mail: bgl1228@korea.kr

ⓒ The Korean Environmental Sciences Society. All rights reserved.
This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

위한 노력이 필요하다.

고랭지 경사밭의 토양유실은 비옥한 토양의 유실로 인한 농업생산기반을 약화시킬 뿐 아니라 토양과 함께 농약이나 비료성분 등이 유출되어 수질을 오염시키는데, 많은 고랭지 밭은 주요 수계 상류지역에 분포되어 있어 토양유실을 저감시키는 것은 환경적인 측면에서도 중요하다(Lee et al., 2005a).

피복작물의 재배는 토양유실을 줄일 수 있을 뿐 아니라 양분공급효과, 잡초방제, 토양물리성 개선 등 다양한 효과를 기대할 수 있다. 우리나라 농경지에서는 비료공급, 토양물리성개선, 잡초방제를 목적으로 호밀, 수단그라스 등의 화본과와 헤어리베치, 자운영 등의 콩과 작물을 이용하고 있다(Cho et al., 2014).

고랭지는 무상기간이 짧아서 주로 5월~9월에 작물을 재배하게 된다. 피복작물을 도입할 경우 주작물 수확 후 파종하여 이듬해 5,6월에 토양에 환원하게 된다. 겨울이 길고 최저온도가 영하 25°C 이하로 춥기 때문에 고랭지 농업에 적용하기 위해서는 피복작물의 내한성이 매우 중요하다(Lee et al., 2005b). 고랭지에서 작물 수확 후 피복작물로 호밀을 파종할 경우 작물 휴한기 토양유실량을 줄일 수 있고, 토양물리성도 개선할 수 있다고 하였다. 또한, 유기물 공급효과가 있어 이듬해 작물 재배 시 나지와 비교하여 주작물의 증수효과를 볼 수 있었다(Zhang et al., 2007). 다년생 피복작물을 작물 재배 기간을 포함하여 연중 함께 재배하는 동반재배(living mulching) 방법은(Hartwig and Ammon, 2002) 토양유실량을 보다 효과적으로 줄일 수 있다. 우리나라에서 피복작물과의 동반재배는 주로 과수원에서 토양을 보전하기 위해 수행하고 있지만, 국외에서는 포도나무, 야자수, 코코아, 커피나무 등의 목본류 뿐 아니라(Bornemisza 1982; Hashim et al., 1995) 감자, 양배추, 옥수수 등의 작물과 함께 피복작물을 재배함으로써 토양보전, 잡초억제, 토양의 질 향상 등의 효과를 확인하였다(Hartwig and Ammon, 2002). 그러나 작물과 함께 재배할 경우에는 피복작물이 작물의 수량이나 생육에 미치는 영향을 고려해야 한다.

다년생식물인 알팔파(*Medicago sativa* L.)는 주로 가축의 사료로 많이 이용되고 있는데, 척박한 토양에서도 생육이 좋고 내한성도 뛰어난 편으로 알려져 있다. 또한 뿌리가 깊어 토양물리성을 개선할 수 있으며, 콩과 작물로 토양에 환원할 경우 높은 양분공급효과를 기대할 수 있다. 국외에서는 콩, 옥수수, 배추, 감자 등을 재배할 때 피복작물로 알팔파를 활용하였을 시 토양유실경감, 잡초억제, 선충 억제, 토양 내 유기물 증가, 토양물리성 개선 등에 효과적이었다는 연구결과가 있었다(Snapp et al., 2005).

본 연구에서는 고랭지농업의 토양보전을 위한 피복작물로 알팔파를 도입할 경우 토양보전효과를 평가하였으며, 비료를 많이 요구하는 옥수수와 함께 재배할 경우 옥수수의 생산에 미치는 영향을 분석하였다.

2. 재료 및 방법

2.1. 시험포장 조성

본 연구의 시험포장은 강원도 평창군 대관령면에 위치하고, 평지 포장(flat field)과 2%, 7%, 15%의 라이시미터를 활용한 경사지 포장(slope field)으로 구성되어 있으며, 두 포장의 토성은 사양토이다. 평지 포장은 각 시험구가 4 × 5 m^2 크기로 시험 대상인 알팔파의 월동능력과 알팔파와 옥수수를 동반재배할 경우 알팔파 재배가 옥수수 생산에 미치는 영향을 평가하였다. 경사지 포장은 각 시험구가 4 × 11.11 m^2 크기로 2017년도부터 조성되어 2019년도에 강우 시 알팔파의 토양보전능력을 집중적으로 평가하였다. 처리는 평지 포장은 대조구로 나지 시험구를 두고 알팔파 시험구와 각 4반복으로 조성하여 비교하였으며, 경사지 포장은 대조구로 나지 시험구와 호밀 시험구를 조성하여 알팔파 시험구를 평가하였고, 각 경사도에서 반복은 없었다. 시험에 사용된 알팔파는 버날 품종을 10 a 당 3 kg 기준으로 평지 포장과 경사지 포장 모두 2017년도 10월에 파종하였으며, 호밀은 앨본 품종으로 10 a 당 12 kg 기준으로 2018년도 10월에 경사지 포장에 파종하였다. 알팔파와 호밀을 재배하기 위한 추가적인 비료나 퇴비는 투입하지 않았다. 옥수수는 미백 2호 품종을 온실에서 약 2주간 육묘하여 6월 중순 60 × 25 cm 간격으로 정식하였으며, 두둑은 만들지 않았다. 표준시비량을 시비하였는데 10 a 당 기비 질소-인산-칼륨을 7.9-3-7.9 kg, 추비로 질소를 7.9 kg을 주었고, 9월 하순경에 조사 후 수확하였다. 나지 시험구는 잡초관리를 지속적으로 수행하여 잡초의 영향을 배제할 수 있도록 관리하였다.

2.2. 알팔파의 월동능력평가

알팔파는 2년 동안 월동 후 2019년 봄에 알팔파의 피복율, 월동 후 생체량을 측정하였으며, 식물체분석을 수행하였다. 알팔파의 피복율은 겨울이 지난 후 작물을 파종하기 전인 6월 초에 50 × 50 cm^2의 틀을 이용하여 각 시험구에서 5반복씩 측정하였고, 모눈종이를 이용해서 피복률을 계산하였으며, 채취한 식물은 10 a 당 생체량(kg)으로 환산하였다. 채취한 식물체 시료는 70°C의 열풍 건조기에서 48시간 이상 건조 후 분쇄한 식물체 시료를 농업과학기술원의 토양 및 식물체 표준법에 따라 분석하였다.

2.3. 토양시료 채취 및 분석방법

시험포장의 토양은 겨울이 지난 후 4월 하순에 채취하여 분석하였으며, 토양화학성, 생물성, 물리성을 분석하였다. 토양화학성은 시험 전 토양은 시험구 조성을 시작하는 2017년 4월에, 시험 후 토양은 알팔파가 2번의 겨울을 지난 후인 2019년 4월에 포스트 홀 핸드 오거(auger)를 사용하여 표토(0~15 cm)의 토양을 채취하였다. 토양시료는 동일 처리의 시험포장에서 5지점의 토양을 채취하여 시료봉투에 넣은 후 균일하게 혼합하였으며, 직사광선이 들어오지 않는 곳에서 2일간 말린 후 2 mm 체로 쳐서 분석시료로 사용하여 각 처리 당 5반복으로 분석하였다. 분석항목은 토성, pH, 유기물함량, 유효인산(Av. P_2O_5), 치환성 양이온(K, Ca, Mg), EC 였으며, 토성은 비중계법, 토양 양분은 농업과학기술원 토양 및 식물체 분석법에 준하여 pH와 전기전도도(EC: Electric Conductivity)는 초자전극법, 유기물함량은 Vario Max (Hanau, Germany) CN으로 탄소함량을 측정 후 환산, 유효인산함량은 Lancaster 방법에 따라 UV 720 nm (UV/VIS spectrometer, Lamda 25, Perkinelmer Co., Norwalk, CT, USA)에서 측정, 치환성 양이온함량은 1 M의 NH_4OAc 추출액으로 침출하여 유도결합질량분석기(Inductively Coupled Plasma Spectrometer, Optima 2100DV, PerkinElmer Co.)로 분석하였으며, 2018년과 2019년 4월 하순에 채취한 토양은 시험토양의 미생물활성도를 측정하기 위해 2,3,5-triphenyl -tetrazolium chloride (TTC)를 기질로 사용하는 탈수소효소활성법(dehydrogenase activity analysis)를 이용하여 각 처리 당 3반복으로 측정하였다. 채취한 토양시료는 만 24시간 동안 음건한 후 2 mm 체로 쳐서 준비하였으며, 토양시료 6 g과 $CaCO_3$ 0.06 g을 혼합한 후 1 ml의 3% TTC 용액과 2.5 ml의 증류수를 가한다. 시료와 용액을 잘 섞어준 후 37°C에서 24시간 배양 후 methanol을 Whatman No.2 여과지에 여과시켜 100 ml까지 채운 후 485 nm(UV/VIS spectrometer, Lambda 25, Perkinelmer Co., Norwalk, CT, USA)에서 측정하여 24시간동안 탈수소효소에 의해 환원된 TPF (1,3,5-triphenylformazan)의 값으로 환산하였다.

토양 물리성은 100 cm^3코어(Core)를 이용하여 각 처리 당 3반복으로 깊이 10~15 cm 를 표토로 20~25 cm 를 심토로 하여 토양시료를 채취하였고, 채취 후 105℃에서 건조 후 무게를 측정하는 방식으로 표토와 심토의 용적밀도, 공극율을 구하였고, 농업과학기술원의 토양 및 식물체 표준법(NAAS, 2010)에 따라 토성은 피펫법으로 입자분포를 조사한 후 토성삼각도를 이용하여 결정하였다. 토양 경도는 관입식 경도계인 penetrologger (Eijkelkamp agrisearch equipment, Giesbeek, Netherlands)를 이용하여 각 처리 당 3반복으로 하여 원추부를 토양 중에 관입하여 깊이에 대한 관입저항을 측정하는 Penetrograph법을 사용하였다.

2.4. 옥수수 생육 및 수량조사

옥수수의 중간생육조사 및 수확조사는 농업과학기술연구조사분석기준(RDA, 2012)에 따라 수행되었다. 옥수수를 6월 중순에 정식하였기 때문에 수확조사는 수확기(정식 후 약 100일, 9월 하순)에 초장과 식물체의 무게를 처리 당 10주씩 측정하였으며, 초장은 지상부에서 옥수수의 최선단까지의 길이를 측정하였고, 이삭조사는 이삭이 맺힌 길이와 이삭무게를 측정하고 상품수량은 이삭무게를 10 a 당 수량 (kg)으로 환산하였다.

2.5. 토양유실량 측정 및 토양침식성인자(R) 산출

경사지 포장의 각 시험구는 4 × 11.11 m^2의 크기로 조성되었으며, 강우 시 유실되는 흙탕물을 모으는 통이 경사 아래에 설치되어 있다. 다량의 흙탕물이 유실될 경우 집수통이 흘러넘칠 것에 대비하여 배율이 20%인 물레가 설치되어 있으며, 강우 시 시험구에서 유실된 흙탕물은 집수통에 모이게 되며, 흙이 충분히 가라앉은 후 집수된 물과 토양을 각각 측정하여 물레 배율을 고려하여 ha 기준으로 환산하였다. 옥수수를 재배하는 작물 생육기

Table 1. The characteristics of Alfalfa after over-wintering on June

Coverage rate (%)	T-N (%)	T-C (%)	C/N	Total fresh weight(kg/10a)
100 %	3.7	43.0	11.6	4,566

Table 2. Soil chemical properties of experimental field

Sampling time	Treatment	pH (1:5)	O.M. (g/kg)	P_2O_5 (mg/kg)	K	Ca	Mg	Na	EC (dS/m)
					cmol/kg				
Before experiment	Pre-processing	6.7	28.9	257	0.4	9.3	1.6	0.1	0.2
2 years after	Bare field	6.8	31.4	265	0.4	9.1	1.8	0.1	0.2
	Alfalfa	6.7	41.4	208	0.7	8.7	1.8	0.1	0.2

* Each value is average of 5 replications

(growing season)와 옥수수를 재배하지 않는 휴한기(fallow season)로 나누어서 자료를 제시하였으며 각 조사시기 중 강수량을 고려하여 3번의 시기를 선정하여 나타내었다. 토양침식성 인자(R)은 미국 농무성의 토양유실예측공식(universal soil loss equation)에서 강우강도를 고려한 인자로 계산식은 다음과 같다.

$$R(MJ^{-mm}) = \Sigma \text{ 단일강우에 대한 강우운동에너지} \\ (\Sigma(e \cdot I \cdot t)) \times 30\text{분 최대강우강도}(I30)\}$$

본 연구에서는 기상청에서 제공하는 대관령기상대의 강우량 자료를 활용하였으며 한번 강우가 올 시 강우가 그칠 때까지를 기준으로 계산하였다.

2.6. 통계분석

모든 조사자료는 통계분석을 통해 유의성 검정을 수행하였다. 평지 포장의 경우 알팔파 처리구와 나지 처리구의 두 개 처리구로 토양 미생물활성, 옥수수 생산성과 관련하여 t-검정을 하였고, 토양 화학성, 물리성의 조사값은 각 반복의 평균값을 표시하였다. 경사지 포장의 경우 각 경사도에서 처리 당 반복이 없어 유의성 분석을 수행하지 못하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 알팔파의 고랭지 적응 및 특성

겨울이 지난 후 옥수수를 심기 전인 6월에 알팔파의 피복율을 조사하였고, 이 때 알팔파의 식물체를 분석한 자료를 Table 1에 나타내었다. 알팔파는 겨울철 최저기온이 -25°C 이하로 내려가는 고랭지에 잘 적응하여 이듬해 6월 초순에는100%의 피복율을 보였다. 콩과 작물인 알팔파는 겨울철에 잘 적응하고 식물체 중 질소함량이 높아서(Bélanger et al., 1999; Seppänen et al., 2018) 북방 농업에 유용하게 활용될 수 있음이 보고되어 왔는데, 본 연구에서도 알팔파의 질소함유량이 3.7%로 높고, 탄질률도 11.6으로 나타나 토양에 환원할 경우 작물 재배 시 좋은 유기물 공급원이 될 것으로 판단된다.

3.2. 알팔파재배가 토양에 미치는 영향

시험 포장의 연구기간 중 토양 화학성 정보는 평지 포장에서 수행하였으며 Table 2에 나타내었다. 옥수수 재배 시 나지와 알팔파 시험구의 시비량이 동일하였는데 알팔파를 2년간 재배한 시험구에서는 나지 시험구와 비교하여 토양 내 유기물 함량이 28.9 g/kg에서 41.4 g/kg으로 크게 증가하여 알팔파 투입 시 토양 내 유기물이 증가하였다는 선행연구들과도 일치하는 경향을 보였다(Utomo et al., 1990; Griffin et al., 2000).

평지 포장에서 나지 시험구와 알팔파 시험구의 표토와 심토의 토양물리성을 조사한 결과(Table 3), 표토와 심토 모두 나지 시험구에서 알팔파 시험구보다 높은 공극률과 낮은 용적밀도값을 나타냈으나 알팔파 시험구의 액상률은 표토와 심토 모두 나지 시험구보다 높게 나타났다. 알팔파 피복은 토양 중 수분의 증발산을 억제하고(Prasad and Power, 1991), 알팔파의 뿌리가 액상 공극을

Table 3. Soil physical properties of experimental flat field on April 2019

Treatment	Soil depth(cm)	Soil texture	Soil hardness (Mpa)	Soil bulk density (g/mL)	Three phases of soil(%)		
					solid	air	liquid
Bare field	5~10	Sandy loam	1.4	1.17	45.1	33.4	21.5
	25~30	Sandy loam	2.9	1.52	58.7	14.0	27.3
Alfalfa	5~10	Sandy loam	1.3	1.25	47.9	25.2	26.9
	25~30	Sandy loam	2.9	1.57	60.2	10.9	28.9

* Each value is average of 3 replications

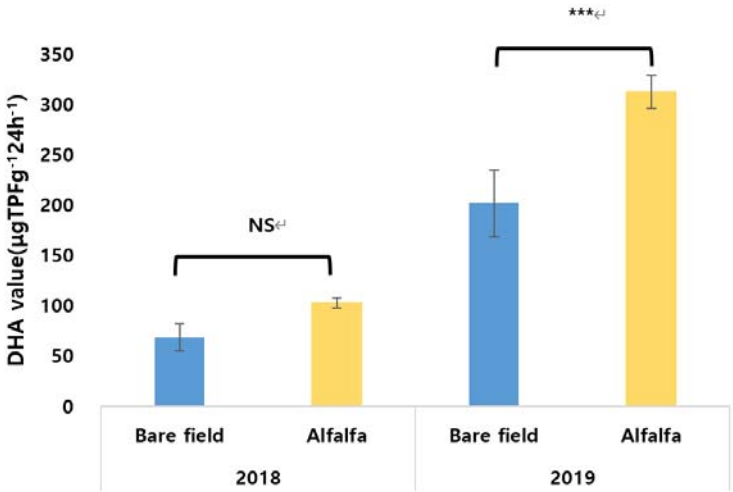

Fig. 1. Microorganism activities of Alfalfa treatment (T-test, NS: no significance, ***p value< 0.01, 3 replications).

증진시켰다는 보고와 일치하는 경향을 보였다(Rasse et al., 2000). 알팔파 시험구보다 나지 시험구에서 높은 공극률을 보인 것은 두 시험구의 경운작업의 차이와 알팔파의 뿌리가 토양 전반에 걸쳐 남아있었기 때문으로 추측된다. 나지 시험구는 일반 경운작업을 수행하였고, 알팔파 시험구는 옥수수 정식 시 최소경운작업기를 사용하였다. 경운작업은 토양 공극을 증가시키지만(Lee et al., 2006) 경사밭에서 로터리경운작업은 토양유실량을 증가시키기 때문에 최근에는 토양보전을 위해 경사밭에서는 무경운 혹은 최소경운을 할 것을 제안하고 있다(Lee et al., 2015).

토양의 질을 평가하는 지표 중 하나인 토양 생물학적 지표에서는 토양 중에 있는 미생물의 양과 그들의 활성 등을 측정하여 평가한다(Yoon et al., 2002). 알팔파를 재배할 경우 나지시험구와 비교하여 더 높은 미생물활성(DHA)값을 보인다(Fig. 1). 식물체의 뿌리에서는 여러 가지 물질이 배출되는데 이로 인해 식물이 재배되지 않는 토양보다 많은 미생물이 서식하게 되고, 미생물의 활성이 증가하게 된다(David et al., 2005). 알팔파 시험구의 미생물 활성값이 높게 나타난 것은 알팔파 시험구의 유기물 함량이 알팔파 재배로 인해 나지 시험구보다 높은 것과, 알팔파 뿌리에서 배출되는 물질들로 인해 나지 시험구보다 증가한 미생물 활성값을 보이는 것으로 생각된다.

3.3. 경사밭 알팔파 재배의 토양보전 효과

나지에 비해 토양유실을 90%이상 경감시키는 효과가 있는 것으로 알려진 호밀 시험구(Lee et al., 2005a)와 나지 시험구를 대조구로 하여 작물 휴한기와 재배기의 강우 시 알팔파의 토양보전 효과를 2%, 7%, 15% 경사지 포장에서 토양유실량을 측정하여 시험하였다(Table 4).

Table 4. The soil conservation effects of Alfalfa cultivation on agricultural slope field

	Treatment	Soil loss weight (ton/ha)			Precipitation (mm)	R (MJ-mm)
		2%	7%	15%		
Fallow season	Bare field	0.344	0.444	1.248	32.7	91.0
	Rye	0.032	0.043	0.042		
	Alfalfa	0.006	0.019	0.012		
	Bare field	0.065	0.962	1.773	125.8	228.7
	Rye	0.037	0.124	0.258		
	Alfalfa	0.017	0.016	0.182		
	Bare field	0.655	2.839	7.566	162.2	684.1
	Rye	0.081	0.793	1.544		
	Alfalfa	0.046	0.086	1.051		
Sum of 3 events on fallow season	Bare field	1.064	4.245	10.587	-	-
	Rye	0.150	0.960	1.844		
	Alfalfa	0.069	0.121	1.245		
Growing season	Bare field	0.030	0.383	0.446	91.6	35.3
	Rye	0.015	0.029	0.007		
	Alfalfa	0.006	0.005	0.001		
	Bare field	0.094	0.149	0.532	31.9	103.0
	Rye	0.010	0.019	0.013		
	Alfalfa	0.003	0.009	0.004		
	Bare field	1.176	6.094	30.060	105.2	957.1
	Rye	0.112	0.693	1.893		
	Alfalfa	0.182	0.453	0.497		
Sum of 3 events on growing season	Bare field	1.30	6.62	31.04	-	-
	Rye	0.14	0.74	1.91		
	Alfalfa	0.19	0.46	0.50		

호밀과 알팔파를 재배하는 시험구의 경우 강우 강도가 약할 때는 경사가 가팔라져도 평지인 2% 시험구와 비교하여 유실되는 토양의 양이 큰 차이가 없으나 피복작물을 재배하지 않은 나지의 경우 경사가 가팔라질수록 강우 강도가 강해질수록 많은 양의 토양이 유실되는 것을 알 수 있었다. 나지 시험구에서의 토양유실량은 옥수수가 재배되는 생육기에 휴한기보다 많은 양이 유실되었는데, 이는 등고선을 따라 두둑을 세우는 재배 관리를 하지 않았기 때문으로 판단된다.

옥수수가 재배되지 않는 휴한기에 7% 경사에서는 피복작물 없이 옥수수만 단독으로 심겨져 있는 나지 시험구와 비교하여 호밀 시험구와 알팔파 시험구의 토양유실량은 각각 73%, 97% 감소하였으며, 15% 경사에서는 토양유실량을 각각 83%, 88% 저감할 수 있었다. 옥수수가 재배되고 있는 생육기에는 7% 경사에서는 나지 시험구와 비교해서 호밀 시험구와 알팔파 시험구가 각각 89%, 93%, 15% 경사에서는 각각 94%, 98% 감소된 토양유실량을 보여 나지 시험구와 비교해 볼 때 알팔파 시험구의 토양유실저감효과가 가장 클 때는 15% 경사에서 옥수수를 알팔파와 동반재배 할 때였다.

특히 작물을 재배하지 않을 때는 나지구의 토양유실량과 비교했을 때 호밀 시험구와 알팔파 시험구의 토양유실량이 15% 경사에서 최대 약 1/30배, 약 1/100배를 보여 경사밭에서 알팔파를 재배하면 토양유실을 크게

Table 5. The characteristics of maize growth and yield on flat field at harvest stage
(T-test, NS: no significance, * p value<0.05, *** p value<0.01)

Treatment	Plant		Corn			
	Total weight	Height (cm)	Length (cm)	Width (cm)	weight(g)	Commercial yield(kg/ha)
Bare field	394.4 ± 53.7	193.4 ±7.3	20.3 ± 0.8	4.4 ± 0.2	198.4 ± 15.4	1,322
Alfalfa	307.4 ± 50.0	190.2 ± 4.5	19.7 ± 1.1	4.6 ± 0.2	201.9 ± 18.5	1,346
T-test	*	NS	NS	***	NS	

* Each value is average of 10 replications

줄일 수 있다는 Sturgul 등(1990)의 연구결과와 일치하였다. 그러나 알팔파는 외래종으로 고랭지 밭에 적용하기 전에 추가적인 검토를 통해 생태계에 미치는 영향 등을 고려해야 할 필요가 있다.

3.4. 알팔파 재배가 옥수수 수량에 미치는 영향

옥수수의 수확조사 결과 식물체의 초장은 차이가 나지 않았고, 식물체 생체중은 나지 시험구에서 더 높았으며, 옥수수 이삭의 길이는 알팔파 시험구에서 더 길었다(Table 5). 그러나 두 시험구 간의 옥수수 이삭의 수량은 유의한 차이를 보이지 않았다. 피복작물이 옥수수 재배에 미치는 영향을 연구한 선행연구에서도 안정적인 옥수수 생산을 위해서는 호밀과 같은 화본과 피복작물보다는 알팔파 등의 콩과 작물을 활용하는 것이 좋으며(McVay et al., 1989; Griffin et al., 2000), 특히 알팔파를 토양에 환원할 경우 추가적인 질소비료를 시비하지 않아도 높은 옥수수 생산량을 보여(Hesterman et al., 1986; Griffin et al., 2000) 옥수수 재배 시 알팔파를 피복작물로 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

4. 결 론

고랭지 경사밭 옥수수 재배 시 다년생 피복작물로 알팔파를 동반재배할 경우 작물 재배기 및 휴한기의 토양 보전효과와 토양 및 옥수수 생육에 미치는 영향에 대해 연구한 결과는 다음과 같다. 알팔파를 피복작물로 동반재배할 경우 피복작물을 재배하지 않았을 경우와 비교하여 토양유실량을 최대 98%까지 줄일 수 있으며, 특히 작물 휴한기에 더 높은 효과를 볼 수 있다. 또한 알팔파를 토양에 환원할 경우 토양유기물을 증진시키고 미생물활성도를 높여서 장기적으로 농경지에서 알팔파를 재배할 경우 토양의 질을 높일 수 있다고 판단된다. 알팔파와 옥수수를 동반재배할 경우 이삭수량에는 큰 영향을 미치지 않아 옥수수 재배 시 고랭지 경사밭에 적용 가능한 다년생 피복작물로 판단된다.

감사의 글

이 논문은 농촌진흥청 연구사업 “한반도 통일대비 북방지역 지력증진 및 경사지 포장관리 기술 개발” 과제(과제번호: PJ01266701) 연구비에 의하여 지원되었음.

REFERENCES

Bélanger, G., Kunelius, T., McKenzie, D., Papadopoulos, Y., Thomas, B., McRae, K., Fillmore, S., Christie, B., 1999, Fall cutting management affects yield and persistence of alfalfa in Atlantic Canada, Can. J. Plant Sci., 79(1), 57-63.

Bornemisza, E., 1982, Nitrogen cycling in coffee plantations, Plant. Soil., 67(1-3), 241-246.

Cho, H. S., Seong, K. Y., Park, T. S., Seo, M. C., Kim, M. H., Kang, H. W., 2014, The characteristics of growth and green manure yield by different kinds of landscape crops cultivated in summer in upland soil. Korean. J. Soil. Sci. Fert., 47(5), 324-331.

David, M. S., Jeffry, J. F., Peter, G. H, David, A. Z., 2005, Principles and Applications of soil microbiology, 2nd ed, Pearson Educatio Inc., Upper Saddle River, Chapter 17, 389-407.

Griffin, T., Liebman, M., Jemison, J., 2000, Cover crops for sweet corn production in a short-season environment,

Agron. J.ournal., 92(1), 144-151.

Hartwig, N. L., Ammon, H. U., 2002, Cover crops and living mulches, Weed. Sci., 50(6), 688-699.

Hashim, G. M., Ciesiolka, C. A. A., Yusoff, W. A., Nafis, A. W., Mispan, M. R., Rose, C. W., Coughlan, K. J., 1995, Soil erosion processes in sloping land in the east coast of Peninsular Malaysia. Soil. Technol., 8(3), 215-233.

Hesterman, O. B., Sheaffer, C. C., Barnes, D. K., Lueschen, W. E., Ford, J. H., 1986, Alfalfa dry matter and nitrogen production, and fertilizer nitrogen response in legume-corn rotations, Agron. J., 78(1), 19-23

Lee, G. J., Park, C. S., Lee, J. T., Zhang, Y. S., Jin, Y. I., Hwang, S. W., 2005a, Reduction of soil loss by rod culture of rye and corn on radish in Daegwallyeong highland, International symposium & conference of the Plant Resources Society of Korea, Korea, 125.

Lee, J. T., Lee, G. J., Park, C. S., Hwang, S. W., Yeoung, Y. R., 2005b, Effect of hairy vetch (*Vicia villosa* Roth) sod culture on reducing soil loss and providing nitrogen for chinese cabbage in highland, Korean. J. Soil. Sci. Fert., 38(5), 294-300.

Lee, S. B., Kim, B. S., Kang, J. G., Kim, S., Kim, J. D., 2006, Effects of barley straw application and tillage method on soil physical property and soybean yield in paddy field, Korean. J. Crop. Sci., 51(7), 593-598.

Lee, S. I., Won, C. H., Shin, M. H., Shin, J. Y., Jeon, J. H., Choi, J. D., 2015, Analysis of NPS pollution reduction from no-till field, J. Korean. Soc. Agr. Eng., 57(4), 51-59.

McVay, K. A., Ross, E., Amadon, J., 1989, Winter legume effects on soil properties and nitrogen fertilizer requirements, Soil. Sci. Soc. Am. J., 53(6), 1856-1862.

NAAS (National Academy of Agricultural Science), 2010, Methods of soil chemical analysis, Rural development administration, Korea, ISBN: 978-89-480-0913-2 93520.

Park, D. S., Kim, T. H., Kim, S. S., Lee, S. M., Kim, S. M., Hur, J. H., 2004, Monitoring of pesticide residues at alpine and sloped land in Gangwondo, Korean. J. Pesticide. Sci., 8(3), 189-197.

Prasad, R., Power, J. F., 1991, Crop residue management, Advances in Soil Science, Springer, New York, 205-251.

Rasse, D. P., Smucker, A. J. M., Santos, D., 2000, Alfalfa root and shoot mulching effects on soil hydraulic properties and aggregation, Sci. Soc. Am. J., 64(2), 725-731.

Seppänen, M. M., Alitalo, V., Bäckström, H. K., Mäkiniemi, K., Jokela, V., Falghera-Winseman, L., Khazaei, H., 2018, Growth, freezing tolerance, and yield performance of alfalfa (*Medicago sativa* L.) cultivars grown under controlled and field conditions in northern latitudes, Can. J. Plant. Sci., 98(5), 1109-1118.

Shin, Y. K., Kim, C. G., Kim, T. Y., Joo, J. H., 2005, A Basic study for environmentally friendly reorganization of highland agriculture, R517, Korea Rural Economic Institute, Naju, Korea.

Snapp, S. S., Swinton, S. M., Labarta, R., Mutch, D., Black, J. R., Leep, R., Nyiraneza, J., O'Neil, K., 2005, Evaluating cover crops for benefits, costs and performance within cropping system niches, Agron. J., 97(1), 322-332.

Sturgul, S. J., Daniel, T. C., Mueller, D. H., 1990, Tillage and canopy cover effects on interrill erosion from first-year alfalfa, Soil. Sci. Soc. Am. J., 54(6),1733-1739.

Utomo, M., Frye, W. W., Bevins, R. L., 1990, Sustaining soil nitrogen for corn using hairy vetch cover crop, Agron. J., 82(5), 979-983.

Yoon, J. H., Kim, L. Y., Jung, P. K., Suh, J. S., Jun, H. J., 2002, Development of soil quality indicators, In Research of Agro-Environment Research, National Institute of Agricultural Science and Technology, Korea, 240-258.

Zhang, Y. S., Lee, G. J., Joo, J. H., Lee, J. T., Ahn, J. H., Park, C. S., 2007, Effect of winter rye cultivation to improve soil fertility and crop production in alpine upland in Korea, Korean. J. Environ. Agric., 26(4), 300-305.

• Researcher. Gye-Ryeong Bak
Highland Agriculture Research Institute, National Institute of Crop Science
bgl1228@korea.kr
• Researcher. Jeong-Tae Lee
Highland Agriculture Research Institute, National Institute of Crop Science
leejt@korea.kr