

친환경 고추 재배에서 유박 비료 대체재로서 동계 풋거름 작물의 이용 가능성 평가*

최장용** · 윤여욱*** · 이진일**** · 홍기흥**** · 강영식*****

Evaluation of Winter Green Manure Crops as Alternative of Expeller Cake Fertilizer on Environment-friendly Red Pepper Production

Choi, Jang-Yong · Yun, Yeo-Uk · Lee, Jin-Il ·
Hong, Ki-Heung · Kang, Young-Sik

This study was conducted to find out that winter green manure crops could be efficient replacements of expeller cake fertilizers, which were mostly imported, on environment-friendly red pepper production. Four treatments were compared under the condition of plastic film house: 1) barley (B); 2) hairy vetch (HV); 3) mixtures of barley and hairy vetch (B/HV); 4) expeller cake (EC). Total nitrogen content in hairy vetch was 3.6%, which was higher than 1.5~1.8% in barley and mixtures of barley and hairy vetch. P₂O₅ and K₂O contents were similar in all green manures. Supplying amount of nitrogen from B, HV and B/HV plot, which were 172 kg ha⁻¹, 193 kg ha⁻¹, and 198 kg ha⁻¹, were higher than amount of basal nitrogen required by soil testing but were lower than that of total nitrogen, respectively. Among the green manure crops, C/N ratio of HV was the lowest at 11.8, showing a similar value to that of expeller cake, but that of B was the highest at 30.6. Total yield was no significant difference in all treatment plots although B/HV plot showed the highest yield, but initial yield in B plot with high C/N ratio was lower than that in EC plot.

Key words : *expeller cake, green manure, nitrogen fertilizer, red pepper*

* 본 연구는 충청남도농업기술원 연구개발사업(과제번호: LP0038382018)의 연구비 지원으로 수행되었음.

** Corresponding author, 충청남도농업기술원 기술개발국 친환경농업과(jang4757@korea.kr)

*** 공주대학교 원예학과 박사과정

**** 충청남도농업기술원 기술개발국 친환경농업과

***** 충청남도농업기술원 기술개발국 작물연구과

I. 서 론

고추(*Capsicum annuum* L.)는 우리나라의 중요한 양념채소로 같은 장소에서 매년 동일한 비료와 유기자재를 이용하여 재배되며, 과도한 투입으로 토양 내의 양분 불균형이 초래되기도 한다(Park et al., 2009). 정부는 농업의 환경보전기능 강화를 위해 제5차 친환경농업 육성 5개년 계획에 따라 ha당 화학비료 사용량을 2025년까지 233 kg로 감축하는 목표를 설정하고, 이를 위해 친환경 농자재 지원 사업으로 유기질비료 공급을 지원하고 있다(MAFRA, 2021).

유기질비료는 부산물비료에 비해 양분함량이 높고 속효성인 특성이 있어 유기농업 실천 농가에서 화학비료 대체제로 사용되고 있다(Kim et al., 2018). 유기질비료와 관련하여 많은 연구자들이 유기질비료의 비료 성분 분포 특성, 토양환경 개선 및 작물 생산성 증가에 미치는 영향을 평가 하였다(Yun et al., 2011; Kim et al., 2014; Kim et al., 2018). 채종 유박은 발작물의 생육 안정과 생산성을 증가시키지만, 장기 연용 재배지에서 토양 유기물의 함량 변화가 미미하였고(Lee, 2009), 장기간 유기질비료의 과다 사용 시 과잉 양분의 용탈로 수계오염과 토양 내 염류집적을 유발할 수 있다(Lee et al., 2004; Lee et al., 2015). 이와 함께 현재 이용되는 유박 비료는 원료가 대부분 수입되고 있어 이를 대체하기 위해 풋거름작물을 활용한 양분 순환 체계 구축에 대한 필요성이 제기되고 있다(An et al., 2019).

국제유기농업연맹(IFORM)과 Codex의 유기식품 규격은 토양비옥도의 유지와 증진을 위해 풋거름작물 재배를 필수사항으로 규정하고 있으며(Ryoo, 2008), 우리나라도 『친환경농업 육성 및 유기식품 등의 관리지원에 관한 법률』에 근거한 친환경농축산물 및 유기식품 등의 인증에 관한 세부실시 요령(국립농산물품질관리원 고시 제2017-32호)에 따라 유기 농작물 재배 시 두과작물, 풋거름작물 등을 이용하여 적절하게 윤작계획을 이행하도록 규정하고 있다. 하지만 국내 유기 농가는 토양 양분관리를 위해서 주로 가축분퇴비(40%)나 유기질비료(39%) 등의 자재를 주로 사용하고 풋거름작물 재배(3%) 활용은 다소 저조하다(Lee et al., 2018).

풋거름작물은 토양의 물리적 환경개선, 유기물함량 증진, 비료사용량 절감, 토양 염류집적 경감 등 다양한 측면에서 활용되고 있다(Cho et al., 2011). 풋거름작물로 이용되는 두과작물은 헤어리베치, 자운영, 네마장황 등이 있다. 이 작물들은 공중질소를 고정함으로써 식물체내 질소 함량이 높고 C/N율이 낮아 토양에 환원하면 짧은 기간에 분해되어 양분을 공급하기 때문에 토양에 많은 질소를 공급할 수 있으나 화분과작물에 비해 생체량이 적다(Cho et al., 2010; Kim et al., 2013; Hwang et al., 2015). 화분과작물은 보리, 호밀, 수단그라스 등이 있고 초기 생육속도가 빠르고 재배기간이 길어질수록 C/N율이 높아 토양 유기물 축적에 효과적이거나 후작물 생육초기에 질소기아현상이 발생할 수 있어 단독 사용 시 주의가 요구된다(Cho et al., 2011; Kim et al., 2013). 덩굴성인 두과작물은 화분과작물과 혼파하

면 직립성인 화분과작물을 지지대로 타고 올라 광합성효율이 좋아져 수량이 증가할 수 있으며, 공중 질소를 고정하는 뿌리혹의 무기화로 근권을 공유하는 화분과 작물도 질소 흡수가 증가되어 수량이 증가할 수 있다(Jeon et al., 2009).

따라서 본 연구는 비가림하우스에서 겨울철 휴한기에 동계 풋거름작물인 헤어리베치와 보리를 재배한 후 토양에 환원함으로써 후작으로 고추 친환경 재배 시 양분적으로 유박 비료를 대체할 수 있는지 알아보고자 수행하였다.

II. 재료 및 방법

1. 시험장소

본 시험은 충청남도농업기술원에서 조성한 비가림하우스 시험포장에서 겨울동안 풋거름 작물을 재배하고, 이듬해 봄에 풋거름작물을 토양에 환원한 후 고추를 재배하였다. 해당 시험포장은 2년간 칼슘 함량이 높은 친환경 퇴비를 사용하여 고추를 재배한 포장으로 시험전 토양화학성 분석결과 Table 1과 같이 토양 pH와 치환성 칼슘함량은 다소 높았으며, EC, 유효인산과 치환성 칼리함량이 적정 기준보다 다소 낮은 토양이었다.

Table 1. Chemical properties of soil before the experiment

Treatment	pH (1:5)	EC (ds m ⁻¹)	OM (g kg ⁻¹)	Av. P ₂ O ₅ (mg kg ⁻¹)	Ex. cation (cmol ⁺ kg ⁻¹)			Soil texture
					K	Ca	Mg	
Barley	8.1±0.1 ^z	0.88±0.31	25.3±1.3	315±66	0.42±0.10	10.1±0.8	1.7±0.1	Loam
Hairy vetch	7.8±0.1	1.03±0.37	24.4±2.7	384±49	0.47±0.10	9.9±0.4	1.9±0.1	
Mixtures of barley and hairy vetch	8.0±0.1	0.78±0.18	24.3±3.0	328±34	0.39±0.10	10.1±0.7	1.7±0.1	
Expeller cake	7.6±0.0	1.26±0.18	24.4±1.8	382±34	0.44±0.04	10.1±0.2	1.9±0.1	
Optimum range for hot pepper ^y	6.0~6.5	≤2.00	25.0~35.0	450~550	0.70~0.80	5.0~6.0	1.5~2.0	

Note: ^z Each value is in the mean of ± standard deviation.

^y NIAST(2010).

2. 풋거름작물 재배와 유박 시비

풋거름작물로는 화분과작물인 보리와 두과작물인 헤어리베치를 선택했다. 보리는 충남

농업기술원에서 ‘영양’ 품종을 분양받았고, 헤어리베치는 시중에 유통되고 있는 종자를 구입하여 사용하였다. 처리내용은 보리 단과구, 헤어리베치 단과구, 보리/헤어리베치 혼과구, 풋거름작물을 재배하지 않고 고추 재배전 유박을 사용한 유박 시용구 총 4처리를 두었으며, 각 처리는 난괴법 3반복으로 진행하였다. 풋거름작물은 2017년 11월 30일에 파종하였으며, 파종량은 ha당 보리는 180 kg, 헤어리베치는 60 kg을 파종하였고 보리/헤어리베치 혼과구는 보리 60 kg과 헤어리베치 40 kg을 혼합하여 파종하여 이듬해 4월 초까지 123일간 재배하였고, 토양환원 직전에 1 m²의 식물체를 수확하여 생육량과 식물체의 무기성분 함량 및 고정량을 조사하였다. 유박은 토양 질소 검정 후 시비처방에 의해 고추 재배 전 시비하였다.

3. 토양 및 식물체의 무기성분 분석

토양 및 식물체 무기성분 함량 분석은 농촌진흥청 농업과학기술원의 토양 및 식물체 분석법(NIAST, 2000)에 준하여 실시하였다. 토양시료 채취는 고추 재배가 끝난 후 표토 2 cm를 제거 후 15 cm 정도인 표층에서 채취하였다. 토양의 화학적 특성은 2 mm 체를 통과한 풍건시료로 토양과 증류수를 1:5 비율로 혼합하여 30분간 진탕시킨 후 pH와 EC를 측정하였고, 토양유기물은 Tyurin법(Tyurin, 1931), 유효인산은 Lancaster법(Cox, 2001), 치환성 양이온은 1N NH₄OAc (pH 7.0) 완충용액으로 침출하여 유도결합플라즈마분광광도계(ICP-OES 730-ES, Varian, USA)로 분석하였다. 식물체 분석은 풋거름 환원기와 고추 수확기에 식물체를 70°C에서 건조한 후 분쇄한 시료를 산 분해 용액(HClO₄:H₂SO₄=10:1)으로 습식 분해하여 질소는 Kjeldahl법(Kjeldahl, 1883), 인산은 Ammonium vanadate법(Gerick and Kurmies, 1952), 무기성분은 유도결합플라즈마분광광도계(ICP-OES 730-ES, Varian, USA)로 분석하였다.

4. 고추 재배

고추 정식은 풋거름작물 토양 환원 2주후인 2018년 4월 16일에 고추 ‘칼라킹’ 품종 90일 묘를 동일 포장에 150×40 cm 재식거리로 1 ha당 16,660주를 식재하였다. 재배기간 동안 작물 관수를 위해서 고추 옆에 점적관수시설을 설치하여 물 관리를 하였으며, 병해충방제는 일반 농가 관행재배 방법에 준하여 병해충 발생 시 적기 방제하였다. 고추 수량은 7월 4일부터 10월 20일까지 과정을 포함한 홍고추를 8회 수확하여 건조한 후, 초기 2회까지 수확하여 누계한 초기 수량과 총 수량을 나누어 평가하였다. 정식 95일 후에 초장, 간장, 경경, 분지수 등 중간 생육특성을 조사하였으며, 과실 특성으로는 수확기에 과장과 과정을 조사하였다. 고추의 수량 및 생육 특성은 재배방법별로 3반복 조사하여 통계 처리하였다. 생육시기에 따른 생육조사는 농업과학기술 연구조사 분석기준(RDA, 2012)에 준하여 수행하였다.

5. 통계분석

본 시험의 통계분석은 SAS 9.4 (Statistical Analysis System Institute Inc. Cary, USA) 프로그램을 이용하여 분석하였으며, 처리 간 유의성은 Duncan's Multiple Range Test를 이용하여 검정하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 풋거름 무기성분 함량 및 질소 공급량

풋거름작물의 비료 삼요소 공급량을 추정하기 위해 토양 환원전 조사한 무기성분 함량 및 C/N율은 Table 2와 같다. 총질소 함량은 두과 풋거름작물인 헤어리베치가 3.6% 수준으로 화분과 풋거름작물인 보리와 보리/헤어리베치를 혼파 재배한 혼용 풋거름작물의 1.5~1.8%보다 높았다. 인산과 칼리 함량은 모든 풋거름작물에서 비슷한 값을 보였다. Yang 등 (2011)의 실험에서 재배기간이 짧았던 헤어리베치와 보리에서 질소 함량 3.91~4.44%, 인산 함량 0.99~1.20%, 칼리 함량 4.68~4.76%으로 본 시험보다 높았으나 그 경향은 비슷하였고, Kang 등(2013)의 재배기간이 길었던 헤어리베치와 보리에서는 질소 함량 1.28~4.66%, 인산 함량 0.38~0.47%, 칼리 함량 1.45~2.40%로 본 시험의 결과와 비슷하였다. C/N율은 풋거름작물중 두과인 헤어리베치가 11.8로 가장 낮아 유박과 비슷한 값을 보였고 화분과인 보리는 30.6으로 가장 높았다.

Table 2. Nutrition composition and C/N ratio of green manure crops and expeller cake fertilizer

Treatment	Nutrition composition (%)			C/N ratio
	T-N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
Barley	1.5±0.1 ^z	0.5±0.1	1.8±0.1	30.6±2.4
Hairy vetch	3.6±0.1	0.4±0.1	2.1±0.1	11.8±0.1
Mixtures of barley and hairy vetch	1.8±0.1	0.4±0.1	1.9±0.1	24.4±1.0
Expeller cake	4.5±0.1	2.0±0.1	1.6±0.1	8.3±0.1

Note: ^z Each value is in the mean of ± standard deviation

풋거름작물의 건물수량은 Table 3와 같다. 보리 단파와 보리/헤어리베치 혼파에서 각각 11,280, 10,830 kg ha⁻¹로 수량이 높았으며, 두과인 헤어리베치에서 5,430 kg ha⁻¹로 가장 낮

은 수량을 보였다. 이 결과는 화분과작물이 함께 재배된 풋거름작물 처리구에서 생체량이 높다는 Yang 등(2011)과 Kim 등(2013)의 결과와 일치하였으며, 건물중의 차이는 재배기간과 재배환경의 차이로 생각되었다. Table 2의 처리구별 질소 성분 함량과 Table 3의 건물중을 이용하여 공급 가능한 질소량을 계산한 결과 보리/헤어리베치 혼파구에서 198 kg ha⁻¹로 질소 공급량이 가장 많았고 헤어리베치 단파구, 보리 단파구 순이었으며, 헤어리베치 단파구는 건물중이 보리 단파구의 절반 수준이었지만 전질소 함량이 높아 질소 공급량은 보리 단파구보다 많았다. 이 실험에서 모든 풋거름작물 처리구에서 공급된 질소 공급량은 토양 검정으로 요구되는 총 질소 요구량 269~289 kg ha⁻¹보다는 적었지만, 기비로 필요로 하는 질소 요구량 148~159 kg ha⁻¹보다 높았다.

Table 3. Dry weight of green manure crops and nitrogen supply amount by different treatments

Treatment	Dry weight	NSA*	ABNR*	ATNR*
	----- kg ha ⁻¹ -----			
Barley	11,230±810 ^z	172±4	155±9	282±17
Hairy vetch	5,430±120	193±6	148±9	269±17
Mixtures of barley and hairy vetch	10,830±90	198±10	159±6	289±10
Expeller cake	-	262±11	144±6	262±11

Note: ^z Each value is in the mean of ± standard deviation.

* NSA: nitrogen supply amount, ABNR: amount of basal nitrogen required by soil testing, ATNR : amount of total nitrogen required by soil testing.

2. 토양 화학성 변화

고추 재배 전 토양(Table 1)과 비교하여 유박시비 및 풋거름작물을 토양에 환원후 고추를 정식하여 재배한 후의 토양 화학성 변화를 조사한 결과는 Table 4와 같다. 토양 pH는 시설 고추 재배 적정 기준보다 높았던 토양으로 고추 재배후 pH는 7.5~7.7로 모든 처리구에서 감소하는 경향을 보였으며, 보리가 파종된 보리 단파구와 보리/헤어리베치 혼파구에서 pH가 좀더 감소하였고, 토양의 염류 농도와 인산 함량도 비슷한 감소 경향을 보였다. 유기물 함량은 모든 처리구에서 증가하였고 보리 단파구와 보리/헤어리베치 혼파구에서 각각 29.0, 28.8 g kg⁻¹으로 더 많은 증가를 보였다. 치환성양이온 K, Mg 함량은 유박 시용구와 헤어리베치 단파구에서 감소하였지만 보리 단파구와 보리/헤어리베치 혼파구에서 증가하였고, 치환성양이온 Ca 함량은 모든 처리구에서 감소하여 pH와 비슷한 경향을 보였다. 보리와 헤어리베치에 의한 고추 재배 후 토양 화학성 변화는 pH를 제외하고 Yang 등(2011)의 결과와

Table 4. Chemical properties of soil after this experiment

Treatment	pH (1:5)	EC (ds m ⁻¹)	OM (g kg ⁻¹)	Av. P ₂ O ₅ (mg kg ⁻¹)	Ex. cation (cmol ⁺ kg ⁻¹)			Soil texture
					K	Ca	Mg	
Barley	7.6±0.1 ^z	0.63±0.0	29.0±2.9	288±54	0.67±0.12	9.2±0.6	1.8±0.2	Loam
Hairy vetch	7.7±0.1	0.52±0.0	26.9±4.7	272±19	0.42±0.08	8.8±0.2	1.7±0.1	
Mixtures of barley and hairy vetch	7.7±0.1	0.58±0.1	28.8±3.1	293±67	0.56±0.11	9.5±0.7	1.9±0.2	
Expeller cake	7.5±0.1	0.53±0.1	26.8±6.9	305±42	0.30±0.07	9.1±0.5	1.7±0.1	
Optimum range for hot peppery	6.0~6.5	≤2.00	25.0~35.0	450~550	0.70~0.80	5.0~6.0	1.5~2.0	

Note: ^z Each value is in the mean of ± standard deviation.

^y NIAST(2010).

비슷한 경향을 보였는데, pH 감소는 치환성양이온 Ca 함량 감소와 관련이 있는 것으로 생각된다(Cho et al., 2018).

3. 고추 생육상황 및 수량

생육기 고추의 초장, 간장, 분지수 및 경경 조사는 Table 5와 같다. 고추의 초장에서 보리 단파구가 헤어리베치 단파구와 보리/헤어리베치 혼파구보다 낮은 값을 보였으며, 간장, 분지수 및 경경에서 처리 간 유의적 차이가 없었으나, 보리 단파구가 생육이 같거나 다소 낮은 경향을 보였다. Yang 등(2011)의 고추 생육조사 결과에서도 같은 경향을 보였으며, Torbert 등(1996)과 Seo 등(2000)은 C/N율이 높은 화분과 풋거름작물은 토양에서 분해 시 일시적 질소 기아 및 생육억제 물질의 방출로 후작물의 초기 생육이 지장을 받을 수 있다고 하였다.

Table 5. Growth characteristics of hot pepper (95 days after transplanting)

Treatment	Plant height (cm)	Trunk height (cm)	No. of internode (ea./plant)	Stem diameter (mm)
Barley	196.6 b ^z	33.6 a	15.8 a	16.5 a
Hairy vetch	208.6 a	35.5 a	15.9 a	16.9 a
Mixtures of barley and hairy vetch	206.3 a	34.0 a	15.9 a	17.0 a
Expeller cake	202.9 ab	34.7 a	15.8 a	16.7 a

Note: ^z Different letters indicate significant differences according to Duncan's multiple range test (p<0.05).

Table 6은 토양에 환원된 풋거름작물이 고추 과실 품질 및 수량에 미치는 양분 효과를 알아보고자 수확기 홍고추를 수확하여 조사한 자료이다. 고추 과실 품질 특성인 과장 및 과경은 처리 간에 유의적인 차이가 없었다. 고추 수량은 수확 초기 수량에서 유박 시용구는 헤어리베치 단파구와 보리/헤어리베치 혼파구와 비교하여 유의적인 수량 차이는 없었지만 7,210 kg ha⁻¹로 가장 많았으며, 보리 단파구는 5,530 g ha⁻¹로 가장 낮은 수량을 보였다. 총 수량은 보리/헤어리베치 혼파구가 22,350 g ha⁻¹로 가장 많았지만 다른 처리구와 유의적인 차이가 없었다. 이 결과는 Tosti 등(2012)와 Kim 등(2013)의 보리/헤어리베치 혼용 파종구에서 재배된 토마토와 벼 수량이 보리 단파구와 헤어리베치 단파구보다 높았다는 연구 결과와 비슷한 경향을 보였다. 또한 헤어리베치는 유박과 같이 C/N율이 낮아 토양에 환원되었을 때 쉬운 분해로 적절한 시기에 양분이 공급되어 헤어리베치 단파구는 수확 초기부터 유박 시용구와 수량 차이가 없었지만(Cho et al., 2011), C/N율이 높은 보리는 질소의 미생물에 의한 부동화로 단기적인 질소 유효도가 제한되어 보리 단파구는 상대적으로 초기 수량이 적었다는 결과와 같은 경향을 보였다. 하지만 토양에 축적된 질소가 지속적인 무기화로 장기간에 걸쳐 질소 이용률을 높여 수확 후기에는 다른 처리구와 비슷한 수량이 나타난 것으로 추정되었다(Seo et al., 2000). 보리/헤어리베치 혼파구는 다른 처리구와 총 수량에서 유의적인 차이는 없었지만 고추 누적 수량이 가장 많았다. 이는 풋거름작물이 토양에 환원 되었을 때 초기에는 C/N율이 낮은 헤어리베치에서 양분 공급이 신속히 이루어지고 후기에는 C/N율이 높은 보리가 서서히 분해되어 전 생육 기간에 양분이 안정적으로 공급된 것으로 판단된다. 결론적으로 고추 수량 측면에서는 헤어리베치 단용재배와 보리/헤어리베치 혼용재배가 초기 수량 및 총 수량에서 유박 양분을 사용한 처리구와 큰 차이가 없어 양분적으로 유박 비료를 대체 할 가능성이 높은 것으로 확인되었다.

Table 6. Fruit size and yield of hot pepper

Treatment	Fruit size ^z		Yield ^y		
	Fruit length (cm)	Fruit diameter (mm)	Initial yield (kg ha ⁻¹)	Total yield (kg ha ⁻¹)	Yield index
Barley	13.8 a ^x	18.0 a	5,530 b	20,450 a	97
Hairy vetch	13.4 a	18.5 a	7,210 a	21,700 a	102
Mixtures of barley and hairy vetch	14.0 a	18.3 a	7,000 ab	22,350 a	106
Expeller cake	13.5 a	16.8 a	7,220 a	21,160 a	100

Note: ^zFruit characteristics were investigated on July 23, 2018.

^y Initial yield: Jul. 4.~Jul. 23, 2018, Total yield: Jul. 4.~Oct. 20, 2018.

^x Different letters indicate significant differences according to Duncan's multiple range test ($p < 0.05$).

IV. 적 요

본 연구는 겨울철 휴한기에 동계 풋거름작물 재배 및 토양에 환원하여 고추 비가림 친환경 재배 시 원료가 대부분 수입되고 있는 유박 비료를 양분적으로 대체 가능한지 알아보고자 수행하였다. 처리구는 유박 시용구, 보리 단파구, 헤어리베치 단파구와 보리/헤어리베치 혼파구로 풋거름작물을 통한 질소공급량은 보리 단파구에서 ha당 172 kg이었으며, 헤어리베치 단파구에서 193 kg, 보리/헤어리베치 혼파구는 198 kg로 질소 표준 시비량 보다는 적었으나 토양 검정에 의한 질소 기비 요구량 보다는 많았다. C/N율은 풋거름작물 중 두과인 헤어리베치가 11.8로 가장 낮아 유박과 비슷한 값을 보였으며 화분과인 보리는 30.6으로 가장 높았다. 고추의 초장은 C/N율이 높은 보리 단파구가 헤어리베치 단파구와 보리/헤어리베치 혼파구보다 낮은 값을 보였으며, 고추 초기 수량에서도 보리 단파구가 다른 풋거름작물 파종구보다 낮은 수량을 보였다. 총 수량은 보리/헤어리베치 혼파구가 가장 많았지만 모든 처리구에서 유의적인 수량 차이는 없었다. 즉 헤어리베치 단용재배와 보리/헤어리베치 혼용재배 시 고추 수량 측면에서 초기 수량 및 총 수량이 유박을 시용한 처리구와 큰 차이가 없었으나, 풋거름 작물만으로는 토양검정으로 요구되는 총 질소 요구량을 전량 대체하기는 어려웠다. 본 연구는 단년에 이루어져 풋거름작물의 유박 비료 대체 가능성을 정확히 평가하기 위해서는 토양특성, 재배연차 및 재배방식 등을 세분화하여 지속적으로 연구가 수행되어야 할 것이다.

[Submitted, September, 2, 2021; Revised, November, 28, 2021; Accepted, March, 2, 2022]

References

1. An, N. H., S. M. Lee, J. R. Cho, and C. R. Lee. 2019. Estimation of agricultural by-product and investigation on nutrient contents for alternatives of imported oil-cakes. *Journal of the KORRA*. 27(4): 71-81.
2. Cho, H. J., D. Son, S. L. Choi, Y. H. Lee, and J. Y. Lee. 2018. Changes in chemical properties of greenhouse soils collected from Gyeongnam province between 2000 and 2016. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 51(3): 265-273.
3. Cho, H. S., W. T. Jeon, K. Y. Seong, M. T. Kim, J. K. Lee, C. G. Kim, and K. H. Jeong. 2010. Evaluation of legume green manure crops for spring-sowing in the central regions of Korea. *J. Crop Sci.* 55(4): 333-338.

4. Cho, H. S., W. Y. Park, W. T. Jeon, K. Y. Seong, C. G. Kim, T. S. Park, and J. D. Kim. 2011. Effect of green manure barley and hairy vetch on soil characteristics and rice yield in paddy. *CNU J. Agri. Sci.* 38: 703-709.
5. Cox, M. 2001. The Lancaster soil test method as an alternative to the Mehlich 3 soil test method. *Soil Science.* 166: 484-489.
6. Gericke, S. and B. Kurmies. 1952. Die kolorimetrische phosphorsäure -bestimmung mit ammonium-vanadat-molybdat und ihre anwendung bei der pflanzen analyse. *Z. Pflanzenernährung, Düngung und Bodenkunde.* 59: 235-247.
7. Hwang, H. Y., G. W. Kim, Y. B. Lee, P. J. Kim, and S. Y. Kim. 2015. Improvement of the value of green manure via mixed hairy vetch and barley cultivation in temperate paddy soil. *Field Crop Res.* 183: 138-146.
8. Jeon, W. T., K. Y. Seong, J. K. Lee, M. T. Kim, and H. S. Cho. 2009. Effects of seeding rate on hairy vetch (*Vicia villosa*) - rye (*Secale cereale*) mixtures for green manure production in upland soil. *Korean J. Crop Sci.* 54: 327-331.
9. Kang, S. W., D. C. Seo, S. G. Lee, Y. J. Seo, J. W. Park, J. H. Ryu, M. T. Kim, H. W. Kang, J. S. Heo, and J. S. Cho. 2013. Effect of incorporation times of green barley and hairy vetch on rice yield in paddy soil with liquid pig manure. *Korean J. Environ Agric.*, 32(4): 287-293.
10. Kim, K. C., B. K. Ahn, D. Y. Ko, J. Kim, and S. S. Jeong. 2014. Effects of expeller cake fertilizer on soil properties and Tah Tasai Chinese Cabbage yield in organic greenhouse farm. *Korean J. Environ Agric.* 33(3): 149-154.
11. Kim, M. S., S. C. Kim, S. G. Yun, S. J. Park, and C. H. Lee. 2018. Quality characteristics of commercial organic fertilizers circulated. *Journal of the KORRA.* 26(1): 21-28.
12. Kim, T. Y., S. Y. Kim, F. Alam, and Y. B. Lee. 2013. Green manuring effects of pure and mixed barley-hairy vetch on rice production. *Korean J. Environ. Agric.* 32: 268-272.
13. Kjeldahl, J. Z. 1883. A new method for the determination of nitrogen in organic matter. *Fresenius Journal of Analytical Chemistry.* 22: 366-372.
14. KOSIS. 2018. Agriculture and forestry.
15. Lee, C. R., Hong, S. G., Lee, S. B., Park, C. B., Kim, M. G. Kim, J. H. and K. L. Park. 2015a. Physico-chemical properties of organically cultivated upland soils. *Korean J. Org. Agric.* 23(4): 875-886.
16. Lee, C. R., P. J. Kim, Y. P. Oh, C. B. Park, K. L. Park, H. S. Nam, and G. C. Park. 2018. Biomass, nitrogen, and phosphorus productivities of green manure by barley and hairy vetch mixtures. *Korean J. Org. Agric.* 26(4): 719-729.

17. Lee, S. M. 2009. Long-term effects of organic matters in upland soil. Research Report, National Institute of Agricultural Science. 152-159.
18. Lee, Y. J., D. H. Choi, S. H. Kim, S. M. Lee, Y. H. Lee, B. M. Lee, and T. W. Kim. 2004. Long-term changes in soil chemical properties in organic arable farm systems in Korea. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 37:228-234.
19. Lee, Y. J., H. B. Yun, Y. S. Song, C. H. Lee, J. K. Sung, and S. K. Ha. 2015b. Effects of organic matter sources on nitrogen supply potential in arable land. *CNU J. Agri. Sci.* 42(4): 431-437.
20. MAFRA (Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs). 2021. The National fifth five-year plan for environmental agriculture.
21. NIAST (National Institute of Agricultural Science and Technology). 2000. Methods of analysis of soil and plant, NIAST, Suwon, Korea.
22. NIAST (National Institute of Agricultural Science and Technology). 2010. Prescription standards for fertilizer use by crops, NIAST, Suwon, Korea.
23. Park, J. M., I. B. Lee, Y. I. Kang, and K. S. Hwang. 2009. Effects of mineral and organic fertilizations on yield of hot pepper and changes in chemical properties of upland soil. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 27(1): 24-29.
24. RDA (Rural Development Administration). 2012. Standard of analysis and survey for agricultural research. RDA, Suwon, Korea
25. Ryoo, J. W. 2008. Growth characteristics and green manure productivities of hairy vetch and woolly pod vetch under different sowing seasons in the highland area. *Kor. J. Org. Agric.* 16(4): 409-420.
26. Seo, J. H., H. J. Lee, I. B. Hur, S. J. Kim, C. K. Kim, and H. S. Jo. 2000. Comparison of chemical composition and forage yield among winter green manure crops. *J. Korean Grassl. Sci.* 20:193-198.
27. Tobert, H. A., D. W. Reeves, and R. L. Mulvaney. 1996. Winter legume cover crop benefits to corn: rotation vs. fixed-nitrogen effects. *Agron. J.* 88:527-535.
28. Tosti, G., P. Benincasa, M. Farneselli, R. Pace, and F. Tei. 2012. Green manuring effects of pure and mixed barley-hairy vetch winter cover crops on maize and processing Tomato N nutrition. *Europ. J. Agronomy.* 43: 136-146.
29. Tyurin, I. V. 1931. A new modification of the volumetric method of determining soil organic matter by means of chromic acid. *Pochvovedenie.* 5(6): 36-47.
30. Yang, S. K., Y. W. Seo, Y. S. Kim, S. K. Lim, K. J. Choi, J. H. Lee, and W. J. Jung. 2011. Changes of pepper yield and chemical properties of soil in the application of different

- green manure crops and no-tillage organic cultivation. *Korean J. Org. Agric.* 19(2): 255-272.
31. Yun, H. B., D. I. Kaown, J. S. Lee, Y. J. Lee, M. S. Kim, Y. S. Song, and Y. B. LEE. 2011. The nitrogen, phosphate, and potassium contents in organic fertilizer. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 44(3): 498-501.