

## Influence of Upland Soil Texture on Dry Weight and Growth of Yellow Mustard as a Landscape and Green Manure Crop

Hyeoun-Suk Cho\*, Myung-Chul Seo, Tea-Seon Park, Jun-Hwan Kim, Wan-gyu Sang, Pyeong Shin, and Geon-Hwi Lee

*Crop Production and Physiology Research Division, NICS, RDA, Jeollabuk-do, 55365, Republic of Korea*

(Received: September 4 2015, Revised: November 26 2015, Accepted: November 27 2015)

Although it is not a landscape crop according to MIFAFF(ministry of agriculture, food and rural affairs), yellow mustard is considered a superb landscape crop because of its growth and flower characteristics. We sowed yellow mustard as a landscape and green manure crop in upland soil (four types of soil texture) in spring. And we studied its flowering characteristics, dry weight, and nitrogen yield. The growths of yellow mustard were possible in every soil ranging from sandy soil to clay loam. Its height was 54.1 ~ 76.1 cm and the number of node per hill was 11.3 ~ 17.0. Its flowers had a light yellow. It took about 44 ~ 50 days to flower, and flowered for 22~25 days. The dry weight of yellow mustard was 2.27 ~ 3.60 ton ha<sup>-1</sup> with highest in sandy loam and loam. Among the nutrients of yellow mustard, nitrogen(T-N) was 12.6~20.8 g kg<sup>-1</sup>, and C/N ratio was 21.6~37.7. The nitrogen yield of yellow mustard was 35 ~ 62 kg ha<sup>-1</sup>. In conclusion, because of its flowering characteristics and dry weight, yellow mustard was considered appropriate for both green manure and landscape crop uses.

**Key words:** Yellow mustard, Dry weight, Nitrogen yield, Landscape crop, Green manure crops

**Table 1. The growths characteristics of yellow mustard according to the soil textures.**

Soil textures	Plant height	No. of node per hill	Days to flowering	Flowering Period	Dry weight
	cm		Day	Day	ton ha <sup>-1</sup>
Sandy	66.8b	13.9b	44	23	2.72b
Sandy Loam	63.0b	13.6b	48	25	3.53a
Loam	76.1a	17.0a	44	25	3.60a
Clay Loam	54.1c	11.3b	50	22	2.27c

※ days to flowering: days from seeding to start of flowering period

\*Corresponding author: Phone: +82632385282, Fax: +82632385255, E-mail: chohs@korea.kr

§Acknowledgement: This study was carried out with the support of "Cooperative Research Program for Agriculture Science & Technology Development (Project No. PJ009332)", Rural Development Administration, Republic of Korea.

## Introduction

농촌은 고령화에 의한 일손부족과 기계화 작업으로 인하여 휴경지 면적이 점차 증가하는 추세이다. 휴경지를 방치하면 잡초나 초목류가 자라나 토양이 황폐화되어 농경지로 환원이 불가능할 뿐만 아니라 잡초가 무성한 지역은 야생동물의 서식처가 되어 위험이 발생하기도 하고 마을경관도 나쁘게 만든다. 이런 유휴농경지에 경관작물을 재배함으로써 농촌경관을 아름답게 만들고 농경지를 보호 할 뿐만 아니라 잡초방제, 밀원제공, 공기정화 등 공익적 기능도 증진시킬 수 있다 (Cho et al., 2010; Lee, 2007; Park et al., 2008; RDA, 2009a). 경관작물의 식물체가 농경지에 환원됨으로써 유기물 및 화학비료 공급효과를 제공하게 되어 유휴농경지의 관리가 가능하고 농경지가 필요한 경우 쉽게 재이용이 가능하다 (Choi et al., 2011; Jeon et al., 2010; Lee et al., 2012; RDA, 2009b; Song et al., 2010). 농림축산식품부는 농촌 경관보호를 위하여 2005년부터 경관보전직불제를 시행하면서 경관작물 재배를 권장하고 있다. 경관작물은 꽃이 피는 초본식물로서 마을경관보전계획에 따라 농촌의 경관을 아름답게 가꾸는 것을 목적으로 재배하는 작물을 말하며 여기에는 메밀, 코스모스, 해바라기 등 32개 작목이 선정되어 있다 (MFAFF, 2015). 그러나 대부분의 경관작물들은 초장이 짧고 재배관리가 필요하며 재배환경이 논인 경우에는 배수로 관리 등 재배에 어려움이 많고 종자 가격이 비싸기 때문에 재배면적이 큰 농경지에 이용할 경우 경제적인 부담이 발생할 수 있다. 따라서 유휴 농경지 또는 마을 경관 조성에 이용 할 수 있는 작물 중 재배가 쉽고 종자 가격이 저렴한 작물을 선별하기 위하여 다양한 녹비작물을 대상으로 개화특성과 생육 등을 조사하였다.

황화초 (*Sinapsis alba*)는 중앙아시아가 원산지인 십자화과의 한해살이 또는 두해살이 풀로 일명 노란 겨자라고도 불린다. 황화초는 pH 5.5~8.3내의 배수가 잘되는 토양에 적합하며 시원한 기후를 좋아하여 토양온도가 4°C에서도 발아가 가능하고 식물체에 따라 -6.66°C에서도 견딜 수 있는 작물이다. 식물체의 생육기간은 2~4개월이 소요되고 파종 후 약 4~5주가 지나면 초장이 60~90 cm 까지 자라 녹비

작물로 수확이 가능하다. 식물체의 초형은 직립형이고 꽃색은 연한 노란색이고 파종 후 약 5주가 지나면 개화가 시작된다 (Oplinger et al., 1997; Wikipedia, 2015; Wysocki and Corp, 2002). 녹비작물은 식물이 푸를 때 토양에 환원하여 화학비료 대체, 토양물리적 특성개량, 농경지 보전, 잡초방제 등의 목적으로 이용하는 작물을 통칭하는데 경관검용 녹비작물은 일차적으로 경관조성의 목적을 달성하고 2차적으로 녹비작물의 효과를 얻을 수 있는 작물들을 말한다 (Jeon et al., 2010; Park et al., 2008; Yang et al., 2009). 따라서 황화초 같이 양분이나 유기물 공급효과는 낮더라도 농경지를 보호하고 토양에 환원되어 일부나마 유기물 공급 효과를 얻을 수 있다면 경관조성과 녹비공급이라는 일석이조의 효과를 얻을 수 있어 이용가치는 더 많을 수 있다. 또한 최근에 황화초가 토양병인 선충억제 효과가 우수한 것으로 알려지면서 오이, 딸기, 배추 등 연작장해지에 재배하여 토양선충 억제 효과에 대한 연구가 진행되고 있는데 이 때 농경지에 재배된 황화초의 멋스러운 경관이 지역민들에게 또 다른 만족을 주고 있다 (Krall et al., 2000; Edwards and Ploeg, 2014; Yirina et al., 2012). 황화초는 경관작물로 활용 가능성에 대한 연구자료가 없어 현재 농림축산식품부에서 정한 경관작물에 포함되지는 않았으나 생육특성상 경관검용 녹비작물로 활용이 가능할 것으로 판단되었다.

따라서 황화초를 경관작물과 동시에 녹비작물로 이용하기 위하여 우리나라 대표적인 발토양인 4개의 토성 (사토, 사양토, 양토, 식양토)에 파종하여 생육 및 개화특성, 녹비수량과 질소생산량을 조사하였다.

## Materials and Methods

본 시험은 수원 소재 국립식량과학원의 사토, 사양토, 양토, 식양토의 4개의 토성별 시험포장에서 2009년 4월 2일부터 7월 1일까지 약 90일 동안 수행되었으며, 시험 전 토양의 화학적 특성은 Table 1과 같았다.

황화초 (*Sinapsis alba*)는 4월 2일에 30 cm 간격으로 줄뿌림으로 파종하였고, 파종량은 ha당 20 kg이었다. 시험구 배치는 완전임의 배치법을 사용하였으며 화학비료는 질소,

**Table 1. Chemical properties of soil before the experiment by the different soil textures.**

Soil texture	pH (1:5)	OM g kg <sup>-1</sup>	Avail.P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> mg kg <sup>-1</sup>	Exch. cations		
				Ca	Mg	K
				----- cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> -----		
Sand	5.74	4.8	129	1.61	0.47	0.56
Sandy loam	5.78	13.6	153	2.39	0.70	0.76
Loam	6.33	9.3	140	3.69	1.16	0.79
Clay loam	5.63	19.3	105	3.78	1.04	1.08

↓ OM : organic matter

인산, 칼리 모두 무시용하였다. 황화초의 생육 및 개화특성은 농촌진흥청 농업과학기술연구 조사분석 기준 (RDA, 2003)에 의거하여 개화 후부터 약 10일 간격으로 4회 실시하였다. 녹비수량은 생육조사와 같은 시기에 0.3 m<sup>2</sup>의 식물체 지상부를 3반복으로 수확하여 80°C에서 48시간 열풍건조 한 다음 건조무게를 측정하여 ha로 환산하였다. 식물체의 양분함량은 0.15 m<sup>2</sup>면적의 황화초 지상부의 식물체를 채취하여 50°C에서 48시간 동안 열풍건조 한 다음 마쇄하여 분석용 시료로 사용하였다. 마쇄된 시료는 원소분석기 (CNS-2000, LECO Corp., USA)를 이용하여 T-C, T-N, C/N율을 정량하였고, 무기성분은 분쇄한 시료에 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>를 첨가하여 습식 분해하여 유도결합플라즈마 (Integra-XP, GBC Scientific Equipment Ltd, Australia)를 이용하여 무기성분을 측정하였다.

시험토양은 작토층 (10 cm층위)을 채취하여 음건한 다음 2 mm 체를 통과시켜 조제하였으며 농촌진흥청 토양 및 식물체 분석법 (NIAST, 2000)에 준하여 pH는 토양과 증류수를 1:5로 희석하여 pH meter로 측정하였고, T-C와 T-N은 원소분석기 (CNS-2000, LECO Corp., USA), 치환성양이온과 인산함량은 동시침출법으로 추출하여 유도결합플라즈마 (Integra-XP, GBC Scientific Equipment Ltd, Australia)를 이용하여 정량 하였다.

통계분석은 SAS 9.2 버전을 이용하여 황화초의 생육 및 수량 등을 5% 유의수준에서 Duncan's multiple test를 수행 하였다.

## Results and Discussion

**토성별 황화초의 생육 및 개화특성** 황화초는 발아력이 좋아 파종 후 약 7일 정도면 Fig. 1의 왼쪽 그림과 같이 발아되었으며 어린 식물체는 금방 무성하게 자라기 시작하

였다. 이는 가을파종이나 봄 파종 모두 같은 현상을 보였으나 수원 시험포장에서 가을 (9월 20일)에 파종한 결과 발아와 생육은 양호하게 이루어졌으나 월동기간 동안 발아된 개체 수 대부분이 고사되어 시험에 사용된 종자는 가을파종에는 맞지 않는 것으로 판단되었다. 황화초가 서늘한 기온을 좋아하고 저온에서도 생육이 가능하다는 문헌을 볼 때 황화초 품종에 따른 월동력에 차이가 큰 것으로 판단되어 추후 품종에 따른 지역 적응성 검토가 이루어진다면 활용 가능성이 더 클 것으로 판단되었다 (Oplinger et al., 1997; Wysocki and Corp, 2002). 중부지역에서 황화초를 봄에 파종하여 재배하면 파종 후 약 44일 이후부터 개화가 시작되었다. 황화초의 꽃은 연한 노란색으로 식물체의 윗부분에 모여 피는 총상화서의 형태로 멀리서 볼 때도 아름다운 광경을 창출하였다 (Fig. 1, 오른쪽). 토양종류에 따른 황화초의 생육은 Table 2와 같이 초장은 54.1~76.1 cm였으며 토성간에는 양토에서 76.1 cm로 가장 길어 초장이 가장 짧은 식양토와는 약 22 cm의 차이를 보였다. 주당 마디수는 11.3~17.0 개였고 m<sup>2</sup>당 경수는 37.5~48.3개였다. 식양토에서 초장, 주당 마디수, m<sup>2</sup>당 경수 등 황화초 생육이 전반적으로 낮았으며, 작물생육이 불량한 사토에서는 오히려 초장 66.8 cm, 주당 마디수 13.9개, m<sup>2</sup>당 경수 42.6개로 생육이 양호하였다. 황화초에 질소비료를 사용하면 초장은 100 cm이상 자란다고 되어있으나 경관작물로 사용하기 때문에 화학비료를 사용하지 않고 재배한 결과 모든 토성에서 100 cm이상으로 자라지는 않았다 (Duval et al., 2012). 황화초의 개화는 생육이 양호한 양토에서 5월 16일에 시작되었고 식양토는 가장 늦은 5월 22일에 시작되어 약 5일간의 차이가 있었다. 파종에서 개화까지 소요된 시간을 보면 양토와 사토는 44일이 소요되었으며 사양토는 48일 식양토는 50일이 걸렸다. 개화시부터 개화종지기까지인 개화기간을 보면 22~25일로 토성간에 차이는 없었다. 주당 개화수는 생육이 양호한 양



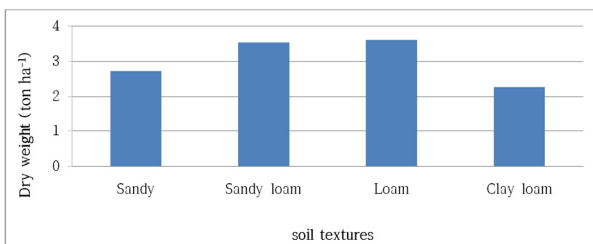
Fig. 1. The picture of early growth stage (Left) and after flower (Right) of yellow mustard in the field.

**Table 2. The growth and flowering characteristics of yellow mustard according to soil textures.**

Soil textures	Plant height	Nodes per hill	Tiller per m <sup>2</sup>	Start flowering	Flowering characteristics		
					No. of Days to flowering	Flowering period	No. of Flower per hill
	cm	No.	No.	m.d	day	day	
Sand	66.8b	13.9b	42.6a	5.16	44	23	18.7c
Sandy loam	63.0b	13.6b	48.3a	5.20	48	25	28.4b
Loam	76.1a	17.0a	42.1a	5.16	44	25	34.2a
Clay loam	54.1c	11.3b	37.5a	5.22	50	22	28.5b

※ Yellow mustard growth data is average 4 times with the growth survey.

↓ Means in a column followed by the same letter are not significantly different at  $p \leq 0.05$  based on Duncan's multiple range test

**Fig. 2. The dry weight of yellow mustard by the different soil textures.**

토에서 34.2개로 가장 많았고 식양토와 사양토에서 각각 28.5, 28.4개의 꽃 수를 보인 반면 사토는 18.7개로 가장 적었다. 황화초는 개화특성과 생육특성을 볼 때 우리나라 대부분의 밭토양에서 생육이 가능할 것으로 사료되었다. 또한 발아가 좋고 모든 토성에서 잘 자라 대면적의 농경지에 재배하기 용이하였으며 개화소요일수가 짧고 개화기간이 길어 경관작물로 활용하기에도 적합한 작물로 판단되었다.

**토양조건에 따른 황화초의 녹비수량** 녹비작물의 토양환원 시기는 개화기 전후에 실시한다. 이는 대부분의 작물들이 개화기를 거치면서 식물체가 경화되어 경운이 어려워지거나 질소함량이 낮아져 양분 공급력이 떨어지고 C/N율이 높아져 토양 환원 후 분해시간이 길어지기 때문이다 (Kim et al., 2011; RDA, 2009a; Song et al., 2010). 그러나 경관겸용 녹비작물은 경관작물의 역할을 수행하기 위하여 개화가 먼저 진행되어야 한다. 따라서 경관겸용 녹비작물 토양 환원시기는 개화기 이후에 이루어지기 때문에 개화기 이후 4회에 걸쳐 황화초를 수확하였다. 토성별 황화초의 건물중은 사양토와 양토에서 각각 3.53 ton ha<sup>-1</sup>, 3.6 ton ha<sup>-1</sup>로 가장 많은 녹비량이 생산되었고 사토는 2.72 ton ha<sup>-1</sup> 생산되었으며 식양토에서 가장 적게 생산되었다 (Fig. 2). 이 생산량은 녹비작물로 이용되고 있는 다른 작물들과 비교해보면 자운영 (2~3 ton ha<sup>-1</sup>), 크림손클로버 (2~4 ton ha<sup>-1</sup>) 과 비슷한 양이었다. 황화초 재배시 질소비료를 시비하면 수량이 증가한다는 연구결과를 볼 때 황화초를 재배할 때

**Table 3. The content of nutrients in yellow mustard at flowering stage.**

T-N	T-C	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	C/N
g kg <sup>-1</sup>						
16.3	447.3	8.8	31.5	2.6	5.4	27.4

화학비료를 사용한다면 녹비생산량은 더 많이 증가할 것으로 판단된다 (Duval et al., 2012; Duval, 2015; McKenzie et al., 2006; Wysocki and Corp, 2002).

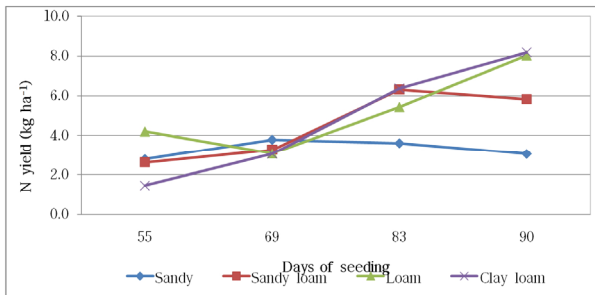
**황화초의 화학적 특성** 녹비작물은 크게 유기물공급과 양분공급 효과를 기대할 수 있다. 개화기의 황화초의 양분함량은 Table 3과 같이 질소함량 (T-N)은 16.3 g kg<sup>-1</sup>이었고, 탄소함량 (T-C)은 447.3 g kg<sup>-1</sup>, C/N율은 27.4이었다. 황화초는 십자화과 작물로 식물체의 질소함량이 높은 작물은 아니지만 개화기 때의 질소함량이 16.3 g kg<sup>-1</sup>으로 이는 두과작물보다는 낮았으나 화분과 작물과 비슷한 수준이었다 (Kim et al., 2011; Yang et al., 2009; Jeon et al., 2010). 토양 환원시 식물체의 분해속도와 관련이 있는 C/N율은 25보다 낮으면 쉽게 분해되어 이용이 가능하다고 하였는데 황화초의 C/N율은 27.4로 약간 높았다. 황화초 이용시기가 개화 이후에 이루어지는 걸 감안하면 C/N율은 더 올라갈 것으로 판단되어 황화초를 토양에 환원하여 녹비로 이용할 경우 분해를 촉진하기 위하여 미생물의 영양원인 질소비료를 추가 사용이 요구되었다 (Jeon et al., 2010; RDA, 2009a; Yang et al., 2009). 기타 비료성분인 인산함량은 5.4 g kg<sup>-1</sup>이었으며 칼리함량은 2.6 g kg<sup>-1</sup>이었다.

Table 4는 토성별 황화초의 총질소(T-N), 총탄소(T-C) 및 탄질률(C/N)을 개화기 이후부터 90일까지 4회에 걸쳐 조사한 성적의 평균값이다. 토성별 질소함량은 12.6~20.8 g kg<sup>-1</sup>으로 식물체 건물중이 적었던 식양토에서 20.8 g kg<sup>-1</sup>으로 가장 높았고 사토, 사양토, 양토는 12.6~14.2 g kg<sup>-1</sup>으로 비슷하였다. 황화초의 탄소함량은 448~463 g kg<sup>-1</sup>으로 모든 토성에서 비슷하였으며 C/N율은 식양토에서 21.6으로

**Table 4. The content of nutrients in yellow mustard according to soil textures.**

Soil textures	T-N	T-C	C/N
	----- g kg <sup>-1</sup> -----		
Sand	12.6	463	37.7
Sandy loam	12.9	455	35.4
Loam	14.2	457	32.0
Clay loam	20.8	448	21.6

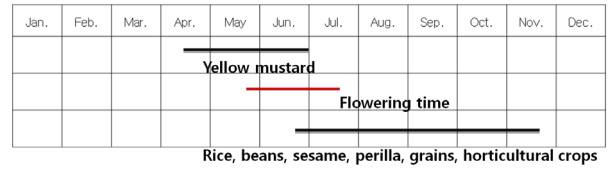
※ The data is the average value of the yellow mustard harvested four times



**Fig. 3. The changes of nitrogen yield of yellow mustard according to soil texture and the harvest time.**

낮은 반면 사토, 사양토, 양토는 모두 32.0~37.7이었다. 토양 환원시 식물체의 분해속도와 관련이 있는 C/N 율은 25보다 낮으면 토양에 환원되어 무기화되어 양분을 공급하는데 짧은 시간이 걸리는 반면 황화초의 C/N율은 식양토를 제외하고는 다른 토성에서는 모두 30이상으로 높아 황화초가 분해되어 양분을 공급하는데는 다소 시간이 필요할 것으로 판단되었다 (Waggar, 1989; Yang et al., 2009; Yadvinder et al., 1992). 황화초를 재배한 다음 후작물과의 작부체계를 원한다면 황화초의 분해속도와 후작물의 안전 재배를 위한 질소비료를 추가하여 분해속도를 촉진하거나 후작물 파종시기를 20일이상 넉넉하게 잡아주는 것이 후작물의 생육에 안전할 것으로 생각되었다. 또한 황화초와의 작부체계를 원한다면 후작물의 안전재배를 위하여 황화초는 경관작물의 목적이 끝나면 최대한 빨리 환원하고 필요시 질소원 또는 미생물제제를 활용하여 분해기간을 단축해 줄 필요가 있다.

**토성별 수확시기에 따른 황화초의 질소생산량의 변화**  
 황화초의 질소생산량은 수확시기가 늦어질수록 증가하였으며 특히 건물생산량이 가장 적은 식양토에서 파종 69일 이후 질소생산량이 급격히 증가되어 건물수량이 많은 양토와 비슷해졌다 (Fig. 3). 토성별로 보면 사토는 파종 69일 이후 서서히 감소되었으며 사양토는 파종 83일 이후 감소되는 패턴을 보였고 양토, 식양토는 파종 후 90일까지 증가되었다. 황화초를 녹비로 활용할 때 양분 무기화율을 위하여 C/N을



**Fig. 4. The cropping system of yellow mustard and other crops.**

을 기준으로 보면 환원시기를 빨리하면 할수록 유리하지만 질소생산량면에서 볼 때는 환원시기가 늦을수록 유리하였다. 또한 토성별로 보면 사토는 파종 69일전에 환원하고 사양토, 양토는 파종 83일 전, 식양토는 늦게 환원하여도 문제가 없었다. 따라서 토양 환원시기는 후작물 이용시기에 맞추어 이용하는 것이 좋을 것으로 판단되었다.

**황화초와 재배 가능한 후작물의 작부유형** 황화초를 경관작물로 재배하고 다음 작물을 재배하고자 할 때에는 Fig. 4와 같은 작부유형을 생각할 수 있다. 농식품부의 경관보존직불금을 수령하기 위해서는 경관작물이 개화가 되어야 하고 적어도 5월 중순까지는 농경지에 작물이 심겨져 있어야 하는 2가지 조건을 갖추어야 한다. 황화초는 -6°C에서도 재배가 가능하다고 하지만 중부지역에서는 9월에 파종하면 월동율이 낮기 때문에 가을파종은 불가능하였다. 황화초를 봄 (4월 초)에 파종하면 5월 15일 이후에 개화가 이루어지기 때문에 후작물은 6월 초순부터 7월초에 파종 가능한 들깨와 생육기간이 짧은 조, 기장 등 일부 잡곡류, 그리고 생육기간이 짧은 채소류, 원예작물 등이 좋다. 또한 남부지역에서는 중부지역보다 더 폭넓은 작물의 선택이 가능하다. 예를들면 만식재배가 가능한 벼와의 작부체계도 가능하고 이모작의 후작으로 이용되는 모든 작물과도 작부체계도 가능하였다. 황화초는 작물생육상 초기 생육이 빠르고 개화 소요일수가 짧으면 개화기간이 길 뿐만 아니라 개화 이후 토양에 환원하여 다양한 작물과의 작부체계가 가능한 점 등으로 미루어 판단할 때 경관겸용 녹비작물로 이용가능 할 것으로 판단되었다. 외국에서는 황화초가 추위에 잘 견디는 작물로 소개하고 있고 추파도 가능하다고 되어 있다 (Oplinger et al., 1997; Wysocki and Corp, 2002). 황화초의 활용 가능성을 확대하기 위하여 추후 가을파종이 가능한 품종을 선발 및 이용에 대한 연구가 필요할 것으로 사료되었다.

**References**

Cho, H.S., W.Y. Park, K.Y. Seong, C.G. Kim, T.S. Park, and J.D. Kim. 2010. Effect of green manure barley and hairy vetch on soil characteristics and rice yield in paddy. CNU J. of Agri. Sci. 38:703-709.  
 Choi, H.S., K.H. Lim, Y. Lee, H.J. Jee, and J.L. Cho. 2011.

- Nutrient contribution as affected by ground cover treatments in a pear orchard. *Korea J. Weed Sci.* 31(1):65-66.
- Duval, A.S., T.G. Chastain, and C.J. Garbacik. 2012. Effects of nitrogen fertilizer on seed yield and yield components in yellow mustard. *Oregon state university*, 39-42.
- Duval, A.S. 2015. Applied Nitrogen Effects on Yellow Mustard (*Sinapis alba* L.) Production in the Willamette Valley. *Oregon state university*. <http://hdl.handle.net/1957/55814>.
- Edwards, S. and A. Ploeg. 2014. Evaluation of 31 potential bio fumigant brassicaceous plants as hosts for three meloidogyne species. *J. of Nematology* 46:287-295
- Jeon, W.T., K.Y. Seong, M.T. Kim, G.J. Oh, I.S. Oh, and U.G. Kang. 2010. Changes of soil physical properties by glomalin concentration and rice yield using different green manure crops in paddy. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 43:119-123.
- Kim, M.T, J.H. Ku, W.T. Jeon, K.Y. Seong, C.Y. Park, J.H. Ryu, H.S. Cho, I.S. Oh, Y.H. Lee, J.K. Lee, M. Park, and U.G. Kang. 2011. Effect of barley green manure on rice growth and yield according to tillage date in spring. *Korean J. Crop Sci.* 56:119-123.
- Krall, J.M., D.W. Koch, F.A. Gray, and J.J. Nachtman. 2000. Cultural management of trap crops for control of sugar beet nematode. *J. of Sugar Beet Res.* 37(1):27-43.
- Lee, K.H. 2007. Comparison of weed occurrence and growth of some leguminous plants for green manure cover crop during summer fallow. *Korean J. Crop Sci.* 52:169-175.
- Lee, Y., H.S. Choi, and S.M. Lee. 2012. Estimation of nand P-mineralization of organic materials under a paddy condition. *Korean J. Intl. Agri.* 24:299-302.
- Mckenzie, R.H., A.B. Middleton, and E. Bremer. 2006. Response of mustard to fertilization, seeding date, and seeding rate in southern Alberta. *Canadian J. of Plant Sci.* 86:353-362.
- MIFAFF(Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs). 2015. Landscape conservation direct payment. (<http://www.mifaff.go.kr>)
- NIAST(National Institute of Agricultural Science and Technology). 2000. Analytical methods of soil and plant. RDA, Suwon, Korea.
- Oplinger, E.S., E.A. Oelke, D.H. Putnam, K.A. Kelling, A.R. Kaminsid, T.M. Teynor, J.D. Doll, and B.R. Durgon. 1997. *Alternative field crops manual*: University of Wisconsin-Extension(<http://www.hort.purdue.edu/newcrop/afcm/mustard.html>).
- RDA(Rural Development Administration). 2003. Standard measurement and analysis in agricultural research and development, RDA, Suwon, Korea.
- RDA(Rural Development Administration). 2009a. Study of environment-friendly fertilizer reduction using green manure crops(4th). RDA, Suwon, Korea.
- RDA(Rural Deveopment Administration) 2009b. Studies on landscape crops of east coast area in gangwon province (3thed.). Rural Development Administration, Suwon, Korea: 1-73.
- Park, S.T., W.T. Jeon, M.T Kim, K.Y. Sung, J.H. Ku, I.S. OH, B.K. Lee, Y.H. Yoon, J.K. Lee, K.H. Lee, and J.H. Yu. 2008. Understanding of environmental friendly agriculture and rice production using green manure crops RDA. NICS, Suwon:20-21.
- Song, B.H., K.A. Lee, W.T. Jeon, M.T. Kim, H.S. Cho, I.S. Oh, C.G. Kim, and U.G. Kang. 2010. Effects of green manure crops of legume and gramineae on growth responses and yields in rice cultivation with respect to environment friendly agriculture. *Korea J. Crop Sci.* 55:144-150.
- Wagger, M.G.. 1989. Time of desiccation effects on plant composition and subsequent nitrogen release from several winter annual cover crops. *Agron. J.* 81:236-241.
- Wikipedia. 2015. Yellow mustard([https://Wikipedia.org/yellow mustard](https://Wikipedia.org/yellow%20mustard))
- Wysocki, D.J., and M. K. Corp. 2002. Dryland cropping systems: edible mustard. Oregon state University Extension Publication EM 8796(<http://extension.Oregonstate.edu/Gilliam/sites/Mustard>).
- Yadvinder-Singh, Bijay-Singh and C.S. Khind. 1992. Nutrient transformations in soils amended with green manure. *Adv. Soil Sci.* 20:237-309.
- Yang, C.H., J.H. Ryu, T.K. Kim, S.B. Lee, J.D. Lee, N.H. Beak, W.Y. Choi, and S.J. Kim. 2009. Effect of green manure crops incorporation with rice cultivation on soil fertility improvement in paddy field. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 42:371-378.
- Valdes, Y., N. Viaene, and M. Moens. 2012. Effects of yellow mustard amendments on the soil nematode community in a potato field with focus on *globodera rostochiensis*. *Appl. Soil Ecol.* 59:39-47.