

녹비작물과 추비방법이 유기재배 배추의 생육과 질소 이용효율에 미치는 영향*

조정래** · 안난희*** · 남홍식** · 이상민**

Effects of Green Manures and Complemental Fertilization on Growth and Nitrogen Use Efficiency of Chinese Cabbages Cultivated in Organic Systems

Cho, Jung-Lai · An, Nan-Hee · Nam, Hong-Sik · Lee, Sang-Min

This study was conducted to evaluate the effects of green manures and complemental fertilization with oil cake or liquid fertilizer on growth and nitrogen use efficiency of Chinese cabbage cultivated in organic systems. Field experiments were carried out at the National Institute of Agricultural Science in Suwon, South Korea from 2012 to 2014. Two green manure crops, Crotalaria and Hairy vetch, were cultivated in summer and in winter, respectively. The application methods of the green manure consisted of three tillage systems (overall tillage, partial tillage and no tillage). Oil cake and liquid fertilizer were used as complemental fertilizer. The results showed that when used as covering material in the upland soil without tillage, green manure fertilization was more effective in increasing growth and yield of Chinese cabbage than when incorporated into soil. It was possible to grow and harvest Chinese cabbage in the spring season by the application of hairy vetch as winter green manure. The higher yield of Chinese cabbage with green manure application was caused by the lower incidence rate of soft rot and tip-burn. The yield of the Chinese cabbage that received green manure applications over two consecutive seasons followed by the supplemental fertilization with oil cake was similar to that of the conventional chemical fertilization. Following a single season green manure application in summer, however, the yield of cabbage was only about 70% of the conventional treatment. Green manure cultivation with additional liquid fertilization produced a yield similar to the conventional fertilization treat-

* 본 연구는 농촌진흥청 국립농업과학원 농업과학기술 연구개발사업(과제번호: PJ013560)의 연구비 지원으로 수행되었음.

** 국립농업과학원 유기농업과

*** Corresponding author, 국립농업과학원 유기농업과(nanhee79@korea.kr)

ment, soil inorganic nitrogen concentration remained stable and the nitrogen use efficiency increased in the green manure applied soil. In conclusion, the organic cultivation of Chinese cabbage in the autumn season could be outperformed in the upland soil receiving two seasons (winter and summer) of green manure fertilization followed by the supplemental fertilization with liquid fertilizer.

Key words : *chinese cabbage, green manure, nitrogen use efficiency, organic farming, organic fertilizer*

I. 서 론

2000년대 이후 크게 성장하던 친환경 유기농업은 2012년을 기점으로 성장세가 크게 둔화되고 있다. 이는 친환경농산물 인증제도의 변경, 친환경농산물 직불제도의 한계 등 사회여건 변화에 따른 측면도 있으나 유기재배 실천농가의 철학과 원칙의 경시에도 원인이 있다(Kim, 2017). 혹서기와 혹한기를 동시에 갖고 있으며 집중강우가 쏟아지는 몬순지역에 위치한 우리나라의 기후환경에서는 병해충 관리는 물론이고 토양·양분관리 측면에서도 많은 제약이 따르는데 대표적인 것이 녹비작물을 이용한 양분관리 기술이다.

녹비작물은 식물이 푸른 상태일 때 농경지에 환원하여 유기물공급 효과와 함께 토양유실을 방지하고 토양의 물리·화학적 특성을 개량할 뿐 아니라 병해충과 잡초관리에도 유용하며 생물다양성을 증진하는 등 많은 이점이 있다(Germani et al., 2004; Cho et al., 2015). 하지만 농가 현장에서는 녹비재배를 기피하는데, 가장 큰 이유는 경제성 때문이다. 즉 녹비대신 다른 작물을 재배하면 추가의 수익이 가능하나 녹비작물 재배에 따른 편익은 빠른 시간 내에 확인하기 어렵기 때문이다. 그리하여 대부분의 농가에서는 유기농업의 원칙인 녹비를 기본으로 하는 양분관리 대신에 쉽게 구입 시용이 간편한 유기질비료에 의존하고 있다. 유기재배 농가에서 녹비재배를 기피하는 두 번째 이유는 녹비이용 양분관리 시 생육 후기의 비절에 대한 염려 때문이다. 다비성 작물이나 장기재배 작물의 경우 녹비시용 후 추가로 소요되는 양분에 대한 공급 방안이 마련되어야 한다.

배추는 김치의 주재료로 우리나라에서 가장 많이 소비되는 채소로 유기농산물 생산의 필요성이 매우 크다고 할 수 있다. 배추는 다비성작물이긴 하나 저온성작물로 적기재배 시에는 병해충·잡초관리가 용이하여 생산 측면에서 유리한 면이 있다. 현재 배추는 주년재배가 가능하나 크게 봄배추와 가을배추재배로 나눌 수 있는데 배추 유기재배를 위해서는 계절별 녹비작물 재배가 필수적이다. Choi 등(2015)은 우리나라에서 재배되고 있는 녹비작물 44종을 평가하여 봄에 파종하여도 양분공급량이 많은 작물로 헤어리베치와 크로타리아 등 13종을 추천하였다. 헤어리베치는 콩과 *Vicia*속 월년생 식물로 내한성이 강하고 생육이 왕성하여 토양피복능력이 높고 생체량이 많아 우리나라에서 가장 많이 이용되고 있다. 헤

어리베치 녹비재배로 옥수수 등의 여름작물에 대한 질소공급효과가 검정되었고(Seo et al, 2000; Lee et al., 2002; Seo & Lee 2008) 잡초억제와 토양개량 효과 검증(Seo et al., 2005; Choung et al., 2007; Jeon et al. 2010)에 이어 국내 재배용 품종도 육성되었다(Ku et al., 2014). 크로타라리아도 콩과 녹비작물로 생육이 빨라 단기재배에 유리하며 토양 선충에 대한 억제효과가 검증된바 있고(Kim, 2013), 우리나라에서 열갈이배추 관행재배에 활용이 시도되기도 하였으나(Lim, 2012) 유기재배 배추에 적용한 사례는 없다.

한편, 작물의 생육후기 부족한 양분을 보충하기 위해 다양한 유기질 자재를 이용하여 액비를 제조하여 사용하고 있다. 양분공급 측면에서 질소질 공급을 위해서는 깻묵, 혈분, 생선 등 단백질을 함량이 높은 재료로 만든 액비를 사용하는데, 유기 자원의 액비화 연구는 계분, 골분, 찌꺼 등의 액비화 과정중 화학성 변화 및 상추에 대한 시용 효과 연구가 있다 (Joo et al., 2001). Choi 등(2008)은 유기농 고추 재배를 위한 유기자원 선별 및 시용효과 연구에서 액비처리로 안정적인 생육 및 수량 확보가 가능한 사실을 밝혔고, An 등(2011)은 혈분을 이용한 액비의 특성에 관한 연구결과를 보고하였다. 본 논문에서는 배추 유기재배를 위하여 녹비작물 크로타라리아와 헤어리베치를 기본으로 활용하면서 녹비처리 방법, 녹비 연속재배, 그리고 액비를 활용한 추비방법 등 양분관리 시험을 수행한 결과를 보고 하고자 한다.

II. 재료 및 방법

1. 여름·겨울철 녹비작물 재배와 녹비처리 방법 시험

배추 유기재배를 위한 녹비작물 재배 시험은 2012년 봄부터 경기도 수원시 국립농업과학원 망포동 포장에서 2014년까지 수행하였다. 시험포장의 토양특성은 Table 1과 같다. 여름철녹비 크로타라리아는 2012년에는 5월 15일 파종하여 7월 30일 수확하였고, 2013년에는 6월 25일 파종하여 8월 16일에 수확하였다. 겨울철녹비 헤어리베치는 2012년 9월 25일 파종하여 이듬해 5월 3일 수확하였고, 2013년 9월 23일 파종하여 이듬해 4월 30일 수확하였다. 파종량은 모두 5 kg/10a였다. 성장속도가 빠른 크로타라리아는 생육에 따라 질소함량 변화가 심하므로 첫 해 시험재배 시 수확기 가까운 파종 40일부터 10일 간격으로 식물체 지상부의 질소함량을 조사하였다. 이 때 같은 시기에 파종한 수단그라스의 질소함량 변화와 비교하였다. 헤어리베치는 최종 수확 시에 지상부 생체량과 건물량을 구하고 식물체의 질소함량 분석을 통하여 질소공급량을 추정하였다. 식물체 분석은 농업과학원 식물체분석법에 따랐으며(RDA, 2000), 전 질소는 C/N 자동분석기(Variomax CN, Elementar, Germany)를 이용하였다.

녹비작물 처리방법에 따른 양분효과를 비교하기 위하여 2012년 여름녹비를 사용하여 가을배추를 재배하는 시험을 수행하였다. 녹비처리방법은 전면 경운하여 토양에 혼입하는 처리, 부분경운으로 혼입해 주는 처리, 경운하지 않고 예취 피복하는 처리를 두고 무비구, 관행재배구와 비교 하였다. 녹비처리 시에 무비구를 제외하고 목록 공시된 유기질퇴비를 400 kg/10a 사용하였다. 관행구는 다른 처리구와 달리 화학비료(N-P₂O₄-K₂O: 32-7.8-19.8 kg/10a)를 사용하였다. 시험작물 배추(c.v CR 맛)은 8월 29일 150 cm 이랑에 40 cm 간격으로 두 줄로 정식하였고, 11월 7일 수확하였다.

Table 1. The initial chemical properties of the soil used in this experiment

pH	EC	T-C	T-N	OM	Av.P ₂ O ₅	K	Ca	Mg
(1:5)	(dS/m)	(g/kg)			(mg/kg)	Exchangeable cations (cmolc/kg)		
7.4	0.33	7.5	8	12.9	425	0.35	7.7	1.8

Note : EC (Electric conductivity), OM (Organic matter), and Av.P₂O₅ (Available phosphate)

2. 녹비를 활용한 유기재배 배추의 양분관리 시험

배추 유기재배 시 녹비를 활용한 양분관리 기술을 확립하기 위하여 세 가지 시험을 수행하였다. 첫 번째로 겨울 녹비작물 헤어리베치의 녹비효과를 확인하기 위하여 2012년 동계 녹비 재배 후에 2013년 봄배추를 시험재배 하였다. 1번 시험에서와 같이 겨울녹비작물을 재배한 후 2013년 5월 3일 수확, 예취 피복처리한 시험구, 녹비재배 후 혼합유박 10 kg/10a 분량을 추가로 기비 사용한 구를 두고 무비구, 관행재배구와 비교하였다. 봄배추(c.v. 춘광)를 5월 8일 150 cm 이랑에 30 cm 간격으로 두 줄로 정식하였고 6월 25일에 수확하였다. 수확 시에 무름병 발생률과 Tip-burn 발생률을 추가로 조사하였다.

두 번째 양분관리 시험은 녹비작물을 연속 재배한 효과를 검증하기 위하여 2013년 가을 배추를 시험재배 하였다. 녹비작물 연속재배구는 2012년 겨울녹비 재배 후 2013년 봄배추를 재배하지 않고 여름 녹비작물 크로타라리아를 6월 25일 파종하여 같은 해 8월 16일 녹비처리 하였다. 녹비 단작재배구는 봄배추 재배 후 여름녹비작물 크로타라리아를 재배하였고 유박처리구는 첫 번째 시험과 마찬가지로 혼합유박 10kg/10a 분량을 기비로 추가 사용하였다. 가을배추(c.v. 추노)를 8월 30일 150 cm 이랑에 30 cm 간격으로 두 줄로 정식하였고, 11월 5일에 수확하였다. 수확 시에는 봄 작기와 마찬가지로 무름병과 Tip-burn 발생을 조사하였다.

세 번째 양분관리 시험은 2014년 봄작기에 액비를 이용한 추비방법을 검증하였다. 겨울 녹비작물재배 후 추비하지 않는 녹비단작구와 두 번째 시험의 유박 추비구 그리고 액비 처리구를 두어 무비구, 관행재배구와 비교하였다. 액비는 An 등(2011)이 제시한 대로 깻묵

(20%), 미강(10%), 당밀(3%), 건조효모(3%)를 혼합하여 상온에서 60일간 발효하여 질소용 액비를 직접 제조하였다. 제조된 액비의 양분함량은 Table 2와 같다. 봄배추(c.v. 춘광)를 5월 9일 150 cm 이랑에 30 cm 간격으로 두 줄로 정식하였고 7월 8일에 수확하였다.

Table 2. Mineral concentrations of the organic liquid fertilizer applied for supplemental fertilization

NH ₄ -N	P	K	Ca	Mg	Na	Fe	Cu	Mn	Zn
(mg/kg)	(%)					(mg/kg)			
1,986	0.35	6.71	0.90	2.62	0.16	162.3	15.3	78.1	43.7

3. 녹비활용 시 양분이용률과 토양질소함량 변화 조사

2014년 봄 작기 시험에서 녹비재배 후 양분공급 방법에 따른 배추의 생육량을 조사하고 질소함량에 따라 양분흡수량과 질소이용효율(Nitrogen use efficiency)을 구하였다. 질소이용효율은 아래와 같이 처리별 양분흡수량에서 무비구의 흡수량을 제한 다음 총 공급량에서 차지하는 비율로 계산하였다.

$$\text{질소이용률(\%)} = ((\text{처리구 질소흡수량} - \text{무비구 질소흡수량}) / \text{처리구 질소시비량}) * 100$$

처리구 질소시비량에는 시용된 퇴비, 지상부 녹비에 포함된 질소량을 포함하여 계산하였다. 또한 녹비처리 후 일주일 간격으로 토양중의 무기태질소함량을 조사하였다. 무기태질소함량은 작토층 10 cm 깊이의 토양을 채취하여 흐름주입분석기(FIA)로 측정하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 여름·겨울철 녹비작물 재배와 녹비처리 방법

2012년 5월 15일에 파종한 여름 녹비작물 크로타리아의 질소함량은 파종 한 달 뒤에는 3% 이상을 기록하였으나 이후 지속적으로 감소하여 파종 75일차인 7월 30일에는 1.57%를 기록하였다(Fig. 1). 수단그라스의 질소함량은 파종 50일차에 최고 1.71%였고 크로타리아에 비해 변화폭이 크지 않았다. 여름철 녹비 크로타리아와 겨울철녹비 헤어리베치를 재배했는데 2012년과 2013년 크로타리아의 지상부 생육량에 따른 질소공급량은 각각 18.6

과 18.3 kg/10a로 추정되었다(Table 3). 2012년의 경우 76일간 생육하여 생체량과 건물량이 월등하였으나 조직경화에 따른 질소함량 저하로 질소공급 추정량은 비슷한 결과를 보였다. Lim 등(2012)은 열갈이배추 재배를 위해 한 여름인 7월 5일 파종하여 43일간 재배했을 때 크로타라리아의 질소함량은 3.2%였고 질소공급량은 13 kg/10a로 추정한 바 있다. Kim 등(2013)은 당근재배 전 녹비작물로 크로타라리아를 시설 내에 재배했을 때 질소공급량을 8.3 kg/10a로 추정했는데 본 실험에서 확인되었듯이 파종 후 60일 이전 최대 생육량을 보일 때 수확하는 것이 질소공급량 확보에 유리할 것으로 보인다. 헤어리베치의 경우 높은 질소함량으로 10a 당 20 kg/10a 이상의 질소공급량을 기록하였다. Seo 등(2000)은 헤어리베치의 추파시기에 따른 녹비 수량과 질소공급량을 추정하였는데 수원지역에서 9월내에 파종하면 20 kg/10a 이상의 질소를 확보할 수 있다고 하였다.

여름철 녹비 크로타라리아 단기재배 후 녹비처리 방법을 달리하여 가을배추를 재배한 결과 전반적으로 생육이 좋지 않았다(Table 4). 크로타라리아 녹비재배로 이론상으로 18 kg/10a의 질소공급량이 계산되었으나 이는 지상부 건물중을 기준으로 한 수치인데, 2012년 시험의 경우 크로타라리아 녹비처리가 늦어 조직의 경화가 진행되어 녹비의 분해와 무기화가 지연된 결과로 보인다. 녹비처리 방법별로는 토양혼입하지 않고 무경운 피복처리한 구가 제일 좋은 생육을 보여 관행구의 70% 가까운 수준으로 통계적 차이는 없었다. Yang 등(2017)은 전작기 두둑을 재활용한 무경운재배에서 고추의 생육량이 크게 증가했으며 수량도 양호하다고 하였다. 또한 Cho 등(2009)도 콩과 자생피복식물 재배 후에 경운하지 않고 고추를 이식재배 했을 때 관행재배구와 수량차가 없다고 한바 있다. 본 시험에서 여름녹비작물 크로타라리아 재배 후에 토양혼입하지 않고 무경운 예취 피복함으로써 경운처리구보다 좋은 성적을 보여 이후 피복처리는 모두 무경운 예취피복처리 하였다.

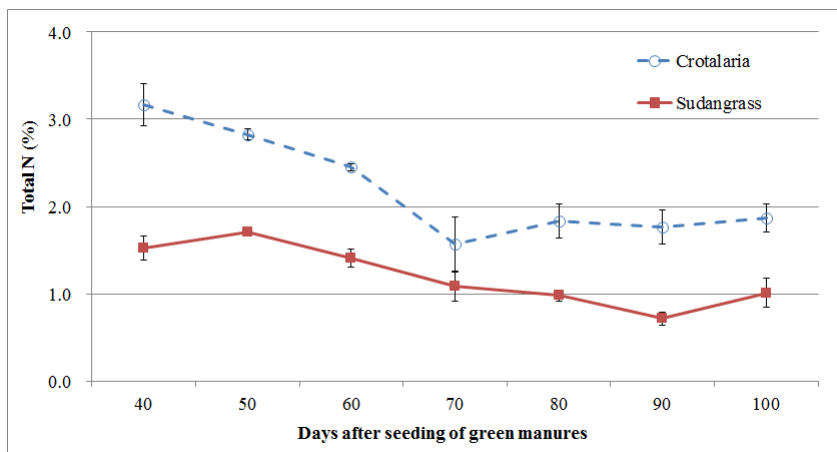


Fig. 1. Changes in total N concentration of green manure crops crotalaria and sudangrass after seeding in the upland soil. Vertical bar indicate SE of the mean.

Table 3. Growth responses of two green manure plants (crotalaria and sudangrass) cultivated for summer and winter seasons, and their contribution to the amount of total N supply

Green manure	Season	Plant fresh weight	Plant dry weight	N concentration	Amount of N supply
		(kg/10a)	(kg/10a)	(%)	(kg/10a)
Crotalaria	2012	5,400	1,182.0	1.57	18.6
	2013	4,180	762.4	2.24	18.3
Sudangrass	2012	4,880	585.6	3.64	21.3
	2013	5,260	608.5	3.81	23.2

2. 녹비를 활용한 유기재배 배추의 양분관리 시험

첫 번째 시험인 겨울철녹비작물 헤어리베치 재배 후 2013년 봄배추 재배 시험은 모든 녹비처리에서 관행재배 보다 높은 수량을 기록하였다(Table 5). 헤어리베치 녹비만 처리한 구의 수량이 8,168 kg/10a으로 화학 비료를 처리한 관행구보다 12%나 증수되었다. 특히 녹비처리구에서는 관행처리와 유박 추비구에 비해 무름병과 Tip-burn 발생이 거의 없었다. 봄배추재배는 고온기에 수확하게 되어 무름병에 취약한데 녹비에 의한 양분공급으로 건전한 생육을 조장하여 병해적응력을 높인 것으로 추론할 수 있다. 무름병은 세균성병균에 의해 토양이나 이병식물에 의해 전염이 조장되므로 친환경적 관리를 위해서는 이병주 제거와 콩과

Table 4. Growth and yield of Chinese cabbages as affected by the application methods (tillage, partial tillage and no tillage) of crotalaria green manure plant, compared to no green manure control and PE mulching treatment

Treatment	Fresh wt.	Leaf no.	Degree of head formation	Leaf length	Leaf width	Yield
	(g)		(0~9)**	(cm)	(cm)	
Tillage	720.8 bc*	45.4 bc	2.7 bc	30.6 ab	18.8 ab	2,569 bc
Partial tillage	966.8 bc	45.5 bc	4.0 b	32.2 ab	19.8 ab	3,222 bc
No tillage	1,265.0 ab	50.7 bc	5.6 ab	33.4 ab	20.9 ab	4,216 ab
Control	620.9 c	40.3 c	2.0 c	27.6 c	17.2 c	2,069 c
PE mulching	1,800.5 a	65.0 a	7.4 a	35.6 a	22.5 a	5,999 a

* The same letters are not significantly different with DMTR at 5% level.

** Degree of head formation : 0 (no head formation), 9 (perfect head formation).

식물과의 윤작이 장려되는데(Kim, 2004) 헤어리베치 녹비재배로 양분공급과 함께 병해관리에도 기여한 것으로 보인다. PE멀칭 화학비료구는 고온기 토양온도 상승으로 무름병과 Tip-burn에 매우 취약한 모습을 보여 주었다.

Table 5. Growth and yield of spring Chinese cabbages cultivated in the upland soil receiving the application of winter season green manure (hairy vetch) compared to the conventional chemical fertilization and no green manure control. The cabbages were harvested in late June, 2013

Treatment	Fresh wt.	Leaf no.	Degree of head formation	Bacterial rot	Tip-burn	Yield
	(g)		(0~9)**	(%)	(%)	
Hairy vetch	1,945.7 a*	66.1 a	8.0 a	5.5 bc	0 c	8,168 a
Hairy vetch + oil cake	1,940.3 a	59.9 a	7.7 a	7.5 b	8.3 b	7,975 a
N-P-K	2,040.9 a	60.3 a	8.5 a	19.4 a	81.6 a	7,310 a
Control	602.3 b	44.2 b	1.0 b	0 c	0 c	2,675 b

* The same letters are not significantly different with DMTR at 5% level.

** Degree of head formation : 0 (no head formation), 9 (perfect head formation).

Table 6. Growth and yield of autumn Chinese cabbages cultivated in the upland soil receiving the application of green manure (multiple, single and additional application of oil cake) compared to the conventional chemical fertilization and no green manure control. The cabbages were harvested in early November, 2013

Treatment	Fresh wt.	Leaf no.	Degree of head formation	Yield
	(g)		(0~9)**	
Green manure (Multiple crop)	2,821 a*	63.7 a	8.8 a	12,536 a
Green manure (Single crop)	2,400 a	60.2 a	8.8 a	10,667 a
Hairy vetch + oil cake	2,600 a	61.8 a	8.9 a	11,556 a
N-P-K	2,538 a	56.6 a	8.9 a	11,277 a
Control	444 b	36.2 b	1.7 b	1,973 b

* The same letters are not significantly different with DMTR at 5% level.

** Degree of head formation : 0 (no head formation), 9 (perfect head formation).

두 번째 양분관리 시험에서 겨울철과 여름철 연속녹비재배로 2013년도 가을배추의 작황이 크게 향상되었다(Table 6). 하계녹비 크로타라리아를 단기재배하고 가을배추를 재배한

2012년에 비하여 2배 이상의 작황을 보였다. 특히 동계녹비 헤어리베치와 하계녹비 크로타라리아를 연속재배하고 가을배추를 재배한 처리구에서는 관행보다 11.1%나 높은 12,536 kg/10a의 수량을 기록하였다. 무처리를 제외한 모든 처리구에서 구중이 2 kg을 훨씬 상회하였고 총 엽수가 60개 이상이고, 결구정도가 8.0을 넘는 우수한 배추의 수확이 가능하였다. 또한 무름병이나 Tip-burn 현상이 전혀 나오지 않아 유기농업의 적기적작 원칙을 다시 한번 확인하였다.

액비를 이용한 추비방법을 확인한 세 번째 양분관리 시험에서는 전반적으로 총수량은 양호하였으나 수확기가 늦어져 고온기와 조우하여 무름병 발생이 심하여 상품성이 많이 떨어지는 결과를 보였다(Table 7). 하지만 처리 간에는 차이가 있어 녹비단독처리구와 유박추비구에 비해 액비처리에 의해 관행과 비슷한 수량이 가능하였다.

Table 7. Growth and yield of spring Chinese cabbages cultivated in the upland soil receiving the application of winter season green manure and complemental fertilization with oil cake or liquid fertilizer compared to the conventional chemical fertilization and no green manure control. The cabbages were harvested in early July, 2014

Treatment	Fresh wt.	Leaf No.	Degree of head formation	Bacterial rot	Yield
	(g)		(0~9)	(%)	
Green manure (Single crop)	1,730 ab*	66.1 a	7.2 a	6.0 a	7,688 ab
Green manure + oil cake	1,234 bc	58.5 a	7.1 a	7.4 a	5,484 bc
Green manure + liquid fertilizer	2,288 a	65.9 a	8.7 a	4.5 a	10,167 a
N-P-K	2,124 a	59.5 a	8.9 a	7.4 a	9,439 a
Control	693 c	43.7 b	1.0 b	4.6 a	3,080 c

* The same letters are not significantly different with DMTR at 5% level.

3. 녹비활용 시 양분이용률과 토양질소함량 변화

녹비재배 후 추비 방법 간의 배추의 겉보기 질소흡수량과 이용률은 처리간 차이가 많았다(Table 8). 녹비처리후 액비 추비구의 질소흡수량이 제일 많아 관행구보다 많은 20.9 kg/10a를 기록하였다. 질소이용 면에서도 액비에 의한 추비 처리구는 관행의 화학비료구보다 우수한 질소이용률을 보였다. Yun 등(2010, 2011)은 유기질퇴비 시용구보다 화학비료 시용구의 질소이용률이 높고, 봄배추 재배에서는 흑색비닐 멀칭으로 질소이용률을 높일 수 있다고 하였는데 본 시험에서는 유기질비료를 액비로 공급함으로써 질소이용률이 높아짐을 확인하였다. 이러한 사실은 Fig. 2에 나타난 토양 중 무기태질소 함량의 변화에서도 확인되

는데 액비처리구의 토양 중 무기태질소 함량은 상대적으로 안정적으로 유지되었고 화학비료구는 시용 후 급격하게 감소하였는데 이는 휘산과 용탈로 질소 양분이 유실되는 것으로 추정된다.

Table 8. Yield, total N concentration, nitrogen uptake and nitrogen use efficiency of spring Chinese cabbages cultivated in the upland soil receiving the application of winter season green manure and complementary fertilization with oil cake or liquid fertilizer compared to the conventional chemical fertilization and no green manure control. The cabbages were harvested in early July, 2014

Treatment	Yield	Ratio of plant dry weight	Total N	Amount of nitrogen uptaken	Nitrogen use efficiency
	(kg/10a)	(%)	(%)	(kg/10a)	(%)
Green manure (Single crop)	7,688	5.10	3.76	14.7	26.6
Green manure + oil cake	5,484	4.78	3.74	9.8	10.1
Green manure + liquid fertilizer	10,167	5.28	3.91	20.9	47.4
N-P-K	9,439	4.27	4.50	18.1	37.9
Control	3,080	8.79	2.50	6.76	-

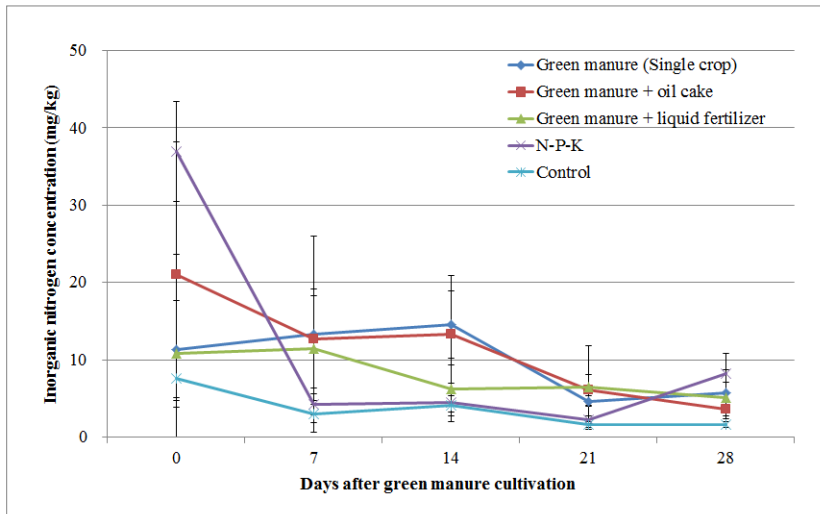


Fig. 2. Changes in soil inorganic nitrogen concentrations as affected by a single season green manure application followed by supplemental fertilization with oil cake or liquid fertilizer. Vertical bar indicate SE of the mean.

이상의 결과로 볼 때 배추 유기재배를 위해서는 겨울과 여름철 모두 녹비작물을 재배하여 양분관리 하는 것이 필요함을 확인하였다. 녹비작물 재배 후 녹비처리 시에는 토양보전과 잡초관리를 위해서도 무경운 예취 피복하는 것이 유리하다. Kim 등(2011)은 배추 재배 시에 경운보다는 무경운 재배에서 그리고 봄배추보다는 가을배추 재배가 온실가스 배출 면에서도 유리하다고 하였는데 배추의 유기재배를 위해서는 적기인 가을 작기 재배가 유리함을 확인하였다. 또한 다비성 작물인 배추의 후기양분 관리를 위해서는 액비형태로 공급하는 것이 작물의 생육과 수량은 물론 질소이용효율 면에서도 유리함을 확인하였다.

IV. 적 요

배추 유기재배 시 녹비작물과 추비방법이 배추의 생육과 질소이용에 미치는 영향을 구명하기 위하여 2012년부터 2014년까지 수원에 있는 국립농업과학원 포장에서 시험을 수행하였다. 녹비작물은 여름철 크로타라리아와 겨울철 헤어리베치를 이용하였다. 녹비처리 방법은 전면경운 토양혼입방법과 부분경운 토양혼입방법, 그리고 무경운 예취피복처리를 비교하였다. 추비방법은 녹비만 처리한 것과 녹비 처리 후 유박과 액비로 추비한 처리를 비교 하였다. 시험결과 녹비 처리 방법은 예취 후에 경운하여 토양혼입 하는 것보다 무경운 피복처리 하는 것이 좋았다. 봄배추재배 시 동계 녹비작물 헤어리베치 재배로 정상적인 생육과 수량이 가능하였고 관행의 화학비료 처리구에 비하여 무름병과 Tip-burn 발생이 적어 수량성도 높았다. 가을재배에서는 녹비 연속재배와 유박 추비로 관행의 화학비료처리구와 비슷한 수량을 보였다. 하지만 하계 단기성 녹비작물 재배 시에는 관행 수량의 70% 내외에 그쳤다. 녹비재배에 이은 액비 활용 양분관리로 관행과 비슷한 수량이 가능하였고 토양중 무기태 질소가 안정적으로 유지되고 질소이용효율도 향상되었다. 결론적으로 배추 유기재배를 위해서는 겨울과 여름 녹비작물을 재배하고 가을 작기를 선택하여 액비로 추비하는 것이 권장된다.

[Submitted, October. 11, 2018 ; Revised, November. 7, 2018 ; Accepted, November. 19, 2018]

References

1. An, N. H., Y. K. Kim, Y. Lee, H. J. Jee, J. H. Park, S. J. Hong, and E. J. Han. 2011. Changes in Chemical Properties and Microbial Population of Farm-Made Organic Liquid

- Fertilizer during Fermenting Process. J. Kor. Org. Agr. 19: 417-425.
2. Choi, D. H., J. K. Sung, S. M. Lee, Y. H. Lee, J. M. Kim, J. A. Jung, and B. H. Song. 2008. Selection of Useful Organic Materials as an Additional Fertilizer for Organic Red-pepper Production and the Application Effect. Korean J. Soil Sci. Fert. 41: 153-157.
 3. Choi, H. S., M. C. Seo, J. H. Kim, W. G. Sang, P. Shin, and G. H. Lee. 2015. Screen of Green Manure Crops for Cultivation on Agricultural Land With Spring Season in the Central Regions of Korea. Korean J. Soil Sci. Fert. 48: 689-696.
 4. Choung, J. I., J. R. Kang, J. T. Kim, J. C. Ko, N. H. Back, K. Y. Ha, S. Y. Kim, and J. W. Ahn. 2007. Study of Mixed Cover Crops for Weeds Control in Alping Area, J. Korean Soc. Int. Agric. 19:114-117.
 5. Gernami, G. and C. Plenchette. 2004. Potential of Crotalaria Species an Green Manure Crops for the Management of Pathogenic Nematodes and Beneficial Mycorrhizal Fungi. Plant Soil. 266: 333-342.
 6. Jeon, W. T., K. Y. Seong, M. T. Kim, G. J. Oh, I. S. Oh, and U. G. Kang. 2010. Change 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.
 7. Joo, S. J., S. M. Shon, and J. H. Kim. 2001. Development of Organic Liquid Fertilizer for Leaf Vegetable under Greenhouse. J. Kor. Org. Agr. 9: 83-99.
 8. Kim, G. Y., H. C. Jung, K. M. Sim, S. B. Lee, and D. B. Lee. 2011. Evaluation of N₂O Emissions with Different Growing Periods (Spring and Autumn Seasons), Tillage and No Tillage Conditions in a Chinese Cabbage Field. Korean J. Soil Sci. Fert. 44:1239-1244.
 9. Kim, S. H., D. C. Seo, J. H. Park, S. T. Lee, S. W. Lee, H. C. Kim, J. S. Cho, and J. S. Heo. 2013. Effect of Green Manure Crops on Growth and Yield of Carrot for Reduction of Continuous Cropping Injury of Carrot through Crop Rotation. Korean J. Environ Agric. 32: 279-286.
 10. Kim, H. 2017. Issues on Overcoming Present Crisis of Organic Agriculture through its Philosophy and Principle. Korean J. Org. Agri. 25: 53-69.
 11. Ku, J. H., 2014. A New Hairy Vetch (*Vicia villosa* Roth) Variety, 'Cheongpoogbora' for Green Manure. Korean J. Breed. Sci. 46: 318-322.
 12. Lee, H. J., J. S. Lee, and J. H. Seo. 2002. Decomposition and N Release of Hairy Vetch Applied as a Green Manure and its Effects on Rice Yield in Paddy Field. Korean J. Crop Sci. 47: 137-141.
 13. Lim, T. J., K. I. Kim, J. M. Park, S. E. Lee, and S. D. Hong. 2012. The Use of Green Manure Crops as a Nitrogen Source for Lettuce and Chinse Cabbage Production in Green-

- house. Korean J. Environ Agric. 31: 212-216.
14. RDA. 2000. Methods for chemical analysis of soil and plant. National Institute of Agricultural Science and Technology. RDA.
 15. RDA. 2010. Soil and nutrient management for organic farm land. RDA.
 16. Seo, J. H. and H. J. Lee. 2008. Mineral Nitrogen Effects of Hairy Vetch (*Vicia villosa* Roth) on Maize (*Zea mays* L.) by Green Manure Amounts. Journal of Agronomy. 7: 272-276.
 17. Seo, J. H., H. J. Lee, and S Kim. 2000. Change of Green Manure and Nitrogen Yield of Hairy Vetch according to Seeding Date in Autumn. Korean J. Crop Sci. 45: 400-404.
 18. Seo, J. H., H. J. Lee, S. J. Kim, J. J. Lee, H. K Ahn, and C. S. Park. 1998. Nitrogen Release from Hairy Vetch (*Vicia villosa* Roth) Residue in Relation to Different Tillages and Plant Growth Stage. Korean J. Soil Sci. Fert. 31: 137-142.
 19. Seo, J. H., J. Y. Park, and D. Y. Song. 2005. Effect of Cover Crop Hairy Vetch on Prevention of Soil Erosion and Reduction of Nitrogen Fertilization in Sloped Upland. Korean J. Soil Sci. Fert. 38: 134-141.
 20. Yang, C. H., C. H. Yoo, B. S. Kim, W. O. Park, J. D. Kim, and K. Y. Jung. 2008. Effects of Application Time and Rate of Mixed Expeller Cake on Soil Environment and Rice Quality. Korean J. Soil Sci. Fert. 41: 103-111.
 21. Yun, H. B., J. S. Lee, Y. J. Lee, R. Y. Kim, Y. S. Song, S. G. Han, and Y. B. Lee. 2011. Chinese Cabbage Growth Effected by Black Vinyl Mulching and Organic Fertilizer Application in Spring Season. Korean J. Soil Sci. Fert. 44: 1107-1111.
 22. Yun, H. B., S. G. Han, J. S. Lee, Y. J. Lee, M. S. Kim, and Y. B. Lee. 2010. Pig Mannure Compost and Urea Application Effect on Chinese Cabbage in Different Soil Fertility. Korean J. Soil Sci. Fert. 43: 962-967.