

## 노지 배추 재배시 혼합유박의 밀거름 적정 시용량 평가

김성현<sup>a</sup>, 황현영<sup>a</sup>, 박성진<sup>b</sup>, 김석철<sup>c</sup>, 김명숙<sup>b†</sup>

### Evaluation of Preplant Optimum Application Rate of Mixed Expeller Cake in Chinese Cabbage Cultivation at the Field

Kim Seong Heon<sup>a</sup>, Hwang Hyun Young<sup>a</sup>, Park Seong Jin<sup>b</sup>, Kim Seok Cheol<sup>c</sup>, Kim Myung Sook<sup>b†</sup>

(Received: Jun. 28, 2019 / Revised: Aug. 28, 2019 / Accepted: Aug. 29, 2019)

**ABSTRACT:** Mixed expeller cake has been one of soil management to improve crop productivity and soil fertility. But, there was a little information on optimum mixed expeller cake application for chinese cabbage. So, in this study, we were evaluated the preplant optimum application rate of mixed expeller cake(MEC) in chinese cabbage cultivation at field. Treatments consist of control, inorganic fertilizer(N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O : 320-78-198 kg ha<sup>-1</sup>), MEC(50, 100, 150% on preplant application standard 110 kg ha<sup>-1</sup> as N, topdressing : 210 kg ha<sup>-1</sup> as N). In results, growth characteristics was not significantly different. But, yield was increased when application rate was increased. And MEC 150% treatment showed similar yield as inorganic treatment. There was no significant difference in soil pH, OM, Av.P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, NH<sub>4</sub>-N and Ex.K. But, soil EC and NO<sub>3</sub>-N were increased when MEC level increased. As a results, MEC 150% can be proposed as preplant optimum application rate of MEC from this study. But abuse of MEC and long-term using caused about salt accumulation in soil.

**Keywords:** Mixed expeller cake, Chinese cabbage, Preplant optimum application rate

**초 록:** 유기질 비료 중 혼합유박은 작물생산성과 토양의 비옥도를 높일수 있는 농자재중 하나이다. 그러나 배추 재배시 혼합유박의 적정시용량에 대한 연구는 미비한 실정이다. 이에 본 연구는 혼합유박의 밀거름 시용량에 따른 배추의 생육, 수량 및 토양특성 변화를 확인하고 이를 통해 혼합유박의 밀거름 적정 시용량을 제시하고자 하였다. 본 시험은 무처리, NPK처리구(N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O : 320-78-198 kg ha<sup>-1</sup>), 혼합유박 처리구는 밀거름을 질소기준 210 kg ha<sup>-1</sup>을 50, 100 및 150% 수준으로 기비하고 추비는 시기에 맞게 시비하는 것으로 설정하였다. 배추의 생육은 무처리구를 제외하고는 통계적 유의성은 없었으나, 수량의 경우 NPK 처리구 > MEC 150% 처리구 > MEC 100% 처리구 > MEC 50% 처리구 > 무처리구 순이었다. 처리구에 따른 질소 이용 효율은 혼합유박 처리량이 증가할수록 증가하는 경향이였다. 토양 특성의 경우 pH, OM, Av.P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, NH<sub>4</sub>-N 및 Ex.K의 경우 유의적인 차이는 없었으나 EC 및 NO<sub>3</sub>-N은 혼합유박의 밀거름 시용량이 증가할수록 약간 증가하는 추세였다. 이를 통해 수량을 위한 혼합유박 밀거름 적정시용량은 밀거름 150% 처리인 것으로 판단된다.

**주제어:** 혼합유박, 배추, 적정시용량

<sup>a</sup> 농촌진흥청 국립농업과학원 박사후연구원(Ph.D., National Academy of Agricultural Sciences, Rural Development Administration)

<sup>b</sup> 농촌진흥청 국립농업과학원 연구사(Researcher, National Academy of Agricultural Sciences, Rural Development Administration)

<sup>c</sup> 경기도농업기술원 원장(Director, Gyeonggi Provincial Agricultural Research & Extension Services)

† Corresponding author(e-mail: msk74@korea.kr)

## 1. 서론

채소 재배를 위한 대부분의 양분 공급은 비료 시비에 의해 이루어지고 있으며, 이로 인해 비료사용량은 지속적으로 증가하고 있다<sup>1)</sup>. 배추는 국내 주요 채소로서 재배시기에 따라 봄배추, 여름배추, 가을배추 및 겨울배추로 분류되며 연중 생산 및 공급되는 것으로 알려져 있으며<sup>2,3,4)</sup>, 배추 재배시 질소 비료의 표준 시비량은 320 kg ha<sup>-1</sup>로 추천하고 있으나<sup>5)</sup>, 질소질 비료의 시비량이 많을수록 배추의 구가 비대해지며 환원당 중 glucose와 fructose의 함량이 증가하며 저장 중 수확 후 손실이 없다고 알려져 있어<sup>6)</sup> 질소질 비료의 사용량이 증가하고 있는 실정이다. 또한 배추는 흡비력이 강하고 비료의 요구량이 많은 작물이기 때문에<sup>7)</sup> 일반 농가에서는 배추 재배시 빠른 생육과 결구를 목적으로 화학비료 중 질소질 비료를 보통 1.5배에서 2.4배까지 과다 시비하고 있다<sup>8)</sup>.

그러나 최근 국내에서는 안정농산물을 선호하는 소비자가 증가됨에 따라 농림축산식품부에서는 고품질 친환경농업 장려정책의 일환으로 화학비료를 절감하고 대체하는 방안으로 유기질 비료를 추천하고 있으며 뿐만 아니라 유기질 비료의 정책 지원을 확대하고 있다<sup>9)</sup>. 유기질 비료는 비료공정규격상 부산물 비료로 구분되어 있으며 동물성 및 식물성 원료 또는 퇴비 등을 혼합하여 제조되어지는 것을 유기질비료라 한다. 부숙 유기질 비료는 퇴비화 과정을 거쳐 생산되기 때문에 양분공급이 시비와 동시에 이루어지지만, 유기질 비료는 유기태 화합물을 다량 함유하고 있어 토양에 시비 후 미생물에 의한 무기화과정을 거쳐 각종 아미노산, 유기산, 핵산 등이 생성되며 작물 생육에 필요한 양분을 공급할 수 있는 특징이 있다<sup>10,11)</sup>.

국내 유기질 비료는 단일 원료로 제조된 비료보다 2종 이상의 원료를 배합하여 만든 혼합유박이나 혼합유기질비료와 같은 유기질 비료가 대부분을 이루고 있다<sup>12)</sup>. 이러한 혼합유박의 경우 가축분 퇴비에 비해 질소함량이 1-3배 정도 많고, 질소 대부분이 유기태 질소로 존재한다고 알려져 있어 작물의 비효에 완효적인 특성을 가지고 있으며, 또한 식물성 부산물로 염류농도가 낮아 토양의 건정성을 지속적으로

유지하는데 유리할수 있다고 알려져 있다<sup>13)</sup>.

하지만 Kim 등<sup>14)</sup>에 따르면 화학비료의 대체제로서 유기질 비료를 전량 시비할 경우 토양검정시비량보다 과량 시비해야지만 작물의 수량이 화학비료의 수량과 대등한 결과가 나왔다고 보고하고 있다. 이러한 유기질 비료의 과다사용은 토양 중 염류집적을 일으켜 작물의 수분 흡수를 저해하고, 이온독성을 유발하여 작물 생육 장애를 초래하여(Kim et al., 2018) 농경지의 환경과 작물의 수량 및 품질에 악영향을 줄 것이라고 판단되며 유기질 비료의 과다사용을 줄일수 있는 방안이 필요할 것으로 사료된다.

이러한 유기질 비료 연구는 벼<sup>15)</sup>, 상추<sup>16)</sup>, 다채<sup>17)</sup>, 적겨자<sup>18)</sup> 등의 채소 작물 대상으로 화학비료 대체제로서의 연구가 다양하게 진행되어져 있으며 이는 화학비료의 대체제로서 전량 시비되는 실험이 대부분이며 밀거름 시용량에 대한 연구는 미비한 실정이다.

이에 본 연구는 양분의 과다 사용으로 인한 토양의 오염을 줄이고 유기질 비료와 무기질 비료의 적절한 사용을 통해 토양환경의 안정성 및 안정적인 작물 생산을 하고자 여러 유기질 비료 중 선행연구를 통해 선정된 혼합유박을 밀거름 시용량에 따라 처리구를 구성하고 작물 재배 후 토양의 화학성, 배추의 양분 흡수, 생육 및 수량 확인을 통해 배추 노지재배 시 혼합유박의 밀거름 적정 시용량을 확인하고자 하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1. 포장시험

본 시험은 충남 청양군 화성면 용당리에 위치한 밭 포장에서 2018년 4월 1일부터 6월 31일까지 배추 재배실험을 수행하였다. 본 시험이 진행되어진 시험 포장 토양의 화학적 특성은 Table 1과 같다.

처리구 면적은 12 m × 4.7 m로 56.4 m<sup>2</sup>로이었고, 처리구는 난괴법 3반복으로 조성하였다. 배추는 모종을 재식거리 60 cm × 40 cm로 하여 처리구당 144주를 정식하였다. 시험포장의 처리구는 무처리구, NPK 처리구, 혼합유박(50, 100 및 150%)처리구로 구분

Table 1. The Chemical Properties of Soil Used

pH	EC	OM	Av.P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Cation Ex.			Inorg. N	
				K	Ca	Mg	NO <sub>3</sub> -N	NH <sub>4</sub> -N
(1:5)	(dS m <sup>-1</sup> )	(g kg <sup>-1</sup> )	(mg kg <sup>-1</sup> )	..... (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> ) .....			..... (mg kg <sup>-1</sup> ) .....	
6.3	0.5	22.5	1462.4	0.6	5.1	1.3	12.0	18.9

하였다. NPK 처리구는 N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O : 320-78-198 kg ha<sup>-1</sup> 을 요소, 용성인비, 염화가리를 사용하였으며, 혼합유박 처리구는 화학비료 질소 시비량인 320 kg ha<sup>-1</sup>에 상응하는 혼합유박 사용량을 Eq.(1)과 같이 산정하여 50, 100 및 150%의 3수준으로 사용하였다.

$$\text{혼합유박 시비량 (kg ha}^{-1}\text{)} = \text{토양검정 N시비 (kg ha}^{-1}\text{)} \times \frac{100}{\text{혼합유박 질소함량 (\%)}} \text{ Eq.(1)}$$

### 2.2. 질소이용효율

배추 수확 후 엽폭, 엽장 및 생체중을 조사하였고, 70°C dry oven에서 48시간 건조 후 수분을 정량하였다. 질소의 이용효율을 조사하기 위해 국립농업과학원에서 발간한 토양 및 식물체 분석법<sup>19)</sup>에 준하여 분석하였으며, T-N은 습식분해(HClO<sub>4</sub>)하여 전처리 후 킬달장치를 이용하여 분석하였다. 혼합유박의 질소 이용효율(%)은 아래와 같이 Eq.(2)식을 이용하여 산출하였다<sup>12)</sup>.

$$\text{질소이용효율 (\%)} = \frac{\text{각처리구배추질소흡수량 (kg ha}^{-1}\text{)} - \text{무비구 질소흡수량 (kg ha}^{-1}\text{)}}{\text{질소총 시비량 (kg ha}^{-1}\text{)}} \times 100 \text{ Eq.(2)}$$

### 2.3. 토양분석

토양 분석은 국립농업과학원에서 발간한 토양 및 식물체 분석법<sup>19)</sup>을 이용해 분석하였다. 토양의 pH 및 EC는 풍건조건에서 건조한 시료와 증류수를 1:5(w/v) 비율로 30분 교반하여 pH meter(Orion star A121) 및 EC meter(Orion star A121)로 각각 측정하였다. 유효 인산은 Lancaster법, 치환성 양이온은 1M ammonium acetate(pH 7.0)으로 침출하여 ICP로 K, Ca, Mg 함량을 분석하였으며, 가용성 질소 함량은 2M KCl로 추

출한 여액을 이용하여 질소자동분석기(Bran-Luebbe, AutoAnalyzer)로 여액 중 NO<sub>3</sub>-N 및 NH<sub>4</sub>-N를 분석하였다.

### 2.4. 통계분석

모든 데이터는 ANOVA 분석을 실시하였고, 각 구간에 평균비교는 유의 수준 5%로 Duncan 분석을 하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1. 배추 재배기간 중 지온 및 토양 수분함량

본 시험 포장의 지온 및 수분 함량은 Fig. 1과 같다. 배추 재배기간 중 평균 지온은 18.5 ± 1.8°C 이었으며 최고 및 최저 지온은 23.2 및 13.1°C였다. 포장의 재배기간 중 수분함량은 평균 19 ± 5%였으며 최대 33% 및 최소 11%인 것으로 확인되었다. 배추 재배 기간 중 배추의 생육에 영향을 미치는 배추 뿌리혹병의 경우 지온 20~25°C 및 토양 수분함량이 80%인 과습상태에서 발병하며 토양 수분함량이 45%이하일 경우 배추 뿌리혹병이 발병하지 않는다<sup>20)</sup>고 하였는데 본 포장시험기간동안 적정 지온 및 적정 수분함량이 유지되었으며 이로 인해 병에 대한 실험적 영향은 없었을 것으로 판단된다.

### 3.2. 혼합유박의 시용시 배추의 생육 및 성분 변화

혼합유박 처리구에 따른 배추의 생육 특성은 Table 2와 같다. 배추의 엽장, 엽폭 및 엽녹소 함량을 비교한 결과 무처리구를 제외한 처리구에서 통계상 유의적인 큰 차이는 없었는데 이는 혼합유박이 양분으로 전량 들어간 것이 아니라 밀거름으로 시비하였으며,

생육 후기 필요한 양분은 화학비료로 추가시비 및 유기질 비료의 완효성 때문에 다음과 같은 결과가 나왔다고 판단된다. 배추 생육의 경우 생육 중반 이후 결구기부터 추가적인 양분의 공급이 필요하며<sup>6)</sup> 본 실험의 경우 유기질 비료를 밑거름으로 사용하고 웃거름으로 화학비료를 시비함으로써 결구기의 양분공급이 충분히 일어났기에 배추의 생육에 뚜렷

한 차이가 없었다고 판단되어진다.

수확시 처리구에 따른 배추의 N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 및 K의 함량은 Fig. 2와 같다. 보시는 바와 같이 무처리구를 제외한 처리구에서 처리구 특성 및 성분예 따라 약간의 차이가 있으나 통계적으로 유의적인 차이는 없는 것으로 확인되었다. Kang 등<sup>21)</sup>은 배추 재배시 외부요인의 차이가 나더라도 배추의 성분에는 변화

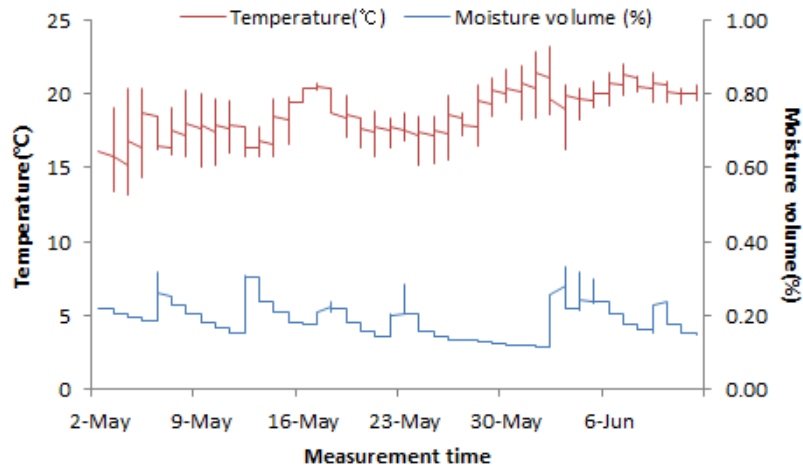


Fig. 1. Variation of soil temperature and soil moisture during chinese cabbage cultivation.

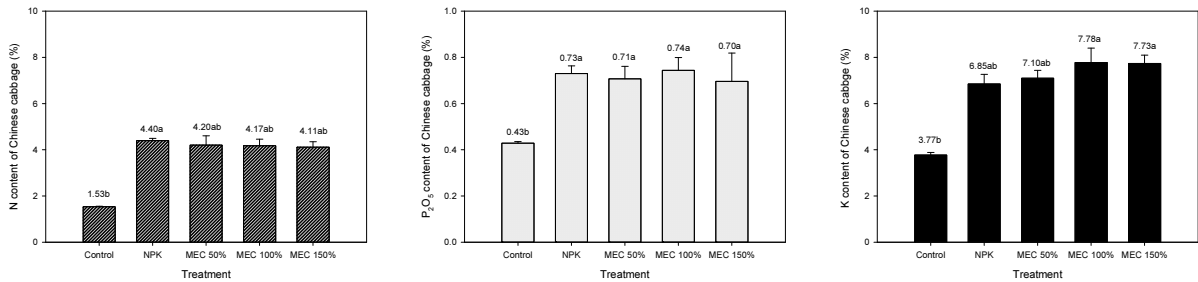


Fig. 2. Variation of chinese cabbage chemical properties by preplant application rate of MEC. (MEC: mixed expeller cake)

Table 2. The Growth Properties of Chinese Cabbage by Preplant Application Rate of MEC

Treatment	Leaf length	Leaf width	SPAD502
	..... cm .....	.....	value
Control	25.6b <sup>‡</sup>	46.8b	36.3b
NPK	37.4a	65.8a	42.7a
MEC <sup>†</sup> 50%	35.8a	65.7a	41.9a
MEC100%	36.4a	65.6a	42.9a
MEC150%	35.7a	65.5a	41.9a

<sup>†</sup>MEC : mixed expeller cake.

<sup>‡</sup>Numbers with the same letter within a column are not significantly differed(Duncan's test, p < 0.05).

가 없다고 보고하였으며 본 연구의 경우도 같은 경우라고 판단되어지며, 특히 배추의 생육에 가장 큰 영향을 미치는 질소가 과량 들어간 것이 아니라 배추의 질소 시비량인 320 kg ha<sup>-1</sup>을 기준으로 밀거름 형태로 시비하였기 때문에 다음과 같은 결과가 나왔다고 판단된다.

### 3.3. 혼합유박 처리시 작물의 수량 및 작물 흡수 특성

혼합유박 처리에 따른 배추의 수량은 생육특성과 다른 경향을 보였다(Table 3). 화학비료를 처리한 NPK 처리구에서 가장 높은 수량을 보였으며 반대로 무처리구는 NPK 처리구에 비해 약 7.2배 낮은 수량으로 가장 낮은 수량을 보였다. 혼합유박 처리구는 처리량에 따라 약간 증가하는 경향을 보였으며 150% 처리구가 가장 높은 수량을 보였고, 혼합유박 150% 시비시 수량은 NPK처리구와 유사하였다. 이러한 결과의 경향을 확인하기 위해 작물의 생육 및 수량 반응에 주요인으로 작용하는<sup>22)</sup> 질소의 이용효율을 조

사하였다. 화학비료 처리구의 질소 이용효율을 기준으로 하여 혼합 유박 150% 처리구 > 혼합 유박 100% 처리구 > 혼합유박 50% 처리구 > 무처리구 순으로 나타났으며 이러한 순서는 수량의 특성과 유사한 경향이었고, 질소의 이용효율이 수량과 정의 상관관계가 있다는 연구결과<sup>22)</sup>와 유사하였다. 이를 통해 질소의 공급이 증가할수록 생육특성에는 큰 영향이 없으나 수량에 영향을 미치는 것으로 확인되었다.

### 3.4. 혼합유박 시용에 따른 토양 특성의 변화

배추 재배시 밀거름으로 혼합유박을 시용량별로 시용하였을 때 토양 특성 변화는 Table 4와 같다. pH는 처리구에 따라 큰 변화는 없었으며 유기질 비료의 시용은 토양의 pH에 영향을 거의 미치지 않는다는 선행연구<sup>15)</sup>의 결과와 유사하였다. EC는 Uhm 등<sup>23)</sup>의 선행연구 결과 유기질 비료의 시용은 토양 EC를 5.8~16.1% 증가되는 경향을 나타낸다고 보고 하였으나 본 연구결과의 경우 증가는 하지만 통계적으로 유의하지는 않았다. 혼합유박 사용시 EC가 조금씩

Table 3. Yield and Nitrogen Uptake Characteristics of Chinese Cabbage by Preplant Application Rate of MEC

Treatment	Yield (kg ha <sup>-1</sup> )	Yield Index	Amount of nitrogen uptake (kg ha <sup>-1</sup> )	Utilization rate of N (%)
Control	1,259c <sup>†</sup>	13.8	0.68c	1.1
NPK	9,129a	100	65.05a	100
MEC <sup>†</sup> 50%	8,289b	90.8	53.58b	82.4
MEC100%	8,483b	92.9	54.13b	83.2
MEC150%	8,748ab	95.8	56.32b	88.4

<sup>†</sup>MEC: mixed expeller cake.

<sup>‡</sup>Numbers with the same letter within a column are not significantly differed(Duncan's test, p < 0.05).

Table 4. The Chemical Properties of soil after Cultivation

Treatment	pH 1:5	OM g kg <sup>-1</sup>	EC dS m <sup>-1</sup>	Av.P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ..... mg kg <sup>-1</sup> .....	NO <sub>3</sub> -N .....	NH <sub>4</sub> -N .....	K ..... cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> .....	Ca	Mg
Control	6.5a <sup>†</sup>	0.5a	0.26a	491a	12.8a	13.5b	0.47a	5.36a	1.64a
NPK	6.6a	20.3a	0.53ab	1,167b	17.8b	9.0a	0.65b	5.68ab	1.69a
MEC <sup>†</sup> 50%	6.9a	22.7ab	0.49ab	1,120b	32.2c	12.8b	0.60b	6.06ab	1.72a
MEC100%	6.7a	24.8b	0.54ab	989ab	28.9c	8.8a	0.61b	6.08ab	1.79a
MEC150%	6.8a	23.2b	0.79b	1,050ab	32.4c	8.6a	0.67b	6.25b	1.75a

<sup>†</sup>MEC: mixed expeller cake.

<sup>‡</sup>Numbers with the same letter within a column are not significantly differed(Duncan's test, p < 0.05).

증가하는 것은 유기질 비료의 경우 발효가 잘 되어진 퇴비와 달리 발효가 진행되지 않는 미부숙<sup>24)</sup>상태이고, C/N비가 퇴비에 비해 낮고 이로 인해 미생물에 한 질소 무기화가 빨라<sup>10)</sup>, 토양 중으로  $\text{NH}_4\text{-N}$ ,  $\text{NO}_3\text{-N}$  등 EC에 영향을 미치는 양분의 공급이 증가되므로<sup>25)</sup> 토양의 EC가 증가되었다고 사료된다.

유기물 함량의 경우 처리구에서 증가하는 경향이 있었다. 이는 혼합유박의 사용이 증가함에 따라 유기질 비료 자체의 높은 유기물 함량에서 유래한 것으로 판단된다<sup>23)</sup>. 그러나 본 실험은 단기간 실험이므로 이를 통해 토양의 유기물 함량이 증진된다고 말할 수는 없을 것으로 보인다.

$\text{NO}_3\text{-N}$ 의 경우 혼합유박 사용시 다른 처리구에 비해 그 양이 증가하는 것을 확인하였으며, 이 또한 유기질 비료의 특성상 토양 중  $\text{NO}_3\text{-N}$ 의 공급이 증가되어 같은 결과가 나왔다고 판단된다.

재배 후 토양의 K, Ca 및 Mg 함량은 무처리구에 비해 증가하지만 통계적으로 유의성 있는 증가는 없었으며 이를 통해 K, Ca 및 Mg의 집적은 없을 것으로 판단된다.

이러한 결과를 통해 유기질 비료를 과다 및 장기간 사용시 토양  $\text{NO}_3\text{-N}$ 과 같은 질산염의 집적이 있을 수 있다고 판단되어지므로 반드시 적정 사용해야 될 것으로 판단되어진다. 그러나 이는 단기간의 실험이므로 장기간의 실험이 이루어져야 될 것으로 판단된다.

#### 4. 결론

본 연구는 화학비료 사용 저감 및 친환경 농업을 위한 방안 중 일환으로 밀거름으로서 유기질비료의 적정사용을 위해 배추 재배시 유기질 비료인 혼합유박의 밀거름 사용량에 따른 작물의 생육 및 토양 특성을 확인하고 밀거름 적정사용량을 제시하고자 하였다. 연구 결과 무처리구를 제외하고 배추의 생육은 유의적인 차이를 보이지 않았으나, 수량의 경우 밀거름으로 유기질 비료를 150% 시비하였을 때 NPK처리구와 가장 유사한 경향이였다. 재배 후 토양의 화학적 특성의 경우 유기질 비료를 사용한 후

에 EC와  $\text{NO}_3\text{-N}$  함량이 증가되므로 과다 사용시 토양 염류 집적이 생길수도 있다고 판단되어진다. 결론적으로 배추 재배시 배추의 생육, 수량 및 토양의 안정성을 고려한 혼합유박의 밀거름 적정사용량은 밀거름으로 유기질 비료를 150% 시비하는 것이라고 판단되어진다. 그러나 이는 단기간의 실험이므로 추후 장기 연용시험을 통한 결과도출이 필요할 것으로 판단된다.

#### 사 사

This study was carried out with the support of "PJ012623" Rural Development Administration, Republic of Korea.

#### References

1. FAO(food and agriculture organization), "Current world fertilizer trends and outlook to 2016", Food and Agriculture organization, The united nations. (2016).
2. Lee, I. S., Park, W. S., Koo, Y. J. and Kang, K. H., "Comparison of falls of chinese cabbage for kimchi preparation", Korean J. Food Sci Technol., 26, pp. 226~230. (1994).
3. Lee, S. G., Kim, S. K., Lee, H. J., Choi, C. S. and Park, S. T., "Impacts of climate change on the growth, morphological and physical responses, and yield of kimchi cabbage leaves", Hortic Environ Biotechnol, 57, pp. 470~477. (2016).
4. Oh, D. G., Yoon, J. Y., Lee, S. S. and Woo, J. G., "Effects of some much materials on chinese cabbage growing in different seasons, III, Soil temperature and growth of chinese cabbage in summer", Korean J. Hortic Sci Technol, 25, pp. 263~269. (1984).
5. RDA, "Fertilizer regulation", Rural development administration, Suwon, Korea. (2017).
6. Freyman, S., Toivonen, P. M., Lin, W. C., Perrin, P. W. and Hall, J. W., "Effect of nitrogen fertilization

- on yield, storage losses and chemical composition of winter cabbage”, *Can J. Plant Sci.*, 71, pp. 943~946. (1991).
7. Jin, G. A., “Effects of application rate of mixed expeller cake on soil chemical properties, nitrogen uptake, growth and yield of onion”, *Korean National Open University*, pp. 1~51. (2017).
  8. Hong, S. J., Kim, B. S., Park, N. I. and Eum, H. L., “Influence of nitrogen fertilization on storability and the occurrence of black speck spring kimchi cabbage”, *Korean J. Hortic Sci Technol*, 35(6), pp. 727~736. (2017).
  9. Yun, H. B., Park, W. K., Lee, S. M., Kim, S. C. and Lee, Y. B., “Nitrogen uptake by chinese cabbage and soil chemical properties as affected by successive application of chicken manure compost”, *Korean J. Environ. Agric.*, 28, pp. 9~14. (2009).
  10. Cho, K. R., Won, T. J., Kang, C. S., Lim, J. W. and Park, K.Y., “Effect of mixed organic fertilizer application with rice cultivation on yield and nitrogen use efficiency in paddy field”, *Korean J. Soil. Sci. Fert.*, 42(3), pp. 152~159. (2009).
  11. Lee, K. S. and Kim, W. J., “The development and use of fertilizer for 40 years in korea”, *Korean J. Soil. Sci. Fert.*, 42, pp. 195~211. (2009).
  12. Yoon, H. B., Lee, J. S., Lee, Y. J., Kim, M. S. and Lee, Y. B., “Effect of different colored polyethylene mulch on the change of soil temperature and yield of chinese cabbage in autumn season”, *Korean J. Environ. Agric.*, 45(4), pp. 511~514. (2012).
  13. Cho, S. H. and Chang, K. W., “Nitrogen mineralization of oil cakes according to changes in temperature, moisture, soil depth and soil texture”, *Korea Organic Resource Recycling Association*, pp. 149~158. (2007).
  14. Kim, S. C., Ko, B. G., Park, S. J., Kim, M. S., Kim, S. H. and Lee, C. H., “Estimation of optimum organic fertilizer application under fertilizer recommendation system” *Korean J. Soil Sci. Fert.*, 51(3), pp. 296~605. (2018).
  15. Yang, C. H., Yoo, C. H., Kim, B. S., Park, W. K., Kim, J. D. and Jung, K. Y., “Effect of application time and rate of mixed expeller cake on soil environment and rice quality”, *Korean J. Soil Sci. Fert.*, 41, pp. 103~111. (2008).
  16. Won, T. J., Cho, K. R., Kang, C. S., Roh, A. S. and Lim, J. W., “effects of different oil cakes on nitrogen use efficiency and lettuce yield in plastic film house soils”, *Korean society of soil science and fertilizer.*, pp. 445~972. (2009).
  17. Kim, K. C., Ahn, B. K., Ko, D. Y., Kim, J. U. and Jeong, S. S., “Effects of expeller cake fertilizer on soil properties and Tah Tasai chinese cabbage yield on organic greenhouse farm”, *Korean J. Environ. Agric.*, 33(3), pp. 149~154. (2014).
  18. Kim, K. C., Ahn, B. K., Kim, H. G. and Jeong, S. S., “Effect of expeller cake fertilizer application on soil properties and red mustards (*Brassia Juncea L.*) yield in soil of organic farm of plastic film greenhouse”, *Korean J. Soi; Sci. Fert.*, 45, pp. 1022~1026. (2012).
  19. NAIST (national institute of agricultural science and technology), “Method of soil and plant analysis”, RDA. Suwon, Korea. (2000).
  20. Kim, C. H., Cho, W. D. and Yang, J. M., “Occurrence and ecology of rootstock disease in chinese cabbage”, *The Plant Pathology Journal*, 5(2), pp. 77~83. (1999).
  21. Kang, Y. K., Yun, M. K., Kim, D. Y. and Chae, S. Y., “Effects of raw covering of non-woven fabric on growth and component of chinese cabbage in spring”, *Kor. J. Hort. Sci. Technol*, 25, pp. 58~58. (2007).
  22. Schulten, H. R. and Schunitzer, M., “The chemistry of soil organic nitrogen : review” *Boil. Fertil. Soils.*, pp. 26~225. (1998).
  23. Uhm, M. J., Noh, J. J., Chon, H. G., Kwon, S. W. and Song, Y. J., “Application effect of organic fertilizer and chemical fertilizer on the watermelon growth and soil chemical properties in greenhouse”, *Korean J. Environ. Agri.*, 31(1), pp. 1~18. (2012).
  24. Kang, S. W., Yoo, C. H., Yang, C. H. and Han,

S. S., "Effects of rapeseed cake application at panicle initiation stage on rice yield and N-use efficiency in machine transplanting cultivation", *Korean J. Soil Sci. Fert.*, 35, pp. 272~279. (2002).

25. Kang, B. G., Kim, I. M., Kim, J. J., Hong, S. D. and Min, K. B., "Chemical characteristics of plastic film house soil in chungbuk area", *Korean J. Soil Sci. Fert.*, 30, pp. 265~271. (1997).