

## 유용 미생물 제제 이용 발효 유채박 비료 제조 및 시용 효과

이지은<sup>1,†</sup> · 박원<sup>2</sup> · 김광수<sup>1</sup> · 이영화<sup>3</sup> · 권다은<sup>1</sup> · 문윤호<sup>1</sup> · 차영록<sup>1</sup> · 강용구<sup>4</sup>

### Manufacturing Fermented Rapeseed Meal Compost using Two Microbial Agents and the Effect of Their Application

Ji-Eun Lee<sup>1,†</sup>, Won Park<sup>2</sup>, Kwang-Soo Kim<sup>1</sup>, Yong-Hwa Lee<sup>3</sup>, Da-Eun Kwon<sup>1</sup>, Youn-Ho Moon<sup>1</sup>, Young-Lok Cha<sup>1</sup>, and Yong-Ku Kang<sup>4</sup>

**ABSTRACT** Rapeseed meal, which is a byproduct of rapeseed oil extraction, improves crop productivity by supplying nutrients to the soil. The present study aimed to manufacture fermented rapeseed meal compost using two effective microbial agents and evaluate their efficiency as fertilizer. Two types of fermented rapeseed meal, manufactured using either a bio-carrier or microbial agent, showed no differences in pH, electrical conductivity (EC), and total nitrogen content. However, the contents of  $\text{NH}_4\text{-N}$  and  $\text{NO}_3\text{-N}$  as inorganic nitrogen were increased by 5.6 times and 1.5 times, respectively, after 5 d of fermentation. Rapeseed meal fermented for 5 d was applied to tomato as a basal fertilizer and after eight weeks, the plant height increased in all fermented rapeseed treatments compared to that in the chemical fertilizer treatment, and also the quantum yield of photosystem II (PS II) showed the same trend. The total nitrogen content of tomato leaves treated with a microbial fermented rapeseed meal was twice as high as that of that treated with a chemical fertilizer. It was confirmed that the increase in the tomato height was an effect of the rapeseed meal containing inorganic nitrogen, which can easily be absorbed by plants. From these results, it is considered that fermented rapeseed meal manufactured with an effective microbial agent for 5 d showed the highest inorganic nutrient content and greatest growth enhancement in tomato.

**Keywords** : manufacturing method, microbial fermentation, nitrogen, rapeseed meal

십자화과에 속하는 유채(*Brassica napus* L.)는 세계 3대 유지작물로 소비가 급증하고 있으며, 국내에서는 특히 지역 축제 등 경관을 위해 많이 재배되고 있다. 유채 종자를 착유하고 남은 부산물인 유채박은 35~40%의 단백질을 함유하고 있으며, 황 함유 아미노산과 라이신이 풍부하여, 주로 가축 사료나 유기질 비료로 사용되고 있다(Eriksson *et al.*, 1997; Oh *et al.*, 1971; Yoshie-Stark *et al.*, 2008; Lee *et al.*, 2017). 시판되고 있는 유채박 유기질 비료의 전 질소 함량은 평균 6.6%였으며, 특히 실제적으로 비료 효과를 내

는 암모늄 형태의 질소는 272 mg/kg, 질산태 형태의 질소는 10.3 mg/kg으로 보고되었다. 또한 인산과 칼륨의 함량은 각각 3.1, 1.4%를 포함하고 있다고 보고되었다(Choi *et al.*, 2008; Yun *et al.*, 2011).

최근 친환경 농업, 유기농 재배 등의 확산으로 인해 화학 비료를 대체 할 수 있는 유기질 비료 사용량이 증가하고 있다. 국내 유기질 비료 사용은 비용면에서 주로 고소득 원예 작물 재배에 주로 이용되고 있으며, 농림축산식품부에서는 ‘유기농업자재지원사업’을 통해 지속가능한 농업을 구현하

<sup>1</sup>농촌진흥청 국립식량과학원 바이오에너지작물연구소 농업연구사 (Researcher, Bioenergy Crop Research Institute, National Institute of Crop Science, RDA, 199 Muanro, Cheonggye, Muan 58545, Jeonnam, Republic of Korea)

<sup>2</sup>농촌진흥청 국립식량과학원 바이오에너지작물연구소 박사 후 연구원 (Postdoc, Bioenergy Crop Research Institute, National Institute of Crop Science, RDA, 199 Muanro, Cheonggye, Muan 58545, Jeonnam, Republic of Korea)

<sup>3</sup>농촌진흥청 기술협력국 국외농업기술과 농업연구사 (Researcher, Division for Korea Program on International Agriculture (KOPIA), Rural Development Administration, 300 Nongsaengmyeongro, Jeonju 54875, Jeonbuk, Republic of Korea)

<sup>4</sup>농촌진흥청 국립식량과학원 바이오에너지작물연구소 농업연구관 (Senior Researcher, Bioenergy Crop Research Institute, National Institute of Crop Science, RDA, 199 Muanro, Cheonggye, Muan 58545, Jeonnam, Republic of Korea)

<sup>†</sup>Corresponding author: Ji-Eun Lee; (Phone) +82-61-450-0137; (E-mail) [leejins212@korea.kr](mailto:leejins212@korea.kr)

<Received 21 January, 2019; Revised 27 February, 2019; Accepted 6 March, 2019>

기 위해 노력해왔다(Yun *et al.*, 2011; Ok *et al.*, 2016). 국내 비료 공정규격 상 부산물 비료에 속하는 유기질 비료는 식물성과 동물성으로 구분할 수 있으며, 식물성에는 대두박, 유채박, 면실유박, 미강유박 등이 있으며, 주로 2종 이상 혼합되어 판매된다(Yun *et al.*, 2011).

가축분 퇴비에 비해 유기질 비료의 질소 함량은 1~3배 정도 많다고 보고되었다(Cho & Chang, 2007). 시판 유기질 비료의 평균 전질소 함량은 5.5%이며, 전인산 및 전 칼륨의 함량은 각각 2.9, 1.3%로 보고되었다(Yun *et al.*, 2011). 이러한 유기질 비료의 질소는 주로 유기 형태로 존재하기 때문에 완효성 비료 효과를 나타내며, 이의 시용 효과는 작물의 생육을 증진시켜 생산성을 증가시키며, 유기물을 공급함으로써 토양개량 효과를 볼 수 있다(Kang *et al.*, 2002; Cho & Chang, 2007; Yang *et al.*, 2008).

유기질 비료로 사용되고 있는 유채박을 시용하여 작물의 생육 증진 효과를 확인한 결과는 수차례 보고되었다. 특히 친환경 벼 재배를 위해 유채박을 시용하였을 경우, 질소 무기화가 증가하여 벼의 질소 함량이 증가하였으며 이는 백미 등의 수량을 증가시켰다(Moon *et al.*, 2017; Park *et al.*, 2017). 또한 유채박을 시용한 논에서 재배된 담배의 경우 앞에서 질소 함량이 증가하여 품질이 향상되었으며, 수량 또한 증가하였다(Guo *et al.*, 2007).

또한, 유채박과 같이 유기질 비료의 효과를 증진시키기 위해 기존의 유기질에 유용 미생물을 혼합하여 제조된 유기질 비료 또한 작물의 생육을 증진시켰다. 유채박을 요구르트 등과 혼합하여 발효시킨 후 액비 형태로 추비 시용하였을 시, 고추의 후기 생육을 증진시킨다고 보고되었다(Choi *et al.*, 2008). 또한 유산균(*Lactobacillus*)과 효모균(*Pichia*)을 혼합한 기능성 액비를 잔디에 시용하였을 경우, 지상부와 지하부의 생육을 증진시키고 품질 향상에도 효과가 있다고 보고되었다(Kim *et al.*, 2008; 2010). 유산균과 효모균을 혼합하여 생산한 아미노산 액비 또한 복분자의 수량과 과실의 당도를 증가시켰다(Chung *et al.*, 2013). 또한 아미노산 액비와 유용미생물을 들깨에 시용하였을 시 기능성물질이 증가하여 품질이 향상되었다고 보고되었다(Cho *et al.*, 2010).

이러한 배경 하에서, 본 연구는 유채 종자에서 착유하고 남은 부산물인 유채박의 비료적 가치를 증진시키기 위해 2종의 유용 혼합 미생물 제제를 사용하여 유채박의 최적 부속 일수를 구명하고, 작물에 시용하였을 시 생육 증진 효과를 확인하고자 수행되었다.

## 재료 및 방법

### 유채박 부속 방법

유채박의 유기질 비료 효율을 증진시키기 위해 시판 중인 미생물 담체와 미생물 발효제 2종을 이용하였다. 미생물 담체(Bio-carrier)는 유기성 폐기물을 발효시켜 비료화 시키는 제품으로 미강에 발효 미생물과 광합성 세균을 접종하여 숙성시켜 제작되었으며(특히 10-2013-0151537), 특히 질소 함량이 높고 수분이 남아 있는 음식 폐기물 등을 발효시켜 비료로 전환시키는 데 주로 사용되고 있다. 미생물 발효제(Fermented Microbial)의 경우, 시판 중인 친환경 발효 전문 미생물제로 *Pichia anomala*  $1.2 \times 10^4$  cfu/g과 *Lactobacillus confusus*  $1.5 \times 10^6$  cfu/g를 함유하고 있으며 현장에서 발효 퇴비를 만들 시 주로 사용되고 있었다.

부속 방법은 유채 ‘탐미’ 종자에서 착유하고 남은 유채박 1 kg과 각각의 미생물 제제 1 kg, 수분 500 ml을 혼합 후, 발효 분해 처리기(에코통통, 대아하이테크, Seoul, Korea)를 사용하여 발효 온도 37°C로 발효시켰으며, 시료는 0, 1, 3, 및 5일에 채취하였다. 채취된 시료는 동결 건조하여 보관 후 성분 분석에 사용하였다.

### 부속 유채박 성분 분석

부속 유채박은 부속 기간별로 나누어 분석하였으며, pH, EC, 칼슘(CaO, %), 칼륨(K<sub>2</sub>O, %) 분석은 농촌진흥청의 종합 검정실 매뉴얼(2013)에 따라 분석하였다. pH와 EC는 시료 5 g를 정량하여 분석하였으며, 각각 pH 측정기(Docu-pHmeter, Sartorius, Berlin, Germany)와 EC 측정기(CyberScan CON 110, Spectrum technologies, Manila, Philippines)를 사용하여 측정하였다. 칼슘과 칼륨은 무기 성분 분석을 위해 농황산과 과염소산으로 전처리 후, 유도결합플라즈마 분광계(ICP-OES, Varian, California, USA)를 이용하여 측정하였다. 인산 함량은 바나드몰리덴산암모늄법에 의해 분석 하였으며, 퀴노린 중량법에 의해 시료 2 g을 질산마그네슘(Mg(NO<sub>3</sub>)) 용액과 염산을 넣어 가열, 이후 질산과 황산을 가하여 무색이 될 때까지 가열하여 완전히 분해시킨 후, 이를 메타바나드산암모늄과 몰리브덴산을 넣어 발색 시켜 420nm에서 흡광도를 측정하여 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>의 함량을 구하였다. 전질소의 경우, 건조 시료 1,000 mg을 CN분석기(Vario Max Cube element, Elementar, Berlin, Germany)로 조사하였다.

암모늄태 질소(ammonium nitrogen, NH<sub>4</sub>-N)와 질산태 질소(nitrate nitrogen, NO<sub>3</sub>-N)는 농촌진흥청 고시 비료품질검사 방법 및 시료 채취 기준에 따라 분석하였다. 수용성 질소인 암모늄태 질소는 고시 검사법 중 증류법에 의해 분석

하였으며, 질산태 질소는 환원철법에 의해 분석하였다.

**부숙 유채박 처리 및 작물 생육조사**

미생물 발효 유채박 시료에 의한 식물 성장 촉진 효과를 분석하기 위해, 기존 작물의 생육이 불량하였던 밭 토양을 선정하여 발생 할 수 있는 병해충을 제거하기 위해 120°C 에서 1시간 고압 멸균하였다. 이후 부숙 유채박 처리 전 토양의 pH, EC, 인산, 칼슘, 칼륨, 칼륨을 농촌진흥청의 종합 검정실 매뉴얼(2013)에 따라 분석하였으며, 암모늄태 질소와 질산태 질소는 각각 비색법(Indophenol-Blue법), 중류법에 의해 분석하였다. 분석된 토양 시료 2.5 kg와 미생물 발효 유채박 5일차 시료를 0 g (대조구), 10 g (전질소 0.4 g 포함), 30 g (전질소 1.3 g 포함), 50 g (전질소 2.1 g 포함) 씩을 각각 혼합하여 채운 토화분(직경 19 cm × 높이 17 cm)에 적용 작물로 사용할 토마토(cv. Rutgers) 유묘(2주 묘)를 이식하였다. 비교구로는 시중의 복비(15-7-9) 10 g (전질소 1.5 g 포함)을 시비하였으며, 물관리와 기타 재배법은 농촌진흥청 토마토 재배법(2001)에 따라 관리하였다.

또한 식물 성장과 관련된 평가 요소인 초장, 광합성량 및 전질소 함량을 측정하였다. 초장은 이식 4주, 8주 후 2회 측정하였으며 광합성량과 전질소는 생육 중 변화를 관찰하기 위해 이식 4주 후에 조사되었다. 광합성량을 측정하기 위해서는 가장 생육이 왕성한 위에서 3번째 잎을 대상으로 암적응 후 최대 양자수율(Optimal quantum yield, Fv/Fm values)과 광적응 상태에서 유효양자수율(Quantum yield of PS II)을 Chlorophyll Fluorometer(OS1P, OPTI-Sciences, USA)를 이용하여 조사하였다.

작물의 질소 흡수량을 조사하기 위해, 토마토 잎을 채취 후 동결 건조 후 분쇄하여 250 mg을 C/N분석기(Vario Max Cube element, Elementar, Berlin, Germany)를 이용하여 전질소 함량을 측정하였다.

**통계 분석**

본 실험에 따른 실험결과는 R-studio version 1.1.442를 사용하여 분석하였으며, 각 조사 항목의 평균에 대한 ANOVA 분석 후, Tukey 사후검정을 실시하였다.

**결과 및 고찰**

**유채박과 미생물 제제 혼합 후 부숙 일수별 질소 성분 변화**

유용 미생물과 혼합 후 부숙 일수별 유채박의 농자재로써의 성분 변화를 확인하기 위해 먼저 pH와 EC를 측정한다. 결과는 Table 1과 같다. pH는 미생물 담체를 사용했을 시 5.5~5.7 사이로 일수별 차이는 보이지 않았으며, 미생물 발효제 처리 시 부숙 1일차부터 5.47로 감소하였으며 일수별 통계적 유의성을 보이지는 않았다. EC의 경우, 두 미생물 제제 처리에 의해 동일한 경향을 보였으며, 발효 1일차 미생물 담체 및 미생물 발효제 처리 시 각각 3.35, 3.60  $ds\ m^{-1}$ 으로 증가하였으며, 3일차 3.80, 3.95  $ds\ m^{-1}$ 로 증가 후 5일차 시료에서는 3일차 시료와 통계적 유의성을 보이지 않았다. 미생물을 이용하여 유기자원을 발효시켜 유기농자재를 조제할 시 발효 일수에 따라 EC가 증가하는 데, 이는 발효 중 유기자원들의 무기화 작용에 의해 이온들이 유기물로부터 해리되기 때문이다(Joo, 2009; Joo *et al.*, 2010). 우리의 결과 또한 EC 증가는 이온의 용출 결과로 사료된다.

미생물제제를 이용한 유채박 부숙 시료에서 전질소 함량 또한 부숙 일수에 따라 변화하지 않았다(Table 2). 미생물 담체 이용 부숙 유채박은 전질소 함량이 4.5~4.8%로 나타났으며 일수별 차이를 보이지 않았고, 미생물 발효제를 이용한 부숙 유채박의 경우 부숙 시작 1일차에서 4.1%로 전질소 함량이 감소하였으나, 부숙 5일차 4.5%로 나타나 발효 0일차 4.6%와 차이가 없었다.

그러나 전질소 함량과 달리 암모늄태 질소와 질산태 질

**Table 1.** Changes in pH and electrical conductivity (EC) in rapeseed meal treated with two microbial fermentation agents over the fermentation period.

	Fermentation period			
	0 day	1 day	3 days	5 days
<i>pH (1:5)</i>				
Bio-carrier	5.63 a	5.70 a	5.61 a	5.59 a
Fermented Microbial	5.64 a	5.47 b	5.44 b	5.43 b
<i>EC (ds m<sup>-1</sup>)</i>				
Bio-carrier	2.70 a	3.35 b	3.80 c	4.00 c
Fermented Microbial	2.75 a	3.60 b	3.95 c	4.05 c

Different lowercase letters indicate significant difference at  $P < 0.05$  by Tukey's test.

**Table 2.** Changes in the total N, NH<sub>4</sub>-N, and NO<sub>3</sub>-N contents in rapeseed meal treated with two microbial fermentation agents.

	Fermentation period			
	0 day	1 day	3 days	5 days
<b>Total N (%)</b>				
Bio-carrier	4.6 a	4.8 a	4.6 a	4.5 a
Fermented Microbial	4.6 a	4.1 b	4.2 b	4.5 a
<b>NH<sub>4</sub>-N (mg/kg)</b>				
Bio-carrier	194.9 a	432.8 b	616.2 c	869.0 d
Fermented Microbial	193.8 a	480.5 b	1,088.3 c	896.7 c
<b>NO<sub>3</sub>-N (mg/kg)</b>				
Bio-carrier	36.8 a	45.6 b	50.7 b	57.3 c
Fermented Microbial	35.9 a	49.2 b	47.4 b	55.7 b

Different lowercase letters indicate significant difference at  $P < 0.05$  by Tukey's test.

소의 함량은 부숙 일수에 따라 증가 하였다(Table 2). 미생물 담체와 혼합한 유채박의 암모늄태 질소는 부숙 1일차부터 432.8 mg/kg으로 0일차 194.9 mg/kg보다 2.2배 증가하였으며, 부숙 3일차에는 616.2 mg/kg으로 3.2배 증가하였고, 5일차에는 869.0 mg/kg으로 4.6배 증가하였다. 미생물 발효제 혼합 유채박의 암모늄태 질소 또한 부숙 1일차 2.5배, 3일차에는 1,088.3 mg/kg으로 5.6배, 5일차 896.7 mg/kg으로 4.6배 증가하였다. 질산태질소의 경우, 미생물 담체와 혼합한 유채박에서 부숙 0일차에 비해 부숙 1일차 1.2배, 5일차 1.5배로 증가하였고, 미생물 발효제와 혼합한 유채박에서는 부숙 후 1.3~1.5배 증가하였다. 미생물 담체 혼합 유채박의 경우, 부숙 5일차 57.3 mg/kg으로 증가하여 가장 많은 질산태 질소 함량을 보였다. 이후 다른 부숙 일수에 따른 질산태 질소 함량의 변화는 통계적 유의성을 보이지 않아 미생물 담체 혼합 유채박 부숙 5일차를 제외하고 부숙 일수에 따른 함량 차이는 없었다. 이는 미생물 제제를 혼합하여 유채박을 부숙시켰을 시, 비료의 흡수 효율을 증진 시킬 수 있는 질산태 질소와 암모늄태 질소가 부숙 5일차에서 극대화 되는 것을 확인 할 수 있었다.

미생물 담체는 호기성 발효균과 혐기성 발효균을 동시에 포함하고 있어 유기자원의 환원성을 증가시킨다. 발효 미생물 중 하나인 유산균(락토바실러스 속, *Lactobacillus* sp.)은 유산 발효를 하고 발효 초반 자연상태에 존재하는 부패균 등의 생육을 억제하며 유용 미생물들의 생육 효율을 증가시킨다. 또한 이러한 유산 발효는 37°C에서 72시간(3일)에서 96시간(4일) 발효 시켰을 시 가장 좋은 발효능을 보여 주었다고 보고된 바 있다(Chang & Park, 2003). 이러한 발효 미생물의 호흡작용과 생리작용을 이용하여 유채박의 환

원성을 갖도록 분해하는 과정에서 유기태질소를 암모늄태 질소와 질산태 질소와 같은 무기태 질소로 환원시켜 부숙 일수가 지날수록 두 무기태 질소 함량이 증가한 것으로 사료되며, 우리의 결과는 발표된 결과에 비해 발효 물질의 총 질소 함량이 많아 부숙 5일차에 발효능이 극대화 된 것으로 사료된다. 또한 미생물 담체를 이용한 부산물의 비료 제조 방법이 기존에 보고된 바 있다. 미생물 담체를 건조 주박과 혼합하여 비료를 제조한 후 상추에 시용한 결과 수확기의 엽장, 엽폭, 엽수 및 생체중량 등이 증가하였다고 보고되었다(Lee *et al.*, 2007).

미생물 발효제의 경우 복합비료와 혼합하여 시용하였을 시 크리핑벤티그래스와 복분자의 생육을 증진시킨다고 보고된 바 있다(Kim *et al.*, 2008, Chung *et al.*, 2013). 이 결과 또한 미생물 발효제와 혼합한 복합비료의 전질소 함량 변화는 나타나지 않았다고 보고하였으며, 암모늄태 질소와 질산태 질소의 함량은 보고된 바 없었다. An *et al.* (2015)은 유기자원의 무기태 질소 함량은 건조효모(Dried yeast)에 의해 증가된다고 보고하였다. 미생물 발효제의 주 성분인 *Pichia anomala*은 효모균으로 부숙 유채박의 암모늄태 질소 함량이 증가한 것은 이러한 효모균에 의해 증가된 것으로 사료된다.

또한 우리의 결과는 유채박 등 유기질 비료를 유용 균주와 혼합하여 발효시켜 액비를 제조한 이전 결과들과 달리 무기태 질소량을 향상시킨 고체비료로써 추비보다는 기능이 향상된 기비로써 사용이 가능할 것으로 판단된다(Choi *et al.*, 2008; Cho *et al.*, 2010; Chung *et al.*, 2013).

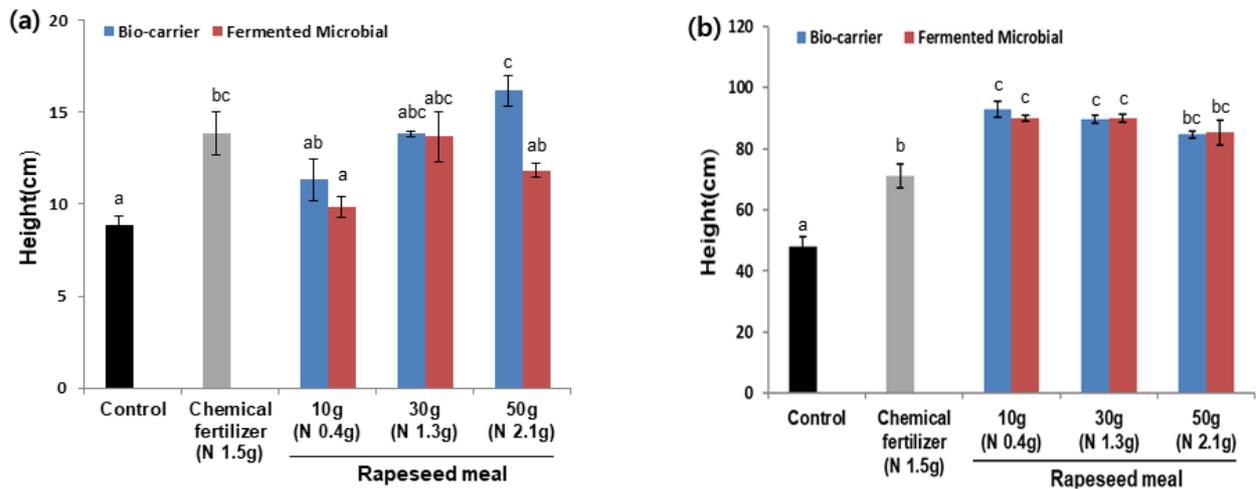
**Table 3.** Chemical properties of rapeseed meal treated with two microbial fermentation agents after 5 days.

Treatments	T-N (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	K <sub>2</sub> O (%)	CaO (%)	NH <sub>4</sub> -N (mg/kg)	NO <sub>3</sub> -N (mg/kg)
Bio-carrier	4.51±0.032	10.22±0.176	1.34±0.009	0.74	869.0	57.3
Fermented Microbial	4.49±0.100	9.99±0.746	1.39±0.001	1.86	896.7	55.7
Chemical fertilizer	15	7	9			

**Table 4.** Physicochemical characteristics of soil before treatment with fermented rapeseed meal.

pH	EC (dS/m)	T-N(%)	NH <sub>4</sub> -N (mg/kg)	NO <sub>3</sub> -N (mg/kg)	Ex.Ca (cmol <sub>c</sub> /kg)	Ex.Mg (cmol <sub>c</sub> /kg)	Ex.K (cmol <sub>c</sub> /kg)
7.74±0.049	0.38±0.030	0.09±0.002	24.7±0.88	2.3±0.33	3.80±0.025	1.96±0.015	0.83±0.014

EC; Electric conductivity, T-N; Total nitrogen, Ex.; Exchangeable cations.



**Fig. 1.** Effect of fermented rapeseed meal treatments on tomato plant height. The effect was confirmed by measuring plant height after four (a) or eight (b) weeks of treatment. Bars represent standard error. Different lowercase letters indicate significant differences at  $P < 0.05$  by Tukey's test.

**토마토에서의 부숙 유채박 시용 효과**

유용 미생물을 이용한 부숙 유채박의 비료로서의 효과를 구명하기 위해, 기존의 복합비료와 부숙 유채박을 토마토의 기비로 시용 후 생육 변화를 조사하였다. 무기태 질소의 함량이 가장 높았던 부숙 5일차의 유채박과 복합비료의 성분을 비교한 결과는 Table 3과 같다. 복합비료에 비하여 두 부숙 유채박의 질소와 인산 함량은 1/3수준이었으며, 칼륨 함량은 1/6 수준이었다. 이를 바탕으로 부숙 유채박의 함량을 복비의 질소 함량과 비교하여 1/3 배(부숙 유채박 10 g), 1배(30 g), 1.4배(50 g)으로 나누어 처리하였다. 부숙 유채박 처리 전 토양의 이화학적 성은 Table 4와 같았다.

부숙 유채박 시용 4주 후, 토마토의 초장은 복합비료 처리구와 비슷한 경향을 나타내었다(Fig. 1). 미생물 담체 혼합 유채박 50 g 처리구에서 토마토 초장이 가장 컸으며, 질소 함량이 복합비료보다 낮거나 같은 10 g, 30 g 처리구에

서는 복합비료 처리 토마토의 초장과 통계적으로 유의성을 보이지 않았다. 미생물 발효제 혼합 유채박의 경우, 10 g 처리 토마토의 초장은 복합비료 처리 토마토의 초장보다 작았지만, 30 g, 50 g 처리 토마토 초장은 복합비료 처리 토마토 초장과 통계적으로 유의성을 보이지 않았다(Fig. 1a). 토마토의 생육이 종료된 부숙 유채박 시용 8주 후에는 복합비료 처리구보다 부숙 유채박을 처리한 모든 처리구에서 토마토의 초장이 더 증가한 결과를 보였다(Fig. 1b).

부숙 유채박 시용에 따른 토마토의 광합성량은 유효양자수율에서만 증가하였다(Fig. 2). 최대양자수율 값은 모든 처리구에서 차이가 없었으며(Fig. 2a), 이는 최대 양자수율은 스트레스를 입을 정도의 피해를 입을 앞에서만 값의 변화가 관찰되므로 본 결과에서는 값이 변화하지 않는 것으로 사료된다. 유효양자수율의 경우 부숙 유채박의 모든 처리구에서 무처리와 복합비료 처리구에 비해 증가한 결과로

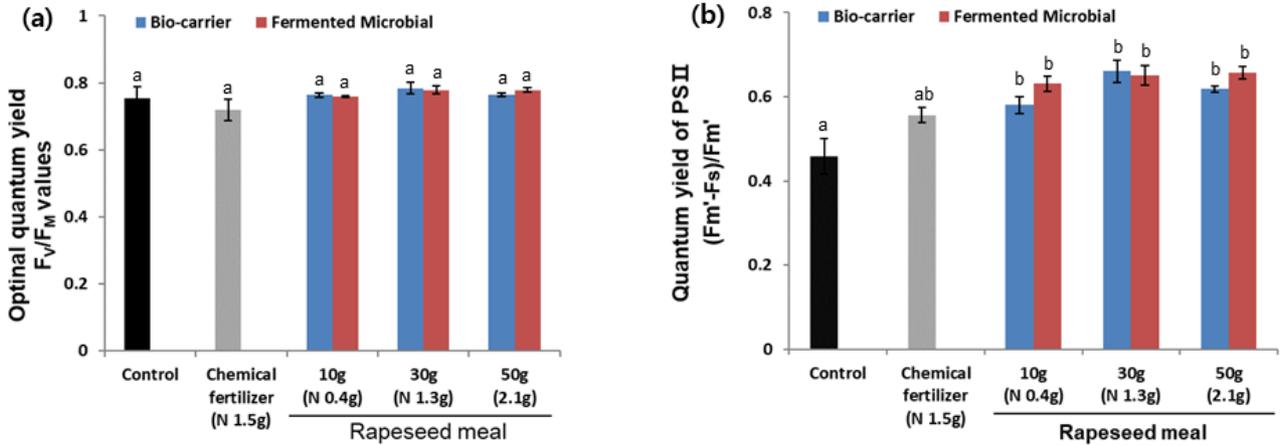


Fig. 2. Photosynthetic ability of tomato treated with fermented rapeseed meal. The ability was confirmed by the optimal quantum yield (a) and quantum yield of photosystem II (PS II) (b) in the leaves of tomato after four weeks of treatment. Bars represent standard error. Different lowercase letters indicate significant differences at  $P < 0.05$  by Tukey's test.

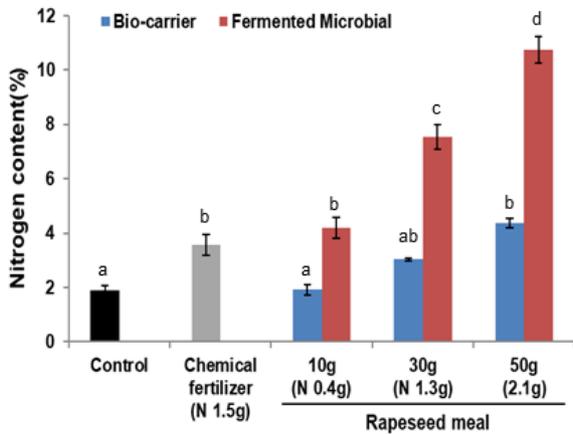


Fig. 3. Total nitrogen contents in the leaves of tomato treated with fermented rapeseed meal. Bars represent standard error. Different lowercase letters indicate significant differences at  $P < 0.05$  by Tukey's test.

나타났다(Fig. 2b). 이러한 광합성량 증가로 인해 토마토의 최종 초장인 시용 8주 후 토마토 초장이 대조구와 복합비료 처리구에 비해 증가한 것으로 사료된다.

이러한 토마토 초장의 증가가 부숙 유채박의 무기태 질소 시용 효과임을 확인하기 위해 토마토 잎의 질소 함량을 조사하였다(Fig. 3). 토마토 잎의 질소함량은 미생물 담체 혼합 부숙 유채박 처리구에서는 30 g, 50 g 처리구에서 복합비료와 비슷한 질소 함량을 보였다. 미생물 발효제 혼합 유채박 처리구에서는 10 g 처리구에서는 복합비료와 비슷하였으며, 30 g, 50 g 처리시에는 복합비료 처리구보다 질소 함량이 높았다. 특히 비슷한 질소 함량을 시용한 미생물

발효제 혼합 유채박 30 g 처리구의 토마토 잎에서는 복합비료보다 약 2배 많은 질소 함량을 보였으며, 50 g 처리구에서는 무처리구의 5배, 복합비료 처리구의 2.5배의 질소 함량을 보였다(Fig. 3).

작물에서 질소는 무기태 질소인 암모늄태 질소와 질산태 질소 형태로 변형되어 흡수 된다(Wivstad, 1999; Taiz & Zeiger, 2010). 이러한 무기태 질소의 함량 증가가 토마토 등의 작물 생육을 증진시킨다는 결과는 지속적으로 보고되어왔다(Sainju *et al.*, 1999; Lee *et al.*, 2012). 우리의 결과 또한 기존의 결과와 같이 무기태 질소 함량이 증가된 부숙 유채박 시용 시, 토마토 잎의 질소함량이 증가함을 확인함으로써 흡수하기 용이한 무기태 질소가 작물에 손쉽게 흡수되어 토마토 초장을 증가시켰음을 확인하였다.

### 적 요

본 연구에서는 유용 미생물 제제를 이용하여 유채박을 부숙시켜 비료 효과를 증진시키는 방법을 구명하고 작물에 처리 후 시용 효과를 확인하기 위해 수행되었으며, 결과는 다음과 같다.

1. 유용 미생물 제제로는 시판 중인 미생물 담체와 미생물 발효제를 이용하였으며, 유채박을 부숙시켰을 시 pH와 EC, 전질소 함량의 변화는 없었다.
2. 그러나 부숙 일수가 증가 할수록 무기태 질소인 암모늄태 질소와 질산태 질소가 증가하였으며, 미생물 담체 이용 시 부숙 5일차에 암모늄태 질소가 5.6배, 질산태 질소

- 가 1.5배 증가하였으며, 미생물 발효제 이용 시 암모늄태 질소 4.6배, 질산태 질소 1.5배가 증가하였다.
3. 두 미생물 제제 혼합 부숙 5일차 유채박을 토마토에 기비로 사용하였을 시, 모든 부숙 유채박 처리구에서 기존 복합비료보다 광합성량이 증가하여, 최종 초장이 증가하였다.
  4. 토마토의 앞에서 질소함량은 미생물 발효제 혼합 부숙 유채박을 사용하였을 때, 복합비료 사용 시 보다 2배 많은 함량을 보여 토마토 초장의 증가는 식물체 흡수가 용이한 무기태 질소 사용 효과였음을 확인하였다.
  5. 결과를 종합해볼 때, 유용 미생물 제제 중 미생물 발효제를 이용하여 유채박을 5일간 부숙시켜 고체 형태의 비료를 제조하였을 시, 무기태 질소 함량의 증가가 가장 많았으며 이를 토마토 등 작물에 사용했을 때 질소 흡수량이 증가하여 초장과 같은 영양생장기 생육 등에서 생육 증진 효과를 보일 수 있다고 판단된다.

## 사 사

본 연구는 농촌진흥청 작물시험연구사업(과제번호: PJ01 212302)의 지원에 의해 수행되었다.

## 인용문헌(REFERENCES)

- An, N.H., J.R. Cho, J.H. Shin, J.H. Ok, and S.C. Kim. 2015. Comparison of physico-chemical properties of organic liquid fertilizer made from seaweed by adding micro-organism and molasses. *Journal of Korea Organic Resource Recycling Association*. 23 : 32-9.
- Chang H.G., and Y.S. Park 2003. Lactic acid fermentation and biological activities of *Rubus coreanus*. *Applied Biological Chemistry* 46 : 367-75.
- Cho, S.H., and K.W. Chang. 2007. Nitrogen mineralization of oil cakes according to changes in temperature, moisture, soil depth and soil texture. *Journal of Korea Organic Resource Recycling Association*. 15 : 149-58.
- Cho, J.K., S.W. Ann, Y.C. Kim, I.S. Hwang, M.S. Kim, J.K., Lee, and H.Y. No. 2010. Effect of seafood amino acid fertilizer and korean effective microorganisms on the leaf quality of *Perilla frutescens* var. japonica. *Journal of the Environmental Sciences*. 19 : 1301-5.
- 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 Journal of Soil Science and Fertilizer*. 41 : 153-7.
- Chung, H.S., N.J. Chung, I. Ahn, and K.C. Hwang. 2013. Effect of environment-friendly amino acid liquid fertilizer application on sugar content and yield of *Rubus coreanus* fruit and chemical properties of soil. *Journal of Agriculture & Life Sciences*. 44 : 21-4.
- Eriksson, I., R. Andersson, and P. Aman. 1997. Extraction of pectic substances from dehulled rapeseed. *Carbohydrate research*. 301(3-4) : 177-185.
- Guo, Q.Z., X.Q. Wu, and P.J. Huang. 2007. Effects of rapeseeds cake on soil characteristics, growing of tobacco plants and quality of tobacco leaf. *Soil and Fertilizer Sciences in China*. 6 : 017.
- Joo, S.J. 2009. Effects of organic liquid fertilizer composition on the growth of chinese cabbage and red pepper. Unpublished doter's dissertation. Chonbuk National University Daegu.
- Joo, S.J., J.O. Jeon, and G.J. Lee. 2010. Effects of organic liquid fertilizer fertigation on growth and fruit quality of hot pepper. *Korean Journal of Organic Agriculture*. 18 : 63-74.
- Kang, S.W., C.H. Yoo, C.H., Yang, and S.S. Han. 2002. Effects of rapeseed cake application at panicle initiation stage on rice yield and N-use efficiency in machine transplanting cultivation. *Korean Journal of Soil Science and Fertilizer*. 35(5) : 272-279.
- Kim, Y.S., S.K. Ham, T.S. Kim, and H.S. Jeong. 2008. Effect of liquid fertilizer containing medium of *Lactobacillus confusa* and *Pichia anomala* on growth in creeping bentgrass. *Weed&Turfgrass Science*. 22 : 185-95.
- Kim, Y.S., S.K. Ham, and S.J. Lee. 2010. Effect of liquid fertilizer contained medium of *Lactobacillus* sp. and *Saccharomyces* sp. on growth of creeping bentgrass. *Weed& Turfgrass Science*. 24 : 138-44.
- Lee, J.H., S.M. Park, C.D. Park, H.J. Jung, H.S. Kim, and T.S. Yu. 2007. Characteristics of Ju-Back and effect of Ju-Back fertilizer on growth of crop plants. *Journal of Life Science*. 17(11) : 1562-1570.
- Lee, C.H., T.L. Lim, S.S. Kang, M.S. Kim, and Y.H. Kim. 2012. Relationship between cucumber in plastic film house with ryegrass application. *Korean Journal of Soil Science and Fertilizer*. 45(6) : 943-948.
- Lee, Y.H., W. Park, K.S. Kim, Y.L. Cha, Y.H. Moon, Y.S. Song, and J.E. Lee., 2017. Analysis of patent trends on value added technologies for rapeseed by-product in major producing countries. *Journal of the Korean Society of International Agriuculture*. 29 : 356-365.
- Moon, Y.H., B.G. Ahn, G.J., Lee, K.W. Seo, D.Y. Ko, S.W., Choi, J.H. Kim, and I.Y. Choi.. 2017. Effects on application time of mixed expeller cake fertilizer in organic farming soil and rice yield. *Korean Journal of organic agriculture*. 25 : 475-87.
- Oh. W.K., and B.L. Cho B, Lee. 1971. The effect of soil addition to oil-cake on decaying of the oil-cake and its

- efficiency as a fertilizer. *Korean Journal of Soil Science and Fertilizer*. 4 : 137-41.
- Ok, J.H, J.L. Cho, B.M. Lee, N.H. Shin, and J.H. Lee. 2016. Effect of oil cake banding application on growth and nutrient use efficiency in Maize. *Korean Journal of Organic Agriculture*. 24 : 907-17.
- Park, W., K.S. Kim, J.E. Lee, Y.L. Cha, Y.H. Moon, Y.S. Song, E.G. Jeong, S.J. Ahn, S.W. Hong, and Y.H. Lee. 2017. Effect of different application levels of rapeseed meal on growth and yield components of rice. *Applied Biological Chemistry*. 60 : 403-10.
- RDA (Rural Development Administration). 2013. Comprehensive examination room manual.
- RDA (Rural Development Administration). 2001. Method of tomato culture.
- Sainju, U.M., B.P. Singh, S. Rahman, and V.R. Reddy. 1999. Soil nitrate-nitrogen under tomato following tillage, cover cropping, and nitrogen fertilization. *Journal of Environmental Quality*. 28 : 1837-1844.
- Taiz L and Zeiger E. 2010. *Plant physiology*.
- Wivstad, M. 1999. Nitrogen mineralization and crop uptake of N from decomposing <sup>15</sup>N labelled red clover and yellow sweetclover plant fractions of different age. *Plant Soil*. 208 : 21-31.
- Yang, C.H., C.H. Yoo, B.S. Kim, W.K. Park, J.D. Kim, and K.Y. Jung. 2008. Effect of application time and rate of mixed expeller cake on soil environment and rice quality. *Korean Journal of Soil Science and Fertilizer*. 41(2) : 103-111.
- Yoshie-Stark, Y., Y. Wada, and A. Wäsche. 2008. Chemical composition, functional properties, and bioactivities of rapeseed protein isolates. *Food Chemistry*. 107 : 32-9.
- 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 Journal of Soil Science and Fertilizer*. 44 : 498-501.