



## 딸기재배를 위한 생물비료로 *Chlorella fusca* CHK0059의 시비효과

김영남<sup>1,2†</sup>, 최준혁<sup>1†</sup>, 김송엽<sup>1</sup>, 최현지<sup>1</sup>, 신예림<sup>1</sup>, 윤영은<sup>2</sup>, 이금아<sup>2</sup>, 김민정<sup>3</sup>, 이용복<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup>경상국립대학교 응용생명과학부(BK21), <sup>2</sup>경상국립대학교 농업생명과학연구원(IALS), <sup>3</sup>농촌진흥청 국립농업과학원 유기농업과

### Application Effect of *Chlorella Fusca* CHK0059 as a Biofertilizer for Strawberry Cultivation

Young-Nam Kim<sup>1,2†</sup>, Jun Hyeok Choi<sup>1†</sup>, Song Yeob Kim<sup>1</sup>, Hyeyonji Choe<sup>1</sup>, Yerim Shin<sup>1</sup>, Young-Eun Yoon<sup>2</sup>, Keum-Ah Lee<sup>2</sup>, Min-Jeong Kim<sup>3</sup>, Yong Bok Lee<sup>1,2\*</sup> (<sup>1</sup>Division of Applied Life Science (BK21), Gyeongsang National University, Jinju 52828, Korea, <sup>2</sup>Institute of Agriculture and Life Science (IALS), Gyeongsang National University, Jinju 52828, Korea, <sup>3</sup>Organic Agriculture Division, National Academy of Agriculture Science, Rural Development Administration, Wanju 55365, Korea)

Received: 23 November 2022/ Revised: 7 December 2022/ Accepted: 11 December 2022

Copyright © 2022 The Korean Society of Environmental Agriculture

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

#### ORCID

Young-Nam Kim

<https://orcid.org/0000-0002-9745-6551>

Jun Hyeok Choi

<https://orcid.org/0000-0002-9352-4393>

Young-Eun Yoon

<https://orcid.org/0000-0001-5423-9402>

Keum-Ah Lee

<https://orcid.org/0000-0001-5705-3099>

Yong Bok Lee

<https://orcid.org/0000-0002-7651-4556>

#### Abstract

**BACKGROUND:** Green algae (*Chlorella* spp.) has been widely used as a biofertilizer to improve the crop yield and quality. However, available information is not enough to verify the mechanism of green algae's beneficial impact on strawberry. This study was conducted to investigate the effect of *Chlorella fusca* CHK005 application on the growth and nutrient status of strawberry plant and fruit characteristics.

**METHODS AND RESULTS:** A total of 800 seedlings of strawberry variety 'Kuemsil' were planted. Once a week, *C. fusca* culture solution ( $1.0 \times 10^7$  cells mL<sup>-1</sup>) was applied into soil via irrigation in four different concentrations: no

application (control), 1/1000 times ( $\times 0.5$ ), 1/500 times ( $\times 1$ ), and 1/250 times ( $\times 2$ ). Result showed that growth of strawberry plant was enhanced by *Chlorella* application and the highest impact on fresh weight (FW) and chlorophyll content of the plants were observed in  $\times 2$  treatment, followed by  $\times 1$ ,  $\times 0.5$ , and control treatments. The phosphorus (P) concentration in the plant was significantly higher in  $\times 1$  and  $\times 2$  treatments compared to control. In case of fruit quality, sugar content (°Brix), hardness, and FW were lowest in control, but these values increased as application levels of *Chlorella* were higher. Also, P and K contents in the fruits increased with increasing the application levels and significant correlation between P content and °Brix in the fruits was found.

**CONCLUSION(S):** Overall, *Chlorella* application seemed to improve plant growth and fruit quality by increasing the utilization efficiency of P and K in strawberries.

<sup>†</sup>These two authors contributed equally to this work.

\* Corresponding author: Yong Bok Lee

Phone: +82-55-772-1967; Fax: +82-55-772-1969;

E-mail: yblee@gnu.ac.kr

**Key words:** Green algae, Organic fertilizer, P availability, Strawberry quality, Sugar content

## 서 론

생물비료(Biofertilizer)란 식물 필수영양소 공급을 증가시켜 식물의 성장을 촉진하는데 도움을 주는 미생물(e.g., bacteria, fungi, algae) 또는 이로부터 유래되는 천연 화합물이 포함된 유기질 첨가제를 말한다[1]. 이에 따라, 생물비료 사용은 무기질 비료보다 친환경적이고 경제적으로 인식되고 있으며, 지속 가능한 농업생산을 위한 중요한 유기자재로 평가된다[2]. 또한, 생물비료에 포함되어 있는 다양한 미생물로 인해 토양 중 질소고정(e.g., Rhizobia, Azotobacter), 인 무기화(e.g., Arbuscular mycorrhiza), 식물생장 촉진물질(e.g., Agrobacterium)이 증가할 뿐만 아니라 식물의 병저항성 및 건조 내성이 향상되기도 한다[3].

녹조류인 *Chlorella spp.*는 아미노산, 섬유, 식물영양소 (Ca, Mg, K, Fe etc.), 불포화지방산, 비타민, 항산화물질 (anthocyanins, flavonoids, etc.) 등으로 구성되어 있다[4, 5]. 이러한 클로렐라의 영양성분 때문에 축산사료첨가제[6] 및 양어장 사료[7]로 이용될 뿐만 아니라 작물 생산을 위한 생물비료로써 널리 사용되고 있다[5, 8]. 클로렐라 시비효과에 대한 선행연구 결과를 살펴보면, 균관부 처리 및 엽면 살포 시 양파, 상추, 배추, 무, 시금치 등의 작물생육과 생산량이 증가하는 것이 보고되었으며[9, 10], 종자에 처리시 상추, 토마토 및 오이의 발아율과 바이오매스가 증가하는 것으로 보고되었다[11, 12].

최근 국내에서는 클로렐라 시비가 많은 딸기재배 농가에서 널리 활용되고 있으며, 딸기의 생육증진, 병충해 방제, 과실 당도향상 등과 같은 긍정적인 클로렐라 시비효과[9, 13]가 농부들에게 인지되고 있다. 현재 국내 여러 농가에서는 농촌진흥청으로부터 클로렐라를 공급받아 자가 배양을 통해 딸기 등의 농작물에 시비하고 있다. 이렇듯 농작물 품질 및 생산량 향상에 클로렐라 시비효과의 우수성이 알려져 있지만, 작물에게 미치는 효과의 원인과 메커니즘에 관련된 연구는 매우 미흡하다. 본 연구는 *Chlorella fusca* CHK0059 시비가 딸기 작물의 생육과 양분상태 그리고 과실의 품질특성에 미치는 영향에 대해 알아보고, 이를 특성인자 간의 상관관계 분석을 통해 작물 생육 및 과실품질 향상에 있어 주요 인자를 찾기 위해 수행하였다.

## 재료 및 방법

### 현장 재배시험

본 재배시험 연구는 경상남도 진주시 대평면에 위치한 수출딸기 고설재배 농가(약 6,000 m<sup>2</sup>)를 시험포장지로 선정하여 수행하였다. 2021년 9월 6일 딸기 '금실' 품종 900주를 정식하였으며, 동년 12월말부터 이듬해 5월 초까지 매주 2회 딸기

과실을 수확하였다. 딸기 정식 후 생육기에 발생하는 탄저병, 흰가루병, 진딧물 등의 병해충은 친환경 및 유기농자재를 이용하여 방제하였으며, 화분재개용 꿀벌을 사용하여 과실의 생산성을 관리하였다. 본 연구에서 사용된 클로렐라 *C. fusca* CHK0059는 국립농업과학원 유기농업과에서 제공받았으며, 현장농가에서  $1.0 \times 10^7$  cells mL<sup>-1</sup> 수준으로 자가 배양하여 관개 시 희석배수를 달리하여 매주 1회 토양관주 처리하였다.

본 연구의 클로렐라 처리구 구성은  $1.0 \times 10^7$  cells mL<sup>-1</sup> 500배 희석액을 클로렐라 표준 시비 기준량( $\times 1$ )으로 하여 총 네 가지로 구성하였다: Control (무처리구),  $\times 0.5$  (1,000배),  $\times 1$  (500배) 및  $\times 2$  (250배). 딸기재배기간 동안 과실의 크기와 양분상태를 효율적으로 관리하기 위해 꽂숙음 및 불량과 제거 작업을 수행하여 화방 당 3~5개의 과실을 수확하였다. 딸기과실의 특성을 분석하기 위해 채취된 과실은 경상국립대학교 식물영양생리실험실로 가져와 착과률이 80% 이상의 과실을 선별하여 생중량, 당도, 경도, 양분함량 등 분석에 이용하였다.

### 클로렐라 성분 분석

본 연구에서 사용된 클로렐라 *C. fusca* CHK0059의 식물영양소 분석은  $0.45 \mu\text{m}$  필터를 이용하여 클로렐라 배양액으로부터 cell을 고액 분리하여 동결건조 시킨 후, HNO<sub>3</sub>으로 습식분해하여 ICP-OES (OPTIMA 5300DV, PerkinElmer, USA)로 측정하였다[14]. 분리된 배양배지 중 식물영양소 분석은  $0.2 \mu\text{m}$  필터로 거른 후 ICP-OES로 측정하였다.

### 딸기 과실 및 식물체 분석

딸기 수확기간 중 채취된 과실은 착색도 80~90% 수준의 개체를 선별하여 생중량(Fresh weight of fruit; FW-F), 당도(Sugar content), 경도(Hardness) 및 수분함량(Water content)을 측정하였다. 과실의 당도 및 경도는 각각 Brix refractometer (SRS03, Surakan, Korea)와 fruit hardness tester (KM-1, Fujiwara Factory, Japan)를 이용하여 측정하였다. 수분함량은 동결건조 후 무게를 측정하여 산출하였다.

식물체 샘플시료의 경우, 각 개체의 생체중(Fresh weight of plant; FW-P)을 기록한 후 일 중 0.1 g을 채취하여 80% 아세톤 추출법[15]에 따라 추출한 후 총 엽록소 함량(Total chlorophyll content)을 정량화 하였다. 추출액 중 총 엽록소 함량은 UV Spectrometer (UV-160 A, Shimadzu, Japan)를 이용하여 파장 645 및 663 nm에서 흡광도를 측정하여 Lichtenthaler[16]의 공식에 따라 산출하였다.

식물체 및 과실 중 식물영양소(P, Mg, Ca, K, Mn, Cu, Co etc.) 분석은 클로렐라 cell 분석과 동일하게 습식분해 후, ICP-OES를 이용하여 정량화 하였다[14].

### 통계 분석

클로렐라 처리수준에 따른 딸기 과실 및 식물체 특성 인자의 차이를 비교분석하기 위해 일원분산분석(One-way ANOVA) 및 사후분석(Fisher's LSD, p<0.05)을 수행하였다. 또한 본

Table 1. Concentration of nutrients in *Chlorella fusca* CHK0059 used in this study. Value in brackets are standard errors of the mean ( $n = 4$ )

Site	B	Ca	Fe	K	Mg	Mn	P	Si	Zn	
	(mg kg <sup>-1</sup> )									
<i>Chlorella fusca</i>	Cell	0.015 (0.002)	3.21 (0.166)	0.696 (0.101)	11.7 (0.253)	5.85 (0.195)	0.123 (0.001)	17.8 (0.202)	0.168 (0.024)	0.509 (0.010)
	Medium	0.873 (0.013)	23.0 (0.054)	0.65 (0.003)	24.8 (4.48)	4.45 (0.014)	0.072 (0.001)	10.2 (2.69)	6.78 (0.019)	- <sup>†</sup>
<i>Chlorella vulgaris</i> [4]	Cell	0.070	0.041	0.091	1.33	6.30	0.006	2.62	1.17	0.001

<sup>†</sup>Not detected.

연구의 모든 변수간 상관관계를 알아보기 위해 Pearson correlation 분석을 수행하였다. 모든 통계분석은 Minitab16 (Minitab Inc., USA)을 이용하여 수행하였다.

## 결과 및 고찰

### *Chlorella fusca* CHK0059의 생물비료로써 가치

클로렐라 cell과 배양배지 중 식물영양소의 농도는 Table 1과 같다. *C. fusca* CHK0059의 cell 중 P, Mg, Fe 농도는 각각 17.8, 5.85, 0.70 mg kg<sup>-1</sup>이었으며, 배양배지 중 이들 농도는 이보다 각각 43, 24, 7% 낮았다. 이와 반대로 B, Ca, K 및 Si의 경우 배양배지 중 농도가 각각 0.87, 23, 25, 및 6.8 mg kg<sup>-1</sup>으로 cell 중 농도보다 각각 5720, 67, 112 및 3936% 높게 나타났다. 이는 클로렐라 배양 시 cell에서 유래되는 수용성 영양소가 증가된 영향으로 보이지만, 각 영양소의 무기화율에는 차이가 있었다. 한편 다른 클로렐라 시비효과 연구에서 주로 이용된 *Chlorella vulgaris*의 cell 중 식물영양소 농도 (P, K, Ca, Fe, Mn, Zn)와 비교해볼 때[4], 본 연구에서 사용된 *C. fusca*가 생물비료로써 그 시비효과가 상대적으로 더 클 것으로 판단된다.

### 클로렐라 시비에 의한 딸기작물 생장증진 효과

수확 후 딸기 식물체의 생중량을 측정한 결과, 클로렐라 처리수준의 증가에 따라 FW-P 값이 높게 나타났다(Fig. 1). 클로렐라 × 2 처리구에서 가장 높은 값 (88.3 g plant<sup>-1</sup>)이 관찰되었으며, 그 다음으로 × 1 (76.1 g plant<sup>-1</sup>), × 0.5 (58.9 g plant<sup>-1</sup>), control (57.7 g plant<sup>-1</sup>) 순으로 FW-P가 높았다. 특히, 대조구에 비해 클로렐라 × 1 및 × 2 처리구의 식물체 FW-P 값이 통계적으로 유의하게 높았다( $p<0.05$ ). 클로렐라 처리 수준에 따른 이러한 경향은 식물체 잎의 클로로필 함량에서도 관찰되었다. 이와 유사한 결과는 Kim et al.[13]의 딸기 설향 재배시험 연구를 통해 보고된 바 있다. 이 선행연구에 따르면, 본 연구의 × 1 처리수준인 0.4% *C. fusca* CHK0059 처리 시 무처리구에 비해 딸기식물체의 높이가 약 7%, 잎 중 클로로필 함량은 약 20% 높게 나타났다. 또한 클로렐라 시비로 인한 착화 수 증가(20~100%)가 관찰되었다.

이러한 *C. fusca* CHK0059 시비의 긍정적인 효과는 또 다른 작물인 시금치에서도 관찰된 바 있다[10]. Kim et al.[10]의 연구에서 클로렐라 시비(0.4% *C. fusca* CHK0059)로 인해 시금치의 생산량이 약 31% 증가하였는데 이는 클로렐라 시비로 식물체 내 증가된 양분(K, Ca, Mg, P, Fe, Mn etc.)의 함량이 주요 원인인 것으로 나타났다. 이와 유사하게 본 연

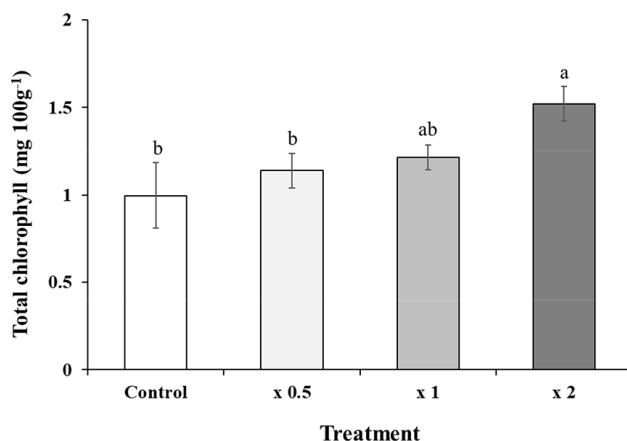
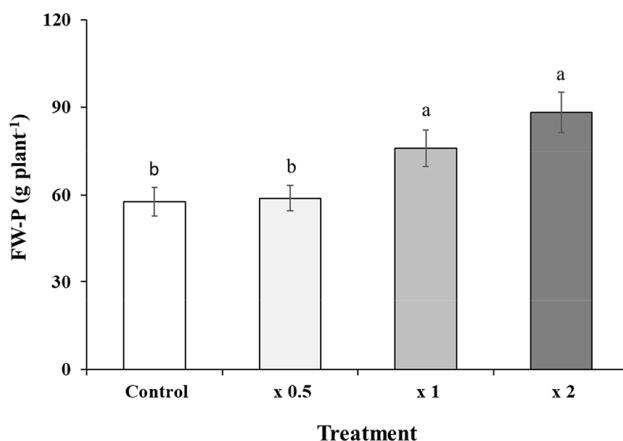


Fig. 1. Fresh weight of plant (FW-P) and total chlorophyll content in leaves of the plants grown with different treatments of *Chlorella fusca* CHK0059 during strawberry cultivation. Data represent mean ± standard errors ( $n=5$ ). Same letters indicate no significant difference among the treatments (LSD,  $p<0.05$ ).

Table 2. Concentration of nutrients in plants treated with different concentration of *Chlorella fusca* CHK0059 solution. Value in brackets are standard errors of the mean (n=5). Different letters in each column indicate no significant difference among the treatments (LSD, p<0.05)

Treatment	P	Mg	Ca	K	Mn	Cu	Co
	(g kg <sup>-1</sup> )						
Control	5.52 (0.16)c	2.43 (0.19)a	3.81 (1.37)a	27.6 (0.71)a	0.268 (0.017)a	0.011 (0.002)a	0.025 (0.001)a
× 0.5	5.88 (0.17)bc	2.50 (0.12)a	4.63 (0.50)a	28.5 (0.53)a	0.234 (0.008)a	0.013 (0.004)a	0.026 (0.002)a
× 1	6.37 (0.10)ab	2.82 (0.16)a	7.19 (1.43)a	29.1 (1.17)a	0.268 (0.011)a	0.019 (0.030)a	0.024 (0.001)a
× 2	6.67 (0.26)a	2.58 (0.18)a	6.56 (1.05)a	29.8 (0.91)a	0.262 (0.019)a	0.014 (0.021)a	0.026 (0.003)a

Table 3. Properties of strawberries treated with different concentration of *Chlorella fusca* CHK0059 solution. Value in brackets are standard errors of the mean (n=5). Different letters in each column indicate no significant difference among the treatments (LSD, p<0.05)

Treatment	Fresh weight	Hardness	Sugar content
	(g fruit <sup>-1</sup> )	(N)	(°Brix)
Control	16.9 (0.41)b	4.37 (0.25)b	9.08 (0.32)b
× 0.5	18.8 (1.21)ab	4.89 (0.18)ab	10.3 (0.32)a
× 1	20.2 (0.63)a	5.31 (0.20)a	11.1 (0.29)a
× 2	20.0 (0.72)a	5.29 (0.30)a	11.0 (0.25)a

구에서도 클로렐라 처리에 의한 식물체 중 주요 영양소 증가 경향이 보였다(Table 2). 대조구와 비교 시, 클로렐라 × 1과 × 2 처리구 딸기식물체 중 P, Mg, Ca, K 및 Cu의 평균농도가 상대적으로 높았으며, 특히 P의 경우 통계적인 유의적 차이가 나타났다(p<0.05). Pearson correlation test을 통해 식물체 biomass와 영양소간 상관관계를 분석한 결과(data not shown), 식물체 P ( $r=0.80$ ,  $p<0.001$ ) 및 K ( $r=0.47$ ,  $p<0.05$ )의 농도와 FW-P 간에 상당히 높은 상관관계가 발견되었다. 이러한 결과로 볼 때, *C. fusca* CHK0059 시비는 딸기작물의 P와 K 이용효율을 향상시켜 전반적인 작물의 생장촉진에 영향을 주는 것으로 사료된다[17, 18].

#### 클로렐라 시비에 의한 딸기과실 특성 향상

수확한 딸기과실의 특성을 5개월 동안 모니터링한 결과는 Table 3에서 보이는 바와 같다. 딸기작물의 생장인자와 같이, 클로렐라 시비에 따라 과실의 생중량, 경도 및 당도가 증가하는 경향을 보였다. 이들 세 가지 인자 모두 클로렐라 × 1 처리구에서 가장 높은 값(FW-F - 20.2 g fruit<sup>-1</sup>; Hardness - 5.31 N; Sugar content - 11.1 °Brix)을 보였으며, 대조구의 값과 비교 시 통계적 유의성이 나타났다( $p<0.05$ ). 게다가 과실 내 포함된 식물영양소 중 P와 K는 클로렐라 시비수준이 증가함에 따라 이들의 농도도 함께 증가하는 경향을 보였다(Fig. 2). 딸기과실 중 P 함량은 대조구보다 모든 클로렐라 처리구 ( $\times 0.5$ ,  $\times 1$ ,  $\times 2$ )에서 통계적으로 유의하게 증가된 값이 측정

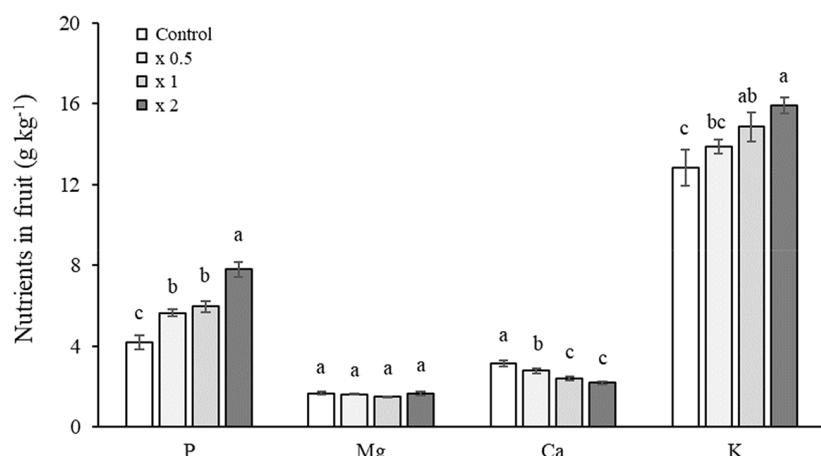


Fig. 2. Average concentrations of plant nutrients in strawberry fruits treated with different treatments of *Chlorella fusca* CHK0059 during the 5-month monitoring period. Data represent mean ± standard errors. Same letters indicate no significant difference in each element among the treatments (LSD,  $p<0.05$ ).

Table 4. Pearson correlation coefficients among all parameters of strawberry fruits grown in this study

Parameter	FW-F <sup>†</sup>	Hardness	°Brix	P	Mg	Ca
Hardness	-0.483*					
°Brix	0.288	-0.011				
P	0.300	-0.084	0.814****			
Mg	-0.506**	0.455*	-0.290	0.014		
Ca	-0.560**	0.356	-0.701***	-0.753***	0.406	
K	-0.275	0.272	0.242	0.585**	0.731***	-0.232

<sup>†</sup>Fresh weight of fruit; \*p<0.10; \*\*p<0.05; \*\*\*p<0.01; \*\*\*\*p<0.001

된 반면 K 함량은 클로렐라 × 1 및 × 2 처리구에서 유의하게 증가된 값이 보였다(p<0.05).

식물의 17가지 필수영양소 중 하나인 P는 에너지 전송, 광합성, 당 및 전분 전환, 양분이동 등과 같은 식물의 주요기능을 유지하는데 아주 중요한 역할을 한다[19]. 이에 따라 P가 부족한 딸기에서는 식물체 크기감소, 잎의 황화현상 등이 나타나며, 이 후 과실의 크기 및 생산량 감소가 관찰된다. 반면 P의 시비로 인해 딸기 식물체의 엽록소 함량이 증가하면 딸기의 생리활성이 촉진되고 과실의 당도, 경도, 아미노산, 비타민 C, 안토시아닌 함량이 증가하여 과실의 품질과 병해충 방어기 작이 증진된다[20, 21]. 본 연구에서는 과실의 P 함량과 당도 °Brix간 상당히 큰 양의 상관관계가 관찰되었다(Table 4; r= 0.814, p<0.001). 반면 딸기의 과실당도와 상당히 높은 연관성이 있는 것으로 알려져 있는 K 함량의 경우[19], 본 연구에서는 두 인자 간의 높은 상관관계(r=0.242, p>0.05)가 관찰되지 않았다.

본 연구의 결과를 종합해 볼 때, *C. fusca* CHK0059 시비는 딸기작물의 식물생장과 과실의 특성 향상을 위한 생물비료로써 활용가치가 높다고 판단된다. 특히, 클로렐라 시비를 통해 뿌리에서 유도된 P와 K의 이용효율 향상은 딸기작물의 생육발달에 도움이 된 것으로 보이며, 이 후 과실 내 P 등의 양 분 상태를 변화시켜 과실의 특성, 특히 당도 향상에 긍정적인 영향을 나타낸 것으로 사료된다. 따라서, 생물비료로 *C. fusca* CHK0059 시비는 친환경적인 농법의 수단으로 그 활용가치가 높을 뿐만 아니라 무기질 합성비료의 이용을 감소시켜 지속 가능한 농업에 도움이 될 것으로 판단된다.

## 결 론

본 재배시험 연구결과는 딸기재배 시 *C. fusca* CHK0059 ( $1.0 \times 10^7$  cells mL<sup>-1</sup> 500배 희석액) 시비가 토양 생물비료로 활용가치가 높음을 보여주었다. 클로렐라 시비는 딸기 식물체의 생중량, 클로로필 함량, 양분(P, Mg, Ca, K 등) 함량을 증가시켰다. 또한, 딸기 과실의 생중량, 당도, 경도, P와 K 함량이 클로렐라 시비를 통해 상당히 증가하였다. 특히, 딸기식물체 FW-P와 P함량 사이, 딸기과실 내 당도와 P 함량 사이의 높은 상관관계는 클로렐라 시비로 인해 증가된 딸기의 P 이용효율이 작물의 생육 뿐만 아니라 과실의 질 향상을 유도한 것

으로 판단된다. 본 연구에서는 *C. fusca* CHK0059 시비에 의한 식물영양소 측면에서의 시비효과만을 분석하여 생물비료로 활용가치를 증명하고 있지만, 차후 딸기과실의 품질을 결정짓는 다양한 인자(e.g., 아미노산, 비타민 등)간 상호작용 분석을 통해 클로렐라 시비효과와 그 원인을 더 구체적으로 규명하여 클로렐라 시비의 효율성을 높이기 위한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

## Note

The authors declare no conflict of interest.

## Acknowledgement

This work was carried out with the support of "Cooperative Research Program for Agriculture Science and Technology Development (Project No. PJ015641022022)" Rural Development Administration, Republic of Korea.

## References

- Abdel-Raouf N, Al-Homaidan AA, Ibraheem IBM (2012) Agricultural importance of algae. African Journal of Biotechnology, 11, 11648-11658. <https://doi.org/10.5897/AJB11.3983>.
- Kawalekar JS (2013) Role of biofertilizers and biopesticides for sustainable agriculture. Journal of Bio Innovation, 2, 73-78.
- Thomas L, Singh I (2019) Microbial biofertilizers: Types and applications, in: Giri B, Prasad R, Wu QS, Varma A, Biofertilizers for Sustainable Agriculture and Environment. Soil Biology, pp. 1-19, Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-18933-4\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-030-18933-4_1).
- Ann SW, Lee JM, Cho YK (2020) Perilla leaf fertilization effect of fertilizer by Chlorella and seafood by-product fermentation. Journal of Environmental Science International, 29, 423-434. <https://doi.org/10.5322/JESI.2020.29.4.423>.

5. Lee SM, Ryu CM (2021) Algae as new kids in the beneficial plant microbiome. *Frontiers in Plant Science*, 12, 599742. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.599742>.
6. Kang HK, Choi HC, Kim DW, Hwangbo J, Na JC, Bang HT, Kim DW, Kim MJ, Mushtaq MMH et al. (2013) Effect of dietary chlorella supplementation on growth performance, immune response, and intestinal microflora concentration of broiler chickens. *Korean Journal of Poultry Science*, 40, 271–276. <https://doi.org/10.5536/KJPS.2013.40.3.271>.
7. Bai SC, Cha YT (1997) Comparison of growth and body composition in olive flounder larvae (*Paralichthys olivaceus*) fed domestic experimental and imported commercial microparticulated diets. *Journal of Aquaculture*, 10, 87–95.
8. Gonçalves AL (2021) The use of microalgae and cyanobacteria in the improvement of agricultural practices: a review on their biofertilising, biostimulating and biopesticide roles. *Applied Sciences*, 11, 871. <https://doi.org/10.3390/app11020871>.
9. Kim MJ, Shim CK, Kim YK, Jee HJ, Park JH, Hong SJ (2012) Effect of green algae, *Chlorella fusca* on improving seed germination and seedling growth in vegetable crop and minor cereal. *Korean Journal of Organic Agriculture*, 2012, 491–492.
10. Kim MJ, Shim CK, Kim YK, Ko BG, Park JH, Hwang SG, Kim BH (2018) Effect of biostimulator *Chlorella fusca* on improving growth and qualities of Chinese chives and spinach in organic farm. *Plant Pathology Journal*, 34, 567–574. <https://doi.org/10.5423/PPJ.FT.11.2018.0254>.
11. Faheem FA, Fattah ZA (2008) Effect of *Chlorella vulgaris* as bio-fertilizer on growth parameters and metabolic aspects of lettuce plant. *Journal of Agriculture and Social Science*, 4, 165–169.
12. Bumandalai O, Tserennadmid R (2019) Effect of *Chlorella vulgaris* as a biofertilizer on germination of tomato and cucumber seeds. *International Journal of Aquatic Biology*, 7, 95–99. <https://doi.org/10.22034/ijab.v7i2.582>.
13. Kim MJ, Shim CK, Ko BG, Kim J (2020) Effect of the microalga *Chlorella fusca* CHK0059 on strawberry PGPR and biological control of fusarium wilt disease in non-pesticide hydroponic strawberry cultivation. *Journal of Microbiology and Biotechnology*, 30, 708–716. <https://doi.org/10.4014/jmb.2001.01015>.
14. Khalid AAH, Yaakob Z, Abdullah SRS, Takriff MS (2019) Analysis of the elemental composition and uptake mechanism of *Chlorella sorokiniana* for nutrient removal in agricultural wastewater under optimized response surface methodology (RSM) conditions. *Journal of Cleaner Production*, 210, 673–686. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.11.095>.
15. Arnon DI (1949) Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. *Plant Physiology*, 24, 1–15.
16. Lichtenthaler HK (1987) Chlorophylls and carotenoids: Pigments of photosynthetic biomembranes. *Methods in Enzymology*, 148, 350–382. [https://doi.org/10.1016/0076-6879\(87\)48036-1](https://doi.org/10.1016/0076-6879(87)48036-1).
17. Paudel Y, Pradhan S, Pant B, Prasad B (2012) Role of blue green algae in rice productivity. *Agriculture and Biology Journal of North America*, 3, 332–335.
18. Renuka N, Prasanna R, Sood A, Ahluwalia AS, Bansal R, Babu S, Singh R, Shivay YS, Nain L (2016) Exploring the efficacy of wastewater-grown micro-algal biomass as a biofertilizer for wheat. *Environmental Science and Pollution Research*, 23, 6608–6620. <https://doi.org/10.1007/s11356-015-5884-6>.
19. Trejo-Téllez LI, Gómez-Merino FC (2014) Nutrient management in strawberry: Effects on yield, quality and plant health, in: Malone N, Strawberries: Cultivation, Antioxidant Properties and Health Benefits. pp. 239–267, Nova Science Publishers, Inc., NY, USA.
20. Moor U, Poldma P, Tonutare T, Karp K, Starast M, Vool E (2009) Effect of phosphite fertilization on growth, yield and fruit composition of strawberries. *Scientia Horticulturae*, 119, 264–269. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2008.08.005>.
21. Estrada-Ortiz E, Trejo-Téllez LI, Gómez-Merino FC, Núñez-Escobar R, Sandoval-Villa M (2012) Phosphate on growth and fruit quality in strawberry. *Acta Horticulturae*, 947, 277–282.