식물성장해석 기법을 이용한 아메리카동애등에(*Hermetia illucens* L.) 분변토의 비료효과 분석

최영철¹ · 박관호¹ · 이용구² · 문성경³ · 최한수^{3*}
¹국립농업과학원 곤충산업과, ²잠실여자고등학교, ³주에코이엔지

Effect Analysis of Compost Derived by Black Soldier Fly(*Hermetia illucens* L.) Using Plant Growth Analysis Method

Young-Cheol Choi¹, Kwan-Ho Park¹, Yonggu Lee², Sung-Kyoung Moon³ and Hansu Choi^{3*}

¹ National Academy of Agricultural Science, RDA, Suwon 441-853, Republic of Korea

² Jamsil Girl's High School, Seoul 138-172, Republic of Korea

³ ECOENG Co. Ltd. Seoul 139-808, Republic of Korea

(Received August 05, 2013, Accepted August 28, 2013)

ABSTRACT

The black soldier fly larvae are able to decompose various organic wastes such as livestock manures and food wastes. We tested whether the quality of the insect derived compost, i.e. larval feces, was comparable to that of a commercial fertilizer. Chemical analysis of *Hermetia illucens* compost was suitable as a fertilizer. When the kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.) was raised on the culture soil treated with the *H. illucens* compost, the growth of leaf area, total dry weight and leaf dry weight increased significantly. The *H. illucens* compost is thought to act as an increasing factor of RGR (relative growth rate) from the beginning of growth and also had a great effect on the relative growth rate throughout the late stage of growth. There is high statistical significance between NAR (net assimilation rate) and RGR (relative growth rate), but no significance between RGR and LAR (leaf assimilation rate) of the treatments. In addition, the treatment of *H. illucens* compost promoted the thickness of leaves from the beginning of growth and the tendency of thickening leaves from the beginning of growth and the effect continued throughout the late period of growth. When mixed with 50% of *H. illucens* compost rather than 25%, it showed the greater effect on the plant growth.

Key words : Black soldier fly(BSF), Feces, Insect derived compost

서 론

동애등에류는 파리목(Diptera) 동애등에과(Stratiomyidae)에 속하며, 전 세계적으로 약 1,500종이 서식하며, 우리나라의 경우 9속 14종(Kim 1997, Lee 1998)이 알려져 있다. 그 중 아메리카동애등에(BSF; Black Soldier Fly, *Hermetia illucens* L.)는 대표적인 환경정화곤충이다(Copello 1926, Furman *et al.* 1959).

2010년 2월에는 농림수산식품부에서 산업곤충육성법을 제정하여 시행령을 2010년 8월에 공포하여, 전국적으로 대량사육시설에서 인공사육이 시도될 가능성이 있을 것으

로 예상된다. 그러나 아메리카동애등에를 대량 사육 확산에 앞서서 몇 가지 문제를 해결해야한다. 그 중 인공 사육 시설에서 배출되는 분변토 등과 같은 부산물 대량 처리 방안 등이 시급한 문제이다(Kim 2010).

미국과 캐나다에서는 음식물 쓰레기를 자연순환시스템에 의해 처리하는 회사(ESR Bio-Conversation)가 아메리카동애등에를 유기성 폐자원 분해에 이용하고 있으며, 아메리카동애등에를 사육하여 부산물로 발생하는 번데기 및 유충의 가축 사료화 연구가 시행되고 있다(Holmes *et al.* 2012).

국내에서는 아메리카동애등에의 생태적 특성과 인공증식 기술(Kim *et al.* 2008), 그리고 아메리카동애등에에 의

*Corresponding author. E-mail: eco@khu.ac.kr

해 분해된 음식물쓰레기 분변토를 이용한 채소작물의 퇴비화연구(Choi *et al.* 2009) 및 아메리카동애등에 분변토의 이화학적 특성(Kim *et al.* 2011)등과 같은 다양한 연구가 수행되었다.

기존 연구자들에 의하여 아메리카동애등에 분변토를 시비하면 식물의 성장을 촉진 시킨다는 연구는 활발히 진행 되어 왔지만 구체적으로 식물 생리생태적 입장에서는 정리된 바 없다. 따라서 본 연구에서는 식물성장해석 기법을 이용하여 아메리카동애등에 분변토가 강낭콩의 성장에 관여하는 물질생산 시스템의 과정을 분석하여 아메리카동애등에 분변토의 비료 효과를 식물생리생태적 관점에서 정리하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 분변토

화학적분 분석 및 식물성장해석에 사용된 아메리카동애등에 분변토는 농업과학원 사육장에서 아메리카동애등에 사육시 생성된 분변토를 이용하였다.

2. 화학 성분 분석

분변토가 농경지 등에 주로 이용되는 점을 감안하여 비료품질검사법에 의거하여 환경부 고시 기준으로 비료로서 적합한지를 분석하였다. 또한 부숙도 원료 기준 및 제품 기준에서 설정된 비소 등 중금속류의 6개 항목을 분석하였다.

분석방법은 비료의 품질검사방법 및 시료채취기준 별 표1. 비료의 이화학적 검사방법(제 2011-46호)을 사용하였다.

3. 식물성장해석

폴리프로필렌(polypropylene) 화분용기(130×160×95 mm)에 펄라이트(pearlite)와 아메리카동애 분변토를 부피 : 부피 비율로 대조구는 100 : 0, 실험구 1은 75 : 25, 실험구 2는 50 : 50로 섞은 배양토를 넣은 화분을 각각 30개씩 마련하였다(Song *et al.* 1993).

강낭콩(*Phaseolus vulgaris* L.)은 항온기(25°C, 80% R.H.)에서 발아시킨 후 발아된 유근의 길이가 약 2 cm 정도 자란 후 화분에 이식 하였다.

2012년 7월 17일부터 동년 8월 21일까지 36일간 자연광 하에서 진행된 실험에서, 물은 매일 각 화분에 약 200 ml를 공급하였다.

식물 성장 조사에 필요한 식물체의 표본추출은 2차엽이 나올 시점부터 3일 간격으로, 총 8회에 걸쳐 무작위 표본 추출법(random sampling method)을 사용하여 각 처리구에서 3개 화분씩 표본 추출하였다.

Fig. 1. Experiment of *Phaseolus vulgaris* growth analysis.

표본으로 추출된 각각의 식물체는 뿌리, 줄기, 잎 등으로 분리 포장하여 80°C의 전기건조기(JSON-150)에서 7일간 건조시킨 후 Micro-analytical balance(AND CB-200)를 사용하여 0.01 g 단위까지 건중량을 측정하였다.

엽면적은 평면 스캐너(Samsung, SK-250)를 이용하여 잎의 이미지를 디지털화하여 면적 측정 프로그램(Hp-254k)을 이용하여 엽면적을 구하였다.

시간 변화에 따른 총 건중량, 엽면적 및 엽건중량의 변화를 조사하기 위해 Blackman and Wilson(1951) 및 Briggs *et al.*(1920) 방식의 성장해석에 적용시켜 식물의 성장을 해석하였다.

4. 통계분석

모든 자료는 ANOVA test, 그리고 사후 검정으로 Duncan's Multiple Range Test를, 컴퓨터 통계 패키지(SPSS/PC)를 이용하여 95%의 신뢰도 수준에서 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

1. 화학 성분 분석

아메리카동애등에 분변토에 포함된 질소는 1.21 ± 0.22 ppm이 검출되었고, 구리는 40.98 ± 11.28 ppm이 검출 되었다. 아메리카동애등에 분변토에서 납은 1.69 ± 0.48 ppm이 검출 되었고, 크롬은 22.73 ± 4.62 ppm이 검출 되었다. 아메리카동애등에 분변토에서 염분은 0.31 ± 0.08 %이 검출 되었고, 치명적인 중금속인 As, Cd, Hg 등의 금속이온은 현 검사 기준으로 검출되지 않았다.

따라서 아메리카동애등에의 분변토의 화학적 성분은 비료품질검사법에 의거하여 환경부 고시 기준으로 비료 또

는 퇴비로서 적합한 것으로 판단되었다.

아메리카동애등에의 분변토 성분은 먹이원의 재료에 따라 미세한 성분이 차이가 발생할 것으로 예상된다. 그러나 인위적으로 사육되는 아메리카동애등에는 사람이 먹고 남은 음식물 쓰레기 및 잉여 농산물 등이 주로 공급되고 있기 때문에 정상적인 요리재료 및 농산물에 포함되지 않는 치명적인 중금속인 As, Cd, Hg 등은 분변토에서 검출되기 어렵지 않을 것으로 판단된다.

중금속 속의 금속이온인 납, 구리, 크롬 등은 아메리카동애등에 분변토 생산에 관여된 원재료의 성분에 따라 미세한 변화가 있을 것으로 예측되지만 큰 변화는 발생하지 않을 것으로 판단되며, 각 금속이온의 농도는 자연함류량의 범위(Choi 2001)를 벗어나지 않을 것이므로 아메리카동애등에의 분변토는 비료 또는 퇴비로서 적합한 것으로 판단되었다.

그러나 음식물에 포함되어 있는 염분의 경우 아메리카동애등에의 사육에 영향을 미치거나 분변토에 과다한 염분이 포함되어 농작물에 영향을 줄 수 있기 때문에 염분이 다량으로 포함되어 있는 음폐수를 충분히 제거한 후 아메리카동애등에의 먹이원으로 이용해야 될 것으로 판단된다.

2. 식물성장해석

2.1. 엽면적의 성장

아메리카동애등에 분변토 혼합 비율을 달리한 배양토에서 재배된 강낭콩 엽면적의 시간별 변화는 Table 2와 같다.

엽면적의 변화는 6일째부터 분변토 처리구와 대조구는 고도로 유의한 차이를 나타냈다(6일: $F = 15.83$, $P < 0.01$, 9일: $F = 70.83$, $P < 0.01$, 12일: $F = 29.85$, $P < 0.01$, 15일: $F = 82.86$, $P < 0.01$, 18일: $F = 37.90$, $P < 0.01$, 21일: $F = 169.94$, $P < 0.01$, 24일: $F = 23.65$, $P < 0.01$). 이를 통해 아메리카동애등에의 분변토 처리는 엽면적의 성장을 촉진 시키는 요인으로 작용한 것으로 나타났다.

분변토 처리는 6일째부터 강낭콩 엽면적의 성장을 촉진시켰으며, 분변토를 25% 혼합했을 때보다는 50%로 혼합했을 때 성장 촉진 효과는 더 큰 것으로 나타났다. 24일째에는 성장 초기에 혼합한 분변토가 물 공급시 화분 밖으로 유출되었거나 식물체 내부로 흡수되어 엽면적 성장의 촉진 효과가 감소하는 것으로 추정되었다.

2.2. 총건중량의 성장

아메리카동애등에 분변토 혼합 비율을 달리한 배양토에서 재배된 강낭콩 총건중량의 시간별 변화는 Table 3과 같다.

총건중량의 변화는 9일째부터 분변토 처리구와 대조구에서 고도로 유의한 차이를 나타내었다(9일: $F = 9.88$, $P = 0.01$, 12일: $F = 5.69$, $P = 0.04$, 15일: $F = 29.43$, $P < 0.01$, 18일: $F = 41.84$, $P < 0.01$, 21일: $F = 48.67$, $P < 0.01$, 24일: $F = 30.42$, $P < 0.01$). 이를 통해 분변토 처리는 총건중량의 성장을 촉진

Table 1. Analysis of contents of compost(including moisture status) produced by larvae of *H. illucens*

Component	Compost of BSF	Standard value
	Mean $\pm$ S.D.(ppm)	
N	1.21 $\pm$ 0.22	not exist
Water	51.41 $\pm$ 1.89	not exist
Organic compounds	32.51 $\pm$ 5.83	25% above
Organic compounds/N	26.96 $\pm$ 0.43	50 below
Pb	1.69 $\pm$ 0.48	150 below
Cu	40.98 $\pm$ 11.28	500 below
Cr	22.73 $\pm$ 4.62	300 below
NaCl	0.31 $\pm$ 0.08	1% below
As	ND	50 below
Cd	ND	5 below
Hg	ND	2 below

unit: ppm except water(%) and organic matters(%), salinity(%), Organic compounds/N; ND: not detected.

Table 2. Variation of leaf area of *P. vulgaris* as a function of date and proportion of *H. illucens* compost(Mean $\pm$ S.D.g, n = 3)

Days after treatment	Ratio of BSF compost to soil		
	0%	25%	50%
3	33.84 $\pm$ 10.20	49.067 $\pm$ 5.99	47.10 $\pm$ 22.88
6	72.87 $\pm$ 7.15 ^B	79.71 $\pm$ 8.44 ^B	136.45 $\pm$ 24.30 ^A
9	119.87 $\pm$ 5.80 ^C	148.19 $\pm$ 21.10 ^B	237.97 $\pm$ 2.02 ^A
12	125.15 $\pm$ 18.68 ^B	200.63 $\pm$ 36.82 ^B	380.01 $\pm$ 58.84 ^A
15	177.95 $\pm$ 31.11 ^C	275.70 $\pm$ 23.91 ^B	612.27 $\pm$ 64.05 ^A
18	193.77 $\pm$ 31.02 ^B	304.26 $\pm$ 64.79 ^B	662.80 $\pm$ 95.49 ^A
21	208.24 $\pm$ 34.90 ^C	368.46 $\pm$ 22.80 ^B	885.95 $\pm$ 70.05 ^A
24	127.45 $\pm$ 11.96 ^C	429.96 $\pm$ 118.03 ^B	865.74 $\pm$ 179.08 ^A

Means with a same letter are not significantly different(Duncan's multiple range test: $\alpha = 0.05$).

Table 3. Variation of total dry weight of *P. vulgaris* as a function of date and proportion of *H. illucens* compost(Mean $\pm$ S.D.g, n = 3)

Days after treatment	Ratio of BSF compost to soil		
	0%	25%	50%
3	0.17 $\pm$ 0.02	0.21 $\pm$ 0.02	0.16 $\pm$ 0.01
6	0.23 $\pm$ 0.03	0.22 $\pm$ 0.02	0.28 $\pm$ 0.04
9	0.45 $\pm$ 0.03 ^B	0.38 $\pm$ 0.04 ^B	0.62 $\pm$ 0.09 ^A
12	0.59 $\pm$ 0.04 ^B	0.60 $\pm$ 0.04 ^B	0.96 $\pm$ 0.17 ^A
15	0.74 $\pm$ 0.06 ^B	0.88 $\pm$ 0.04 ^B	1.70 $\pm$ 0.17 ^A
18	0.85 $\pm$ 0.02 ^B	1.13 $\pm$ 0.07 ^B	2.22 $\pm$ 0.24 ^A
21	0.91 $\pm$ 0.03 ^C	1.46 $\pm$ 0.10 ^B	2.87 $\pm$ 0.27 ^A
24	0.73 $\pm$ 0.03 ^C	1.88 $\pm$ 0.10 ^B	4.05 $\pm$ 0.47 ^A

Means with a same letter are not significantly different(Duncan's multiple rage test: α = 0.05).

Table 4. Variation of leaf dry weight of *P. vulgaris* as a function of date and proportion of *H. illucens* compost(Mean $\pm$ S.D.g, n = 3)

Days after treatment	Ratio of BSF compost to soil		
	0%	25%	50%
3	0.07 $\pm$ 0.02	0.08 $\pm$ 0.01	0.07 $\pm$ 0.04
6	0.11 $\pm$ 0.02	0.10 $\pm$ 0.01	0.14 $\pm$ 0.03
9	0.18 $\pm$ 0.03 ^B	0.18 $\pm$ 0.01 ^B	0.31 $\pm$ 0.03 ^A
12	0.23 $\pm$ 0.04 ^B	0.22 $\pm$ 0.11 ^B	0.49 $\pm$ 0.08 ^A
15	0.31 $\pm$ 0.05 ^B	0.34 $\pm$ 0.01 ^B	0.75 $\pm$ 0.14 ^A
18	0.31 $\pm$ 0.03 ^B	0.46 $\pm$ 0.05 ^B	0.94 $\pm$ 0.19 ^A
21	0.31 $\pm$ 0.06 ^B	0.57 $\pm$ 0.07 ^B	1.10 $\pm$ 0.15 ^A
24	0.20 $\pm$ 0.03 ^B	0.72 $\pm$ 0.25 ^A	1.62 $\pm$ 0.31 ^A

Means with a same letter are not significantly different(Duncan's multiple rage test: α = 0.05).

진시키는 요인으로 작용한 것으로 나타났다.

분변토 처리는 9일째부터 강낭콩 종건중량의 성장을 촉진시켰으며, 분변토를 25% 혼합했을 때보다는 50%로 혼합했을 때 성장 촉진 효과는 더 큰 것으로 나타났다. 24일째에는 생육초기에 투여했던 분변토 성분의 감소로 엽면적의 성장에 큰 영향을 주지 못한 반면에 종건중량의 성장에는 24일째까지 지속적으로 증가 효과를 나타내었다.

2.3. 강낭콩 엽건중량의 성장

생육기간 중의 각기 분변토 양을 달리한 배양토에서 강낭콩 엽건중량의 시간별 변화는 Table 4와 같다.

엽건중량의 변화는 9일째부터 분변토 처리구와 대조구는 고도로 유의한 차이를 나타냈다(9일 : F = 10.16, P = 0.01, 12일 : F = 24.50, P < 0.01, 15일 : F = 24.50, P < 0.01, 18일 : F = 24.13, P < 0.01, 21일 : F = 47.48, P < 0.01, 24일 : F = 11.82, p = 0.01). 분변토 처리는 엽건중량의 성장을 촉진시키는 요인으로 작용한 것으로 나타났다.

분변토 처리는 9일째부터 강낭콩 엽건중량의 성장을 촉진시켰으며, 분변토를 25% 혼합했을 때보다는 50%

로 혼합했을 때 성장 촉진 효과는 더 큰 것으로 나타났다. 24일째에는 생육초기에 투여했던 분변토 성분 감소로 엽면적의 성장에 큰 영향을 주지 못한 반면에 엽건중량의 성장에는 24일째까지 지속적으로 증가 효과를 나타내어 분변토 혼합구와 비혼합구 간의 유의한 차이를 나타내었다.

2.4. 강낭콩 상대성장률(Relative growth rate: RGR)

Hunter(1981)가 제시한 계산식에 따라 자연대수를 사용하여 아래와 같이 상대성장률(RGR)을 식으로 나타낼 수 있다.

$$RGR = \frac{1}{W} \cdot \frac{dW}{dt} = \frac{d \log W}{dt} = \frac{\ln W_2 - \ln W_1}{t_2 - t_1}$$

위 식에서 W는 식물체의 건중량, t는 시간을 나타내고는 자연대수를 의미한다. 위 식에 따라 계산된 실험기간 중 식물의 생육시기에 따른 상대성장률(RGR)은 Table 5에 표시되어 있다.

표본 추출 1회와 2회 비교 구간을 제외한 나머지 구간에서는 분변토 처리가 성장 초기부터 상대성장률(RGR)을 높

Table 5. Variation of relative growth rate(RGR) of *P. vulgaris* as a function of date and proportion of *H. illucens* compost(mg.mg⁻¹ day⁻¹, n=3)

Days after treatment	Ratio of BSF compost to soil		
	0%	25%	50%
1 ~ 3	-0.59	-0.52	-0.62
3 ~ 6	0.10	0.02	0.20
6 ~ 9	0.22	0.18	0.26
9 ~ 12	0.09	0.15	0.15
12 ~ 15	0.04	0.06	0.10
15 ~ 18	0.04	0.08	0.09
18 ~ 21	0.03	0.08	0.09
21 ~ 24	-0.08	0.09	0.11

Table 6. Variation of net assimilation rate(NAR) of *P. vulgaris* as a function of date and proportion of *H. illucens* compost(g.cm⁻¹ day⁻¹, n=3)

Days after treatment	Ratio of BSF compost to soil		
	0%	25%	50%
1 ~ 3	2.72	3.27	3.02
3 ~ 6	0.46	0.12	0.59
6 ~ 9	0.49	0.41	0.38
9 ~ 12	0.04	0.28	0.15
12 ~ 15	0.12	0.24	0.46
15 ~ 18	0.88	0.07	0.07
18 ~ 21	0.48	0.19	0.39
21 ~ 24	-0.28	0.14	-0.02

The first day of sampling is 1 day.

Table 7. Variation of leaf area ratio(LAR) of *P. vulgaris* as a function of date and proportion of *H. illucens* compost (cm².Sday⁻¹, n=3)

Days after treatment	Ratio of BSF compost to soil		
	0%	25%	50%
1 ~ 3	-0.22	-0.16	-0.20
3 ~ 6	0.22	0.13	0.34
6 ~ 9	0.45	0.44	0.69
9 ~ 12	2.26	0.55	1.01
12 ~ 15	0.33	0.26	0.21
15 ~ 18	0.05	1.25	1.25
18 ~ 21	0.05	0.43	0.22
21 ~ 24	0.27	0.61	-6.58

The first day of sampling is 1 day.

이는 요인으로 작용하였으며, 생육 후기까지 상대성장률(RGR)에 큰 작용을 한 것으로 판단된다. 특히, 대조구의 경우 생육 후기 영양분의 부족으로 상대성장률(RGR)이 감소하는 것으로 추정된다.

Table 8. Variation of specific leaf area(SLA) of *P. vulgaris* as a function of date and proportion of *H. illucens* compost (cm²g⁻¹, n=3)

Days after treatment	Ratio of BSF compost to soil		
	0%	25%	50%
3	461.45	588.80	706.50
6	683.19	824.55	952.02
9	665.96	838.79	775.99
12	544.12	925.98	775.54
15	580.26	818.92	820.01
18	625.05	661.43	705.11
21	664.60	650.22	805.41
24	626.79	594.42	534.41

2.5. 강낭콩 순동화율(NAR)과 엽면적비(LAR)

단위시간(t)에 단위 엽면적이 몇 g의 근량(W)을 생산하는가 하는 순동화율(NAR)에 대한 강낭콩의 결과를 Hunter(1981)가 제시한 계산식에 의하여 산출하고 Table 6에 나타냈다.

$$NAR = \frac{1}{L_A} \cdot \frac{dW}{dt} = \frac{d \log L_{A8}}{dL_A} \cdot \frac{dW}{dt} \\ = \frac{\ln L_{A2} - \ln L_{A1}}{L_2 - L_1} \cdot \frac{W_2 - W_1}{t_2 - t_1}$$

그리고 식물체 1 g 생산에 필요한 엽면적 값을 나타내는 엽면적비(LAR)는 광합성 기관의 구조적 배분율을 의미하는 것으로 에너지 대사에 있어서 중요한 특성을 갖는다.

Hunter(1981)가 제시한 다음 계산식에 따라 강낭콩의 엽면적비(LAR)를 계산하였고 그 결과를 Table 7에 나타냈다.

$$LAR = \frac{L_A}{W} = \frac{\ln W_2 - \ln W_1}{W_2 - W_1} \cdot \frac{L_{A2} - L_{A1}}{\ln L_{A2} - \ln L_{A1}}$$

상대성장률(RGR)을 아래와 같이 순동화율(NAR)과 엽면적비(LAR)로 나누어서 아래와 같은 식에 따라 계산할 수 있다. 여기서 L은 엽면적을 뜻하고, t는 시간, W는 건 중량 그리고 e는 자연대수를 의미한다.

$$RGR = NAR \cdot LAR \\ NAR = \frac{1}{L_A} \cdot \frac{dW}{dt} = \frac{d \log L_{A8}}{dL_A} \cdot \frac{dW}{dt} \\ = \frac{\ln L_{A2} - \ln L_{A1}}{L_2 - L_1} \cdot \frac{W_2 - W_1}{t_2 - t_1} \\ LAR = \frac{L_A}{W} = \frac{\ln W_2 - \ln W_1}{W_2 - W_1} \cdot \frac{L_{A2} - L_{A1}}{\ln L_{A2} - \ln L_{A1}}$$

각 처리구 간의 순동화율(NAR)의 변화는 상대성장률(RGR)의 변화와 정상관계를 보였으며(Correlation: r = 0.89 P < 0.01), 상대성장률(RGR)과 엽면적비(LAR) 사이에는 약

한 정상관관계(Correlation: $r=0.09$ $p=0.66$)가 나타났다.

통계적으로는 순동화율(NAR)과 상대성장률(RGR)의 관계는 고도로 유의하며, 상대성장률(RGR)과 엽면적비(LAR)와의 관계에서는 통계적으로 유의성이 없는 것으로 나타났다. 따라서 상대성장률(RGR)에 영향을 미치는 두 가지 요소 중, 구조적인 면에서 관계되는 엽면적비(LAR) 값에는 관계가 없으며, 기능적인 측면을 나타내는 순동화율(NAR)의 변화에 영향이 있는 것으로 나타났다.

그러므로 아메리카동애등에 분변토 처리는 식물의 성장에 구조적인 면보다는 기능적인 측면에서 영향을 주는 것으로 나타났다.

2.6. 강낭콩 엽건중량에 대한 엽면적의 비(specific leaf area: SLA)

강낭콩 엽건중량에 대한 엽면적비의 비(SLA)는 흔히 잎의 두께를 나타내는 척도로 이용되어 왔으며, 다음의 식으로 계산하였다.

$$SLA = \frac{L_A}{F}$$

여기서 L_A 는 식물체의 엽면적, F는 식물체의 엽건중량을 나타낸다. 일반적으로 높은 SLA는 식물체의 잎이 얇거나 연약하여 식물의 물질생산에 불리한 요소로 작용하며, 다양한 조건하에서 강낭콩 유식물의 성장을 연구, 분석한 Blackman(1919) 및 Choe(1972)의 보고에서와 같이 식물체의 잎의 양은 식물체의 광합성을 통한 건물생산(dry matter production)을 지배하는 중요한 요소이기 때문이다.

생육 시기에 따른 각 처리구의 SLA의 변화는 Table 8에 표시되어 있다.

분변토 처리는 일반적으로 성장 초기부터 잎의 두께를 높이는 요인으로 작용하였으며, 특히 생육 초기부터 잎이 두꺼워지는 경향이 나타나 생육 후기까지 그 영향이 지속되는 것으로 나타났다.

그러므로 잎의 두께가 두꺼워지면 상품 가치가 높아지는 잎을 녹즙용으로 쓰는 작물에 아메리카동애등에 분변토를 시비할 경우 농작물의 상품 가치를 높일 수 있을 것으로 예상된다.

적 요

아메리카동애등에의 분변토는 비료품질검사법에 의거하여 환경부 고시 기준으로 비료 또는 퇴비로서 적합하였다.

강낭콩을 아메리카동애등에의 분변토가 섞인 배양토에 식재한 결과, 강낭콩의 엽면적의 성장은 분변토 처리구에서 6일째부터, 총건중량과 엽건중량은 분변토 처리구 9일째부터 대조구와 고도로 유의한 차이를 나타냈다. 일반적으로 아메리카동애등에 분변토를 25% 혼합했을 때보다는

50%로 혼합했을 때 성장 촉진 효과는 더 큰 것으로 나타났다.

아메리카동애등에 분변토 처리는 생육 초기부터 후기까지 강낭콩 상대성장률(RGR)을 높이는 요인으로 작용하였다. 또한 순동화율(NAR)의 변화는 상대성장률(RGR)의 변화와 정상관관계($r=0.89$)를 보였으며, 상대성장률(RGR)과 엽면적비(LAR) 사이에는 약한 정상관관계($r=0.09$)가 나타났다.

통계적으로는 순동화율(NAR)과 상대성장률(RGR)의 관계는 고도로 유의하며, 상대성장률(RGR)과 엽면적비(LAR)과의 관계에서는 통계적으로 유의하지 않다.

아메리카동애등에 분변토를 처리시 강낭콩 엽건중량에 대한 엽면적비(SLA)의 변화에서 아메리카동애등에의 분변토 처리는 일반적으로 성장 초기부터 후기까지 잎의 두께가 두꺼워지는 경향을 나타냈다.

감사의 글

본 연구는 2010년 ~ 2013년 농촌진흥청 농업공동연구사업(과제번호: PJ006893)의 지원에 의해 이루어졌으므로 이에 감사드립니다.

인용문헌

- Blackman VH(1919) The compound interest law and plant growth. *Ann Bot* **32**, 353-360.
- Blackman GE, Wilson GL(1951) Physical and ecological studies in the analysis of plant environment. VII. An analysis of the different effect of light intensity on the net assimilation rates, leaf ratio and relative growth rate of different species. *Ann Bot N S* **15**, 373-408.
- Briggs GS, Kidd F, West C(1920) A quantitative analysis of plant growth. Part I. and II. *Ann Appl Bilo* pp.102-123, 202-222.
- Choe HS(1972) Growth-analytical studies of *Phaseolus vulgaris* seedlings after varying periods of dark treatment. *J Fac Sci Uni Tokyo Sec III* **11**, 137-174.
- Choi YC, Choi JY, Kim JG, Kim WT, Kim MS, Park KH, Bae SW(2009) Potential usage of food waste as a natural fertilizer after digestion by *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae). *Int J Indust Entomol* **19**, 171-174.
- Choi HS (2001) Studies on Heavy Metal Contents in Natural and Civic Plants of Korea. Thesis of Ph D. Univ of Kyung Hee.
- Copello A(1926) *Biologia de Hermetia illucens* Latr *Rev Sco Entomol Argent* **1**, 12-27.
- Furman DP, Young RD, Catts EP(1959) *Hermetia illucens* Latr *Rev Soc Ent Argentina* **1**, 23-27.
- Holmes LA, Vanlaerhoven SL, Tomberlin JK(2012) Relative Humidity Effects on the Life History of *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae). *Environmental Entomology* **41**, 731-1042.
- Hunter(1981) Plant growth analysis. The Camelot Press Ltd., Southampton, UK. pp.8-25.

- Kim J, Choi Y, Choi J, Kim W, Jeong G, Park K, Hwang S(2008) Ecology of the black soldier fly, *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae) in Korea. Korean J of Appl Entomol **47**, 337-343.
- Kim JI(1997) Newly recording two exotic insects species from korea. J Kor Biota **2**, 223-225.
- Kim SH(2010) Recently policy and progress for decreasing food wastes. J of KOREA **18**, 13-19.
- Kim YS, Lee SB, Ham SK, Lim HJ, Choi YC(2011) Soil Physicochemical Properties by applied with Mixed Ratio Soldier Fly (*Hermetia illucens*) Casts. Weed & Turfgrass Science. **25**, 106-110.
- Lee JO(1998) Insects' life in korea. IV:148.
- Song JS, Lee KC, Chun SH, Lee MD, Cho KH(1993) The Effects of Earthworm Casts on Growth of Plants. J KOEREC. **1**, 237-258.