

혼합유기질비료의 시용이 잔디 생육과 엽록소함량에 미치는 영향

김이현¹ · 김기선² · 김민균^{1*}

¹서울대학교 농생명공학부, ²서울대학교 식물생산과학부
(2001년 5월 3일 접수, 2001년 5월 19일 수리)

Key words : 잔디(*Zoysia japonica*), 혼합유기질비료, 화학비료, 생체중, 엽록소 함량

서 론

양질의 잔디를 유지하기 위해 과다한 화학비료, 특히 다량의 질소와 인산 비료를 사용할 경우 토양의 지력이 저하되고, 잔디가 많은 스트레스와 생육상의 저해를 받는다.¹⁾ 질소질 비료는 대부분 속효성으로 전량을 기비로 사용하면 생육 초기에 염류장해가 일어나고, 토양에서 용탈되는 양이 많아지게 되므로²⁻⁴⁾ 비료 성분의 유실을 증대시켜 지표수의 부영양화와 지하수의 오염 등 많은 부작용을 초래하게 된다.⁵⁻⁸⁾ 따라서 속효성 비료는 작물의 생육시기에 맞추어 적절한 양분공급이 되도록 분시하여야 한다. 그러나 분시는 그 시기와 양을 결정하기 어렵고, 시비에 많은 노력이 필요하다.

화학비료 사용으로 인한 부작용들을 보완하고 특히 환경 오염 문제를 최소화하기 위한 방법으로 환경 친화적인 완효성 유기질 비료에 대한 관심이 높아지고 있다.⁹⁾ 유기질 비료는 다량 원소 및 미량원소를 함유하며 토양산도의 교정효과가 뛰어나므로, 비교적 지속적인 양분공급이 가능해 화학비료 사용의 문제점을 해결하기 위한 하나의 방법으로 제시되고 있다.

따라서, 본 연구의 목적은 혼합유기질비료가 잔디생육을 위한 영양공급원으로 화학비료 대체효과 정도를 알아보는데 있다. 이를 위하여 특정기업체에서 생산, 시판되는 혼합유기질비료(채종유박과 미강유박이 전체 함량의 65%차지; 2~3 mm의 입상제제)와 잔디용 화학비료, 혹은 혼합유기질비료와 N, P, K, Ca, Mg, S 비료성분의 화학시약을 섞어 만든 임의비료(이하 '혼합유기질비료+chemicals'로 명명)를 사용하여 이들 비료가 잔디 생육과 엽록소 함량에 미치는 영향을 조사하였다.

재료 및 방법

공시잔디 및 재배 토양. 본 시험의 공시잔디로 2000년 4월 중순 서울대 부속농장에 위치한 잔디시험지에서 굴취한 난지형 잔디(*Zoysia japonica*)를 사용하였다. 잔디에 남아있는 잔여 토양을 흐르는 물로 제거한 후 pot에 이식하였다. 굴취시 잔디의

생육단계는 월동을 마친 후 잔디의 지상부가 생성되기 시작하는 단계였다. 잔디 재배 토양은 원예상토와 모래의 비율을 1:1000(w/w)으로 섞어 사용함으로써 시비하지 않은 재배 토양 중 양분조건을 최소화한 상태에서 시험이 가능하도록 하였다.

잔디 생육 및 시비. 실험에 사용된 pot는 아래쪽에 토양수분함량을 조절 할 수 있도록 구멍을 뚫고, 자갈로 구멍의 대부분을 막은 후 원예상토와 모래 혼합토양(총 3 kg)으로 pot 상단면 5 cm 이하 부분까지 채웠다. 이식한 잔디의 생체중은 pot 당 60 g이었고, 작물생육의 개체 혹은 처리집단간의 임의적 차이를 감안하여 3 반복 실험을 하였다. Pot 이식 후 잔디의 수분관리는 외관상 표토의 수분이 마르지 않도록 1차 증류수를 이용하여 이루어졌으며, 잔디이식 후 약 5주가 지나서 무처리를 제외한 아래 언급한 모든 비료 처리구에서 잔디가 밀재된 상태로 생육하였다.

잔디용 화학비료의 경우 300평당 권장사용량 135~140 kg을 기준으로 표면적 계산을 통해 pot 당 5 g을 시비하였다. 혼합유기질비료의 경우 잔디용 화학비료와 동일한 양(pot 당 5 g)을 시비함으로써 잔디생육과 엽록소 함량에 미치는 영향을 비교하여 보았다. 혼합유기질비료+chemicals의 경우에는 혼합유기질비료에 화학시약(요소, Ca(H₂PO₄)₂, K₂SO₄, MgSO₄)을 이용해 각 영양성분(N, P, K, Ca, Mg, S)을 추가하여 시비함으로써 잔디용 화학비료의 영양원소 함량과 비슷한 수준(Table 1 참조)에서의 잔디생육과 엽록소 함량에 미치는 효과를 알아보았다.

시비는 두 차례에 걸쳐 실시하였다. 1차 시비는 굴취한 잔디를 pot에 이식하여 일주일 후 실시하였는데 시비방법은 다음과 같다. 무처리 시험의 경우 pot 당 증류수 300 ml 만을 주었고, 잔디용 화학비료 사용 시험의 경우 pot 당 잔디용 화학비료 5 g을 증류수 300 ml에 녹여 시비하였다. 혼합유기질비료의 경우는 pot 당 비료 5 g을 분쇄한 후 증류수 300 ml에 섞어 처리하였다. 혼합유기질비료+chemicals는 pot 당 urea 0.64 g, Ca(H₂PO₄)₂ 1.35 g, K₂SO₄ 0.4 g, MgSO₄ 0.5 g을 혼합하여 300 ml 증류수에 녹인 후 분쇄한 혼합유기질비료 5 g과 섞어 처리하였다. 2차 시비는 1차 시비 7주 후에 1차 시비와 동일한 방법으로 하였다.

분석 내용 및 방법. 분석 항목으로는 원예상토와 모래 혼합물(1:1000) 양분 성분의 분석, 혼합유기질비료 및 잔디용 화학비료의 화학성분 분석, 그리고 시비에 따른 잔디 생체중 측정 및 잔디 엽록소 함량 측정이었다.

양분 성분 분석에서 total N은 Kjeldahl 법¹⁰⁾으로 분해 정량하였고, total P는 과염소산(HClO₄)법¹¹⁾으로 측정하였다. Ca, Mg, K은 1N-ammonium acetate를 이용하여 침출시켜 ICP(Inductively Coupled Plasma)를 이용해 분석하였다. S는 알칼리 산화법, B는 알칼리 정량법을 이용하였다.¹²⁾

잔디 생체중(biomass)의 측정은 생육시기에 따라 두 차례 실시하였는데 1차 측정은 이식한 후 75일 후인 7월 상순에 생육 잔디가 전체적으로 pot의 상단면을 초과하여 자라는 시점에서 실시했다. pot의 상단면까지 잔디를 예취한 후 신선중(fresh weight)을 측정하고, 60°C 상태로 dry oven에서 24시간 건조

*연락처

Phone: 82-31-290-2405; Fax: 82-31-293-8608
E-mail: mkkim3@plaza.snu.ac.kr

Table 1. Nutrient contents in the fertilizers used to grow the turfgrass

(Unit: mg/5 g fertilizer)

Fertilizers	Nutrients							Total**
	Total-N	Total-P	K	Ca	Mg	S	B	
Chemical fertilizer	450(334x)*	450(732x)	450(69x)	300(34x)	100(47x)	400(889x)	10(238x)	2160
Mixed organic fertilizer	180(134x)	130(211x)	60(9x)	25(3x)	30(24x)	20(44x)	60(1428x)	505
Mixed organic fertilizer+chemicals	300(223x)	350(529x)	400(61x)	230(76x)	100(47x)	530(1177x)	10(238x)	1920

*The figures in parentheses indicate the fold differences in nutrient contents between soil mixture and each fertilizer tested in this study.

**Total means the combined amount of nutrients measured for each fertilizer.

Table 2. Nutrient contents in 3 kg of soil mixture used as solid medium to grow the turfgrass

(Unit: mg)

Total-N	Total-P	K	Ca	Mg	S	B
1.344	0.615	6.57	8.76	2.19	0.45	0.042

후 건물중(dry weight)을 측정하였다. 단, 무처리구의 경우 잔디의 생육이 매우 부진하여 1차 측정대상에서 제외하였다. 2차 측정은 1차 측정 후 70일 후인 9월 하순에 1차 측정과 동일한 방법으로 실시하였다.

엽록소 함량 측정은 7월 상순과 9월 하순 두 차례 실시하였으며, Arnon 법¹³⁾을 이용하였다. 663 nm와 646 nm에서 흡광도를 측정해 엽록소 a, 엽록소 b함량과 전체 엽록소함량을 알아 보았다.

결과 및 고찰

잔디 재배 토양과 비료의 양분성분 분석. 잔디재배를 위하여 원예상토와 모래를 1:1000으로 섞은 재배토양 중의 양분함량을 측정한 결과는 Table 2에서 보는 바와 같다. 즉, 재배토양 3 kg중에 존재하는 전질소(total-N), 전인산(total-P), 칼륨(K), 칼슘(Ca), 마그네슘(Mg), 황(S), 붕소(B)의 함량은 8.76 mg~0.042 mg으로 아래 언급한 시용비료에 존재하는 양분함량에 비하여 낮은 수준인 것을 알 수 있었다. 반면에 잔디용 화학비료나 혼합유기질비료의 경우 위에 열거한 영양소의 함량이 시용비료 5 g당 각각 10 mg~450 mg과 20 mg~180 mg이었다. 이는 재배토양 중 존재하는 영양소 함량에 비교하였을 때 잔디용 화학비료의 경우 최소 약 34 배(칼슘)~최대 약 889 배(황), 혹은 유기질복합비료의 경우 최소 약 3 배(칼슘)~최대 약 1428 배(붕소) 높은 함량이었다. 한편, 본 연구실에서 혼합유기질비료에 화학시약을 첨가하여 잔디용 화학비료의 영양소 함량과 비슷한 수준으로 맞춘 ‘혼합유기질비료+chemicals’의 경우 그 영양소 함량을 재배토양 중 존재하는 영양소 함량에 비교하였을 때 최소 약 47 배(마그네슘)~최대 약 1177 배(황)의 높은 수준이었다. 따라서 재배토양 중에 존재하는 영양소의 전체 함량은 시용비료 5 g에 존재하는 영양소의 함량에 비교하여 무시할 만한 수준임을 알 수 있었다.

한편, 비료 5 g당 전체 영양소의 함량은 잔디용 화학비료(2160 mg), 혼합유기질비료+chemicals(1920 mg), 혼합유기질비료(505 mg)의 순으로 존재하였다. 잔디용 화학비료는 혼합유기질비료에 비교하여 붕소를 제외한 전질소, 전인산, 칼륨, 칼슘, 마그네슘, 황, 붕소의 함량이 각각 2.5 배, 3.5 배, 7.5 배, 12

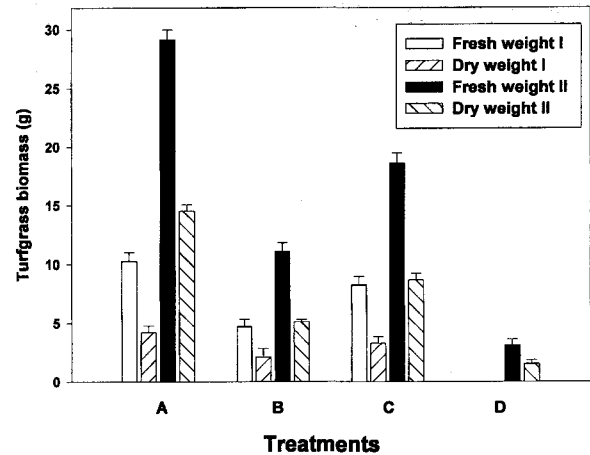


Fig. 1. Turfgrass biomass after fertilizer treatments. A: Chemical turfgrass fertilizer, B: Mixed organic fertilizer, C: Mixed organic fertilizer+chemicals, D: Non-treatment; Fresh weight I & Dry weight I: Biomass 75 days after fertilizer treatments; Fresh weight II & Dry weight II: Biomass 145 days after fertilizer treatments.

배, 3.3 배, 20 배 높은 수준임을 알 수 있었다.

잔디 생체중에 미치는 영향. 각 비료의 시비 후 7월 상순, 9월 하순 두 차례 실시한 잔디 생체중(biomass)을 측정한 결과를 Fig. 1에 나타내었다. 7월 상순에 실시한 신선중(fresh weight)은 잔디용 화학비료 시용의 경우 10.24 g이었으며 혼합유기질비료+chemicals와 혼합유기질비료 시용의 경우 각각 8.23 g과 4.7 g이었다. 한편 건물중(dry weight)은 잔디용 화학비료 시용의 경우 4.2 g이었고, 혼합유기질비료+chemicals와 혼합유기질비료 시용의 경우 각각 3.29 g과 2.1 g이었다. 따라서, 신선중, 건물중 모두 혼합유기질비료 처리구(이하 혼합유기질비료구), 혼합유기질비료+chemicals 처리구(이하 혼합유기질비료+chemicals구), 잔디용 화학비료 처리구(이하 잔디용 화학비료구)의 시비 순으로 증가하는 경향을 나타내었다. 한편, 무처리대조구의 경우 재배토양에 존재하는 양분성분의 함량이 미미하여 잔디의 생육이 매우 부진하였으며 따라서 생체중을 측정할 수 없었다.

9월 하순에 실시한 신선중 측정에서는 잔디용 화학비료구 29.12 g, 혼합유기질비료+chemicals구 18.61 g, 혼합유기질비료구 11.07 g, 무처리구 3.13 g이었고, 건물중의 경우 잔디용 화학비료구 14.5 g, 혼합유기질비료+chemicals구 8.64 g, 혼합유기질비료구 5.1 g, 무처리구 1.53 g이었다. 따라서 7월 상순과 9월 하순 두 차례 측정 결과 모두 혼합유기질비료구, 혼합유기질비료+chemicals구, 잔디용 화학비료구의 시비 순으로 잔디의 신선

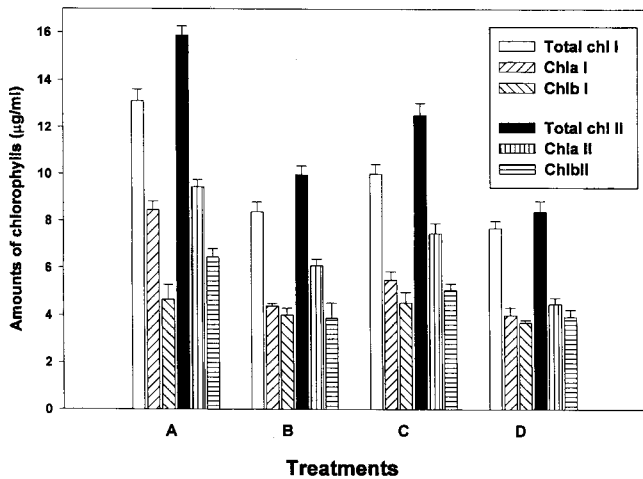


Fig. 2. Amounts of turfgrass chlorophylls after fertilizer treatments. A: Chemical turfgrass fertilizer, B: Mixed organic fertilizer, C: Mixed organic fertilizer+chemicals, D: Non-treatment; Total chl I, Chla I, and Chlb I: Chlorophyll amounts 75 days after fertilizer treatments; Total chl II, Chla II, and Chlb II: Chlorophyll amounts 145 days after fertilizer treatments.

중과 건물중이 증가하는 것을 알 수 있었다.

9월 하순 잔디 생체중을 세 가지 시비 상호간에 비교하여 보면, 혼합유기질비료의 시비는 무처리구에 비해 잔디의 신선중, 건물중이 각각 약 350%, 330% 증가하는 효과를 보였으나, 잔디용 화학비료 시비와 비교하였을 때 각각 35%와 50% 수준에 그치는 결과를 나타내었다. 하지만, pot 당 사용한 혼합유기질비료 5g에 존재하는 영양소들의 함량이 동일 질량의 잔디용 화학비료에 비하여 최소 약 3 배(전질소, 전인산, Mg)에서 최대 20 배(황) 까지 적은 것을 감안하면 혼합유기질비료의 사용에 따른 잔디의 신선중과 건물중이 잔디용 화학비료 시비시 얻은 결과의 35%와 50% 수준에 이른 것은 고무적이라 사료된다. 한편, 혼합유기질비료+chemicals의 시비는 잔디의 신선중, 건물중이 무처리구에 비해 각각 약 600%, 560% 증가하는 효과를 보였으며, 잔디용 화학비료 처리구에서의 신선중이나 건물중의 약 60%와 80% 수치를 각각 나타내었다. 따라서 이상의 결과를 종합할 때 처리한 비료의 양분 함량이 높을수록 잔디의 생육 촉진 효과가 큰 것을 알 수 있었다.

엽록소 함량에 미치는 영향. 각 비료의 시비 후 예취한 잔

디로부터 80% 아세톤으로 추출한 엽록소의 농도(µg/ml)를 측정된 결과를 Fig. 2에 나타내었다. 7월 상순 1차 측정 결과 전체 엽록소 함량의 경우 잔디용 화학비료 처리구에서는 13.1 µg/ml이었으며, 혼합유기질비료+chemicals와 혼합유기질비료 사용시 각각 10 µg/ml(화학비료 처리구의 76%), 8.4 µg/ml(화학비료 처리구의 64%), 무처리구는 7.7 µg/ml(화학비료 처리구의 59%)이었다. 9월 하순 2차 측정 결과 전체 엽록소함량은 1차 측정에서 보다 전체적으로 증가한 것을 알 수 있었으며, 잔디용 화학비료 사용시 15.9 µg/ml, 혼합유기질비료+chemicals와 혼합유기질비료 사용의 경우 각각 12.5 µg/ml(화학비료 처리구의 79%), 10 µg/ml(화학비료 처리구의 63%), 무처리구는 8.4 µg/ml(화학비료 처리구의 53%)이었다. 따라서 1차, 2차 측정 모두 잔디용 화학비료 처리구에서 전체 엽록소, 엽록소 a, 엽록소 b 함량이 모두 가장 높았고, 혼합유기질비료+chemicals, 혼합유기질비료, 무처리구 순으로 그 수치가 감소되는 경향을 보였다. 결론적으로, 비료의 시비에 따른 생체중과 엽록소의 함량은 정의 상관관계가 있음을 알 수가 있었다. 한편, 잔디용 화학비료나 혼합유기질비료+chemicals처리구에 비하여 혼합유기질비료 처리구에서 엽록소 함량이 낮은 주된 이유는 엽록소 구성성분인 N, Mg의 상대적 부족 때문인 것으로 보인다.

Table 3에서 보는 바와 같이 엽록소 a 및 엽록소 b의 함량은 세 가지 처리구 모두에서 전체 엽록소 함량의 50-64%와 35-48%를 각각 차지하여 엽록소 a의 함량이 엽록소 b의 함량보다 높은 것으로 밝혀졌다.

7월 상순 1차 측정에서 엽록소 a가 전체 엽록소 중에 차지하는 비율은 잔디용 화학비료구, 혼합유기질비료+chemicals구, 혼합유기질비료구, 무처리구 순으로 감소한 반면, 엽록소 b가 차지하는 비율은 증가하는 경향을 보였다.

한편, 9월 하순 2차 측정에서 엽록소 a가 전체 엽록소 중에서 차지하는 비율은 잔디용 화학비료 시비구의 경우 1차 측정에 비해 다소 줄어든 반면 엽록소 b는 반대로 증가하였다. 반면에 혼합유기질비료+chemicals구와 혼합유기질비료구, 그리고 무처리구의 경우 엽록소 a가 전체 엽록소 중에서 차지하는 비율은 1차 측정에 비해 증가한 반면, 엽록소 b는 반대로 감소하는 경향을 보였다.

이상의 결과를 모두 종합하여 볼 때, 혼합유기질비료의 사용은 잔디의 생체중이나, 엽록소 함량 측면에서 기존의 잔디용

Table 3. Percentage of chlorophyll a and b in total chlorophyll of turfgrass

Treatments	Chl a(b) %	
	Chl a/total chl	Chl b/total chl
Chemical fertilizer	63.7(1st)*±0.2 ^{a)}	35.5(1st)±0.2
	59.4(2nd)*±0.6	40.6(2nd)±0.7
Mixed organic fertilizer	52.3(1st)±0.7	47.8(1st)±0.8
	61.1(2nd)±0.3	38.9(2nd)±0.1
Mixed organic fertilizer+chemicals	54.8(1st)±0.6	45.2(1st)±0.7
	59.6(2nd)±0.1	40.4(2nd)±0.6
Control	50.6(1st)±0.2	47.9(1st)±0.3
	53.2(2nd)±0.3	46.8(2nd)±0.6

*1st and 2nd indicate measurements at 75 and 145 days after turfgrass planting.

^{a)}Mean±standard deviation.

화학비료나 임의로 제조한 혼합유기질비료+chemicals 보다 낮은 수치를 나타내었다. 하지만, 혼합유기질비료의 붕소(B)를 제외한 N, P, K, Ca, Mg, S 함량이 잔디용 화학비료에 비해 각각 40%, 29%, 13%, 8.3%, 30%, 5% 정도에 불과한 것을 고려한다면 동일 질량의 혼합유기질비료 시용으로 잔디용 화학비료 시용에 따른 잔디 건물중과 전체 염류소 함량의 50%와 63~64%에 이르는 생산성을 각각 보인 점은 주목할만한 결과로 생각된다. 이는 혼합유기질비료가 압축 가공된 입상제제일 뿐만 아니라 상당 부분의 질소나 인등의 양분이 유기태로 존재하여 느린 속도로 가용화되면서 잔디용 화학비료에 비하여 상대적으로 많은 비율의 양분이 잔디에 공급되기 때문인 것으로 생각된다. 골프장에서 비료의 과다 시용으로 인한 환경 오염 문제가 대두되고 있는 시점에서 위의 결과는 고무적이지만, 실제로 본 연구에 사용한 것과 유사한 혼합유기질비료를 골프장 등의 잔디 생육에 사용하기 위해서는 잔디생육 토양의 이화학적 특성 조사와 아울러 계절에 따른 기후 요인, 예초 횟수 등을 고려한 현지에서의 보다 직접적이고 현실적인 연구가 수반되어야 할 것으로 생각된다.

참고문헌

- O'Neil, K. J. and Carrow, R. N. (1989) Perennial ryegrass growth, water use, and soil aerations status under soil compaction. *Agron. J.* **75**, 177-180.
- Jordan, J. H. Jr. and Willis, W. H. (1967) Nitrate reduction by bacteria isolated from waterlogged Crowley soil. *Soil Sci.* **104**, 129-133.
- Tomlinson, T. E. (1970) Urea: Agronomic application. *Proc. Fert. Soc.* **113**, 1-61.
- Bremner, J. M. and Blackmer, A. M. (1978) Nitrous Oxide: Emission from soil during nitrification of fertilizer nitrogen. *Science.* **199**, 295-296.
- Shearer, L. A., Goldsmith, J. R. and Tamplin, B. (1972) Methemoglobin levels in infants in an area with high nitrate water supply. *Am. J. Public Health* **63**, 1174-1180.
- Fillery, I. R. P. and Vlek, P. L. G. (1986) Reappraisal of the significance of ammonia volatilization as a N loss mechanism in flooded rice fields. *Fert. Res.* **9**, 79-98.
- Jones, R. D. and Schwab, A. P. (1993) Nitrate leaching and nitrate occurrence in a fine-textured soil. *Soil Sci.* **155**, 272-282.
- Bouwman, A. F. (1990) Exchange of green house gases between terrestrial ecosystem and atmosphere. In *Soil and the Greenhouse Effects*, pp. 61-127, John Wiley, Chichester, England.
- Yang, J. Y., Eum, K. C., Chung, K. Y. and Won, S. K. (1999) Environment agriculture and fertilizer. In *Soil & Fertilizer*, pp. 51-92. Korean Society of Soil Science and Fertilizer, Suwon, Korea.
- Bremner, J. M. and Breitenbeck, G. A. (1983) A simple method for determination of ammonium in semimicro-Kjeldahl analysis of soils and plant materials using block digester. *Comm. Soil Sci. Plant Anal.* **14**, 905-914.
- National Institute of Agricultural Science and Technology (1988) In *Soil Chemical Analysis Method*, pp. 78-79, NIAST, Suwon, Korea.
- National Institute of Agricultural Science and Technology (2000) In *Soil & Plant Analysis Method*, pp. 103-147, NIAST, Suwon, Korea.
- Arnon, C. I. (1949) Copper enzymes in isolated chloroplasts polyphenoloxidase in β -vulgaris. *Plant Physiol.* **24**, 1-15.

The Effect of the Usage of Mixed Organic Fertilizer on Turfgrass Growth and Chlorophyll Content

Yi Hyun Kim¹, Ki-Sun Kim² and Minkyun Kim^{1*} (¹School of Agricultural Biotechnology; ²School of Plant Science, Seoul National University, Suwon 441-744, Korea)

Key words : turfgrass (*Zoysia japonica*), mixed organic fertilizer, chemical fertilizer, biomass, chlorophyll content

*Corresponding author