Weed & Turfgrass Science was renamed from formerly both Korean Journal of Weed Science from Volume 32(3), 2012, Korean Journal of Turfgrass Science from Volume 25(1), 2011 and Asian Journal of Turfgrass Science from Volume 26(2), 2012 which were launched by The Korean Society of Weed Science and The Turfgrass Society of Korea found in 1981 and 1987, respectively.

유기질개량재에서 폴리머, 칼슘, 펄라이트 및 키토산 성분이 켄터키 블루그래스의 생장에 미치는 효과

김경남*

삼육대학교 과학기술대학 원예학과

Effect of Polymer, Calcium, Perlite and Chitosan in Organic Amendment on Growth in Kentucky Bluegrass

Kyoung-Nam Kim*

Dept. of Horticulture, College of Science and Technology, Sahmyook University

ABSTRACT. Research was initiated in greenhouse to investigate effects of polymer, calcium, perlite and chitosan on the growth of Kentucky bluegrass (KB). A total of 24 treatment combinations were used in the study. Treatments were made of water-swelling polymer (WSP), calcium, perlite, and chitosan in soil organic amendment (SOA). Significant differences were observed in germination rate, turfgrass coverage, turfgrass density and top growth among treatments. Germination rate, density and plant height varied with time after seeding. A proper mix of WSP is considered to be lower than 3% for turfgrass coverage and density. Regarding survival capability and top growth, however, it was good under 6%. Overall KB growth was more influenced by calcium and perlite than chitosan. Calcium and perlite were the most effective elements for early survival capacity and turfgrass density, respectively. But no effect was found by chitosan. Top growth increased with three elements, being perlite > calcium > chitosan. The chitosan was effective in early germination, but there was no effect on top growth until 3 weeks, when compared with others. A further study is needed for investigating the effect of these materials on the growth characteristics in mixtures of sand and SOA before a field application.

Key words: Cumulative germinating pattern, Germination rate, *Poa pratensis*, Top growth, Visual turfgrass density

Received on Nov. 28, 2013; **Revised** on Mar. 06, 2014; **Accepted** on Mar. 20, 2014

***Corresponding author:** Phone) +82-2-3399-1731, Fax) +82-2-3399-1741; E-mail) knkturf@syu.ac.kr

© 2014 The Korean Society of Weed Science and The Turfgrass Society of Korea

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License & #160; (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted noncommercial use, distribution, & #160; and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

서 론

오늘날 잔디는 공원, 학교 운동장, 경기장 및 골프장 등 여러 지역에 걸쳐 다양하게 이용되고 있다. 이러한 곳에 조성된 잔디밭은 많은 이용으로 답압 및 토양침하로 인해 통기 및 투수성 등 물리성이 불량해지면서 잔디품질이 크게 훼손되고 있다. 이는 사용빈도가 증가함에 따라 토양이 긴밀해지면서(soil compaction) 잔디생장이 크게 저하되기 때문이다(Beard, 1973; Korea Institute of Sport Science, 1998). 이용횟수가 많은 스포츠 잔디밭과 한지형 초종으로

조성된 고품질 잔디밭일수록 배수가 용이하고 토양 고결화를 극복할 수 있는 지반조성이 필수적이다. 고품질 스포츠용 잔디밭에서는 토양 고결화를 해결하기 위해 지반을 모래 위주로 조성하면서 토양개량재를 사용하고 있다(Puhalla et al., 2002; Turgeon, 2005).

골프장을 조성할 때 티, 페어웨이 및 그린 식재층에 다양한 토양개량재를 혼합하여 조성하는데 이는 토양 물리·화학적성을 향상시켜 배수, 보수성 및 보비력을 적절하게 조절함으로 발아, 초기 활착 및 잔디품질을 향상시켜 주기 때문이다(Kerek, 2003; Koh et al., 2006; Li et al., 2000).

토양개량제에 포함되어 있는 유기물은 생태계 지속성 유지, 토양구조 및 통기성 개선, 토양수분 유지 등에 매우 유용하며, 또한 생장에 필요한 영양분을 공급해 주는 역할로 인해 잔디밭 지반에 크게 영향을 줄 수 있다 (Bandaranayake et al., 2003; Kim, 2013).

토양개량제는 원재에 따라 펄라이트(perlite), 버미큘라이트(vermiculite), 제올라이트(zeolite) 등 무기질 개량제와 피트(peat) 등 유기질 개량제로 구분할 수 있다. 일반적으로 제올라이트 등 기존에 많이 이용되었던 무기질 계통의 토양개량제는 주로 토양의 물리성을 개선시키는 역할을 한다. 반면 유기질 토양개량제는 주로 토양의 화학성을 개선시키는 특성이 있다(Kim et al., 2009). 따라서 이러한 장점을 모두 활용하기 위해서 유기질 및 무기질을 동시에 함유한 혼합개량제의 사용을 검토하는 것도 필요하다.

스포츠용 잔디밭에 사용하고 있는 유기질 토양개량제의 경우 피트를 많이 사용하고 있고, 피트 외 다른 토양개량제는 그 효과에 대한 검정이 미흡해서 실무적으로 많이 활용되고 있지 않은 실정이다. 피트는 외국에서 수입하기 때문에 시공 시 현장에서 비용부담이 크다. 또한 토양산도가 pH 3.0~4.0 사이의 강산성(Waddington, 1992)으로 대부분 산성을 띄는 국내 골프장의 토양산도 개선에는 그 효과가 미미한 편이다. 따라서 외국산 피트 외에 국내산 유기개량제와 칼슘, 펄라이트 등 무기질 소재를 혼합한 토양개량제에 대한 연구도 필요하다.

Kim (2009a)은 퍼레니얼 라이그래스(*Lolium perenne* L.)에서 무기영양분과 중합체를 혼합한 물질이 잔디생장 및 품질에 영향을 준다고 보고하였다. Koh et al. (2006)은 들잔디(*Zoysia japonica* Steud.) 및 켄터키 블루그래스(*Poa pratensis* L.)의 뿌리발육 및 잔디품질에 동물성 유기질개량제의 효과를 확인하였다. 또한 수분 흡수 중합체는 들잔디, 켄터키 블루그래스 및 크리핑 벤트그래스(*Agrostis palustris* Huds.) 등 주요 초종의 유묘생존 및 잔디품질에도 영향을 주는 것으로 보고되고 있다(Kim, 2011; Kim and Park, 2011). 수분 중합체를 이용한 토양개량제를 실무에 안전하게 적용하기 위해서는 장기적으로 유기질 토양개량제 및 모래 혼합구에서 고분자 중합체, 칼슘, 펄라이트 및 키토산 등 개별 요인에 대한 생육검정도 필요하다(Kim, 2009a, 2009b).

본 연구는 유기질 토양개량제에 폴리머, 칼슘, 펄라이트 및 키토산 성분을 혼합 후 이들 성분이 생존력, 피복율, 잔디밀도 및 엽생장 등 한지형 켄터키 블루그래스의 생장에 미치는 영향을 조사함으로 정원, 공원, 잔디구장 및 골프장 조성 시 이들 소재를 이용한 혼합개량제를 실무에 활용할 수 있는 기초자료를 얻기 위해 수행하였다.

재료 및 방법

공시재료

공시 초종은 한지형 잔디 중 국내에서 많이 사용하고 있는 *Poa* 속 계통의 켄터키 블루그래스 초종을 사용하였다. 이 때 사용한 품종은 미국 Turf-Seed사에서 개발한 켄터키 블루그래스 신품종인 ‘Prosperity’ 이었다.

공시 유기질개량제의 혼합구는 전체 24개 처리구로 준비하였다(Table 1). 유기질개량제 혼합구의 조제는 유기질개량제에 폴리머(polymer), 칼슘(dolomite lime, CaCO_3), 펄

Table 1. Treatment combinations of water-swelling polymer, calcium, perlite, and chitosan in soil organic amendment in the study.

Treatment No.	Components of treatment mixtures (% v v ⁻¹)			
	WSP ^a	Ca ^b	Perlite ^c	Chitosan ^d
1	0	-	-	-
2	3	-	-	-
3	6	-	-	-
4	9	-	-	-
5	12	-	-	-
6	15	-	-	-
7	0	3	-	-
8	3	3	-	-
9	6	3	-	-
10	9	3	-	-
11	12	3	-	-
12	15	3	-	-
13	0	-	3	-
14	3	-	3	-
15	6	-	3	-
16	9	-	3	-
17	12	-	3	-
18	15	-	3	-
19	0	-	-	3
20	3	-	-	3
21	6	-	-	3
22	9	-	-	3
23	12	-	-	3
24	15	-	-	3

^aWSP: water swelling polymer of K-SAM consisting of acrylic acid-sodium acrylate copolymer : water = 94:6 (Kolon Chemical Co., Ltd., Gwacheon, Kyonggi, Korea).

^bCa: fertilizer materials of dolomitic lime with CaCO_3 .

^cPerlite: materials of Paraso (KD Ceratech, Seoul, Korea).

^dChitosan: 30% dilution of original chitosan.

Table 2. Chemical properties of the materials used for treatment mixtures in the study.

SOA ^a	Chemical properties ^b			
	pH	EC (dS m ⁻¹)	CEC (cmol ⁺ kg ⁻¹)	OM (g kg ⁻¹)
Supersoil	6.41	4.59	8.19	778.4

WSP ^c	Chemical properties			
	Purity	pH	Density (g cc ⁻¹)	Moisture content (%)
acrylic acid-sodium				
K-SAM acrylate copolymer		7.35	0.72	1.66
> 94%				

^aSOA: soil-organic amendment of Supersoil (Jookjoo Fertilizer, Iljuk, Kyonggi, Korea).

^bEC: electro-conductivity, CEC: cation exchange capacity, OM: organic matter.

^cWSP: water-swelling polymer of K-SAM (Kolon Chemical Co., Ltd., Gwacheon, Kyonggi, Korea).

라이트 및 키토산(liquid Chitosan 100%)을 혼합하여 준비하였다. 이 때 사용한 유기질개량제인 SOA (soil organic amendment: Supersoil, Jookjoo Fertilizer, Iljuk, Kyonggi, Korea)는 양이온 치환용량 8.19 cmol⁺ kg⁻¹ 및 유기물 함량이 778.4 g kg⁻¹ 인 약산성의 개량제이다. 수분중합체인 폴리머 WSP (water-swelling polymer: K-SAM, Kolon Chemical Co., Ltd., Gwacheon, Kyonggi, Korea)는 성분이 acrylic acid-sodium acrylate copolymer와 수분이 94:6로 구성된 고흡수성 수지로써 수분 흡수력이 뛰어난 중합체이다(Table 2).

본 실험에서 처리구별 이들 성분의 혼합비율을 살펴보면 처리구1~처리구6은 유기질개량제 SOA에 WSP 중합체 물질을 3% 간격으로 0~15% 사이로 혼합하였다. 처리구 7~처리구12에서는 유기질개량제 SOA에 칼슘 3%를 첨가 후 WSP 중합체를 3% 간격으로 0~15% 사이로 혼합하였다. 처리구13~처리구18에서는 유기질개량제 SOA에 펄라이트 3%를 첨가 후 WSP 중합체를 3% 간격으로 0~15% 사이로 혼합하였다. 처리구19~처리구24에서는 유기질개량제 SOA에 키토산 3%를 첨가 후 WSP 중합체를 3% 간격으로 0~15% 사이로 혼합하였다.

잔디생육조사

SOA 유기질개량제에 WSP 중합체, 칼슘, 펄라이트 및 키토산을 첨가한 혼합구에서 자란 켄터키 블루그래스의 생장차이는 생존력, 피복율, 잔디밀도 및 지상부 엽생장에 대하여 조사하였다. 잔디 생존력은 발아실험을 통해서 평가하였다. 즉 켄터키 블루그래스 초종을 100립씩 직사각형 포트(15.5 cm×10.5 cm)에 난괴법 3반복으로 배치해서

치상 후 발아율을 정기적으로 조사해서 처리구간 생존력을 비교하였다. 발아율 조사간격은 치상 후 1일 간격으로 실시하였으며, 발아기간은 잔디발아실험에서 검정기간이 가장 긴 4주 기준(The Lawn Institute, 1991)보다 5주 연장하여 9주간 수행하였다. 조사 시 발아기준은 유효가 10 mm 정도 자랐을 때를 기준으로 하였으며, 최종 발아율은 치상 후 9주째 조사한 누적 발아율을 이용하였다.

피복율, 잔디밀도 및 지상부 엽생장은 발아실험과 별도로 직사각형 포트(15.5 cm×10.5 cm)를 준비해서 난괴법 3반복으로 배치해서 켄터키 블루그래스 종자를 12 g m⁻² 기준으로 파종한 후 조사하였다. 잔디 피복율은 파종 9주 후 실험 종료 시점에 전체 파종면적 대비 켄터키 블루그래스의 점유율을 조사하였다. 지상부 생장은 엽조직 생장정도를 나타내는 초장을 측정하였으며, 이 때 초장은 파종 후 초기, 중기 및 후기 3회에 걸쳐 임의로 5개(subsamples)씩 선택해서 평균값을 비교하였다.

잔디밀도는 파종 후 1주 간격으로 잔디실험에서 가장 많이 사용하고 있는 시각적 평가방법을 이용하여 조사하였다(Skogley and Sawyer, 1992). 이때 시각적 평가방법은 밀도가 가장 나쁜 상태를 0점, 가장 좋은 상태를 9점으로 하여 0~9점 사이에서 잔디밀도(visual turfgrass density, 0~9; 0=poorest, 9=best)를 평가하였다. 통계분석은 SAS (Statistical Analysis System) 프로그램을 이용하여 ANOVA 분석을 실시하였고(SAS Institute, 2001), 처리구 평균간 유의성 검정은 DMRT (Duncan's Multiple Range Test) 5% 수준에서 실시하였다.

본 실험은 온실에서 실시하였으며 실험기간 중 온실 내 평균 온도는 15~40°C 사이로 나타났다. 관수는 기상환경 및 온도에 따라 조절하였으며, 파종 후 초기 1주일 동안은 수분 증발을 막기 위해서 처리구 전체를 비닐로 멀칭을 하였다. 본 실험에서 처리구간 객관적인 잔디생장을 비교하기 위해서 실험 수행 기간 중 잔디는 무예초(unmowed conditions) 상태로 유지하였다.

결과 및 고찰

잔디생존력

켄터키 블루그래스의 초기 생존능력을 나타내는 최종 발아율은 WSP 중합체, 칼슘, 펄라이트 및 키토산 성분에 따라 통계적으로 유의한 차이가 나타났다. 파종 9주 후 켄터키 블루그래스 발아율은 처리구에 따라 최저 0.67~최대 60.33% 사이로 나타났다. 또한 1일 간격으로 조사한 발아 패턴 그래프에서는 파종 후 처리구별 경시적인 차이가 다양하게 나타났다(Figs. 1 and 2).

SOA 유기질개량제에 WSP 중합체만 3% 간격으로 0~15%

Fig. 1. Germination rate of 24 treatments comprising of water-swelling polymer (WSP), Ca, perlite, and chitosan in soil organic amendment, in which Kentucky bluegrass was grown under greenhouse conditions. Treatment combinations were described in Table 1, in which treatments were prepared with these components at six volume percentage of WSP (0, 3, 6, 9, 12 and 15%, v v⁻¹) in soil organic amendment (SOA). The remaining part in SOA mixtures was given with no addition for Treatments 1 to 6, Ca for Treatments 7 to 12, perlite for Treatments 13 to 18, and chitosan for Treatments 19 to 24. Mean separation was made by Duncan's multiple range test at $P=0.05$.

혼합한 처리구1~처리구6에서 발아율은 최저 15.67%에서 최고 60.33% 사이로 나타났다. 이중 9주 후 최종 발아율이 가장 높게 나타난 처리구는 WSP 중합체가 0% 혼합된 처리구1로 발아율이 60.33%이었다. 그리고 WSP 중합체 혼합율이 3%인 처리구2의 발아율은 55.33%로 두 번째로 높았다. 최종 발아율이 가장 낮은 처리구는 WSP 중합체가 15% 혼합된 처리구6으로 발아율이 15.67%이었다. 그리고 나머지 처리구3~처리구5의 발아율은 중간 정도인 30.00~36.67% 사이로 유의한 차이는 나타나지 않았다.

SOA 유기질개량제에 칼슘을 첨가한 처리구7~처리구12에서 발아율은 8.00~28.67% 사이로 나타났다. 최종 발아율이 가장 높은 처리구는 WSP 중합체를 3% 혼합한 처리구8로 발아율이 28.67%이었다. 최종 발아율이 가장 낮은 처리구는 WSP 중합체가 0% 혼합된 처리구7로 발아율이 8.00%로 나타났다. WSP 중합체가 6~15% 사이 혼합된 나머지 처리구9~처리구12의 발아율은 9.00~19.33% 사이로 나타났다.

SOA 유기질개량제에 펄라이트를 첨가한 처리구13~처리구18에서 발아율은 최저 9.33%에서 최고 36.67% 사이로 나타났다. 이중 9주 후 최종 발아율이 가장 높게 나타난 처리구는 WSP 중합체가 9% 혼합된 처리구16으로 발아율이 36.67% 이었다. 최종 발아율이 가장 낮은 처리구는 WSP 중합체가 0% 혼합된 처리구13로 발아율이 9.33%이었다. 그리고 나머지 처리구의 발아율은 10.00~19.67% 사이로 나타났다.

SOA 유기질개량제에 키토산을 첨가한 처리구19~처리구

24에서 발아율은 0.67~21.33% 사이로 다양하게 나타났다. 최종 발아율이 높게 나타난 처리구는 WSP 중합체가 3%

Fig. 2. Cumulative seed germinating pattern of 24 treatments comprising of water-swelling polymer (WSP), Ca, perlite, and chitosan in soil organic amendment, in which Kentucky bluegrass was grown under greenhouse conditions. Treatment combinations were described in Table 1, in which treatments were prepared with these components at six volume percentage of WSP (0, 3, 6, 9, 12 and 15%, v v⁻¹) in soil organic amendment (SOA). The remaining part in SOA mixtures was given with no addition for Treatments 1 to 6, Ca for Treatments 7 to 12, perlite for Treatments 13 to 18, and chitosan for Treatments 19 to 24.

및 12% 혼합된 처리구20 및 처리구23으로 발아율이 각각 20.33% 및 21.33%이었다. 그리고 WSP 중합체가 0% 혼합된 처리구19는 최종 발아율이 0.67%로 가장 낮았다. 나머지 처리구21, 처리구22 및 처리구24의 발아율은 10.67~17.33% 사이로 나타났다.

특히 WSP 3%에 각각 칼슘, 펄라이트 및 키토산을 혼합한 처리구8, 14 및 20에서 처리구20은 파종 22일 만에 발아율 15%에 도달하였다. 이것은 WSP 중합체 3%에 칼슘 및 펄라이트를 첨가한 처리구8과 처리구14의 발아율 15% 도달기간 33~34일에 비해 11~12일 더 빠른 것이었다(Fig. 2). 즉 키토산은 초기 발아촉진 효과가 있는 것으로 판단되었다. 이러한 결과는 키토산 물질이 식물체내에서 탄수화물 및 단백질 형태로 존재하기 때문에 칼슘 및 펄라이트에 비해 종자발아 시 대사과정에 필요한 에너지 공급이 훨씬 수월함으로 나타난 것으로 판단되었다(Kim et al., 2003).

이상의 결과 켄터키 블루그래스에서 폴리머, 칼슘, 펄라이트 및 키토산 성분에 따른 발아율 차이가 다양하게 나타났다. 또한 파종 후 1일 간격으로 분석한 그래프에서 처리구별 발아패턴은 WSP 중합체, 칼슘, 펄라이트 및 키토산 성분에 따라서 경시적으로 상당히 다르게 나타났다(Fig. 2). SOA 유기질개량재에서 잔디생존력에 대한 WSP 중합체 효과는 칼슘, 펄라이트 및 키토산 성분 첨가에 따른 적정 혼합비율이 다르게 나타났다. 즉 칼슘 첨가인 경우 WSP 중합체 3%, 펄라이트 첨가인 경우 9% 및 키토산 첨가인 경우 3% 또는 12%로 성분에 따라 적정 WSP 혼합비율이 다양하므로 추후 이에 대한 연구가 필요하다고 판단되었다. 그리고 전반적으로 칼슘, 펄라이트 및 키토산 성분 중 칼슘 성분이 켄터키 블루그래스의 생존에 더 효과적이었다. 그리고 키토산 성분은 칼슘 및 펄라이트 성분에 비해 초기에 발아를 촉진시키는 효과가 있는 것으로 판단되었다. 잔디에서 키토산의 초기 발아촉진 효과는 다른 연구에서도 확인되고 있다. Kim (2012a)은 퍼레니얼 라이그래스에서 발아율 50% 도달기간은 칼슘 처리구에 비해 키토산 처리 시 1주 정도 더 빠르게 도달한다고 보고하였다.

또한 퍼레니얼 라이그래스에서 폴리머, 칼슘, 펄라이트 및 키토산 성분이 잔디생장에 미치는 연구에서 최고 발아율은 84.97%이었다(Kim, 2012a). 하지만 동일한 조건에서 수행한 본 실험에서는 켄터키 블루그래스의 최고 발아율은 60.33%로 나타났다. 즉 이것은 켄터키 블루그래스의 초기 생존력이 퍼레니얼 라이그래스에 비해 낮음을 의미한다. 켄터키 블루그래스의 생존력이 더 저조한 것은 이들 두 초종의 유전적인 특성 차이로 비롯된 것으로 판단되었다. 한지형 잔디 중 켄터키 블루그래스는 초종 특성상 유전적으로 조성속도가 대단히 늦고, 반대로 퍼레니얼

Fig. 3. Turfgrass coverage of 24 treatments comprising of water-swelling polymer (WSP), Ca, perlite, and chitosan in soil organic amendment, in which Kentucky bluegrass was grown under greenhouse conditions. Treatment combinations were described in Table 1, in which treatments were prepared with these components at six volume percentage of WSP (0, 3, 6, 9, 12 and 15%, v v⁻¹) in soil organic amendment (SOA). The remaining part in SOA mixtures was given with no addition for Treatments 1 to 6, Ca for Treatments 7 to 12, perlite for Treatments 13 to 18, and chitosan for Treatments 19 to 24. Mean separation was made by Duncan's multiple range test at $P = 0.05$.

라이그래스는 조성속도가 가장 빠른 초종으로 알려져 있다(Beard and Beard, 2005; Hanson et al., 1969).

피복율 및 잔디밀도

켄터키 블루그래스의 피복율 및 잔디밀도는 WSP 중합체, 칼슘, 펄라이트 및 키토산 성분에 따라 유의한 차이가 나타났다. 본 실험 종료 시 전체 파종 면적에 대한 잔디 피복율은 다양하게 나타나서 파종 9주 후 피복율은 최저 1.30%에서 최고 63.30%까지 처리구별 차이가 62.00% 정도 크게 나타났다. 또한 파종 후 1주 간격으로 조사한 잔디밀도도 WSP 중합체, 칼슘, 펄라이트 및 키토산 성분 처리구에 따라 경시적인 차이가 관찰되었다(Figs. 3 and 4).

SOA 유기질개량재에 WSP 중합체만 3% 간격으로 0~15% 혼합한 처리구1~처리구6에서 잔디 피복율은 최저 13.30%에서 최고 63.30% 사이로 나타났다. 이중 9주 후 잔디 피복율이 가장 높은 처리구는 WSP 중합체가 0% 혼합된 처리구1로 63.30%이었다. 반대로 가장 낮은 처리구는 WSP 중합체가 15% 혼합된 처리구6으로 파종 9주 후 피복율은 13.30% 이었다. 그리고 WSP 중합체가 3~12% 사이 혼합된 나머지 처리구2~처리구5의 피복율은 20.00~40.00% 사이로 나타났다.

SOA 유기질개량재에 칼슘을 첨가한 처리구7~처리구12에서 피복율은 6.00~63.00% 사이로 다양하게 나타났다. 잔디 피복율이 가장 높은 처리구는 WSP 중합체가 0% 혼합된 처리구7로 피복율이 63.00%로 나타났다. 반대로 WSP 중합체가 12% 혼합된 처리구11 피복율은 6.00%로 가장 낮았다. 나머지 처리구8~처리구10 및 처리구12의 피복율은 7.30~30.00% 사이로 저조하였다.

Fig. 4. Visual turfgrass density of 24 treatments comprising of water-swelling polymer (WSP), Ca, perlite, and chitosan in soil organic amendment, in which Kentucky bluegrass was grown under greenhouse conditions. Treatment combinations were described in Table 1, in which treatments were prepared with these components at six volume percentage of WSP (0, 3, 6, 9, 12 and 15%, v v⁻¹) in soil organic amendment (SOA). The remaining part in SOA mixtures was given with no addition for Treatments 1 to 6, Ca for Treatments 7 to 12, perlite for Treatments 13 to 18, and chitosan for Treatments 19 to 24.

SOA 유기질개량제에 펄라이트를 첨가한 처리구13~처리구18에서 잔디 피복율은 최저 4.00%에서 최고 61.70% 사

이로 나타났다. 이중 피복율이 높게 나타난 처리구는 WSP 중합체가 0% 혼합된 처리구13으로 파종 9주 후 피복율이 61.70% 이었다. 피복율이 가장 낮은 처리구는 WSP 중합체가 15% 혼합된 처리구18로 9주 후 피복율이 4.00% 이었다. 그리고 나머지 처리구14~처리구17의 잔디 피복율은 6.00~30.00% 사이로 나타났다.

SOA 유기질개량제에 키토산을 첨가한 처리구19~처리구24에서 피복율은 3.30~35.30% 사이로 다양하였다. 잔디 피복율이 가장 높은 처리구는 WSP 중합체를 3% 혼합한 처리구20으로 35.30%로 나타났다. WSP 중합체가 15% 혼합된 처리구24는 파종 9주 후 피복율이 11.3%로 두 번째로 높았다. 그리고 나머지 처리구19 및 처리구21~처리구23의 피복율은 1.30~3.30% 사이로 대단히 저조하였다.

이상의 결과 켄터키 블루그래스에서 피복율은 폴리머, 칼슘, 펄라이트 및 키토산 성분에 따라 차이가 있었다. 또한 파종 후 1주 간격으로 평가한 그래프에서 켄터키 블루그래스의 잔디밀도 패턴은 처리구별 WSP 중합체, 칼슘, 펄라이트 및 키토산 성분에 따라 경시적으로 상당히 다르게 나타났다(Fig. 4). SOA 유기물개량제에서 잔디밀도에 대한 WSP 중합체 효과는 일반적으로 혼합비율이 0~3% 사이에서 우수한 것으로 판단되었다. 그리고 전반적으로 칼슘, 펄라이트 및 키토산 성분 중 켄터키 블루그래스의 밀도에 효과적인 성분은 칼슘 및 펄라이트 이었으며, 키토산 효과는 거의 나타나지 않았다.

키토산 효과가 나타나지 않았던 것은 켄터키 블루그래스의 발아속도가 늦음으로 인해 어린 유묘의 생장이 늦게 시작됨으로 나타난 것으로 판단되었다. 향후 켄터키 블루그래스의 생육검정 실험은 9주 이상으로 하는 것이 필요하며, 이럴 경우 생육 후기 키토산 효과가 나타날 것으로 추정되었다. 왜냐하면 주요 잔디작물 중 조성속도는 켄터키 블루그래스가 가장 느리며(Duble, 1996), 유전적으로 조성속도가 빠른 퍼레니얼 라이그래스에서도 잔디밀도에 대한 키토산 효과는 초기에는 나타나지 않지만, 파종 5주 후 조성 후기로 갈수록 효과가 크게 나타난다고 보고하였다(Kim, 2012a).

또한 잔디밀도에 대한 칼슘 효과는 켄터키 블루그래스의 분얼과 관계가 있는 것으로 판단되었다. 즉 생육형이 지하경형 잔디(rhizomatous-type)인 켄터키 블루그래스는 생장이 줄기분얼(tillering) 및 지하경 증식으로 이루어지는 데(Fry and Huang, 2004; Kim, 2012b), 무기질 칼슘 영양분으로 인해 켄터키 블루그래스의 줄기분얼이 촉진되고, 엽수 출현도 빨라지면서 밀도가 증가하게 되는 것이다. 잔디에서 칼슘에 의한 분얼 및 생장촉진 효과는 버뮤다그래스(*Cynodon dactylon* [L] Pers.), 크리핑 벤트그래스, 켄터키 블루그래스, 퍼레니얼 라이그래스 및 톨 웨스큐(*Festuca*

Fig. 5. Plant height of 24 treatments comprising of water-swelling polymer (WSP), Ca, perlite, and chitosan in soil organic amendment, in which Kentucky bluegrass was grown under greenhouse conditions. Treatment combinations were described in Table 1, in which treatments were prepared with these components at six volume percentage of WSP (0, 3, 6, 9, 12 and 15%, v v⁻¹) in soil organic amendment (SOA). The remaining part in SOA mixtures was given with no addition for Treatments 1 to 6, Ca for Treatments 7 to 12, perlite for Treatments 13 to 18, and chitosan for Treatments 19 to 24.

arudinacea Schreb.) 등에서도 확인되고 있다(Kim et al., 2002; Kim, 2012a; Ko and Choung, 1992; Sartain, 1993). 이 밖에 Song et al. (1988)은 오차드그래스(*Dactylis glomerata* L.)와

스무스 브로메그래스(*Bromus inermis* Leyss), 그리고 Fenn et al. (1995)은 밀(*Triticum aestivum* L.), 보리(*Hordeum vulgare* var. *hexatichon* Aschers.) 및 귀리(*Avena sativa* L.) 등에서 칼슘에 의한 분얼증가를 보고하였다.

지상부 엽 성장

켄터키 블루그래스의 엽 생장은 WSP 중합체, 칼슘, 펄라이트 및 키토산 성분에 따라 유의한 차이가 있었다(Fig. 5). SOA 유기질개량제에 WSP 중합체만 3% 간격으로 0~15% 혼합한 처리구1~처리구6에서 지상부 엽 생장은 경시적으로 차이가 다양하게 나타났다. 엽 생장이 가장 양호한 처리구는 WSP 중합체가 0% 및 3% 혼합된 처리구1과 처리구2로 파종 9주 후 초장이 각각 9.0 cm 및 10.5 cm로 나타났다. WSP 중합체가 6% 혼합된 처리구3은 초장이 7.0 cm로 세 번째로 길게 나타났다. 반대로 엽 생장이 가장 저조한 처리구는 WSP 중합체가 15% 혼합된 처리구6으로 파종 9주 후 초장이 1.5 cm로 가장 짧았다. 나머지 WSP 중합체가 9~12% 혼합된 나머지 처리구4와 처리구5는 초장이 각각 5.0 cm 및 2.5 cm로 나타났다.

SOA 유기질개량제에 칼슘을 첨가한 처리구7~처리구12에서도 지상부 엽 생장은 경시적인 차이가 크게 나타났다. 엽 생장이 가장 양호한 처리구는 WSP 중합체가 3% 혼합된 처리구8로 파종 9주 후 초장이 6.2 cm로 가장 높았다. 다음으로 엽 생장이 양호한 처리구는 WSP 중합체가 6% 혼합된 처리구9로 초장이 5.4 cm이었다. 그리고 WSP 중합체가 0% 혼합된 처리구7은 파종 6주까지는 엽 생장이 가장 양호하였다. 하지만 이후 엽 생장이 다소 떨어져서 파종 9주 후 초장은 5.0 cm로 나타났다. WSP 중합체가 9~15% 혼합된 나머지 처리구10~처리구12는 파종 9주 후 초장이 2.6~2.8 cm 사이로 엽 생장이 가장 저조하였다.

SOA 유기질개량제에 펄라이트를 첨가한 처리구13~처리구18에서 지상부 엽 생장은 경시적으로 다양한 차이가 나타났다. 엽 생장이 가장 양호한 처리구는 WSP 중합체가 15% 혼합된 처리구18로 초장이 7.5 cm 이었다. 다음으로 엽 생장이 양호한 처리구는 WSP 중합체가 3% 혼합된 처리구14로 초장이 6.0 cm로 나타났다. 반대로 엽 생장이 가장 저조한 처리구는 WSP 중합체가 6% 및 9% 혼합된 처리구15 및 처리구16으로 초장이 각각 3.2 cm 및 3.5 cm로 비슷하였다. 그리고 WSP 중합체가 0% 및 12% 혼합된 나머지 처리구13와 처리구17은 초장이 중간범위인 4.0~5.0 cm 사이로 비슷하게 나타났다.

SOA 유기질개량제에 키토산을 첨가한 처리구19~처리구24에서도 지상부 엽 생장은 경시적인 차이가 관찰되었다. 하지만 모든 처리구에서 파종 후 3주 까지는 엽 생장이 전혀 관찰되지 않았고 파종 6주부터 차이가 나타나기 시

Table 3. Summary of proper WSP mixing rate and treatment effects on the growth characteristics in the study.

Growth characteristics	Response of each component in treatment mixtures ^a							
	Perennial ryegrass ^b				Kentucky bluegrass			
	WSP rates ^c (% v v ⁻¹)	Ca	Perlite	Chitosan	WSP rates (% v v ⁻¹)	Ca	Perlite	Chitosan
Early survival capability	0 ~ 3	+++	+	++	0 ~ 6	+++	++	+
Turfgrass coverage	0 ~ 3	++	+	+++	0 ~ 3	+++	+++	+
Turfgrass density	0 ~ 6	+++	+	++	0 ~ 3	++	+++	+
Leaf growth	0 ~ 3	+++	++	++	0 ~ 6	++	+++	+

^aResponse: +, low / ++, intermediate / +++, high.

^bData for perennial ryegrass: adapted from Kim (2012a).

^cWSP: water-swelling polymer of K-SAM consisting of acrylic acid-sodium acrylate copolymer:water = 94:6 (Kolon Chemical Co., Ltd., Gwacheon, Kyonggi, Korea).

작하였다. 이중 엽 생장이 가장 양호한 처리구는 WSP 중합체가 3% 혼합된 처리구20이었는데, 특히 파종 6주부터 왕성하게 성장하면서 9주 후 초장이 7.0 cm로 가장 길게 나타났다. 반대로 엽 생장이 가장 저조한 처리구는 WSP 중합체가 0%, 9% 및 12% 혼합된 처리구19, 처리구22 및 처리구23으로 초장이 1.5~2.0 cm 사이로 비슷하였다. 그리고 WSP 중합체가 6% 혼합된 처리구21과 15% 혼합된 처리구24는 중간정도 범위인 3.0~4.0 cm 사이로 나타났다.

이상의 결과 켄터키 블루그래스에서 지상부 엽 생장은 폴리머, 칼슘, 펄라이트 및 키토산 성분에 따른 처리구간 다양한 차이가 나타났다. SOA 유기물개량제에서 지상부 엽 생장에 대한 WSP 중합체 효과는 일반적으로 혼합비율이 0~6% 사이가 적절한 것으로 사료되었다. 그리고 전반적으로 칼슘, 펄라이트 및 키토산 성분 중 펄라이트 및 칼슘성분이 엽 생장에 효과가 있었다. 하지만 키토산 성분의 효과는 거의 없었으며, 특히 초기 파종 3주까지는 초장 신장이 전혀 나타나지 않았다. 즉 키토산은 켄터키 블루그래스 종자의 초기발아 과정에는 도움이 되지만, 발아 이후 유묘 성장에는 효과가 없는 것으로 판단되었다.

본 실험에 나타난 키토산 효과는 작물에 키토산 처리 시 초장이 증가하는 다른 식물의 연구 결과와 다른 경향이였다. Kim (2012a)은 퍼레니얼 라이그래스에서 키토산 성분이 엽 생장에 효과가 있다고 보고하였다. 이러한 차이는 두 초종간의 생육형 차이로 나타나는 결과로 판단되었다. 켄터키 블루그래스의 경우 생육형이 R-type으로 인해 수직생장(vertical growth)보다는 주로 지하경에 의한 수평생장(horizontal growth)이 활발하다(Alderson and Sharp, 1995; Christians, 2004). 반면 퍼레니얼 라이그래스는 생육형이 주형(bunch-type)으로 인해 수직생장 위주로 나타나기 때문에 켄터키 블루그래스에 비해 초장 증가가 크게 나타난 것으로 판단되었다.

본 연구를 통해서 켄터키 블루그래스의 생존력, 피복율, 잔디밀도 및 엽 생장은 폴리머, 칼슘, 펄라이트 및 키토산 성분에 따라 차이가 다양하게 나타났다(Table 3). 이와 같은 경향은 다른 연구결과에서도 나타나고 있다. Kim (2009a, 2009b)은 유기질개량제 및 무기질 영양분의 혼합 중합체가 퍼레니얼 라이그래스 및 켄터키 블루그래스의 생장 및 품질에 영향을 준다고 보고하였다. 또한 폴리머, 칼슘, 펄라이트 및 키토산의 효과는 퍼레니얼 라이그래스의 생장에서도 확인되고 있다(Kim, 2012a).

SOA 유기물개량제에 폴리머 혼합 시 일반적으로 수분 중합체 비율이 높아질수록 켄터키 블루그래스의 발아율, 피복율, 잔디밀도 및 엽 생장에 불리하였다. 이것은 적정량의 폴리머는 보습력 향상으로 식물 생장에 유용하지만, 과다할 경우 강력한 고흡수성 특성으로 인해 생육에 필요한 수분을 강하게 흡수 및 저장함으로 인해 오히려 식물의 유효수분 이용이 불리해질 수 있기 때문에 나타나는 것으로 추정되었다(Watschke and Schmidt, 1992).

한지형 및 난지형 잔디에서 WSP 중합체가 잔디품질에 미치는 연구에서 초종에 따라 폴리머의 혼합비율 차이가 있는데 이러한 차이는 유전적으로 초종에 따라 수분 이용 정도가 다르기 때문이다(Kim, 2011). No et al. (1987)은 수분 흡수 중합체를 사용함으로 발작물의 공극율, 유효수분 및 수확량이 증가한다고 보고하였다. 하지만 작물에 따라서 수분 흡수 중합체의 적정 혼합비율은 다르게 나타나고 있다(No et al., 1988; Yoo et al., 1990). 또한 동일한 조건에서 수행한 실험도 초종 및 성분에 따라 생장반응 및 WSP 중합체 비율은 달라질 수 있기 때문에(Table 3; Kim, 2012a), 향후 초종을 포함한 다양한 요인에 대한 추가 검정이 필요한 것으로 판단되었다.

본 실험에서 생존력, 피복율, 잔디밀도, 엽 생장 등을 종합적으로 고려시 켄터키 블루그래스의 생장에 적절한 폴리

머의 혼합비율은 일반적으로 낮을수록 양호한 경향으로, 특히 6% 이하가 적절한 것으로 판단되었다. Kim (2009a, 2009b)은 한지형 페레니얼 라이그래스 및 켄터키 블루그래스에서 발아율 및 엽 생장 등 잔디생장은 혼합 중합체의 비율이 낮을수록 더 양호한 것을 확인하였다. 특히 여러 가지 성분을 혼합해서 0~15% 사이 처리한 중합체 실험결과 페레니얼 라이그래스의 생존력은 WSP 중합체 비율이 3% 이하일 때 가장 양호하였다(Kim, 2009a). 또한 크리핑 벤트그래스에서 WSP 중합체를 0~20% 사이 처리한 혼합구에서 유묘 생존율 및 품질은 최소 혼합 비율인 WSP 5% 처리구에서 가장 우수한 것으로 나타났다(Kim, 2011; Kim and Park, 2011).

요 약

본 연구는 유기질 토양개량제(SOA, soil organic amendment)에서 폴리머(WSP, water-swelling polymer), 칼슘, 펄라이트 및 키토산 성분이 켄터키 블루그래스의 생장에 미치는 영향을 조사함으로 공원, 잔디구장 및 골프장 조성 시 이들 소재를 이용한 혼합개량제를 실무에 활용할 수 있는 기초자료를 얻기 위해 수행하였다. 전체 24 개 처리구는 SOA 유기질개량제에 WSP 중합체, 칼슘, 펄라이트 및 키토산을 이용하여 준비하였다. 온실에서 자란 켄터키 블루그래스에서 WSP 중합체, 칼슘, 펄라이트 및 키토산 성분에 따른 잔디생존력, 피복율, 잔디밀도 및 지상부 생장을 조사한 결과 유의한 차이가 나타났다. 파종 후 1주 간격으로 조사한 발아율, 잔디밀도 및 초장은 이들 성분에 따라서 경시적인 변화가 크게 나타났다. SOA 유기질개량제에서 피복율 및 잔디밀도에 대한 폴리머 효과는 WSP 중합체 혼합비율이 0~3% 사이가 적절한 것으로 판단되었다. 하지만 생존력 및 엽 생장의 경우 WSP 중합체 혼합비율은 0~6% 사이가 적절하였다. 그리고 SOA 유기질개량제에 혼합한 칼슘, 펄라이트 및 키토산 성분 중 칼슘 및 펄라이트가 일반적으로 켄터키 블루그래스의 생장에 효과적이었으며, 키토산은 효과가 거의 없는 것으로 나타났다. 켄터키 블루그래스의 생존력에 가장 효과적인 성분은 칼슘이었고, 반면 잔디밀도는 펄라이트 성분이 가장 효과적이었다. 그리고 키토산 성분은 생존력 및 잔디밀도에 거의 효과가 없는 것으로 나타났다. 켄터키 블루그래스의 지상부 엽 생장에 대한 효과는 펄라이트 > 칼슘 > 키토산 성분 순으로 나타났다. 특히 키토산 성분은 초기 발아효과는 빠르게 나타났지만, 지상부 엽 생장은 파종 3주 까지 전혀 나타나지 않았다. 본 연구를 통해 나타난 이러한 결과는 향후 실무에서 식재층 지반 조성 시 적용할 수 있는 모래+토양개량제 혼합구 조건에서 추가 생육검정 실험을 통해 이들 성분을 이용한 토양개량제의 개발 및 실무 응용에 활용하는 것이 바람직하고 판단되었다.

협을 통해 이들 성분을 이용한 토양개량제의 개발 및 실무 응용에 활용하는 것이 바람직하고 판단되었다.

주요어: 누적 발아패턴, 발아율, *Poa pratensis*, 지상부 생장, 잔디밀도

Acknowledgements

This research was carried out by funding of Sahmyook University in 2014.

References

- Alderson, J. and Sharp, W.C. 1995. Grass varieties in the United States - United States Department of Agriculture, CRC Press, Inc., New York, NY, USA.
- Bandaranayake, W., Qian, Y.L., Parton, W.J., Ojima, D.S. and Follett, R.F. 2003. Estimation of soil organic carbon changes in turfgrass systems using the CENTURY model, *Agron. J.* 95(3):558-563.
- Beard, J.B. 1973. Turfgrass: Science and culture. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, USA.
- Beard, J.B. and Beard, H.J. 2005. Beard's turfgrass encyclopedia for golf courses, grounds, lawns and sports fields. Michigan State Univ. Press, East Lansing, MI, USA.
- Christians, N. 2004. Fundamentals of turfgrass management. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, NJ, USA.
- Duble, R.L. 1996. Turfgrasses: Their management and use in the southern zone. Texas A&M Univ. Press, College Station, TX, USA.
- Fenn, L.B., Hasanein, B. and Burks, C.M. 1995. Calcium ammonium effects on growth and yield of small grains. *Agron. J.* 87(6):1014-1046.
- Fry, J. and Huang, B. 2004. Applied turfgrass science and physiology. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, NJ, USA.
- Hanson, A.A., Juska, F.V. and Burton, G.W. 1969. Species and varieties. *Agron. Monogr.* 14:370-409. In A.A. Hanson and F.V. Juska (Eds.), *Turfgrass science*. ASA, Madison, WI, USA.
- Kerek, M. 2003. Labile soil organic matter as a potential nitrogen source in golf greens. *Soil Biology & Biochemistry* 35(12): 1643-1649.
- Kim, K.N. 2009a. Effect of soil organic amendment mixtures with water-absorbing polymer on growth characteristics in perennial ryegrass. *J. Nat. Sci. Sahmyook Univ.* 44:161-171. (In Korean)
- Kim, K.N. 2009b. Effect of soil organic amendment and water absorbing polymer on growth characteristics in *Poa pratensis* L. *Kor. Turfgrass Sci.* 23(2):317-330. (In Korean)

- Kim, K.N. 2011. Effect of highly water-absorbing polymer on turfgrass quality of creeping bentgrass, Kentucky bluegrass, and zoysiagrass. *Asian J. Turfgrass Sci.* 25(1):59-68. (In Korean)
- Kim, K.N. 2012a. Effect of polymer, calcium, perlite and chitosan in soil organic amendment on growth in perennial ryegrass. *Asian J. Turfgrass Sci.* 26(1):24-34. (In Korean)
- Kim, K.N. 2012b. STM Series I: Introductory turfgrass science. 2nd ed., Sahmyook Univ. Press, Seoul, Korea. (In Korean)
- Kim, K.N. 2013. STM Series III: Turfgrass establishment. 2nd ed., Sahmyook Univ. Press, Seoul, Korea. (In Korean)
- Kim, Y.W., Jung, B.G. and Kim, S.W. 2003. Development of seed coating using chitosan, PFC and herbs in wild plant. Annual Report in 2003. Ministry of Agriculture and Forestry. (In Korean)
- Kim, S.K., Kang, H. and So, I.S. 2002. Influence of Ca^{2+} treatment on growth and mineral elements of cool-season turfgrass species. *Kor. Turfgrass Sci.* 16(1):1-10. (In Korean)
- Kim, G.H., Kim, K.Y., Kim, J.K., Sa, D.M., Seo, J.S., et al. 2009. Soil science. Hyangmoonsa, Seoul, Korea. (In Korean)
- Kim, K.N. and Park, S.H. 2011. Effect of high water-swelling polymer rate on seedling survival of major turfgrasses grown on soil organic amendment mixtures. *J. Korean Env. Res. Tech.* 14(2):21-32. (In Korean)
- Ko, S.B. and Choung, C.C. 1992. Effects of lime and phosphate application on forage productivity. *Kor. J. Anim. Sci.* 34(4):237-243. (In Korean)
- Koh, S.K., Tae, H.S. and Ryu, C.H. 2006. Effect of animal organic soil amendment on growth of Korean lawngrass and Kentucky bluegrass. *Kor. Turfgrass Sci.* 20(1):33-40. (In Korean)
- Korea Institute of Sport Science. 1998. Establishment and maintenance of soccer ground. Dongweonsa, Seoul, Korea. (In Korean)
- Li, D., Joo, Y.K., Christian, N.E. and Miner, D.D. 2000. Inorganic soil amendment effects on sand-based sports turf media. *Crop Sci.* 40(4):1121-1125.
- No, Y.P., Jung, Y.T., Chung, G.S. and Kim, Y.H. 1987. Studies on the agricultural use of the water-swelling polymer. I. Basic experiment. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 20(3):209-216. (In Korean)
- No, Y.P., Jung, Y.T., Park, C.Y. and Kim, Y.H. 1988. Studies on the agricultural use of the water-swelling polymer. II. Field experiment. *Res. Rept. of RDA(S&F)* 30(3):16-21. (In Korean)
- Puhalla, J., Krans, J.P. and Goatley, M. 2002. Sports fields: A manual for design, construction and maintenance. Ann Arbor Press, MI, USA.
- Sartain, J.B. 1993. Interrelationships among turfgrass, clipping recycling, thatch, and applied calcium, magnesium, and potassium. *Agron. J.* 85(1):40-43.
- SAS Institute, Inc. 2001. SAS/STAT user's guide: Statistics. Version 8.00, SAS Inst., Inc., Cary, NC, USA.
- Skogley, C.R. and Sawyer, C.D. 1992. Field research. *Agron. Monogr.* 32:589-614. In D.V. Waddington, R.N. Carrow and R.C. Shearman (Eds.), *Turfgrass*. ASA, CSSA, and SSSA, Madison, WI, USA.
- Song, S.T., Kim, D.A. and Lee, S.C.. 1988. Effect of liming on the growth, forage yield and chemical composition of orchardgrass (*Dactylis glomerata* L.) and smooth brome grass (*Bromus inermis* Leyss.). *Korean J. Anim. Sci.* 30(9):567-574. (In Korean)
- The Lawn Institute. 1991. Seed. LISTS 69-112. In E.C. Roberts and B.C. Roberts (Eds.), *Lawn Institute Special Topic Sheets*, Tennessee Cumberland Printing Corp., Crossville, TN, USA.
- Turgeon, A.J. 2005. Turfgrass management. Fourth ed., Prentice-Hall, Inc., Upper Saddle River, NJ, USA.
- Waddington, D.V. 1992. Soils, soil mixtures, and soil amendments. *Agron. Monogr.* 32:331-383. In D.V. Waddington, R.N. Carrow and R.C. Shearman (Eds.), *Turfgrass*. ASA-CSSA-SSSA, Madison, WI, USA.
- Watschke, T.L. and Schmidt, R.E. 1992. Ecological aspects of turf communities. *Agron. Monogr.* 32:129-174. In D.V. Waddington, R.N. Carrow and R.C. Shearman (Eds.), *Turfgrass*. ASA-CSSA-SSSA, Madison, WI, USA.
- Yoo, S.H., Kwon, S.K. and Ro, H.M. 1990. Effect of highly water absorbing polymer (K-sorb) on soil water retention. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 23(3):173-179. (In Korean)