

한국잔디의 재배기간 중 생육과 무기성분 함량 변화

배은지¹ · 이광수¹ · 박용배¹ · 이상명² · 양근모³ · 허무룡^{4*}

¹국립산림과학원 남부산림자원연구소, ²경북대학교 생태환경대학 생태환경관광학부

³단국대학교 녹지조경학과, ⁴경상대학교 원예학과(농업생명과학연구원)

Growth and Contents of Inorganic Nutrient during Cultivation of Zoysiagrass

Eun-Ji Bae¹, Kwang-Soo Lee¹, Yong-Bae Park¹, Sang-Myeong Lee²,
Geun-Mo Yang³, and Moo-Ryong Huh^{4*}

¹Southern Forest Resources Research Center, Korea Forest Research Institute, Jinju, 600-300, Korea

²School of Environmental Ecology and Tourism, Kyungpook National University, Sangju,, 741-711, Korea

³Department of Green Landscape Architecture Science, Dankook Univ., Cheonan, 330-714, Korea

⁴Dept. of Horticulture, Gyeongsang Nat'l. Univ. (Insti. of Agric. & Life Sci.), Jinju, 660-701, Korea

(Received on March 4, 2013; Revised on March 8, 2013; Accepted on March 13, 2013)

ABSTRACT. This research will be utilized as a base line data by researching on growth and the accumulation of inorganic nutrients during the cultivation period of zoysiagrass and also to establish a cultivation strategy of zoysiagrass. It involves the management such as fertilizer and mowing which ultimately led to the difference of growth and accumulation of inorganic nutrients. The accumulation of inorganic nutrients after mowing, the amount of accumulation was small when compared to the amount lost for the shoot, rhizome and root. Difference in the accumulation of inorganic nutrients, but as for K, Ca and Mg accumulation it shows similar aspects to N accumulation. The orders of inorganic nutrients in zoysiagrass were N > K > P > Ca > Mg. The characteristics of inorganic nutrients absorption of such zoysiagrass acts as the foundation of cultivation, and in the aspect of making decisions on the fertilization amount and soil management, it is closely related to the requirement on nutrients. In order to increase the productivity based on the zoysiagrass's growth and density rate improvement, accumulation of inorganic nutrients per growth period needs to be analyzed, and supplying nutrients in an efficient method suitable to the growth period is advisable, so such basic research was necessary.

Key words: Inorganic nutrient, Mowing, Zoysiagrass, *Z. japonica*

서 론

Zoysia (*Zoysia* spp.)속의 한국잔디는 난지형 잔디로 여름에 생육이 가장 왕성하며 늦가을에 생육이 정지되어 봄까지 휴면하는 특성을 가졌는데(Kim, 1991) 한국잔디는 생장 특성이 주로 지하경과 지상포복경의 생장에 의한 수평생장을 하여 낮게 자란다(Ervin, 1999).

현재 국내에서 사용 중인 난지형 잔디는 들잔디(*Zoysia japonica* Steud)와 중엽형 잔디가 대부분이다(Choi and Yang,

2005). 전통적으로 들잔디가 이용되어 왔으나, 번식속도가 빠르고 내환경성이 높은 중엽형 잔디가 잔디농가에 재배되면서부터 최근에는 한국잔디의 재배농가 및 재배면적도 증가하고 있는 실정이다(Choi and Yang, 2006). 잔디관리 작업에는 시비, 깎기, 배토, 갱신, 제초 등이 있다(Kim and Lee, 2010). 잔디밭은 한번 조성되면 전면적인 토양갱신이 나 잔디갱신이 어렵고, 다른 작물에 비하여 특이한 잔디의 이러한 관리 작업은 빈도나 사용 정도 등에 따라 잔디의 상태에 큰 영향을 미친다(Hwang and Choi, 1999; Kim, 2006).

잔디의 생육과 품질은 기후, 기상, 토양환경과 같은 생육환경과 시비관리와 같은 관리기술에 따라 결정된다(Carrow, 1980). 따라서 잔디생육에 있어 큰 영향을 미치

*Corresponding author.

Phone) +82-55-760-5021, FAX) +82-55-760-5020

E-mail) mrhuh@gnu.ac.kr

Table 1. Soil chemical and physical properties of farmer's fields of zoysiagrass.

Soil texture	pH (1:5)	EC (dS m ⁻¹)	OM (%)	T-N (%)	Av. P ₂ O ₅ (mg kg ⁻¹)	Ex. cation (cmol _c ⁺ kg ⁻¹)			
						K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺
Sandy loam	4.17	1.09	5.74	0.179	892.5	0.49	1.33	0.26	0.08

는 잔디비배관리를 과학화하기 위해서는 재배관리에 따른 잔디의 양분 농도변화에 대한 연구가 필수적이나 아직 부족하고, 잔디의 건전한 생육을 위해 적절한 관리 기술이 필요한 실정이며, 잔디의 안정적 생육 및 수량 확보를 위해서는 영양분의 지속적인 관리가 요구된다(Kim et al., 2003).

본 연구는 재배기간 동안 한국잔디의 성장량과 잔디부위별 및 시기별 성장과 단위면적당 잔디식물체 중 무기양분 축적량을 조사하여, 한국잔디재배 현장에서 효율적으로 잔디관리를 위한 재배전략을 수립하는데 기초자료로 활용하고자 수행하였다.

재료 및 방법

잔디재배 관리

본 실험은 전남 장성군 삼서면에 소재한 약 1,600 m² 면적의 잔디재배지에서 실시하였다. 공시초종은 들잔디(*Zoysia japonica* Steud)를 사용하였고, 관행재배방법으로 시비의 경우 3월 28일 1차 시비를 시작으로 8월 15일까지 총 6회를 시비하였다. 시비는 질소와 인산, 칼륨을 각각 3월 28일에 3.1, 0.7, 1.4 g m² 처리하였고, 4월 23일과 7월 20일, 8월 15일은 7.1, 1.7, 3.1 g m²으로 복합비료(21-17-17)를 주었고, 5월 14일과 6월 15일은 질소 10.0 g m²으로 요소비료를 살포하였다. 처리된 비료의 전체 순수 시비량은 질소 44.4 g m², 인산 5.8 g m², 칼륨 10.7 g m²이었다. 관수는 자연강수에 의존하였고, 잔디깎기는 로터리 모어를 이용해 깎기 높이가 약 30 mm로 조정하여 6월 6일, 7월 2일, 7월 28일, 8월 7일, 8월 27일, 9월 15일, 10월 11일 총 7회를 하였다. 잔디재배농가의 토양 물리화학적 성은 Table 1과 같다. 토양 pH가 낮고, 유효인산이 높으며 모래와 미사가 많은 사양토이었다.

잔디 생육 및 무기성분 조사

생육조사를 위한 잔디의 채취기간은 2011년 4월부터 동년 11월까지로 약 14일 간격으로 매회당 30×30 cm² 크기로 완전임의 3반복 채취를 하였다. 채취한 시료는 초장, 생체중, 건물중을 30×30 cm² 당 10반복으로 조사하였다. 초장은 채취 당일 표준 자를 이용하여 측정하였고, 분석용 잔디시료는 토양을 제거한 후 수돗물로 세척하여 생장

점을 기준으로 하여 지상부와 지하경, 지하부로 분리하였다. 건물중은 건조기를 이용하여 80°C에서 48시간 건조 후 칭량하였다.

식물체 분석은 농촌진흥청 국립농업과학원 식물체분석법(I.S.A., 1987)에 준하여 분석하였으며, 식물체 시료 0.5 g을 100 ml 분해용 튜브에 취하고, 진한황산: 50% HClO₄ = 1:10 비율의 혼합액 10 ml를 가하여 식물체를 분해한 후 증류수를 100 ml 표선까지 채웠다. 이 용액의 N은 Indophenol blue법으로 P는 Vanadate법으로 비색 측정하였고, 나머지는 K, Ca, Mg의 무기성분들은 유도결합 플라즈마 분광계(ICP spectrometer (OPTIMA 4300DV/5300DV): Perkin Elmer)로 측정하였다. 무기양분 축적량 계산은 다음 식을 이용하여 계산을 한 후 단위면적당 환산을 하였다(Piatek and Allen, 2000; Zhu et al., 2010).

양분축적량(mg plant⁻¹) = 건물중(mg plant⁻¹)×무기이온 농도(% DM)/100

토양분석

토성은 Bouyoucoc (1962)방법에 준하여 분석을 하였다. 토양시료 분석은 농촌진흥청 국립농업과학원 토양분석법(I.S.A., 1987)에 준하여 분석하였으며, 토양 pH는 풍건 된 토양시료 5 g에 증류수 25 ml를 가하여 상온에 1시간 교반한 후에 pH meter (Ohaus, ST3000)로 측정하였다. 토양 전기전도도(EC)는 풍건 된 토양시료 10 g에 증류수 50 ml를 가하여 상온에서 1시간 교반한 후에 EC meter (Ohaus, ST3000C)로 측정하였다. 유기물과 총질소는 Kjeldahl법과 Tyurin법으로 분석하였고, 유효인산은 Lancaster법으로 측정하였다. 치환성 양이온은 1N-NH₄OAc법으로 추출하여 그 액을 유도결합 플라즈마 분광계(ICP spectrometer (OPTIMA 4300DV/5300DV): Perkin Elmer)로 분석하였다.

결과 및 고찰

잔디 생육변화

재배기간 동안의 한국잔디의 생육변화를 알아보기 위해 한국잔디가 휴면이 타파되어 녹색 잎이 자라나오는 시기부터 14일간 간격으로 채취하여 초장을 조사한 결과는 Fig. 1과 같다. 기온이나 계절의 변화에 따라 한국잔디의 생육 정도가 다르겠지만 잔디밭 관리를 위한 잔디깎기를 시행

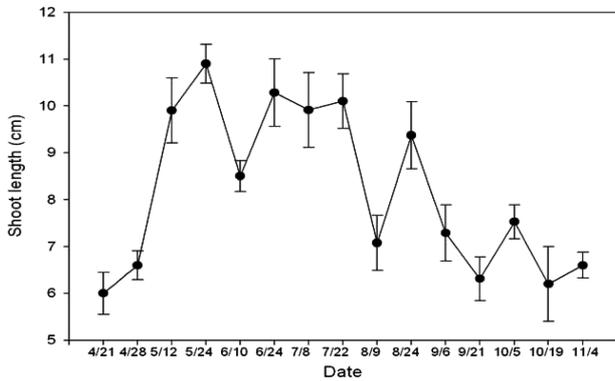


Fig. 1. Change in shoot length during cultivation of zoysiagrass. The fertilization was treated for a total of 6 times, on March 28, April 23, May 14, June 15, July 20 and August 15. Mowing was conducted for a total of 7 times, on June 6, July 2, July 28, August 7, August 27, September 15 and October 11, 2012. Vertical bars indicate \pm SD (n=30).

하여 주기적으로 잎이 잘려나가고 다시 자라나는 과정으로 인해 초장의 변화가 심한 것으로 나타났다.

한국잔디의 재배생육일수 경과에 따른 잔디부위별 생체중과 건물중 변화를 조사한 결과는 Fig. 2에서와 같다. 지상부의 생체중은 1차(6월 6일) 잔디깎기 이전까지는 최대로 증가하다 잔디깎기 이후 36.5%가 감소하였다. 6월 15일 시비이후 9.7% 증가하고, 2차(7월 2일) 잔디깎기 이후 35.3% 감소를 하다가 이후 시비와 잔디깎기로 인해 평균 13.5% 증가와 12.2% 감소를 반복하였다. 10월 11일 마지막 잔디깎기 이후에는 휴면시기에 접어들면서 지상부 생체중은 22.1%로 감소하였다. 지하경의 생체중의 변화는 크게 차이가 없었는데 생육초기에는 큰 변화를 보이지 않다가 생육최성기에는 생체중이 크게 증가하였으며 휴면시기에는 감소하였다. 지상부의 생장이 증가를 하면 지하부의 생장이 감소하는 경향을 보였다. 지상부의 건물중은 1차 잔디깎기 이전까지는 증가를 계속하다가 잔디깎기 이후 56.8% 감소를 하였다. 6월 15일 시비 이후 26.0% 증가하고, 2차 잔디깎기 이후 65.4% 감소하다가 이후 평균 21.9% 증가와 22.7% 감소를 반복하였다. 10월 11일 마지막 잔디깎기 이후 휴면시기에 접어들면서 지상부의 건물중은 감소하였다. 지상부와 지하부의 건물중은 생체중과 비슷한 경향을 나타내었으며, 지하경 건물중의 경우 휴면시기에는 지상부의 건물중보다 높게 나타났다. 시비와 잔디깎기로 인해 지상부의 생체중과 건물중의 변화가 크게 나타났으나 지하경과 지하부의 생체중과 건물중은 지상부에 비해 변화가 크지 않음을 알 수 있었다.

잔디 무기성분 함량 변화

잔디생육환경에 있어 큰 영향을 미치는 잔디 비배관리

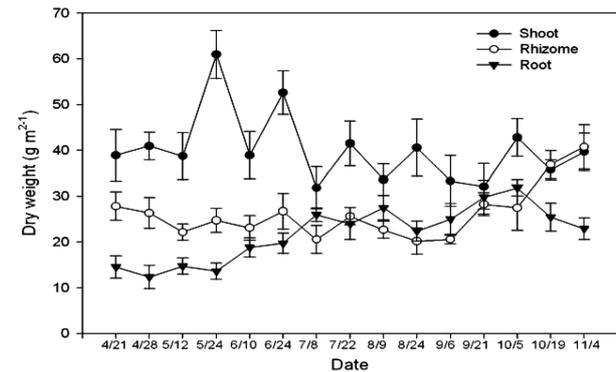
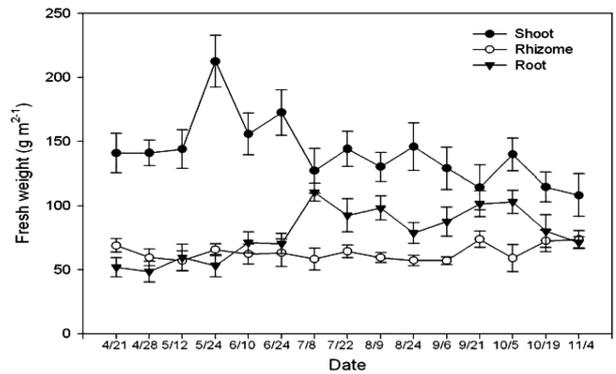


Fig. 2. Change in fresh weight and dry weight of shoot, rhizome and root during cultivation of zoysiagrass. The fertilization was treated for a total of 6 times, on March 28th, April 23, May 14, June 15, July 20 and August 15. Mowing was conducted for a total of 7 times, on June 6, July 2, July 28, August 7, August 27, September 15 and October 11th. Vertical bars indicate \pm SD (n=30).

를 위한 기초자료를 얻기 위하여 재배기간 동안의 한국잔디의 무기양분 변화를 조사한 결과 단위면적당 한국잔디의 부위별 및 시기별 N 축적량은 Fig. 3과 같다. 3월 28일 시비를 시작으로 5월 14일까지 3회 시비 후 지상부의 N 축적량은 5월 24일에서 최고치로 나타났고, 1차 잔디깎기 이후 N 축적량은 145.0% 감소를 하였다. 6월 15일 시비 후 55.8% 증가를 했으나 2차 잔디깎기 이후 154.4% 감소하였다. 7월 20일 시비 후 54.5% 증가를 보이다가 7월 28일과 8월 7일 잔디깎기로 인해 99.3%가 감소하였다가, 8월 15일 시비 후 N 축적량이 63.9% 증가하였으나 8월 27일 잔디깎기 이후 149.0% 감소를 나타내었고, 휴면시기에 접어들면서 N 축적량은 감소를 하였다. 지하경의 N 축적량은 비교적 증가하는 경향을 보이다가 8월 27일 잔디깎기 이후 축적량이 계속 감소하였다. 지하부의 N 축적량도 지하경과 유사한 경향을 나타내었다. 부위별 N 축적량은 지상부 > 지하경 > 지하부 순으로 지상부가 가장 많이 축적되어 있었다. 본 연구는 한국잔디의 양분함량 분포가 지상부, 런너 및 지하부가 각각 68%, 24%, 8%로 조

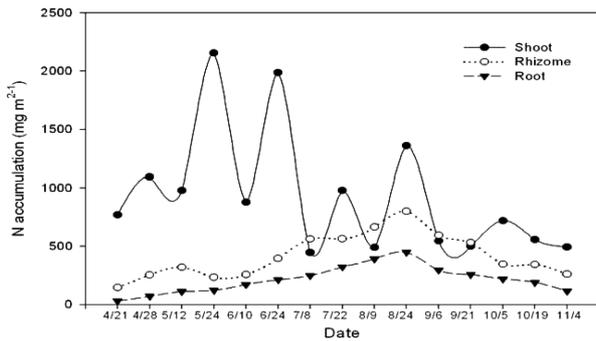


Fig. 3. The accumulation of N in shoot, rhizome and root during cultivation of zoysiagrass. The fertilization was treated for a total of 6 times, on March 28, April 23, May 14, June 15, July 20 and August 15, 2012. Mowing was conducted for a total of 7 times, on June 6, July 2, July 28, August 7, August 27, September 15 and October 11, 2012.

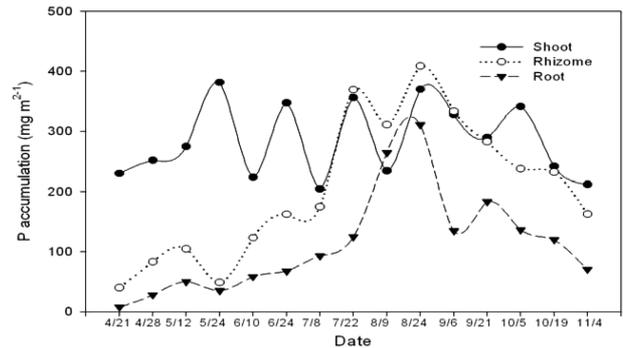


Fig. 4. The accumulation of P in shoot, rhizome and root during cultivation of zoysiagrass. The fertilization was treated for a total of 6 times, on March 28, April 23, May 14, June 15, July 20 and August 15, 2012. Mowing was conducted for a total of 7 times, on June 6, July 2, July 28, August 7, August 27, September 15 and October 11, 2012.

사된 결과와 다소 차이는 있지만 지상부 > 지하경 > 지하부 순으로 유사한 결과를 나타내었다(Kim et al., 1991).

이러한 결과를 볼 때 시비 후 지상부의 N 축적량 증가보다 잔디깎기 작업으로 감소하는 양이 큰 것으로 나타나 잔디깎기로 인해 소실되는 질소량이 상당히 많았다. 한국잔디의 경우 연간 최저 10a 당 약 18~24 kg의 질소가 필요하다고 하였는데(Schery, 1961), 현재 잔디재배농가에서는 이보다 많은 양의 질소비료를 공급하고 있는 실정이며, 다량 질소를 공급으로 인해 토양에 과다한 질소성분은 잔디생장을 촉진하여 대취층의 증가시키는 원인이 되지만(Lee et al., 1990), 시간이 지날수록 용탈량이 증가하여 수질오염 및 토양산성화의 원인이 되기도 한다(Freney et al., 1983; Mill et al., 1996). 장기적으로는 과도한 비료의 사용은 토양생육환경이 악화되어 건전한 잔디의 생육을 저해할 수 있고, 시비 및 잔디깎기와 같은 재배관리에 따라 생육변화가 다르게 나타나므로 한국잔디의 생육시기를 고려한 적정 질소 시비량과 시비시기, 시비 후 경과일수에 따른 생장변화, 예고 및 잔디깎기 주기 등과 같은 연구가 이루어져야 한다.

단위면적당 한국잔디 부위별 및 시기별 P 축적량을 조사한 결과는 Fig. 4와 같다. P는 생육초기에 필요한 성분으로 N, K와 같은 함량변화를 보일 것으로 생각되었지만 지상부에 비해 지하경과 지하부의 변화가 크게 나타났다. 7월 22일부터 9월 6일까지 생육이 왕성한 시기에는 지상부보다 지하경의 P 축적량이 높았고, 지하부의 경우에도 높은 P 축적량을 나타내었다. 또한 N 축적량이 최대치를 나타낼 때 다른 무기성분들은 대부분 최대치 경향을 보였으나 P는 시비와 잔디깎기 전후로 축적량이 증가하고 감소할 뿐 축적량의 변화가 일정하게 나타났는데 이는 인산

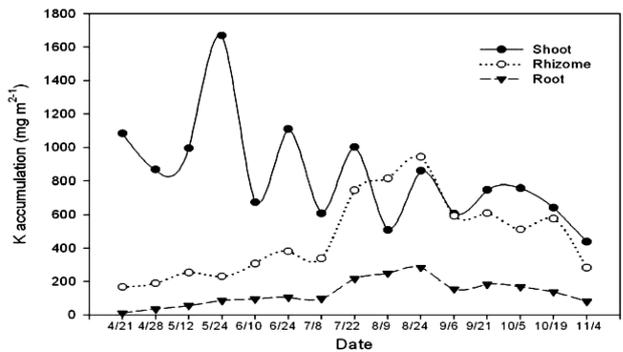


Fig. 5. The accumulation of K in shoot, rhizome and root during cultivation of zoysiagrass. The fertilization was treated for a total of 6 times, on March 28, April 23, May 14, June 15, July 20 and August 15, 2012. Mowing was conducted for a total of 7 times, on June 6, July 2, July 28, August 7, August 27, September 15, 2012 and October 11, 2012.

의 흡수가 질소에 반드시 의존하는 것은 아니라는 보고와 유사한 결과를 보였다(Yuen and Pollard, 1957). 오래된 지상부보다 새로운 지상부 조직에서 높은 P 함량을 보인다고 하였는데(Eck et al., 1981) 잔디깎기 전 새로운 지상부로 인해 P 축적량이 높다가 잔디깎기 후 새로운 지상부가 잘려나가고 남아있는 오래된 지상부의 P 축적량의 결과를 나타내어 비교적 일정한 축적량을 보이는 것으로 생각되었다.

단위면적당 한국잔디 부위별 및 시기별 K 축적량을 조사한 결과는 Fig. 5와 같다. 3월 28일 시비를 시작으로 5월 14일까지 3회 시비 후 지상부의 K 축적량은 5월 24일에서 최고치를 보였으며, 1차 잔디깎기 이후 K 축적량은 147.3% 감소를 하였다. 6월 15일 시비 후 39.2%로 증가했으나 2차 잔디깎기 이후 82.3% 감소를 하였다. 7월 20일 시비 후 39.3% 증가를 보이다가 7월 28일과 8월 7일

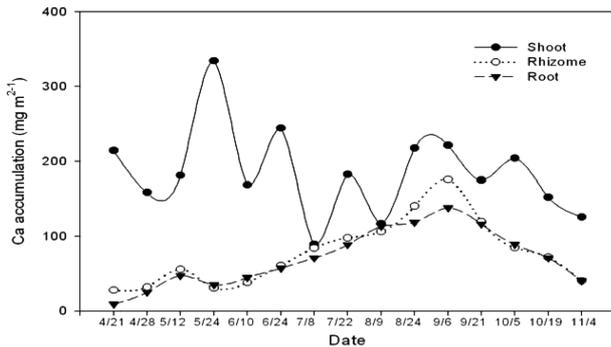


Fig. 6. The accumulation of Ca in shoot, rhizome and root during cultivation of zoysiagrass. The fertilization was treated for a total of 6 times, on March 28, April 23, May 14, June 15, July 20 and August 15, 2012. Mowing was conducted for a total of 7 times, on June 6, July 2, July 28, August 7, August 27, September 15h and October 11, 2012.

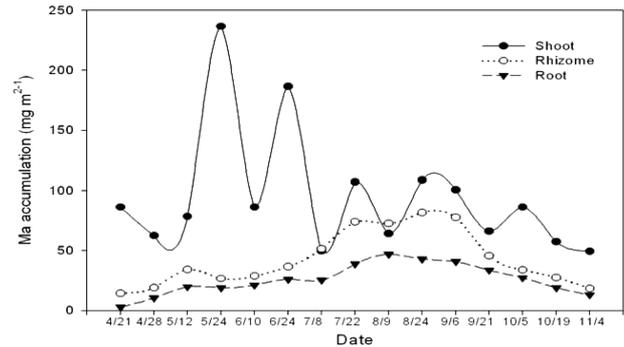


Fig. 7. The accumulation of Mg in shoot, rhizome and root during cultivation of zoysiagrass. The fertilization was treated for a total of 6 times, on March 28, April 23, May 14, June 15, July 20 and August 15, 2012. Mowing was conducted for a total of 7 times, on June 6, July 2, July 28, August 7, August 27, September 15 and October 11, 2012.

잔디깎기로 인해 96.8% 감소, 8월 15일 시비 후 40.8%로 K 축적량이 증가하였으나 8월 27일 잔디깎기 이후 41.7% 감소를 나타내었고, 휴면시기에 접어들면서 K 축적량은 감소를 하였다. 지하경의 K 축적량은 꾸준히 증가하여 8월 9일과 8월 24일에는 지상부보다 높게 나타났으며, 9월 6일 부터는 감소하였다. 지하부의 K 축적량도 지하경과 유사한 경향을 나타내었다. 지상부의 K 축적량 증가보다 감소가 큰 것으로 보아 잔디깎기로 인해 소실되는 양이 많음을 알 수 있었다. K 함량은 잎과 줄기에 비해 포복경과 지하부가 더 낮다고 하였는데(Shim, 1988), 본 연구결과도 지상부가 지하경과 지하부에 비해 K 축적량이 높고, 지하부가 가장 낮았다. K는 N과 유사한 양상을 보였는데 N 함량이 증가하면 K 함량도 유의적으로 증가한다는 결과와 일치하였다(Kemp, 1960).

단위면적당 한국잔디 시기별 Ca 축적량(Fig. 6)과 Mg 축적량(Fig. 7)은 축적량의 차이는 있으나 N과 K 축적량과 비슷한 양상을 보였으며, 잔디깎기 후 Ca과 Mg 축적량은 증가보다 감소하는 양이 큰 것으로 나타나 소실되는 양이 상당함을 알 수 있었다. 한국잔디 부위별 Ca 축적량은 지상부가 가장 많이 축적되었고, 지하경과 지하부는 거의 비슷하였다. Mg 축적량은 지상부 > 지하경 > 지하부 순으로 지상부가 가장 많이 축적되는 것으로 보아 포복경과 지하부보다 잎과 줄기에서 높게 분포한다는 보고와 같은 경향을 나타내었다(De Witt et al., 1963).

한국잔디의 무기양분 축적량은 N > K > P > Ca > Mg 순이었는데 이는 한국잔디 중 함유한 양분농도를 조사한 보고와 P와 Ca는 다소 차이가 있었으나 N, K, Mg는 유사한 결과를 보였다(Choi et al., 1993; Kim et al., 2008; Lee et al., 1990).

이상의 결과를 종합해보면 무기성분별로 한국잔디에 대한 요구도 차이가 있었으며, 생육과 무기성분 함량은 시기별 다소 차이가 있는 것으로 나타났으나 시비와 잔디깎기와 같은 관리에 따라 더 많은 영향을 받아 변화가 큰 것을 알 수 있었다. 따라서 재배기간 동안의 관리기술에 따른 생장 및 무기양분 변화에 대한 연구도 수행되어야 하지만 이에 앞서 지금까지 한국잔디에 대한 주요 생육시기별 적정 양분함량 기준이 설정되어 있지 않아 재배현장에서 발생하는 영양장애에 대한 명확한 대책구명이 어려운 실정이다.

이와 같은 한국잔디의 무기양분 축적 및 흡수특성은 재배의 기초로서 시비량의 결정이나 토양관리 면에서 각 무기양분에 대한 요구성과 서로 밀접한 관계가 있으므로 영양·생리적 특성을 체계화 할 필요가 있다. 한국잔디 생산성을 유지하는 동시에 환경오염 경감을 위한 최적 양분 관리 방안 마련을 위해 생육시기별 양분축적 파악을 통해 생육시기에 맞추어 효율적으로 양분을 공급하는 것이 바람직하므로 그에 따른 기초 연구가 필요할 것으로 판단되었다.

요 약

본 연구는 한국잔디의 재배기간 동안 생육 및 무기성분 축적량을 조사하여 한국잔디의 재배전략을 수립하는데 기초자료로 활용하고자 수행하였다. 한국잔디의 경우 다른 작물과 달리 시비와 잔디깎기 등과 같은 관리에 따라 생장 및 무기양분 축적에 차이가 있었다. 잔디깎기로 인해 부위별로 무기양분이 손실되는 양에 비해 축적되는 양이 적었다. 무기양분 축적 차이는 있었으나 K, Ca, Mg은 N과 비슷한 양상을 보였으며, 무기양분의 축적 순서는 N >

K > P > Ca > Mg 이었다. 이와 같은 한국잔디의 무기양분 축적 및 흡수특성은 재배의 기초로서 시비량의 결정이나 토양관리 면에서 각 무기양분에 대한 요구성과 서로 밀접한 관계가 있다. 한국잔디의 생육 및 밀도를 향상에 따른 생산량을 늘리기 위해서는 생육시기별 무기양분 축적 과약을 통해 생육시기에 맞추어서 효율적으로 양분을 공급하는 것이 바람직하므로 그에 따른 기초 연구가 필요할 것으로 판단되었다.

주요어: 무기양분, 잔디깎기, 한국잔디, 들잔디

References

- Bouyouc, C.J. 1962. Hydrometer methods improved for making particle size analysis of soils. *Agron. J.* 54:464-465.
- Carrow, R.N. 1980. Influence of soil compaction on three turfgrass species. *Agron. J.* 72:1038-1042.
- Choi, B.J., Shim, J.S., Ju, Y.H. and Park, H. 1993. Chemical characteristics of surface soil and mineral content of lawn in some golf course in Kyonggi province. *Kor. Turfgrass Sci.* 7(2):129-135. (In Korea)
- Choi, J.S. and Yang, G.M. 2005. Comparison of growth rate and cold tolerance with basic species, commercial lines, and breeding lines of zoysiagrass. *Kor. Turfgrass Sci.* 19(2):131-140. (In Korea)
- Choi, J.S. and Yang, G.M. 2006. Sod production in South Korea. *Kor. Turfgrass Sci.* 20(2):237-251. (In Korea)
- De Witt, C.T., Dijkshoorn, W. and Noggle, J.C. 1963. Ionic balance and growth of plants. *Verslagen van Landbouwk. Onderzoekingen*, No. 69. Wageningen, NL.
- Eck, H.V., Wilson, G.C. and Martinez, T. 1981. Tall fescue and smooth bromegrass. II. Effects of nitrogen fertilization and irrigation regimes on quality. *Agron. J.* 73:453-456.
- Ervin, E.H. 1999. Summer care of warm-season zoysiagrass and bermudagrass lawn. *Curators of the University of Missouri College of Agriculture, Food and Natural Resources at the University of Missouri-Columbia, MO 65211.* pp. 573-882.
- Frenay, J.R., Simpon, J.R. and Demeed, O.J. 1983. Volatilization of ammonia. In: Frenay, J.R. and Simpson, J.R. (eds). *Gaseous loss of nitrogen from plant-soil system.* pp. 1-32. Martinus Nijhoff/Dr. W. Junk Publisher, The Hague, Netherlands.
- Hwang, Y.S. and Choi, J.S. 1999. Effect of mowing interval, aeration, and fertility level on the turf quality and growth of zoysiagrass (*Zoysia japonica* Steud.). *Kor. Turfgrass Sci.* 13(2):79-90. (In Korea)
- I.A.S. 1987. *Analysis methods of soil and plant.* Institute of Agricultural Science. RDA. Suwon. Korea.
- Kemp, A. 1960. Hypomagnesaemia in milking cow: the response of serum magnesium to alterations in herbage composition resulting from potash and nitrogen dressing on pasture. *Neth. J. Agric. Sci.* 8:281-304.
- Kim, H.G. 1991. *Turfgrass science.* Sunjin Culture Press. Korea. pp. 179-192.
- Kim, H.G. and Lee, S.J. 2010. *Turfgrass and golf course.* Sunjin Culture Press. Korea. pp. 414-415.
- Kim, K.N. 2006. *Turfgrass management.* Sahmyook University Press. Korea. pp. 229-334.
- Kim, Y.S., Lee, K.S. and Ham, S.G. 2003. The effect of liquid fertilizer contained amino acids on the growth of bentgrass (*Agrostis palustris* Huds) and the chemical characteristics of soil. *Kor. Turfgrass Sci.* 17(4):147-154. (In Korea)
- Kim, Y.S., Kim, T.S. and Ham, S.K. 2008. Investigation of nutrients at in creeping bentgrass, Kentucky bluegrass, and zoysiagrass in early winter. *Kor. Turfgrass Sci.* 22(2):141-148. (In Korea)
- Lee, Y.B., Hwang, K.S. and Bae, G.Y. 1990. Effects of nitrogen source and matter on growth and quality of *Zoysia japonica* Steud. *Kor. Turfgrass Sci.* 4(1):24-30. (In Korea)
- Lee, Y.B., Hwang, K.S. and Bae, G.Y. 1990. Effects of nitrogen source and organic matter on growth and quality of *Zoysia japonica* Steud. *Kor. Turfgrass Sci.* 4(1):167-172. (In Korea)
- Mill, H.A. and Jones, J.B. 1996. *Plant analysis handbook II.* Athens, GA, Micro-Macro Publ., Inc.
- Piatek, K.B. and Allen, H.L. 2000. Site preparation effects on foliar N and P use, retranslocation, and transfer to litter in 15-years old *Pinus taeda*. *Forest Ecol. Manage.* 129:143-152.
- Schery, R.W. 1961. *The lawn book.* MacMillan Co., New York. USA.
- Shim, J.S. 1988. Effects of nitrogen fertilization clipping interval on mineral and water-soluble carbohydrate contents in Korean lawngrass (*Zoysia japonica* Steud.). *Kor. Turfgrass Sci.* 2(1):49-58. (In Korea)
- Yuen, S.H. and Pollard, A.G. 1957. The effect of nitrogen on the utilization of phosphate by Italian ryegrass. *J. Sci. Food Agric.* 8:475-482.
- Zhu, L.X., Wang, J.H., Bi, J.J., Guan, X., Li, J.L. and Jia, S.J. 2010. Effect of N application rates on nutrients accumulation, transformation and yield of *Chrysanthemum morifolium*. *Plant Nutr. Fertil. Sci.* 16(4):992-997.