

Weed & Turfgrass Science was renamed from both formerly Korean Journal of Weed Science from Volume 32 (3), 2012, and formerly 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 founded in 1981 and 1987, respectively.

질소비료 시비량에 따른 들잔디의 생육반응

배은지* · 한정지 · 이광수 · 박용배 · 최수민

국립산림과학원 남부산림자원연구소

Growth Response of Zoysiagrass (*Zoysia japonica* Steud.) as Affected by Nitrogen Fertilizer Application Rate

Eun-Ji Bae*, Jeong-Ji Han, Kwang-Soo Lee, Yong-Bae Park, and Su-Min Choi

Southern Forest Resources Research Center, National Institute of Forest Science, Jinju, 600-300 Korea

ABSTRACT. This study was conducted to find out the optimum nitrogen fertilization for production of good quality and high yield zoysiagrass (*Zoysia japonica* Steud.), the changes in chemical properties of soil in pot and field experiments treated with different levels of nitrogen fertilizer. In pot experiment, the fresh and dry weights of shoots and stolons and the number of shoots increased as nitrogen levels increased, and showed no significant between 24 and 48 kg N 10 a⁻¹. In field experiment, the shoot length, fresh and dry weights of shoots, roots and stolons, the number of shoots and total stolons length linearly increased as affected by increased nitrogen application, and were not significantly different between 24 and 32 kg N 10 a⁻¹. In both experiments, pH and exchangeable cations (Ca²⁺ and Mg²⁺) in soil decreased as the rate of nitrogen application increased. As a results, chemical properties of soil were more deteriorated in the plots of higher nitrogen fertilizer rate. Thus, these results demonstrated that the nitrogen fertilizer rate for maximum growth of zoysiagrass was 24 kg N 10 a⁻¹ in consideration of growth and soil condition.

Key words: Inorganic nutrient, Nitrogen fertilizer, Soil chemical property, *Zoysia japonica*

Received on October 15, 2015; Revised on November 11, 2015; Accepted on November 25, 2015

*Corresponding author: Phone) +82-55-760-5039, Fax) +82-55-759-8432; E-mail) gosorock@korea.kr

© 2015 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 (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted noncommercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

서 론

화분과 식물 중 잔디는 각종 환경에 적응력이 강한 편으로 척박한 토양을 피복할 목적으로 많이 이용되고 있으며 (Berard, 1973; Rim et al., 2003), 생활수준과 녹색환경에 대한 관심이 높아지면서 이용범위가 더욱 다양해지고 사용면적도 확대되고 있다(Chio and Yang, 2006).

최근 잔디 생산자들은 과학적인 잔디관리에 대한 관심이 높아지면서 잔디 생육환경(Choi et al., 1993a; Chio et al., 1993b; Lee et al., 1990)에 대한 조사와 시비방법개선(Hwang et al., 1999; Kim, 1990; Kim et al., 2003)을 통해 품질 좋은 잔디를 얻고자 노력하고 있다. 그럼에도 불구하고 잔디 생육환경에 있어 큰 영향을 미치는 잔디 비배관리의 과학

화는 아직 부족한 상태이다(Kim et al., 2008).

잔디의 생육과 품질은 토양환경과 같은 생육환경과 병해충 방제나 시비관리와 같은 관리기술에 따라 결정된다(Carrow, 1980). 따라서 잔디의 건전한 생육을 위해 적절한 잔디 관리 기술이 필요한 실정이다(Kim et al., 2003). 특히 시비관리는 잔디에 영양원을 공급하는 것으로서 생육과 품질을 결정하는데 대단히 중요한 역할을 한다고 볼 수 있다(Kim et al., 2003).

질소는 잔디 시비에 있어서 중요한 영양분이며, 다른 필수원소에 비해 더 많이 요구된다(Joo et al., 1997). 잔디의 생육은 질소비료의 시비 수준에 따라 큰 영향을 받으며, 질소비료 시비량에 비례하여 잔디 조직 속에 질소함량이 높아진다(Shim, 1989).

잔디 재배 시 질소가 부족하면 생육이 억제되고, 광합성이 감소되며(Huber and Thompson, 2007), 환경스트레스에 대한 내성이 약해진다(Orcutt and Nilsen, 2002). 동전마름병과 녹병 등의 발병을 증가시키고(Christians, 2011; Shurtleff, 1997), 탄저병과 같은 병에 대한 감수성이 높아진다(Smiley et al., 2005). 반면 질소가 과도한 경우는 예초 및 답압 저항성이 낮아지고, 대취 축적을 촉진시킨다(Lee and Yoon, 1991). 또한 잔디체내에서 암모니아가 단백질로 변하는 과정에서 생성된 아미노산이나 아마이드가 증가하여 브라운 패취병 등의 병원균의 침입을 쉽게 하는 등 질소의 부족보다 더 큰 피해를 가져온다(Christians, 1998).

현재 들잔디 재배 농가는 오랫동안 연작과 생산량 증대를 위해 과도한 질소비료를 시비하고 있으며, 일정한 기준 없이 경험에 의존하고 있다(Han et al., 2014). 따라서 우리나라 들잔디 생산지에서 적정 질소시비량 연구는 없는 실정이다.

본 연구에서는 들잔디 생산에 필요한 정보를 얻기 위해 들잔디의 질소시비 수준별 따른 생육과 토양의 화학성을 비교 조사하여 양질 다수확 잔디 재배를 위한 들잔디의 생육 및 토양 특성에 따른 적정 질소시비량을 구명하고자 한다.

재료 및 방법

실험재료 및 시비방법

공시재료인 들잔디(*Zoysia japonica* Steud.)를 이용하여 질소 시비량에 따른 생육특성을 조사하기 위해 실험을 수행하였다. 2011년 5월부터 9월까지 남부산림자원연구소 부속 농장(경상남도 진주시 소재)에서 직경 25.0 cm, 높이 30.8 cm 와그너 포트(1/2,000 a)를 사용하여 노지에서 시험을 하였다. 또한 잔디 재배지에서 들잔디의 적정 질소시비량을 추정하기 위해 2012년 4월부터 9월까지 경남 진주시 대평면 잔디 재배지에서 포장시험을 수행하였다. 시험에 사용한 비료 3요소 중 질소(N)는 분자식 $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ 성분 46% 요소, 인산(P)은 구용성 인산(P_2O_5) 17%의 용과린, 칼륨(K)은 분자식 K_2O 성분 60%의 염화칼리를 이용하였다.

와그너 포트에 사토(sand 96%, silt 4%, clay 0%)를 동일한 양으로 채운 후 시험포장에서 2011년 5월 3일에 포복경을 채취하여 5월 4일에 포트당 길이 10 cm에 마디가 3-4개가 되는 포복경을 7개씩 이식하였다. 이식일로부터 3주까지는 매일 관수를 하였으며 그 이후에는 일주일에 한번씩 관수하였고, 실험이 완료될 때까지 잔디깎기는 수행하지 않았다. 시비 전 잔디는 와그너 포트의 1/4 정도 피복된 상태였다. 2011년 6월 7일과 7월 5일 2회로 나누어 시비하였고, 실험구의 배치는 완전임의배치법 3반복으로 하였다. 시비량은 성분량으로 환산하여 나타내었고, 질소질비료는 요소를

0, 6, 12, 18, 24와 48 kg 10 a⁻¹을 농도별로 처리하였으며, 인산과 칼리질 비료는 용과린과 염화칼리를 각각 12 kg 10 a⁻¹ 농도로 처리하였다.

포장시험은 한 시험구당 10 m × 10 m (100 m²) 규격으로 전체 15개의 시험구(1500 m²)를 난괴법 3반복으로 조성하였다. 토성은 양토(sand 43%, silt 45%, clay 12%)였고, 관수는 자연강우를 활용하였다. 질소는 16, 20, 24, 28과 32 kg 10 a⁻¹, 인산과 칼리는 각각 12 kg 10 a⁻¹로 추비로 처리하였다. 질소는 2012년 4월 10일, 5월 11일, 6월 1일, 6월 21일 4회로 나누어 시비하였고, 잔디깎기는 7회 실시하였다. 2012년도 포장시험의 경우 2011년도 와그너 포트 시험의 결과를 기준으로 질소 시비량을 산정하여 무처리구를 제외하고 시험을 수행하였다.

식물체 및 토양 분석

잔디생육조사는 처리구별 지상부길이, 근장, 지상부, 포복경과 지하부의 생체중과 건물중, 지상부 개체수, 포복경 길이를 조사하였다. 포트시험의 경우 생육조사는 포복경 정식일로부터 120일, 비료를 처리한 실험개시일로부터 85일 후인 2011년 9월 2일에 실시하였고, 재배지는 비료를 처리한 실험개시일로부터 155일 후인 2012년 9월 13일에 실시하였다. 지상부길이와 근장은 처리구당 생육진전속도가 비슷한 줄기의 10개체를 무작위로 선택하여 측정된 후 평균을 계산하였다. 재배지의 경우 40 cm × 40 cm 규격의 멧장을 처리구당 4 반복으로 떼어내어 지상부, 포복경과 지하부의 생체중과 지상부 개체수, 포복경 길이를 측정된 후 m²으로 환산하여 결과를 나타내었다. 식물체에 흡수된 무기이온의 함량을 알아보기 위해 식물체를 건조기(Model DS-80-5, Dasol Scientific Co. Ltd., Gyeonggi-do, Korea)로 80°C에서 48시간 건조하여 분쇄하였다. 식물체 분석은 농촌진흥청 국립농업과학원 식물체분석법(RDA, 2003)에 준하여 실시하였다. 질소는 Indophenol blue법으로 P는 Vanadate법으로 비색 측정하였고, 나머지 K, Ca, Mg의 무기성분들은 유도결합 플라즈마 분광계(Optima 4300DV/5300DV, Perkin Elmer Inc., Waltham, MA)로 측정하였다.

토양분석은 농촌진흥청 국립농업과학원 토양분석법(RDA, 2003)에 준하였다. 토양 pH와 전기전도도(EC)는 토양과 증류수 1:5 비율로 하여 진탕한 현탁액을 pH meter (Starter 3000, Ohaus Co. Ltd., USA)와 EC meter (Starter 3000c, Ohaus Co. Ltd., USA)를 사용하여 측정하였다. 유기물 함량은 Tyurin법, 총질소는 Kjeldahl법으로 분석하였고, 유효 인산은 Lancaster법으로 측정하였다. 치환성 양이온은 1N-NH₄OAc법으로 추출하여 그 액을 유도결합 플라즈마 분광계(Optima 4300DV/5300DV, Perkin Elmer Inc., Waltham, MA)로 분석하였다.

통계 분석

통계분석은 SAS 프로그램(v. 9.1, Cary, NC, USA)을 사용하여 ANOVA 분석을 실시하였고, 처리구 평균간 유의성 검정은 DMRT (Duncan's Multiple Range Test)와 최소유의차(Least Significant Difference)를 5% 수준에서 유의성을 실시하였다.

결과 및 고찰

질소비료 시비와 들잔디의 생육

질소비료 수준별 시비 후 와그너 포트를 이용하여 비교 조사한 결과 질소비료의 농도가 높을수록 지상부, 포복경과 지하부의 생체중과 건물중이 유의성 있게 증가하였다 (Fig. 1과 Table 1). 지상부길이와 근장의 경우 처리구간의 유의한 차이를 나타내지 않았다. 질소비료 시비량에 따른 지상부 생체중과 건물중은 24 kg 10 a⁻¹ 시비량까지 유의한 증가를 보였고, 지상부 생체중은 질소비료 시비량 48 kg 10 a⁻¹에서 78.7 g으로 가장 높게 나타났으나 지상부 건물중

은 질소비료 시비량 24와 48 kg 10 a⁻¹에서 각각 20.3과 20.7 g으로 유의한 차이가 없었다. 포복경 생체중은 질소비료 시비량 24와 48 kg 10 a⁻¹에서 각각 19.2와 19.9 g으로 유의한 차이를 나타내지 않았고, 포복경 건물중은 질소비료 시비 처리구간의 유의한 차이를 보이지 않았다. 지하부 생체중과 건물중은 질소비료 시비량 48 kg 10 a⁻¹에서 각각 21.5과 4.9 g으로 가장 높게 나타났다.

지상부 개체수는 질소비료 시비량에 비례하여 증가하였고, 질소비료 시비량 48 kg 10 a⁻¹에서 474.0개로 가장 높게 나타났으며, 다음으로 24 kg 10 a⁻¹에서 415.0개로 48 kg 10 a⁻¹와 비슷한 생육량을 나타냈다(Fig. 2). 포복경 길이는 질소비료 시비 처리구간의 유의한 차이를 나타내지 않았다.

잔디 재배지에서 질소비료 시비량에 따른 들잔디의 질소 시비효과를 알아보기 위해 질소비료를 16, 20, 24, 28과 32 kg 10 a⁻¹ 수준별로 시비 후 포장시험의 생육조사를 한 결과 질소비료의 농도가 높을수록 지상부길이, 지상부, 포복경과 지하부의 생체중과 건물중이 유의성 있게 증가하였다(Table 2). 질소비료 시비량에 따른 지상부길이는 24~32 kg 10 a⁻¹ 까

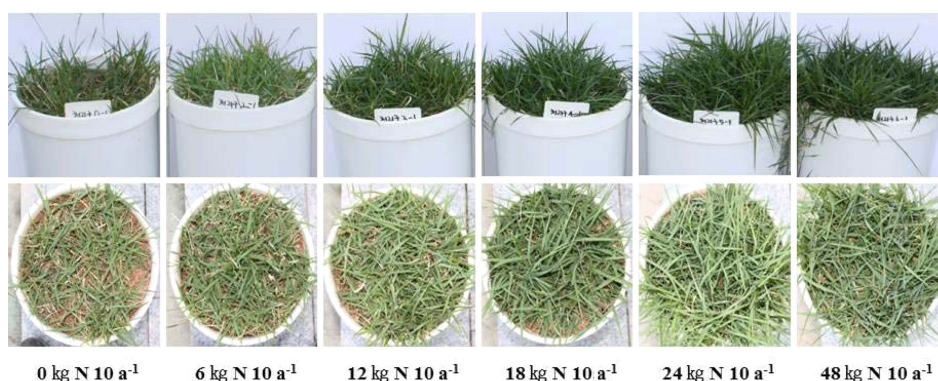


Fig. 1. Growth characteristics of zoysiagrass (*Zoysia japonica* Steud.) depending on nitrogen fertilizer application rates in the Wagner pot experiment. Urea was applied at 0, 6, 12, 18, 24 and 48 kg 10 a⁻¹ levels. Fused superphosphate and potassium chloride were applied at 12 kg 10 a⁻¹ each in all plots.

Table 1. Length of shoot and root, and fresh and dry weights of shoot, stolon and root in *Zoysia japonica* as affected by nitrogen fertilizer application rates in the Wagner pot experiment.

Nitrogen level ¹⁾ (kg N 10 a ⁻¹)	Shoot length (cm)	Root length (cm)	Fresh weight (g 491cm ⁻²)			Dry weight (g 491cm ⁻²)		
			Shoot	Stolon	Root	Shoot	Stolon	Root
0	11.5 a ²⁾	11.3 a	28.2 d	8.9 c	7.3 d	9.3 c	3.2 b	1.8 c
6	12.5 a	12.1 a	47.8 c	16.4 b	12.1 cd	14.3 b	5.9 a	3.0 bc
12	13.3 a	12.1 a	56.4 c	16.6 b	14.4 bc	17.4 ab	5.9 a	3.6 ab
18	13.6 a	12.3 a	59.7 bc	18.3 ab	17.1 ab	17.5 ab	6.0 a	4.2 ab
24	14.5 a	13.2 a	71.5 ab	19.2 a	17.7 ab	20.3 a	6.3 a	4.4 ab
48	14.6 a	12.3 a	78.7 a	19.9 a	21.5 a	20.7 a	6.4 a	4.9 a

The growth characteristics were measured 120th day after planting and 85th day after first fertilizer application.
¹⁾Urea was treated for a total 2 times, on June 6 and July 5. Fused superphosphate and potassium chloride were applied at 12 kg 10⁻¹ each in all plots.
²⁾Mean separation within columns by Duncan's multiple range test, p=0.05.

지 유의한 차이가 없었고, 근장은 질소비료 시비 처리구간의 유의한 차이를 보이지 않았다. 지상부 생체중과 건물중은 24~32 kg 10 a⁻¹ 시비량까지는 유의성을 나타내지 않았다. 포복경 생체중은 24 kg 10 a⁻¹ 시비량부터 유의한 차이가 없었으나 포복경 건물중은 28 kg 10 a⁻¹ 시비량부터 유의한 차이가 없었다. 지하부 생체중은 28과 32 kg 10 a⁻¹, 지하부 건물중은 24~32 kg N 10 a⁻¹ 시비량까지 처리구간의 유의한 차이가 없었다.

지상부 개체수는 질소비료 24~32 kg 10 a⁻¹ 시비량에서 각각 11925.5, 12451.9와 12837.0개로 처리구간의 생육량은 유의한 차이가 없었다(Fig. 3). 포복경 길이는 질소비료 24~32 kg 10 a⁻¹ 시비량에서 각각 21571.9, 22358.5 와 22525.9 cm로 처리구간의 유의성을 나타내지 않았다.

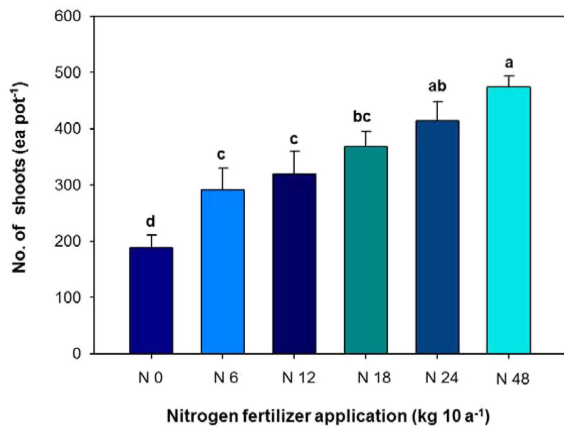


Fig. 2. Number of shoots of *Zoysia japonica* depending on nitrogen fertilizer application rates in the Wagner pot experiment. Urea was applied at 0, 6, 12, 18, 24 and 48 kg 10 a⁻¹ levels. Fused superphosphate and potassium chloride were applied at 12 kg 10 a⁻¹ each in all plots. The growth characteristics were measured 85th day after first fertilizer application. Bars indicate standard error of the mean. Different letters are significantly different by Duncan's multiple range test, *p*=0.05.

질소비료 시비량에 따른 들잔디의 전체적인 생육특성은 잔디 재배지 포장에서도 와그너 포트 시험결과와 비슷하

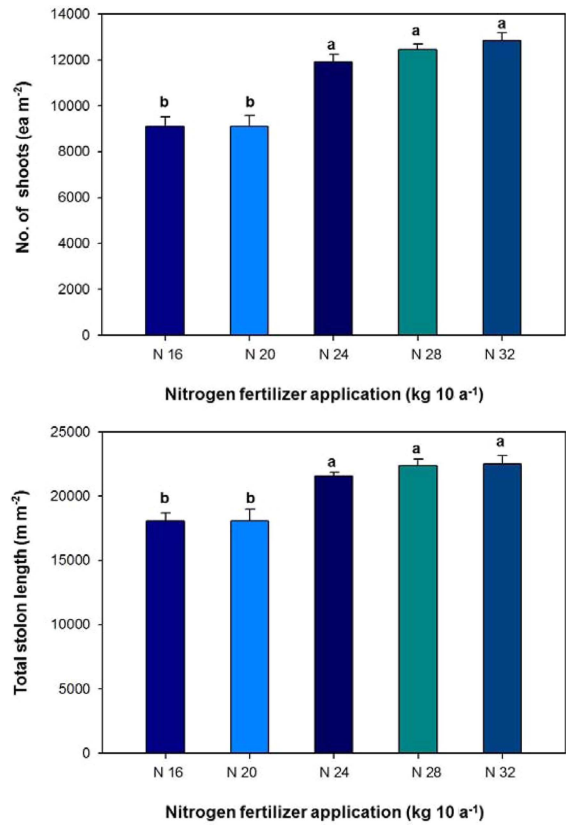


Fig. 3. Number of shoots and total stolon length of *Zoysia japonica* depending on nitrogen fertilizer application rates in the field experiment. Urea was applied at 16, 20, 24, 28 and 32 kg 10 a⁻¹ levels. Fused superphosphate and potassium chloride were applied at 12 kg 10 a⁻¹ each in all plots. Nitrogen was treated for a total 4 times, on April 10, May 11, June 1 and June 22. The growth characteristics were measured 155th day after first fertilizer application. Bars indicate standard error of the mean. Different letters are significantly different by Duncan's multiple range test, *p*=0.05.

Table 2. Length of shoot and root, and fresh and dry weights of shoot, stolon and root in *Zoysia japonica* as affected by nitrogen fertilizer application rates in the field experiment.

Nitrogen level [†] (kg N 10 a ⁻¹)	Shoot length (cm)	Root length (cm)	Fresh weight (g m ⁻²)			Dry weight (g m ⁻²)		
			Shoot	Stolon	Root	Shoot	Stolon	Root
16	9.2c [‡]	7.2 a	804.2 c	650.2 c	167.5 c	221.3 b	219.3 b	41.0 b
20	10.1 b	7.3 a	1038.0 b	701.6 b	194.4 bc	209.0 b	228.7 b	44.9 b
24	11.4 a	7.4 a	1315.4 a	853.5 a	231.9 ab	286.1 a	247.5 ab	50.9 a
28	11.8 a	7.3 a	1399.8 a	885.3 a	259.2 a	259.2 a	261.2 a	53.7 a
32	11.8 a	7.5 a	1338.8 a	870.4 a	261.0 a	261.0 a	257.1 a	52.2 a

The growth characteristics were measured 155th day after first fertilizer application.

[†]Urea was treated for a total 4 times, on April 10, May 11, June 1 and June 22. Fused superphosphate and potassium chloride were applied at 12 kg 10⁻¹ each in all plots.

[‡]Mean separation within columns by Duncan's multiple range test, *p*=0.05.

였으며, 질소비료 시비량이 증가할수록 생육량이 증가하였다. 질소 24 kg N 10 a⁻¹ 시비량까지는 유의한 증가를 보였으나 그 이상에서는 유의한 차이를 보이지 않았다. 이는 m²당 질소비료 10과 25 g으로 각각 저시비구와 고시비구로 처리하였을 때 통계적인 유의성을 보이지 않아 저시비구로도 한국잔디의 정상적인 생육에 지장이 없다고 한 결과와 유사한 경향을 나타내었다(Hwang and Choi, 1999). 또한 들잔디의 경우 연간 최저 10 a 당 약 18~24 kg의 질소가 필요하다는 보고와 유사하였다(Schery, 1961). 현재 잔디 재배농가는 24 kg 10 a⁻¹ 보다 많은 양의 질소비료를 공급하고 있는 실정이며(Han et al., 2014), 들잔디에 대한 질소시비의 반응은 크지만 지난친 질소비료의 사용은 잔디 생장을 촉진하여 대취충이 증가시키는 원인이 되고, 뿌리나 생육을 저해하는 등의 문제점이 발생할 수 있다(Lee et al., 1990). 따라서 24 kg N 10 a⁻¹ 이상의 질소비료 시비는 불필요하다고 판단할 수 있었다.

그러나 적당한 질소시비는 대취 분해에 유효한 미생물의 활동을 촉진시키므로 양호한 잔디 상태를 유지하기 위하여 적절한 질소 관리가 이루어져야 한다(Engle and Alderfer, 1967; Yoon and Lee, 1990). 장기적으로 보았을 때 과도한 질소비료의 사용은 건전한 잔디의 생육을 저해할 수 있으므로 들잔디의 생육을 고려하여 잔디 재배 시 적정 질소 시비량은 24 kg N 10 a⁻¹으로 판단되었다.

들잔디 무기이온 함량 및 토양 화학적 특성

질소비료를 수준별로 시비 후 들잔디의 무기이온 함량을 조사한 결과 질소비료의 농도가 높을수록 식물체내 질소 함량이 유의하게 증가하였고, 질소비료 시비량 32 kg 10 a⁻¹에서 질소 함량이 22.8 g kg⁻¹으로 가장 높게 나타났다(Table 3). 식물체내 인산, 칼륨과 마그네슘 함량은 처리구간의 유의한 차이를 나타내지 않았다. Walworth et al. (1986)은 DRIS (Diagnosis and Recommendation Integrated System)를 설명하면서 개별 무기원소의 식물체 내 함량과 함께 N/K, P/

N, K/P의 비율이 식물생육에 영향을 미친다고 하였으나 본 연구에서는 질소 시비량 증가로 인한 인산과 칼륨의 함량의 차이를 보이지 않았다. 인산과 칼륨의 경우 적정 토양 산도 유효범위는 pH 6.0-7.0일 때이다(Carrow, 1980). 그러나 본 연구에서는 시험 전 토양보다 질소 시비농도의 증가로 토양 pH의 저하로 인해 처리간 토양 내 칼륨의 함량 변화를 나타내지 않아 식물체내 칼륨 함량의 차이가 없는 것으로 생각되었으며, 인산 함량은 인산 흡수 및 이행과정에서 불용화가 촉진되어 처리간의 차이를 보이지 않은 원인이 되었다고 생각한다. 특히 인산의 경우 토양 pH의 감소로 인산의 불용화가 촉진되어 식물체 인산 흡수를 저해한다고 하였고(Nelson, 2003), pH가 산성으로 변할 때 미량 금속원소(Fe, Mn, Zn, Cu 등)의이 활성도가 증가되어 인산과 결합하여 인산의 불용화가 촉진되는 것으로 알려져 있다(Hannan, 1998; Morgan and Mascagni, 1991).

반면 식물체내 칼슘 함량은 질소비료의 농도가 높을수록 유의하게 감소하였으며, 질소비료 시비량 16 kg 10 a⁻¹에서 3.5 g kg⁻¹으로 가장 높게 나타났고, 질소비료 시비량 32 kg 10 a⁻¹에서 2.6 g kg⁻¹으로 가장 낮게 나타났다. 이는 잔디의 경우 빈번한 깎기 조건에서 지속적인 생장이 이루어지기 때문에 다른 작물에 비해 영양 요구도가 높으며, 이러한 요구를 충족시키기 위해 화학비료 중심의 시비관리 결과 칼슘과 같은 생장필수양분의 결핍을 초래할 수 있다는 보고와 유사한 경향을 나타내었다(Ham et al., 1996; Hwang and Choi, 1999).

와그너 포트 시험에서 질소비료 시비량에 따른 토양의 이화학적 특성을 분석한 결과 질소 시비량이 증가할수록 토양 내 pH가 감소하였다(Table 4). 치환성 양이온 Ca²⁺와 Mg²⁺는 질소비료 시비량 48 kg 10 a⁻¹에서 각각 2.30과 0.49 cmol_c kg⁻¹로 가장 낮게 나타났다.

잔디 재배지 포장시험에서도 질소 시비량이 증가할수록 토양 내 pH가 감소하였다(Table 5). 들잔디의 경우 토양 pH 범위는 4.5~7.5로 범위가 넓지만 최적 범위는 5.5~7.5

Table 3. Inorganic nutrient content of *Zoysia japonica* depending on nitrogen fertilizer application rates in the field experiment.

Nitrogen level ^y (kg N 10 a ⁻¹)	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	CaO
	-----g kg ⁻¹ -----				
16	14.6 d ^z	5.5 a	12.2 a	1.4 a	3.5 a
20	18.0 c	5.7 a	13.4 a	1.4 a	3.1 b
24	20.2 bc	5.4 a	13.6 a	1.4 a	3.0 ba
28	21.8 ab	5.1 a	13.6 a	1.5 a	2.7 ba
32	22.8 a	5.2 a	13.6 a	1.5 a	2.6 c

The growth characteristics were measured 155th day after first fertilizer application.

^yUrea was treated for a total 4 times, on April 10, May 11, June 1 and June 22. Fused superphosphate and potassium chloride were applied at 12 kg 10⁻¹ each in all plots.

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test, p=0.05.

Table 4. Chemical properties of soil as affected by nitrogen fertilizer application rates in the Wagner pot experiment.

Nitrogen level ^x (kg N 10 a ⁻¹)	pH (1:5)	EC (ds m ⁻¹)	T-N ^y (g kg ⁻¹)	Av. P ₂ O ₅ (mg kg ⁻¹)	O.M. (g kg ⁻¹)	Ex. cations (cmol _c kg ⁻¹)		
						K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
0	6.7	0.07	0.06	20.0	0.50	0.05	2.78	0.54
6	6.6	0.07	0.08	18.9	0.40	0.04	2.54	0.54
12	6.5	0.07	0.09	20.2	0.50	0.06	2.71	0.60
18	6.5	0.07	0.09	28.2	0.63	0.06	2.57	0.54
24	6.3	0.06	0.10	25.4	1.17	0.06	2.88	0.64
48	5.8	0.06	0.12	27.9	0.97	0.05	2.30	0.49
LSD _{0.05}	0.34	NS ^c	NS	2.31	0.2	NS	0.1	0.14

The growth characteristics were measured 120th day after planting and 85th day after first fertilizer application.

^xUrea was treated for a total 2 times, on June 6 and July 5. Fused superphosphate and potassium chloride were applied at 12 kg 10⁻¹ each in all plots.

^yT-N: total nitrogen; Av. P₂O₅: available P₂O₅; O.M.: organic matter; Ex. cations: exchangeable cations.

^cNS: Not significant.

Table 5. Chemical properties of soil as affected by nitrogen fertilizer application rates in the field experiment.

Nitrogen level ^w (kg N 10 a ⁻¹)	pH (1:5)	EC (ds m ⁻¹)	T-N ^y (g kg ⁻¹)	Av. P ₂ O ₅ (mg kg ⁻¹)	O.M. (g kg ⁻¹)	Ex. cations (cmol _c kg ⁻¹)		
						K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
Before ^x	6.0	0.42	0.6	79.1	15.0	0.11	2.48	1.11
16	5.7	0.53	0.7	107.1	14.4	0.10	2.53	1.01
20	5.6	0.60	1.1	84.2	16.8	0.13	2.55	1.14
24	5.4	0.80	1.3	111.1	26.5	0.12	2.49	0.82
28	5.0	0.93	1.4	117.4	26.0	0.19	2.27	0.66
32	5.0	0.90	1.5	195.2	16.3	0.14	1.59	0.50
LSD _{0.05}	0.31	0.12	0.26	32.2	4.0	NS ^d	0.32	0.18

The growth characteristics were measured 155th day after first fertilizer application.

^wUrea was treated for a total 4 times, on April 10, May 11, June 1 and June 22. Fused superphosphate and potassium chloride were applied at 12 kg 10⁻¹ each in all plots.

^xBefore: Before applying fertilizer in soil.

^yT-N: total nitrogen; Av. P₂O₅: available P₂O₅; O.M.: organic matter; Ex. cations: exchangeable cations.

^dNS: Not significant.

이다(Emmons, 2007; Lee et al., 2013). 이를 잔디 재배지 포장시험과 비교한다면, 질소비료 시비량 16 kg 10 a⁻¹의 경우 토양 pH가 5.7이었으나 질소비료 시비량 28과 32 kg 10 a⁻¹에서 토양 pH가 각각 5.0으로 감소하여 점차 산성화되는 경향을 나타내었다. 다량의 질소비료 공급에 따른 과도한 질소성분은 시간이 지날수록 용탈량이 증가하여 수질오염 및 토양 산성화 원인이 되어 토양생육환경을 악화시킨다고 한 결과(Mill and Jones, 1996) 때문으로 판단된다. 토양 내 EC는 질소비료 시비량 16 kg 10 a⁻¹에서 0.53 ds m⁻¹이었으나 32 kg 10 a⁻¹에서 0.90 ds m⁻¹으로 질소비료 시비량이 높아질수록 토양 내 EC가 증가하였다. 전질소도 질소비료 시비량 16 kg 10 a⁻¹에서 0.7 g kg⁻¹이었으나 32 kg 10 a⁻¹에서 1.5 g kg⁻¹으로 질소비료 시비량이 높아질수록 증가하였다. 이는 잔디 재배지 재배특성상 오랜 연작과 화학비료의 끊임없는 사용을 관행적으로 시행해오고 있으며(Bae et al., 2013), 화학비료의 무분별한 다량 투입으로 인해 토양 pH의 저하 및

토양 중 NO₃-N 함량과 더불어 EC가 증가하였다는 결과와 유사하였다(Lee et al., 2001).

치환성 양이온 Ca²⁺은 질소비료 시비량 16과 20 kg 10 a⁻¹에서 각각 2.53과 2.55 cmol_c kg⁻¹로 높게 나타났으나 32 kg 10 a⁻¹에서 1.59 cmol_c kg⁻¹로 가장 낮게 나타났다. 치환성 양이온 Mg²⁺은 질소비료 시비량 16과 20 kg 10 a⁻¹에서 각각 1.01과 1.14 cmol_c kg⁻¹로 높게 나타났으나 32 kg 10 a⁻¹에서 0.50 cmol_c kg⁻¹로 가장 낮게 나타나 질소비료 시비량이 증가할수록 감소하는 경향을 보였다. 32 kg 10 a⁻¹ 이상의 다량의 질소비료 시비는 무기이온 흡수가 저해되어 양분 결핍이 우려되었고, 질소비료 시비량이 증가할수록 토양 화학성을 악화시키는 것으로 판단되었다. 이와 같이 양질의 잔디를 유지하기 위한 과도한 화학비료의 사용은 칼슘과 마그네슘 같은 생장필수양분의 결핍으로 토양의 양분불균형을 초래하여 토양의 화학성을 악화시킬 수 있다고 하였다(Ham et al., 1996; Hwang and Choi, 1999).

현재 잔디재배 농가는 연작 및 생산량 증대를 위해 관행적으로 30~40 kg N 10 a⁻¹으로 다량의 질소비료를 시비하고 있으며, 일정한 기준 없이 경험에 의존하여 토양 화학성이 악화되고 있는 실정으로 잔디 수량과 양질의 잔디를 확보하기 위해서는 잔디 재배시 적정 질소 시비량을 결정해야 한다. 따라서 들잔디의 생육과 토양산도 및 토양 내 무기이온 변화를 고려한 결과 질소비료 24 kg N 10 a⁻¹부터 들잔디의 생육이 유의하게 증가하였고, 질소비료 농도가 높을수록 토양산도와 토양 내 칼슘과 마그네슘이 유의하게 감소하는 경향을 나타내었다. 이러한 결과로 들잔디 재배에 적절한 질소 시비량은 24 kg N 10 a⁻¹으로 관행시비량에 비해 연간 약 5~15 kg N 10 a⁻¹ 질소비료 절감과 더불어 토양산도 방지 및 토양개량에 의한 생육환경 개선으로 들잔디의 생육 향상에 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

요 약

양질 다수확 들잔디를 생산하기 위한 적정 질소비료 시비량을 규명하기 위하여 질소 시비량에 따른 들잔디의 생육과 토양화학성의 변화를 알아보고자 와그너 포트시험과 잔디 재배시 포장시험을 수행하였다. 포트시험에서는 지상부와 포복경의 생체중과 건물중, 지상부 개체수는 질소 시비량이 증가함에 따라 증가하였고, 질소비료 시비량 24와 48 kg N 10 a⁻¹ 처리구간의 유의한 차이를 보이지 않았다. 잔디재배시 포장시험에서는 질소비료 시비량이 높을수록 지상부길이, 지상부, 포복경과 지하부의 생체중과 건물중, 지상부 개체수와 전체 포복경 개수는 유의성 있게 증가하였으며, 질소비료 24~32 kg N 10 a⁻¹ 처리구간에는 유의한 차이가 없었다. 질소비료 시비량이 증가할수록 토양 내 pH, 치환성 양이온 칼슘과 마그네슘이 낮아져 토양 화학성이 악화되었다. 따라서 들잔디 생육 및 토양의 화학성을 고려한 적정 질소비료 시비량은 24 kg N 10 a⁻¹으로 판단되었다.

주요어: 무기이온, 질소비료, 토양 화학성, 들잔디

References

- Bae, E.J., Lee, K.S., Park, Y.B., Lee, S.M., Yang, G.M., et al. 2013. Growth and contents of inorganic nutrient during cultivation of zoysiagrass. *Weed Turf. Sci.* 2:82-87. (In Korean)
- Beard, J.B. 1973. *Turfgrass: Science and culture*. Prentice-Hall, Inc., Englewood cliffs, N.J., USA. pp. 132-147.
- 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 You, B.N. 1993a. Physico-chemical characteristics of soil profile of four golf courses in Kyonggi province. *Kor. Turfgrass Sci.* 7:55-60. (In Korean)
- Choi, B.J., Shim, J.S., Ju, Y.H. and Park, H. 1993b. Chemical characteristics of surface soil and mineral content of lawn in some golf course in Kyonggi province. *Kor. Turfgrass Sci.* 7:129-135. (In Korean)
- Choi, J.S. and Yang, G.M. 2006. Sod production in South Korea. *Weed Turf. Sci.* 20:237-251. (In Korean)
- Christians, N.E. 1998. *Fundamentals of turfgrass management*. Ann Arbor Press, Inc. USA.
- Christians, N.E. 2011. *Fundamentals of turfgrass management*. John Wiley & Sons, Inc. USA. pp. 141-142.
- Emmons, R.D. 2007. *Turfgrass science and management*. p. 123. In: Emmons, R.D. (Ed.). *Soil chemistry*. Thomson. Canada.
- Engle, R.E. and Alderfer, R.B. 1967. The effect of cultivation, topdressing, lime nitrogen on thatch over a ten year period. *New Jersey. Agric. Exp. Stn. Bull. USA.* p. 818.
- Ham, S.K., Kim, H.J., Shim, G.Y. and Kim, S.T. 1996. Management of cultural practices by using lime and silicate fertilizer in golf course. *Kor. Turfgrass Sci.* 38:39. (Abstr. In Korean)
- Han, J.J., Lee, K.S., Park, Y.B. and Bae, E.J. 2014. Effect of growth and nitrogen use efficiency by application of mixed silicate and nitrogen fertilizer on zoysiagrass cultivation. *Weed Turf. Sci.* 3:137-142. (In Korean)
- Hannan, J.J. 1998. *Greenhouses: Advanced technology for protected horticulture*. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey. USA.
- Huber, D.M. and Thompson, I.A. 2007. Nitrogen and plant disease. pp. 31-44. In: Datonff et al. (Eds.). *Mineral nutrition and plant disease*. Am. Phytopathological Soc., St. Paul, MN, USA.
- 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.* 13:79-90. (In Korean)
- Joo, Y.K., Lee, J.P. and Christians, N.E. 1997. Growth response of bentgrass to polymer coated urea. *Kor. Turfgrass Sci.* 11:97-104. (In Korean)
- Kim, H.K. 1990. Physiological and ecological studies on prolongation on the green leaf color period in Korea lawn, *Zoysia japonica* Steud. *Kor. Turfgrass Sci.* 4:5-11. (In Korean)
- 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.* 17:147-154. (In Korean)
- Kim, Y.S., Kim, T.S., Ham, S.K. and course service team of Bear Creek, G.C. 2008. Investigation of nutrient contents at in creeping bentgrass, kentucky bluegrass and zoysiagrass in early

- winter. Kor. Turfgrass Sci. 22:141-148. (In Korean)
- Lee, G.J., Kang, B.K., Kim, H.J., Park, S.K. and Min, K.B. 2001. Effect of nitrogen fertilizers on soil pH, EC, NO₃-N and lettuce (*Lactuca Sativa* L.) growth. Kor. J. Soil Sci. Fert. 34:122-128. (In Korean)
- Lee, J.S. and Yoon, Y.B. 1991. The effect of nitrogen fertilization on the growth and thatch accumulation of colonial bentgrass growth under removing clipping residues. Kor. Turfgrass Sci. 5:69-73. (In Korean)
- Lee, S., Yu, H.C., Yoon, B.S., Yang, G.M., Kim, J.Y., et al. 2013. Soil and morphological characteristics of native zoysiagrasses by the habitats. Weed Turf. Sci. 2:55-61. (In Korean)
- 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. 4:24-30. (In Korean)
- Mill, H.A. and Jones, J.B. 1996. Plant analysis handbook II . Atens, GA: Micro-Macro Publ., Inc.
- Morgan, J.T. and Mascagni. 1991. Environment and soil factors affecting micronutrient deficiencies and toxicities. pp. 371-425. In: Luxmoore, R.J. (Ed.). Micronutrient in agriculture. Soil Sci. Soc. of Amer., Inc. Madison, Wisconsin, USA.
- Nelson, P.V. 2003. Greenhouse operation and management. 6th ed. Prentice Hall, New Jersey, USA.
- Orcutt, D.M. and Nilsen, E.T. 2000. Physiology of plants under stress: Soil and biotic factors. John Wiley & Sons, New York. USA.
- RDA. 2003. Agricultural science technique research investigation and analysis standard. 4th ed. Suwon, Korea.
- Rim, Y.M., Kim, K.Y., Sung, B.R., Lim, Y.C., Chung, E.S., et al. 2003. Comparison on the growth characteristics of superior lines in the collected lines of zoysiagrass. Kor. Turfgrass Sci. 17:75-80. (In Korean)
- Schery, R.W. 1961. The lawn book. MacMillan Co., New York. USA.
- Shim, J.S. 1989. Effect of nitrogen fertilization and mowing interval on crude protein and vitro dry matter digestibility of over-dried clipping harvested from Korean lawngrass (*Zoysia japonica* Steud.). Kor. Turfgrass Sci. 3:77-82.
- Shurtleff, M.C. 1997. Biology and management of diseases in turfgrasses. In: Fermanian, T.W., Shurtleff, M.C., Randell, R., Wilkinson, H.T. and Nixon, P.L. (Eds.). Controlling turfgrass pests (2nd ed). Prentice-Hall, Upper Saddle River, New Jersey, USA. pp. 183-240.
- Smiley, R.W., Dernoeden, P.H. and Clarke, B.B. 2005. Compendium of turfgrass diseases. 3rd ed. Am. Pathological Soc., St. Paul, MN. USA.
- Walworth, J.L., Letzsch, W.S. and Summer, M.E. 1986. Use of boundary lines in establishing diagnostic norm. Soil Sci. Soc. Amer. J. 50:122-128.
- Yoon, Y.B. and Lee, J.S. 1990. Effect of nitrogen fertilization on the growth and thatch accumulation in Korean lawngrass (*Zoysia japonica* Steud.). Kor. Turfgrass Sci. 4:125-131.