

완효성 질소 비료의 시비가 크리핑 벤투그래스 생장과 토양 중 질소변화에 미치는 영향

김영선^{1*} · 김택수¹ · 함선규¹ · 방수원² · 이창은³

¹에이엠잔디연구소, ²SKY72 골프클럽, ³(주)씨엔엘케미컬

The Effect of Compound Fertilizer Contained Slow Release Nitrogen on Turfgrass Growth in Creeping Bentgrass and on Change in Soil Nitrogen

Young-Sun Kim^{1*}, Tack-Soo Kim¹, Suon-Kyu Ham¹, Su-Won Bang² and Chang-Eun Lee³

¹Turfgrass Research Institute, AMENC Co. Ltd, Inchoen, Korea,

²SKY72 Golf Club, Inchoen, Korea,

³C&L Chemical Co., LTD, Seoul, Korea

ABSTRACT

Compound fertilizer contained slow release nitrogen was used at golf course management because of promoting turfgrass growth and decreasing fertilizing labor. But, it was hardly published about turfgrass growth by its effect and form like isobutylidene diurea(IBDU) and methylene urea(MU) in golf course management of Korea.

This study was conducted to investigate the effect of compound fertilizer contained slow release nitrogen such as IBDU and MU on creeping bentgrass and the change in nitrogen in the root zone after application of fertilizers at AM turfgrass research institute with soil analysis, chlorophyll content index, leaf area index and dry weight during 5 months from July to december in 2007 year.

Fertilizer treatments were designed as following; non-fertilizer(NF), straight fertilizer(CF), treatment 1(MU), treatment 2(IBDU 1), and treatment 3(IBDU 2). The every treatments were arranged a randomized complete block design with three replications.

*Corresponding author. Tel : +82-32-741-8516

E-mail : zeroline75@empal.com

Received : Apr. 13, 2009, Revised : May. 20, 2009, Accepted : Jun. 1, 2009

Results obtained were summarized as follows:

As relative to time after N fertilizers application, ammonium and nitrate in soil were increased, but T-N was decrease. $\text{NO}_3\text{-N}$ and T-N content of slow release fertilizer(SRF), the treatment MU, IBDU 1 and IBDU 2, in soil was higher than that of CF, and the change of ratio of available N and T-N by elapsed time after fertilizing SRFs and CF was higher about 5% in root zone of SF to 15days, but in root zone of SRF from 30days about 5~10%.

Compared with NF, the turf color index was increased 6.5%, 6.7%, 5.9% and 5.5%, respectively, the chlorophyll content 33.2%, 38.4%, 35.1% and 37.1%, the dry weight 76.2%, 77.7%, 69.5 and 72.3% and shoot number 28%, 52%, 56% and 51%. The chlorophyll content index of MU, IBDU 1 and IBDU 2 was increased 2.6~5.2% than that of CF, shoot number 18~22% but turf color index and dry weight was analogous to that of CF.

These results showed that the SRF application was supplied nitrogen for a long time in root zone by increasing an available nitrogen, and so bring turf growth such as chlorophyll content and shoot number in creeping bentgrass.

Key words : available N, isobutylidene diurea(IBDU), methylene urea(MU), slow release fertilizer(SRF), straight fertilizer(SF), turfgrass growth

서론

현재 우리나라 골프장의 초종별 잔디 식재 현황(2006년 10월)을 보면 대부분의 골프장이 그린을 제외한 티, 페어웨이 및 러프에 난지형 잔디로 조성되어 있으나, 한지형 잔디로 조성된 골프장도 42개소에 이른다. 이는 전국 개장된 골프장의 약 21%에 해당되지만 국내 골프장의 한지형 잔디의 이용은 과거에 비하여 빠르게 증가하는 추세에 있으며 전 홀의 한지형 잔디조성도 증가하지만 티, 그린칼라 등 집중답압지역에 부분적인 이용이 최근 들어 급증하는 추세이다(심 등, 2007).

이러한 한지형 잔디로 조성된 골프장의 경우 골프코스 자체가 모래위주의 토양으로 조성되어 수분과 양분 보유력이 불량한 반면 배수성이 좋은 특성이 있고, 잦은 예초, 낮은 예고 및 다량의 질소시비에 의해 잔디는 많은

스트레스와 생육상의 장애를 받는다(O'Neil and Carrow, 1983). 시비시기와 시비량은 잔디의 스트레스에 의한 저항성과 회복능력에 영향을 미칠 뿐 아니라 병발생과 발생정도에도 밀접한 관련이 있다.

완효성 비료는 잔디에 대한 비료의 이용효율을 증진하고, 한 번의 시비로 잔디생육기간 동안의 지속적인 양분공급, 유실·용탈·고정·분해 및 휘산에 의한 비료손실의 최소화, 시비횟수의 단축에 의한 시비노력 및 인건비 절감, 일시적인 염류의 고농도 집적에 의한 장애와 독성 저하, 골프장의 추비 시비에 의한 잔디의 잎마름(leaf burning) 및 뿌리농도장해 예방, 수질 및 대기오염 경감 등의 장점이 있으나 속효성 비료에 비해 비용이 많이 들고, 토양특성 및 기상 조건에 따라 용출양상이 달라질 수 있다.

일반적으로 완효성질소성분이 포함된 비료는 coated urea(CU), crotonyliden diurea(CDU),

isobutyridene diurea(IBDU), methylene urea(MU) 등이 있으나(김완진, 2006) 골프장에는 IBDU와 MU가 많이 사용되고 있다. 완효성질소성분이 포함된 복합비료는 시비횟수를 단축시켜 시비노력과 그 비용을 감소시키는 데 기여한 바 있으나 완효성질소성분이 포함된 복합비료의 양분의 유출시간 및 지속시간에 따른 잔디생육 및 토양 중 질소성분의 변화에 대한 연구가 부족하다.

따라서 본 연구는 완효성 질소 성분이 함유된 복합비료의 시비가 크리핑 벤트그래스 생육과 토양 중 변화에 미치는 영향에 대해 조사하고 분석하였다.

재료 및 방법

본 실험은 2007년 7월부터 12월까지 6개월간 인천광역시 소재의 SKY72 골프장 증식포장에서 수행하였고, 공시잔디는 포장에 식재된 크리핑 벤트그래스 품종인 *Pennlinks* 를 이용하였다.

공시비료는 속효성 질소복합비료 1종과 완효성질소복합비료 3종으로 수행하였고, 완효성 질소복합비료는 methylene urea(MU) 1종과

isobutyridene diurea(IBDU) 2종으로 이용하였다. 속효성 질소비료는 시중에서 판매되는 잔디용복합비료((주)풍농)를 사용하였고, 완효성 비료인 MU 비료와 IBDU 비료는 (주)씨엔엘케미칼에서 공여 받아 시험에 이용하였다. 공시비료인 잔디용복합비료, MU비료, IBDU 비료 1 및 IBDU 비료 2의 질소-인산-칼리의 함량은 각각 11-5-7, 18-3-18, 24-5-10, 20-0-18 이었고, 기타 미량원소를 포함하고 있었다(Table 1).

처리구는 3m²(1m×3m)크기로 난괴법 3반복으로 수행하였다. 각 처리구는 비료처리 여부에 따라 비료를 시비하지 않은 무처리구(NF), 잔디용 복합비료만을 시비한 대조구(CF), MU 복합비료를 시비한 처리구 1(MU), IBDU 복합비료를 시비한 처리구 2(IBDU 1) 및 처리구 3(IBDU 2)로 설정하였다.

시비량의 설정은 공시비료에 사용된 완효성 비료가 인산과 칼리가 포함된 복합비료이나 완효성 질소성분에 따라 MU와 IBDU로 구분하였으므로 질소질 비료를 기준으로 시비량을 설정하였다. 비료는 잔디 생육기간을 고려하여 7월 1일과 8월 1일에는 30일 간격으로 3.6 N g · m⁻²을 2회(7/1, 8/1)시비하였고, 9월 1일과 10월 16일에는 45일 간격으로 7.2 N g · m⁻²

Table 1. The content of nutrients of fertilizer used in this study.

(Unit : %)

Fertilizer	N			P ₂ O ₅			K ₂ O	CaO	S	MgO	B ₂ O ₃	Fe	Mn	Cu	Zn
	^z SRF	^y SF	Total	^x CP	^w WP	Total									
Compound fertilizer	-	11	11	5	-	5	7	20	-	4	0.1	-	-	-	-
^y MU	12.6	5.4	18	-	3	3	18	-	8.5	1	-	1	0.1	0.1	0.1
^u IBDU 1	14.7	9.3	24	2	3	5	10	-	-	-	-	1	0.5	-	-
IBDU 2	10.7	9.3	20	-	-	-	18	-	-	2	-	0.3	0.2	0.1	-

^zSRF : slow release fertilizer

^ySF : straight fertilizer

^xCP : citrate-soluble phosphate

^wWP : water-soluble phosphate

^yMU : methylene urea

^uIBDU : isobutyridene diurea

Table 2. The application method of fertilizer used in this experiment. (unit : g/m²)

Treatment	N-P ₂ O ₅ -K ₂ O	Application times(month/day) and amount			
		1st(7/1)	2nd(8/1)	3rd(9/1)	4th(10/16)
NF ^v	0-0-0	0	0	0	0
CF ^x	11-5-7	32.75	32.75	65.5	65.5
MU ^w	18-3-18	20	20	40	40
IBDU 1 ^v	24-5-10	15	15	30	30
IBDU 2 ^u	20-0-8	18	18	36	36

^vTreatments were NF^v : no fertilized, CF^x : control fertilizer used strait fertilizer(11-5-7), MU^w : slow release N fertilizer of MU type used 18-3-18, IBDU 1^v : slow release N fertilizer of IBDU type used 24-5-10, IBDU 2^u : slow release N fertilizer of IBDU type used 20-0-8.

을 2회(9/1, 10/16)시비하였다(Table 2).

재배기간 중 포장의 예초관리는 자주식 그린모아로 주 2회 5.5mm 예고로 예취를 실시하였고, 통기작업은 파종한 지 2년이 경과되지 않아 봄철 1회 실시하였으나 시험기간 동안에는 실시하지 않았고 배토는 3회 실시하였다. 잔디 생육 중 포충나방의 방제를 위해 페니트로티온 유제와 각종 병해 예방을 위해 테부코나졸 유제를 2회 살포하였다.

공시토양은 시험전인 6월 30일과 시험이 종료된 12월 5일에 토양시료채취기를 이용하여 잔디표면으로부터 10cm 깊이로 2회 채취하여 풍건 후 체에 통과된 것을 시료로 사용하였다. 토양화학성은 산도(pH), 전기전도도(EC), 유기물(OM), 치환성양이온(K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺)을 조사하였고, 분석방법은 농업과학원 토양화학분석법(농업과학기술원, 1998)에 준하였다.

비료의 질소형태에 따른 시비 후 토양 중 질소변화를 확인하기 위해 토양 중 질소형태별 함량을 조사하였다. 조사시기는 3차 시비 후 15일, 30일 및 45일 차 시료를 분석하였고, 분석항목은 암모니아태질소, 질산태질소 및 총질소로 하였다.

또한 잔디시비효과를 측정하기 위하여 엽색지수와 엽록소함량을 측정하였으며, 기기는 각각 Turf color meter(SCOUT, TCM 500)와 Chlorophyll meter (SCOUT, CM 1000)를

사용하였다. 조사시기는 7월 2일부터 4~8일 간격으로 총 24회 조사하였다(7월/2일, 7/9, 7/17, 7/23, 8/3, 8/10, 8/18, 8/27, 8/31, 9/4, 9/10, 9/14, 9/18, 9/29, 10/9, 10/16, 10/23, 10/30, 11/7, 11/15, 11/24, 11/30, 12/5).

잔디생육량 조사는 5.5mm 예고로 자주식그린모어(SIBAURA)를 이용하여 예초하여 얻어진 잔디를 수돗물로 세척하여 이물질을 제거한 후 65℃의 건조기에서 24시간동안 건조 후 무게를 측정하였다. 조사는 총 6회 수행하였다(8/3, 8/31, 9/15, 10/3, 10/15, 12/5).

잔디밀도는 시험 종료시기인 12월 5일 시험 종료 후 1cm²의 규격의 잔디밀도조사기를 이용하여 조사하였다.

잔디식물체 분석은 시험 종료시기인 12월 5일 채취된 잔디예초물을 건조하여 시료로 사용하였고, 분석항목은 잔디생육에 주요 구성성분인 질소, 인, 칼리, 칼슘 및 마그네슘 등을 농업과학원의 식물체분석법(농업과학기술원, 1998)에 준하여 분석하였다.

결 과

토양의 무기성분 함량

시험 전 토양의 화학성은 Table 3과 같다. 본시험에 사용된 골프장의 토양화학성은 안 등

Table 3. The chemical properties change of soil before experiment.

pH (1:5)	EC dS/m	OM (%)	T-N	Av.-P ₂ O ₅ mg/kg	Exchangeable Cations			
					K	Ca	Mg	Na
7.60	0.61	0.40	0.015	48	0.15	1.45	0.24	ND ^z

^z ND : Not detected

(1992)이 제시한 이상적인 그린 토양의 조건을 비교할 때 pH는 약간 높고, 전기전도도와 질소는 적합하나 유효인산과 유기물 및 치환성양이온은 부족한 토양이었다.

시험종료 후 토양화학성 분석결과는 Table 4에 제시하였다. 무처리구는 대부분의 항목에서 시비전과 후에 차이가 나타나지 않았으나 시비구는 토양산도(pH), 치환성칼리 및 치환

습 및 나트륨은 시험전보다 시험 종료 후 증가하였다. 유효인산은 처리구에 따라 다르게 나타났다. 유기물함량과 나트륨함량이 증가한 것은 잔디성장에 따른 대취축적과 관수물에 다량 함유된 나트륨의 영향으로 판단된다. 특히, 칼슘은 대조구에서 많이 증가하였고 이는 대조구비료에 칼슘이 다량함유되어 있기 때문으로 생각된다.

Table 6. The change of ratio of available N and T-N in the soil by the elapsed time after applying fertilizers (Unit : %)

Elapsed time after fertilizing (day)	^z Ratio(available N / T-N)				
	NF	CF	MU	IBDU 1	IBDU 2
15	38a ^x	36a	30a	33a	28a
30	45a	56a	50a	54a	54a
45	49a	66a	71a	74a	80a

^zRatio represented ratio of available N and T-N in soil and it was calculated as following formular; Ratio(%) = Available N / T-N × 100.

^yAvailable N means the sum of ammonium N and nitrate N in soil.

^xMean by Duncan's multiple range test 5% level

성마그네슘은 처리전과 비슷하거나 약간 감소하였고, 전기전도도, 유기물, 질소, 치환성 칼

시비 후 토양 중 질소 형태별 함량 변화

Table 4. The chemical properties of soil after experiment.

Treatments ^z	pH (1:5)	EC dS · m ⁻¹	OM (%)	T-N	Av. -P ₂ O ₅ mg · kg ⁻¹	Exchangeable Cations			
						K	Ca	Mg	Na
NF	7.58a ^y	0.55b	0.49a	0.012b	77a	0.09a	1.08a	0.25a	0.20a
CF	7.62a	1.13a	0.50a	0.043a	33a	0.10a	3.32a	0.18a	0.23a
MU	7.56a	1.06a	0.63a	0.058a	19a	0.13a	1.73a	0.16a	0.23a
IBDU 1	7.54a	1.09a	0.47a	0.038a	29a	0.11a	2.20a	0.19a	0.23a
IBDU 2	7.44a	1.08a	0.44a	0.032a	125a	0.14a	1.62a	0.26a	0.24a

^zTreatments were NF : no fertilized, CF : control fertilizer used strait fertilizer(11-5-7), MU : slow release N fertilizer of MU type used 18-3-18, IBDU 1 : slow release N fertilizer of IBDU type used 24-5-10, IBDU 2 : slow release N fertilizer of IBDU type used 20-0-8.

^yMean by Duncan's multiple range test 5% level

Table 5. The content change of $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$ and T-N in the soil after applying fertilizers.

N form in soil	Elapsed time after fertilizing (day)	² Treatments					LSD = 5%
		NF	CF	MU	IBDU 1	IBDU 2	
$\text{NH}_4\text{-N}$	15	12a ^y	16a	18a	21a	19a	19
	30	27a	28a	28a	29a	40a	28
	45	32a	35a	39a	38a	38a	23
$\text{NO}_3\text{-N}$	15	104a	104a	99a	103a	106a	102
	30	108a	151a	137a	149a	137a	246
	45	110b	176ab	197a	209a	215a	48
T-N	15	308a	336a	392a	373a	439a	157
	30	299a	319a	327a	327a	327a	92
	45	287a	320a	331a	331a	331a	77

²Treatments were NF : no fertilized, CF : control fertilizer used strait fertilizer(11-5-7), MU : slow release N fertilizer of MU type used 18-3-18, IBDU 1 : slow release N fertilizer of IBDU type used 24-5-10, IBDU 2 : slow release N fertilizer of IBDU type used 20-0-8.

^yMean by Duncan's multiple range test 5% level

질소비료를 시비 후 토양 중 질소성분의 변화를 알아보기 위하여 시비 후 시간경과에 따라 토양에 함유된 처리구별 질소형태의 함량 변화를 측정 한 결과는 Table 5와 같다.

암모니아태질소와 질산태질소는 모든 처리구에서 시비 후 시간이 경과함에 따라 점차 증가하는 경향을 보였고, 총질소는 점차 감소하였다. 암모니아태질소는 처리구에 따른 차이는 크게 나타나지 않았으나 질산태질소와 총질소는 무처리구보다는 질소비료 처리구에서 높았고, 속효성 비료 처리구(CF)보다는 완효성 비료 처리구(MU, IBDU 1, IBDU 2)에서 높게 나타났다.

토양 중에서 잔디가 이용할 수 있는 질소의 형태는 암모니아태질소와 질산태질소이므로 이 두 형태의 질소를 잔디가 이용 가능한 질소로 가정하여 총질소 중 이용가능한 질소의 비율을 조사하였다(Table 6).

모든 처리구에서 시간이 경과함에 따라 총질소 중 가용성질소의 비율은 점차 증가하였다. 무처리구의 변화는 38~49%로 시비 후 경과 시간에 따른 가용성질소의 증가비율은 미비하였으나 비료 처리구는 30~80%로 경과시

간에 따른 가용성 질소 비율은 높게 나타났다. 처리구별 가용성질소의 비율은 시비 후 15일에는 CF, MU, IBDU 1 및 IBDU 2에서 각각 36%, 30%, 33%, 28% 이고, 시비 후 30일에는 CF, MU, IBDU 1 및 IBDU 2에서 각각 56%, 50%, 54%, 54% 이며, 시비 후 45일에는 CF, MU, IBDU 1 및 IBDU 2에서 각각 66%, 71%, 74%, 80% 로 나타났다.

시비 후 경과시간에 따른 토양 중 가용성질소의 변화는 시비초기에는 속효성 비료의 가용성 질소가 많으나 시비 후 30일 정도까지는 속효성 비료와 완효성 비료의 가용성 질소 비율은 비슷하고 30일 이후에는 완효성 비료 처리구에서 가용성 질소 비율이 증가하였다.

잔디 생육 조사

무처리구(NF)를 제외한 모든 처리구의 생육기간 중 엽색지수(turf color index)와 엽록소함량(chlorophyll content)의 변화는 비슷한 경향으로 나타났으며, 시험 후 85일경, 100일경, 120일 경에 포장전면에 살포한 모래배토작업 직 후에는 엽색지수와 엽록소함량이 다소 감소하였다(Fig. 1).

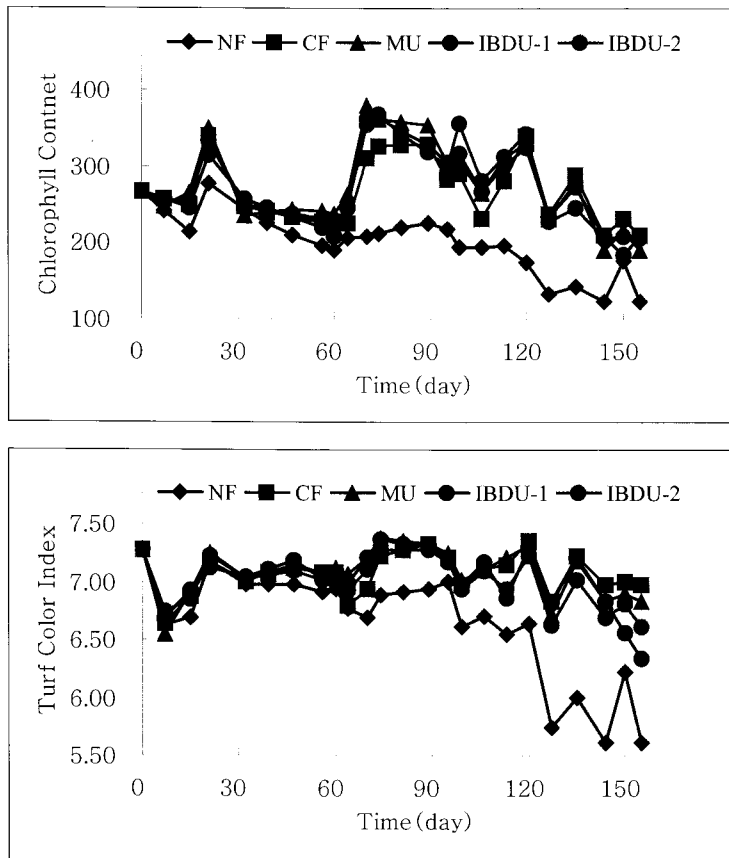


Fig. 1. The change of turf color index and chlorophyll content of creeping bentgrass. Treatments were NF : no fertilized, CF : control fertilizer used strait fertilizer(11-5-7), MU : slow release N fertilizer of MU type used 18-3-18, IBDU 1 : slow release N fertilizer of IBDU type used 24-5-10, IBDU 2 : slow release N fertilizer of IBDU type used 20-0-8.

시험시작 후 0~60일 경에는 모든 처리구에서 비슷한 경향의 엽색지수와 엽록소함량을 나타냈지만 60~150일 사이에는 NF는 점차 감소하고, CF, MU, IBDU 1 및 IBDU 2는 비슷한 경향을 나타내었다. 생육기간동안 측정된 평균값으로 엽색지수와 엽록소함량을 NF와 비교한 결과, 엽색지수는 CF, MU, IBDU 1 및 IBDU 2에서 각각 6.5%, 6.7%, 5.9%, 5.5% 증가하였고, 엽록소함량은 33.2%, 38.4%, 35.1%, 37.1% 증가하여 MU 처리구에서 높게 나타났다. CF와 완효성 비료 처리

구인 MU, IBDU1 및 IBDU 2를 비교할 때, 엽색지수는 거의 비슷한 결과를 나타내었고, 엽록소함량은 약 2~5% 정도 증가되었다.

잔디 생육량 및 밀도 조사

잔디 생육량 조사는 시험기간 중 얻어진 잔디 예초물을 건물 중으로 측정하고, 시험기간 동안 총 6회에 걸쳐 조사하였다. 처리구별 총 예초물량은 NF, CF, MU, IBDU 1 및 IBDU 2에서 각각 $18.4 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$, $32.4 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$, $32.6 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$, $30.5 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$, $31.7 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$

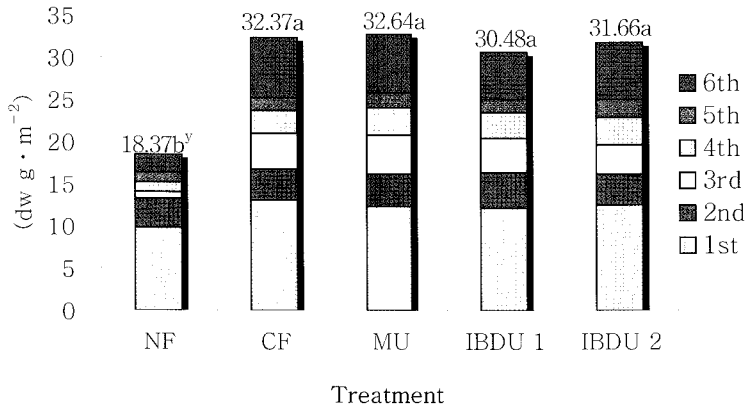


Fig. 2. The dry weight of leaves in creeping bentgrass applied with fertilizers. The dry weight was investigated total 6 times for experimental period and repective sampled day was following, 1st(August 3th), 2nd(August 31th), 3rd(September 15th), 4th(October 3th), 5th(October 16th), 6th(December 5th). ^aMean by Duncan's multiple range test 5% level.

로 나타났고, 처리구와 무처리구 간의 유의차가 있었다(Fig. 2).

무처리구와 처리구 간의 예초물량은 CF, MU, IBDU 1 및 IBDU 2가 NF보다 76.2%, 77.7%, 69.5%, 72.3% 각각 높게 나타났고, 대조구와 처리구간 예초물량은 비슷하여 통계적 유의성은 나타나지 않았으나, 예초물량이 가장 많은 처리구는 MU 처리구였다. CF와 완효성처리구를 비교할 때, CF보다 완효성 비료 처리구(MU, IBDU 1, IBDU 2)의 예초물량은 관행구와 비슷하였다.

잔디 밀도 조사는 시험 종료 후인 2008년 12월 1회 조사하였고, 단위면적당 잔디 개체 수는 NF, CF, MU, IBDU 1 및 IBDU 2에

서 각각 10.7 ea · cm², 13.7 ea · cm², 16.3 ea · cm², 16.7 ea · cm², 16.2 ea · cm²로 조사되어, IBDU 1에서 가장 높은 잔디밀도를 나타내었다(Table 7). 처리구별로 비교할 때 무처리구보다 질소비료 처리구에서 잔디밀도가 증가했고, 속효성 비료 처리구(CF)보다 완효성 비료 처리구(MU, IBDU 1, IBDU 2)에서 잔디밀도가 증가했다.

잔디 조직 분석 결과

시험종료 후 채취한 잔디 잎을 분석한 결과, 시비구(CF, MU, IBDU 1, IBDU 2)는 무처리구보다 질소는 42~114%, 인은 0~25%, 칼리는 12~19% 정도 더 많은 양분을 함유하고

Table 7. The shoot number by fertilizer treatments in creeping bentgrass. The shoot number was investigated on december 5th in 2008 year.

	(Unit : ea · cm ²)				
Treatments	NF	CF	MU	IBDU 1	IBDU 2
Shoot number	^z 10.7a ^y ± 1.6	13.7a ± 3.3	16.3a ± 3.2	16.7a ± 3.1	16.2a ± 3.1

^zmean ± SD(standard deviation)

^yMean by Duncan's multiple range test 5% level

Table 8. The nutrients content in the turf plant after this experiment.

Treatments	N	P	K	Ca	Mg	Na
NF	2.22b ^z	0.08a	0.91a	0.54a	0.17a	0.15a
CF	4.74a	0.09a	1.02a	0.46a	0.17a	0.10a
MU	3.15a	0.08a	1.07a	0.46a	0.18a	0.09a
IBDU-1	3.27a	0.10a	1.03a	0.43a	0.18a	0.09a
IBDU-2	3.27a	0.08a	1.08a	0.41a	0.19a	0.09a

(Unit : %)

^zMean by Duncan's multiple range test 5% level

있고, 질소를 제외한 다른 양분 함유량은 대조구(CF)와 처리구(MU, IBDU 1, IBDU 2)에서 비슷하였다(Table 8). 시험종료 후 CF에서 처리구보다 질소함량이 높았던 것은 마지막 시비일이 10월 16일 이후로 완효성 비료 처리구(MU, IBDU 1, IBDU 2)에서 기후적인 조건에 의해 가용화되지 못해 잔디로의 흡수가 감소하여 나타난 결과로 추정된다. 처리구별 질소함량은 속효성 비료인 CF에서 크게 나타났고, 완효성 비료 처리구(MU, IBDU 1, IBDU 2)에서는 비슷하였다. 잔디에 함유된 양분은 Mills와 Jones(1996)가 제시한 적정범위보다 질소, 인, 칼리 및 칼슘은 부족하나 마그네슘은 적절하였다.

고찰

골프장에서 사용된 질소비료의 이용율은 크리핑 벤투그래스의 경우 60~70% 정도 되지만, 한국잔디의 경우 35~45%로 한지형 잔디가 더 높은 이용율을 나타낸다(안 등, 1992). 일반적으로 이용되는 질소비료인 유안과 요소는 유기물과 혼합하여 시용할 때 시비효율이 좋아지며, 이때 잔디 생육량은 유안처리구에서 높으며(Lee et al, 1990), 질소시비량이 많을수록 잔디 조직 중 함유되는 질소함량은 높다(Shim, 1988; Shim, 1989). 이렇게 시용된 질소질 비료 중 요소나 유기질 비료는 토양

중에서 urease에 의해 분해과정을 거쳐 일부는 이용되고 일부는 암모니아가스로 휘발된다(Terman, 1979; Vlek와 Craswell, 1981; Nelson, 1982; Freney 등, 1983; Joo 등, 1987). 따라서 이들 성분들의 휘발을 막기 위해 코팅화된 완효성 비료를 사용하거나 요소의 사용방법을 개선하였으며(Hauck, 1984), 요소분해를 억제하는 urease inhibitor로서 N-(n-butyl) thiophosphoric triamide와 phosphoroamide 등이 알려져 있으며(Bremner와 Chai, 1986; Chai와 Bremner, 1986), urease inhibitor 효과는 N-(n-butyl) thiophosphoric triamide가 약간 더 좋다(Joo, 1992).

일반적으로 식물은 토양 중에서 암모니아태 질소나 질산태질소의 형태로 존재하는 질소를 영양원으로 이용하게 되고, 흡수된 양분은 식물체내에서 동화되어 아미노산이나 단백질 등으로 변화된다. 따라서 이 두 형태의 질소는 식물이 토양중 이용 가능한 질소형태이며, 이 성분들의 조절여부가 속효성질소비료와 완효성 질소비료의 시비를 결정하게 되는 주된 요인이 된다. 안 등(1992)은 일반적으로 골프장 토양에서 암모니아태질소와 질산태질소의 양은 각각 $30 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 과 $4 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 이며, 암모니아태질소와 질산태질소의 비율이 5~10:1 정도가 이상적이라고 보고하였다.

잔디밀도는 잔디품질을 결정하는 데 시각적인 평가요소로서 토양수분, 낮은 예초 및 질소

시비에 따라 증가하게 된다(안 등, 1992). 잔디밀도는 유기물을 시비하고(Lee et al, 1990), 질소시비량이 많을 때 증가하며(Lee et al, 2007), 초안(ammonium nitrate) 보다 요소(urea)나 유안(ammonium sulfate)에서 높게 나타난다(Hwang et al., 1991). 비종 별 잔디건물중은 속효성복합비료나 요소에서 보다 완효성복합비료(UF)에서 낮으나 엽록소함량은 약 10~20% 높았다(Choi, 1990).

IBDU(isobutyldiurea)비료를 골프코스에서 시비하게 되면 토양 중 유기물함량과 질소함량이 증가하게 되어 잔디의 생육량, 뿌리길이 및 잔디 품질이 증가한다(Ham et al, 1997). 본 연구에서는 완효성 비료 처리구와 속효성 비료 처리구를 비교할 때, 크리핑 벤트그래스에서 모두 잔디생육량은 속효성 비료 처리구와 비슷한 경향을 나타내었으나 잔디품질(엽색지수, 엽록소함량)과 잔디밀도는 완효성 비료 처리구(MU, IBDU)에서 높게 나타났다. 특히 시험기간 중 잔디품질 측정결과를 통해 속효성 비료 처리구보다 완효성 비료 처리구의 시비지속기간을 비교한 결과 완효성 비료 처리구에서 약 10~15일정도 긴 시비효과를 나타내었다.

이와 같이 완효성 비료 처리구에서 시비효과 지속기간이 길게 나타난 것은 토양 중 잔디가 이용할 수 있는 암모니아태질소와 질산태질소의 함량을 합한 가용성 질소의 함량이 완효성 비료의 처리구에서 속효성질소비료 처리구보다 높게 나타났기 때문이다. 특히, 가용성 질소성분이 속효성 비료의 비효기간이 감소하기 시작하는 시비 후 25~30일 이후부터 증가하는 것으로 보아 토양 중 가용성 질소함량이 높은 처리구에서 질소비효기간이 증가하였다.

이들의 결과를 통해 완효성질소비료를 처리하는 것은 속효성질소비료보다 토양 중에서

높은 가용성질소 함량을 나타내어 잔디 생육, 잔디 품질 및 잔디밀도를 향상시키는 것을 알 수 있었다.

요 약

본 연구는 완효성 질소 성분이 함유된 복합비료의 시비가 크리핑벤트그래스 생육과 토양 중 변화에 미치는 영향을 시험하고자 2007년 7월부터 12월까지 6개월간 수행하였다. 처리구는 비료를 처리하지 않은 무처리구(NF), 속효성질소복합비료(11-5-7)를 처리한 대조구(CF), MU 질소성분이 함유된 복합비료를 처리한 처리구 1(MU), IBDU 질소성분이 함유된 복합비료를 처리한 처리구 2(IBDU 1)과 처리구3(IBDU 2) 등 5개 처리를 난괴법으로 수행하였다.

시비 후 속효성질소성분과 완효성질소성분의 경과시간에 따른 토양 중 변화와 엽색지수와 엽록소함량과 같은 잔디품질과 잔디 생육량, 잔디밀도 등 잔디 생육을 조사하였고, 그 결과를 요약하면 아래와 같다.

암모니아태질소와 질산태질소는 모든 처리구에서 시비 후 시간이 경과함에 따라 점차 증가하는 경향을 보였고, 총질소는 점차 감소하였다. 질산태질소와 총질소는 속효성 비료 처리구(CF)보다는 완효성 비료 처리구(MU, IBDU 1, IBDU 2)에서 높게 나타났으며, 시비 후 경과시간에 따른 토양 중 가용성질소의 변화는 시비초기에는 속효성 비료의 가용성 질소가 많으나 시비 후 30일 정도까지는 속효성 비료와 완효성 비료의 가용성 질소 비율은 비슷하고 30일 이후에는 완효성 비료 처리구에서 가용성 질소 비율이 증가하였다.

엽색지수와 엽록소함량을 NF와 비교한 결과, 엽색지수는 CF, MU, IBDU 1 및 IBDU

2에서 각각 6.5%, 6.7%, 5.9%, 5.5% 증가하였고, 엽록소함량은 33.2%, 38.4%, 35.1%, 37.1% 증가하여 MU 처리구에서 높게 나타났다.

잔디생육량은 CF, MU, IBDU 1 및 IBDU 2가 NF보다 76.2%, 77.7%, 69.5%, 72.3% 각각 높게 나타났으나 대조구와 처리구간 예초물량은 비슷하였고, 잔디밀도는 무처리구보다 비료 처리구에서 증가하였고, 속효성 비료 처리구(CF)보다 완효성 비료 처리구(MU, IBDU 1, IBDU 2)에서 잔디밀도가 증가했다.

본 결과들을 통해 완효성 질소 성분 함유 비료가 속효성 질소에 비해 토양 중 가용성 질소의 함량을 높여 질소비효기간을 연장시키고, 엽색지수와 엽록소함량은 비슷하며 예초물량은 비슷하거나 감소시키지만 잔디밀도는 항상 시켜 완효성 질소 함유 비료의 시비가 잔디생육에 효과적인 것으로 평가되었다.

주요어 : 가용성 질소, 완효성비료, isobutylidene diurea(IBDU), methylene urea(MU)

참고문헌

1. 김성태, 김인섭, 김진원, 김호준, 심규열, 양승원, 안용태, 이정재, 함선규. 1992. 개정 Golf장 관리의 기본과 실제. 한국잔디연구소.
2. 김완진. 2006. 실용비료해설. 도서출판 상록사.
3. 농업과학기술원. 1998. 토양화학분석법. 농촌진흥청.
4. 심규열, 박남일, 김태선, 이주영, 최준수. 2007. 한지형잔디 특성화 교육. 한국골프장경영협회.
5. Bremner, J.M., and H.S. Chai, 1986. Evaluation of N-butyl phosphorothioic triamide for retardation of urea hydrolysis in soil Commun. Soil Sci. Plant Anal. 17:337-351.
6. Chai, H. S., and J.M. Bremner. 1986. Effects of phosphoroamides on ammonia volatilization and nitrate accumulation in soils treated with urea. Agron. Abstr. 1987:176.
7. Choi, J.S. 1990. Effects of several domestic fertilizers on the growth of zoysiagrass. Kor. Turfgrass Sci., 4(2):85-100.
8. Freney, J.R., J.R. Simpon, and O.T. Demeed. 1983. Volatilization of ammonia. p 1-32. In J.R. Freney and J.R. Simpson(ed). Gaseous Loss of Nitrogen from Plant-Soil System. Martinus Nijhoff/Dr. W. Junk.
9. Ham, S.G., S.T Kim, H.J. Kim and S.K. Lee. 1997. Effect of IBDU complex and organic fertilizers for Creeping bentgrass in golf course. Kor. Turfgrass Sci., 11(3):167-172.
10. Hauck, R.D. 1984. Technological approaches to improving the efficiency of nitrogen fertilizer use by crop plants. p.551-560. In R.D. Hauck(ed) Nitrotrne in Crip Production. American Society of Agronomy, Madison, WI.
11. Hwang, K.S., Y.B. Lee, and D.W. Han. 1991. Effects of nitrogen and potassium sources on the growth and quality of *Zoysia japonica* Steud. Kor. Turfgrass Sci., 5(1):1-10.
12. Joo, Y.K. 1992. The activity and utilization of urease inhibitor. Kor.

- Turfgrass Sci., 6(1):23-28.
13. Joo, Y.K., N.E. Christians and J.M. Bremner. 1987. Effect of N-(n-Butyl)thiophostoric triamide(MBPT) on growth response and ammonia volatilization following fertilization of kentucky bluegrass(*Poa pratensis* L.) with urea. J. Fert. Issues. 4:98-102.
 14. Lee, Y.B., K.S. Hwang and G.Y. Bae. 1990. Effects of nitrogen source and organic matter on growth and quality of *Zoysia japonica* Steud. Kor. Turfgrass Sci., 4(1):167-172.
 15. Mill, H.A. and J.B. Jones, Jr. 1996. Plant Analysis Handbook II. Atens, GA:Micro-Macro Publ., Inc.
 16. Nelson, D.W. 1982. Gaseous losses on nitrogen other than through denitrification. p. 327-363. In F. J. Stevenson(ed). Nitrogen in Agriculture Soil. American Society of Agronomy, Madison, WI.
 17. O'Neil, K. J. and R. N. Carrow. 1983. Perennial ryegrass growth, water uwe, and soil aerations status under soil compaction. Agron. J.75 : 177-180
 18. Shim, J.S. 1988. Effect of nitrogen fertilization and clipping interval on mineral and water-soluble carbohydrate contents in Korean lawngrass. Kor. Turfgrass Sci., 2(1):49-58.
 19. Shim, J.S. 1989. Effect of nitrogen fertilization and mowing interval on crude protein and in vitro dry matter digestibility of oven-dried clipping harvested from Korean lawngrass (*Zoysia Japonica* Steud.). Kor. Turfgrass Sci., 3(2):77-82.
 20. Terman, G.L. 1979. Volatilization loss of nitrogen as ammonia from surface-applied fertilizers, organic amendments, and crop residueus, Adv. Agron. 31:189-223
 21. Vlek, P.L.G. and E.T. Craswell. 1981. Ammonia volatilization from flooded soil. Fertil. Res. 2:227-245.