

## 답압시간과 비료종류가 골프코스 그린 잔디의 품질에 미치는 영향

이성우\* · 이재필<sup>1</sup> · 김두환<sup>2</sup>

인천그랜드골프장, <sup>1</sup>건국대 농축대학원 생명산업학과, <sup>2</sup>건국대학교 분자생명공학

### The Influence of Traffic Time and Fertilizer Type on the Quality of Golf Course Putting Greens

Sung-Woo Lee\*, Jae-Pil Lee<sup>1</sup> and Doo-Hwan Kim<sup>2</sup>

*Incheon Grand Golf Course.*

<sup>1</sup>*Dept. of Life and Industry, Graduate School of Agriculture and Animal Science, Konkuk University*

<sup>2</sup>*Dept. of Molecular Biology, Konkuk University*

#### ABSTRACT

Traffic management is becoming an important issue in turfgrass practise on golf course. The objective of this study was to investigate the combined impact of different traffic times and types of fertilization. Traffic treatment was applied in morning (AM), noon, and afternoon (PM). Fertilizers used include faster-release fertilizer (21-17-17) and slow-release fertilizers (12-6-18, 11-3-22, 20-3-20, 10-3-10). Experiment was conducted from Oct. 1 to Nov. 30, 2005 on a nursery putting green of Incheon Grand Golf Club. The growth and quality of creeping bentgrass (*Agrostis palustris* cv. 'Seaside II') were evaluated on visual leaf color, leaf texture, shoot density, and root length. The measurement at 20 days after treatment, turfgrass color and leaf texture showed the best result on 10-15-10 + Noon-traffic plot. Turf quality and traffic tolerance were not different at Am and Pm traffic treatment. However, traffic stress in early morning and late evening caused the most severe damage to the turfgrass. Shoot density was the highest in 10-15-10 + Noon-traffic treatment but root length was not different among treatments after 30 day measurement. Among the fertilizers, slow release fertilizer resulted in higher turf quality and traffic tolerance than

---

\*Corresponding author. Tel : 032-584-3111

E-mail : lswygi@hanmail.net

Received : Apr. 22, 2008, Revised : May. 7, 2008, Accepted : Jun. 8, 2008

fast release fertilizer, however, shoot density did not showed a significantly different. For the fast recuperation of turfgrass from traffic injury in the early winter, it is recommended to avoid early morning and late evening traffic such as cup replacement and other maintenance practise. It is also recommended to delay the first tee-up time and ending early for last tee time during cold weather season.

**Key words:** *Slow-release, fast-release, Creeping Bentgrass*

## 서 론

최근 5년간(2001~2005) 국내 골프장 수와 이용객 현황을 살펴보면 골프장 수는 전년대비 2001년 4%, 2002년 4.4%, 2003년 9%, 2004년 7%씩 꾸준한 증가세를 보여 2001년도에 총 158개소(회원제 114개소, 퍼블릭 44개소)에 불과했던 골프장 수가 2004년에는 194개소(회원제 136개소, 퍼블릭 58개소)로 4년간 약 22.8%가 증가하였다. 또한 현재 운영 중인 골프장의 회원제와 퍼블릭의 비율은 8대 2로 아직까지는 회원제가 압도적으로 많은 실정이지만 현재 건설 중인 골프장 73개 중 퍼블릭이 37개(46.5%)를 차지해 날이 갈수록 퍼블릭 골프장의 비중이 증가하고 있다(이 등, 2005).

내장객 수 역시 2004년 1,617만 명으로 2001년 1,290만 명에 비해 327만 명이 증가한 것으로 나타났다. 특히 2004년 퍼블릭 골프장의 이용객이 2003년도에 비해 9.29% 증가한 반면 회원제 골프장 이용객은 5.05% 증가에 그쳐 퍼블릭 골프장 이용객 증가율이 상대적으로 높은 것으로 조사되었다(한국골프장사업협회, 2005).

퍼블릭 골프장의 특징은 잔디 품질관리 보다는 내장객 유치에 더 중점을 두고 운영되어 그린에서의 답압의 강도는 더 높아질 것으로 보여 답압에 대한 관리문제가 향후 크게 대두될 것으로 예상된다(안 등, 1993; 심 등, 1997; 심 등 2004).

따라서 본 연구는 우리나라 늦가을부터 초겨울의 집중적인 답압피해를 줄이기 위해 답압

시간과 비료의 종류가 골프장 그린에 식재된 크리핑 벤트그래스의 생육과 품질에 미치는 영향을 규명하고자 하였다.

## 재료 및 방법

본 실험은 인천광역시 서구 원창동 380번지에 위치한 인천그랜드 골프장에서 실행되었다. 실험기간은 2005년 10월 1일~2005년 11월 30일까지 약 2개월간 실시되었고 시험구 크기는 1m × 1.5m이며 3반복 완전임의배치법으로 하였다. 시험구 처리는 아침, 점심, 저녁의 답압 시간대 변화 및 비료종류(5종)를 달리한 실험을 수행하였다(표 1).

공시비료는 요소(질소질), 용과린(인산질), 황산칼륨(칼미질)의 단용비료를 혼합한 대조구(10-15-10)와 비료성분의 흡수율과 비효의 지속성을 고려한 속효성 비료인 복합비료(21-17-17), 완효성 비료인 IBDU, MU, UF가 함유된 복합비료를 선정하였다(그림 1; 조 등, 2003).

N-P-K의 기준량은 1㎡당 질소 10g, 인산 15g, 칼륨 10g으로 하여 이를 대조구(A4)로 지정하였고, 복합비료는 순질소성분 5g/㎡을 기준하였다(표 1).

답압처리는 내장객의 답압조건을 고려한 롤러를 제작(무게 120kg, 고무장 5cm 간격)하여 1일 15회 강도로 실시하였다(그림 1). 처리

시간대는 낮 시간대인 13:00~14:00에 매일 실시하였으며, 우천 당일 및 다음날(비 그친 뒤 12시간 이내)은 실시하지 않았다. 또한 아침 답압(A16)과 저녁 답압(A17)은 잔디 잎이 젖어 있는 상태에서 답압 정도를 알아보기 위하여 아침, 저녁으로 달리하였다(심 등, 1997; Carrow et al., 1992).

조사항목은 엽색, 질감, 잔디품질 및 내답압성을 시각적으로 평가하였고 잔디 분얼경 밀도(개/cm<sup>2</sup>), 뿌리길이(cm)를 조사하였다(표 2). 본 실험기간동안 실험구의 지중온도, 토양 물리성 상태를 알아보기 위한 측정 항목인 토양경도와 투수계수 변화는 표 3과 같다(Beard, 1973; Christian, 1998).

표 1. 실험에 사용된 처리구별 처리내용

처리구	비료종류 (N-P-K)	답압 시간대	기타
대조구(A4)	10-15-10	13:00~14:00(점심)	단용 비료혼합
A16	10-15-10	06:00~07:00(아침)	단용 비료혼합
A17	10-15-10	20:00~21:00(저녁)	"
A18	21-17-17	13:00~14:00(점심)	복합비료(속효성 질소함유)
A19	12-6-18	"	복합비료(IBDU질소함유)
A20	11-3-22	"	복합비료(IBDU질소함유)
A21	20-3-20	"	복합비료(MU질소함유)
A22	10-3-10	"	복합비료(UF질소함유)

표 2. 조사항목별 평가방법

조사항목		조사횟수	조사주기	평가 방법
시각적 등급 평가	엽색	5회	1회/10일	1등급 : 지푸라기와 같은 갈색 또는 엽색 유지력이 없는 것 9등급 : 짙은 녹색
	질감	5회		1등급 : 거칠음 9등급 : 균일하고 부드러움
	잔디품질	5회		1등급 : 낮음 9등급 : 높음 * 잔디품질은 엽색, 질감, 밀도 등을 종합적으로 평가
	내답압성	5회		1등급 : 답압에 100% 피해를 받는 경우 9등급 : 답압에 피해를 전혀 받지 않는 경우
잔디 분얼경 밀도(개/cm <sup>2</sup> )	3회	1회/14일	단위면적당(cm <sup>2</sup> 당) 분얼경 수	
뿌리길이(cm)	3회		직경 15mm 토양 샘플러로 잔디를 채취 후 잔디뿌리가 집중적으로 나와 있는 부분까지 30cm 자를 이용하여 측정	

표 3. 실험구의 온도, 습도, 토양경도, 투수계수 변화(2005년)

항목 \ 일자	10/3	10/10	10/17	10/24	10/31	11/7	11/14	11/21	11/28
지중온도(°C)	21.5	20.5	20.2	19.6	18.9	14.7	9.4	6.7	5.6
토양경도(kg/cm <sup>2</sup> )	12.9	-	13.4	-	13.5	-	14.7	-	15.2
투수계수(mm/hr)	-	1,714	-	-	861	-	-	616	-

※ 조사시간 : 오후 3~4시

### 결과 및 고찰

#### 답압 시간대 변화에 따른 엽색, 질감, 잔디품질 및 내답압성의 시각적 평가

잔디 엽색 및 잔디질감은 답압 20일까지는 차이가 적었으나 약 20일 이후 10월 중순부터는 낮 1시부터 2시 사이 처리한 대조구 A4에 비해 오전 6시부터 7시 사이 처리한 A16에서 잔디품질이 나빠졌다(표 4, 그림 1). 이는 아침 이슬 등 습한 조건에서 지속적으로 답압이 가

해지면서 잔디 지상부의 마모가 쉽게 손상되었던 것으로 판단된다. 특히 30일 이후인 11월 중순부터 새벽 서리발생으로 인해 급격히 색도 및 품질저하가 가속화되기 시작하였다.

잔디품질과 내답압성은 아침 시간대인 처리구인 A16와 저녁시간대 처리구인 A17은 낮 시간대 A4와 비교하여 큰 차이는 없었으나 11월 이후 일교차가 커지면서 품질이 떨어졌다(표 5, 그림 1).

표 4. 답압시간대 변화에 따른 처리구별 엽색 및 질감(실험 시작일: 2005년 10월 1일)

처리구	엽색(1~9)					질감(1~9)				
	0일	10일	20일	30일	40일	0일	10일	20일	30일	40일
A4(대조구)	6.0a <sup>z</sup>	6.5a	5.3a	5.1a	2.3a	7.0a	6.5a	6.1a	4.3a	3.7a
A16	6.0a	6.8a	5.0a	3.2c	1.5b	7.0a	6.3a	6.1a	3.9a	2.8b
A17	6.0a	6.3a	5.2a	4.2b	2.2a	7.0a	6.2a	5.8a	4.2a	3.2ab

<sup>z</sup>세로줄은 던컨의 다중검증(P=0.05)

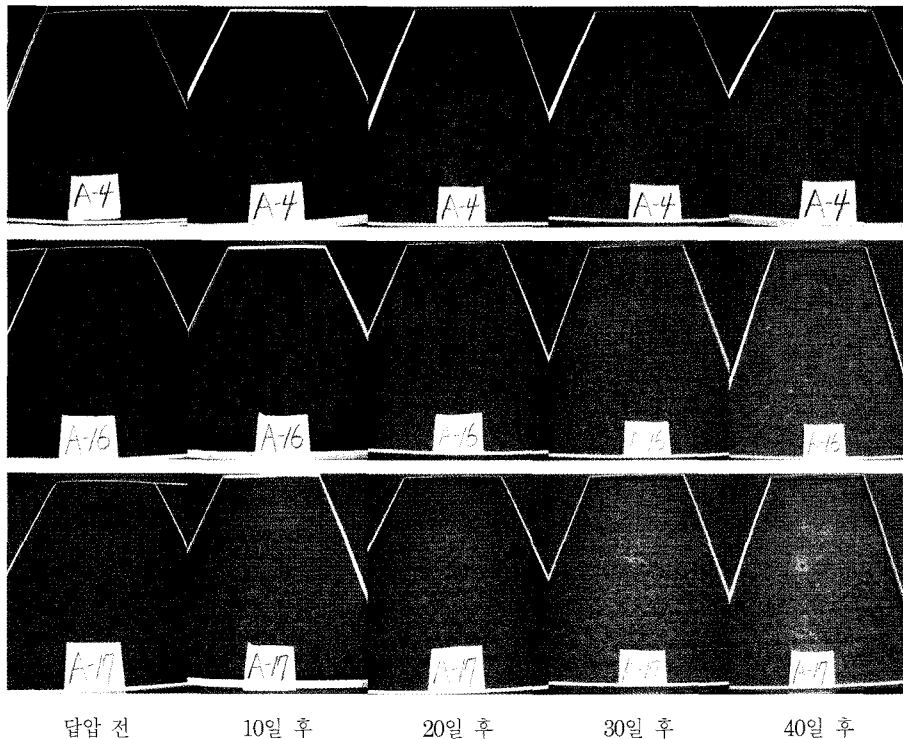


그림 1. 답압 시간에 따른 처리구별 내답압성의 변화

표 5. 답압시간대 변화에 따른 처리구별 잔디품질 및 내답압성(실험 시작일: 2005년 10월 1일)

처리구	잔디품질(1-9)					내답압성(1-9)				
	0일	10일	20일	30일	40일	0일	10일	20일	30일	40일
A4(대조구)	8.0a <sup>z</sup>	6.5a	5.3ab	4.1a	3.0a	9.0a	7.2a	6.2a	4.5a	2.8a
A16	8.0a	6.8a	5.5a	2.5c	1.5c	9.0a	7.2a	6.2a	3.9b	2.3b
A17	8.0a	6.8a	5.0b	3.3b	2.7b	9.0a	7.1a	6.1a	3.4c	2.5ab

<sup>z</sup>세로줄은 던컨의 다중검증(P=0.05)

**답압 시간대 변화에 따른 잔디 분얼경 밀도, 뿌리길이 변화**

잔디 분얼경 밀도는 답압 15일후까지는 큰 차이를 보이지 않았으나 30일후의 측정에서 대조구인 A4에 비해 A16가 밀도가 크게 떨어졌다(표 6). 이는 하루 중 관수, 이슬, 서리 등의 영향으로 이른 아침시간대의 답압이 잔디손상에 영향을 주었기 때문으로 판단되었다. 즉, 장마기나 비온 직후, 이슬이나 관수로 인해 그린 상태가 습한 경우와 겨울철 서리발생시 이른 아침의 내장객에 의한 답압은 지상부 잔디조직을 파괴시켜 그린잔디의 손상을 크게 하는 것으로 판단된다. 따라서 흘렵교체시나 티업 시간

조정 시 이를 고려한다면 잔디의 손상 피해를 줄일 수 있을 것이다. 즉 단기적으로는 아침시간대의 답압은 잔디 지하부보다는 지상부에 더 많은 손상 피해를 미치는 것으로 판단된다(Carrow, 1995; Dunn et al. 1994).

뿌리길이는 지상부 평가와는 달리 처리구별 차이가 적었다. 이는 처리구별 비료 종류별 시비량이 동일하기 때문으로 판단된다. 그러나 뿌리길이는 실험 전 6cm 내외에서 실험 30일 후 14cm 내외로 길어졌다(표 6, 그림 2). 이는 실험 30일 이후 잔디 뿌리가 성장할 수 있는 조건이 좋아졌기 때문으로 판단된다.

표 6. 답압 시간대 변화에 따른 처리구별 잔디밀도 및 뿌리길이 (실험 시작일: 2005년 10월 1일)

처리구	잔디밀도(개/cm <sup>2</sup> )			뿌리길이(cm)		
	답압 전	15일후	30일후	답압 전	15일후	30일후
A4(대조구)	26.0a <sup>z</sup>	20.7a	13.3a	6.0a	8.5a	14.3a
A16	26.0a	21.0a	9.0c	6.0a	8.8a	14.5a
A17	26.0a	19.7a	11.0b	6.0a	8.5a	14.7a

<sup>z</sup>세로줄은 던컨의 다중검증(P=0.05)

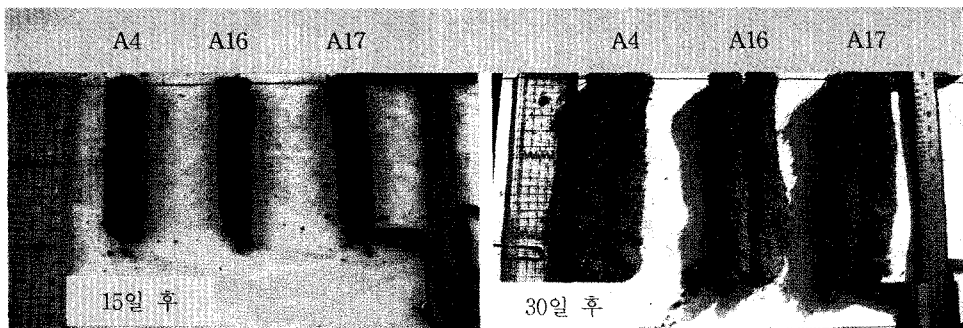


그림 2. 답압시간에 따른 처리구별 뿌리길이

### 비료 종류별 시비에 따른 엽색, 질감, 잔디품질 및 내답압성의 시각적 평가

잔디 엽색은 처리 후 10일까지는 속효성 비료인 A18의 엽색이 진하 녹색이었다. 그러나 실험 기간이 경과 할수록 질소성분이 지속적으로 공급되는 완효성비료 처리구인 A20, A21 및 A22가 진한 녹색을 유지하였다(표 7; 그림 3; 김 등, 1998; 권 등 2005).

잔디의 질감은 잔디의 엽색과 달리 실험 30일 이후 A4와 A18가 낮았다. 이는 속효성 비료의 효과가 감소하였기 때문으로 판단된다.

잔디품질과 내답압성은 속효성 비료인 A18 보다 완효성 비료 처리구인 A22가 가장 좋았다(표 8). 이는 속효성 비료 처리구인 A18의 경우 질소질 비료의 입자가 크고 함량비가 높아 순 질소 성분을 기준으로 살포되는 비료 양이 적어 불균일하게 살포되었기 때문으로 판단된다(권 등, 2005; Douglas et al. 1998).

### 비료 종류별 시비에 따른 잔디 분얼경 밀도, 뿌리길이

잔디 분얼경 밀도는 실험 15일과 30일 후 각각 20.2개/cm<sup>2</sup>와 16.3개/cm<sup>2</sup>로 A22가 가장 많았다. 그러나 처리구별 평균 잔디 분얼경 밀도는 답압처리 15일 이후부터 답압 전 26개에서 20.2개, 13.6개로 급속히 감소하였다(표 9). 이는 그린의 면적을 14개 이상의 홀컵 존(hole cup zone)을 확보할 수 있도록 해야 한다. 즉, 잔디의 회복기간을 2주 이상 확보할 수 있도록 그린을 설계해야 한다는 보고와 일치하였다(황, 2001).

뿌리길이는 A18가 11.7cm로 가장 짧았고 다른 처리구에서는 14~14.3cm로 차이 적었다(표 9, 그림 4).

표 7. 비료종류에 따른 처리구별 엽색 및 질감의 변화

(실험 시작일: 2005년 10월 1일)

처리구	엽색: 1~9 (9= 진녹색)					질감: 1~9 (9= 부드럽다)				
	0일	10일	20일	30일	40일	0일	10일	20일	30일	40일
A4(대조구)	6.0a <sup>z</sup>	6.5ab	5.3ab	5.1a	2.3b	7.0a	6.5a	6.1a	4.3bc	3.3c
A18	6.0a	6.8a	5.8a	4.9b	2.0b	7.0a	6.2a	5.0b	4.0c	3.1c
A19	6.0a	6.3b	5.2ab	4.5b	2.0b	7.0a	6.5a	6.2a	4.8b	3.6ab
A20	6.0a	6.2b	4.8c	4.8b	3.0a	7.0a	6.5a	5.7ab	4.8b	3.5ab
A21	6.0a	5.8c	4.7c	5.1a	3.0a	7.0a	6.5a	6.0a	5.0a	3.9a
A22	6.0a	5.8c	5.5b	5.0a	3.3a	7.0a	6.5a	6.0a	5.3a	4.0a

<sup>z</sup>세로줄은 던컨의 다중검증(P=0.05)

표 8. 비료종류에 따른 처리구별 잔디품질 및 내답압성

(실험 시작일: 2005년 10월 1일)

처리구	잔디품질: 1~9 (9= 매우 좋음)					내답압성: 1~9 (9= 매우 높음)				
	0일	10일	20일	30일	40일	0일	10일	20일	30일	40일
A4(대조구)	8.0a <sup>z</sup>	6.5a	5.3b	3.9c	3.0a	9.0a	7.2a	6.2b	4.5b	2.8c
A18	8.0a	5.9b	4.4c	3.9c	2.3c	9.0a	6.8c	5.2c	3.9c	2.2d
A19	8.0a	6.8a	5.9a	5.2a	3.0b	9.0a	7.0bc	6.2b	3.9c	2.8c
A20	8.0a	6.8a	6.0a	5.0a	3.2a	9.0a	7.3b	6.8ab	5.5ab	3.5ab
A21	8.0a	6.9a	5.8a	4.9b	3.5a	9.0a	7.3b	6.5b	5.9a	3.8a
A22	8.0a	6.8a	6.0a	5.2a	3.7a	9.0a	7.9a	7.0a	6.0a	4.0a

<sup>z</sup>세로줄은 던컨의 다중검증(P=0.05)

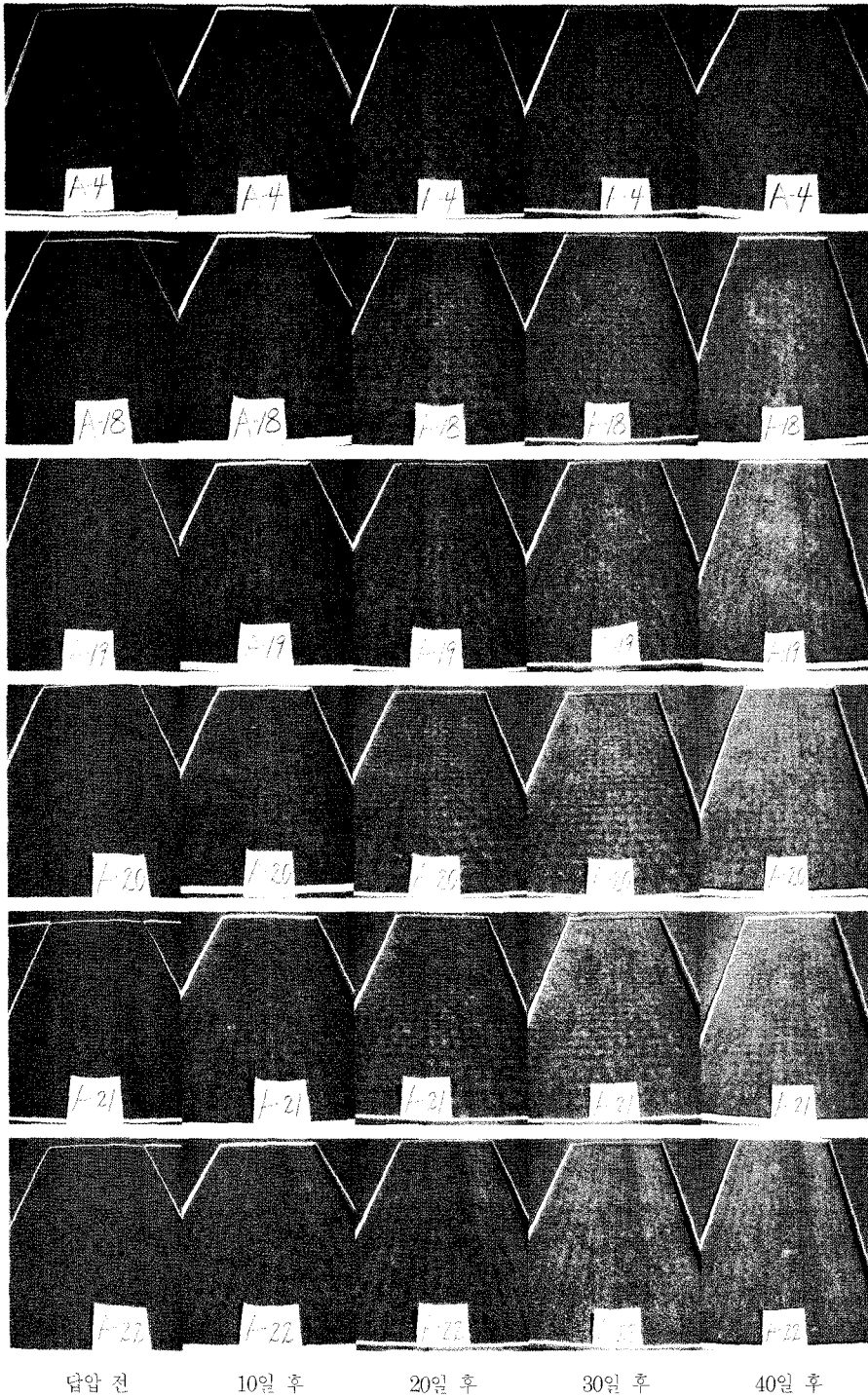


그림 3. 비료와 답압 변화에 따른 처리구별 내답압성

표 9. 비료종류에 따른 처리구별 잔디밀도 및 뿌리길이 변화

(실험 시작일: 2005년 10월 1일)

처리구	잔디밀도(개/cm <sup>2</sup> )			뿌리길이(cm)		
	답압 전	15일 후	30일 후	답압 전	15일 후	30일 후
A4(대조구)	26.0a <sup>z</sup>	20.7b	13.3b	6.0a	8.5a	14.3a
A18	26.0a	17.7d	10.3d	6.0a	8.2a	11.7c
A19	26.0a	21.0b	14.3b	6.0a	8.3a	13.2b
A20	26.0a	19.3c	12.7c	6.0a	8.3a	14.0a
A21	26.0a	20.0b	14.7b	6.0a	8.3a	14.3a
A22	26.0a	22.3a	16.3a	6.0a	8.8a	14.3a
평균	26.0	20.2	13.6	6.0	8.4	13.6

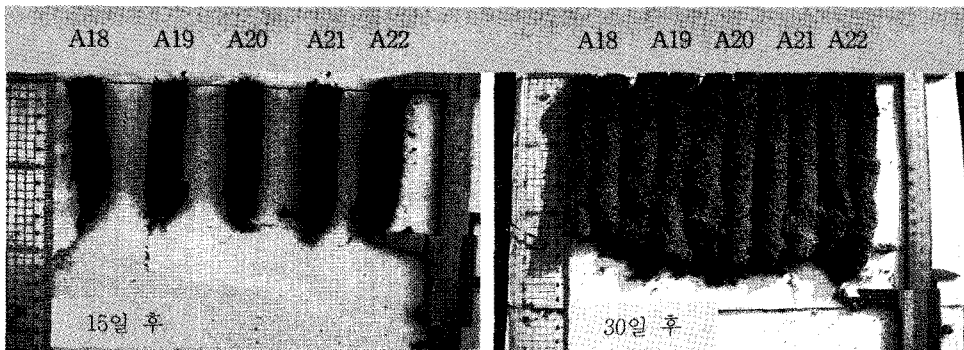
<sup>z</sup>새로줄은 던전의 다중검증(P=0.05)

그림 4. 비료 종류에 따른 처리구별 뿌리길이의 변화

## 요약

본 연구는 우리나라 늦가을부터 초겨울의 집중적인 답압피해를 줄이기 위해 답압 시간과 비료의 종류가 골프장 그린에 식재된 크리핑 벤트그래스의 생육과 품질에 미치는 영향을 구명하고자 하였다. 실험기간은 2005년 10월 1일~2005년 11월 30일까지 약 2개월간 인천그랜드 골프장내 시험포장에서 크리핑 벤트그래스의 '씨 사이드 II' 품종을 대상 실시되었고 실험구의 크기는 1m × 1.5m이며 3반복 완전임의배치법으로 하였다. 시험구 처리는 대조구와 답압 시간대(오전, 정오, 저녁) 및 비료종류(속효성 비료 1종, 완효성 비료 4종)를 달리한 실험을 수행하였다. 조사항목은 엽색, 질감, 밀도 및 내답압성을 시각적으로 평가하였고 잔디 밀

도(개/cm<sup>2</sup>), 뿌리길이(cm)를 조사하였다. 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 답압 시간대 변화에 따른 잔디 엽색 및 잔디 질감은 답압처리 20일 이후인 10월 중순부터는 낮 1시부터 2시 사이 처리한 대조구 A4(10-15-10+정오)에 비해 오전 6시부터 7시 사이 처리한 A16(10-15-10+아침)에서 잔디품질이 나빠졌다. 잔디품질과 내답압성은 아침 시간대인 처리구(A16)와 저녁시간대 처리구(A17)는 낮 시간대 A4와 비교하여 큰 차이는 없었으나 11월 이후 일교차가 커지면서 품질이 떨어졌다.
2. 답압 시간대 변화에 따른 잔디 분얼경 밀도는 답압 30일후의 측정에서 대조구인 A4에 비해 A16가 밀도가 크게 떨어졌다. 또한 뿌리길이는 지상부 평가와는 달리 큰 차이가



없었다. 즉 단기적으로는 아침시간대의 답압이 지하부보다는 지상부 생육에 미치는 것으로 나타났다.

3. 비료 종류의 변화에 따른 잔디 엽색은 처리 후 10일까지는 속효성 비료인 A18의 엽색이 진하였다. 그러나 실험 기간이 지나면서 질소성분이 지속적으로 공급되는 완효성비료 처리구인 A20(11-3-22), A21(20-3-20) 및 A22(10-3-10)가 진한 엽색을 유지하였다. 잔디의 질감은 잔디의 엽색과 달리 실험 30일 이후 A4와 A18가 낮았다. 잔디품질과 내답압성은 속효성 비료인 A18보다 완효성 비료 처리구(A22)가 가장 좋았다.
4. 잔디 분얼경 밀도는 실험 15일과 30일 후 각각 20.2개/cm<sup>2</sup>와 16.3개/cm<sup>2</sup>로 A22가 가장 많았다. 그러나 처리구별 평균 잔디 분얼경 밀도는 답압처리 15일 이후부터 답압 전 26개에서 20.2개, 13.6개로 급속히 감소하였다. 뿌리길이는 A18가 11.7cm로 가장 짧았고 다른 처리구에서는 14~14.3cm로 차이 적었다.

이상 결과를 종합하여 보면 잔디의 답압으로 인한 피해를 최소화하고 건강한 잔디생육을 위하여 첫째, 관리적 방법으로 답압피해가 심할 수 있는 아침이나 저녁시간대의 관리작업 및 내장객 답압을 최소화하기 위해 홀컵 이동이나 교체시기를 탄력적으로 운영해야 할 것이다. 둘째, 동계기간 중에는 티업시간을 최대한 늦추거나 마지막 티업 시간을 당겨서 이른 아침과 저녁시간에 서리와 잔디의 결빙으로 인한 잔디의 손상을 최소화 하여야 할 것이다. 셋째, 비료의 선택에 있어 단기적으로 답압과 마모가 예상되는 경우에는 왕성한 회복을 촉진하는 속효성 비료를 선택한다. 반면 시간의 경과에 따른 생육의 균일도, 즉 엽색이나 밀도 등을 가능한 오랜 기간 동안 일정하게 유지할 경우 완효성 비료를 사용해야 할 것으로 판단된다.

주요어 : 완효성비료, 속효성비료, 크리핑 벤트그래스

## 참고문헌

1. 김경남, R.C. Shearman. 1998. 답압조건 의 크리핑 벤트그래스 페어웨이에서 여러 가지 잔디관리방법이 엽 조직 및 토양 질소함유량에 미치는 상호작용효과. 한국잔디학회 12(2) : 113-126.
2. 권성호, 서용원, 함선규. 2005. 속효성비료 및 완효성질소성분이 함유된 복합비료가 Creeping Bentgrass의 생육에 미치는 효과. 한국잔디학회 학술발표지(제18차): 26-27.
3. 심규열, 김정호. 2004. 골프화 정의 종류별 잔디에 미치는 영향 조사. 한국잔디학회지 18(3) : 165~169.
4. 심포룡, 심규열. 1997. 피팅그린의 마모와 골프공의 구름에 미치는 골프화의 영향. 한국잔디학회 11(3) : 205~210.
5. 이상재 외 20인. 2005. 골프코스 설계시 공관리 및 경영. 청연출판사.
6. 안용태 외 11인. 1993. 골프장 관리의 기본과 실제. pp. 85~100.
7. 조성진 외 11인. 2003. 비료학. 향문사.
8. 황원 역. 2001. 골프코스 설계 및 시공. 도서출판 조경. p 97.
9. Beard, J.B. 1973. Turfgrass : Science and Culture. Prectice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J.
10. Christians. N.E. 1998. Fundamentals of turfgrass management. Ann arbor press.
11. Douglas, J.T. and C.E. Crawford. 1998. Soil compaction effects on

- utilization of nitrogen from livestock sludge applied to grassland. *Grass and Forage Sci.* 53 : 31-40.
12. Dunn, J.H, D.D. Minner, B.F. Fresenburg, and S.S. Bughrara. 1994. Bermudagrass and cool-season turfgrass mixtures. Response to simulated traffic. *Agron J.* 86 : 10-16.