

그린 스피드 예측 모형을 통한 빠른 그린 관리 방법

장유비^{1*} · 심경구²

¹(주)서울 레이크사이드 · ²성균관대학교 건축 조경 토목 공학부

Management of Fast Putting Green by Using Green Speed Expectation Models

You-Bee Jang^{1*} and Kyung-Ku Shim²

¹Seoul Lakeside Co., Ltd, Yongin 449-852, Korea

²Dept. of Architecture, Landscape Architecture and Civil Engineering, Sungkyunkwan Univ., Suweon 440-746, Korea

ABSTRACT

This study was carried out to propose four types of green speed expectation models for fast putting green management by changing mowing height(4.0~2.5 mm) and timing of rolling, dew removal and dew removal + rolling. Ball roll distance data were taken from the creeping bentgrass(*Agrostis palustris* Huds. 'Penncross') practice green of east course at the Lakeside C.C. in October 18, 2001 and May 25, 2002. Data were subjected to multi-regression analysis using Statistical Package for the Social Science.

Among four types of green speed expectation models, the best multiple-regression equation for fast green management was as follows; $Y_4 = 4.171 - 0.225 \cdot X_1 - 0.038 \cdot X_2$ (where, Y_4 : green speed(m) after single dew removal+ single rolling, X_1 : mowing height(4.0~2.5 , X_2 : passage of time (0~8 hr)). The equation[single dew removal by using sponge roller → single mowing at 3.0 mm height or less → single rolling] explained to provide fast green over 3.2 m (Stimpmeter readings required for USGA championship play) until the end of first round. Therefore, this cultural practice system was believed to provide fast putting green condition for professional golf tournament

Key Words : dew removal, fast green, green speed, rolling, stimpmeter, turfgrass

*Corresponding author. Tel : 031-334-2111 ~2119
E-mail : amadot@dreamwiz.com

서 론

국제 공식 골프 대회 기준에 맞는 3.2m 이상의 빠른 그린 관리는 미국과 유럽에서는 이미 일반화된 작업 기술 중의 하나이나 한국의 경우 골프 대회를 위한 코스 입대의 어려움, 대회장 측의 영업 손실 그리고 잔디 훼손 등의 이유 때문에(장 등, 2003a) 한국의 골프 코스 관리자들이 US PGA 혹은 US LPGA 감독관처럼 잔디 깎기, 관수 그리고 그린 표면 경도 등 다양한 관리 조건을 세밀하게 체크(방, 2002)하면서 그린 구성에 임한다는 것은 영업 관계자들의 특별한 배려와 관심 없이는 불가능한 일이라 할 수 있다(장 등, 2003b).

국제 공식 골프 대회 코스를 준비함에 있어 무엇보다 중요한 것은 국제 규격에 맞는 3.2m 이상의 빠른 그린을 조성하는 것으로 이는 단순히 깎기 높이를 낮춘다고 되는 것이 아니라(장 등, 2003a) 배토, 버티컬 모잉, 롤링, 습도, 통기 그리고 스파이킹 등의 그린 관리 작업이 정교하게 다뤄져야 하고(Oatis, 1990 ; Rist and Gaussoin, 1997) 이런 작업을 위한 충분한 시간과 인원 그리고 장비의 사용 계획이 프로그램화 돼야 가능한 일이다(Zontek, 1997). 그러나 한국의 골프 코스 관리자들이 준비한 그린은 수많은 스파이크 자국과 고르지 못한 잔디 상태로 인해 퍼트가 좋아도 엉뚱한 곳으로 공이 흐르는 등 외국의 정직한 그린과는 많은 차이를 보여주고 있다(이, 2001). 이는 토너먼트 성적에 직접적인 영향을 미치는 그린 관리 방법의 차이에서 기인한다고 볼 수 있다(장 등, 2003b).

이에 한국에서는 플레이어들의 퍼트 스트로크를 어렵게 하고 경기 내용의 수준을 높여주고 마지막 라운드까지 흥미 진진한 대회를 유

지시키게 하는 빠른 그린의 관리 방법을 찾고자 예지고, 시간 경과, 롤링과 이슬 제거가 골프 코스 퍼팅 그린의 그린 스피드에 미치는 영향(이, 1999 ; 심 등, 2000) 및 한국의 골프 코스에서 그린 스피드에 대한 예지고, 롤링, 질소 시비량과 계절의 효과(이, 1999 ; 이 등, 2001)에 대한 연구가 수행되었으나 연구에 사용된 26인치 보행식 그린모아(9날, 일반밀날 장착)는 기술적으로 퍼팅 그린을 3.0mm 이하로 깎기 못해 작업 완료 8시간 후까지 공 구름 거리가 3.2m 유지되는 그린 관리 방법을 제시하지 못하였다(장 등, 2003a).

본 연구는 2.5mm까지 깎기가 가능한 21인치 보행식 그린모아(11날, 토너먼트 밀날 장착)와 스펀지 롤러 그리고 경량 롤러의 사용을 조합한 4가지 유형의 그린 스피드 예측 모형을 통해 선행 연구에서 명확하게 제시하지 못한 빠른 그린 관리 방법을 제시하고자 수행하였다. 본 연구결과는 골프 코스 관리자들이 빠른 그린 관리 프로그램을 계획할 때 참고가 될 수 있을 것이다.

본 연구는 다음과 같은 제한점을 두고 수행하였다. 첫째, 연구의 공간적 배경은 경기도 용인에 소재한 레이크사이드 골프장으로 한정하였다. 이는 연구에 사용될 그린 관리 장비, 잔디 초종(품종) 그리고 퍼팅 그린 관리 패턴 등과 같은 연구의 환경 조건에 일관성을 유지시키기 위해서였다. 따라서 골프 코스 관리자가 본 연구의 결과물을 응용하고자 할 때는 우선적으로 본 연구가 수행되었을 때의 레이크사이드 골프장의 기후 환경 조건과 퍼팅 그린 관리 조건(사용 장비 및 시비 패턴 등)에 대한 올바른 이해가 선행되어야 할 것이다. 둘째, 그린 스피드 예측 모형은 무처리시, 1회 이슬 제거시, 1회 롤링시 그리고 1회 이슬 제거+1회 롤링시 깎기 높이의 변화(4.0~2.5mm)

와 시간 경과(0~8hr)에 따른 4가지 경우로 한정하였다. 이는 그린 스피드 예측 모형 도출 실험이 수행된 레이크사이드 골프장 동코스 연습용 퍼팅 그린의 크기와 통계적으로 유의한 결과를 얻을 수 있는 공 구름 거리 측정 횟수 등을 고려한 결과였다. 그러나 무엇보다도 한국의 골프 코스 관리 환경 여건 속에서 골프 코스 관리자들이 우선적으로 접근할 수 있는 관리 방법이 바로 위와 같은 4가지의 작업 유형으로 보았기 때문이었다.

재료 및 방법

4가지 유형의 그린 스피드 예측 모형 도출

본 연구는 경기도 용인시에 소재한 레이크사이드 골프장 동코스 연습용 퍼팅 그린에서 2001년 10월 18일(1차)과 2002년 5월 25일(2차)에 수행하였다.

실험구의 구간은 그림 1에서 보는 바와 같이 무처리(A구간), 1회 이슬 제거(B구간), 1회 이슬 제거 + 1회 롤링(C구간) 그리고 1회 롤링(D구간)으로 하였고 각 구간마다 2.5mm, 3.0mm, 3.5mm, 그리고 4.0mm 깎기 처리구를 두었다.

공 구름 거리 측정은 Radko(1977, 1978)와 Brede(1990)의 방식에 따라고 측정 시간 및 횟수는 각 구간별 깎기 처리구별로 작업이 완료된 8:00, 작업 완료 4시간 후인 12:00 그리고 작업 완료 8시간 후인 16:00에 3회씩 하였다. 실험에 사용된 장비는 21인치 보행식 그린모아(11날, 토너먼트 밀날 장착)와 스펀지 롤러 그리고 경량 롤러였다.

그린 스피드 예측 변수는 롤링(Dipaola and Hartwiger, 1994), 이슬 제거(이, 1999 ; 심 등, 2000), 1회 이슬 제거 + 1회 롤링(이, 1999 ; 심 등, 2000), 깎기 높이 변화(4.0mm,

3.5mm, 3.0mm, 2.5mm)와 시간 경과(0hr, 4hr, 8hr)였고(이, 1999 ; 이 등, 2001) 통계 분석은 측정된 공 구름거리 값을 Brede의 그린 스피드 보정식(Brede, 1991)에 대입 그린 스피드 값(m)으로 변환한 다음 이 값을 종속 변수로 하고 깎기 높이(4.0mm, 3.5mm, 3.0mm, 2.5mm)와 시간 경과(0hr, 4hr, 8hr)를 독립 변수로한 다중 회귀 분석(강, 1988 ; 정 등, 2001 ; 정 등, 2002)을 하였다. 분석 프로그램은 SPSS for Window Rel. 10.0(SPSS Inc., 2001)을 이용하였다.

도출할 그린 스피드 예측 모형은 무처리시 깎기 높이(4.0~2.5mm)와 시간 경과(0~8hr)에 따른 그린 스피드, 1회 롤링 후 깎기 높이(4.0~2.5mm)와 시간 경과(0~8hr)에 따른 그린 스피드, 1회 이슬 제거 후 깎기 높이(4.0~2.5mm)와 시간 경과(0~8hr)에 따른 그린 스피드 그리고 1회 이슬 제거 + 1회 롤링 후 깎기 높이(4.0~2.5mm)와 시간 경과(0~8hr)에 따른 4가지 유형이다.

그린 스피드 예측 모형의 타당성 검증

그린 스피드 예측 모형의 타당성 검증을 위한 공 구름 거리 값은 2001년 5월, 6월, 7월과 2002년 4월, 5월, 6월, 7월, 9월 그리고 2003년 5월, 6월, 9월, 11월에 레이크사이드 골프장에서 수집하였다. 실험구 처리는 완전 임의 배치법(박, 2000)으로 하였다. 도출된 그린 스피드 예측 모형과 수집된 자료의 그린 스피드와의 차이가 $\pm 0.15m$ 이내에 분포하면 타당성이 있는 것으로 하였다. 여기서 $0.15m$ 의 그린 스피드 차이는 Karcher *et al.*(2001) 연구에서 제시한 플레이어들의 그린 스피드 인지 정도의 차이를 기준으로 하였으며 이는 미국골프협회(USGA)에서 추천하는 그린 스피드 비교표(Radko, 1977)의 빠르기 정도의 차

이인 0.3m의 1에 해당한다.

그린 스피드 예측 모형식을 통한 빠른 그린 관리 방법 조건 분석

도출된 4가지 유형의 그린 스피드 예측 모형식에 착업 완료 8시간 후에도 그린 스피드가 3.2m 이상 유지 되는지를 알아보고자 Y(그린 스피드)에 3.2를 그리고 X₂(시간 경과)에 0과 8을 대입한 후 X₁(깎기 높이)값을 계산하였다. 그리고 이 X₁(깎기 높이)값이 실제로 깎기가 가능한 지 살펴보았다.

실험대상 퍼팅 그린의 일반 관리 현황 : 대상지 퍼팅 그린의 크기는 510m²이고 그린의 경사는 평균 1~1.5% 정도이며 그린은 USGA 다층구조의 기본개념을 따라 시공되었다. 그린 단면의 총 두께는 평균 73cm이며 표토층의 두께는 평균 20cm 정도다. 잔디 품종은 Creeping bentgrass(*Agrostis palustris* Huds. 'Penncross')이며 깎기는 매일 26인치 보행식 그린모아(9날 장착)를 사용하여 3.0~5.0mm 높이로 하였다. 연간 3회 정도의 통기 작업을 하였으며 배토는 3월 중순부터 11월 중순까지 30~35회 정도 1~1.5mm/m²씩 살포하였다. 질소는 연간 40~45g/m²을 시비 하

였다. 관수는 타이머가 장착된 전자동 시스템으로 3월에서 11월까지 2~3회/주 씩 1~2mm/일 하였다. Yamaha 표면 경도는 연간 5.42~8.54 kg/cm² 수준이었다.

결과 및 고찰

대상지의 퍼팅 그린 관리 내역

경기전 60일전부터 1일전 까지의 관리내역 (1차: 2001.8.19~10.17, 2차: 2002.3.26~5.24) : 깎기는 26인치 보행식 그린모아(9날 장착)를 사용하여 5.0~4.0mm(1차)의 높이와 3.8~4.0mm(2차) 높이로 하였고 롤링은 실시하지 않았다(표 1). 배토는 적재 용량 0.3m³의 소토사 살포기(자체중량 635kg)를 사용하여 5~18일 간격으로 1mm씩 4회(1차)와 10일 간격으로 1mm씩 4회(2차) 하였고 마지막 배토는 D-18일(1차)과 D-10일(2차)에 하였다. 버티컬 모잉은 D-22일 1회(1차) 하였다. 통기작업은 승용식 에어레이터(hollow tine 장착)를 사용하여 D-53일(1차) 1회와 D-48일(2차) 1회 실시하였다. 질소는 12g/m²(1차)과 7.6g/m²(2차) 시비하였다. 식물 생장 조절제는 사용하지 않았고 최저 및 최고 평균 온도는

16.78~27.32℃(1차)와 8.4~18.75℃(2차)였다. 따라서 배토 후 1주일이 경과하면 배토 직후보다 약 0.1~0.2m의 공 구름 거리가 향상되고 10%의 질소시비 감소는 무처리구에 비해 공 구름 거리를 8~10% 증가시킨다는

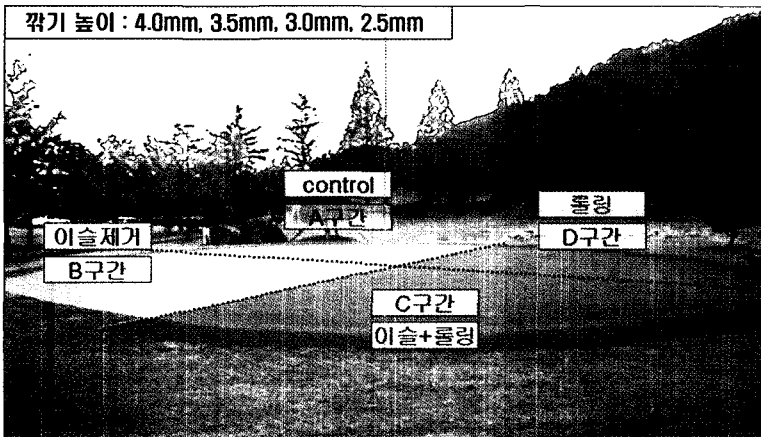


그림 1. 실험구 설계 모식도

표 1. 경기전 퍼팅 그린 관리 내역(D-60~D-1일) 비교²

관리 항목	1차 (2001.8.19~2001.10.17)	2차 (2002.3.26~2002.5.24)
깎기 높이의 변화	5.0mm(2일)→4.8mm(7일)→4.5mm(30일)→4.3mm(5일)→4.0mm(16일)	4.0mm(29일)→3.8mm(18일)→4.0mm(13일)
롤링	미작업	미작업
배토	D-51일(1mm)→D-46일(1mm)→D-36일(1mm)→D-18일(1mm)	D-41일(1mm)→D-29일(1mm)→D-19일(1mm)→D-10일(1mm)
버티컬 모잉	D-22일(21인치그린모아에 버티컬 장착)	미작업
에어레이션 (코아링)	D-53일(승용식 에어레이터 사용)	D-48일(승용식 에어레이터 사용)
질소시비	12g N/m ² /(D-60~D-1)	7.6g N/m ² /(D-60~D-1)
관수	필요시 소량 살수	필요시 소량 살수
식물 성장 조절제	미사용	미사용
잔디 품종	Creeping bentgrass (<i>Agrostis palustris</i> Huds. 'Penncross')	Creeping bentgrass (<i>Agrostis palustris</i> Huds. 'Penncross')
평균온도 (표준편차)	16.78℃ (3.69) ~ 27.32℃ (3.69)	8.40℃ (3.64) ~ 18.75℃ (4.95)

²실험 장소 : 레이크사이드 골프장 동코스 연습용 퍼팅 그린

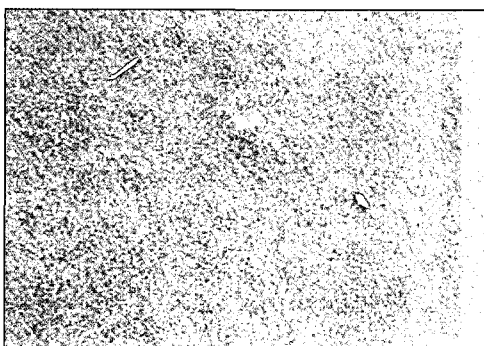
보고(Gaussoin, 1991)를 참조할 때 2차의 배토와 질소 시비 조건은 1차에 비해 공 구름 거리를 증가 시켰을 것으로 추정된다.

경기당일 관리내역(1차:2001.10.18, 2차:2002.5.25)

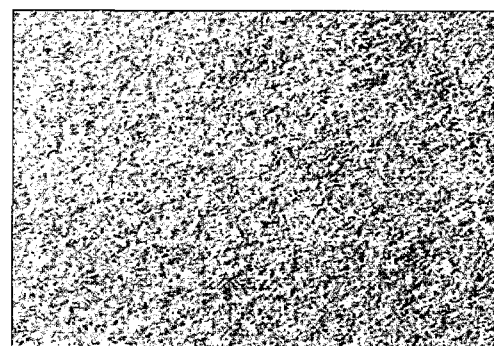
퍼팅 그린의 표면 온도는 1차 때에는 5.8℃(6:00) → 26.6℃(12:00) → 6.5℃(18:00)였고 2차 때에는 6.8℃(6:00) → 31.6℃(14:00) → 27.0℃(18:00)로 D-day간 차이는 평균 7.6℃로 2차 때가 높았다(표 2). 퍼팅 그린의 대기 공중 습도는 1차 때에는 87%(8:00) → 45%(12:00) → 99%(18:00) 으로 변했고 2차

때에는 99%(8:00) → 33%(14:00) → 47%로 변화하여 D-day간 차이는 평균 14.3%로 1차 때가 높았다. 따라서 토양 수분 함량이 증가함에 따라 공 구름 거리는 감소한다는 Rist and Gaussoin(1997)의 보고를 참조할 때 1차 보다 2차의 표면 온도와 공중 습도 조건이 상대적으로 공 구름 거리를 감소시켰을 것으로 추정된다.

경기당일간의 잔디 밀도는 큰 차이를 보이지 않으나 엽폭은 1차가 2차에 비해 넓어 보인다(그림 2). 이는 1차가 2차에 비해 질소 시비량이 많아(표 1) 생긴 결과로 이 조건 때문



A : 2001년 10월 18일



B : 2002년 5월 25일

그림 2. 경기 당일의 퍼팅 그린 잔디 밀도

표 2. 경기당일의 시간대별 그린의 표면 온도와 대기 상대습도^z

조사 항목	조사일	조사시간							평균
		6:00	8:00	10:00	12:00	14:00	16:00	18:00	
그린	1차 (2001.10.18)	5.8	6.7	20.3	26.6	25.0	16.1	6.5	15.8
표면 온도 (°C)	2차 (2002. 5.25)	6.8	10.1	28.8	30.2	31.6	29.4	27.0	23.4
	차이 ^y	+1.0	+3.4	+8.5	+3.6	+6.6	+13.3	+20.5	+7.6
대기	1차 (2001.10.18)	84	97	47	45	53	70	99	70.7
상대 습도 (%)	2차 (2002. 5.25)	89	99	43	44	33	40	47	56.4
	차이 ^y	+5	+2	-4	-1	-20	-30	-52	-14.3

^z실험 장소 : 레이크사이드 골프장 동코스 연습용 퍼팅 그린

^y2002.5.25 - 2001.10.18

표 3. 경기당일의 Yamaha 표면경도(kg/cm²)^z

실험일	평균(표준편차)	표본수	t-값	자유도	유의확률
1차 (2001.10.18)	8.22(0.69)	40	1.875	78	0.065 ^y
2차 (2002. 5.25)	7.83(1.17)	40			

^z실험 장소 : 레이크사이드 골프장 동코스 연습용 퍼팅 그린

^yPr < 0.05

에 공 구름거리는 감소했을 것으로 추정된다. 잔디 밀도가 높으면 공의 구름 거리는 감소하지만(Gaussoin, 1991) 볼 마크에 의한 잔디 훼손은 줄어들고 훼손된 잔디의 회복은 빨라진다(Zontek, 1983). 반면 지나친 잔디 밀도의 감소는 퍼팅 그린을 나지화 시켜 조류와 이끼의 발생 원인이 되기도 한다(Oatis, 1990).

퍼팅 그린의 Yamaha 표면 경도는 8.22kg/cm²(1차)과 7.83kg/cm²(2차)으로 95%의 유의 수준에서 통계적으로 유의한 차이를 나타냈다(표 3). 이는 코어링 후의 6.25kg/cm² Yamaha 표면 경도(김 등, 2001)에 비해 약 1.58~1.97kg/cm² 높은 상태의 퍼팅 그린이라 볼 수 있다. 이와 관련 Rist and Gaussoin(1997)은 퍼팅 그린의 표면 경도 증가는 공 구름 거리를 증가시킨다 하였고 Morachan(1992)은 공식 골프 대회 개막 1~2주 전에 배토하면 표면 경도를 효과적으로 높일 수 있다 하였다. 이를 통해 볼 때 1차의 표면 경도 조건은 2차에 비해 상대적으로 공 구름 거리를 증가시켰을 것으로 추정된다.

4가지 유형의 그린 스피드 예측 모형 도출(1차 : 2001.10.18, 2차: 2002.5.25)

다중 회귀 분석을 수행한 결과 표 4에서 나타난 바와 같이 깎기 높이(4.0mm, 3.5mm, 3.0mm, 2.5mm)와 시간 경과(0, 4hr, 8hr) 독립 변수들이 투입된 모형의 R제곱값은 1차 때 무처리 0.551, 1회 롤링 0.661, 1회 이슬제거 0.618 그리고 1회 이슬 제거 + 1회 롤링 0.821 이었고 2차 때 무처리 0.735, 1회 롤링 0.793, 1회 이슬제거 0.572 그리고 1회 이슬 제거 + 1회 롤링 0.783으로 나타나 회귀식은 그린 스피드에 대한 전체 설명력이 55.1~82.1% 수준이었다. 이중 1차 1회 이슬 제거 + 1회 롤링 모형이 그린 스피드에 대한 전체 설명력이 82.1%로 가장 높게 나타났다.

회귀식의 유의성 검정은 분산 분석에서 나타나는 F값을 기준으로 하는데(정 등, 2001 ; 정 등, 2002) 표 4에 나타난 F통계량과 자유도를 참조한 F분포를 참고할 때, 1차와 2차에 걸친 모든 처리구에서 선

형 모형의 기울기가 모두 0이라는 귀무가설이 제1형의 오차 1% 미만에서 기각되므로 깎기 높이(4.0~2.5mm)와 시간 경과(0~8hr)는 그린 스피드에 대한 유의적인 영향을 미치고 있으며 이 모형식들은 선형회귀 관계가 있다는 결론을 내릴 수 있었다.

비표준화 계수인 B라고 명명된 열의 수치를 바탕으로 각 처리구별로 아래와 같은 표본 회귀 방정식(그린 스피드 예측 모형)을 얻었는데 이 모형의 상수값의 차이는 앞서 기술한 대상지의 퍼팅 그린 관리 내역(표 1), 경기당 일의 그린 표면 온도와 대기 공중 습도(표 2) 그리고 표면 경도(표 3)의 상이함에서 발생된 것으로 추정된다.

· 1차(2001.10.18) 때 얻어진 회귀식

$$Y_1 = 3.116 - 0.121 \cdot X_1 - 0.017 \cdot X_2 \dots\dots\dots\text{식1}$$

$$Y_2 = 3.662 - 0.167 \cdot X_1 - 0.034 \cdot X_2 \dots\dots\dots\text{식2}$$

$$Y_3 = 3.508 - 0.122 \cdot X_1 - 0.019 \cdot X_2 \dots\dots\dots\text{식3}$$

$$Y_4 = 4.171 - 0.225 \cdot X_1 - 0.038 \cdot X_2 \dots\dots\dots\text{식4}$$

여기서

Y_1 : 무처리시 그린 스피드(m)

Y_2 : 1회 롤링시 그린 스피드(m)

Y_3 : 1회 이슬 제거시 그린 스피드(m)

Y_4 : 1회 이슬 제거 + 1회 롤링시 그린 스피드(m)

X_1 : 깎기 높이(4.0~2.5mm)

X_2 : 시간 경과(0~8hr)

표 4. 깎기 높이와 시간 경과에 따른 각 처리구의 그린 스피드에 관한 다중 회귀 분석²

실험일	처리구	종속 변수	독립 변수	R제곱	F값	B	t
1차 (2001. 10.18)	무처리구	그린 스피드 (Y_1)	Constant 깎기 높이 ^y 시간 경과 ^x	0.551	59.714	3.166 -0.121 -0.017	67.801 -8.756 -7.211
	1회 롤링 처리구	그린 스피드 (Y_2)	Constant 깎기 높이 ^y 시간 경과 ^x	0.661	80.000	3.662 -0.167 -0.034	54.248 -8.311 -9.805
	1회 이슬 제거 처리구	그린 스피드 (Y_3)	Constant 깎기 높이 ^y 시간 경과 ^x	0.618	93.200	3.508 -0.122 -0.019	81.669 -9.532 -8.877
	1회 이슬 제거 + 1회 롤링 처리구	그린 스피드 (Y_4)	Constant 깎기 높이 ^y 시간 경과 ^x	0.821	242.429	4.171 -0.225 -0.038	85.817 -15.585 -15.487
2차 (2002. 5.25)	무처리구	그린 스피드 (Y_5)	Constant 깎기 높이 ^y 시간 경과 ^x	0.735	147.333	3.624 -0.166 -0.039	65.523 -10.121 -13.741
	1회 롤링 처리구	그린 스피드 (Y_6)	Constant 깎기 높이 ^y 시간 경과 ^x	0.793	208.875	3.982 -0.177 -0.045	75.411 -11.282 -16.601
	1회 이슬 제거 처리구	그린 스피드 (Y_7)	Constant 깎기 높이 ^y 시간 경과 ^x	0.572	72.429	3.494 -0.076 -0.027	70.898 -5.201 -10.644
	1회 이슬 제거 + 1회 롤링 처리구	그린 스피드 (Y_8)	Constant 깎기 높이 ^y 시간 경과 ^x	0.783	190.125	3.685 -0.069 -0.050	70.997 -4.491 -18.955

²실험 장소 : 레이크사이드 골프장 동코스 연습용 퍼팅 그린

^y깎기 높이(4.0mm, 3.5mm, 3.0mm, 2.5mm)

^x시간 경과(0, 4hr, 8hr)

- 2차(2002.5.25) 때 얻어진 회귀식
- $Y_5 = 3.624 - 0.166 \cdot X_1 - 0.039 \cdot X_2$ 식5
- $Y_6 = 3.982 - 0.177 \cdot X_1 - 0.045 \cdot X_2$ 식6
- $Y_7 = 3.494 - 0.076 \cdot X_1 - 0.027 \cdot X_2$ 식7
- $Y_8 = 3.685 - 0.069 \cdot X_1 - 0.050 \cdot X_2$ 식8

여기서

- Y_5 : 무처리시 그린 스피드(m)
- Y_6 : 1회 롤링시 그린 스피드(m)
- Y_7 : 1회 이슬 제거시 그린 스피드(m)
- Y_8 : 1회 이슬 제거 + 1회 롤링시 그린 스피드(m)
- X_1 : 깎기 높이(4.0~2.5mm)
- X_2 : 시간 경과(0~8hr)

개별 회귀계수와 상수항에 대해서는 t분포를 이용한 유의도 검정을 실시한 결과, 변수의 t통계량은 표 4에서 보는 바와 같이 모든 처리구에서 깎기 높이와 시간 경과 변수들은 1% 미만의 유의수준을 기준으로 한 귀무가설이 기각되므로 이 2개의 변수들은 각 처리구

그린 스피드라는 종속변수에 고도로 유의적인 영향을 미치는 것으로 판단되었다. 이렇게 해서 얻어진 4가지 유형의 회귀식을 살펴보면 깎기 높이가 높을수록 그리고 시간이 경과할수록 그린 스피드는 감소하는 경향이 있음을 알 수 있었다. 이러한 사실들은 선행 보고들(Gaussoin, 1991 ; Nus, 1992 ; Neylan and Robinson, 1999 ; 심 등, 2000)과 동일한 결과였다. 따라서, 빠른 그린을 얻기 위해서는 깎기 높이를 낮추는 작업이 Nus(1992)가 언급한 바와 같이 중요한 경종적 관리 방법중의 하나임을 알 수 있었다.

그린 스피드 예측 모형의 타당성 검증

그린 스피드 예측 모형의 타당성 검증을 위한 공 구름 거리 값의 자료는 무처리시 392개, 1회 롤링시 165개, 1회 이슬 제거시 156개 그리고 1회 이슬제거 + 1회 롤링시 767개가 수집되었다(표 5). 이중 무처리시 식1은 271개(69.1%)가 식5는 60개(15.3%), 1회 롤

표 5. 그린 스피드 예측 모형의 타당성 분석

구 분		식 A		식 B		예측정도
		빈도	유효 백분율(%)	빈도	유효 백분율(%)	
무처리 (식A ^z , 식B ^y)	적 합 ^r	271	69.1	60	15.3	식A ^z > 식B ^y
	부적합 ^q	121	30.9	332	84.7	
1회 롤링 (식A ^x , 식B ^w)	적 합 ^r	153	92.7	105	63.6	식A ^x > 식B ^w
	부적합 ^q	12	7.3	60	36.4	
1회 이슬 제거 (식A ^v , 식B ^u)	적 합 ^r	84	53.8	108	69.2	식A ^v < 식B ^u
	부적합 ^q	72	46.2	48	30.8	
1회 이슬 제거 + 1회 롤링 (식A ^t , 식B ^s)	적 합 ^r	699	91.1	576	75.1	식A ^t > 식B ^s
	부적합 ^q	68	8.9	191	24.9	

^z Y_1 (그린 스피드) = 3.166 - 0.121 · X₁(깎기 높이 : 4.0~2.5mm) - 0.017 · X₂(시간 경과 : 0~8hr)

^y Y_5 (그린 스피드) = 3.624 - 0.166 · X₁(깎기 높이 : 4.0~2.5mm) - 0.039 · X₂(시간 경과 : 0~8hr)

^x Y_2 (그린 스피드) = 3.662 - 0.167 · X₁(깎기 높이 : 4.0~2.5mm) - 0.034 · X₂(시간 경과 : 0~8hr)

^w Y_6 (그린 스피드) = 3.982 - 0.177 · X₁(깎기 높이 : 4.0~2.5mm) - 0.045 · X₂(시간 경과 : 0~8hr)

^v Y_3 (그린 스피드) = 3.508 - 0.122 · X₁(깎기 높이 : 4.0~2.5mm) - 0.019 · X₂(시간 경과 : 0~8hr)

^u Y_7 (그린 스피드) = 3.494 - 0.076 · X₁(깎기 높이 : 4.0~2.5mm) - 0.027 · X₂(시간 경과 : 0~8hr)

^t Y_4 (그린 스피드) = 4.171 - 0.225 · X₁(깎기 높이 : 4.0~2.5mm) - 0.038 · X₂(시간 경과 : 0~8hr)

^s Y_8 (그린 스피드) = 3.685 - 0.069 · X₁(깎기 높이 : 4.0~2.5mm) - 0.050 · X₂(시간 경과 : 0~8hr)

^r수집된 자료의 그린 스피드 - 도출된 예측 모형의 그린 스피드 ≤ ±0.15m

^q수집된 자료의 그린 스피드 - 도출된 예측 모형의 그린 스피드 > ±0.15m

링시 식2는 153개(92.7%)가 식6은 105개 (63.6%), 1회 이슬 제거시 식3은 84개 (53.8%)가 식7은 108개(69.2%) 그리고 1회 이슬 제거 + 1회 롤링시 식4는 699개(91.1%) 가 식8은 576개(75.1%)가 수집된 자료의 그린 스피드 값과 도출된 예측 모형의 그린 스피드 값과의 차이가 ±0.15m이내에 분포하고 있어 아래와 같은 식1, 식2, 식7 그리고 식4가 상대적으로 그린 스피드 예측 정도가 높은 것으로 나타났다(표 5, 표 6).

$$Y_1 = 3.116 - 0.121 \cdot X_1 - 0.017 \cdot X_2 \dots\dots\dots\text{식1}$$

$$Y_2 = 3.662 - 0.167 \cdot X_1 - 0.034 \cdot X_2 \dots\dots\dots\text{식2}$$

$$Y_7 = 3.494 - 0.076 \cdot X_1 - 0.027 \cdot X_2 \dots\dots\dots\text{식7}$$

$$Y_4 = 4.171 - 0.225 \cdot X_1 - 0.038 \cdot X_2 \dots\dots\dots\text{식4}$$

여기서

- Y₁ : 무처리시 그린 스피드(m)
- Y₂ : 1회 롤링시 그린 스피드(m)
- Y₇ : 1회 이슬 제거시 그린 스피드(m)
- Y₄ : 1회 이슬 제거 + 1회 롤링시 그린 스피드(m)
- X₁ : 깎기 높이(4.0~2.5mm)
- X₂ : 시간 경과(0~8hr)

그린 스피드 예측 모형식을 통한 빠른 그린 관리 방법 조건 분석

표 7에 나타난 바와 같이 그린 스피드 예측 정도가 높은 4가지 모형식(식1, 식2, 식4, 식7)에 Y(그린 스피드)에 3.2를 X₂(시간 경과)에 0과 8을 대입한 결과 식1은 깎기 높이를 - 0.7~1.8mm를 예측해 현실적으로 실현 불가능하였고 식2는 깎기 높이를 작업 완료시 2.8mm

표 6. 수집된 자료의 그린 스피드와 도출된 예측 모형의 그린 스피드 비교

처리구	조사일	깎기 높이 (mm)	시간 경과 (hr)	수집된 자료의 그린 스피드			도출된 예측 형의 그린 스피드		타당성 판정 ^r (±0.15m이내)	
				평균(m)	표준편차	표본수	식A	식B	식A	식B
	2002. 5. 4	3.0	0	2.88	0.131	12	2.80	3.13	○	×
	2002. 5. 5	3.0	0	2.97	0.150	12	2.80	3.13	×	×
	2002. 5. 6	3.0	0	2.85	0.099	12	2.80	3.13	○	×
	2002. 5. 4	3.0	8	2.79	0.174	12	2.67	2.81	○	○
	2002. 5. 5	3.0	8	2.67	0.173	12	2.67	2.81	○	×
	2002. 6.25	3.2	0	2.74	0.177	12	2.78	3.09	○	×
	2002. 7. 3	3.2	0	2.61	0.072	27	2.78	3.09	×	×
	2002. 7. 7	3.2	0	2.82	0.152	27	2.78	3.09	○	×
	2002. 9. 2	3.2	6	2.56	0.094	36	2.68	2.86	○	×
	2002. 9. 4	3.2	5.5	2.69	0.165	36	2.69	2.88	○	×
무처리 (식A ^r , 식B ^r)	2002. 9.13	3.2	6	2.76	0.120	12	2.68	2.86	○	○
	2003. 6.23	3.5	0	2.91	0.122	12	2.74	3.04	×	○
	2003. 6.23	3.5	8	2.61	0.100	12	2.61	2.73	○	○
	2002. 5.10	3.5	0	2.64	0.085	11	2.74	3.04	○	×
	2002. 5.10	3.5	10	2.49	0.066	11	2.57	2.65	○	×
	2002. 7.13	3.8	0	2.47	0.161	35	2.71	2.99	×	×
	2002. 7.13	3.8	8	2.32	0.164	35	2.57	2.68	×	×
	2003.10.13	3.8	0	2.68	0.139	12	2.71	2.99	○	×
	2003.10.13	3.8	8	2.54	0.095	12	2.57	2.68	○	○
	2003.10.14	3.8	0	2.62	0.068	12	2.71	2.99	○	×
	2003.10.14	3.8	8	2.42	0.101	12	2.57	2.68	○	×
	2002. 7.10	4.0	0	2.64	0.164	18	2.68	2.96	○	×

치리구	조사일	깍기 높이 (mm)	시간 경과 (hr)	수집된 자료의 그린 스피드			도출된 예측 형의 그린 스피드		타당성 판정 ^r (±0.15m이내)	
				평균(m)	표준편차	표본수	식A	식B	식A	식B
1회 롤링 (식A ^x , 식B ^y)	2001. 5.11	3.0	0	3.27	0.247	24	3.16	3.45	○	×
	2001. 5.12	3.0	0	3.29	0.129	21	3.16	3.45	○	×
	2003. 6.25	3.0	0	3.24	0.076	12	3.16	3.45	○	×
	2003. 6.26	3.0	0	3.30	0.167	12	3.16	3.45	○	○
	2003. 6.27	3.0	0	3.30	0.092	12	3.16	3.45	○	○
	2003. 6.25	3.0	8	2.91	0.141	12	2.89	3.09	○	×
	2003. 6.26	3.0	8	2.92	0.140	12	2.89	3.09	○	×
	2003. 6.27	3.0	8	2.86	0.116	12	2.89	3.09	○	×
	2003. 9.18	3.0	0	3.21	0.132	12	3.16	3.45	○	×
	2003.10.20	3.0	0	3.37	0.113	12	3.16	3.45	×	○
2003. 9.18	3.0	8	3.02	0.075	12	2.89	3.09	○	○	
2003.10.20	3.0	8	2.99	0.128	12	2.89	3.09	○	○	
1회 이슬 제거 (식A ^v , 식B ^w)	2002. 9.16	3.0	0	3.25	0.624	24	3.14	3.27	○	○
	2002. 5.10	2.6	0	3.39	0.116	24	3.19	3.30	×	○
	2003. 5.28	2.8	0	3.25	0.110	12	3.17	3.28	○	○
	2003. 5.29	2.8	0	3.36	0.206	12	3.17	3.28	×	○
	2003. 5.30	2.8	0	3.21	0.090	12	3.17	3.28	○	○
	2002. 9.17	2.8	0	3.29	0.080	12	3.17	3.28	○	○
	2002. 9.17	2.8	8	2.83	0.632	12	3.01	3.07	×	×
	2002. 9.18	3.0	0	3.17	0.862	12	3.14	3.27	○	○
	2002. 9.18	3.0	8	2.75	0.882	12	2.99	3.05	×	×
	2002. 7.10	3.0	0	3.03	0.927	12	3.14	3.27	○	×
2002. 7.10	3.0	8	2.68	0.113	12	2.99	3.05	×	×	
1회 이슬 제거 + 1회 롤링 (식A ^t , 식B ^s)	2002. 4.24	2.6	0	3.63	0.153	45	3.59	3.51	○	○
	2002. 4.24	2.6	8	3.42	0.204	45	3.28	3.11	○	×
	2002. 4.25	2.6	0	3.58	0.155	45	3.59	3.51	○	○
	2002. 4.25	2.6	8	3.26	0.133	45	3.28	3.11	○	○
	2002. 4.26	2.6	0	3.62	0.187	45	3.59	3.51	○	○
	2002. 4.27	2.6	6	3.35	0.161	36	3.36	3.21	○	○
	2002. 5.10	2.6	0	3.64	0.149	60	3.59	3.51	○	○
	2002. 5.10	2.6	8	3.49	0.155	44	3.28	3.11	×	×
	2002. 5.29	2.6	0	3.55	0.200	36	3.59	3.51	○	○
	2003. 5.29	2.8	0	3.63	0.115	36	3.54	3.49	○	○
	2003. 5.29	2.8	8	3.22	0.122	36	3.24	3.09	○	○
	2003. 5.30	2.8	0	3.67	0.185	36	3.54	3.49	○	×
	2003. 5.30	2.8	8	3.23	0.105	36	3.24	3.09	○	○
	2001. 9.26	2.8	0	3.58	0.177	36	3.54	3.49	○	○
	2001. 9.26	2.8	8	3.30	0.149	18	3.24	3.09	○	×
	2001. 9.27	2.8	0	3.57	0.259	27	3.54	3.49	○	○
	2002. 9.16	3.0	9	3.11	0.121	36	3.19	3.09	○	○
	2001. 5.13	3.0	0	3.51	0.150	30	3.50	3.48	○	○
2001. 5.13	3.0	8	3.24	0.197	24	3.19	3.08	○	×	
2001. 6.23	3.0	0	3.24	0.200	24	3.50	3.48	×	×	
2001. 6.23	3.0	8	3.06	0.141	27	3.19	3.08	○	○	

^zY₁(그린 스피드) = 3.166 - 0.121 · X₁(깍기 높이 : 4.0~2.5mm) - 0.017 · X₂(시간 경과 : 0~8hr)

^yY₅(그린 스피드) = 3.624 - 0.166 · X₁(깍기 높이 : 4.0~2.5mm) - 0.039 · X₂(시간 경과 : 0~8hr)

^zY₂(그린 스피드) = 3.662 - 0.167 · X₁(깍기 높이 : 4.0~2.5mm) - 0.034 · X₂(시간 경과 : 0~8hr)

^wY₆(그린 스피드) = 3.982 - 0.177 · X₁(깍기 높이 : 4.0~2.5mm) - 0.045 · X₂(시간 경과 : 0~8hr)

^vY₃(그린 스피드) = 3.508 - 0.122 · X₁(깍기 높이 : 4.0~2.5mm) - 0.019 · X₂(시간 경과 : 0~8hr)

^uY₇(그린 스피드) = 3.494 - 0.076 · X₁(깍기 높이 : 4.0~2.5mm) - 0.027 · X₂(시간 경과 : 0~8hr)

^tY₄(그린 스피드) = 4.171 - 0.225 · X₁(깍기 높이 : 4.0~2.5mm) - 0.038 · X₂(시간 경과 : 0~8hr)

^sY₈(그린 스피드) = 3.685 - 0.069 · X₁(깍기 높이 : 4.0~2.5mm) - 0.050 · X₂(시간 경과 : 0~8hr)

^r수집된 자료의 그린 스피드 - 도출된 예측 모형의 그린 스피드 ≤ ±0.15m

표 7. 그린 스피드 모형(식1, 식2, 식7, 식4)의 경우의 수 대입 결과

도출된 그린 스피드 예측 모형	투입 변수		깎기 높이(mm) (X ₁)	빠른 그린 조성 여부
	그린 스피드 (Y)	시간 경과 (X ₂)		
Y ₁ = 3.116-0.121 · X ₁ -0.017 · X ₂ (식1, 무처리)	3.2	0	0.121 · X ₁ = 3.116-3.200 X ₃ = -0.084/0.121 ≈ -0.7	×
	3.2	8	0.121 · X ₁ = 3.116-3.200-0.136 X ₃ = -0.220/0.121 ≈ -1.8	×
Y ₂ = 3.662-0.167 · X ₁ -0.034 · X ₂ (식2, 1회 롤링)	3.2	0	0.167 · X ₁ = 3.662-3.200 X ₃ = 0.462/0.167 ≈ 2.8	○
	3.2	8	0.167 · X ₁ = 3.662-3.200-0.272 X ₃ = 0.190/0.167 ≈ 1.1	×
Y ₇ = 3.494-0.076 · X ₁ -0.027 · X ₂ (식7, 1회 이슬 제거)	3.2	0	0.076 · X ₁ = 3.494-3.200 X ₃ = 0.294/0.076 ≈ 3.8	○
	3.2	8	0.076 · X ₁ = 3.494-3.200-0.216 X ₃ = 0.078/0.076 ≈ 1.0	×
Y ₄ = 4.171-0.225 · X ₁ -0.038 · X ₂ (식4, 1회 이슬 제거 + 1회 롤링)	3.2	0	0.225 · X ₁ = 4.171-3.200 X ₃ = 0.971/0.225 ≈ 4.3	○
	3.2	8	0.225 · X ₁ = 4.171-3.200-0.304 X ₃ = 0.667/0.225 ≈ 3.0	○

를 작업 완료 8시간 후에는 1.1mm를 식7은 작업 완료시 3.8mm를 작업 완료 8시간 후에는 1.0mm를 예측하나 1.1mm와 1.0mm는 그린 깎기 장비의 최저 벤치 셋팅(bench setting)이하의 깎기 높이이므로 실현 불가능한 조건이었다(http://toro.com/golf/mower/green/walk/1000_specs.html). 반면, 식4는 작업 완료 직후 그린 스피드를 3.2 이상으로 제공하기 위해서 4.3mm를 깎기높이로 예측하였고 작업 완료 8시간 후에도 그린스피드를 3.2 이상으로 유지하기위한 깎기높이를 3.0mm로 예측하여 공식 골프 대회 기준에 맞는 빠른 그린 관리 조건으로 판단되었다. 구체적으로 1회 이슬제거 + 1회 롤링시 깎기 높이가 1mm 증가하면 그린 스피드는 0.225m 감소하고 1시간이 경과하면 그린스피드는 0.038m 감소하는 것으로 나타나 깎기 높이가 높을수록 그리고 시간이 경과할수록 그린 스피드는 감소하는 경향이 있음을 알 수 있었다.

즉, 예측 정도가 높은 4가지 유형의 그린

스피드 예측 모형(식1, 식2, 식7, 식4)중 아래와 같은 식4는 1회 이슬 제거(스펀지 롤러), 3.0mm이하의 깎기 높이(21인치 11날 보행식 그린모아, 토너먼트 밀날 장착), 1회 롤링(경량 롤러)의 경우 라운드가 종료되는 시점까지도 3.2m이상의 빠른 그린을 얻을 수 있는 것을 예측하였다. 따라서 국제 공식 골프 대회 기준에 적합한 빠른 그린 조성을 위해 1회 이슬 제거(스펀지 롤러), 3.0mm 이하의 깎기(21인치 11날 보행식 그린모아, 토너먼트 밀날 장착), 1회 롤링(경량 롤러) 순의 관리 작업을 수행하는 것이 좋을 것으로 판단된다.

$$Y_4 = 4.171-0.225 \cdot X_1-0.038 \cdot X_2 \dots\dots\dots\text{식4}$$

여기서

Y₄ : 1회 이슬 제거 + 1회 롤링시 그린 스피드(m)

X₁ : 깎기 높이(4.0~2.5mm)

X₂ : 시간 경과(0~8hr)

요 약

본 연구는 골프 코스 관리자가 관리 방법에 따른 그린 스피드를 쉽게 예측할 수 있는 정보를 제공하기 위해 롤링, 이슬제거, 그리고 롤링 + 이슬 제거를 각각 1회 작업 후 깎기 높이의 변화(4.0~2.5mm)와 시간 경과(0~8hr)에 따른 4가지 유형의 그린스피드 예측 모형을 통한 빠른 그린 관리 방법을 제시하고자 수행하였다. 공 구름 거리 측정 값은레이크사이드 컨트리 클럽 동코스 연습용 퍼팅 그린[(Creeping bentgrass (*Agrosis palustris* Huds. 'Penncross'))에서 2001년 10월 18일과 2002년 5월 25일에 하였다. 자료는 SPSS for window Rel. 10.0(SPSS Inc, 2000) 통계 패키지를 이용하여 다중 회귀 분석하였다.

4가지 유형의 그린스피드 예측 모형중, 빠른 그린 관리 방법의 기준을 설명해 줄 수 있는 회귀식은 식4[($Y_4 = 4.171 - 0.225 \cdot X_1 - 0.038 \cdot X_2$ (여기서 Y_4 : 1회 이슬 제거 + 1회 롤링시 그린 스피드(m), X_1 : 깎기 높이(4.0~2.5mm), X_2 : 시간 경과(0~8hr))]이었다. 이 식은 1회 이슬 제거(스펀지 롤러) → 3.0mm 이하의 깎기 높이(21인치 11날 보행식 그린모아, 토너먼트 밀날 장착) → 1회 롤링(경량 롤러)의 관리 작업을 할 경우 라운드 종료까지도 3.2m이상의 빠른 그린을 얻을 수 있는 것을 예측하였다. 따라서 이런 관리 시스템은 공식 골프 대회를 위한 빠른 그린의 관리의 기준이 될 것으로 기대되어 진다.

주요어 : 그린스피드, 롤링, 빠른 그린, 스텝프, 이슬제거, 잔디

참고문헌

1. 강홍빈. 1988. 건축·도시계획을 위한 기초조사방법. 대한주택공사 주택연구소. 302p.
2. 김홍렬, 이호순. 2001. 코스 관리 작업 일지. (주) 서울 레이크사이드. pp. 132.
3. 박성현. 2000. 현대실협계획법. 민영사. 612 p.
4. 방우영. 2002. 한국골프 100년. 대한골프협회. pp. 184.
5. 심경구, 이상재, 허근영. 2000. 예지고, 시간 경과, 롤링과 이슬 제거가 골프 코스 퍼팅 그린의 그린 스피드에 미치는 영향. 한국잔디학회지 13(3):139~146.
6. 이강래. 2001. 10-2언더 미국-한국 우승스코어 큰 격차 기량차이에 골프장 여건 원인. 스포츠 서울(9월 26일) 15면 50판.
7. 이상재. 1999. 한국의 골프장 그린의 특성 및 그린 스피드에 관한 연구. 성균관대학교 대학원 박사학위논문. 148p.
8. 이상재, 심경구, 허근영. 2001. 한국의 골프 코스에서 그린 스피드에 대한 예지고, 롤링, 질소 시비량과 계절의 효과. 한국조경학회지 29(4):91~99.
9. 장유비, 김진관, 박장혁, 심경구. 2003a. 한국에서 국제 골프토너먼트 규격에 맞는 빠른 그린 관리 방법. 한국조경학회지 31(1):66~77.
10. 장유비, 이호순, 심경구. 2003b. 공식 골프 대회 기간중 한국과 외국의 골프 코스들의 퍼팅 그린 관리 방법 비교. 한국조경학회지 31(3):91~106.
11. 정영찬, 강주희, 전상현, 변동구. 2002. SPSS 프로그램을 활용한 따라하는 통계 분석. 크라운출판사. pp. 192~209.

12. 정충영, 최이규. 2001. 한글용 SPSS 10.0 SPSSWIN을 이용한 통계분석. 무역 경영사. pp. 190~229.
13. Brede, A. D. 1990. Measuring green speed on sloped putting greens. USGA Green Section Record 28(6):10~12.
14. Brede, A. D. 1991. Correction for slope in green speed measurement of golf course putting greens. Agron. J. 83(2):425~426.
15. DiPaola, J. M. and C. R. Hartwiger. 1994. Green speed, rolling and soil compaction. Golf Course Management 62(9):49~78.
16. Gaussoin, R.E. 1991. Built for (green) speed : Management ball roll. Grounds Maintenance 34(2):G1~G8.
17. Karcher D., T. Nikolai and R. Calhon. 2001. Golfer's perceptions of greens speeds vary. Golf Course Management 69(3):57~60.
18. Morachan, T. 1992. Member-Guest or U.S. Open : how to prepare for a tournament. USGA Green Section Record 30(4):1~6
19. Neylan, J. and M. Robinson. 1999. Green speed : the effects of maintenance on the speed of bentgrass(*Agrostis* sp.) putting greens. Australian Turfgrass Management 1(3):23~26.
20. Nus, J. 1992. Rolling putting greens. Golf Course Management 60(11):16~20.
21. Oatis, D.A. 1990. It's time we put the green back in green speed. USGA Green Section Record 28(6):1~6.
22. Radko, A.M. 1977. How fast are your greens?. USGA Green Section Record 15(5):10~11.
23. Radko, A.M. 1978. How fast are your greens? - an update. USGA Green Section Record 16(2):20~21.
24. Rist, A.M., and R.E. Gaussoin. 1997. Mowing isn't sole factor affecting ball-roll distance. Golf Course Management 67(6):49~54.
25. Zontek, S. J. 1983. Up with the Stimpmeter. USGA Green Section Record 21(2):16-17.
26. Zontek, S. J. 1997. Preparing your greens for that all-important tournament:plan ahead by thinking backwards. USGA Green Section Record 35(4):1~4.