

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.

## 중수돗물 관수에 따른 크리핑벤트그래스의 생육과 품질

이종진<sup>1</sup> · 김영선<sup>2\*</sup> · 이재필<sup>3</sup> · 윤민호<sup>1</sup> · 이금주<sup>4\*</sup> ·

<sup>1</sup>충남대학교 생물환경화학과, <sup>2</sup>효성오앤비(주), <sup>3</sup>건국대학교 농축대학원, <sup>4</sup>충남대학교 원예학과

## Changes of Growth and Quality of Creeping Bentgrass by Greywater Irrigation

Jong-Jin Lee<sup>1</sup>, Young-Sun Kim<sup>2\*</sup>, Jae-Pil Lee<sup>3</sup>, Geung-Joo Lee<sup>4\*</sup>, and Min-Ho Yoon<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Bioenvironmental Chemistry, Chungnam National University, Daejeon 34134, Korea

<sup>2</sup>Hyosung O&B Co. Ltd., Daejeon 34054, Korea

<sup>3</sup>Major in Golf Course and Turfgrass, Graduate School of Agriculture and Animal Science, Kunkuk University, Seoul 27478, Korea

<sup>4</sup>Department of Horticultural Science, Chungnam National University, Daejeon 34134, Korea

**ABSTRACT.** Water shortage is becoming a serious problem of turfgrass management on sand green. Many superintendents in golf course in Korea have interested in use of irrigation of recycled water for turfgrass water management. This study was conducted to investigate the effect of greywater as an irrigation source on the growth and quality of creeping bentgrass green. Turfgrass was irrigated with tap water (TW) and greywater (GW), under with or without compound fertilizer application (non-fertilizer + TW, N-TW; non-fertilizer + GW, N-GW; fertilizer + TW, F-TW; fertilizer + GW, F-GW). The chemical properties of the green sand soil were not changed by irrigation. Turf color index, chlorophyll index, root length, clipping yield and nutrient uptake of GW treatment were similar to TW treatment. The growth and quality of turfgrass were more likely related with the fertilizer application than irrigation source or quality. These results indicated that GW could be used as alternative irrigation source on the sand greens of golf courses.

**Key words:** Creeping bentgrass, Greywater, Soil chemical property, Turf growth and quality

Received on August 4, 2015; Revised on September 8, 2015; Accepted on September 22, 2015

\*Corresponding author: <sup>2</sup>(Phone) +82-42-867-8838, Fax) +82-42-624-4068; E-mail) zeroline75@empas.com

<sup>4</sup>(Phone) +82-42-821-5734, Fax) +82-42-823-1382; E-mail) gilee@cnu.ac.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

잔디는 생체중의 약 80% 이상이 수분으로 구성되어 있어 수분의 공급은 잔디의 생육 및 품질관리에 중요한 요소가 되며, 관개용수의 수질, 환경조건 및 관수 방법에 따라 잔디품질에 영향을 미치게 된다(Qian and Fry, 1996; Beard and Kenna, 2008; Lee, 2012; Richie et al., 2002).

잔디는 뿌리를 통해 토양수를 흡수함으로써 생장이 이뤄지는데 토양수는 대부분 강수에 의해 유래하므로 강수량은 잔디밭의 유지관리에 매우 주요한 인자가 된다(Ahn et al., 1992). 우리나라의 강수량은 연간 1,200~1,500 mm로서

세계적으로 보면 강수량이 상당히 풍부한 지역에 속하며 잔디관리에도 충분한 편이지만 계절적으로 편중되어 있어 건조하거나 관수가 필요한 봄과 가을철에는 수분부족현상이 발생하고, 장마철에는 비가 너무 많아 잔디관리상 지장을 초래하기도 한다(Ahn et al., 1992). 최근 국내 기상의 변화로 국지성 및 계절라성 홍수가 발생하여 강수의 유실이 많고, 인구가 증가로 우리나라는 물 부족지수가 낮아 물 부족국가로 분류되고 있다(Byeon et al., 2010).

국내의 물 부족 현상을 해결하기 위해 지역의 수자원 관리 및 계획이 수립되었으나 공급 중심의 계획으로 수질과 생태환경, 수요적 측면 등을 통합적으로 고려하는 방안들

로 지하수개발, 수요관리 및 정부지원 등이 최적의 대안으로 선정되었다(Choi et al., 2008). 이 중에서도 우수를 집수하거나 중수도를 이용하여 화장실용수, 도심열섬 완화용수 및 청소용수 등이 물 수요량을 줄일 수 있는 방안으로 대두되고 있다(Kim, 2011).

골프장 잔디관리에서 강우가 없는 경우 관수시설을 통해 관개용수를 공급하고 있고, 관개용수의 수원은 주로 연못물, 지하수 및 하천수 등을 이용하고 있다(Hartwiger, 2013). 관개용수의 수원 중 가장 높은 비율을 차지하는 것은 연못물로서 연못물의 저수량과 수질의 변화는 잔디 생육과 품질 및 토양의 변화 영향을 주게 된다(Evamylo et al., 2010; Kim et al., 2012). 최근 기후가 변하고 물 부족에 대한 우려가 높아지면서 잔디관리에서 관개용수를 확보하기 위해 연못물이나 중수돗물을 재활용하고자 하는 노력이 진행되었고, Hartwiger (2013)는 미국 내 골프장에서 중수돗물을 관개용수로 약 12%정도 이용한다고 보고하였다. 국내 골프장에서 재활용하는 연못물은 환경부에서 제시하는 관개용수 수질기준을 초과하는 경우는 거의 없어 토양에 염류를 축적하는 경우는 거의 발생하지 않았고(Kim et al., 2012), 잔디의 품질에 미치는 영향은 미미하였다(Evamylo et al., 2010; Salgot et al., 2012). 대부분의 골프장은 지하수나 우수 및 하천수 등을 집수한 연못물을 저장하여 관개용수로 이용하지만 관개용수를 수급할 수 없는 골프장에서는 재활용이 어려운 중수돗물을 관개용수로 이용하고 있다(Harivandi, 2007). 실제로 인천 소재의 한 골프장은 인천공항공사에서 정화되어 방류되는 중수돗물을 이용하여 잔디를 관리하고 있으나 중수돗물을 관개용수로 이용하고자 하는 연구는 매우 부족한 실정이다. 중수돗물을 골프장관리의 관개용수로 사용하기 위해서는 잔디 생육, 품질 및 환경에 미치는 영향에 대한 체계적인 연구가 필요할 것으로 보인다. 이는 중수돗물은 정화과정에서 부유물질 침전제(인산알루미늄)와 유해미생물 소독제(차아염소산나트륨)와 같은 화학약품이 사용되고 있어 일반적인 연못물이나 우수 및 수돗물과는 다른 수질 특성을 갖고 있기 때문이다(Harivandi, 2007).

따라서 본 연구는 잔디관리 시 중수돗물을 관개용수로 이용할 때, 골프장 그린의 크리핑벤트그래스의 품질과 생육 및 사질토양에 미치는 영향을 조사하여관개용수로써 중수돗물의 사용가능성을 알아보고자 실시하였다.

## 재료 및 방법

### 실험기간 및 공시재료

본 연구는 2011년 6월부터 10월까지 5개월 동안 인천광역시 소재의 SKY72 골프클럽에서 수행하였고, 공시잔디는 2006년 파종되어 약 6년간 관리된 크리핑벤트그래스 (*Agrostis palustis* H.) ‘Pennlinks’ 품종을 이용하였다. 토양은 USGA 규격에 적합한 모래와 코코피트를 각각 95%와 5%씩 부피로 혼합하여 사용하였다. 잔디 생육에 필요한 양분을 공급하기 위해 비료는 복합비료(compound fertilizer: N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O=21-17-17, (주)남해화학)를 사용하였다. 시험에 사용된 관개용수는 수돗물(tap water; TW)과 중수돗물(greywater; GW)을 사용하였고, 각각의 특성은 Table 1과 같다. TW는 수자원공사에서 공급하는 수돗물을 시험에 사용하였고, GW는 인천국제공항에서 정화 후 재활용하는 중수돗물을 사용하였다. GW는 시험기간 동안 매월 1회씩 분석하여 평균값을 Table 1에 제시하였다.

### 처리구 설정

처리구는 관개용수의 종류에 따라 수돗물 처리구(TW)와 중수돗물 처리구(GW) 구분하였다. 관개용수의 특성에 따라 시비된 비료의 흡수에 영향을 미치게 되므로 시비없이 관리된 수돗물 처리구(N-TW)와 중수돗물 처리구(N-GW)와 시비 후 관리된 수돗물 처리구(F-TW)와 중수돗물 처리구(F-GW)로 구분하였다. 관개용수 별 재배시험은 1/5000a 와그너포트를 이용하였고, 완전임의배치법으로 배치하여 5반복으로 수행하였다. 관개용수 처리량을 결정하기 위해 SKY72 골프클럽에 설치된 스프링클러를 통해 공급되는 관수량을 조사한 결과, 평균 3.3 L m<sup>-2</sup> min<sup>-1</sup>로 조사되었다. Ahn et al. (1992)은 그린의 수분관리 시 스프링클러를 통해 하루에 총 30분 정도 관수할 것을 제시하여 이 결과를 바탕으로 골프장 그린에 하루에 공급되는 관수량은 100 L m<sup>-2</sup> day<sup>-1</sup>로 결정하였고, 매일 오전 9시와 오후 6시로 나누어 2회씩 물조리개를 이용하여 시험용 포트에 관개용수를 공급하였다.

### 시험구 조성 및 잔디관리

시험구 조성은 1/5000a 와그너포트에 파쇄자갈을 이용하

**Table 1.** The water quality properties of irrigation water used in this study.

Irrigation water	pH	EC	T-N	PO <sub>4</sub> -P	K	Ca	Mg	Na
		dS m <sup>-1</sup>						
Tap water (TW)	7.43	0.10	1.20	0.005	2.5	11.6	0.7	3.2
Greywater (GW)	9.52	0.68	3.00	0.241	11.1	27.2	8.5	91.3

여 약 2 cm 정도의 배수층을 조성하고, 그 위에 모래와 코코피트가 균일하게 혼합된 모래상토(모래:코코피트=95%:5%; V:V)를 약 20 cm 정도로 채워 상토층을 조성하여 약 3일간 수돗물로 물다짐 후 사용하였다. 물다짐을 마친 후 상토에 복합비료(N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O=21-17-17) 23.8 g m<sup>-2</sup>을 시비하였다. 공시잔디는 SKY72 골프클럽 증식포장에서 홀커터(직경 10.8 cm)를 이용하여 채취된 크리핑벤트그래스(Pennlincs)를 5 cm 깊이로 절단 후 와그너포트에 이식하였다. 처리구 N-TW와 N-GW는 이식 후 시험 종료까지 시비하지 않았고, F-TW와 F-GW는 시험기간 중 6월 30일, 7월 23일, 9월 2일에 14.3 g m<sup>-2</sup> 씩을 각각 1 L의 TW와 FW에 희석하여 시비하였다.

시험기간 중 예초관리는 매월 가위를 이용하여 1회씩 수행하였고, 예고는 평균 15±1 mm였다. 재배기간 중 통기작업과 배토 및 농약은 살포하지 않았다.

### 생육조사 및 분석방법

잔디 생육조사는 처리구별 엽색 지수, 엽록소 지수, 잔디 예지물량, 잔디 뿌리길이 및 지상부와 지하부 건물중을 조사하였다. 엽색 지수와 엽록소 지수는 Turf color meter (TCM 500, Spectrum Technologies, Inc., Plainfield, IL, USA)와 Chlorophyll meter (CM 1000, Spectrum Technologies, Inc., Plainfield, IL, USA)을 이용하여 6월 15일부터 7~10일 간격으로 총 17회 조사하였다. 잔디 예지물량은 6월 30일, 7월 23일, 9월 2일, 10월 15일에 총 4회 수행하였고, 시험 종료 시기인 10월 15일에 잔디 지상부 및 지하부의 건물중과 잔디 뿌리길이를 조사하였다. 잔디 뿌리길이는 최장길이를 측정하였고, 잔디의 지상부와 지하부의 건물중은 수돗물로 세척된 잔디를 가위를 이용하여 각 부분으로 절단한 후 수거된 잔디의 지상부와 지하부를 70°C 건조기에서 24시간 건조한 후 건물중을 측정하였다(NIAST, 1998).

처리구와 시기에 따른 토양의 화학성을 조사하기 위해 시험 전(6월 1일)과 시험 종료 후(10월 15일) 총 2회 실시하였다. 분석항목으로 pH, 전기전도도(electrical conductivity; EC), 유기물(organic matter; O.M), 전질소(total nitrogen; T-N), 유효인산(available phosphate; Av-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), 치환성 양이온(exchangeable cation; K, Ca, Mg, Na) 및 양이온치환용량(cation exchangeable capacity; CEC) 등 이었고, 분석방법은 토양화학분석법(NIAST, 1998)에 준하여 실시하였으며, pH와 EC는 1:5법으로, O.M은 Tyurin법으로, T-N은 Kjeldahl 증류법으로, Av-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>는 Bray No1법으로, 치환성 양이온과 CEC는 1N-NH<sub>4</sub>OAc침출법으로 각각 분석하였다.

식물체 분석은 시험 종료시기인 10월 15일 채취된 잔디 예지물을 건조하여 분석시료로 이용하였다. 분석항목은 잔디 생육에 주요 구성성분인 질소, 인, 칼륨, 칼슘, 마그네슘

및 나트륨을 분석하였다. 잔디 식물체 분석은 토양화학분석법 중 식물체 분석법(NIAST, 1998)에 준하여 실시하였고, 질소는 Kjeldahl 증류법으로, 인은 UV-spectrophotometer (U-2800, Hitachi, Tokyo, Japan)를 이용하여 바나도몰리브덴산법으로, 칼륨, 칼슘, 마그네슘 및 나트륨은 질산분해 후 유도결합플라즈마(inductively coupled plasma (ICP); Integra XL, GBC, Victoria, Australia)를 이용하여 각각 분석하였다. 양분 흡수는 건물중과 잔디조직분석결과를 이용하여 아래 식과 같이 조사하였다(Kim et al., 2001).

$$\text{양분 흡수량(g m}^{-2}\text{)} = \text{건물중(g m}^{-2}\text{)} \times \text{잔디 중 양분 함량(\%)}$$

통계처리는 SPSS 12.1.1을 이용하여 Duncan 다중검정과 T검정을 통해 처리구간 유의차를 검정하였다.

## 결과 및 고찰

### 토양화학성 검사

시험 전 토양은 pH와 EC가 각각 7.28과 0.28 dS m<sup>-1</sup>로 잔디재배가 가능한 토양이었다. 시험 전과 후의 토양화학성 지표들의 차이는 없었고, 시험 종료 후 처리구별 토양화학성의 변화 또한 차이를 보이지 않았다(Table 2). 시험 후에 유기물 함량이 증가한 것은 시험 전 토양은 모래와 코코피트 혼합 이전에 분석한 토양이었기 때문으로 판단된다. 마찬가지로 시험 종료 후 TW와 GW관개용수의 종류와 시비에 따른 토양화학성 변화는 나타나지 않았다(Table 2). 이는 시험 토양이 모래로서 보비력이 낮고, 투수계수가 높아 관개용수나 시비에 따른 토양화학성 변화가 적은 것으로 판단되었다(Kim et al., 2010). 이를 통해 중수돗물을 잔디재배 관수용 용수로 활용할 때 토양화학성에 미치는 영향은 없는 것으로 판단되었다.

### 잔디 품질 조사

관개용수의 종류에 따른 크리핑벤트그래스의 엽색 지수와 엽록소 지수의 변화를 조사한 결과, 잔디 생육 시기별 환경 변화와 비료 시비에 따라 다른 결과를 보였다(Table 3). 비료가 처리되지 않은 N-TW와 N-GW의 엽색 지수와 엽록소 지수는 재배기간이 경과할수록 점차 감소하는 경향을 보였다. 반면에 비료가 시비된 F-TW와 F-GW의 엽색 지수는 재배기간이 경과할수록 감소하였고, 엽록소 지수는 처리구별 차이는 있으나 8월까지 감소하다 9월에 약간 증가 후 다시 감소하는 경향을 보였다. 관개용수 종류에 따른 잔디품질의 변화는 엽색 지수가 6월과 7월에 유의차를 보였으나 6월에는 GW처리구에서 높았고, 7월에는 TW처리구에서 높아 관개용수 공급에 따른 일관성을 보이지 않

**Table 2.** The change of chemical properties of soil with treatments.

Treatments <sup>z</sup>	pH (1:5)	EC dS m <sup>-1</sup>	O.M %	T-N %	Av- P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> mg kg <sup>-1</sup>	Exchangeable cations				CEC
						K	Ca	Mg	Na	
Before	7.28a <sup>y</sup>	0.28a	0.39b	0.007a	29a	0.26a	0.55a	0.56a	0.22a	2.00a
N-TW	7.04a	0.24a	0.55a	0.005a	26a	0.19a	1.17a	0.23a	0.17a	2.40a
N-GW	7.03a	0.24a	0.63a	0.007a	25a	0.17a	1.15a	0.24a	0.14a	2.05a
F-TW	6.91a	0.24a	0.54a	0.005a	28a	0.16a	0.94a	0.41a	0.13a	2.30a
F-GW	7.25a	0.26a	0.65a	0.008a	24a	0.17a	1.07a	0.26a	0.19a	2.15a
TW × FW <sup>x</sup>	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
N × F <sup>w</sup>	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

<sup>z</sup>Treatments were classified by the kind of irrigation water. TW and GW represented tap water and greywater, respectively. Compound fertilizer (N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O = 21-17-17) was applied 3 g N m<sup>-2</sup> with three times on June 30, July 23 and September 9. TW and GW were irrigated 100 L m<sup>-2</sup> day<sup>-1</sup> and at two times on nine o'clock and eighteen o'clock everyday.

<sup>y</sup>Means with same letters within a column are not significantly different by Duncan's multiple range test 5% level.

<sup>x</sup>N-TW + F-TW vs. N-GW + F-GW.

<sup>w</sup>N-TW + N-GW vs. F-TW + F-GW.

ns represents not significant.

**Table 3.** The change of turf color index and chlorophyll index in creeping bentgrass after irrigation of tap water (TW) and greywater (GW).

Investigation item	Treatments <sup>z</sup>	June	July	August	September	October
Turf color index	N-TW	6.86a <sup>y</sup>	6.98a	6.14c	5.66b	5.74b
	N-GW	6.91a	6.84ab	6.45b	5.70b	5.23b
	F-TW	6.87a	6.99a	6.81a	6.46a	6.42a
	F-GW	6.96a	6.77b	6.63ab	6.24a	6.34a
	TW × GW <sup>x</sup>	*	*	ns	ns	ns
	N × F <sup>w</sup>	ns	ns	**	**	**
Chlorophyll index	N-TW	186a	178ab	111b	110b	99b
	N-GW	191a	178ab	120ab	122b	87b
	F-TW	189a	203a	144a	165a	134a
	F-GW	184a	155b	134a	149a	131a
	TW × GW	ns	ns	ns	ns	ns
	N × F	ns	ns	**	**	**

<sup>z</sup>Treatments were classified by the kind of irrigation water. TW and GW represented tap water and greywater, respectively. Compound fertilizer (N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O = 21-17-17) was applied 3 g N m<sup>-2</sup> with three times on June 30, July 23 and September 9. TW and GW were irrigated 100 L m<sup>-2</sup> day<sup>-1</sup> and at two times on nine o'clock and eighteen o'clock everyday.

<sup>y</sup>Means with same letters within a column are not significantly different by Duncan's multiple range test 5% level.

<sup>x</sup>N-TW + F-TW vs. N-GW + F-GW.

<sup>w</sup>N-TW + N-GW vs. F-TW + F-GW.

ns, \* and \*\* represent not significant, significant at the 0.05 and 0.01 probability level, respectively.

았고, 8월 이후에는 통계적 유의성을 나타내지 않았다. 엽록소 지수도 시험기간 동안 통계적 유의성을 나타내지 않았다. 일반적으로 잔디의 엽색이나 엽록소 함량의 감소는 환경적 스트레스나 수분스트레스 및 염류에 의해 양분 흡수가 저해되면서 나타나는데(Mohesenzadeh et al., 2006;

Hameed and Ashraf, 2008), 특히 수분이 부족한 경우 엽색의 황화 및 엽록소 함량 감소가 뚜렷하게 나타난다(Mathowa et al., 2012). 본 연구에서는 잔디관리에 동일한 양의 관개용수를 사용하였기 때문에 GW와 TW의 차이에 의한 잔디품질 차이를 확인 할 수 없었던 것으로 판단된다. 또한,

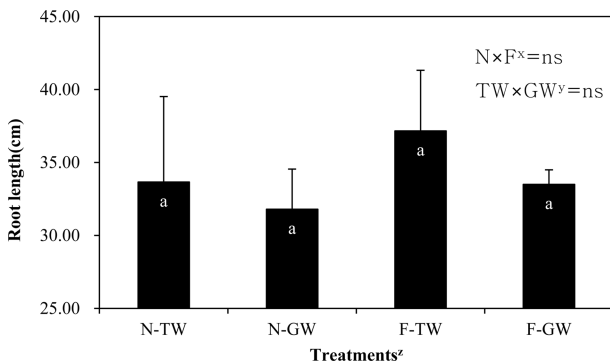
Mathowa et al. (2012)은 관개용수가 부족한 경우 처리구별 잔디의 시각적 품질 차이가 나타났으나 시비와 관수 후에는 처리구간 엽록소 함량의 차이는 거의 없거나 미비하다고 보고하여 F-GW와 F-TW에서 차이를 나타내지 않은 본 연구의 결과와 유사한 결과를 보였다.

비료 시비에 따른 엽색 지수와 엽록소 지수의 변화는 실험 초기 6월과 7월에는 통계적 유의성을 나타내지 않았으나, 8월 이후에는 통계적 유의성을 보였다. 이는 잔디 떼장을 이식하고 뿌리가 활착하는 동안 근권 토양에 시비된 양

분이 소비되는데 시간이 소요되었기 때문에 판단된다 (Kim et al., 2008).

시험 종료 후 처리구별 잔디 뿌리길이를 조사한 결과, 31.8~37.2 cm의 범위를 나타내었고, 처리구별 차이는 나타나지 않았다(Fig. 1). 또한 관개용수 종류와 비료 시비에 의한 잔디 뿌리길이는 비슷하여 통계적 유의차를 나타내지 않았다.

잔디의 엽색 지수와 엽록소 지수 및 잔디 뿌리길이 조사 결과를 통해 잔디품질을 평가할 때, 관개용수의 종류에 따른 잔디품질의 변화를 나타내지 않아 잔디관리 시 중수돗물을 관수용 용수로 사용하여도 잔디품질에 미치는 영향은 거의 없는 것으로 판단되었다.



**Fig. 1.** The root length in creeping bentgrass by irrigation of GW and TW. <sup>z</sup>Treatments were follows. N-TW: non-fertilizer + tap water irrigation; N-GW: non-fertilizer + greywater irrigation; F-TW: fertilizer + tap water irrigation; F-GW: fertilizer + greywater irrigation. Compound fertilizer (N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O = 21-17-17) was applied 3 g N m<sup>-2</sup> with three times on June 30, July 23 and September 9. TW and GW were irrigated 100 L m<sup>-2</sup> day<sup>-1</sup> and at two times on nine o'clock and eighteen o'clock everyday. The root length of creeping bentgrass was investigated on October 15. Error bars indicated standard deviation and different letters indicated significant different at = 0.05 level according to DMRT test. <sup>y</sup>N-TW + F-TW vs. N-GW + F-GW. <sup>x</sup>N-TW + N-GW vs. F-TW + F-GW. ns represents not significant.

**잔디 예지물량 조사**

관개용수 종류에 따른 잔디 총예지물량은 189.7~276.9 g m<sup>-2</sup>의 범위로 조사되었고, F-TW처리구에서 가장 높았다 (Table 4). 관개용수 종류에 따라 잔디 생육을 평가한 결과, 통계적 유의성을 보이지 않아 중수돗물을 관개용수로 사용하여도 잔디 생육에는 영향을 미치지 않는 것으로 판단되었다. 비료 시비 여부에 따라서는 한지형 잔디의 생육 적온을 나타내는 시기의 생육량(9월 2일에서 10월 14일까지의 잔디 예지물)은 증가하였고, 그 중 비료 처리구(F-TW, F-GW)의 총 예지물량이 가장 높은 증가를 보였다. 이 결과로 볼 때 관개용수의 수질보다 비료의 시비가 한지형 잔디의 생육에 관여하고 있음을 알 수 있었다. 본 연구 결과는 복합비료 시비로 잔디의 지상부와 지하부 생육이 증가되고(Kim et al., 2010), 완효성 비료가 잔디의 생육과 밀도를 증가시킨다(Kim et al., 2009)는 보고와 일치하는 것이었다. 이는 질소 흡수가 잔디 생육과 품질 증가와 밀접한 관계가 있고(Kim et al., 2012), 질소 시비량에 따라 잔디의

**Table 4.** The clipping yield (dry weight, g m<sup>-2</sup>) in creeping bentgrass by irrigation of tap water (TW) and greywater (GW).

Treatments <sup>z</sup>	June 30	July 23	September 2	October 15	Total
N-TW	49.9a <sup>y</sup>	45.5a	22.2b	72.1b	189.7c
N-GW	36.0ab	48.1a	29.5ab	72.8b	186.4c
F-TW	44.4ab	51.0a	49.1a	132.3a	276.9a
F-GW	33.9b	42.6a	28.8ab	121.4a	226.6b
TW × GW <sup>x</sup>	ns	ns	ns	ns	ns
N × F <sup>w</sup>	ns	ns	ns	**	**

<sup>z</sup>Treatments were follows. N-TW: non-fertilizer + tap water irrigation; N-GW: non-fertilizer + greywater irrigation; F-TW: fertilizer + tap water irrigation; F-GW: fertilizer + greywater irrigation. Compound fertilizer (N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O = 21-17-17) was applied 3 g N m<sup>-2</sup> with three times on June 30, July 23 and September 9. TW and GW were irrigated 100 L m<sup>-2</sup> day<sup>-1</sup> and at two times on nine o'clock and eighteen o'clock everyday.

<sup>y</sup>Means with same letters within a column are not significantly different by Duncan's multiple range test 5% level.

<sup>x</sup>N-TW + F-TW vs. N-GW + F-GW.

<sup>w</sup>N-TW + N-GW vs. F-TW + F-GW.

ns, \* and \*\* represent not significant, significant at the 0.05 and 0.01 probability level, respectively.

**Table 5.** The nutrient content (%) in the tissue of creeping bentgrass by tap water (TW) and greywater (GW).

Treatments <sup>z</sup>	N	P	K	Ca	Mg	Na
N-TW	0.71a <sup>y</sup>	0.12b	0.44b	0.57a	0.14b	0.06b
N-GW	0.85a	0.12b	0.55b	0.55a	0.16b	0.07b
F-TW	1.02a	0.12b	0.53b	0.56a	0.17b	0.07b
F-GW	0.99a	0.21a	0.70a	0.58a	0.20a	0.10a
TW × GW <sup>x</sup>	*	ns	*	ns	**	ns
N × F <sup>w</sup>	*	ns	ns	*	ns	ns

<sup>z</sup>Treatments were follows. N-TW: non-fertilizer + tap water irrigation; N-GW: non-fertilizer + greywater irrigation; F-TW: fertilizer + tap water irrigation; F-GW: fertilizer + greywater irrigation. Compound fertilizer (N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O = 21-17-17) was applied 3 g N m<sup>-2</sup> with three times on June 30, July 23 and September 9. TW and GW were irrigated 100 L m<sup>-2</sup> day<sup>-1</sup> and at two times on nine o'clock and eighteen o'clock everyday.

<sup>y</sup>Means with same letters within a column are not significantly different by Duncan's multiple range test 5% level.

<sup>x</sup>N-TW + F-TW vs. N-GW + F-GW.

<sup>w</sup>N-TW + N-GW vs. F-TW + F-GW.

ns, \* and \*\* represent not significant, significant at the 0.05 and 0.01 probability level, respectively.

**Table 6.** The nutrient uptake (g m<sup>-2</sup>) of creeping bentgrass by irrigating tap water (TW) and greywater (GW).

Treatments <sup>z</sup>	N	P	K	Ca	Mg	Na
N-TW	1.32b <sup>y</sup>	0.23b	0.83b	1.10a	0.27b	0.12b
N-GW	1.59b	0.23b	1.02b	1.02a	0.30b	0.12b
F-TW	2.81a	0.34b	1.49a	1.54a	0.46a	0.18ab
F-GW	2.28ab	0.48a	1.58a	1.34a	0.45a	0.23a
TW × GW <sup>x</sup>	ns	ns	ns	ns	ns	ns
N × F <sup>w</sup>	**	**	**	*	**	**

<sup>z</sup>Treatments were follows. N-TW: non-fertilizer + tap water irrigation; N-GW: non-fertilizer + greywater irrigation; F-TW: fertilizer + tap water irrigation; F-GW: fertilizer + greywater irrigation. Compound fertilizer (N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O = 21-17-17) was applied 3 g N m<sup>-2</sup> with three times on June 30, July 23 and September 9. TW and GW were irrigated 100 L m<sup>-2</sup> day<sup>-1</sup> and at two times on nine o'clock and eighteen o'clock everyday. The sample to analyze tissue was sampled on October 15. Nutrient uptake (g m<sup>-2</sup>) = dry weight (g m<sup>-2</sup>) × nutrient content (%)

<sup>y</sup>Means with same letters within a column are not significantly different by Duncan's multiple range test 5% level.

<sup>x</sup>N-TW + F-TW vs. N-GW + F-GW.

<sup>w</sup>N-TW + N-GW vs. F-TW + F-GW.

ns, \* and \*\* represent not significant, significant at the 0.05 and 0.01 probability level, respectively.

양분 흡수와 이용이 증가하여 생육을 촉진시키기 때문으로 해석된다(Kussow et al., 2012).

### 잔디조직의 무기 성분 함량 및 흡수량

시비 및 관개용수 종류별 처리에서 잔디조직의 인, 칼륨, 마그네슘 및 나트륨 함량은 F-GW처리구에서 가장 높게 나타났고, 질소와 칼슘은 처리구별 차이를 나타내지 않았다(Table 5). 처리구별로 구분해서 볼 때 관개용수에 따라서는 GW에서 질소, 칼륨 및 마그네슘 함량이 증가하였고, 시비 여부에 따른 잔디의 양분 함량은 질소와 칼륨 성분은 비료 처리구에서 증가하였다.

시험기간 중 흡수된 잔디의 양분은 질소와 마그네슘은 F-TW처리구에서 가장 높았고, 인과 나트륨은 F-GW에서 가장 높았으며, 칼륨은 F-TW와 F-GW에서 높았고, 칼슘은 통계적 유의성을 나타내지 않았다(Table 6). 인과 나트륨이 F-GW에서 높게 나타난 것은 TW에서는 인과 나트륨이 거

의 없었던 반면에 GW에서는 인과 나트륨 함량이 TW보다 약 48배와 2배씩 각각 높았기 때문에 관개용수로부터 공급량이 늘어나면서 잔디의 흡수량이 증가한 것으로 판단된다(Table 1).

## 요 약

물 부족 국가인 우리나라에서도 점차 골프장 코스관리자들이 관개용수 절약 및 재활용에 대해 관심을 갖기 시작했다. 시기적 요구에 따라 본 연구에서는 잔디 물 관리 시 중수돗물을 관개용수로 사용이 가능한지 평가하기 위해 토양화학적 성분과 잔디 생육에 미치는 영향을 조사하였다. 관개용수 종류에 따른 처리구는 중수돗물 처리구(GW)와 수돗물 처리구(TW)로 구분하였고, 각 관개용수별로 생육기간 중 시비하지 않은 관개용수 처리구(N-TW, N-GW)와 시비를 한 관개용수 처리구(F-TW, F-GW) 등 총 4개의 처리로

나뉘었다. 시험기간 중 처리구별 골프장 그린의 사질토양의 화학성 변화는 관찰되지 않았다. 중수돗물 처리구의 엽색 지수, 엽록소 지수, 잔디 뿌리길이, 잔디 예지물량 및 양분 흡수량은 수돗물 결과와 비슷하여 관개용수의 종류에 따른 잔디 생육과 품질에 대한 유의성 있는 차이는 나타나지 않았다. 잔디조직 내 무기 성분 함량 및 흡수량에 있어서 질소와 칼륨은 중수돗물 처리구에서 높았다. 잔디의 생육과 품질은 관개용수의 종류나 수질 보다는 비료 시비에 더 큰 영향을 받는 것으로 판단되었다. 본 연구 결과를 종합해 볼 때, 관개용수로서 중수돗물을 사용하여도 골프장 그린 크리핑벤트그래스의 생육과 품질 및 토양화학성에 미치는 영향이 적다는 것을 확인할 수 있었다.

**주요어:** 크리핑벤트그래스, 중수돗물, 토양화학성, 잔디 품질 및 생육

## Reference

- Ahn, Y.T., Kim, S.T., Kim, I.S., Kim, J.W., Kim, H.J., et al. 1992. Standard and practice for management in golf course. KTRI, Seongnam, Korea. (In Korean)
- Beard, J.B. and Kenna, M.P. 2008. Water quality and quantity issues for turfgrasses in urban landscapes. CAST, Iowa, USA.
- Byeon, S.J., Choi, G.W., Kim, J.W., Koo, B.J. and Kim, S.J. 2010. The study on characteristics and causes of drought in water deficit zone. Proc. Rrop. Reg. Korea Water Resour. Assoc. 45:1873-1877. (In Korean)
- Choi, S.J., Kim, J.H. and Lee, D.R. 2008. Evaluation of supply alternatives of water shortage based on multi-criteria decision analysis. Proc. Rrop. Reg. Korea Water Resour. Assoc. 43:1510-1514. (In Korean)
- Evanylo, G., Ervin, E. and Zhang, X. 2010. Reclaimed water for turfgrass irrigation. Water 2:685-701.
- Hameed, M. and Ashraf, M. 2008. Physiological and biochemical adaptation of *Cynodon dactylon* (L.) Pers. from the salt range (Pakistan) to salinity stress. Flora. 203:683-694.
- Harrivandi, A. 2007. Using recycled water on golf courses. Golf Course Mgmt. 75:1-10
- Hartwiger, C. 2013. Golf course irrigation-Where dose it come from?. Green Section Rec. 51(16):1-4.
- Kim, C.K. 2011. A study on the rainwater quality monitoring and the improvement, collection and storage system. Clean Technol. 17(4):353-362. (In Korean)
- Kim, J.W., Kim, C.H., Baek, J.H., Lee, D.J., Choi, Y.S., et al. 2001. An introduction to soil and fertilizer. Sunjin Press, Goyang, Korea. pp. 240-258. (In Korean)
- Kim, Y.S., Han, S.K., Kim, T.S. and Jeong, H.S. 2008. Effect of liquid fertilizer contained fermentation of *Lactobacillus confusa* and *Pichia anomala* on growth of creeping bentgrass (*A. palustris* Huds. CV. Pennlixs). Kor. Turfgrass Sci. 22(1):49-56.
- Kim, Y.S., Ham, S.K. and Lim, H.J. 2010. Change of soil physicochemical properties by mixed ratio of 4 types of soil amendments used in golf course. Kor. Turfgrass Sci. 2492:205-210. (In Korean)
- Kim, Y.S., Ham, S.K. and Lim, H.J. 2012. Monitoring of soil chemical properties and pond water quality in golf course after application of SCB liquid fertilizer. Asian J. Turfgrass Sci. 26(1):44-53. (In Korean)
- Kim, Y.S., Ham, S.K., Lee, J.P. and Hwang, Y.S. 2012. The growth effects of creeping bentgrass by application of liquid fertilizer with saponin and liquid fertilizer with amino acid. Asian J. Turfgrass Sci. 26(1):54-59. (In Korean)
- Kim, Y.S., Kim, T.S., Ham, S.K., Bang, S.W. and Lee, C.E. 2009. The effect of compound fertilizer contained slow release nitrogen on turfgrass growth in creeping bentgrass and on change in soil nitrogen. Kor. Turfgrass Sci. 23(1):111-122. (In Korean)
- Kussow, W.R., Soldat, D.J., Kreuser, W.C. and Houlihan, S.M. 2012. Evidence, regulation, and consequences of nitrogen-driven nutrient demand by turfgrass. International Scholarly Research Network Agronomy 10:1-9.
- Lee, S.K. 2012. Irrigation frequency for Kentucky bluegrass (*Poa pratensis*) growth. Asian J. Turfgrass Sci. 26(2):123-128. (In Korean)
- Mathowa, T., Chinachit, W., Yangyuen, P. and Ayutthaya, S.I.N. 2012. Changes in turfgrass leaf chlorophyll content and some soil characteristics as influenced by irrigation treatments. Inter. J. Environ. Rural Devel. 3(2):181-187.
- Mohsenzadeh, S., Malboobi, M.A., Razavi, K. and Farrahi-Aschtiani, S. 2006. Physiological and molecular responses of *Aeluropus lagopoides* (Poaceae) to water deficit. Environ. Experimental Bot. 56:314-222.
- NIAST. 1998. The analysis of soil and plant. NIAST. Suwon, Korea. (In Korean)
- Qian, Y. and Fry, J. 1996. Irrigation frequency and turfgrass performance: studies find advantages to deep, infrequent irrigation of zoysiagrass. Golf Course Mgmt. 64(5):49-51.
- Richie, W.E., Green, R.L., Klein, G.J. and Hartin, J.S. 2002. Tall fescue performance influenced by irrigation scheduling, cultivar, and mowing height. Crop Sci. 42:2011-2017.
- Salgot, M., Priestley, G.K. and Folch, M. 2012. Golf course irrigation with reclaimed water in the mediterranean: a risk management matter. Water 4:289-429.