Journal of Environmental Science International
31(4); 311~318; April 2022

pISSN: 1225-4517 eISSN: 2287-3503
https://doi.org/10.5322/JESI.2022.31.4.311

ORIGINAL ARTICLE

한지형 잔디 3종의 하절기 광계II 활성과 기상요인과의 상관성

고석찬*
제주대학교 생물학과

The Relationships between Weather Factors and Photosystem II Activity in Three Cool-season Turfgrasses in Summer

Koh Seok Chan*
Department of Biology, Jeju National University, Jeju 63243, Korea

Abstract

In this study, we analyzed the relationships between weather factors and photosystem II activity (F_v/F_m), as a measure of photochemical efficiency, in three cool-season turfgrasses commonly planted on golf courses in Jeju, South Korea: perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.), Kentucky bluegrass (*Poa pratensis* L.), and creeping bentgrass (*Agrostis palustris* Huds.). In all three turfgrasses, F_v/F_m was higher during late summer than during early summer. However, in late summer, F_v/F_m was significantly lower in perennial ryegrass than in the other two species. In early summer, F_v/F_m in perennial ryegrass and Kentucky bluegrass was positively correlated with mean low temperature and extreme minimum temperature, whereas, in late summer, this parameter in Kentucky bluegrass and creeping bentgrass was positively correlated with relative humidity, and in creeping bentgrass was negatively correlated with mean high temperature, mean low temperature, and extreme maximum temperature. These results indicate that raising low temperatures is favorable for perennial ryegrass and Kentucky bluegrass in early summer, whereas, in late summer, the lowering of high temperatures proves to be beneficial for creeping bentgrass, and raising relative humidity is conducive to the growth of Kentucky bluegrass and creeping bentgrass. These findings will contribute to improving the selection and management of turfgrasses on golf courses and sports fields.

Key words : Creeping bentgrass, High temperature, Kentucky bluegrass, Perennial ryegrass, Photosystem II activity, Relative humidity

1. 서 론

단자엽 초본류인 잔디는 벼과(Gramineae 또는 Poaceae)에 속한다. 벼과에는 6아과 25족 600속 7,500종이 포함되어 있지만, 깎기와 답압에 잘 견디는 수십 종만 잔디로 개량되었다. 잔디는 3개의 아과인 Festucoideae, Panicoideae, Eragrostoideae에 속하며 (Turgeon, 1991), 생육최적온도의 범위에 따라서 대개 한지형 잔디와 난지형 잔디로 구분된다. 한지형 잔디는 보통 Festucoideae에 속하며, 한랭습윤, 한랭아습윤, 한랭반건조 기후 및 전이지대에 걸쳐서 분포하고, 20여 종류가 잔디로 이용된다. 한지형 잔디의 최적 생육은 15.6-23.9℃의 온도 범위에서 일어나고, 주로 여름철 고온과 가뭄의 강도와 지속기간에 의해서 생육의 제한을

Received 14 February, 2022; **Revised** 18 March, 2022;
Accepted 18 March, 2022
***Corresponding author**: Koh Seok Chan, Department of Biology, Jeju National University, Jeju 63243, Korea
Phone : +82-64-754-3528
E-mail : sckoh@jejunu.ac.kr

ⓒ The Korean Environmental Sciences Society. All rights reserved.
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 non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

받는다(Beard, 1973; Turgeon, 1991). 제주지역의 골프 코스에 주로 식재된 한지형 잔디는 페레니얼라이그래스(*Lolium perenne* L.), 켄터키블루그래스(*Poa pratensis* L.), 크리핑벤트그래스(*Agrostis palustris* Huds.)와 페스큐류(*Festuca* spp.)이다.

제주지역에서는 초기에는 난지형 잔디로 골프 코스를 조성하였으나, 동절기에 휴면하여 마모 저항성이 낮아지고 색상이 저하되는 문제가 있어 한지형 잔디로 전환하거나 새로 조성하였다. 그 후 하절기 온도의 급격한 상승이 한지형 잔디의 생육에 저해요인으로 나타나면서 다시 난지형 잔디로 전환이 이루어지고 있다. 한지형 잔디는 여름철의 고온, 수분 부족, 병해충 발생 등으로 인하여 생육이 정지되거나 하고현상을 나타내는 경우가 있어서 그 이용이 제한되고 있으며 체계적인 관리가 요구된다(Funk and Engel, 1984). 더군다나, 기후변화에 의해 여름철의 평균기온도 평년보다 높아지고 있고 일 최고기온이 25°C 이상인 날 수의 증가와 더불어 폭염, 폭우, 가뭄 등도 빈번해지고 있다. 이러한 기상 악화는 더욱 심화되어 식물의 생리·생태적 변화의 주요 영향 요인으로 작용할 것으로 예측된다. 한지형 잔디와 관련하여 페레니얼라이그래스, 켄터키블루그래스, 크리핑벤트그래스 3종을 대상으로 엽록소형광을 이용한 하절기 동안의 활력을 조사한 바에 의하면, 하절기 초기와 후기 간의 광계II 활성의 차이가 뚜렷하게 나타나고, 켄터키블루그라스의 경우는 하절기 후기의 고온이나 습한 조건에서도 활성이 높은 것으로 보고된 바 있다(Koh, 2021). 그러나 기후변화와 관련하여 제주지역 내 골프 코스에 조성되어 있는 한지형 잔디의 생육과 기상요인과의 연관성에 대한 연구는 거의 없는 실정이다. 이에 본 연구에서는 여러 가지 자연환경 요인에 대한 광합성 기구의 구조 및 기능의 변화를 비파괴적이며 정량적으로 분석할 수 있는 엽록소형광 분석법을 이용하여 온도, 습도, 일사량, 강우량 등의 기상환경이 잔디의 활력에 미치는 영향을 초기와 후기로 나누어 좀 더 세부적으로 분석하고자 하였다.

본 연구는 제주지역의 골프 코스에 조성된 한지형 잔디 3종에 대하여 하절기 고온기간에 엽록소형광을 측정하고 광계II 활성과 기상요인과의 상관성을 분석하여, 골프 코스와 스포츠 필드에서 잔디 선정과 관리를 위한 정보를 얻기 위하여 수행하였다.

2. 재료 및 방법

2.1. 조사 장소 및 기간

본 연구는 제주시 오라2동 289번지에 소재한 골프 코스(N33°45′12″ E126°50′77″, 250 m above sea level, Jeju, Korea)에서 2014년 5월 17일부터 2014년 8월 30일까지 15주 동안 수행되었다. 이 장소는 1979년에 개장한 이후 다양한 잔디 종류가 도입되어 관리되고 있다.

2.2. 식물재료

본 연구에서는 한지형 잔디 중에 페레니얼라이그래스(perennial ryegrass, *Lolium perenne* L.), 켄터키블루그래스(Kentucky bluegrass; *Poa pratensis* L.)와 크리핑벤트그래스(creeping bentgrass; *Agrostis palustris* Huds.) 3종으로 50 m 반경 안에서 생육하고 있는 잔디 성체를 뿌리와 토양을 포함된 상태로 채취하여, 종별로 3개체군 씩 1.5 m × 1.5 m의 지정된 범위 안에 이식하여 1주간 안정화시킨 후 사용하였다. 잔디가 이식된 장소의 토양은 육안으로 식별하여 건조되기 쉬운 사질토이다. 현지의 기상 조건에 따라 연구기간 동안 잔디가 자연적인 생육 상태를 유지하도록 하였다.

2.3. 엽록소형광과 SPAD 값의 측정

엽록소형광은 2014년 5월 24일부터 8월 30일까지 1주일 간격으로 총 15회 측정하였다. 잔디 잎은 육안으로 균일한 상태의 것을 선택하였으며, 종별 1개체군당 2점씩 6반복 하여 일출 후 2시간 이내에 측정하였다. 엽록소형광은 Plant Efficiency Analyser (PEA: Hansatech instrument Ltd., UK)를 이용하여 측정하였고, 잔디 잎을 15분간 암적응시킨 후 1,500 μmole/㎡/sec의 빛을 1초간 조사하여 광계II의 광화학적 효율인 F_v/F_m을 측정하였다. SPAD 값은 Portable chlorophyll meter (SPAD-502, Minolta camera Co. Ltd., Japan)를 사용하여 엽록소형광을 측정한 잔디 잎에서 2회 반복 측정하고 평균값을 취하였다.

2.4. 기상자료의 수집

기상자료는 골프 코스에 설치된 자동기상측정장치(automatic weather station)를 사용하여 수집하였으며, 기온, 상대습도, 일사량, 강우량을 분석에 이용하였다. 기상자료는 엽록소형광을 측정하기 1일 전의 최고온도

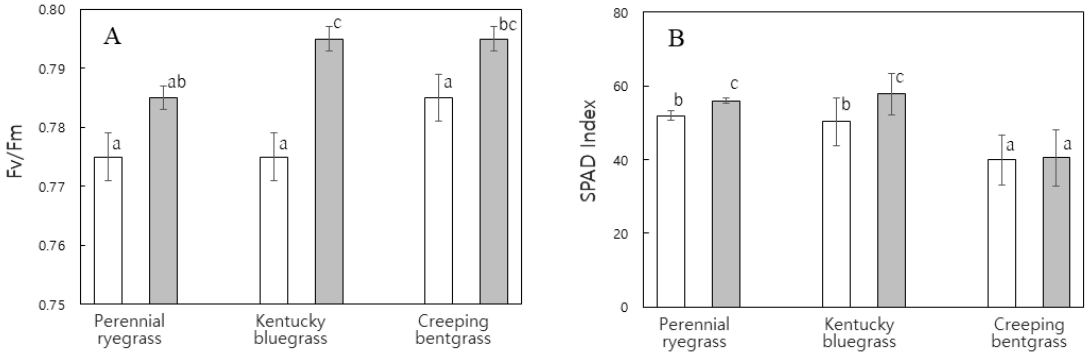

Fig. 1. Comparison of PSII photochemical efficiency (F_v/F_m, A) and estimated chlorophyll content (SPAD index, B) among perennial ryegrass, Kentucky bluegrass and creeping bentgrass or between early summer (white column) and late summer (grey column). Each column represents the mean of 40~48 measurements and error bars represent standard error from the mean. The different letters above columns indicate significant differences among species or between early and late summers ($p < 0.05$) by Duncan's multiple test.

(HT1), 최저온도(LT1), 평균상대습도(RH1), 일사량(SR1), 측정 전 3일 간의 평균최고온도(HT3), 극최고온도(EHT3), 평균최저온도(LT3), 극최저온도(ELT3), 평균상대습도(RH3), 평균일사량(SR3), 측정 전 5일 간의 평균최고온도(HT5), 극최고온도(EHT5), 평균최저온도(LT5), 극최저온도(ELT5), 평균상대습도(RH5), 평균일사량(SR5), 측정 전 7일 간의 평균최고온도(HT7), 극최고온도(EHT7), 평균최저온도(LT7), 극최저온도(ELT7), 평균상대습도(RH7), 평균일사량(SR7), 총강우량(RF7) 등을 수집하였다.

2.5. 통계 분석

통계분석은 SPSS 통계 패키지 18.0 (SPSS, Chicago, USA)을 이용하였다. 잔디의 종류별 또는 측정기간 별 F_v/F_m과 SPAD 값은 ANOVA에 이어서 Duncan's multiple range test를 이용하여 $p<0.05$ 수준에서 유의성을 검정하였다. 그리고 F_v/F_m과 기상요인 간의 상관관계는 Pearson 상관계수로 분석하였다. F_v/F_m과 기상요인들은 하절기 초기(5월 24일부터 7월 5일)와 후기(7월 12일부터 8월 30일)로 구분하고, 기상요인들은 다시 엽록소형광 측정 전 1일, 3일, 5일, 7일 간의 자료를 정리하여 분석에 사용하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 광계II 활성과 SPAD 값

전보에서 한지형잔디 3종의 활력이 하절기 초기와 후기 간의 뚜렷한 차이가 있음을 감안하여(Koh, 2021), 본 연구에서는 하절기 초기(5월 24일부터 7월 5일)와 후기(7월 12일부터 8월 30일까지)로 나누어 여러 가지 기상요인들이 여름철 광계II 활성에 미치는 영향을 살펴보았다.

한지형 잔디 3종의 하절기 초기의 광계II 활성인 F_v/F_m과 엽록소 함량을 나타내는 SPAD 값의 변화는 Fig. 1과 같다. F_v/F_m은 3종 모두에서 하절기 초기에는 낮았지만 하절기 후기에는 증가하였으며, 종간의 차이뿐만 아니라 측정 시기에 따라서도 뚜렷한 차이를 확인할 수 있었다(Fig. 1A). 그러나, 하절기 초기에는 3종 모두에서 통계적으로 유의한 차이가 없었으며, 하절기 후기에는 다른 두 종과는 달리 페레니얼라이그래스의 F_v/F_m이 유의하게 낮았다. 이로부터 하절기 후기에는 페레니얼라이그래스가 켄터키블루그라스나 크리핑벤트그래스에 비해 활력도가 떨어지고 여름철 고온에 민감함을 알 수 있다. 그러나, 본 연구에서 각 종별로 높은 값의 F_v/F_m을 보이는 온도의 범위는 3종 모두에서 15.5-26.5℃에 있으며(Koh, 2021), 이미 보고된 한지형 잔디의 최적

Table 1. Correlation between temperature factors and photochemical efficiency (F_v/F_m) in perennial ryegrass, Kentucky bluegrass and creeping bentgrass during the early summer

Temperature factors	F_v/F_m		
	Perennial ryegrass	Kentucky bluegrass	Creeping bentgrass
HT1 (℃)	-.177	-.219	-.345*
LT1 (℃)	.501**	.525**	.300
HT3 (℃)	-.123	-.134	-.228
EHT3 (℃)	.030	.076	-.097
LT3 (℃)	.474**	.491**	.293
ELT3 (℃)	.510**	.526**	.309*
HT5 (℃)	.013	-.005	-.080
EHT5 (℃)	.009	.018	-.068
LT5 (℃)	.391*	.414**	.247
ELT5 (℃)	.467**	.516**	.316*
HT7 (℃)	-.052	-.047	-.016
EHT7 (℃)	-.127	-.146	-.002
LT7 (℃)	.390*	.411**	.237
ELT7 (℃)	.389*	.404**	.262

Each correlation coefficient was caculated from the 40~42 data pairs collected during May 24 to July 5.
* and ** indicate the significance of correlation coefficient (r value) at P=0.05 and P=0.01, respectively.

생육 온도인 15.6-23.9℃에 매우 근접하였다(Beard, 1973; Turgeon, 1991). SPAD 값은 크리핑벤트그래스가 다른 2종에 비하여 하절기 전기간 동안 40 이하로 낮았으며, 페레니얼라이그래스와 켄터키블루그래스는 하절기 초기에 비해 후기에 다소 높게 나타났다(Fig. 1B).

3.2. 온도요인과 광합성 효율의 상관성

하절기 초기(5월 24일~7월 5일)에 온도요인과 F_v/F_m과의 상관성을 분석한 결과, 페레니얼라이그래스와 켄터키블루그래스 2종이 최저온도나 극최저온도들과 고도의 정의 상관을 나나내었다(Table 1). 페레니얼라이그래스와 켄터키블루그래스의 F_v/F_m은 측정 1일 전의 최저온도(0.501**, 0.525**), 측정 전 3일 동안의 평균최저온도(0.474**, 0.491**)와 극최저온도(0.510**, 0.526**), 5일 동안의 평균최저온도(0.391*, 0.414**)와 극최저온도(0.467**, 0.516**), 7일 동안의 평균최저온도(0.390*, 0.411**)와 극최저온도(0.389*, 0.404**)들과 정의 상관을 나타내었다. 반면에 크리핑벤트그래스의 F_v/F_m은 측정 1일 전의 최고온도(-0.345*)와 부의 상관을, 측정 전 3일 동안의 극최저온도(0.309*), 5일 동안의 극최저온도(0.316*)와는 정의 상관을 나타내었으나, 하절기 초기의 평균최고온도나 극최고온도는 F_v/F_m과 상관성이 인정되지 않았다. 이는 한지형 잔디의 적정 온도의 하한인 15.6℃로 상승하는 여름철 초기에는 평균최저온도나 극최저온도의 상승이 페레니얼라이그래스와 켄터키블루그래스의 생육에 우호적이지만 크리핑벤트그래스에는 그 영향이 그리 크지 않음을 보여주고 있다.

하절기 후기(7월 12일~8월 30일)에는 크리핑벤트그래스가 다른 2종에 비해 모든 온도 요인에 유의적으로 높은 부의 상관을 보였다(Table 2). 크리핑벤트그래스의 F_v/F_m은 측정 1일 전의 최고온도(-0.596**)와 최저온도(-0.644**), 측정 전 3일 동안의 평균최고온도(-0.657**), 극최고온도(-0.599**), 평균최저온도(-0.619**)와 극최저온도(-0.365*), 5일 동안의 평균최고온도(-0.622**), 극최고온도(-0.576**)와 평균최저온도(-0.468**), 7일 동안의 평균최고온도(-0.631**), 극최고온도(-0.576**)와 평균최저온도(-0.341*)들과 유의적으로 높은 부의 상관을 나타내었다. 하지만, 페레니얼라이그래스는 측정 전 3일 동안의 극최고온도(-0.285*)와 부의 상관을 나타내었을 뿐이며, 켄터키블루그래스에서는 측정 1일 전의 최고온

Table 2. Correlation between temperature factors and photochemical efficiency (F_v/F_m) in perennial ryegrass, Kentucky bluegrass and creeping bentgrass during the late summer

Temperature factors	F_v/F_m		
	Perennial ryegrass	Kentucky bluegrass	Creeping bentgrass
HT1 (℃)	-.168	-.529**	-.596**
LT1 (℃)	-.141	-.336*	-.644**
HT3 (℃)	-.214	-.337*	-.657**
EHT3 (℃)	-.285*	-.289*	-.599**
LT3 (℃)	-.198	-.247	-.619**
ELT3 (℃)	-.034	-.069	-.365*
HT5 (℃)	-.203	-.248	-.622**
EHT5 (℃)	-.164	-.172	-.576**
LT5 (℃)	-.089	-.058	-.468**
ELT5 (℃)	-.022	.126	-.141
HT7 (℃)	-.208	-.195	-.631**
EHT7 (℃)	-.164	-.172	-.576**
LT7 (℃)	-.064	.058	-.341*
ELT7 (℃)	-.007	.123	-.100

Each correlation coefficient was caculated from the 48 data pairs collected during July 12 to August 30.
* and ** indicate the significance of correlation coefficient (r value) at P=0.05 and P=0.01, respectively.

도(-0.529**)와 최저온도(-0.336*), 측정 전 3일 동안의 평균최고온도(-0.337*)와 극최고온도(-0.289*) 만이 F_v/F_m과 부의 상관을 나타내었다. 따라서, 여름철 후기의 생육 적정 온도 또는 그 이상의 온도에서는 평균최고온도, 극최고온도, 또는 평균최저온도의 상승이 오히려 크리핑벤트그래스에서는 생육 저해요인으로 작용하지만 페레니얼라이그래스나 켄터키블루그래스에는 크게 영향을 주지 않음을 보여준다고 할 수 있다. 한지형 잔디인 톨페스큐(*Festuca arundinacea* Schreb.)에서도 고온 스트레스를 받은 잎에서는 F_v/F_m이 낮아지는 것으로 보고된 바 있다(Cui et al., 2006).

하절기 자연 조건에서 수행된 F_v/F_m과 기상요인과의 관계에서 잔디에 따라 높은 값의 F_v/F_m이 나타나는 온도의 범위는 한지형 잔디 3종에서 공통적으로 최저 15.5℃부터 최고 26.5℃까지이다(Beard, 1973; Turgeon, 1991). 본 연구에서도 페레니얼라이그래스와 켄터키블루그래스는 여름철 후기의 평균최고온도, 극최고온도, 또는 평균최저온도의 상승에도 불구하고 F_v/F_m이 감소하지 않아 고온에 대한 적응성이 더 높아 보였다. 더군다나, Fig. 1B에서 살펴본 바와 같이 SPAD 값이 높고 육안으로 선명한 녹색을 유지하고 있어 이를 뒷받침한다고 할 수 있다. 이는 켄터키블루그래스가 고온·건조한 기후에서 비교적 생육이 왕성하다는 보고와도 일치한다(Snyder et al., 1993). 그러나, 한지형 잔디인 톨페스큐에서는 생육 적정 고온 한계보다 각각 10℃ 더 높은 온도인 34℃와 44℃에서 품질 저하, 광합성능 감소 및 전해질 누출과 지질과산화에 의한 세포막 내 산화적 손상이 발생하였다(Du and Wang, 2009). 벤트그래스에서도 잎의 생성과 생육이 비교적 저온인 7.2℃에서 시작하여 15.6℃까지 증가하였으며 페레니얼라이그래스도 주간 온도 20℃일 때 야간 2.8℃의 저온에서는 분얼이 증진되나 야간 27.8℃의 높은 온도에서는 저해되는 것으로 밝혀졌다(Beard, 1973).

3.3. 습도, 일사량, 강우량과 광합성 효율의 상관성

하절기 초기에 잔디 3종의 F_v/F_m은 상대습도, 강우량, 일사량에 대하여 종에 따라 차이를 보였지만, 상대습도와는 정의 상관을, 일사량과는 부의 상관을 나타내는 경향을 보였다(Table 3). 페레니얼라이그래스의 F_v/F_m은 7일 동안의 평균상대습도(0.372*)와 정의 상관을 나타

Table 3. Correlation between weather factors except for temperature and photochemical efficiency (F_v/F_m) in perennial ryegrass, Kentucky bluegrass and creeping bentgrass during the early summer

Weather factors	F_v/F_m		
	Perennial ryegrass	Kentucky bluegrass	Creeping bentgrass
RH1 (%)	.277	.348*	.351*
SR1 (MJ/㎡)	-.271	-.322*	-.344*
RH3 (%)	.303	.342*	.317*
SR3 (MJ/㎡)	-.328*	-.358*	-.273
RH5 (%)	.259	.293	.237
SR5 (MJ/㎡)	-.300	-.324*	-.154
RH7 (%)	.372*	.378*	.218
SR7 (MJ/㎡)	-.379*	-.382*	-.124
RF7 (㎜)	-.213	-.148	-.083

Each correlation coefficient was caculated from the 40~42 data pairs collected during May 24 to July 5.
* indicate the significance of correlation coefficient (r value) at P=0.05.

내었고, 측정 전 3일 동안의 평균일사량(-0.328*), 7일 동안의 평균일사량(-0.379*)과는 부의 상관을 나타내었다. 켄터키블루그래스의 F_v/F_m은 측정 1일 전의 평균상대습도(0.348*), 측정 전 3일 동안의 평균상대습도(0.342*), 7일 동안의 평균상대습도(0.378*)와는 정의 상관을 나타내었고, 측정 1일 전의 일사량(-0.322*), 측정 전 3일 동안의 평균일사량(-0.358*), 5일 동안의 평균일사량(-0.324*), 7일 동안의 평균일사량(-0.382*)과는 부의 상관을 나타내었다. 크리핑벤트그래스의 F_v/F_m은 측정 1일 전의 평균상대습도(0.351*), 측정 전 3일 동안의 평균상대습도(0.317*)와는 정의 상관을 나타내었고, 측정 1일 전의 일사량(-0.344*)과는 부의 상관을 나타내었다. 하절기 초기에는 페레니얼라이그래스와 크리핑벤트그래스는 상대습도, 강우량, 일사량에 의한 영향이 크게 나타나지 않았으나, 켄터키블루그래스가 다른 두 종에 비하여 상대습도에 의하여 우호적 영향을 받고 일사량에 의해 부정적인 영향을 받고 있음을 보여주고 있다. 그러나 F_v/F_m과 평균상대습도 또는 평균일사량과의 상관성이 그리 높지 않아 그 영향이 그리 크지 않음을 알 수 있다.

하절기 후기에 잔디 3종의 Fv/Fm은 상대습도, 강우량, 일사량에 대하여 서로 다르게 반응하였다(Table 4). 켄터키블루그래스의 F_v/F_m은 측정 1일 전의 평균상대습도(0.370*), 측정 전 3일 동안의 평균상대습도(0.440**), 5일 동안의 평균상대습도(0.328*)와 평균일사량(0.295*), 7일 동안의 평균일사량(0.381**)들과 정의 상관을 나타내었다. 크리핑벤트그래스의 F_v/F_m은 측정 전 3일 동안의 평균상대습도(0.566**), 5일 동안의 평균상대습도(0.553**), 7일 동안의 평균상대습도(0.569**), 평균일사량(0.460**)과 총강우량(0.488**)들과 유의적으로 높은 정의 상관을 나타내었다. 페레니얼라이그래스의 F_v/F_m은 측정 전 7일 동안의 평균상대습도(0.363*)와 총강우량(0.331*)과 정의 상관을 나타내었다. 후기에는 상대습도가 켄터키블루그래스와 크리핑벤트그래스에서 생육에 긍정적으로 작용하였다. 그렇지만, 흥미롭게도 측정 1일 전의 평균상대습도는 켄터키블루그래스와는 상관성이 높지만 크리핑벤트그래스와는 상관성을 보이지 않았고 측정전 7일 동안의 상대습도는 크리핑벤트그래스와는 상관성이 높지만 켄터키블루그래스와는 상관성이 없는 것으로 나타났다. 더군다나, 크리핑벤트그래스가 다른 두 종과는 달리 강우량과 유의한 상관관계를 나타내었다. 따라서, 이들 켄터키블루그래스와 크리핑벤트그래스, 특히 크리핑벤트그래스는 하절기 후기에 있을 수 있는 건조에 대한 내성이 취약할 것으로 보인다. 그리고, 켄터키블루그래스와 크리핑벤트그래스에서 측정전 7일 동안의 평균일사량과 F_v/F_m이 정의 상관을 보여, 켄터키블루그래스, 크리핑벤트그래스는 일사량에 의해 우호적인 영향을 받을 수 있음을 나타내 준다고 볼 수 있다. 일사량은 페스큐, 러프블루그래스, 크리핑벤트그래스 등 한지형

Table 4. Correlation between weather factors except for temperature and photochemical efficiency (F_v/F_m) in perennial ryegrass, Kentucky bluegrass and creeping bentgrass during the late summer

Weather factors	F_v/F_m		
	Perennial ryegrass	Kentucky bluegrass	Creeping bentgrass
RH1 (%)	.012	.370**	.153
SR1 (MJ/㎡)	-.048	-.271	-.015
RH3 (%)	.206	.440**	.566**
SR3 (MJ/㎡)	-.114	.084	.046
RH5 (%)	.272	.328*	.553**
SR5 (MJ/㎡)	-.079	.295*	.275
RH7 (%)	.363*	.259	.569**
SR7 (MJ/㎡)	-.014	.381**	.460**
RF7 (㎜)	.331*	.211	.488**

Each correlation coefficient was caculated from the 48 data pairs collected during July 12 to August 30.
* and ** indicate the significance of correlation coefficient (r value) at P=0.05 and P=0.01, respectively.

잔디에서 광을 부분적으로 차단한 조건에서 밀도, 피도, 종합품질, 건물중 등을 평가하였을 때 광 차단의 모든 수준에서 크리핑벤트그래스가 가장 좋은 품질을 유지하는 것으로 보고되었다(Caminos and Estévez, 2007).

이상의 연구 결과들을 종합하였을 때, F_v/F_m의 양상으로 볼 때 하절기 후기에 페레니얼라이그래스의 활력도가 켄터키블루그래스나 크리핑벤트그래스에 비해 낮음을 알 수 있다. 그리고, 하절기 초기에는 평균최저온도와 극최저온도의 상승이 페레니얼라이그래스와 켄터키블루그래스의 광계II 활성에 우호적인 요인이며, 하절기 후기에는 높은 상대습도가 켄터키블루그래스와 크리핑벤트그래스의 광계II 활성에 우호적으로 작용하고 평균최고온도, 평균최저온도, 극최저온도의 증가는 크리핑벤트그래스의 생육에 저해 요인으로 작용함을 알 수 있다. 이는 Fig. 1에서 하절기 초기에 페레니얼라이그래스와 켄터키블루그래스의 F_v/F_m의 낮은 것은 평균최저온도와 극최저온도가 높지 않은데서 기인하고, F_v/F_m의 계절적 변화에서 크리핑벤트그래스의 변화 폭이 켄터키블루그래스에 비해 낮은 것은 하절기 후기의 평균최고온도, 평균최저온도, 극최저온도의 증가가 원인인 것으로 보인다. 그리고 크리핑벤트그래스의 SPAD 값이 낮은 것도 그 원인일 수 있는 것으로 보인다. 그러나, 자연 조건에서 한지형 잔디의 생육 및 스트레스에 영향을 미치는 복합적 기상요인과의 연관성은 추가적인 연구가 수행되어야 할 것이다. 따라서, 제주도의 골프 코스와 스포츠 필드에서 잔디 관리를 위해서 페레니얼라이그래스와 켄터키블루그래스인 경우 하절기 초기동안 평균최저온도와 극최저온도가 낮음으로 인한 저온피해, 그리고 크리핑벤트그래스는 하절기 후기의 평균최고온도, 평균최저온도, 극최저온도의 증가로 인한 고온 피해에 대한 대책이 필요한 것으로 보인다. 그리고 켄터키블루그래스와 크리핑벤트그래스는 상대습도의 감소, 즉 건조 스트레스에 대한 대비가 필요한 것으로 판단된다. 따라서, 하절기 후기에 최고온도를 낮출 수 있는 방안을 모색할 필요가 있으며, 최근 기후변화와 관련하여 기온이 상승하고 있는 바, 스프링클러를 가동하여 대기 기온을 낮추면서 건조 스트레스가 복합적으로 작용하지 않도록 관리할 필요가 있을 것으로 보인다. 또한 크래핑벤트그래스는 특히 고온에 민감한 수종으로 품종 대체를 고려해 볼 만하다.

4. 결 론

본 연구는 제주지역에서 골프 코스에 사용되는 주요 한지형 잔디인 페레니얼라이그래스(*Lolium perenne* L.), 켄터키블루그래스(*Poa pratensis* L.), 크리핑벤트그래스(*Agrostis palustris* Huds.)를 대상으로 하절기 광계II 활성과 기상요인과의 상관성을 분석하고, 골프 코스와 스포츠 필드에서 잔디의 선정과 관리를 위한 정보를 얻기 위하여 수행하였다. 광계II의 광화학적 효율의

척도인 F_v/F_m은 3종 모두에서 하절기 초기에는 낮았지만 하절기 후기에는 증가하였다. 그러나, 하절기 후기의 페레니얼라이그래스의 F_v/F_m은 다른 두 종과 비교하여 낮았다. 잔디의 종별 F_v/F_m과 기상요인 간의 상관성을 분석한 결과, 하절기 초기에 페레니얼라이그래스와 켄터키블루그래스의 F_v/F_m은 평균최저온도와 극최저온도와는 정의 상관을 보이고, 하절기 후기에 켄터키블루그래스와 크리핑벤트그래스의 F_v/F_m은 상대습도와 정의상관을, 그리고 크리핑벤트그래스의 F_v/F_m은 평균최고온도, 평균최저온도, 극최저온도와 부의 상관을 보였다. 따라서 페레니얼라이그래스와 켄터키블루그래스는 하절기 초기의 저온에 의한 피해, 그리고 크리핑벤트그래스는 하절기 후기의 고온 피해에 대한 대책이 필요한 것으로 보인다. 또한 하절기 후기에 켄터키블루그래스와 크리핑벤트그래스는 건조 스트레스에 대한 대비도 필요하다.

감사의 글

이 논문은 2021학년도 제주대학교 교원성과지원사업에 의하여 연구되었습니다.

REFERENCES

Beard, J. B., 1973, Turfgrass: Science and culture, Prentice-Hall Inc., Englewood Criffs, N. J., 1-312.

Caminos, T. S., Estévez, S. J., 2007, Effects of shade on the persistence of cool-season grasses to form turfgrass, Agric. Téc., 67, 372-383.

Cui, L., Li, J., Fan, Y., Xu, S., Zhang, Z., 2006, High temperature effects on photosynthesis, PSII functionality and antioxidant activity of two *Festuca arundinacea* cultivars with different heat susceptibility, Bot. Stu., 47, 61-69.

Du, H., Wang, Z., 2009, Differential responses of warm-season and cool-season turfgrass species to heat stress associated with antioxidant enzyme activity, J. Amer. Soc. Hort. Sci., 134, 417-422.

Funk, C. R., Engel, R. E., 1984, Kentucky bluegrasses and their culture, Weeds Trees & Turf, 23(6), 46-62.

Koh, S. C., 2021, Comparison of vitality among three cool-season turfgrasses during summer using chlorophyll fluorescence, J. Environ. Sci. Int., 30, 547-555.

Snyder, G. H., Burton, G. W., Riordan, T. P., 1993, Climate, soils, and turfgrass adaptation in the southern USA, Int. Turfgrass Soc. Res. J., 7, 5-13.

Turgeon, A. J., 1991, Turfgrass management, 3rd ed., Prentice-Hall Inc., Englewood Criffs, N. J., 1-144.

• Professor. Seok-Chan Koh
Department of Biology, Jeju National University
sckoh@jejunu.ac.kr