

RESEARCH ARTICLE

Kentucky Bluegrass의 봄철 그린업을 위한 늦가을 칼륨 시비와 잔디피복재 적용시기

이상국*
호서대학교 생명공학전공

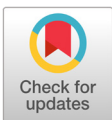
Late Fall Potassium Application and Timing of Turf Cover for Kentucky Bluegrass Spring Green-up

Sang-Kook Lee*
Department of Biotechnology, Hoseo University, Asan 31455, Korea

Abstract

Kentucky bluegrass (*Poa pratensis*), one of the cool-season grasses, has inappropriate growth when air temperature is lower than optimum range which are 18 to 24°C. It leads to sluggish growth, weed invasion, disease outbreak, and drought stress. Potassium (K) which is an essential nutrient for turfgrass growth is well-known to enhance turfgrass ability to tolerate environmental stresses such as low temperature stress. Turf cover has been used to protect the crowns from direct low temperatures and desiccation during the winter season. However, limited information has been reported on timing of the turf cover application and interaction with potassium application to improve cold tolerance. The objective of the study was to investigate the timing of turf cover application and late fall potassium application for Kentucky bluegrass spring green-up. The six timing of turf cover application which are no cover, daily, December, January, February, and March were treated. The four K rates which are 0, 5, 10, and 20 g m⁻² were applied. The K application did not have effects on Kentucky bluegrass spring green-up. When air temperature is lower than 18°C, the effects of turf cover application is required for the period of 33 days for spring green up. If the period for cover application is less than 11 days, no effects of turf cover were found for turfgrass quality and coverage. When relatively high turf quality is required in the season of spring green up, the turf cover would be applied at the December, January, or February to ensure the enough period of turf cover application for increase spring green up.

Keywords: Kentucky bluegrass, Low temperature stress, Potassium, Turf cover



OPEN ACCESS

*Corresponding Author:
Tel) +82-41-540-5879
Fax) +82-41-540-5883
E-mail) sklee@hoseo.edu

Received: March 15, 2021

Revised: June 18, 2021

Accepted: June 21, 2021

© 2021 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/4.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Introduction

캔터키블루그래스(Kentucky bluegrass, *Poa pratensis*)는 비교적 낮은 온도에서 성장이 잘되는 한지형 잔디의 한 종류이다. 특히 한지형 잔디중에서 캔터키블루그래스는 낮은 온도에서 견디는 내한성이 다른 한지형잔디에 비해서 비교적 높은것으로 보고된바 있다. Fry and Huang (2004)에 의하면 내한성을 비교한 6가지 한지형 잔디중에서 creeping bentgrass (*Agrostis stolonifera*)를 제외한 4가지 한지형잔디, weeping akaligrass (*Puccinellia distans*), creeping red fescue (*Festuca rubra*), hard fescue (*Festuca brevipila*), perennial ryegrass (*Lolium perenne*) 등은 캔터키블루그래스보다 내한성이 낮은것으로 보고되었다. Creeping bentgrass의 경우 고사온도(LT₅₀)가 -5°C에서 -35°C까지 나타나고 있으나 캔터키블루그래스 보다 내한성이 낮은 perennial ryegrass의 경우 고사온도(LT₅₀)가 -6.9°C에서 -10.3°C로 상대적으로 높은 온도를 나타내고 있다(Ebdon et al., 2002; Gusta et al., 1980). 또한 비교적 저관리 초종으로 알려진 tall fescue (*Festuca arundinacea*)도 가을에 조성된 경우 캔터키블루그래스 보다도 내한성이 낮은것으로 보고된바 있다(Beard, 1973; Stier et al., 2008). 그러나 한지형잔디의 성장을 위한 적정범위의 온도인 18-24°C 보다 낮은 경우에는 캔터키블루그래스 에도 여러가지 피해증상이 나타난다(Beard, 1973). 한지형잔디의 성장에 적정범위의 온도보다 낮아지는 경우 성장률이 감소하여 밀도가 낮아지게 되며, 이에따라 잡초나 병의 발생, 토양 침식의 증가, 건조피해 증가등 동반되는 여러가지 피해증상이 나타나는 것으로 보고된바 있다(Dipaola and Beard, 1992; Trenholm, 2000). 특히 대기 온도가 0°C 이하로 감소할 경우 세포와 세포사이에 얼음결정체가 형성되어 세포 외부의 수분포텐셜 감소를 유발하여 성장감소를 초래하게 된다(Danneberger, 2011). 온도가 성장에 필요한 적정범위 이하의 낮은 지역에서는 캔터키블루그래스도 여러가지 피해증상이 나타나기 때문에 많은 선행연구들에 의해 저온에 노출된 식물의 피해를 완화하기 위한 여러가지 관리적 방법이 제시되고 있다.

식물의 성장에 필요한 17대 필수 원소인 칼륨(potassium, K)은 식물이 온도 및 수분등의 주변환경에 의해 발생하는 건조, 고온, 저온, 식물병등의 스트레스에 적응하는 능력을 향상시키는 원소로 잘 알려져 있다. Bermudagrass (*Cynodon dactylon*)가 건조 환경에서 피해증상이 발생이 되었을때 4.9 혹은 9.8 g m²의 칼륨 시비로 회복기간이 단축되었다는 결과가 보고된 바 있다(Miller and Dickens, 1997). Webster and Ebdon (2005)에 의하면 perennial ryegrass에서 발생한 snow mold (*typhula blight*)는 44.1g m² yr⁻¹의 칼륨 시비로 그 증상이 9.3% 감소되었다고 보고한 바 있다. Creeping red fescue 와 perennial ryegrass에 처리된 칼륨은 내염성을 증가시킨다는 연구결과도 보고 되었다(Krishnan and Brown, 2009). 식물의 주변환경에 대한 칼륨의 내건성, 내병성, 내염성효과 이외에도 내한성에 대한 연구결과도 보고된 바 있다. Hurto and Troll (1980)에 의하면 칼륨의 시비는 perennial ryegrass가 저온에 노출되어 피해증상이 발생했을때 분얼경의 성장을 촉진시켜 회복기간을 단축시킨다는 연구결과를 보고했다. 그러나 칼륨의 내한성에 대한 연구결과에 대해서는 그 효과가 없다는 반대의 연구결과도 보고된바 있다. Cook and Duff (1976)는 한지형잔디의 한 종류인 tall fescue에 칼륨 시비는 내한성에 영향이 없다는 연구 결과를 보고 했다. 따라서, 한지형잔디에서 내한성에 대한 칼륨의 효과는 추가의 연구결과를 통한 가설 검증이 필요하다.

잔디피복재(turf cover)는 잔디가 저온피해에 노출 되었을때 관부를 보호하고, 지상부 회복에 도움을 주며, 겨울철 건조피해를 예방 하는 방법으로 많이 사용이 되어 왔다(Fry and Huang, 2004). 또한 겨울철에 잔디에 적용된 잔디피복재는 잔디위에 쌓인 눈을 상대적으로 오랜시간 동안 유지시켜 지속적인 수분을 공급해 주며, 낮은 대기온도에 대한 절연 효과를 주어 온도를 상승되는 효과가 있다고 보고된 바 있다(Happ, 2004; Tompkins et al., 2004). 눈과 같은 천연적인 효과 이외에 인공적으로 제작이 된 다양한 재질의 잔디피복재가 실험에 사용되어 종류별로 효과에 대한 연구결과가 보고 되었다. Roberts (1986)는 다양한 종류의 잔디피복재를 creeping bentgrass에 사용하여 그 효과를 측정하였다. 연구결과에 의하면 잔디피복재의 종류중 polyester, polypropylene, pine needle는 겨울철 건조피해를 감소시키는 효과를 나타냈으며, polyester blankets은 봄철 그린업을 향상시키는 결과를 나타냈다. Lee (2013)은 6가지 잔디피복재를 캔터키블루그래스에

적용하여 봄철 그린업에 미치는 영향을 측정하였다. 연구결과에 의하면, 잔디피복재가 사용된 모든 처리구에서는 잔디 피복재 내부의 표면온도가 대기온도보다 3.1에서 8.7°C 높은 온도를 나타냈으며, 이러한 온도의 증가는 잔디피복재가 없는 처리구와 비교하여 3.3 더 높은 잔디품질을 나타내었다. Tapp et al. (1988)은 bermudagrass에 straw, polypropylene 그리고 polyester 등의 잔디피복재를 사용함으로써 잔디품질이 향상되는 효과가 나타났으며, 봄철그린업 효과가 향상되었다고 연구결과 보고하였다. 그러나 불투수성 재질의 피복재를 사용 하였을때는 수분과 잔디의 성장에 필요한 O₂와 CO₂ 등의 교환이 원활하게 이루어지지 않아 잔디체내에 CO₂가 축적되어 phytotoxicity를 초래한다는 연구결과도 보고된 바 있다(Andrews and Pomeroy, 1989; McKersie and Leshem, 1994).

잔디피복재가 한지형잔디에 적용 되었을때 내한성에 대한 긍정적인 효과를 보고한 많은 연구결과는 잔디가 피복이 되었을때 대기 온도보다 높은온도를 유지할 수 있다는 점과 수분손실을 감소시킬수 있다는 점이 주를 이루고 있다. 그러나 잔디피복재의 적용 시기와 적용의 지속성에 대해서 그 차이와 효과를 연구한 결과는 아직 보고된 바 없다. 잔디피복재를 적용하는 기간에 따라 온도의 변화량에 차이가 나타나게 되며, 또한 수분손실량의 차이도 발생하게 된다. 우리나라의 골프장에서는 겨울철 운영을 위해 밤에만 잔디피복재를 사용하는 경우가 종종 있다. 이 경우는 잔디피복재로 인해 낮과 밤의 기온차(temperature fluctuation)가 감소되어 상대적으로 피해가 감소될 수 있다(Nielsen, 1974). 이와는 다른 경우로 겨울철이 시작되기 전에 잔디피복재를 적용함으로써 잔디가 낮은온도에 노출되는 기간을 감소시키고, 잔디 피복재 내부의 표면온도를 상승시켜 저온피해가 감소되며, 봄철그린업을 향상시킨다(Lee, 2013). 잔디피복재의 적용시기와 기간에 따라 한지형잔디의 성장에 어떤 영향을 초래하는지에 대한 연구결과는 검증이 필요하다고 판단된다. 이에 본 실험에서는 캔터키블루그래스의 봄철 그린업을 증가시키기 위해 겨울철 잔디피복재의 적용시기와 칼륨 시비를 통해 캔터키블루그래스 성장에 미치는 영향을 검증하기 위해 수행되었다.

Materials and Methods

본 실험은 대한민국 충청남도 아산에 위치한 호서대학교 잔디환경실험장에서 2016년 12월 2일부터 2017년 6월 11일 까지 수행되었다. 실험에 사용된 초종은 2014년 10월에 조성이 된 캔터키블루그래스(Kentucky bluegrass, *Poa pratensis*) 'Midnight' (TotalGreen, Inc., Seoul, Korea)이 사용되었으며, 잔디피복재와 칼륨의 처리를 위해 1.2 × 0.8 m 크기의 처리구가 구성되었다. 실험전 실험의 균일성을 위해 복합비료 Super (21-17-17, Namhae Chmistry, Inc., Yeosu, Korea)가 5 g N m² 비율로 첫 처리 4주전 처리되어 실험 시작전까지 관리가 되었다. 잔디피복재로는 빛의 차광율이 75%이며 두께가 0.04 mm인 Black poly-vinyl chloride (PVC) film이 사용되었다(Kahn and Leskovar, 2001). 적용시기는 무처리, 매일, 12, 1, 2, 3월의 6가지 처리구가 구성되었으며, 잔디피복재의 매일 처리구는 오후 6시에 시작하여 다음날 오전 9시까지 매일 15시간 동안 잔디피복재를 적용하였다. 시기별로 적용된 처리구는 각각 처리구 해당월의 첫번째 주 5일에 적용이 되었으며 시험이 종료될때까지 24시간 적용이 되었다. 칼륨의 적용량은 무처리, 5, 10, 20 g m²의 4가지로 구성이 되었으며, 칼륨 시비를 위해 황산칼륨(potassium sulfate, 0-0-50, Poongnong Inc., Seoul, Korea)이 사용되었다. 실험을 위한 처리구 구성은 Table 1에 설명되었다. 캔터키블루그래스로 조성된 처리구는 내한성 실험을 고려하여 겨울철 인위적인 관수가 이루어지지 않았으며, 실험기간동안 추가적인 영양원소 시비는 이루어 지지 않았다.

Table 1. Treatment list for six timings of turf cover and four rates of potassium applications.

No.	Timing ^z of cover application	Potassium rates (g m ⁻²)
1	No turf cover	0
2	No turf cover	5
3	No turf cover	10
4	No turf cover	20
5	Daily	0
6	Daily	5
7	Daily	10
8	Daily	20
9	December	0
10	December	5
11	December	10
12	December	20
13	January	0
14	January	5
15	January	10
16	January	20
17	February	0
18	February	5
19	February	10
20	February	20
21	March	0
22	March	5
23	March	10
24	March	20

^z Daily treatment of turf cover was applied for 15 hrs per day from 6pm to 9am. Turf cover treatments of December, January, February, and March were applied at the 5th day of each month for each treatment, respectively.

잔디의 엽색과 품질을 측정하기 위해서 NTEP (National Turfgrass Evaluation Program)에서 제시한 방법으로 매주 수행되었다. 잔디의 엽색은 1=갈색, 9=진녹색, 6=최소수용 엽색으로 평가가 되었으며, 잔디의 품질은 1=매우 나쁨, 9=매우 좋음, 6=최소수용 품질으로 평가가 되었다. 또한 잔디피복률이 육안평가(%)에 의해 매주 수행이 되었다. 잔디의 엽색과 품질의 측정을 첫 처리구 적용이후 2주간격으로 측정이 되었으며 하루중 16시 고정된 시간에 측정이 이루어졌다. 토양 수분이 Time Domain Reflectometry (Field Scout TDR-300, Spectrum Technologies Inc., Illinois, USA)을 이용하여 매주 측정되었으며, 지표면으로부터 5 cm 깊이에서 토양온도가 측정되었다. 대기온도와 함께 잔디피복재에 의한 온도변화를 측정하기 위해서 잔디피복재와 토양지표면 사이의 온도가 매주 측정되었다.

본 실험의 설계는 난괴법(Randomized complete block design) 3반복으로 이루어져 수행되었다. 통계분석은 SAS 프로그램(SAS Institute Inc., 2001)을 이용하여 the General Linear Model procedure (PROC GLM)으로 데이터 분석이 수행되었다. 주 처리구의 유의차 분석을 위해 Fischer's protected least significant difference (LSD)가 수행되었다.

Results and Discussion

잔디피복재와 칼륨시비량의 주처리구 간의 상호작용은 잔디엽색을 제외하고 잔디품질, 잔디피복률, 토양온도, 토양 습도의 모든 측정 데이터에서 유의차가 나타나지 않았다(Table 2). 잔디엽색에서도 12일의 데이터 측정일 중 3일간에만 주처리구 간의 상호작용이 나타났다. 잔디피복재 적용시기에 의한 잔디엽색의 유의차는 데이터 측정일인 3월 16일 부터 4월 19일까지 적용시기와 상관없이 잔디피복재가 적용된 처리구는 모두 무처리구보다 높은 잔디엽색이 나타났다 (Table 3). 또한 4월 7일까지 무처리구의 잔디엽색이 최저수용 값인 6.0 이하의 값을 나타냈으나, 잔디피복재가 적용된 처리구에서는 적용시기와 관계없이 모든 처리구에서 잔디엽색 최저수용 값인 6.0 이상의 값을 나타냈다. 잔디피복재 적용시기중 12, 1, 2월의 적용시기가 데이터 측정일 중 유의차가 나타난 모든 기간동안에 가장 높은 잔디엽색이 나타났다. 매일처리구(Daily)의 경우 4월 7일만 가장 높은 잔디엽색과 유의차가 없는 것으로 나타났으며, 3월 처리구인 경우 3월 30일 부터 4월 19일까지 가장 높은 잔디엽색과 유의차가 없는 것으로 나타났다. 그러나 4월 19일 이후에는 모든 처리구에서 잔디 엽색에 대한 유의차는 나타나지 않았다. 이것은 데이터 측정일 4월 19일 이전인 4월 7일의 평균대기온도가 15.1°C로 한지형잔디 최적 생육온도 범위보다 낮은 온도를 나타내었으나, 4월 7일 잔디피복재 내부의 표면온도는 무 처리구를 포함한 모든 처리구에서 23.4-24.6°C로 한지형잔디 생육에 적절한 온도범위로 나타났다(data not shown) (Fry and Huang, 2004). 이 온도차이는 대기온도와 비교했을 때 잔디피복재 내부의 평균온도가 8.3-9.0°C 높은 것으로, 온도가 비교적 낮은 3월 기간동안 잔디피복재의 적용에 의한 온도 상승으로 잔디엽색에 영향이 나타난 것으로 판단된다. Lee (2013)에 의하면, 다양한 재질의 잔디피복재에 의한 잔디피복재 내부의 표면온도는 대기온도와 비교했을 때 3.1-8.7°C 더 높은 것으로 나왔으며, 잔디피복재에 의한 이 온도차이는 온도가 낮은 3월 기간에 잔디의 엽색과 품질을 향상시키는 결과를 나타냈다고 보고했다. 그러나 최고 대기온도가 26.1°C를 나타내는 5월 21일 이후에는 잔디피복재 내부의 높은 표면온도로 인해 잔디엽색이 감소하는 결과가 나타난다고 보고한바 있다. 본 실험에서 실험종료일인 6월 11일 이후에도 잔디 피복재가 적용이 된다면 5월 28일 최고 대기온도가 29.4°C임을 고려 할때 잔디피복재 내의 표면온도의 상승으로 무처리구 보다 낮은 잔디엽색을 나타낼것으로 판단된다. Lee (2013)에 의하면 최고온도가 24.0°C 이상일 경우 잔디피복재 처리구 보다 무처리구의 잔디엽색이 높게 나온것으로 보고 된바 있다. 본 실험에서는 5월 21일부터 최고 대기온도가 한지형잔디 생육에 적정 온도범위보다 높은 26.5°C를 나타내고 있어 5월 21일 이후로 잔디엽색의 감소가 이루어 질것으로 판단되며, 실험결과 실험종료일인 6월 11일에는 잔디엽색이 모든 처리구에서 6.3-6.5 범위로 나타났으며 유의차는 나타나지 않았다. 잔디피복재의 적용시기가 12, 1, 2월인 3가지 처리구에서 봄철그린업 시기에 초기엽색이 중요한 관리적 상황이 고려된다면, 모든 처리구 조건중 가장 좋은 결과를 나타 낼 수 있을것이라 판단되며, 실험결과 적용시기 12, 1, 2월의 3가지 처리구중 유의차는 나타나지 않았다.

잔디피복재 적용시기 처리구에 의한 잔디품질은 12일의 데이터 측정기간동안 3월 16일 부터 4월 27일까지 6일의 측정일에서 유의차가 나타났다. 유의차가 나타난 데이터 측정일 동안 무처리구는 4월 27일을 제외한 5일동안의 측정일 동안 잔디품질 최저수용 값인 6.0 이하의 잔디품질을 나타냈으며, 잔디피복재 적용시기와 상관없이 모든 잔디피복재 처리구는 이 기간동안 무처리구 보다 높은 잔디품질을 나타냈다(Table 4). 그러나 잔디피복재의 적용시기 3월은 3월 16일과 3월 23일 측정일에서 잔디품질 최저수용 값인 6.0 이하의 값이 나타났다. 잔디피복재의 적용시기 3월의 경우 3월 5일에 잔디피복재 처리후 3월 23일까지 잔디피복재에 의한 온도 상승효과는 있었으나 그 효과가 잔디피복재 처리후 18일동안에는 잔디품질에서 무처리구 보다 높으나 최저수용 값인 6.0보다는 낮은 값으로 측정되었다. 본 실험결과 잔디 피복재에 의한 잔디품질 효과는 최저수용 값은 6.0 이상이 되기 위해서는 25일이 필요하며 12, 1, 2월 처리구와 같은 효과가 나타나기 까지는 33일이 필요한 것으로 측정되었다. 잔디피복재 적용시기에 의한 잔디품질의 유의차가 나타난 기간동안 12, 1, 2월이 가장 높은 잔디품질을 나타냈으며, 이 3가지 처리구간의 유의차는 나타나지 않았다. 본 실험결과 휴

면기가 끝나는 시기인 3월 기간중 비교적 높은 잔디품질이 요구되는 관리적 상황이라면 12, 1, 2월의 잔디피복재 사용이 고려된다. 잔디피복재 적용시기 매일처리구의 경우 6월 11일 측정일을 제외하고 실험기간동안 모두 잔디품질 최저수용값인 6.0 이상을 나타냈으나, 다른 잔디피복재 적용시기 처리구와 비교하여 3월 16일에서 4월 7일까지 가장 높은 잔디품질을 나타내지 못했다. 매일처리구가 가장 높은 잔디품질을 나타내는 처리구와 유의차가 나타나지 않는 것은 4월 19일 부터 실험 종료일까지로 나타났다. 유의차가 나타난 기간동안 가장 높은 잔디품질을 나타낸 1월과 2월을 비교했을때 0.7-1.0 잔디품질의 차이가 나타났다. 겨울철 골프장과 같이 잔디의 이용이 필요하고, 3월기간동안 7.0 이상의 잔디품질이 요구되지 않는 관리적 상황이라면 매일처리구 잔디피복재 적용시기도 고려할 수 있다고 판단된다. 그러나 매일처리구의 잔디피복재 적용과정으로 인한 답압피해의 가능성이 고려된다. 선행연구에 의하면 대기온도의 차이가 급격하게 발생하게 될 경우 내서성 및 내한성의 능력이 급속하게 감소한다는 연구결과들이 보고된 바 있다(Harivandi et al., 1984; McCarty et al., 2005; Smith, 1979; White and Dickens, 1984).

Table 2. Analysis of variance for turfgrass color, turfgrass quality, turf coverage and soil temperature.

Source	Mar 16	Mar 23	Mar 30	Apr 7	Apr 19	Apr 27	May 7	May 14	May 21	May 28	Jun 4	Jun 11
Turfgrass color												
Cover timing (CT)	**	**	**	**	**	NS ^z	NS	NS	NS	NS	NS	NS
K rate (KR)	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
CT×KR	NS	*	NS	*	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Turfgrass quality												
Cover timing (CT)	**	**	**	**	**	**	*	NS	NS	NS	NS	NS
K rate (KR)	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
CT×KR	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Turf coverage												
Cover timing (CT)	ND ^y	**	**	**	**	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
K rate (KR)	ND	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
CT×KR	ND	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Soil temperature												
Cover timing (CT)	ND	**	**	**	**	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
K rate (KR)	ND	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
CT×KR	ND	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

^y ND means no data.

^z NS indicates not significant at $P=0.05$.

*, ** indicates significance at $P=0.05$ and $P=0.01$, respectively.

Table 3. Mean turfgrass color for cover timing effect.

Cover timing ^x	Mar 16	Mar 23	Mar 30	Apr 7	Apr 19	Apr 27	May 7	May 14	May 21	May 28	Jun 4	Jun 11
No cover	3.2 ^d ^z	4.6c	4.5c	5.8b	6.4c	8.7	9.0	8.6	8.0	7.8	7.6	6.5
Daily	6.6bc	7.4b	7.5b	8.2a	7.7b	8.7	8.4	8.5	7.8	7.9	7.3	6.5
December	7.4a	8.1a	7.9ab	8.2a	8.0ab	8.5	8.6	8.1	7.6	7.5	7.2	6.3
January	7.6a	8.3a	8.4a	8.5a	7.9ab	8.6	8.5	8.2	7.1	7.4	7.6	6.4
February	7.7a	8.3a	8.5a	8.9a	8.6a	8.7	8.9	8.8	7.9	7.8	7.5	6.5
March	6.4c	7.4b	8.3a	8.9a	8.3ab	8.5	8.8	8.4	7.7	7.7	7.5	6.4

^x Daily treatment of turf cover was applied for 15 hrs per day from 6pm to 9am. Turf cover treatments of December, January, February, and March were applied at the 5th day of each month for each treatment, respectively.

^y Mean turfgrass color was measured by visual evaluation using 1 to 9 scale (1=straw green, 6=acceptable, and 9=dark green).

^z a-d: Means in a column with the same lower-case letters, or no letter are not significantly different according to Fisher's least significant difference (LSD) ($P=0.05$).

잔디피복재의 적용시기 매일처리구는 온도가 낮은 밤시간에 잔디피복재를 적용하여 비교적 온도가 높은 낮과의 온도차이를 감소시키는 효과가 있다. 이에 따라 온도차이의 감소로 인해 잔디성장에 발생하는 피해를 감소시켜 주는 효과가 나타난 것으로 판단된다. 일중 최고온도가 24.1°C가 나타난 4월 7일 이후로 잔디피복재 적용시기 처리구간의 유의차는 나타나지 않았으며, 최고온도가 23.1°C가 나타난 5월 7일부터는 잔디품질에서 무처리구를 포함한 모든 처리구간의 유의차가 나타나지 않았다(Table 4; Fig. 1). 또한 일중 최고온도가 29.4°C를 나타내는 5월 28일 이후로는 잔디품질이 최저수용 값인 6.0 이하의 값이 처리구에 따라 나타났다. 잔디피복재의 적용시기 3월의 경우 유의차가 나타난 데이터 측정기간 동안 무처리구 보다 높은 잔디품질을 나타냈으나 3월 기간에는 12, 1, 2월 적용시기 보다 낮은 잔디품질이 나타났다. 짧은 기간의 잔디피복재 사용기간은 무처리구보다 높은 잔디품질이 나타났으나 상대적으로 잔디피복재 사용기간이 긴 처리구 보다 잔디품질이 낮게 나타났다. 따라서 한지형잔디의 적정 생육 온도 범위보다 낮은 온도 상황에서 잔디피복재가 12, 1, 2월 처리구와 같이 상대적으로 오랜기간 동안 적용된 처리구와 동일한 효과가 나타나기 위해서는 언급된 바와 같이 33일 이상이 필요한 것으로 본 실험 결과 나타났다.

Table 4. Mean turfgrass quality for cover timing effect.

Cover timing ^x	Mar 16	Mar 23	Mar 30	Apr 7	Apr 19	Apr 27	May 7	May 14	May 21	May 28	Jun 4	Jun 11
No cover	4.5 ^d	4.3 ^d	4.9 ^d	5.4 ^c	5.3 ^b	6.1 ^c	6.9	6.4	6.9	6.0	5.9	5.1
Daily	6.2 ^{bc}	6.3 ^{bc}	6.4 ^{bc}	6.3 ^b	6.5 ^a	6.9 ^{ab}	7.6	7.3	7.5	6.8	6.2	5.9
December	6.5 ^{ab}	6.9 ^{ab}	7.1 ^a	6.9 ^{ab}	6.7 ^a	7.3 ^a	7.4	7.1	7.3	6.3	6.2	5.8
January	7.0 ^a	7.3 ^a	7.2 ^a	7.0 ^{ab}	6.9 ^a	7.1 ^{ab}	7.3	6.9	7.1	6.1	5.8	5.5
February	6.5 ^{ab}	6.7 ^{ab}	6.8 ^{ab}	7.3 ^a	6.3 ^a	6.7 ^{abc}	7.0	6.7	7.2	6.1	6.0	5.1
March	5.7 ^c	5.8 ^c	6.2 ^c	6.9 ^{ab}	6.3 ^a	6.4 ^{bc}	6.8	6.5	7.0	6.1	5.8	5.2

^x Daily treatment of turf cover was applied for 15 hrs per day from 6pm to 9am. Turf cover treatments of December, January, February, and March were applied at the 5th day of each month for each treatment, respectively.

^y Mean turfgrass quality was measured by visual evaluation using 1 to 9 scale (1=worst, 6=acceptable, and 9=best).

^z a-d: Means in a column with the same lower-case letters, or no letter are not significantly different according to Fisher's least significant difference (LSD) ($P=0.05$).

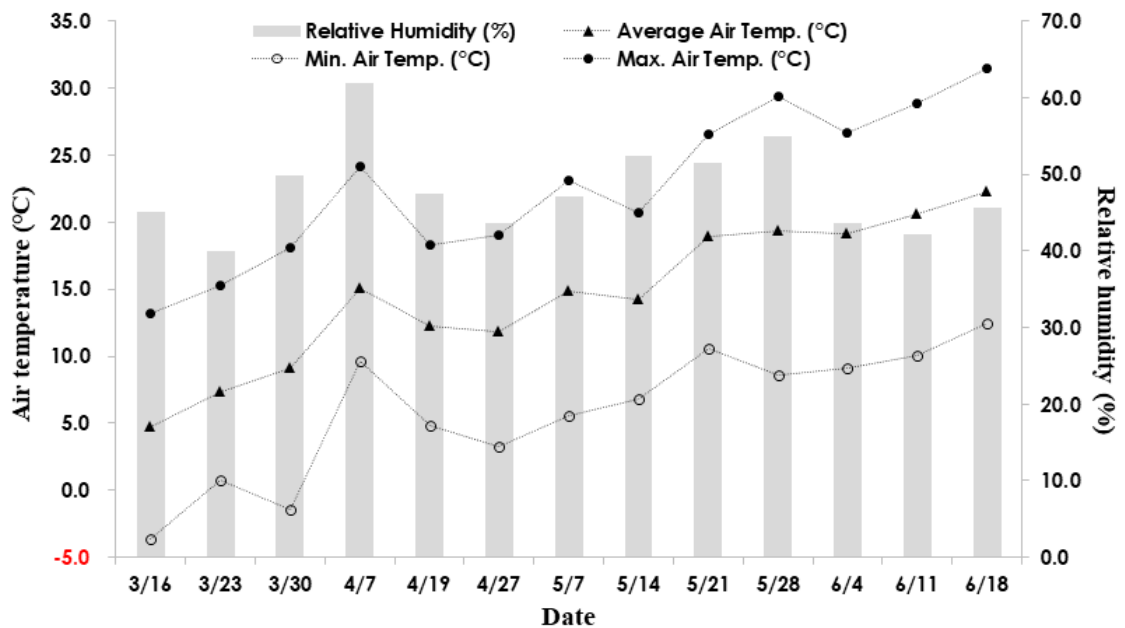


Fig. 1. Maximum, minimum and average air temperature (°C) from March 16, 2017 to June 18, 2017. Relative humidity (%) was measured at the same measurement day as temperature measurement.

봄철 그린업을 위한 잔디피복률(turf coverage)은 총 12일의 측정일중 3월 16일 부터 4월 7일까지 4일의 측정일에서 유의차가 나타났다. 무처리구에서 유의차가 나타난 측정일 동안 가장 낮은 잔디피복률이 측정되었으며, 이 기간동안 잔디피복재가 적용된 처리구에서는 무처리구에서 보다 7.1-24.2% 더 높은 잔디피복률이 측정되었다(Table 5). 잔디품질과 같이 12, 1, 2월 적용시기 처리구에서 유의차가 나타난 측정일중 3월동안에는 가장 높은 잔디피복률이 나타났으며, 3 가지 처리구간의 유의차는 실험기간동안 나타나지 않았다. 4월 7일에는 12, 1, 2월 그리고 3월 처리구 모두 가장 높은 잔디피복률을 나타냈다. 잔디품질이 4월 27일까지 유의차가 나타난 것과 대조적으로 잔디피복률은 4월 7일까지 유의차가 나타났다. 잔디피복재 적용시기 3월 처리구의 경우 3월 16일에는 무처리구와 유의차가 나타나지 않았다. 이것은 3월 5일 처리구가 적용된 3월 처리구에서는 잔디피복기간이 11일인 경우 잔디피복재의 효과가 무처리구와 비교해서 차이가 나타나지 않은 것으로 판단된다. 그러나 피복기간이 33일이 경과한 4월 7일에는 가장 높은 잔디피복률을 나타낸 12, 1, 2월 처리구와 유의차가 나타나지 않았다. 이것은 잔디품질에서 나타난 결과와 같이 잔디피복재가 가장 좋은 효과를 나타내기 위해서는 실험에 적용된 처리구 조건하에서는 최소 33일간의 기간이 잔디품질 뿐만 아니라 잔디피복률을 위해서도 필요한 것이라고 판단된다. 잔디피복률은 잔디엽색과 잔디품질과 다르게 4월 19일 부터 유의차가 나타나지 않았다. 잔디피복률은 일중 최고 대기온도가 상대적으로 낮은 13.2-18.1°C 범위인 3월 16일에서 3월 30일까지의 3월중에 영향을 가장 많이 받는 것으로 판단된다(Fig. 1). 한지형잔디의 적정 생육온도보다 높은 대기온도를 나타낸 4월 7일 이후에는 무처리구를 포함한 모든 처리구에서 유의차가 나타나지 않았다. 즉 잔디피복률은 한지형잔디 적정 생육온도인 18-24°C 이하일때 잔디피복재의 사용이 효과가 있는 것으로 연구결과 나타났으며, 언급된 바와 같이 잔디피복재가 좋은 효과가 나타나기 위해 33일간의 기간이 필요한 것으로 나타났다. 또한 잔디피복재에 의한 잔디피복재 내부의 표면 온도 상승으로 인해 온도가 적정범위 이상으로 증가하며, 무처리구와 유의차가 없어지는 결과가 나타났다. 선행연구에 의하면 잔디피복재 내부의 온도가 26.4°C 이상일때 지상부와 지하부 성장이 무처리의 성장보다 낮게 나타났다고 보고된 바 있다(Lee, 2013).

Table 5. Mean turf coverage for cover timing effect.

Cover timing ^x	Mar 16	Mar 23	Mar 30	Apr 7	Apr 19	Apr 27	May 7	May 14	May 21	May 28	Jun 4	Jun 11
No cover	47.5 ^d	56.3 ^d	56.2 ^c	62.9 ^c	63.8	61.3	67.4	73.0	77.2	70.8	61.3	57.1
Daily	61.7 ^{bc}	68.8 ^{bc}	69.5 ^b	70.0 ^{bc}	70.4	71.8	78.7	83.8	83.2	77.1	69.5	67.9
December	71.7 ^a	77.5 ^a	77.8 ^a	77.9 ^{ab}	78.8	75.1	78.7	80.5	81.1	73.8	64.3	63.8
January	71.7 ^a	77.1 ^a	78.7 ^a	78.8 ^a	76.3	74.3	77.4	81.8	82.3	70.4	62.1	60.0
February	63.8 ^{ab}	72.5 ^{ab}	72.4 ^{ab}	80.4 ^a	75.8	69.7	74.9	78.4	78.8	71.3	62.1	59.2
March	55.0 ^{cd}	63.8 ^c	65.3 ^b	76.3 ^{ab}	72.5	68.8	76.6	77.6	78.5	67.5	59.5	59.6

^x Daily treatment of turf cover was applied for 15 hrs per day from 6pm to 9am. Turf cover treatments of December, January, February, and March were applied at the first week of the month for each treatment.

^y Mean turfgrass coverage (%) was measured by visual evaluation.

^z a-d: Means in a column with the same lower-case letters, or no letter are not significantly different according to Fisher's least significant difference (LSD) ($P=0.05$).

선행연구에 의하면 잔디피복재의 사용은 긍정적인 효과를 나타낼 수 있는 기간이 있다. 대기온도와 차이에 의해서 그것이 결정되며 특히 낮과 밤의 온도차(temperature fluctuation)를 감소시켜 피해를 완화하는 효과가 있다. Dionne (2000)에 의하면 관부의 생육을 위해 처리된 잔디피복재에 의해 토양의 온도가 대기온도와 비교하여 5°C까지 온도가 상승되었다고 보고한 바 있으며, 이것은 대기온도와 토양온도의 큰 온도차에 의해 발생하는 피해를 감소시키는 것으로 보고된 바 있다. 그러나 잔디피복재를 언제 사용을 해야하는지, 어느기간동안 사용해야 하는지 등에 대한 연구결과는 보고된 연구결과가 부족한 상황이다. 본 실험결과에 의하면 겨울철 기간동안 저온피해를 최소화하여 잔디품질과 잔디피복률등의 봄철 그린업을 증가시키기 위한 잔디피복재의 사용은 한지형잔디의 적정 생육온도 범위인 18-24°C 보다 낮은

온도일때 최소 33일간의 적용기간이 필요하다는 것이 실험결과 나타났다. 따라서, 봄철 그린업을 증가시키기 위해 잔디피복재를 사용할 경우 3월에 사용하는 것은 대기온도와 비교하여 토양온도는 3.8°C까지 높은 온도를 나타냈으며, 잔디피복재 처리구의 피복재 아래의 지면온도는 5.5°C까지 높은 온도를 나타냈으나 적용기간이 11일 이내인 경우 무처리구와 유의차가 나타나지 않았으며 33일 이상일때 가장 좋은 결과가 나타났다. 본 실험에서 수행된 것과 같이 매일 15시간 잔디피복재를 적용하는 것은 33일 이상의 기간동안 24시간 적용된 잔디피복재보다 낮은 잔디품질과 잔디피복율이 나타났으나 일중 최고온도가 24.1°C 이상일때 33일 이상의 기간동안 적용된 잔디피복재와 같은 잔디품질을 나타냈다. 그러나 칼륨의 적용이 한지형잔디의 내한성을 증가한다고 보고된 많은 선행연구와 다르게 본 실험에서는 칼륨에 의한 캔터키블루그래스의 봄철 그린업에 있어 엽색이나 품질 그리고 피복률에 긍정적인 효과가 나타나지 않았다. 또한 잔디피복재와의 상호작용도 나타나지 않았다. 이것은 칼륨의 효과보다 잔디피복재의 효과에 대한 유의차가 더 크게 작용한 것으로 판단된다. 본 실험결과는 우리나라와 같이 캔터키블루그래스의 겨울철 사용이 많이 요구되는 곳에서는 잔디피복재의 적용시기를 고려할때 참고가 되는 자료로 활용될 수 있다고 판단된다.

요약

캔터키블루그래스 (Kentucky bluegrass, *Poa pratensis*)는 한지형 잔디의 한 종류이며, 성장을 위한 적정범위의 온도는 18-24°C인 것으로 알려져 있다. 적정 온도범위보다 낮은 경우에는 저온피해로 인해 성장률이 감소하여 밀도가 낮아져, 잡초나 병의 발생, 토양 침식의 증가, 건조피해 증가등 여러가지 피해증상이 나타난다. 칼륨은 식물이 주변환경에 의해 발생하는 저온피해와 같은 스트레스를 극복하는 능력을 향상시켜주는 원소로 잘 알려져 있다. 잔디피복재는 잔디가 저온피해에 노출 되었을때 관부를 보호하고, 지상부 회복에 도움을 주며, 겨울철 건조피해를 예방하는 방법으로 많이 사용이 되어 왔다. 본 연구는 잔디피복재의 적용시기와 늦가을 적용되는 칼륨의 시비량이 캔터키블루그래스의 봄철 그린업에 미치는 영향을 알아보기 위해 수행되었다. 총 4가지의 칼륨량 0, 5, 10, 20 g m² 가 처리되었으며, 6가지 잔디피복재 적용시기인 무처리구, 매일처리구, 12, 1, 2, 3월이 처리되었다. 본 실험결과 칼륨의 잔디피복재와 상호작용은 나타나지 않았으며 칼륨의 효과에 대해서도 나타나지 않았다. 잔디피복재의 사용은 한지형잔디의 적정 생육온도 범위인 18-24°C 보다 낮을때 봄철그린업을 위한 잔디품질과 잔디피복률을 위해 최소 33일간의 적용기간이 필요했으며, 적용기간이 11일 이내이었을때는 무처리구와 차이점이 나타나지 않았다. 봄철그린업 기간에 높은 잔디품질과 잔디피복율이 요구되는 상황에는 잔디피복재의 적용시기가 12월, 1월, 2월일때 가장 높은 잔디품질과 잔디피복율이 나타났으며, 잔디피복재의 3월 적용은 무처리구 보다 나은 결과를 나타냈으나, 잔디피복재의 적용기간이 충분한 12, 1, 2월 처리구 보다 낮은 잔디품질과 잔디피복율이 나타났다. 늦가을 칼륨의 시비효과는 잔디피복재 효과와 비교하여 봄철그린업에 대해 의미있는 효과가 나타나지 않았으며, 일중 최고온도가 24.1°C 그리고 19°C 가 나타난 이후에는 모든 처리구에서 각각 잔디피복률과 잔디품질에서 유의차가 나타나지 않았다.

주요어: 내한성, 잔디피복재, 칼륨, 캔터키블루그래스

Author Information

Sang-Kook Lee, Hoseo University, Associate Professor

References

- Andrews, C.J. and Pomeroy, M.K. 1989. Physiological properties of plants affecting ice-encasement tolerance. *Icel. Agric. Sci.* 2:41-51.
- Beard, J.B. 1973. *Turfgrass: Science and culture*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, USA.
- Cook, T.W. and Duff, D.T. 1976. Effects of K fertilization on freezing tolerance and carbohydrate content of *Festuca arundinacea* Schreb. maintained as turf. *Agron. J.* 68(1):116-119.
- Danneberger, T.K. 2011. Winter injury. Global Turf Network, Dublin, OH, USA.
- Dionne, J. 2000. Winter protection of annual bluegrass golf greens. pp. 11-13. USGA Green Sec., Liberty Corner, NJ, USA.
- DiPaola, J.M. and Beard, J.B. 1992. Physiological effects of temperature stress. In: Waddington, D.V., Carrow, R.N. and Shearman, R.C. (Eds.) *Turfgrass – Agron. Monograph no. 32*. ASA, CSSA, and SSSA, Madison, WI, USA.
- Ebdon, J.S., Gagne, R.A. and Manley, R.C. 2002. Comparative cold tolerance in diverse turf quality genotypes of perennial ryegrass. *Hort Sci.* 37(5):826-830.
- Fry, J. and Huang, B. 2004. *Applied turfgrass science and physiology*. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, NJ, USA.
- Gusta, L.V., Butler, J.D., Rajasheka, C. and Burke, M.J. 1980. Freezing resistance of perennial turfgrasses. *Hort Sci.* 15:494-496.
- Happ, K. 2004. Winter damage. USGA Green Section Record, Liberty Corner, NJ, USA.
- Harivandi, M.J., van Dam, W.L., Davis, H.M. and Gibeault, V. 1984. Selecting the best turfgrass. *California Turfgrass Culture* 34:17-18.
- Hurto, K.A. and Troll, J. 1980. The influence of nitrogen:potassium ratios on nutrient content and low temperature hardiness of perennial ryegrass. p. 114. *Agronomy abstracts*. Amer. Soc. Agron., Madison, USA.
- Kahn, B.A. and Leskovar, D.I. 2001. A ratoon cropping system for fall bell pepper production. *HortSci.* 36(5):897-899.
- Krishnan, S. and Brown, R.N. 2009. Na⁺ and K⁺ accumulation in perennial ryegrass and red fescue accessions differing in salt tolerance. *Int. Turfgrass Soc. Res. J.* 11:817-827.
- Lee, S. 2013. Various turf covers for Kentucky bluegrass growth and spring green-up. *Weed Turf. Sci.* 2(3):292-297.
- McCarty, L.B., Gregg, M.F., Toler, J.E., Camberato, J.J. and Hill, H.S. 2005. Minimizing thatch and mat development in a newly seeded creeping bentgrass golf green. *Crop Sci.* 45:1529-1535.
- McKersie, B.D. and Leshem, Y.Y. 1994. *Stress and stress coping in cultivated plants*. Kluwer Academic Publ., Dordrecht, Netherlands.
- Miller, G.L. and Dickens, R. 1997. Water relations of two cynodon turf cultivars as influenced by potassium. *Int. Turfgrass Soc. Res. J.* 8:1298-1306.
- Nielsen, K.F. 1974. Roots and root temperatures. p. 293-333. In: Carson E.W. (Eds). *The plant root and its environment*. Univ. Press Virginia, Charlottesville, VA, USA.

- Roberts, J.M. 1986. Influence of protective covers on reducing winter desiccation on turf. *Agron. J.* 78:145-147.
- Smith, G.S. 1979. Nitrogen and aeration influence on putting green thatch and soil. *Agron. J.* 69:680-684.
- SAS Institute Inc. 2001. The SAS system release 8.2 for Windows. SAS Inst., Cary, NC, USA.
- Stier, J.C., Koeritz, E.J. and Garrison, M. 2008. Timing the establishment of Kentucky bluegrass : perennial ryegrass mixtures for football fields. *Hort Sci.* 43:240-244.
- Tapp, L., Powell, A.J.Jr. and Richardson, A. 1988. Bermudagrass winter management study. *Ky. Turf. Res. Progr. Rpt.* 319:55-61.
- Tompkins, D.K., Ross, J.B. and Moroz, D.L. 2004. Effects of ice cover on annual bluegrass and creeping bentgrass putting greens. *Crop Sci.* 44:2175-2179.
- Trenholm, L.E. 2000. Low temperature damage to turf. p. 3. Fact Sheet ENH-80 University of Florida Extension, Institute of Food and Agricultural Sciences, Gainesville, FL, USA.
- Webster, D.E. and Ebdon, J.S. 2005. Effects of nitrogen and potassium fertilization on perennial ryegrass cold tolerance during deacclimation in late winter and early spring. *Hort. Sci.* 40(3):842-849.
- White, R.H. and Dickens, R. 1984. Thatch accumulation in bermudagrass as influenced cultural-practices. *Agron. J.* 76:19-22.