

# 하절기 한지형 잔디 재배 시 침수 및 고온으로 인한 잔디의 생육 불량 현상

이정호<sup>1</sup> · 최준용<sup>1</sup> · 이성호<sup>2</sup> · 주영규<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>연세대학교 과학기술대학 생명과학기술학부 생물자원공학전공, <sup>2</sup>(주)엘그린

## Effect of High-Humidity and High Temperature at Kentucky Bluegrass Growth in Summer

Jeong-Ho Lee<sup>1</sup>, Jun-Yong Choi<sup>1</sup>, Song-Ho Lee<sup>2</sup> and Young-Kyoo Joo<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Dept. of Biological Resources and Technology, Yonsei Univ. Wonju 220-710, Korea,

<sup>2</sup>L-green Co. Ltd, 179-1 Juam-dong, Gwacheon-si, Gyeonggi-do 427-070, Korea

### ABSTRACT

The growth of root and shoot normally decline dramatically in mid-summer of Korea, moreover the cool-season turfgrass eventually wither to death over 30°C. The increase of air temperature also drives the heat of soil, that makes stress on root system. The heat stress affects physiological mechanisms of hormonal unbalance that stimulates shoot growth, photosynthesis, and transpiration. To solve those problems, many studies have been carried out to control soil moisture and OM content to decrease soil temperature for dissolving the growth retardant by heat stress. This study initiated to analyze the change of soil temperature with soil moisture, and the effect of soil depth and moisture content on heat transmit and thermal changes on turfgrass growth(productivity, green color, and damage by dryness and high temperature). Kentucky bluegrass plots prepared with 25%, 33%, 40% soil moisture treatments. Soil temperature was measured every five min. with four thermo-sensors at 12 and 2 cm soil depth. The most acceptable growth showed at 33% soil moisture, but the worst result showed at 40%. The soil moisture seriously affected on the growth of Kentucky bluegrass, however the quality of turfgrass may acceptable if we can control soil moisture down to 33% when the flooding season of monsoon.

**Key word** : Kentucky bluegrass, high temperature, high-humidity

\*Corresponding author. Tel : +82-33-760-2250

E-mail : ykjoo@yonsei.ac.kr

Received : July 15, 2008, Revised : Aug. 30, 2008, Accepted : Nov. 15, 2008

본 논문은 연세대학교 학술연구비와 엘그린의 일부 연구비 지원에 의해 수행되었음.

## 서론

한지형 잔디는 축구장, 골프 코스 등 여러 스포츠 그라운드에서 다양하게 이용되고 있으며 높은 관리 수준을 요구하는 잔디이다. 특히, 4계절이 뚜렷하며 겨울이 춥고 여름이 매우 더운 우리나라와 같은 온대성 기후대에서는 한지형 잔디의 생육에 적합한 환경이 아니기 때문에 세밀한 관리가 이루어지지 않으면 원하는 품질의 잔디를 얻을 수 없기 때문이다. 한지형 잔디의 생육적온은 지상부의 경우 15~24℃이며, 지하부의 경우 10~18℃이다 (Beard, 1973). 그러나 여름철 온도가 30℃ 이상까지 올라가는 우리나라에서 한지형 잔디는 지상부와 지하부의 생육이 급격히 멈추게 되고 심하면 고사하게 되는 현상까지도 일어나게 된다(Huang and Gao, 2000). 즉, 기온의 상승으로 인한 지온상승은 잔디 뿌리에 스트레스가 되고 그 스트레스를 해소하기 위해 호르몬의 불균형적인 형성으로 결국 광합성, 증산작용 등의 여러 매카니즘에 악영향을 미치게 된다(Liu and Huang, 2005). 특히, 우리나라 골프코스 그린에 사용되는 크리핑 벤투그래스(creeping bentgrass, *Agrostis palustris* Huds.)는 식재 토양의 온도가 32℃ 이상으로 상승하였을 때 예초나 관수에 상관없이 그 생육이 현저히 저하된다(Beard and Daniel, 1965). 또한 고온 및 과수분은 식물 생리학적으로 잔디의 탄수화물 축적, 광합성량, 세포의 안정화, 잎의 수분 포텐셜, 뿌리의 생장 등에 나쁜 영향을 주어 잔디의 질을 감소시키는 원인이 되기도 한다(Carrow, 1996; Jiang and Huang, 2000). 이러한 문제를 해결하기 위해 토양 내 수분함량을 조절하기도 하고 유기물 함량을 조절하여 지온의 상승을 제한함으로써 잔디의 생육부진을 해소하는 연구도 수행되었다(Li et al, 2002). 여름철 고온에 의한 한지

형 잔디의 생육불량 현상에 대해서는 많은 연구가 이루어지고 있지만, 그 원인 규명에 대한 연구는 아직 미흡한 실정이다.

토양의 온도(temperature)와 열전도(thermal properties)는 토양 수분 및 토양 유기물의 분해 등에 영향을 미침으로서 토양 물리, 화학, 및 생물학을 변화시키는 요인이다(Kay and Gronevelt, 1975). 특히 토양 수분의 함량은 토양 열전도에 있어서 다른 물리적 특성의 영향보다 가장 큰 것으로 알려져 있다(Riha et al., 1980). 따라서 토양 온도 및 열전도가 토양 성질에 미치는 영향에 대한 체계적인 규명은 연구대상 식물체인 잔디 생육과 토양 온도 및 열전도성과의 관계를 이해함으로써 양질의 잔디생산을 위한 기술개발에 도움이 될 것이다. 본 연구의 목적은 고온화에 따른 한지형 잔디의 생육불량 현상을 해결하기 위해 생육에 영향을 주는 주된 원인을 규명하고, 체계적인 실험을 통하여 이러한 문제점을 해결할 수 있는 방안을 제시하는 것이다.

본 연구는 야외 실험포장에서 토양 수분의 변화에 따른 토양 온도변화를 연구하고, 잔디 재배지에서의 깊이와 토양수분 함량에 따른 열전도 기작과 열 환경 변화에 따른 직접적인 잔디 생육에 미치는 영향을 연구하였다.

## 재료 및 방법

실험에 사용된 공시 초종은 한지형 잔디 중 에서 Kentucky bluegrass(*Poa pratensis* L.)를 선정하였다. 파종, 재배 성숙된 잔디를 (주)엘그린 농장으로부터 지원받아 연세대학교에 준비된 USGA 다층구조 지반으로 조성된 실험포지에 식재되어 실험에 사용되었다.

단열재 스티로폼 박스는 가로, 세로, 깊이가 30×23×20cm인 것을 사용하였다. 스티로폼

박스에 15cm 깊이로 USGA green사 기준 (USGA, 2004)에 적합한 모래를 충전한 후 그 위에 Kentucky bluegrass를 식재하였다. 시간에 따른 온도변화는 토양온도측정기(Watchdog™ model #450, spectrum technologies inc.)를 사용하여 측정하였다.

토양온도측정 센서는 각 실험구마다 깊이 2cm 지점과 12cm 지점에 각각 2개씩 즉, 한 실험구당 4개의 토양온도측정 센서를 설치하여 매 5분마다 온도변화를 측정하였다. 각각의 실험구는 수분함량에 따라 25%(처리구 1), 33%(처리구 2), 40%(처리구 3)의 3가지로 구분하였으며, 실험구의 토양 수분함량은 토양 수분 측정기(Hydrosence™, Campbell scientific Australia pty., Ltd)로 측정하였다.

실험구내 온도를 높이기 위해 각각의 스티로폼 박스를 유리판으로 덮어 잔디 표면 고온 처리 효과를 유발하였다.

토양 온도변화는 관수 처리 3일 전부터 측정하기 시작하여 관수 처리 후 4일간, 총 7일 동안의 온도 변화를 측정하였다.

**Table 1.** 본 실험에 사용된 토양의 이화학적성(ASTM F 1815-97, D 4972-89).

Physical properties	
Total porosity	41.5%
Capillary porosity	14.9%
Air filled porosity	26.7%
Bulk density	1.6 g cm <sup>-3</sup>
Particle density	2.7 g cm <sup>-3</sup>
Hydraulic conductivity	71 cm hr <sup>-1</sup>
Chemical properties	
pH (1:5)	6.7
EC (1:5)	0.005 dS m <sup>-1</sup>
CEC	2.08 cmol kg <sup>-1</sup>
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	11.9 mg kg <sup>-1</sup>
K <sup>+</sup>	0.11 cmol kg <sup>-1</sup>
Ca <sup>2+</sup>	0.24 cmol kg <sup>-1</sup>
Mg <sup>2+</sup>	0.15 cmol kg <sup>-1</sup>

## 결과 및 고찰

토양 수분함량에 따른 잔디 표면 최고온도의 평균을 측정한 결과 처리구 3(40% 토양수분)에서 평균 39.2℃로 가장 높게 나왔으며, 처리구 1(25% 토양수분)이 39.0℃, 처리구 2(33% 토양수분)는 37.8℃로 측정되었다(Table 2).

**Table 2.** 각 처리구별 잔디 표면의 평균 최고온도와 평균 수분함량

	잔디 표면 온도(℃)	평균 수분 함량(%)
처리구 1 (토양수분 25%)	39.0	25.4
처리구 2 (토양수분 33%)	37.8	32.8
처리구 3 (토양수분 40%)	39.2	39.5
LSD	0.6	1.3

토양 2cm깊이와 12cm깊이에서의 최고온도를 측정한 결과 처리구 3이 각각 33.7℃와 32.3℃로 가장 높게 측정 되었으며 처리구 2, 즉 토양 수분함량이 33%인 실험구의 최고 온도 평균이 각 지점에서 29.4℃, 28.9℃로 가장 낮게 측정되었다(Table 3).

**Table 3.** 토양 수분함량에 따른 토양 깊이별 일 최고 온도

	2cm 깊이 지점의 최고온도(℃)	12cm 깊이 지점의 최고온도(℃)
처리구 1 (토양수분 25%)	32.9	31.6
처리구 2 (토양수분 33%)	29.4	28.9
처리구 3 (토양수분 40%)	33.7	32.3
LSD	1.13	1.34

하루 중 잔디 지반의 온도가 가장 높은 시간은 16:00에서 17:00 사이로 측정되었으며, 그 이후 다음날 오전 07시까지 온도가 내려가다가 07시 이후부터 점차적으로 증가하였다 (Table 4, Fig 1).

잔디의 생육 상태를 관찰한 결과 처리구 2(33% 토양수분)에서 가장 양호하였으며, 처리구 3(40% 토양수분)에서 가장 불량하였다.

식물이 생육적온보다 높은 온도에서 고온장해(heat injury)를 입게 되면 열사(heat killing)하게 된다. 생육한계온도 이상의 고온 환경에서 식물의 세포막의 특성이 변하여 이러한 장해가 발생한다. 고온에서 식물 세포막

을 구성하는 지질의 유동성이 커져서 막구조가 변하여 무기이온이 유출되고, 엽록체의 ATP 생성이 억제되는 등 생리적 기능이 낮아진다. 또한 식물의 단백질이 변성되어 세포막의 존재하는 효소의 활성이 억제되어 광합성, 호흡작용, 단백질합성 등의 생리적 기능이 떨어진다. 열사할 때는 세포막의 지질이 액화하고 단백질이 응고하여 효소의 기능이 상실되며, 전분이 열응고하여 엽록체가 기능을 상실하게 된다(문 외, 2002).

잔디 재배 시, 장마기 잔디의 침수로 인하여 잔디에 과습장해가 종종 발생하게 된다. 과습 장해는 통양 공극이 물로 채워져 뿌리 부

**Table 4.** 토양 깊이별 수분함량에 따른 토양 온도의 시간적 변화양상

시간	구분	2cm 깊이 온도(°C)			12cm 깊이 온도(°C)			비고
		25%	33%	40%	25%	33%	40%	
07:04		18.5	19.4	19.8	18.9	19.8	20.1	최저 온도점
07:34		18.5	19.4	19.8	18.8	19.6	20.0	
08:04		18.7	19.4	19.8	18.7	19.6	19.9	
08:34		18.9	19.7	20.1	18.7	19.6	19.9	
09:04		19.6	19.8	20.7	18.8	19.6	20.0	
09:34		20.3	20.4	21.4	19.1	19.7	20.3	
10:04		21.1	20.9	22.3	19.5	20.1	20.8	
10:34		22.4	21.6	23.4	20.3	20.4	21.4	
11:04		23.8	22.5	24.8	21.1	21.0	22.2	
11:34		25.4	23.5	26.3	22.2	21.7	23.2	
12:04		26.9	25.1	27.9	23.6	22.6	24.4	
12:34		28.6	26.5	29.4	24.8	23.8	25.7	
13:04		30.1	28.0	30.9	26.2	25.0	27.1	
13:34		31.3	29.2	32.2	27.7	26.3	28.4	
14:04		32.3	30.2	33.1	28.9	27.4	29.7	
14:34		32.7	30.9	33.7	30.1	28.6	30.7	
15:04		33.1	31.3	34.2	30.8	29.4	31.5	
15:34		33.4	31.7	34.5	31.5	30.2	32.3	
16:04		33.5	31.8	34.5	32.0	30.6	32.7	
16:34		33.2	31.7	34.1	32.3	30.9	32.9	최고 온도점
17:04		32.7	31.3	33.6	32.2	31.1	33.0	
17:34		32.0	30.8	32.9	32.0	30.9	32.8	
18:04		31.3	30.2	32.1	31.5	30.6	32.5	
18:34		30.6	29.7	31.4	31.0	30.2	31.9	
19:04		30.0	29.1	30.7	30.4	29.7	31.3	
19:34		29.1	28.4	29.9	29.8	29.2	30.8	

\*   최저 온도

  최고 온도

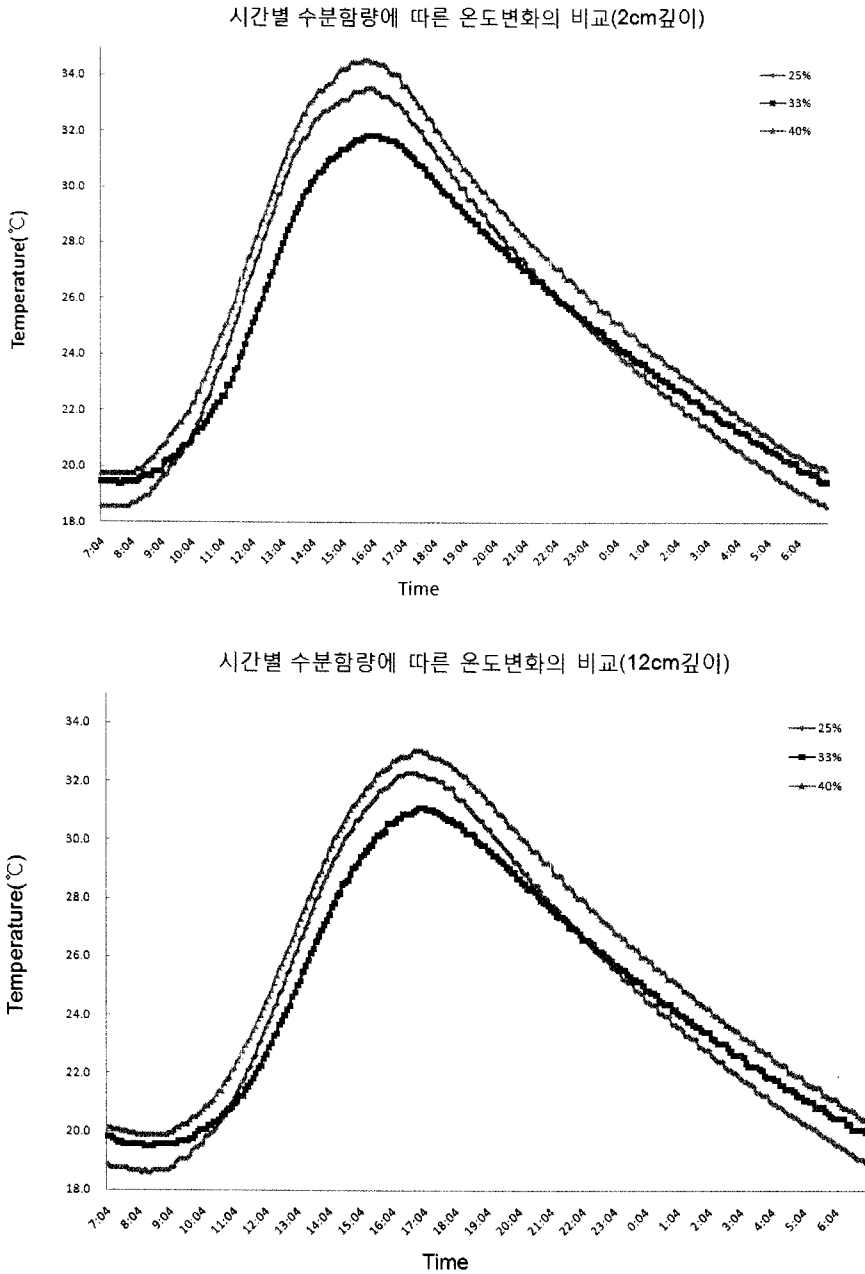


Fig 1. 2cm, 12cm 깊이 지점의 시간에 따른 토양수분 함량 별 온도변화(3일차)

근의 산소 부족으로 발생하며, 이로 인해 식물 뿌리는 무기호흡을 하게 되며, 에너지 효율이 극히 낮아지게 된다. 뿌리세포가 대사활동을 위해 필요로 하는 ATP를 얻기 위해 포도당과

같은 호흡기질을 과도하게 소모하게 되고 결과적으로 양분이 소모되어 에너지를 요구하는 대사작용이 장애를 받는다. 그 외에도 환원물질 및 에탄올과 같은 저해물질을 생성·축적

하게 되어 식물 정상적인 생육에 장애를 주게 된다(문 외, 2002).

결론적으로 하절기 고온 하에 장마로 인해 잔디가 침수하게 되면 고온장애와 과습장애가 복합적으로 발생하여 잔디 생육 불량 조건에 대한 악순환이 계속되므로 잔디 재배가 불리하게 된다. 그러므로 하절기에도 좋은 품질의 잔디 상태를 유지하기 위해서는 토양 및 대기의 온도상승을 억제하고 토양 수분 함량을 조절하여야 바람직할 것으로 사료된다.

본 실험에서 토양 수분함량에 따른 토양 온도의 변화를 비교해본 결과 잔디 잎 표면 및 잔디 지반 2cm, 12cm 지점 모두 수분함량 33%(처리구 2)에서 최고 온도가 가장 낮게 측정되었으며, 하루 중 온도 변화의 폭도 가장 작았다.

또한 각각의 토양 수분함량에 따른 잔디 생육상태를 비교하여 볼 때 처리구 2(33% 토양 수분)가 가장 양호하였다. 그러므로 잔디의 생육에 있어서 토양 수분 함량이 33% 일대 온도 변화에 대한 영향을 가장 적게 받았다고 할 수 있다.

## 결론

본 실험 결과 하절기 고온에 대하여 한지형 잔디인 Kentucky bluegrass의 생육은 토양 수분함량에 따라 큰 영향을 받으며, 장마기에 잔디가 침수될 경우 토양 수분 함량을 최소한 33%까지 감소시켰을 경우 잔디 생육에 큰 영향을 받지 않을 것으로 판단된다. 그러나 생육에 불리한 영향을 미치는 토양 수분함량을 알아보기 위해서는 좀 더 세분화된 연구가 필요할 것으로 보여진다.

하절기 온도가 상승함에 따라 잔디 생육에 토양 수분함량이 가장 큰 영향을 미치기 때문

에 잔디의 생육 불량을 막기 위해 잔디 관리 시 토양 수분 함량을 조절 할 필요가 있으며, 토양 수분 함량 조절을 위해서는 잔디 지반의 배수가 원활히 이루어져야 한다.

또한 지온의 하강시키기 위해 차광막을 이용하여 온도 상승을 막는 방법으로 적용할 수 있다. Yim and Kim(1995)에 의하면 차광율에 따라 토양 표면 온도를 최대 21.4°C, 표토 2.5cm 깊이 지점의 온도를 최대 8.5°C정도 하강 시킬 수 있으며, 과도한 차광은 잔디의 광합성 능력을 저하시키기 때문에 최소 차광(35% 정도)을 하더라도 토양 표면의 차광을 하지 않았을 때 보다 토양 표면 온도를 최대 17.2°C까지 하강 시킬 수 있으므로 하절기 한지형 잔디의 재배에 고온에 따른 생육 불량을 어느 정도 감소시킬 수 있을 것이다. 단, 차광막을 이용하면 토양 온도는 하강 시킬 수 있으나, 토양의 습도가 상승하기 때문에 토양 수분 함량을 고려하여 차광방법을 사용하여야 한다.

## 요약

한지형 잔디는 하절기 온도가 30°C 이상까지 올라가는 우리나라에서 뿌리와 줄기의 성장이 급격히 저하되고 심하면 고사하게 된다. 기온의 상승으로 인한 지온 상승은 잔디뿌리에 스트레스가 되며 그 스트레스는 호르몬의 불균형적인 형성으로 지상부 성장 및 광합성, 증산 작용 등의 여러 매카니즘에 많은 영향을 미치게 된다. 이러한 문제를 해결하기 위해 토양 내 수분함량을 조절하기도 하고 유기물 함량을 조절하여 지온의 상승을 제한함으로써 잔디의 생육부진을 해소하는 연구도 수행되었다. 본 실험은 토양 수분의 변화에 따른 토양 온도의 변화 양상을 분석하고, 잔디 재배지에서

의 토양 깊이와 수분 함량에 따른 열 전도 기작과 열 환경 변화에 따른 직접적인 잔디 생육(생산량, 녹도, 건조피해, 고온피해 등)에 미치는 영향을 연구하였다. 공시 초종으로 Kentucky bluegrass(*Poa pratensis* L.)를 선정하였고 각각의 실험구는 수분함량에 따라 25%, 33%, 40%의 3가지로 구분하여 처리하였다. 토양온도 측정 센서를 각 실험구에 깊이 12cm 지점과 2cm 지점에 각각 2개씩 즉, 한 실험구당 4개의 토양온도 측정 센서를 설치하여 매 5분마다 온도변화를 측정하였다. 수분함량에 따른 온도변화는 수분함량이 33% 일 때 가장 낮게 측정되었다. 잔디의 생육상태를 비교하여 볼 때 수분 함량이 33% 일 때 생육이 가장 양호하였으며 40% 일 때 가장 생육이 불량하였다. 하절기 고온 환경에서 한지형 잔디인 Kentucky bluegrass의 생육은 토양 수분함량에 따라 큰 영향을 받지만, 장마기에 잔디가 침수된 환경에서 토양 수분 함량을 최소한 33%까지 감소시켰을 경우에는 잔디 생육에 큰 영향을 받지 않을 것으로 사료된다.

### 참고 문헌

1. 문원, 이승구. 2002. 재배식물생리학. 한국방송통신대학교 출판부. 제 18장
2. Li, D., D.D. Minner, and N.E. Christians. 2002. Direct heat stress effects on creeping bentgrass. 2002 Turfgrass report. ISU Horticulture Department. IA.
3. Beard, J.B. and W.H. Daniel. 1965. Effect of temperature and cutting on the growth of creeping bentgrass (*Agrostis palustris* Huds.) roots. *Agronomy Journal* 57:249-250
4. Beard, J.B. 1973. *Turfgrass : Science and culture*. Prentice-Hall. Englewood Cliffs. NJ.
5. Carrow, R.N. 1996. Summer decline of bentgrass green. *Golf Course Management* 4:51-56
6. Jiang, Y. and B. Haung. 2000. Effects of drought or heat stress alone and in combination on Kentucky bluegrass. *Crop Science* 40:1358-1362
7. Huang, B. and H. Gao. 2000. Growth and carbohydrate metabolism of creeping bentgrass cultivars in response to increasing temperature. *Crop sci.* 40: 1115-1120
8. Liu, X. and B. Huang. 2005. Root physiological factors involved in cool-season grass response to high soil temperature. *Environmental and Experimental Botany.* 53:233-245
9. Kay, B.D. and P.H. Gronevelt. 1974. On the interaction of water and heat transport in frozen and unfrozen soils 1. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 38:395-400
10. Riha, S.J., K.J. McInnes, S.W. Child, and G.S. Campbell. 1980. A finite element calculation for determining thermal conductivity. *Soil Science Society America Journal* 44:1323-1325
11. Yim, J.H. and K.S. Kim. 1995. Effect of shading on the vegetative growth of Korean lawngrass(*Zoysia japonica* Steud.). *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 36(5):755-761

