

학술발표 3

경기장 지붕의 막구조가 잔디생육에 미치는 광환경에 대한 영향분석

¹주영규, ²송규동, ³심규열, ¹이동익

¹연세대학교 응용과학부 생물자원공학과,
²한양대학교 건축공학과, ³한국잔디연구소

Analysis of Light Environment to Turfgrass Growth under the Roof Membrane on Stadium

¹Young Kyoo Joo · ²Kyoo D. Song · ³Gyu-Yul Shim · ¹Dong Ik Lee

¹Dept. of Biological Resources and Technology, Yonsei Univ.,

²Dept. of Architectural Eng., Hanyang Univ., ³Korea Turfgrass Research Institute.

서 론

근래에 건설된 대부분의 스타디움은 미적인 디자인과 과다한 직사광선이나 우천 등에 대비해 돔 형식으로 설계되어 있다. 이는 스타디움 지붕의 막구조에 의한 음영지역의 잔디에 생육에 필요한 충분한 자연광량과 조도를 제공받지 못하므로 부분적으로 광량의 부족과 잔디면의 균일한 성장을 저해 시키게 된다(Navvab, 1999).

특히 식물에 필요한 가시광선은 광합성, 일장반응 등에 필요한데 주로 광합성에 이용되는 스펙트럼은 430~470 nm 파장의 청색의 빛과 620~670 nm 파장의 적색 광이다(Hopkins, Hüner, 2003). 음지에서는 식물 광합성에 적합하지 못한 파장이 긴 반사광이 많으며 지붕에 의한 차광정도에 따라 잔디류의 생육이 크게 둔화된다(임재홍, 김기선, 1995). 그러므로 스타디움 지붕의 막구조로 인한 음영지역의 잔디는 조성 시 생육 장애와 경기 후 회복력의 저하 및 광 스트레스로 인한 질병을 일으킬 수 있다(주영규 등, 2000).

따라서 본 연구는 지붕의 막구조에 의한 음영이 잔디생육에 미치는 영향을 평가하기 위하여 부산 경기장 시험포지에 주경기장의 막구조와 동일한 지붕시설물(PTFE 막구조, 유리·테프론 섬유막)을 설치하였다. 공시 초종은 한지형 잔디조합(Kentucky Bluegrass, Perennial ryegrass, KBG80+PR20%, KBG33+PR33+Fine fescue33%)과 난지형잔디('한국들잔디, 중엽형 한국들잔디 '안양중지', 'Zenith', Bermudagrass)를 식재, 또는 파종하여 1999년 11월부터 2000년 8월 까지 지붕 구조물에 의한 광환경의 변화와, 잔디생육에 미치는 영향에 관한 실험을 수행하였다. 광합성 효율 측정 시 일반적으로 적용되는 광자량으로써 최소 광량 694 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$ (38,000lux)을 기준으로 하여 자연광 확보량을 측정하였으며 자연광이 부족한

경우 인공 보조 조명기구의 설치 필요성을 예측하였다(Navvab, 1995).

재료 및 방법

실험포장 설치

지붕 막구조 모형실험을 위하여 부산 월드컵경기장 시험포지에 주경기장의 막구조와 동일한 지붕시설물(PTFE 막구조)을 설치하여 다양한 광환경 조합을 조성하였다. 국내 경기장에 사용 중인 잔디를 공시재료로 하여 광환경에 따른 잔디의 생육 영향을 비교하였다. 잔디 종류는 한지형 잔디조합(KBG, PR, KBG80+PR20%, KBG33+PR33+FF33%)과 난지형 잔디(한국들잔디, 중엽형 '안양중지', 'Zenith', Bermudagrass)를 파종(한지형잔디) 또는 식재(난지형잔디)하여 양지, 음/양 교차, PTFE 막구조 아래, PE 막구조 아래 음영지역으로 구분하였다. 1999년 4월에 잔디를 파종, 또는 식재하여 광환경의 변화와 잔디생육에 미치는 광 영향을 1999년 11월부터 2000년 8월까지 10개월간 조사, 분석하였다.

실험포지의 자연광 조도 계산

실험포지의 자연광 조도 계산을 위해 잔디면을 가로 4구역 세로 12구역씩 총 48구역으로 나누었다. 그리고 잔디면의 빛의 양인 조도(Ix) 및 광자량(mol/m²s)을 예측하기 위해서는 천기의 상태 및 태양의 위치를 정확하게 계산해야 한다(Modest, 1982). 따라서 부산월드컵경기장의 위도와 경도를 입력 데이터로 하여 1월부터 12월까지 각월 21일의 태양 고도각과 방위각을 일출부터 일몰까지 1시간 간격으로 계산하였다. 청천공(가장 맑은 날)과 담천공(가장 흐린 날)시 일사량과 노점온도는 최근 20년간 기상자료에서 선정하였다. 이 입력자료를 몬테카를 방법(김훈 등, 1996)을 적용한 조도 계산 프로그램에 의해 조도를 계산하였다. 프로그램에 의해 계산되어진 조도값을 잔디성장에 필요한 최소요구 조도 값인 694 μ mol/m²s (38,000lux)을 기준(Navvab, 1999)으로 하여 막구조의 의한 실험포지의 조도분포를 분석하였다.

잔디의 영향 평가 대상

색차, 밀도, 초장, 병해 정도의 4가지 자료를 분석하여 광환경(음영 스트레스)에 의한 잔디 생육 영향을 평가하였다. 잔디의 색차는 Color difference meter(CR-300 series)를 이용하여 측정하였으며, 밀도는 1~9의 9단계로 나누어서 육안으로 측정하였다(National Turf grass Evaluation Program, 1997). 잔디깎기를 실시한 3일후에 초장을 측정하였는데 정상적인 광조건과 음영상태 하에서 그 길이를 비교하였다. 또한 2000년 5월 초와 6월 중순에 초종별로 광환경의 차이에 따른 병해를 발생 빈도와 병 종류별로 비교, 조사하였다(김호준 등, 1998).

결과 및 고찰

실험포장 조도 시뮬레이션 결과

지붕의 차광처리로 인한 PTFE막 외부의 음/양지의 면적과 위치가 태양의 고도에 따라 달라졌다. 최소광량 694 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$ (38,000lx)을 기준(Navvab, 1999)으로 하여 비교분석하였을 시 담천공의 경우는 1월부터 12월까지 전면적으로 잔디의 생장에 필요한 광량이 절대 부족한 것으로 판단되며, 청천공의 경우에도 잔디의 정상적인 생육을 위해서는 부분적(남쪽 코너)으로 인공조명에 의한 추가적인 광량이 필요한 것으로 판단되었다(Duke, W.B. *et al.*, 1975).

색차분석

색차분석 결과로 초종간 녹색의 색차는 한지형 잔디조합(KBG, PR, KBG80+PR20%, KBG33+PR33+FF33%)이 난지형잔디(한국들잔디, 중엽형 '안양중지', 'Zenith', Bermudagrass)에 비하여 짙은 녹색을 나타냈으며, 광조건에 따른 색차는 1999년 11월의 경우 차광 조건에서 짙게 나타났다. 이러한 현상은 구조물에 의한 보온효과 때문에 노지에서보다 잔디의 엽색이 보존되었기 때문이며, 200년 4월에는 전년도 11월과 반대되는 현상을 보였는데 이는 대기의 온도의 상승에 따라 노지조건에서 잔디생육이 촉진되었기 때문으로 판단되었다.

밀도조사

초종간, 광조건 처리간 밀도를 나타내는 것으로 다양한 차이를 보이고 있다. 초종간의 밀도를 비교해 보면 KBG80+PR20%이 가장 좋았으며, 그 다음으로 KBG, KBG+PR+FF, PR, FF, '안양중지', 'Zenith', Bermudagrass 순으로 나타났다. 광조건에 따른 밀도는 정상적인 광조건 하에서는 모든 초종에서 좋았으나, 차광 처리구에서는 초종에 따라서 차이를 보였는데, KBG, KBG+PR+FF, PR, FF순이었다. 난지형 잔디('안양중지', 'Zenith', Bermudagrass)는 차광조건에서 모두 밀도가 낮아 경기장 잔디용으로 사용에는 제한이 있을 것으로 판단되었다.

초장조사

초종과 광조건에 따른 초장조사 결과는 정상적인 광조건과 차광되었을 때 초장을 잔디깎기 하여 3일후에 측정하였다. 차광이 되었을 때 잔디가 웃자라 초장이 높게 나타났으며, 차광되어진 음지에서는 파장이 긴 반사광이 많고, 파장이 긴 적외선은 식물의 도장을 촉진시키는 것으로 판단될 수 있다. 광환경 처리간 초장의 차이는 KBG 8.3 cm, PR 13.7cm, FF 16.1cm, KBG80+PR20% 2.9cm, KBG+PR+FF이 13.9cm, '안양중지' 11.0cm, 'Zenith' 10.5cm로 각각 나타났으며, PR에서 가장 큰 차이를 보였다.

병해발생조사

음영여부에 따른 병 발생율을 조사한 결과 음영은 병 발생율을 크게 증가시켰으며, 음영이 심할수록 병발율은 높았다. FF와 KBG에서 다른 초종에 비하여 병 발생율이 많은 것으로 나타났으며, FF의 경우 달라스팟이 많이 발생하였고, KBG의 경우 엽고병의 발생이 높게 나타났다. 반면, 그 외의 다른 초종에서는 병 발생이 거의 없었다. 차광에 의해 광환경 형성이 저조한 부분은 광의 부분적 처리가 필요할 것으로 판단되었다.

결과 요약 및 고찰

잔디면의 자연광 시뮬레이션의 결과로 나타난 시험포지의 조도는 대부분 잔디생장에 요구되는 최소광량(38,000lx) 이하였다. 이로 인하여 볼 때 부산 월드컵 경기장과 같이 동경기장의 막설치로 인한 광환경은 잔디 생육에 문제를 야기시킬 것으로 판단될 수 있었으며, 인공 보조 조명 기구 설치의 필요성이 대두되었다.

잔디 종류에 따른 영향을 조사한 결과 한지형 잔디조합(KBG, PR, KBG80+PR20, KBG34+PR33+FF33)이 난지형잔디(한국들잔디, 중엽형 '안양중지', 'Zenith', Bermudagrass)보다 녹색도가 높고 잔디밀도가 높으나 차광과 통풍 및 온도 등의 영향으로 인해 병 발생율은 높다는 것을 알 수 있었다. 지붕의 막에 의한 음영은 병 발생율을 크게 증가시켰으며, 음영이 심할수록 발병율은 높았다. 잔디의 음영에 대한 영향으로써 KBG 80% + PR 20%가 가장 내음성이 강한 것으로 분석되었다. 부산주경기장에 식재될 잔디조합 외에 음영에 적응하는 잔디초종의 순서는 KBG 단독파종, KBG+PR+FF, PR 단독, FF 단독, 한국들잔디, '안양중지', 'Zenith', 버뮤다그래스 순으로 나타났다.

참고 문헌

- 김호준 외 5인. 1998. 잔디구장의 조성관리. 한국 체육 과학 연구원.
- 김훈, 김창섭, 심상만. 1996. 몬테카를로 시뮬레이션을 기준으로 한 조도 계산법의 정확도 평가. 조명전기설비학회지 10(2):45-53.
- 임재홍, 김기선. 1995. 차광경도가 한국들잔디(*Zoysia japonica* Steud.)의 영양생장에 미치는 영향. 한국원예학회지 36(5):755-761.
- 주영규 외 5인. 2000. 2002년 월드컵축구대회 경기장 잔디그라운드조성에 관한 연구 종합 보고서. 2002년 월드컵축구대회 조직위원회.
- Duke, W.B., R.D. Hagle, J.F. Hunt, and D.L. Linscott. 1975. Metal Halide Lamps for Supplemental lighting in Greenhouse : Crop Response and Spectral Distribution. Agronomy Journal 67:49-53.
- Modest, M. 1982. A General Model for the Calculation of Daylighting in Interior Spaces. Energy and Buildings 5:69-79.
- National Turfgrass Evaluation Program(NTEP). 1997. National *Zoysiagrass* test-1996. U.S.D.A., Agricultural Research Service and Beltsville Agricultural Research Center,

Beltsville, MD. 20705. Progress Report 1997 NTEP No. 98-4.

Navvab, M. 1999. Integration of Day Lighting and Sport Lighting Systems Design for Turf Growth in an Indoor Football Stadium. *Journal of the Illuminating Engineering Society* 28(2):63-80.

Navvab, M. and C. Prayhoonang. 1995. Application of the New Standards for the Evaluation of Daylight and Solar Availability Measurements. JIES.

Hopkins, W.G. and N.P.A. Hüner. 2003. *Plant Physiology*. 3rd ed. John Wiley & Sons. Hoboken, NJ.