

인공지반에서 금잔디의 증발산량 예측에 관한 연구

- 퍼라이트 배합토에서 Makkink의 일사법을 이용하여 -

김도경* · 황지환**

*경희대학교 부설 디자인 연구원 · **경희대학교 대학원 조경학과

A Study on the Estimation of *Zoysia matrella*'s Evaporation Using Makkink Model

Kim, Do-Kyong* · Hwang, Jee-Hwan**

*Design Research Institute, Kyung Hee University

**Dept. of Landscape Architecture, Graduate School, Kyung Hee University

ABSTRACT

The purpose of this study is to find out the difference of *Zoysia matrella*'s evaporation in between 100 percent soil and mixed soil with 50 percent of perlite to create green spaces on the artificial ground. It is believed that the weight against the artificial ground will be reduced, provided the vegetation is possible in the circumstance of the mixed soil with 50 percent of perlite.

The study employed a modified Makkink's model by Iwasa who had developed the model for estimating *Zoysia matrella*'s evaporation in the natural ground using the Makkink's formula in 1997 at Chiba University, Japan. The parameter of Makkink's formula is the solar radiation. For that reason, the Makkink's formula is simple and easy to measure the parameter and has a high utility. If the outcomes from mixed soil are close to modified Makkink's formula, the modified Makkink's formula will be applied to estimate in the artificial ground with mixed soil with 50 percent of perlite.

Weather observation and actual amount of evaporation of *Zoysia matrella* have been measured, and the relation between weather condition and actual amount of evaporation has been also investigated. In line with this, we found out that there is a relevant relationship between daily average temperature, the modified Makkink's model by Iwasa, and the actual amount of evaporation.

As the results of the experiment, the outcomes from mixed soil with 50 percent of perlite have very high relation to 100 percent soil. In addition, mixed soil has more adhesion with water than natural soil. However, it needs to be adequately maintained in terms of fertilization and damage from disease and harmful insects until the grass fastens its roots into the soil. By using mixed soil with 50 percent of

perlite, the load from soil on the artificial ground can be reduced.

The study on the growth of the grass throughout the plant vegetation and the actual amount of evaporation in the mixed soil with 50 percent of perlite should be performed in the future.

Key Words : Zoysia matrella, Evaporation, Mixed soil, Makkink

I. 서론

1. 연구의 배경

인구의 도시집중으로 인해 도시는 각종 개발을 통하여 확장되어질 수 밖에 없었고, 기존의 자연경관이나 녹지, 산림지역은 개발이라는 명목하에 희생되어질 수 밖에 없었다. 하지만 소득수준의 향상으로 생활의 질이 향상되었고, 자연스럽게 자연환경에 대한 중요성을 점차 인식하게 되었다. 또한 보다 좋은 주변환경과 쾌적한 환경을 선호하고 요구하게 되었고 전반적인 환경에 대한 관심도 계속적으로 높아지고 있다. 그러나 현실적으로 도시공간은 인구의 집중과 도시개발로 인한 확장, 녹지지역의 감소, 산업화, 열섬현상과 대기오염등의 여러 가지 문제로 도시환경의 질은 날로 악화되어가고 있다. 이러한 여러 가지 문제점 중 도시지역내 자연지반의 감소는, 좁은 토지를 효율적으로 이용하기 위한 새로운 방안을 모색하게 하였고, 이로 인하여 고층빌딩의 옥상, 테라스, 필로티, 지하주차장의 천정부와 같은 인공지반 형태의 녹화가 증가하고 있으며 그 중요성은 날로 높아가고 있는 것이 현실이고 이에 대한 여러 가지 연구와 실험의 중요성도 높아지고 있다.

2. 연구의 목적과 의의

인공지반의 녹화는 자연지반상의 녹화와는 달리 인공 구조물상에 조성되는 경우가 많으므로 고정하중, 적재하중의 고려, 인공지반녹화시 고려해야하는 식재하중, 시설물하중에 대한 고려가 충실히 있어야 한다.

본 연구는 기존의 인공지반 조성시에 자주 이용하고 있는 토양과 펄라이트의 7:3배합비가 아닌 5:5의 동량비 환경에서 잔디의 생육과 100%토양에서의 그것과

어떤 차이점이 있는지를 실험을 통하여 밝혀보고자 하는 것이다. 만약 5:5의 토양환경에서도 식생이 가능하다면 인공지반이 받게 될 하중을 줄일 수 있다고 판단되며, 이런 점에서 본 연구의 의의가 있다 하겠다.

II. 연구의 내용 및 방법

1. 연구의 내용

본 연구에서는 인공지반위의 녹지조성에 있어서 기본적으로 이용되고 있는 지피식물인 잔디를 이용하여 기존의 인공지반 토양조성시 사용하는 토양과 펄라이트의 7:3의 배합비가 아닌 5:5의 동량비의 인공지반환경에 있어서의 잔디의 증발산량과 자연지반환경에 있어서의 잔디의 증발산량과 어떠한 관계가 있을 것인가. 또한 그 적응성에 관하여 연구하였다. 이 실험에서는 이와사(岩左, 1997)의 "Makkink의 일사법에 의한 잔디의 증발산량의 추정"에 대한 연구"에 의한 Makkink의 식을 이용하여, 5:5배합비로 이루어진 토양으로 제작한 포트에 금잔디를 식재하여 그 적응성을 분석 고찰하였다.

2. Makkink의 추정식

Makkink은 1953년부터 3년간에 걸쳐 잔디위에 설치한 라이시메타를 이용하여, 실험에 의해 수정되어진 Penman식의 적응성을 검토하였다. 농업기상학의 분야에서는 증발산량을 예측하기 위해, Penman(1948)의 식과 Priestley and Taylor(1972)의 식등 순방사량을 파라메타로 한 공식과, Makkink의 일사량을 파라메타로 한 공식이 있다. 이중 Makkink의 식은 파라메타의 측정이 용이하고, 측정기구의 유지가 편하며 무엇

보다 실용성이 높다.

본 실험에 있어서는 다음에 나와 있는 이와사(岩左, 1997)에 의한 수정Makkink식¹⁾을 이용하여 금잔디의 증발산량을 예측하여 그 적응성을 검토하여 보았다.

$$E_{trk} = 0.76 \frac{A}{\lambda(\Delta + \gamma)} R_s^{0.24} \quad (\text{식 1})$$

여기서, $\Delta = \frac{6.1078(2500 - 2.4T)}{0.4615(273.15 + T)^2} \times 10^7 \text{ g/(kg} \cdot \text{°C} \cdot \text{°C}^{-1})$

E_{trk} : Makkink식에 의해 추정되어진 증발산치(mm day^{-1})

λ : 물의 증발잠열($= 2.45$)(kJ g^{-1})

Δ : 일평균기온에 있어서 포화증기압곡선의 구배($\text{hPa} \cdot \text{°C}^{-1}$)

γ : 건습계정수($= 0.66$)($\text{hPa} \cdot \text{°C}^{-1}$)

R_s : 일적산일사량($\text{MJ m}^{-2} \text{ day}^{-1}$)

T : 일평균기온 ($^{\circ}\text{C}$)

3. 연구의 방법

1) 측정기간과 실험포장

실험은 일본 치바대학 원예학부내의 환경임지학연구실의 포장에서 실험포트를 제작, 금잔디를 식재하여 1999년 6월24일부터 1999년 9월1일까지 실험을 행하였다. 이 기간 중 8월13일까지는 야외에서 측정하였으며, 8월14일부터는 강우의 영향을 받지 않는 조건을 만들기 위해 하우스 내부에서 실험을 행하였고 하우스는 허부가 개방되어 있어 외부로부터의 공기의 유통이 가능하면서 강우의 영향을 차단할 수 있는 하우스이다. 이 기간동안 강우와 측정기구의 문제, 정전으로 인하여 데이터를 측정하지 못한 일수도 많았고, 측정한 데이터를 이용하지 못하는 일수도 있었다. 그래서 유효한 데이터를 얻을 수 있던 일수가 실외측정에서는 총 48일중 36일, 하우스내에서의 측정은 총 18일중 14일이었다.

2) 측정항목과 측정기구

측정항목은 건구온도, 습구온도, 일사량, 실증발산량, 토양수분(pF)이다. 우선 실험에 유효하지 않은 데이터를 소거하기 위해 강수량 데이터를 이용하였고 강수량 데이터는 농장에 설치한 우량계(RH-5)에 의한 데이터를 이용하여 1mm day^{-1} 이상의 강수가 확인되었던 날의 측정 데이터는 제외하였다. 건구온도, 습구온도는 구리상수열전대식통풍건습계²⁾를 이용하여 실험기간동안 지

상 1.5m에서 측정하였다. 일사량은 8월13일까지는 일사계(EKO K92054)를 2.0m에, 그 이후는 하우스 안에 일사계(CM3 960744)를 지상 1.5m에 설치하여 측정하였고 이상의 데이터는 1분 간격으로 순간치를 측정하여, 데이터로커(SOLAC III MP-090)을 거쳐 노트북컴퓨터(NEC PC-9801LX)의 플로피디스크에 기록하였다. 실증발산량은 매일 아침 9시에 포트의 중량을 전자저울로 측정하여 전날과의 차를 1일의 증발산량으로 하였다. 토양수분(pF)은 텐시오메타를 이용하여 매일 아침 9시에 측정하여 관수의 시기를 정하는 지침으로 사용하였다.

3) 실험포트의 제작

본 실험에서는 인공지반의 환경을 조성하기 위해 실제의 콘크리트 인공지반이 아닌 1/2000a 포트에 금잔디를 피종하여 실험하였다. 우선 본 실험에서는 토양의 두께와 경량재인 펄라이트의 배합비에 의해 18개의 포트를 제작하였다. 토양³⁾과 펄라이트의 배합비는 5:5의 동량비로 제작하여 추정식의 정확도를 측정해 보고자 하였다. 우선 100%토양으로 만든 두께 10cm, 15cm, 20cm를 각각 3개씩 제작했고 토양과 펄라이트의 비율이 5:5인 포트 10cm, 15cm, 20cm를 각각 3개씩 제작하여 총 18개의 포트를 제작하여 각각에 고유번호를 표기하였다. 포트를 만들 때 재료는 포트의 허부에 포트와 같은 지름으로 자른 두께 5cm의 발포스티로폼을 넣고 그 다음에 시트를 덮어 흙이 허부로 유출되지 않도록 하였다. 포트의 배수구도 가계를 이용하여 다시금 흙이 배수와 함께 유출되지 않도록 하였다. 또한, 제작

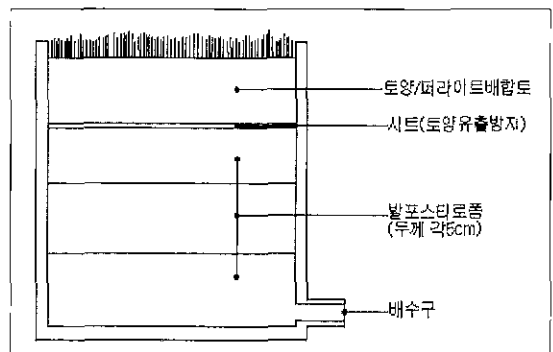


그림 1. 포트의 단면도

한 포트에 금잔디를 식재하고 7번(토양100% 10cm), 8번(토양100% 15cm), 9번(토양100% 20cm), 16번(퍼라이트50% 10cm), 17번(퍼라이트50% 15cm), 18번(퍼라이트50% 20cm)의 포트에는 포트 내부의 토양수분상태를 측정하기 위해 텐시오메터를 설치하였다.

4) 실험방법

여러 가지 수분조건 하에서 측정을 하기 위해 2가지로 나누어서 측정기간 동안 야외측정에 대해서는 충분한 수분조건 하에서, 하우스 안에서의 측정은 실험 포트의 수분조건을 다음과 같은 3가지로 나누어 측정하였으며, 토양수분(pF)이 2.8전후가 되면 같은 토양조건 의 포트에 모두 관수하였다.

- A: 전일의 증발산량을 매일 아침 관수한 포트
- B: 토양수분(pF)이 2.8전후가 되었을 때 관수한 포트
- C: 전혀 관수하지 않은 포트

A, B, C모두 토양(토양의 두께 10, 15, 20cm), 퍼라이트 배합토(두께 10, 15, 20cm)의 포트 중 1개씩을 설치하였고, 측정기간중 모든 포트의 잔디생육상태는 양호하였고, 병충해등은 보이지 않았다.

III. 결과 및 고찰

본 실험에서는 기온과 일사량을 파라메타로하는 Makink식을 이용하여 배합률(토양100%와 퍼라이트 50%배합), 두께(10, 15, 20cm)를 구분한 포트를 사용하여 이러한 조건의 차에 의해 기상요소와 실증발산량의 관계를 검토하였다.

1. 일평균기온과 실증발산량의 관계

그림 2의 a-c에 나타난 것처럼 일평균기온이 비교적 낮은 시기에 있어서는 회기직선으로부터의 흠어짐을 볼 수 있는데, 높은 시기에 있어서는 회기직선 가까이에 데이터가 모여있다.

회기직선의 결과에서는 일평균기온과 실증발산량과의 관계에서 토양의 두께가 같을 경우, 토양과 퍼라이트 배합도에 있어서 각 일평균기온과 실증발산량의 상관관

계는 똑같지는 않지만 대부분 같은 수준이었다(a:토양 R²=0.4998 퍼라이트 R²=0.434 b:토양 R²=0.57 퍼라이트 R²=0.5265 c:토양 R²=0.5643 퍼라이트 R²=0.5776). 그러므로 토양이 같은 두께의 포트에서 배합률에 따른 실증발산량에 큰 차이가 나지 않는 것을 알 수 있다.

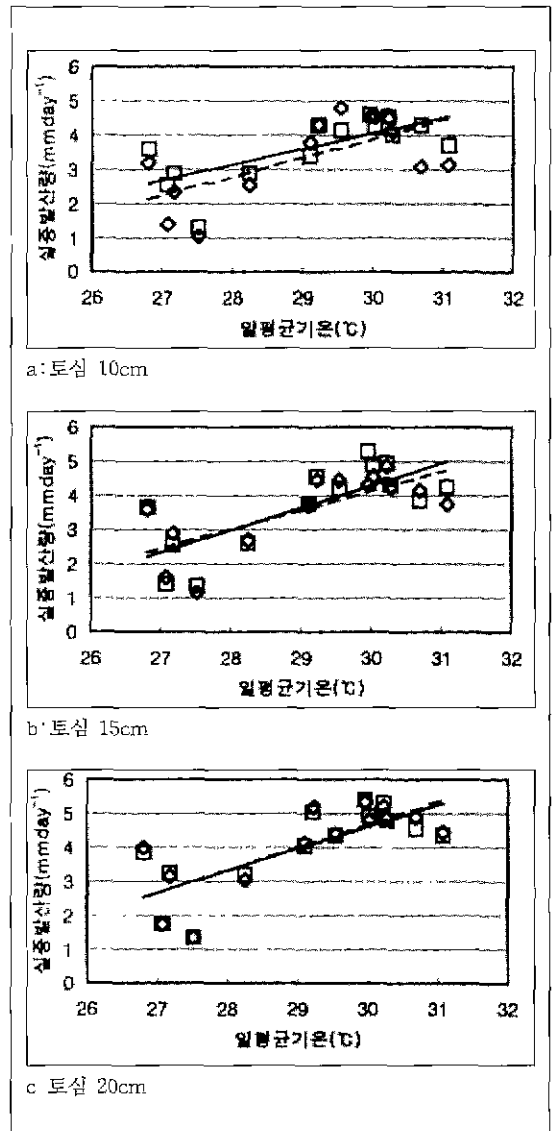


그림 2. 일평균기온과 실증발산량과의 관계
 범례: □.토양; ◇.퍼라이트

용함으로써 7:3의 배합비보다 하중의 무게를 줄일 수 있는 효과를 같이 얻을 수 있다고 판단된다. 그러나 퍼 라이트를 첨가함으로써 통기성, 투수성을 향상시키기는 하지만, 식물이 이용할 수 있는 유기질양분의 부족을 예상할 수 있겠다. 따라서 유기질계 개량제와의 병용이 필요하다고 생각하며, 차후 5:5의 배합토에서의 식물생육과 실증발산량의 측정을 통하여 정확한 잔디생육에 대한 연구가 필요하다고 사료된다.

감사의 글

본 실험이 이루어 질 수 있도록 지도해 주신 일본 치바대학 환경임지학 연구실의 나까야마(中山敬一)선생님께 감사의 마음을 전합니다.

인용문헌

- 주 1. 수정Makkink식은 금잔디를 실험포장에 2년간 (1995년 5월1일부터 9월30일, 1996년 5월1일부터 9월30일까지)에 걸쳐 기성관측과 실증발산량을 측정하여 얻은 식으로 Makkink(1957)가 네덜란드의 북초지에서 실험을 통해 얻은 경험정수 $a=0.61$ 보다 큰 경험정수 $a=0.75\sim 0.77$ 를 이용한 식이다.
- 주 2. PVC파이프에 전동식 팬을 장착하여 외부공기를 흡입하여 PVC파이프 중간에 설치한 온도센서를 이용 건구온도를, 그 후방에 젖은 솜으로 온도센서를 감싸 습구온도를 동시에 측정할 수 있도록 고안된 기구.
- 주 3. 주로 부식물이 함유된 A층에 위치한 구로보쿠도 (분류명:Inceptisol)로서 색깔은 담색이고 모계는 비고질 회성암이며 풍적에 의해서 퇴적형성된 토양이다.

1. 삼손중앙기술연구소(2000) 인공지반 녹화기술에 관한 가이드 북(1).
2. 심근정(1996) 건축공간의녹화, 대우출판사.
3. Makkink G.F(1957) Testing the Penman Formula by Means of Lysimeters Journal of Institute of Water Engineering 11: 277-288.
4. 岩佐博邦(1997) Makkink의日射法による芝生の蒸發散量の推定に関する研究 千葉大學.
5. 中山敬一(1983) Some Aspects of the Priestley and Taylor Model to Estimate Evaporation, 千葉大學園藝學報 32 25-30
6. 土屋智(2000) 人工地盤における芝生の蒸發散量豫測に関する研究 千葉大學
7. 建設省都市局公園綠地課都市綠地對策室(1999) 植栽基盤整備技術 マニュアル 財団法人日本綠化センター.

원고접수. 2001년 1월 26일

최종수정본 접수. 2001년 2월 27일

2인 익명 심사필