

인공지반의 토양조성과 토양심도가 중엽형들잔디의 생육에 미치는 영향

이은엽¹⁾ · 문석기²⁾

¹⁾청주대학교 조경학과 대학원 · ²⁾청주대학교 조경학과

Effects of Soil mixtures and Soil Depths on the Growth of *Zoysia japonica* for the Artificial Planting Ground

Lee, Eun-Yeob¹⁾ and Moon, Seok-Ki²⁾

¹⁾Dept. of Landscape Architecture, The Graduate school, Chongju University

²⁾Dept. of Landscape Architecture, Chongju University

ABSTRACT

To develop appropriate soil base for planting on the artificial ground, 9 kinds of soil types (varying the components and mixing ratios) and 3 levels of soil depths(10cm, 15cm, 20cm) were chosen. And their plant growing effects were tested and analysed from the test plant *Zoysia japonica*. The results of the research are as follows.

1. Among the 9 type of soil mixtures, the 「sandy loam」 soil type gave the worst effects on germination, disease contamination and ground covering.

2. The soil types like VSH(vermiculite20% + sand70% + humus sawdust10%), VSS(vermiculite 40% + sand 50% + humus sawdust10%) and VS(vermiculite 70% + sand 30%), where vermiculite and sand were added to, show better germination effect promoted from the better condition of aeration and saturation

3. The plant growing effects(leaf length and ground covering ratio) was evident under the soil types like VSH(vermiculite20% + sand70% + humus sawdust10%) and VSS(vermiculite40% + sand 50% + humus sawdust10%), where organic matters were added to.

4. Vermiculite added soil types effect fast leaf decolorization on the tested *Zoysia japonica* plant, on the contrary to organic matter mixed soil types including SCS(sandy loam 50% + carbonized rice husk30% + sand20%) and SHS(sandy loam 50% + humus sawdust30% + sand20%) with which green leaves subsist longer.

5. Soil depth effect to plant growth was found. And a favorable covering rate was accomplished even at the soil depth of 15cm - the limit soil depth for grass survival - from the soil types where organic matters were mixed to. From this result, the *soil depth limit* for plant survival could be said to be shallowed if appropriate soil type were based.

Key word : *artificial ground, plant growing, soil mixture, limit soil depth, soil base*

I. 서론

오늘날 인공지반의 녹화는 악화된 도시 생태계의 문제해결과 도시환경개선의 현실적인 대안으로 그 중요성이 부각되고 있으나 자연지반과는 기후조건과 토양조건에 차이가 있어 식물의 정상적인 생육에는 한계적 상황이 발생하게 마련이며, 건축물에 있어서는 하중 등 구조적인 문제도 녹화의 제약조건으로 작용하게 된다. 기존 구조물과 신축구조물에 수반되는 인공지반은 각각의 식재지반 조성방법에 차이가 있을 수는 있으나 공통적으로 문제가 되는 것은 하중에 따른 안전성의 문제이다.

이러한 하중에 의한 안전성 문제를 해결하기 위한 수단으로는 먼저 경량토의 사용이 하나의 대안이 될 수 있을 것이며, 나아가 지피류 및 초본, 저목 등 토양층을 많이 필요로 하지 않는 식물의 도입(특수녹화공동연구회, 1995)이 고려될 수 있을 것이다.

식재지반의 경량화는 펄라이트 등과 함께 부분적으로 토양의 물리·화학적 성질을 개선시킨 여러 가지 혼합토양 등이 개발되고는 있으나, 어떠한 토양을 사용 또는 개발하더라도 우선은 식재식물의 생육과 관리에 필요한 최적의 용토 조건을 설정하여야만 한다(劉軍 외, 1997).

현재 인공식재지반의 용토는 크게 자연토양과 인공토양 그리고 이들을 혼합 사용하는 형태로 구분된다. 이 중에서 자연상태의 토양만을 단독으로 사용하는 경우에는 토양의 경량화에 한계가 있다는 문제점이 있고, 인공토양은 무게가 가벼워 경량화의 목적을 이룰 수는 있으나 비중이 물보다 작아(인공토양 약0.6kg/l) 다량의 강우나 급수시에는 지반의 안정성을 유지하기가 어렵고, 주변에 날리거나 흘러내리는 등의 문제가 발생하게 된다(구태익 역, 1996).

따라서 인공토양을 토양개량재로 하여 이들을 섞어 사용하는 방법이 흔히 이용되는데, 원토의 특성이 현저히 불량한 경우에는 인공토양을 소량 혼합해도 혼합효과가 나타나지만, 인공토양을 다량으로 사용한 경우에는 개량재 혼합의 효과보다도 인공토양으로서의 성질이 식

물의 생육에 작용하는 것으로 보고되었다(興水 肇, 1977).

이같은 토양 사용방법과 관련하여, 각종 토양개량재를 혼합함으로써 토양의 물리성을 개선시키고 식물의 생육을 효과적으로 증진시켰다는 연구가 확인되고 있다(Taylor and Blake, 1984; 심상렬, 1989; 興水 肇, 1996; 현대건설기술연구소, 1997). 그러나 인공토양만을 단용한 경우에 다른 토양구성보다 상대적으로 우수한 식물생육 효과를 확인한 연구사례를 찾아보기는 쉽지 않다.

인공지반에서 문제가 되는 하중은 기본적으로 토양자체의 단위용적중량을 줄여주는 것이 바람직하겠으나 식물의 생육의 문제를 해결하거나 어느 정도의 생육약화를 감내할 수 있다면 토심을 얇게 해 주는 것도 하나의 방법이 될 수 있다. 토양종류 및 토심에 따른 식물생육효과에 관해서는 Arminger(1958), 小澤知雄(1966), 興水 肇(1977, 1996) 등의 연구를 확인할 수 있으나, 잔디와 관련해 볼 때 적토나 화산토 등 일반토양에서의 잔디의 생육에 관한 연구가 주류를 형성하고 있으며, 이 경우 식생기반으로서 인공토나 배합토를 적용한 사례는 확인하지 못하였다. 잔디의 경우 30cm 토심에서의 생육상태가 양호하였던 것으로 보고되고 있으며, 이는 지피·초화류의 생육최소심도로 적용하고 있는 일반기준 30cm와 어긋나지 않으나, 토양종류 및 토양배합 여하에 따라서 식물생육에 필요한 생육 및 생존최소토심은 줄어들 수 있을 것으로 생각된다.

본 연구에서는 비용, 하중, 식물생육, 미관 등 여러 가지 문제점을 지니고 있는 인공지반식재지반용토의 대안 제시를 궁극적인 목표로 하고, 토양의 이화학적 성질과 관리방법에 따라 식물의 최소생육심도가 축소될 수 있다는 가정 하에 우선 토성 즉, 단용 또는 혼용의 식재지반토양이 초본식물(들잔디)의 생육에 미치는 영향 및 토심과 초본식물(들잔디)생육과의 관련성을 검토하고자 하였다. 실험용 식물재료로 들잔디를 사용하였는데, 이는 포복경 및 지하경 모두 왕성하게 성장하는 생육특성을 지녀

인공지반의 조기녹화 목표에 부합하고, 관리가 용이하며, 실험결과의 측정이 용이한 소재로 판단되었기 때문이다.

II. 재료 및 방법

1. 재료

본 실험은 1998년 7월 5일 부터 청주대학교 건물 옥상에서 수행하였으며, 실험은 단용의 발효과 버미큘라이트, 그리고 7가지의 배합토양 등 모두 9가지 토양의 토성과 생육영양이 상호 비교되었다.

실험에 사용된 발효는 청주시 하북대 지구 주변에서 채취한 사질양토이며, 배합용 모래는 하천모래로서 입도조성은 직경 4.0mm 이상 : 8.3%, 4~2mm : 11.8%, 2~1mm : 15.8%, 1mm~0.5mm : 25.2%, 0.5mm~0.25mm : 14.4%, 0.25~0.15mm : 8.2%, 0.15mm~0.125mm : 8.1%, 0.125mm 이하 : 8.2%의 입도 조성을 지닌 하천모래를 사용하였다. 버미큘라이트는 온양질석산업사의 제품을, 부숙톱밥은 덕실산업의 제품을 사용하였으며, 혼탄은 공기가 들어갈 수 있도록 벽돌블록을 만들고 그 위에 연통을 세워 양겨를 태워 사용하였다.

공시토양은 단용(발효, 버미큘라이트) 또는 혼용(무기질계, 유기질계 토양개량제)했을 경우의 생육효과를 비교하고, 기존의 인공식재지반용토로 적용된 사례가 없는 것, 동일계통의 타 재료에 비해 재료단가가 낮은 것에 우선 순위를 두고 선정하였다. 특히 혼탄은 현재 농업분야에서는 유기질계 토양개량제로서의 효과가 널리 알려져 있음에도 인공식재지반용토로는 사용 예가 없는 재료로서, 그 적용가능성을 모색하고 재료의 적용범위를 확대하고자 선정된 것이다. 혼합토양은 일반적으로 사용되고 있는 배합기준을 참고로 하여 용적비로 배합하여 사용하였다.

토양배합 및 토심에 따른 들잔디의 생육상태를 측정하기 위해 본 실험에 사용된 공시토양은 기본적으로 5종류(S, V, SVS, SCS, SHS)가 채택되었다. 다만, 토양배합에 따른 들잔디의

생육상태를 측정하고자 3가지의 토양(VSH, VSS, VS)을 추가하였다. 이에 따라 9가지의 공시토양이 선별되었으며, 이들 토양의 배합구성은 다음과 같다.

S : 발효

V : 버미큘라이트

SVS : 발효50%+버미큘라이트30%+모래20%

SCS : 발효50%+혼탄30%+모래20%

SHS : 발효50%+부숙톱밥30%+모래20%

SRS : 발효40%+혼탄50%+모래10%

VSH : 버미큘라이트20%+모래70%+부숙톱밥
10%

VSS : 버미큘라이트40%+모래50%+부숙톱밥
10%

VS : 버미큘라이트70%+모래30%

2. 실험방법

1) 파종 및 실험구 배치

이 실험은 크게 두 가지 측면에서 접근되었는데, 그 하나는 토양종류에 따른 들잔디의 생육효과를 비교하고자 하는 것이며 다른 하나는 토심과 들잔디생육과의 관계를 분석하고자 하는 것이다.

실험을 위한 포장은 옥상 위에 식재상을 제작·배치하여 사용하였으며 토양종류에 따른 식물 생육차이는 60(L)×50(W)×20(H)cm 크기로, 토심에 따른 식물생육효과는 60(L)×50(W)cm 크기의 식재상에 토양을 각각 10cm, 15cm, 20cm의 두께로 채워 사용하였다.

바닥면은 토양의 유실을 방지하기 위하여 틈새가 좁은 그물망을 깔았으며, 두께 약 200mm 인 배수층과 방수막의 파괴를 방지하기 위한 비닐을 깔았다. 식물재료는 1998년 7월 5일 각각의 식재상에 15g/m²의 종자를 균일하게 파종하고 섞어준 뒤 식재상을 5반복 무작위 배치하였다. 파종과 배치가 끝난 뒤에는 종자의 유실 방지와 수분의 증발산 방지를 위하여 차광막을 덮어 주었다.

2) 생육조사

먼저 실험수준 및 요인에 따른 잔디의 생육 상태를 파악하기 위해 각 반복별로 발아율(발아개체수), 발병율(발병개체수), 초장, 피복율, 황변율 등을 측정하였다. 발아율은 파종 후 약 1개월이 경과 한 뒤, 종자가 각 실험구에 일정 수준으로 발아가 되었다고 판단이 되는 시기부터 조사하였다. 발아율(발아개체수)은 각 실험구(식재상)를 평면을 2등분하여 한쪽 면의 발아 개체수를 모두 헤아리어 발아율로 하였다. 발아율(발아개체수)의 측정 당시 '라지패취병'이 발생하여 들잔디의 생육에 영향을 미치고 있다고 판단하여 발병개체수도 함께 조사하였다.

초장은 각 실험구별로 평균적인 생장을 하고 있다고 판단되는 5개의 개체를 선정하여 측정 한 후 평균값을 사용하였다.

피복율은 발아된 후 어느 정도 피복이 되었다고 판단되는 파종 후 약 2개월 후부터 약 1개월 간격으로 측정하였으며, 황변율은 10월 20일에 측정하였다. 피복율과 황변율은 각 실험구면을 슬라이드 사진 촬영한 후 모눈종이에 투사하여 피복 황변된 면적을 백분비로 환산하였으며 2인의 실험자가 측정한 결과치를 평균 하여 피복율 또는 황변율로 하였다.

3) 관리방법

초기 발아시까지의 관수는 각 식재상별로 균일하게 1일 1차례 1.5ℓ씩 인력으로 실시하였고, 파종 후 1개월 후부터는 토양의 표면상태를 관찰한 뒤 토양의 표면이 마르지 않는 범위 내에서 각 실험구 별로 동일한 양을 충분히 주었으며 비료는 고품복합비료(18-18-18)를 「N:P:K=20g:20g:20g/m²/1년」의 수준으로 1회 시비하였다.

4) 증발량측정

토양종류별 증발특성에 따른 함수량의 변화를 파악하기 위해, 실내에서 배수구멍이 있는 실험구(30cm×30cm)를 만들고 각 실험구에 토양을 채운 뒤 물로 포화시키고 더 이상 배수가

일어나지 않는 시점으로부터 한달 동안 동일 시간대에 무게를 측정하여 증발패턴을 측정하였다. 동시에 실내온도 및 습도도 측정하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 토양종류별 특성

1) 증발량 특성

초기 7일간은 토양종류에 따른 증발량의 차이가 크게 나타나지 않았으나 9일 이후부터는 차이가 발생되고 있어 토양별로 함수량에 차이가 있는 것으로 판단된다.

그림 1. 토양종류별 증발특성

- S : 발흙 V : 버미쿨라이트
- SVS : 발흙50% + 버미쿨라이트30% + 모래20%
- SCS : 발흙50% + 혼탄30% + 모래20%
- SHS : 발흙50% + 부숙톱밥30% + 모래20%
- SRS : 발흙40% + 혼탄50% + 모래10%
- VSH : 버미쿨라이트20% + 모래70% + 부숙톱밥10%
- VSS : 버미쿨라이트40% + 모래50% + 부숙톱밥10%
- VS : 버미쿨라이트70% + 모래30%

9가지 토양유형중 증발량이 가장 많은 토양은 SRS(발흙40% + 혼탄50% + 모래10%)였으며 V(버미쿨라이트), SCS(발흙50% + 혼탄30% + 모래20%), SHS(발흙50% + 부숙톱밥30% + 모래20%)와 마찬가지로 직선형의 상승그래프를 보였다. 반면, 이들 이외의 토양들(5종류)은 20일을 전후해서 더 이상 증발량이 증가되지 않고 완만한 곡선형의 그래프를 보이고 있어 초기에 수분증발이 진행되었던 것으로 보여진다. 즉 직

선형의 상승그래프를 보였던 4가지 토양은 완만한 곡선형을 보인 5개의 토양에 비해 상대적으로 수분함유량이 높아 지속적으로 토양수분의 이동이 이루어지고 있음을 의미해주는 것으로 생각된다. 따라서 이들 증발곡선의 패턴을 통해 토양종류별 수분변화의 차이를 확인할 수 있었으며 완만한 곡선형을 보인 5가지 토양의 경우 함수량이 적어 식물이 건조에 대한 수분 스트레스를 더 받을 것으로 생각된다.

그러나 본 실험이 실내에서 측정되었고 여름철 측정에 의해 습도가 비교적 높았던 관계로 토양별 증발량의 차이가 크지 않았던 것으로 보여진다.

2) 단위용적중량

토양종류별로 인공지반에 미치는 하중부담을 비교하고자 각 토양별로 105℃의 건조기에서 24시간 건조시킨 토양의 무게를 측정하고 이를 용적으로 나눈 밀도를 단위용적중량으로 하여 이를 상호 비교하였다.

하중부담 즉 단위용적중량은 발효이 1.42ton/m³로 가장 높고 버미큘라이트(0.17ton/m³)가 가장 낮으며, 혼합토양은 SHS(발효50%+부숙톱밥30%+모래20%) 1.10ton/m³, SRS(발효40%+훈탄50%+모래10%) 1.02ton/m³ 등으로 발효과 많은 차이를 보이지는 않으나 상대적으로 낮은 것으로 측정되었으며 여러 재료중 VS(버미큘라이트70%+모래30%)는 0.71ton/m³로 가장 가벼운 혼합토양으로 확인되었다.

각각의 토양을 대상으로, 토층의 깊이에 따른 적재하중을 산출하고 이를 법규에서 정한 한계하중¹⁾과 비교하였다. 그 결과 토층의 깊이를 30cm로 하면 시험토양중 버미큘라이트만이 한계하중 이내로서 옥상지반에 사용가능한 토양이라고 볼 수 있으며, 20cm로 하면 버미큘라이트와 VS(버미큘라이트70%+모래30%), 15cm로 하는 경우에는 SHS(발효50%+부숙톱밥30%+모래20%), SRS(발효40%+훈탄50%+모래10%),

1) 적재하중 중에서 가장 보편적인 건물 즉 사무실, 학교, 주거용 건축물의 옥상에 식재할 경우 적재하중의 한계를 200kg/m²로 규정(건설교통부령 제53호 제11조 1항)한 것을 기준으로 함

VSS(버미큘라이트40%+모래50%+부숙톱밥10%), VS(버미큘라이트70%+모래30%)의 배합토가 사용 가능한 토양으로 선별된다(건조상태를 기준으로 계산). 따라서 식재용토를 건물옥상에 적용하고자 하는 경우에는 최소토심을 기준으로 적정한 배합토양을 선정하는 것이 필수적인 요건임이 확인되고 있으며, 생존최소토심(15cm)을 기준으로 했을 때 본 연구에서 사용된 토양 중에서는 버미큘라이트, SHS(발효50%+부숙톱밥30%+모래20%), SRS(발효40%+훈탄50%+모래10%), VSS(버미큘라이트40%+모래50%+부숙톱밥10%), VS(버미큘라이트70%+모래30%) 등이 사용 범주 내에 들어간다고 볼 수 있다.

3) 토양의 기초적인 이화학적 특성

본 실험에 사용된 인공지반 식재용토의 기초적인 이화학특성을 측정한 결과(표 1) 토양의 pH는 V(버미큘라이트)가 8.3의 알칼리성으로 나타났다으며, SRS(발효40%+훈탄50%+모래10%)를 제외한 혼합토양의 경우는 7.0 - 7.3으로 비슷한 수준을 보였다. 전기전도도(EC)는 SRS(발효40%+훈탄50%+모래10%)가 1.7로 가장 높고, 그 다음 SHS(발효50%+부숙톱밥30%+모래20%)와 VSS(버미큘라이트40%+모래50%+부숙톱밥10%)가 0.9로 측정되었으나 나머지 공시토양은 0.2~0.5 사이에서 큰 차이를 보이지 않았다. 본 실험에 사용된 토양의 pH와 EC(전기전도도) 중에서 버미큘라이트의 pH값을 제외하고는 식물 성장에 유해하지 않은 범위(구태익 역, 1996; 한국수자원공사, 1997)에 들어간다.

한편, 가밀도는 S(발효)가 1.38g/cm³로 가장 높고, V(버미큘라이트)가 0.20g/cm³로 가장 낮게 나타났다으며, SVS(발효50%+버미큘라이트30%+모래20%), SCS(발효50%+훈탄30%+모래20%), SHS(발효50%+부숙톱밥30%+모래20%) 등의 배합토는 1.02~1.14g/cm³로 비슷한 수준을 보였다. 반면 가밀도와는 반대의 특성을 나타내는 공극률은 S(발효)가 45.9%로 가장 낮고, VS(버미큘라이트70%+모래30%)가 68.0%로 가장 높았다. 투수계수는 버미큘라이트를 사용한 토양(V, VSH, VSS, VS)에서 높게 나타났다.

표 1. 토양종류별 이화학적 특성

토양 종류	pH	EC (mho/cm)	토양밀도 (g/cm ³)	공극률 (%)	투수계수 (cm/sec)
S	6.8	0.2	1.39	45.9	1.77 × 10 ⁻³
V	8.3	0.3	0.17	-	1.02 이상
SVS	7.2	0.2	1.22	51.2	1.03 × 10 ⁻²
SCS	7.3	0.3	1.18	47.1	6.66 × 10 ⁻²
SHS	7.0	0.9	1.14	53.5	3.33 × 10 ⁻²
SRS	7.9	1.7	0.93	58.3	1.39 × 10 ⁻²
VSH	6.9	0.5	1.12	56.4	0.147
VSS	7.1	0.9	0.93	62.8	0.137
VS	7.0	0.3	0.79	68.0	0.142

S : 발흙 V : 버미큘라이트
 SVS : 발흙50% + 버미큘라이트30% + 모래20%
 SCS : 발흙50% + 혼탄30% + 모래20%
 SHS : 발흙50% + 부숙톱밥30% + 모래20%
 SRS : 발흙40% + 혼탄50% + 모래10%
 VSH : 버미큘라이트20% + 모래70% + 부숙톱밥10%
 VSS : 버미큘라이트40% + 모래50% + 부숙톱밥10%
 VS : 버미큘라이트70% + 모래30%

2. 인공지반의 토양종류와 들잔디의 생육관계

토양종류(9종류)에 따른 들잔디의 생육결과 는 표 2와 같다.

초기 발아개체수의 경우 S(발흙)에서의 발아 상태가 가장 저조했으며, V(버미큘라이트)와 모래를 혼합한 토양(VSH, VSS, VS)에서의 초기발아상태가 우수하였는데, 이는 이들 토양들의 공극률과 투수계수가 비교적 우수하여(표 1) 종자의 발아에 필요한 외적조건(수분, 온도, 산소조건 등)이 상대적으로 유리하게 형성되었기 때문으로 생각된다. 즉 측정기간이 여름장마철에 걸쳐있어, 공극률과 투수계수가 높은 이들 토양에서의 발아세가 양호했던 것으로 보인다.

발병율(발병개체수)의 경우도 발아율(발아개체수)와 마찬가지로 발흙에서 가장 높고, V(버미큘라이트)와 VHS(버미큘라이트20% + 모래50% + 부숙톱밥10%) 순으로 나타나고 있는데, 이 역시 토양의 공극률 및 투수계수(표 1)에 기인한 차이로 보인다. 즉, 라지패취병의 경우 토양의 투수율이 불량할수록 발병율이 상대적으로 높다(김용선a, 1998)는 것인데 이는 본 연구의 결과와도 일치하는 현상이라 하겠으나 SRS(발

흙40% + 혼탄50% + 모래10%)에서도 발병율(발병개체수)가 적었던 점으로 보아 라지패취병의 발생에 반드시 투수율 등의 배수성만이 관여한다고 볼 수만은 없는 것으로 판단된다(김용선 b, 1998).

초장의 경우는 세 번의 측정결과 시간이 경과할수록 토양종류간의 차이가 적어지는 경향을 보이기는 하였으나, 9종류의 공시토양 중에서 VHS(버미큘라이트20% + 모래50% + 부숙톱밥10%) 및 VSS(버미큘라이트40% + 모래50% + 부숙톱밥10%)의 생육이 비교적 왕성한 것은 이들 토양의 이화학적 특성이 상대적으로 양호했기 때문으로 판단되며(표 1), 각종 배합토에 따른 들잔디의 생육상태를 측정한 결과 투수성 및 통기성이 좋은 모래50% + 펠라이트25% + 버미큘라이트25%의 배합토양에서 잔디의 생육이 좋았다는 연구결과(심상렬, 1989)와 같은 맥락으로 이해된다.

한편 펠라이트 등의 인공토양이 통기성과 투수성은 높으나 영양결핍에 의한 왜화현상(현대건설기술연구소, 1997)이 초래될 수 있다고 보고했던 점에 비추어 볼 때, 버미큘라이트를 단용한 V토양에서의 생육이 부진한 것은 상대적으로 높은 토양산도(pH8.3)와 영양결핍의 결과로 지상부의 생장정도가 낮았기 때문으로 여겨진다. 따라서 버미큘라이트에 유기질계(부숙톱밥 등)의 토양개량재를 혼합해 줌으로써 영양원소 결핍의 결점을 보완하고(현대건설기술연구소, 1997) 단위용적중량도 줄일 수 있어 인공지반의 불량한 환경조건에 적용하기에 유망한 토양이 조성될 수 있을 것으로 생각된다.

파종 후 2개월 후부터 측정된 피복율은 S(발흙)에서 가장 낮고(65.0% ~ 66.7%), VSH(버미큘라이트20% + 모래50% + 부숙톱밥10%)와 VSS(버미큘라이트40% + 모래50% + 부숙톱밥10%)에서 월등히 높게 나타났다. 여기서 발흙의 피복율이 것처럼 낮은 것은 발흙이 지니는 이화학적 특성(표 1)으로 인한 저조한 발아세와 발병율에 기인한 것으로 판단되며, VSH와 VSS의 피복율이 높은 것은 두 배합토양의 투수율과 통기성 등이 양호하여 고사율이 낮고 초기부터

표 2. 토양종류가 들잔디(*Zoysia japonica*)의 생육에 미치는 영향(토심 20cm)

토양종류	발아율	발병율	초 장(cm)			피복율(%)		황변율(%)
	(발아개체수)	(발병개체수)	5 Aug.	5 Sept.	5 Oct.	5 Sept.	5 Oct.	20 Oct.
S	239.3a*	141.4f*	4.3ab*	6.4c**	4.4b**	65.0a*	66.7a*	36.7cd*
V	450.7d	25.0a	3.9a	4.1a	3.2b	73.3c	78.3b	40.0d
SVS	306.3ab	134.0f	4.7b	5.8bc	4.4b	68.3b	68.3a	51.7ef
SCS	383.3cd	69.0d	4.2ab	5.5b	4.3b	83.3ef	85.0cd	20.0b
SHS	271.3ab	102.7e	4.2ab	7.4d	4.5b	80.0d	83.3c	5.0a
SRS	317.3bc	44.7c	4.2ab	6.0bc	4.6b	85.0f	77.5b	30.0c
VSH	654.3f	27.7ab	6.0c	10.2e	6.8d	93.0g	95.0e	60.0fg
VSS	585.3ef	42.0bc	7.0d	10.5e	6.9d	95.0g	98.0e	50.0e
VS	551.7e	42.0bc	6.3c	6.3c	5.6c	82.5e	87.5d	65.0g

* : the same letter in the column are not significant difference at p=0.05 level in Duncan's multiple range test

** : statistically not significant

- S : 발흙
- V : 버미쿨라이트
- SCS : 발흙50% + 혼탄30% + 모래20%
- SRS : 발흙40% + 혼탄50% + 모래10%
- VSS : 버미쿨라이트40% + 모래50% + 부숙톱밥10%

- SVS : 발흙50% + 버미쿨라이트30% + 모래20%
- SHS : 발흙50% + 부숙톱밥30% + 모래20%
- VSH : 버미쿨라이트20% + 모래70% + 부숙톱밥10%
- VS : 버미쿨라이트70% + 모래30%

발아세가 우수했기 때문으로 분석된다.

전반적으로 단용구보다는 혼용구가 그리고 유기질계의 토양개량재를 혼합한 실험구에서 상대적으로 높은 피복율을 나타내고 있는데, 이는 초장과 마찬가지로 통기성과 투수성 등이 개선되어 결국 식물생육에 유리하게(조인상 외, 1989) 작용되고 있음으로 판단하여야 할 것이다. 황변율(10월 20일 측정)은 VS(버미쿨라이트 70% + 모래30%) 토양에서 가장 높고, SCS(발흙 50% + 혼탄30% + 모래20%), SHS(발흙50% + 부숙톱밥30% + 모래20%)에서 낮게 나타났다. 특히, 이 두 토양은 녹색상태 유지기간이 다른 토양보다도 길어(11월 20일에도 다른 토양과는 달리 일부 녹색상태 유지) 토양조성을 통한 푸른 기간 연장의 가능성을 보여주는 것으로 판단해도 무리가 없을 것이다. 황변율은 전반적으로 인공토양과 모래의 혼합량이 많은 토양에서 높고 유기질계 재료의 혼합비가 높은 토양에서 낮게 나타났다. 이같은 결과는 유기물 시용구에서의 잔디색상이 상대적으로 양호하였다는 이 등(1990)의 연구결과에 비추어 볼 때, 이들 토양에 포함된 유기질성분의 효과가 반영된 결과로 생각된다.

3. 인공지반의 토심에 따른 들잔디의 생육상태

지피·초화류의 생존최소심도는 일반적으로 15cm로 통용되고 있으나 토심 15cm 및 그 이하에서도 생존뿐만 아니라 양호한 생육을 기대할 수 있을 것이라는 가정 하에 토심(10cm, 15cm, 20cm)에 따른 들잔디의 생육상태를 비교·측정하였다(표 3).

측정결과 파종후 1-2개월의 초장을 제외하고는 통계적으로 매우 유의한 결과를 얻을 수 있었는데 먼저, 발아율(발아개체수)은 토심 10cm 보다는 토심 15cm, 20cm에서 발아세가 월등히 높게 나타났다. 반면 토심 15cm구와 20cm구와는 커다란 차이가 없어 토심 10cm구와 토심 15cm - 20cm 사이를 발아개체수의 경계토심으로 볼 수 있다.

이같은 결과는 토양의 두께가 두꺼울수록 강수나 건조에 대한 영향을 상대적으로 덜 받기 때문(구태익 역, 1996)인 것으로 생각된다.

토심에 따른 발병율(발병개체수)은 토심 20cm구에서 상대적으로 높게 나타났는데 이러한 결과는 여름철의 집중강우시 토심이 깊을수록 상대적으로 투수성이 불량(조인상 외 a, 1989)한 것과 무관하지 않은 것으로 판단된다.

표 3. 토심에 따른 들잔디(*Zoysia japonica*)의 생육효과

토심	발아율	발병율	초 장(cm)			피복율(%)		황변율(%)
	(발아개체수)	(발병개체수)	5 Aug.	5 Sept.	5 Oct.	5 Sept.	5 Oct	20 Oct.
10cm	250.1a*	28.9a*	4.2a**	5.9a**	3.6a*	58.9a*	51.9a*	34.7b*
15cm	338.5b	31.8a	4.2a	6.0a	3.9b	73.8b	74.5b	29.1a
20cm	330.2b	98.1b	4.3a	5.7a	4.2c	4.0b	76.3b	30.7a

* : the same letter in the column are not significant difference at p=0.05 level in Duncan's multiple range test

** : statistically none significant

들잔디의 생육상태(초장)은 파종 1개월 후까지는 토심별로 유의차가 나타나지 않았으나 2, 3개월 이후로는 토양별로 다소의 차이를 보이고 있었다. 이는 대체로 시간이 경과될수록 토심에 따른 수분보수능 등의 차이(조인상 외, 1989)로 인해 다소나마 토심 20cm구에서 초장이 길어진 것으로 생각된다.

2회 측정된 피복율은 토심이 높을수록 상대적으로 증가되는 것으로 나타났다. 즉, 토심 15cm과 20cm간에는 통계적인 유의차가 없었으나, 토심 10cm와는 월등하게 높은 차이를 나타내고 있어 토심 10cm과 15cm을 피복율에 영향을 끼치는 경계높이로 볼 수 있다.

이같은 결과는 토심과 보비력, 수분보수능과의 관계로 해석(조인상 외, 1989)할 수 있으며, 양호한 들잔디의 수평생육(피복율)을 위해서는 적어도 토심 15cm 정도가 요구되는 것으로 생각된다. 추후 보다 정확한 측정과 분석이 필요하겠으나 수평생장에 토심이 영향을 미치고 있음을 확인할 수 있었다.

황변율의 경우도 토심 15cm과 20cm구 간에는 통계적인 차이가 없었으나, 토심 10cm구와는 통계적으로 유의한 차이가 발생되었다. 이는 토심이 깊을수록 강수나 건조의 영향을 상대적으로 덜 받음은 물론 토심이 얇을수록 강수나 강우에 의한 영양원소의 용탈이 높아진다는 점도 하나의 원인으로 보아야 할 것이다(구택익 역, 1996; 조인상 외, 1989).

결과적으로 지피식물 및 초분류의 경우, 생존을 위해서는 적어도 15cm 이상의 성토두께가 필요하다(구택익 역, 1996; 한국수자원공사,

1997)고 하였으나 본 연구결과 토양구성에 따라서는 토심 15cm에서도 생존뿐만 아니라 생육상태도 양호할 것으로 생각된다.

IV. 적 요

인공지반의 환경조건에 적합한 토양을 개발하기 위해 토양종류(9종류)와 토심(10cm, 15cm, 20cm - 토양 5종류)을 달리했을 때의 들잔디의 생육상태를 측정한 결과는 다음과 같다.

1. 발아율(발아개체수)은 발효에서 가장 저조하고, 공극률과 투수능력이 상대적으로 우수한 버미큘라이트와 모래를 혼합한 토양(VSS, VSS, VS)에서 높게 나타났다.

2. 발병율(발병개체수) 역시 공극률과 투수능력이 상대적으로 불량한 발효에서 가장 높고, 버미큘라이트를 주재료로 한 V, VSH 토양에서 낮았는데, 이는 상대적으로 통기성과 투수능력이 양호했기 때문으로 생각된다.

3. 생육상태(초장)는 버미큘라이트+모래+부속톱밥을 혼합한 VSH, VSS 토양에서 좋았고 버미큘라이트에서 가장 낮았다. 이는 들잔디의 수직생장효과(초장)가 토양의 물리적성질(통기성, 투수율 등) 외에도 유기질계의 토양개량제에 의해 향상될 수 있음을 의미한다.

4. 피복율은 발병율(발병개체수)이 높고 발아세가 초기부터 불량했던 발효에서 가장 저조했으며, VSH(버미큘라이트20%+모래70%+부속톱밥10%), VSS(버미큘라이트40%+모래50%+부속톱밥10%) 토양에서 월등히 높았다.

5. 황변율은 VS(버미큘라이트70%+모래30%)

등 버미큘라이트 혼합토양에서 비교적 높고, SCS, SHS 등 유기질계 토양개량제 혼합율이 높은 토양에서 상대적으로 낮았다.

6. SCS(발효50%+훈탄30%+모래20%), SHS(발효50%+부숙톱밥30%+모래20%) 혼합토는 인공지반 녹지의 푸른기간 연장에 긍정적인 효과를 주는 것으로 나타났다.

7. 토심에 따른 들잔디의 생육은 대체적으로 토심 10cm보다는 토심 15cm, 20cm에서 양호한 것으로 나타났다. 그러나 이들간의 통계적인 유의차이가 토양종류에 따라 다르게 나타나고 있어 생육상태의 특성이 토심 뿐만 아니라 토양종류에도 영향을 받고 있음이 확인되었다. 특히, 수평생장(피복율)의 측정결과 토심 15cm 구와 20cm구간에 별다른 차이가 없었던 점으로 미루어 보아 토양종류에 따라서는 토심 15cm이 생존에 필요한 최소토심만이 아니라 생육상태도 양호했던 것으로 나타났다. 따라서 토양종류에 따라서는 들잔디의 생육에 양호한 토심을 줄여줄 수 있는 것으로 판단된다.

7. 토심에 따른 들잔디의 생육은 대체적으로 토심 10cm보다는 토심 15cm, 20cm에서 양호한 것으로 나타났다. 특히, 발아율(발아개체수), 수평생장(피복율), 황변율의 측정결과 토심 15cm 구와 20cm구간에 별다른 차이가 없었던 점으로 미루어 보아 토양구성에 따라서는 토심 15cm가 생존에 필요한 최소토심만이 아니라 생육상태도 양호할 것으로 판단된다.

8. 본 연구결과는 현재까지 실시된 토양분석과 단기간의 들잔디의 생육결과이므로 인공지반의 토양구성과 들잔디의 생육관계를 규명하기 위한 연구가 지속되어야 할 것이다.

V. 인용문헌

- 구택익 역. 1996. 건축공간의 조경설계(I).
- 김용선. 1998. 라지패취병의 병리생태와 종합적 방제법. 잔디환경연구소.
- 本多. 1964. 運動競技用芝生に關する研究 I, II. 千葉大園學報 12 : 83-91.
- 小澤知雄, 1966. 砂地における赤土客土の厚蓮が芝の生育におよぼす影響に關する實驗的研究. 造園雜誌 29(2) : 8-10.
- 심상렬. 1989. 토양의 조성 및 답압이 한국 잔디류(*Zoysia* spp.)의 생육에 미치는 영향. 서울대학교 박사학위 논문.
- 劉軍 외 2인. 1997. 植栽用土としての混合團粒性用土の水分消費. 造園雜誌 60(5) : 477-480.
- 이용범 외. 1990. 질소급원과 시용이 들잔디의 생육 및 품질에 미치는 영향. 한국잔디학회지 4(1) : 24-30.
- 財都市綠化技術開發機構特殊綠化共同研究會. 1995. Neo-green space. p.61
- 조인상 외 2인. 1989. 토성 및 유효토심의 차이가 토양수분 변화에 미치는 영향. 농지연보 31(1) : 6-13
- Yoshinobu Harazono. 1989. 輕量な人工培地を用いた建物屋上綠化. 造園雜誌 52(5) : 85-90.
- 한국수자원공사. 1997. 조경설계기준
- 현대건설주식회사 기술연구소. 1997. 인공지반 조경녹화기술에 관한 연구.
- 興水 肇. 1977. 綠地學研究.
- 興水 肇. 1996. 인공지반식재실험에 있어서 식물의 생육요인 분석에 대하여. 日科技連 제19회 다변량해석 심포지움
- Arminger, W. H. et al. 1958. Effect of size- and type of pot on realtive precision yields and nutrient uptake in greenhouse fertilizer experiments. Agron. jour. 50 : 244-247.
- Taylor and Blake. 1984. Predicting sand content of modified soil mixtures from sand, soil, and peat properties. Argon. J. 76 : 583-587.