

내담압성에 미치는 잔디 초종과 고무칩의 영향

박 봉 주¹⁾

¹⁾ 전북대학교 조경학과

Effects of the Turfgrass Species and Crumb Rubber on Wear Tolerance

Park, Bong-Ju¹⁾

¹⁾ Dept. of Landscape Architecture, Chonbuk National University.

ABSTRACT

This study examined the improved effect of wear tolerance of warm-season turfgrass overseeded with cool-season turfgrasses. Also, it investigated the improved effect of crumb rubber on wear tolerance and the difference among cultivars regarding the wear of *Zoysia* spp. In wear experiment during summer, the warm-season turfgrass overseed with cool-season turfgrasses had a higher visual rating on the ground than the monostand of *Cynodon dactylon*. Moreover, in wear experiment in winter, barrenness showed significant progress in the monostand of *C. dactylon*, while the barrenness did not appear at all in overseeded turf with cool-season turfgrasses. As a result of investigating the bulk density was increased in the monostand of *C. dactylon*, but not in the overseed turf with cool-season turfgrasses. From the above result, the wear tolerance effect of turfgrasses appeared year round through warm-season and cool-season turfgrass mixtures. Also, it was found that the method of topdressing crumb rubber on the ground was effective as a physical assistant device alleviating damage of turfgrasses. The possibility of improving wear tolerance was accepted by adding soil amendments such as perlite, pamis, etc., in order to promote the growth of turfgrass.

Key Words : *Warm-season and cool-season turfgrass mixtures, Wear tolerance, Soil amendments, Bulk density, Crumb rubber.*

I. 서 론

골프장과 축구장 등의 스포츠 터프 및 공원 등의 레크레이션에 위한 잔디는 항상 사람과 관리

기계에 의한 답압을 받고 있다(藤崎, 1989; 태현숙 등, 2000). 답압에 의한 잔디에의 영향으로는 물리적인 지상부 손상과 토양 고결에 의한 생육 장애(Beard, 1973; Carrow and Petrovic, 1992), 뿌

리와 줄기의 생장 감소(Letry et al., 1966; Thurman and Pokorny, 1969; Valoras et al., 1966), 잎과 tillering의 감소(Beard, 1973), 잔디 질(turf quality)의 저하(Carrow, 1980) 및 토양 가비중(假比重)의 증가(Voorhees et al., 1975) 등을 들 수 있다.

담압에 대한 잔디의 마모에 대해서는 금잔디(興水, 1979), *Zoysia* spp.(本多, 1959), 버뮤다그래스(Schmidt et al., 1989), 들잔디를 포함한 세인트어거스틴그래스, 버팔로그래스, 센티페드그래스, 버뮤다그래스 등 6종의 난지형 잔디(淺野 등, 2000) 및 한지형 잔디(Carrow, 1980; Sills and Carrow, 1982)가 보고되어 있다.

일반적으로 난지형 잔디는 한지형 잔디에 비해 담압에 대한 내성이 강한 것으로 알려져 있으나, 난지형 잔디는 가을철에 지상부가 휴면기에 접어들기 때문에 동절기의 이용에 약해 나지화(裸地化)의 원인이 되고 있다(Schmidt et al., 1989). 난지형 잔디와 한지형 잔디의 연중 혼식은 여름에는 난지형 잔디가 우점하고 그 이외의 계절에는 한지형 잔디가 우점하게 되어(眞行寺, 1998), 잔디의 나지화 방지효과가 기대된다(Dunn et al., 1994).

본 연구는 담압 내성에 미치는 난지형 잔디와 한지형 잔디의 혼식 효과를 살펴보고자 수행되었다. 또한, 과도한 담압에 대해서는 잔디의 내성에 대해서도 한계가 있으므로 잔디의 마모를 줄이는 보조적인 수단으로 알려져 있는 고무칩(김인철 등, 2002; 藤崎, 1997; Groenevelt and Grunthal, 1998; Rogers et al., 1998; 浦上, 1999)의 지표면 산포(散布)의 영향을 검토하였다. 그리고 토양개량제의 토양 혼입이 잔디의 생육에 미치는 영향을 평가하였다.

II. 재료 및 방법

1. 난지형 잔디와 한지형 잔디 혼식에 의한 내담압성 향상 효과

1997년 10월 중순에 치바대학 원예학부 잔디 실험 포장에 조성된 버뮤다그래스 잔디에 1.3m×1.6m의 크기로 5개의 실험구를 조성하여 켄터

키블루그래스 3품종 ‘Snow KBII’, ‘Dragon’, ‘Nuglade’와 톨페스큐 2품종 ‘Pixie’, ‘Southern Choice’의 종자를 켄터키블루그래스는 10g/m², 톨페스큐는 30g/m²씩 각각 파종하였다. 그 후의 유지관리로서 잔디깎기는 생육기간중 월 1회, 시비는 화학비료(N : P₂O₅ : K₂O=10% : 10% : 10% 함유)를 이용하여 50g/m²씩 2~3개월에 1회의 빈도로 실시하였다. 한지형 잔디가 충분히 생육한 다음 버뮤다그래스 단식구와 버뮤다그래스+한지형 잔디의 혼식구에 각각 40cm×40cm의 실험구를 조성하여 운동화를 착용한 체중 약 65kg의 사람에 의해 비오는 날을 제외하고 매일 150회의 담압실험을 실시하였다(이는 동일장소가 22회/일의 담압에 해당한다). 여름철의 담압실험은 1999년 6월 1일부터 9월 15일까지의 3.5개월간 실시하였다. 또한, 여름철의 실험결과 비교적 담압에 강한 켄터키블루그래스 ‘Dragon’과 톨페스큐 ‘Southern Choice’의 혼식구에 대해 2000년 2월 1일부터 3월 31일의 2개월간에 걸쳐 겨울철 담압실험을 실시하였다.

잔디에 미치는 담압의 평가로서 30cm×40cm의 직사각형 방형구를 이용하여 0~100%의 가시적 평가에 의한 녹엽면적율을 조사하였다. 또한, 담압이 초종의 구성비에 미치는 영향을 조사하기 위하여 여름철 담압실험이 종료된 직후 20cm×20cm 면적의 지상부 2곳을 채취하여 난지형 잔디와 한지형 잔디의 초종별로 분리한 다음 80℃ 건조기에서 48시간 건조시킨 후 각각의 건물중을 측정하였다. 겨울철 담압실험 직후에 토양의 고결 정도를 비교하기 위하여 담압구와 비담압구를 100ml의 채토관을 사용하여 지표면에서 5cm의 깊이로 각각 3곳씩 토양을 채취하여 115℃ 건조기에서 24시간 건조시킨 후 가비중을 측정하였다.

2. 한국잔디류(*Zoysia* spp.)의 내담압성 비교

한국잔디류의 품종간 내담압성을 비교하기 위하여 1999년 10월 중순에 1.4m×1.7m의 실험구를 4반복으로 조성하여 금잔디(*Z. metrella*)와 들잔디(*Z. japonica*) 3품종 ‘El Toro’, ‘Meyer’, ‘Korean Common’의 뗏장을 식재하였다. 지표면

이 완전히 회복된 2000년 9월에 각각의 실험구에 40cm×40cm의 답압 실험구를 조성하여 운동화를 착용한 체중 약 65kg의 사람에 의해 답압 실험을 실시하였다. 답압 실험은 2000년 9월 1일부터 10월 31일까지의 2개월간 매일 200회씩 실시하였다. 잔디의 내답압성 평가로서 30cm×40cm의 직사각형 방형구를 이용하여 가시적 평가(0~100%)에 의한 녹엽면적율을 측정하였다.

3. 고무칩의 지표면 산포가 내답압성에 미치는 영향

1998년 10월 하순에 한지형 잔디인 켄터키블루그래스와 톨페스큐를 덧파종(overseeding)한 버뮤다그래스와 1999년 10월 하순에 켄터키블루그래스와 톨페스큐를 덧파종(1998년과 1999년 모두 켄터키블루그래스 'Dragon' 10g/m², 톨페스큐 'Southern Choice' 30g/m²를 파종하였다)한 들잔디에 40cm×40cm의 답압 실험구를 3반복으로 설치하였다. 실험에는 직경 6mm, 직경 8mm의 고무칩을 산포하였다. 고무칩 처리구에는 각각의 고무칩을 3kg/m²씩 지표면에 산포하였다. 그 후 운동화를 착용한 체중 약 65kg의 사람에 의해 2000년 8월 18일부터 10월 31일까지 약 2.5개월간에 걸쳐 매일 150회(동일 장소가 하루 22회의 답압에 해당)의 답압 실험을 실시하였다. 또한, 고무칩의 형태가 답압 내성에 미치는 영향을 검토하기 위하여 들잔디에 40cm×40cm의 5개의 실험구를 설치하여 4종류의 고무칩(직경 6mm, 직경 8mm, 직경 2.7mm×길이 18mm, 직경 2.7mm×길이 35mm)을 뿌린 후, 상동의 방법으로 실험을 실시하였다. 답압이 잔디에 미치는 영향의 평가로서 30cm×40cm의 방형구를 이용한 가시적 평가에 의한 녹엽면적율을 측정하였다.

4. 토양개량재의 토양 혼입이 들잔디(*Z. japonica* cv. Himeno)의 생육에 미치는 영향

토양개량재의 토양 혼입이 잔디의 생육에 미치는 영향을 조사하기 위하여 4종류의 토양개량재를 이용하여 실험을 실시하였다. 2001년 4월 2일에 1m×1m의 실험구 5반복으로 조성하여 지표면에서 10cm까지의 토양을 파내 4종류의 토양

개량재인 이소라이트, 파미스(輕石), 펠라이트, 모래를 각각 20ℓ/m²씩 균일하게 잘 섞은 후 원래의 실험구에 다시 채우고, 나머지 한 개의 실험구는 아무것도 혼입하지 않은 대조구로 하였다. 각각의 실험구에는 들잔디 'Himeno'의 멧장을 식재하였다. 유지관리로서 잔디깎기는 생육기간중 월 1회, 시비는 화학비료(N : P₂O₅ : K₂O=10% : 10% : 10% 함유)를 이용하여 50g/m²씩 2~3개월에 1회의 빈도로 실시하였으나, 관수는 특별히 실시하지 않았으며 강우에 의존하였다. 2001년 11월 29일에 직경 8cm의 홀컷을 이용하여 각 실험구에서 3반복으로 토양을 샘플링하여 지하부와 지상부로 분리하여 지하부에 대해서는 물로 토양을 완전히 제거한 다음 80℃ 건조기에 48시간 건조시킨 후 건조중을 측정하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 난지형 잔디와 한지형 잔디 혼식에 의한 내답압성의 향상 효과

여름철의 답압 처리중 및 답압 종료 후의 녹엽면적율의 변화를 표 1에 나타냈다. 답압을 실시한 후 1.5개월 후인 7월 15일의 녹엽면적율은 한지형 잔디가 특히 손상을 많이 받아 버뮤다그래스 단식구가 한지형 잔디와의 혼식구보다 약간 높은 경향을 보였다. 그러나 3.5개월의 답압이 끝난 9월 15일에는 버뮤다그래스 단식구는 답압 실험 중 가장 낮은 녹엽면적율을 보였다. 한지형 잔디와의 혼식구에서는 다양한 녹엽면적율로 나타났으나, 초종간의 일정한 경향은 보이지 않았다. 이는 버뮤다그래스에 한지형 잔디를 혼식하여 traffic simulator를 이용하여 3년간에 걸쳐 실시한 답압 실험에 있어 버뮤다그래스 단식구 및 파인페스큐류와의 혼식구 보다는 버뮤다그래스+켄터키블루그래스 혹은 페레니얼라이그래스와의 혼식구가 뛰어난 내답압성을 보였다고 하는 연구 결과(Dunn et al., 1994)와 같은 결과를 보였다. 답압처리 종료 후 1개월간의 녹엽면적율의 회복도 한지형 잔디와의 혼식구가 버뮤다그래스 단식구보다 빠른 경향을 보였다.

표 1. 잔디 초종구성에 따른 답압이 녹엽면적율에 미치는 영향(朴과 淺野, 2001)

처 리 초 종	녹엽면적율(%)			
	7월 15일	9월 15일	9월 30일	10월 15일
Berm	95.6	74.4	94.6	97.5
Berm+KB 'Snow KB II'	94.0	78.3	95.4	98.1
Berm+KB 'Dragon'	81.0	82.3	98.8	99.8
Berm+KB 'Nuglade'	88.1	85.6	99.4	100.0
Berm+TF 'Pixie'	84.8	74.8	96.5	98.1
Berm+TF 'Southern Choice'	82.3	86.3	97.5	99.0

Berm : 버뮤다그래스, KB : 켄터키블루그래스, TF : 톨페스큐

버뮤다그래스에 켄터키블루그래스 혹은 톨페스큐와의 혼식구에 대한 답압 종료시의 지상부 건물중의 비율은 그림 1과 같다. 1999년 6월 1일부터 9월 15일까지의 3개월간에 걸친 답압 실험의 결과 버뮤다그래스가 우점하고 있는 경향을 보였다. 그러나 박봉주(2003)는 버뮤다그래스와 켄터키블루그래스, 톨페스큐의 혼식 2년째에는 한지형 잔디가 우점하는 경향이 있다고 보고하고 있어 반대의 결과가 나타났다. 이는 난지형 잔디인 버뮤다그래스가 한지형 잔디보다 내담압성이 뛰어나기 때문인 것으로 여겨진다(Beard, 1973). 이상의 결과 잎이 작고 강건한 지상부와 지하부가 발달하고 있는 버뮤다그래스와 비교적 잎이 크고 총생형(叢生型)을 이루고 있는 한지형 잔디라고 하는 서로 다른 성상의 초종이 공존하고 있는 것에 의한 효과라고 사료된다.

겨울철의 답압실험중 및 답압종료 후의 녹엽부, 갈변부, 나지의 면적율의 변화를 그림 2에

나타냈다. 버뮤다그래스 단식구에서는 답압 실험 시작부터 시간이 경과함에 따라 나지가 확대되었으며, 2개월간 답압을 실시한 3월말에는 나지의 면적이 68.7%에 달했다. 이에 비하여 한지형 잔디와의 혼식구에서는 전혀 나지가 나타나지 않았으며 오히려 답압 기간중 녹엽부가 조금 증가하는 경향이 나타났다. 답압 처리를 실시해도 녹엽부가 증가하는 것은 한지형 잔디가 성장기에 접어들어 답압의 피해를 줄였기 때문인 것으로 사료된다.

답압 처리후 1개월째의 녹엽면적율의 회복은 한지형 잔디와의 혼식구는 답압 실험 기간 중 녹엽면적율이 높았던 톨페스큐에서 약간 빠른 경향을 보였다. 버뮤다그래스 단식구에서는 답압에 의한 나지의 회복이 느린 경향을 보였다. 일반적으로 답압에 강한 내성이 있다고 하는 버뮤다그래스(淺野 등, 2000; Beard et al., 1981)도 지상부가 생육하고 있지 않은 시기에는 내담압성이 낮은 것으로 나타났다. 버뮤다그래스 휴면

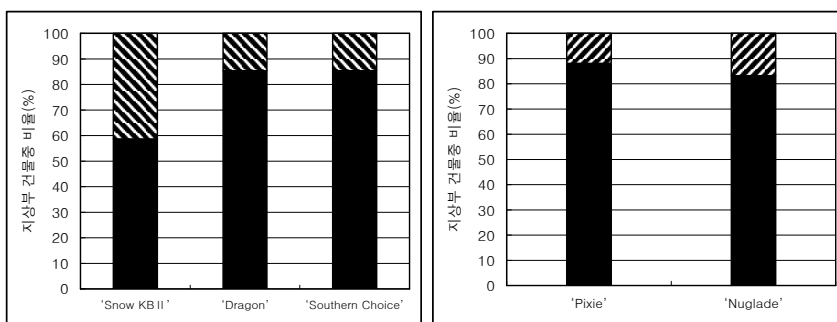


그림 1. 버뮤다그래스에 켄터키블루그래스와 톨페스큐 혼식구의 답압 종료시 지상부 건물중
 ■ : 버뮤다그래스, ▨ : 켄터키블루그래스, ▩ : 톨페스큐

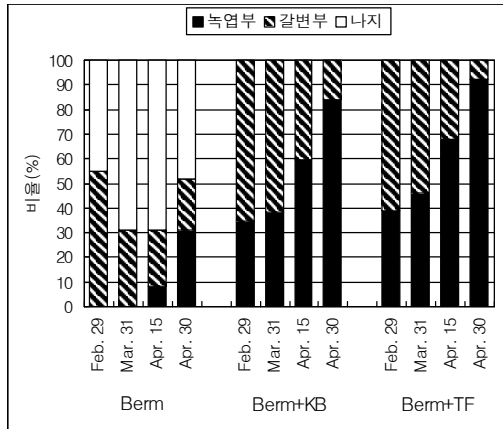


그림 2. 답압에 의한 녹엽부, 갈변부, 나지 면적율의 변화(朴과 淺野, 2001)
 Berm : 버뮤다그래스, KB : 켄터키블루그래스, TF : 톨페스큐

기(11월~2월)와 postdormancy인 3월~4월에 답압을 처리한 경우, 그 후의 재생장은 3월~4월 처리구가 억제되는 것으로 보고되어 있으며 (Schmidt et al., 1989), 특히 이 시기의 답압은 큰 피해를 미치는 것으로 사료된다.

겨울철 답압처리 후의 토양의 가비중의 조사 결과는 표 2와 같다. 비답압구와 답압구의 값을 비교하여 보면 버뮤다그래스 단식구에서는 답압에 의한 가비중이 증가하였지만 한지형 잔디와의 혼식구에서는 유의한 차는 인정되지 않았다. 즉, 한지형 잔디와의 혼식구에서는 생육기에 접어든 한지형 잔디가 존재함으로써 직접적으로 답압이 완화되어지고 한지형 잔디의 혼식에 의한 방풍, 보온효과 등에 의한 토양의 고결이 완화되고 있는 가능성도 사료된다.

이상의 결과 난지형 잔디인 버뮤다그래스와 한지형 잔디인 켄터키블루그래스 혹은 톨페스큐를 혼식한 잔디는 겨울철에 답압 처리에 대해 나지화가 완전히 방지되는 점과 여름철에도 답압 처리 기간이 길어짐에 따라 버뮤다그래스 단식구보다 녹엽면적율이 높게 유지되고 있는 점으로부터 연관을 통해 난지형 잔디에 한지형 잔디의 혼식에 의한 내답압성 향상효과가 있는 것으로 나타났다.

표 2. 답압에 의한 토양 가비중의 변화(朴과 淺野, 2001)

	가 비 중(g/cm ³)		b/a
	비답압구(a)	답압구(b)	
Berm	0.598	0.706	1.18*
Berm+KB	0.616	0.655	1.06
Berm+TF	0.607	0.629	1.04

Berm : 버뮤다그래스, KB : 켄터키블루그래스, T F : 톨페스큐
 * 1%수준에서 유의성 있음.

2. 한국잔디류(*Zoysia* spp.)의 내답압성의 비교

각 초종의 답압처리중 및 답압 종료후의 녹엽면적율의 변화를 그림 3에 나타냈다. 답압처리후 1개월째의 녹엽면적율은 초종에 의한 차가 그렇게 크게 나타나지 않았지만, 2개월째에는 큰 차이를 보였다. 들잔디 'El Toro'가 가장 높았으며, 'Meyer'가 가장 낮은 경향을 보였다. 'El Toro'는 최근 개량품종의 하나로 옆으로 생장하는 속도가 매우 빨라 답압에 대한 손상 회복이 빠르기 때문인 것으로 사료된다(淺野, 2002). 일반적으로 들잔디는 답압에 대한 내성이 우수하다고 알려져 있으나(Beard, 1973), 이처럼 단기간의 답압실험에서도 품종간에 의한 차이를 보이고 있어 좀더 다양한 품종을 이용하여 장기간에 걸친 답압실험이 이루어져야할 것이다.

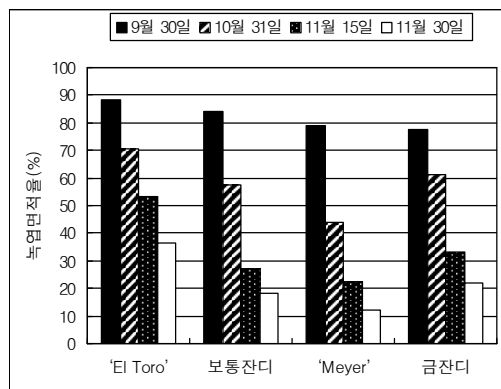


그림 3. 한국잔디류(*Zoysia* spp.)의 답압처리후 녹엽면적율의 변화

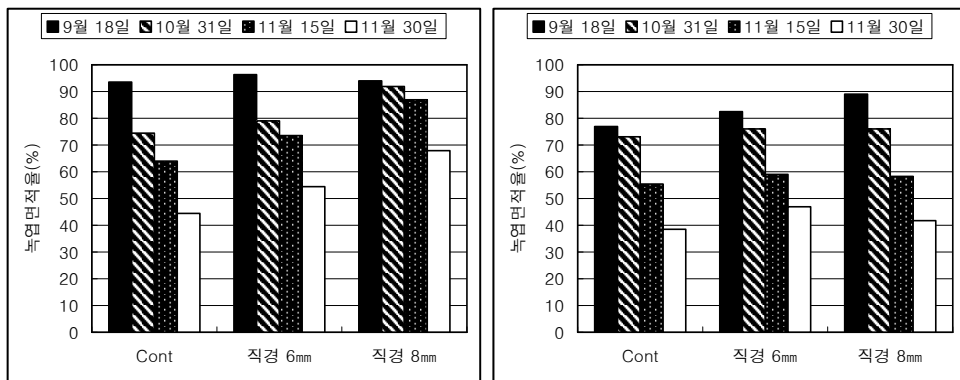


그림 4. 고무칩이 버뮤다그래스와 한지형잔디 혼식의 내담압성에 미치는 영향
좌 : 버뮤다그래스+켄터키블루그래스 혼식구, 우 : 버뮤다그래스+톨페스큐 혼식구

3. 고무칩의 지표면 산포가 내담압성에 미치는 영향

버뮤다그래스와 켄터키블루그래스와의 혼식구의 답압처리 후 1개월째인 9월 18일의 녹엽면적율은 고무칩 처리구와 무치처리구에서 비슷한 경향을 보였으나, 그 이후에는 고무칩 처리구가 높은 경향을 보여 고무칩 처리에 의한 효과가 나타났다. 버뮤다그래스와 톨페스큐 혼식구는 모든 시점에서 고무칩 처리구의 녹엽면적율이 약간 높은 경향을 보였다(그림 4). 들잔디와 켄터키블루그래스 혼식구, 톨페스큐 혼식구에 있어서도 고무칩 처리 효과가 나타났다. 그러나 고무칩의 직경에 의한 차이는 적었다(그림 5). 일반적으로 고무칩의 산포는 토양온도의 상승효과가 있는 것으로 보고되고 있어

(김인철 등, 2002), 휴면기에 접어든 들잔디와 버뮤다그래스의 녹엽면적율이 상승한 것은 고무칩 산포에 의한 답압향상효과와 더불어 온도 상승효과에 기인하는 것으로 사료된다. 녹엽면적율은 고무칩 처리구가 대조구보다 약간 높은 경향을 보였으나 고무칩 종류에 따른 차이는 적게 나타났다.

4. 토양개량재의 토양 혼입이 들잔디(*Z. japonica* cv. Himeno)의 생육에 미치는 영향

들잔디의 건물중을 측정된 결과를 그림 6에 나타냈다. 지상부는 모든 토양개량재 처리구에서 대조구에 비해 큰 성장량을 보이고 있어 이들 토양개량재에 의한 현저한 성장촉진효과가 인정되었다. 지하부도 펠라이트 및 파미스의

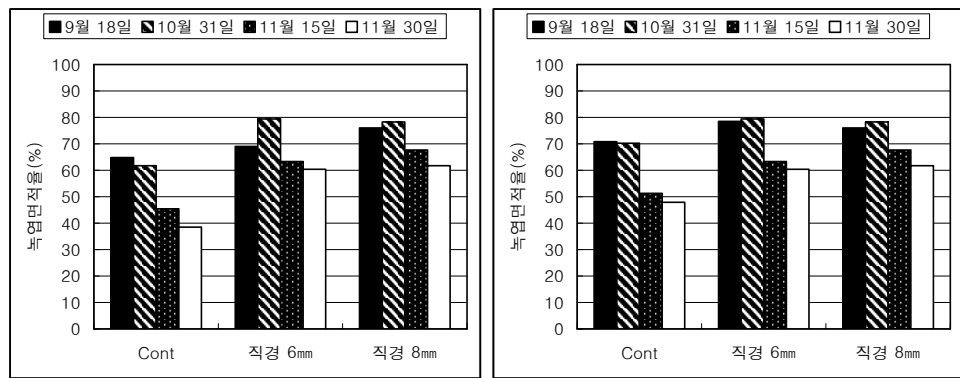


그림 5. 고무칩이 들잔디와 한지형잔디 혼식의 내담압성에 미치는 영향
좌 : 들잔디+켄터키블루그래스 혼식구, 우 : 들잔디+톨페스큐 혼식구

혼입구에서 대조구와 큰 차이를 보였다. Beard et al.(1981)은 버뮤다그래스 품종간 내답압성을 비교하고 경엽부의 양이 많은 품종이 내답압성이 높다고 보고하고 있다. 따라서 본 실험의 결과로부터 토양개량재를 혼입함으로써 경엽부의 양을 증가시키는 것은 내답압성을 향상시킬 수 있는 가능성도 있는 것으로 사료된다.

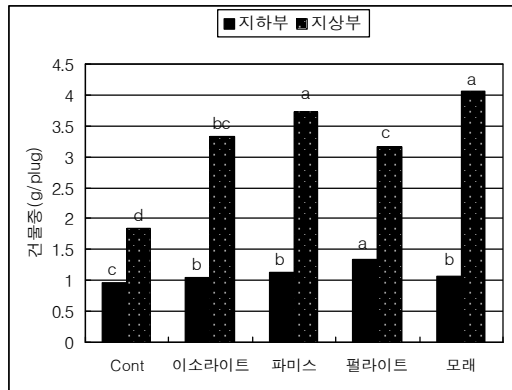


그림 6. 토양개량재가 들잔디(*Z. japonica* cv. Himeno)의 생육에 미치는 영향

IV. 적 요

본 연구는 난지형 잔디인 버뮤다그래스와 한지형 잔디인 켄터키블루그래스 혹은 톨페스큐와의 혼식에 의한 내답압성의 향상효과를 검토하였다. 또한, 내답압성에 미치는 고무칩의 효과 및 한국잔디류(*Zosia* spp.)의 답압에 대한 품종간의 차이 등을 조사하였다. 여름철의 답압 실험에서는 버뮤다그래스 단식구보다 한지형잔디의 혼식구가 지상부의 녹엽면적율이 높게 유지하고 있었다. 또한 겨울철의 답압 실험에서는 버뮤다 단식구는 나지화가 크게 진행하였으나, 한지형 잔디와의 혼식구에서는 전혀 나지화 현상이 발생하지 않았다. 겨울철의 답압 처리 후 토양의 가비중을 조사한 결과, 버뮤다그래스 단식구에서는 증가하였지만, 한지형 잔디와의 혼식구에서는 증가하지 않았다. 이상의 결과로부터 난지형 잔디와 한지형 잔디를 혼입함으로써 연간을 통하여 잔디의 내답압성 향상효과가 나타났다. 또한 잔디의 손상을 완화하

는 물리적 보조수단인 고무칩을 지표면에 산포하는 방법도 내답압성을 향상시키고 있는 것으로 나타났다. 이처럼 단기간의 답압실험에서도 단식구와 혼식구, 품종 및 고무칩 산포에 의한 차이를 보이고 있어, 좀더 다양한 방법으로 장기간에 걸친 답압실험이 이루어져야 할 것이다.

감사의 글

본 연구를 수행함에 있어 시종일관 친절하게 지도해 주신 千葉大學 園藝學部 綠地植物學研究室의 淺野義人 教授님께 감사 드립니다.

인 용 문 헌

- 김인철 · 이정호 · 주영규 · D. Minner. 2002. Rubber Chip의 경기장 지반 물리성 개선과 잔디 생육에 미치는 영향. 한국잔디학회지 16(1) : 19-30.
- 藤崎建一郎. 1989. 踏壓地の特性(龜山章 · 三澤彰 · 近藤三雄 · 輿水肇 編集, “最先端の緑化技術”), 東京:ソフトサイエンス社. pp. 122-132.
- 藤崎建一郎 · 浦上和人 · 廣川和哉 · 宮池誠文 · 川上一惠. 1997. 芝生表層へのゴムチップ材施用による生長促進及び保護效果. 芝草研究大會誌 26 : 94-95.
- 朴烽柱 · 淺野義人. 2001. 暖地型芝草と寒地型芝草の混植による芝生の雜草抑制, 踏壓耐性の向上. 芝草研究 29(2) : 121-128.
- 박봉주. 2003. 난지형 잔디와 한지형 잔디의 혼식에 관한 생태학적 연구. 한국환경복원 녹화기술학회지 6(5) : 21-27
- 本多侅 · 山野辺寛. 1959. 日本芝の生育に及ぼす踏壓の影響-踏壓頻度と生育との關係-. 造園雜誌 22(4) : 16-20.
- 輿水肇 · 飯塚克身 · 藤崎建一郎. 1979. 踏壓がヒメコウライシバの生育に与える影響について. 芝草研究 8(1) : 41-47.
- 眞行寺孝. 1998. 暖地型芝草と寒地型芝草の共生的利用(淺野義人 · 青木孝一 編集, “芝草

- と品種”). 東京：ソフトサイエンス社. pp. 284-294.
- 淺野義人・羅玄載・朴烽柱. 2000. 踏壓耐性芝生の造成に關する基礎的研究-草種, 緩衝資材, ケイ酸質肥料の影響-. 芝草研究 28(2) : 119-126.
- 淺野義人. 2002. 校庭の芝生化-草種と管理-. 都市綠化技術 46 : 32-35.
- 태현숙・김용선・고석구. 2000. 골프장 담압지역의 토양개량. 한국조경학회지 27(5) : 107-113.
- 浦上和人. 1999. 芝生表層へのゴムチップ材の施用効果. 日本綠化工學會都市綠化技術部成果研究報告發表要旨 8 : 3-4.
- Beard, J.B. 1973. Turfgrass-Science and culture. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ.
- Beard, J. B., S. M. Batten and A. Almodares. 1981. An assessment of wear tolerance among bermudagrass cultivars for recreational and sports turf use. Texas Agr. Exp. Stat. PR-3836. pp.24-26.
- Carrow, R. N. 1980. Influence of soil compaction on three turfgrass. Agron. J. 72 : 1038-1042.
- Carrow, R. N. and A. M. Petrovic. 1992. Effects of traffic on turfgrass(Waddington, D.V., R.N. Carrow and R.C. Shearman ed. “Turfgrass Agronomy Monograph No. 32”). American Society of Agronomy, Madison, WI. pp.285-330.
- Dunn, J. H., D. D. Minner, B. F. Fresenbrug and S. S. Bughrara. 1994. Bermudagrass and cool-season turfgrass mixtures-Response to simulated traffic. Agron. J. 85 : 211-215.
- Groenevelt, P. H. and P. E. Grunthal. 1998. Utilization of crumb rubber as a soil amendment for sport turf. Soil & Tillage Research 47 : 169-172.
- Letery, J., W. C. Morgan, S. T. Richards and N. Valoras. 1966. Physical soil amendments, soil compaction, irrigation, and wetting agents in turfgrass management-III. Effects on oxygen diffusion rates and root growth. Agro. J. 58 : 531-535.
- Rogers III, J. N., J. T. Vanini and J. R. Crum. 1998. Simulated traffic on turfgrass topdressed with crumber rubber. Agron. J. 90 : 215-221.
- Schmidt, R. E., M. L. Henry and D. R. Chalmers. 1989. Postdormancy growth of *Cynodon dactylon* as influenced by traffic and nutrition. Proceedings of the 6th International Turfgrass Research Conference. pp.165-167.
- Sills, M. J. and R. N. Carrow. 1982. Soil compaction effects on nitrogen use in tall fescue. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 107(5) : 934-937.
- Thurman, P. C. and F. A. Pokorny. 1969. The relationship of several amended soils and compaction rates on vegetation growth, root development and cold resistance of Tifgreen bermudagrass. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 94 : 463-465.
- Valoras, N., W. C. Morgan and J. Letery. 1966. Physical soil amendments, soil compaction, irrigation, and wetting agents in turfgrass management-II. Effects on top growth, salinity, and minerals in the tissue. Agron. J. 58 : 528-531.
- Voorhees, W. B., D. A. Farrell and W.E. Larson. 1975. Soil strength and aeration effects on root elongation. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 39 : 948-953.