Weed Turf. Sci. 5(3):165~169
http://dx.doi.org/10.5660/WTS.2016.5.3.165 Print ISSN 2287-7924, Online ISSN 2288-3312

Research Article Weed & Turfgrass Science

Weed & Turfgrass Science was renamed from both formerly Korean Journal of Weed Science from Volume 32 (3), 2012, and formerly Korean Journal of Turfgrass Science from Volume 25 (1), 2011 and Asian Journal of Turfgrass Science from Volume 26 (2), 2012 which were launched by The Korean Society of Weed Science and The Turfgrass Society of Korea founded in 1981 and 1987, respectively.

잔디 재배지에서 배토와 경운처리에 의한 잔디생육 및 토양환경 개선

한정지 · 최수민 · 이광수 · 박용배 · 배은지*
국립산림과학원 남부산림자원연구소

Improvement of Growth and Soil Environment by Topdressing and Tillage in Zoysiagrass (*Zoysia japonica*) Cultivation Field

Jeong-Ji Han, Su-Min Choi, Kwang-Soo Lee, Yong-Bae Park, and Eun-Ji Bae*
Southern Forest Resources Research Center, National Institute of Forest Science, Jinju 52828, Korea

ABSTRACT. To establish the soil management system for the efficient sod production, survey on the growth of zoysiagrass by different soil managements was conducted in repeated cultivation field with regard to soil physical properties. Soils were subjected to four types of management methods, which include ① rolling ② topdressing ③ topdressing + rolling ④ topdressing + tillage + rolling. The topdressing + tillage + rolling treatment significantly ameliorated soil physical properties such as bulk density, porosity and solid phase as compared to rolling and topdressing + rolling treatments, and was not significantly different from the topdressing treatment. Further growth and density of zoysiagrass except for the root dry weight in topdressing + tillage + rolling treatment were significantly higher than that only in rolling treatment. Topdressing + tillage + rolling treatment significantly increased the number of shoot as compared to the other treatments. Therefore, combined topdressing and tillage soil management practice should be conducted for the production of zoysiagrass in repeated cultivation field.

***Key words*:** Bulk density, Soil management, Tillage, Topdressing, Zoysiagrass

Received on May 17, 2016; Revised on June 12, 2016; Accepted on June 28, 2016
***Corresponding author:** Phone) +82-55-760-5033, Fax) +82-55-759-8432; E-mail) gosorock@korea.kr
© 2016 The Korean Society of Weed Science and The Turfgrass Society of Korea

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0) which permits unrestricted noncommercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

서 론

최근 도시환경의 질적 향상을 위해 녹색성장 정책이 도입됨에 따라 녹지공간이 확대되고 있다(Paik and Chung, 2011). 잔디는 미적인 기능 이외에도 환경보호적 기능성이 우수하여, 토양을 피복하여 산소 공급과 미세먼지를 줄여주고, 토양 유실 방지와 수자원을 보존하며, 레크리에이션과 스포츠를 위한 녹지공간으로서의 활용도가 높다(Ahn and Choi, 2013; Kim, 2012).

2014년도 산림청 임산물 생산액 통계자료에 따르면, 우리나라에서 잔디의 총 생산량은 6,830천평이고, 생산액은 26,449백만원으로 주요 임산물 중의 하나이다(Korea Forest Service, 2016). 잔디 재배는 동일 장소에서의 반복적인 증식과 뗏장 출하로 인해 화학비료와 제초제가 투입되는 특징이 있다(Bae et al., 2012, 2013). 이러한 집약농업은 작물의 생산성과 작업의 효율성을 증가시키지만, 토양의 물리성과 화학성이 악화되어 잔디생육에 악영향을 미치는 결과를 초래한다(Hwang and Choi, 1999; Matson et al., 1997). Han et al. (2015)은 잔디의 연작 재배기간이 장기화됨에 따라, 토양 용적밀도는 증가하였고, 공극률과 기상은 감소하여 토양의 물리성은 악화되었으며, pH의 증가와 전질소 및 유기물의 함량감소로 토양의 화학성이 악화되었다고 보고하였다.

잔디 재배지에서는 관행적으로 뗏장 출하 시 잔디와 함께 떼의 두께를 약 1~2 cm 정도로 떼어낸다(Choi and Yang, 2006). 뗏장을 떼어 낸 자리는 토양이 유실되어 줄떼와 토양 사이에 층이 생기게 되는데, 평탄하게 만들어주기 위해 롤링기를 이용해 답압 작업을 하게 된다(Bae et al., 2012). 이러한 작업으로 인한 토양고결 및 물리적 상해는 식물체

에게 생리적인 장해를 일으킬 수 있다(Kim and Lee, 2010).

잔디 재배지에서 연작으로 인해 발생하는 답압에 대한 대책으로는 배토와 경운작업이 있다. 배토작업은 잔디재배지에서 매년 뗏장을 떼어 내어 토양이 유실되는 문제점에 대한 대안으로 잔디밭에 토양을 소량 얇게 살포하는 작업이며, 평탄성을 향상시켜 매끄러운 표면을 유지시키고, 견고하고 균일한 잔디밭을 조성할 수 있으며, 태취 분해를 촉진하여 토양을 개량하는 효과가 있다(Bae et al., 2012; Kim, 2012; Pessarakli, 2007). 경운작업은 토양이 지나치게 굳었을 때 흙덩이를 작게 부수어 부드럽게 함으로써 토양 공극을 많게 하여 뿌리의 발달을 좋게 하며, 토양의 물리 화학성을 개선하고 잡초와 땅속의 해충을 경감시키는 효과가 있다. 토양물리성에 관한 연구는 사질답의 객토사업, 습답에서의 배수개선과 심경 및 토층개량 기술과 토양 비옥도에 관한 자료를 제공하였다(Jo et al., 2009).

따라서 본 연구는 잔디 재배지에서 계속적인 뗏장 생산 재배로 인한 토양 물리성 악화가 잔디의 품질과 생장을 감소시키므로, 배토 및 경운을 통한 토양 물리성의 개선과 잔디의 생육향상을 위해 수행되었다.

재료 및 방법

잔디재배 연작지와 신규지의 토양특성 비교

잔디 재배지에서 연작에 따른 토양의 물리성 변화를 알아보기 위해 경상남도 진주시에 위치한 신규 조성된 잔디 재배지(Fig. 1-A)와 약 10년 간 잔디만을 연작한 재배지(Fig. 1-B)를 선정하여 조사를 실시하였다. 토양시료는 2015년 3월 11일 물리성 분석을 위해 100 mL 용량의 core를 사용하여 채취하였다. 잔디 재배지에서 처리구별로 임의의 4곳을 선정하여 표면의 토양을 걷어낸 후 약 8 cm의 깊이에서 시료를 채취하여 토양 수분변화가 없도록 밀봉하였다. 용적밀도와 토양삼상의 특성은 core로 채취한 토양의 건습의 차이에 따라 정량하였다(Fonteno, 1996). 채취된 토양을 105°C에서 48시간 건조시켜 흡착된 수분을 제거한 후 건조토양의 무게를 대상으로 고체가 차지하는 부피를 고상(%), 물이 차지하는 부피를 액상(%), 100%에서 고상과 액상을 제외한 값을 기상(%)으로 계산하였다.

토양 관리방법에 따른 토양특성 및 잔디생육

경운작업에 따른 토양의 개량효과 및 잔디의 생육을 알아보기 위해 진주시 대평면 잔디 재배지에서 실험을 수행하였다(Fig. 1-C). 시험구는 2015년 3월 11일에 잔디의 뗏장을 출하시킨 후, 줄떼만 남겨진 상태에서 ① 답압(대조구) ② 배토 ③ 배토 + 답압 ④ 배토 + 경운 + 답압으로 처리하였고, 각 처리별 시험규모는 4.2 m × 50 m로 답압과 경운기계처리로 인해 면적을 넓게 하여 처리를 하였으며, 이로 인해 처리구간에 반복을 두지 않았으나 동일 시험구내에서는 4개의 집구로 나누어 시료채취를 하였다. 배토작업을 위해 마사토를 8 kg m^{-3}로 처리하였다. 경운작업을 위해 로타베이터(GMR195G, LSMtron Co. Ltd., Korea)를 사용하였으며, 한 조에 5개의 날이 토양을 경운하는 형태로 제작되어 28 cm 간격으로 총 7개의 조로 부착되어 있었다(Fig. 2). 답압작업은 520 kg 중량의 롤링기(SYC-210, Samyoung roller Co. LTD., Korea)를 사용하여 실시하였다.

Fig. 1. The location of survey sites in Jinju. A: new cultivation field; B: repeated cultivation field; C: soil management field.

Fig. 2. The process of rotary tillage treatment in zoysiagrass (*Zoysia japonica*) cultivation field. A: rotary tillage machine; B: soil after rotary tillage treatment.

토양관리방식에 따른 물리성 분석용 토양 시료는 2015년 5월 20일 잔디재배 연작지와 신규지 토양분석의 경우와 동일하게 채취하였다. 잔디 생육조사는 2015년 5월 20일에 18×18 cm^2 규격의 뗏장을 4반복으로 떼어내어 초장, 지상부와 지하부의 생체중과 건물중, 지상부 개체 수를 측정한 후 m^2로 환산하여 결과를 나타내었다. 초장은 토양 표면에서부터 줄기 최상단까지의 길이를 실측하였다. 식물체의 건물중은 식물체를 건조기(Model DS-80-5, Dasol Scientific Co. Ltd., Gyeonggido, Korea)로 80°C에서 72시간 건조한 후의 무게를 측정하였고, 지상부 분얼경수는 조사면적 내 분지수를 측정하였다.

통계 분석

통계분석은 SAS 프로그램(v. 9.1, Cary, NC, USA)을 사

용하여 ANOVA 분석을 실시하였고, 처리구 평균간 유의성 검정은 DMRT (Duncan's Multiple Range Test) 5% 수준에서 유의성을 실시하였다.

결과 및 고찰

잔디재배 연작지와 신규지의 토양 물리성 비교

잔디재배 신규지에서 토양 용적밀도는 1.23 g m^{-3}으로 연작지 1.38 g m^{-3}보다 통계적으로 유의적인 차이를 보이며 낮게 나타났다(Table 1). 이는 잔디 재배지의 경우 과도한 답압과 토양 갱신작업 없이 진행되는 연작으로 인해 토양 용적밀도가 증가하며 이러한 영향이 작물의 생육에도 영향을 끼친다는 보고와 일치한다(Han et al., 2015). 토양 공극률은 연작지가 47.70%, 신규지가 53.29%로 신규지가 연작지보다 5.59% 더 높게 나타나 통계적으로 유의적인 차이를 나타내었다.

따라서 연중 잔디를 재배하는 연작지의 경우 토양 물리성 악화 우려가 높아 토양 개선이 필요하다고 판단되었다.

토양 관리방법에 따른 토양특성 및 잔디생육

토양의 용적밀도는 답압, 배토, 배토 + 답압 처리구에서 각각 1.61, 1.51, 1.59 g m^{-3}로 서로간에 통계적으로 유의적인 차이가 없었지만, 배토 + 경운 + 답압 혼합 처리구가 1.44 g m^{-3}으로 가장 낮게 나타나 통계적으로 유의적인 차이를 나타내었으며, 배토 처리구와는 통계적으로 유의한 차이가 없었다(Table 2). 답압 처리구에서 공극률과 기상은 각각 39.16%, 14.78%으로 가장 낮았고, 고상은 60.83%로 가장 높게 나타났다. 잔디 재배지에서는 관행적으로 뗏장을 출하하고 난 후 잔디와 토양 사이에 생기는 층을 평탄화 하기 위해 답압작업을 하지만 이러한 작업은 오히려 토양의 물

Table 1. Physical properties of soils by repeated sod production of zoysiagrass.

Treatments	Bulk density (g cm^{-3})	Porosity (%)	Three phases of soil (%)		
			Solid	Liquid	Gaseous
Repeated cultivation field	1.38±0.02[z]	47.70±0.78	52.30±0.78	34.16±0.30	13.53±0.88
New cultivation field	1.23±0.02	53.29±1.09	46.70±1.09	30.78±0.73	22.51±1.65
T-test[y]	*	*	*	*	**

[z]Mean ± Standard error.
[y]NS, *, **, Non-significant or significant at P=0.05 and 0.01, respectively.

Table 2. Physical properties of soils by different managements in zoysiagrass field.

Treatments	Bulk density (g cm^{-3})	Porosity (%)	Three phases (%)		
			Solid	Liquid	Gaseous
Rolling	1.61±0.02[z]a[y]	39.16±0.85c	60.83±0.85a	24.37±1.23a	14.78±1.74b
Top dressing	1.51±0.01ab	42.87±0.37ab	57.12±0.37bc	24.38±0.59a	18.48±0.47ab
Top dressing + Rolling	1.59±0.01a	39.84±0.44bc	60.16±0.44ab	24.19±1.04a	15.64±1.18b
Top dressing + Tillage + Rolling	1.44±0.04b	45.50±1.76a	54.49±1.76c	22.38±1.00a	23.12±1.76a

[z]Mean ± Σtandard error.
[y]Mean separation within columns by Duncan's multiple range test, p=0.05.

Table 3. Growth characteristics of zoysiagrass as affected by different management practices.

Treatments	Fresh weight (g m^{-2})			Dry weight (g m^{-2})			No. of shoots (ea m^{-2})
	Shoot	Stolon	Root	Shoot	Stolon	Root	
Rolling	698.05b[z]	730.45a	334.13c	202.32b	257.42b	84.38c	10259c
Top dressing	967.34a	785.82a	718.42a	264.90a	286.12ab	190.52a	11533bc
Top dressing + Rolling	915.31a	768.35a	620.72b	241.13ab	281.65ab	169.44b	12544b
Top dressing + Tillage + Rolling	1067.59a	850.92a	688.67ab	289.55a	330.41a	192.32a	15899a

[z]Mean separation within columns by Duncan's multiple range test, p=0.05.

리성을 악화시키는 결과를 초래한다(Han et al., 2015). 배토작업은 농가에서 관행적으로 하고 있는 답압 작업보다는 토양의 공극률을 유의성 있게 향상시켰다. Bae et al. (2012)는 잔디재배지에 배토작업을 함에 따라 유기물 함량이 증가하는 등 토양환경이 개선된다고 하여 본 연구의 결과와도 유사한 결과를 나타내었다. 또한 배토+경운+답압을 함께 처리하였을 때 배토 처리구보다 토양의 물리성이 증가하는 경향이었다. 경운작업은 토양을 갈아 일으켜 흙덩이를 반전시켜 토양통기가 좋아지고 토양의 물리화학성을 개선하는 장점이 있다(Hall et al., 2010; Hamza and Anderson, 2005). 하지만 경운은 안정된 입단의 결합을 유지하는 부식이 분해되어 입단이 파괴되는데(Du et al., 2013), 특히 토양 내 수분함량이 높은 토양은 경운 후 답압을 하면 입단구조가 파괴되나 본 연구에서는 토양의 상태가 수분이 낮은 상태로 답압에 의해 입단이 파괴되지 않는 것으로 판단된다. 토양 고상은 배토 + 경운 + 답압 혼합 처리구에서 54.49%로 가장 낮았다. 액상의 함량은 처리간에 통계적으로 유의적인 차이가 없었고, 기상의 함량은 배토 + 경운 +답압 처리구가 23.12%로 가장 많은 결과를 보여 배토 처리구를 제외하고 통계적으로도 유의적인 차이를 나타내었다. 이는 경운에 의해 배토 + 경운 + 답압 처리구의 기상비율이 증가했기 때문으로 판단된다.

본 연구결과로 토양의 용적밀도와 고상의 함량은 비례하였지만, 기상의 함량과는 역의 관계를 나타내었다. 따라서, 롤링 < 배토 + 롤링 < 배토 < 배토 + 경운 + 롤링 순으로 토양의 물리성이 개선이 되었다. Han et al. (2015)은 잔디 재배지의 경우 과도한 답압과 토양 갱신작업 없이 계속된 연작으로 인해 토양 용적밀도가 증가한다고 보고하였다. 본 연구를 통해 배토 후 경운작업을 통해 토양의 용적밀도를 낮출 수 있을 것으로 판단된다.

답압 처리구에 비해 배토 처리구 또는 배토 + 경운 처리구의 경우 식물체의 생육이 향상되는 결과를 나타내었다(Table 3). 지상부의 생체중은 배토 + 경운 + 답압 혼합 처리구에서 1067.59 g m^{-2}로 가장 높았고, 답압 처리구에서 698.05 g m^{-2}로 가장 낮았다. Seo et al. (2012)에 따르면 잔디밭에 답압의 충격량이 증가할수록 광합성 능력이 감소한다고 보고하였다. 포복경의 생체중은 처리간 통계적으로 유의적인 차이가 없었으나 건물중은 배토 + 경운 + 답압 혼합 처리구에서 330.41 g m^{-2}로 가장 높았으나 답압 처리구에서 257.42 g m^{-2}로 가장 낮게 나타나 통계적으로 유의적인 차이를 보였다. 지하부의 생체중은 배토 처리구와 배토 + 경운 + 답압 혼합 처리구에서 각각 718.42, 688.67 g m^{-2}로 가장 높았고, 답압 처리구에서 334.13 g m^{-2}로 가장 낮았다. 답압에 의해 생긴 피해는 토양의 고결화에 따른 지하부 호흡 감소와 연관이 있다(Lee et al., 2007). 지상부의 분얼경 개수는 배토+경운+ 답압 혼합 처리구가 15,899개 m^{-2}로 많았고, 답압 처리구가 10,259개 m^{-2}로 가장 적었다. 따라서 관행적인 답압보다 배토를 추가로 시행해주는 것이 식물체 생육에 도움이 되었고, 경운을 추가하였을 때 더 효과적으로 식물체 생육에 도움이 되었다. Han et al. (2015)은 뗏장 재배기간이 장기화될수록 용적밀도의 증가와 공극률 감소로 인한 토양의 물리성이 악화되어 잔디의 생육이 감소된다고 보고하여 본 연구의 관행적인 답압작업에 의한 토양과 잔디생육이 악화된 결과와 유사한 결과를 나타내었다.

따라서 잔디 재배지의 토양 물리성 개선을 위해 배토와 경운작업을 추가하여 토양개량을 통한 잔디의 적정밀도 유지와 양질의 잔디를 생산할 수 있도록 해야 할 것이다.

요 약

잔디 뗏장의 효율적인 생산을 위한 토양 관리 시스템을 구축하기 위해 토양관리에 따른 잔디의 생육에 대한 연구를 수행하였다. 토양관리는 4가지 방법 ① 답압 처리구 ② 배토 처리구 ③ 배토 + 답압 처리구 ③ 배토 + 경운 + 답압 혼합 처리구로 실시하였다. 토양의 물리성은 배토 + 경운 + 답압 혼합 처리구가 답압과 배토 + 답압 처리구에 비해 용적비중과 공극률, 고상비 등이 통계적으로 유의하게 개선되었으나, 배토 처리구와는 통계적으로 유의한 차이가 없었다. 토양 관리방법에 따른 잔디생육의 특성을 조사한 결과, 답압작업에 비해 배토만 하거나 배토와 함께 토양 경운의 방법을 추가하였을 때 식물체의 생육이 향상되는 결과를 나타내었다. 따라서 잔디 연작 재배지의 경우 토양 물리성 개선을 위한 배토, 경운, 답압등의 토양 갱신작업을 통해 잔디의 적정밀도 유지와 양질의 잔디를 생산할 수 있도록 해야 할 것이다.

주요어: 용적밀도, 토양 관리, 답압, 배토, 잔디

References

Ahn, B.G. and Choi, J.S. 2013. Effect of turfgrasses to prevent soil erosion. Weed Turf. Sci. 2(4):381-386. (In Korean)

Bae, E.J., Lee, K.S., Park, N.C. and Huh, M.R. 2012. Effect of topdressing height on the growth of zoysiagrass (*Zoysia japonica*). J. Agric. Life Sci. 46(2):83-89. (In Korean)

Bae, E.J., Lee, K.S., Kim, D.S., Han, E.H., Lee, S.M., et al. 2013. Sod production and current status of cultivation management in Korea. Weed Turf. Sci. 2(1):95-99. (In Korean)

Choi, J.S. and Yang, G.M. 2006. Sod production in South Korea. Weed Turf. Sci. 20(2):237-251. (In Korean)

Du, Z.L., Ren, T.S., Hu, C.S., Zhang, Q.Z. and Blanco, C.H. 2013.

Soil aggregate stability and aggregate-associated carbon under different tillage systems in the North China Plain. Integr. Agric. 12:2114-2123.

Fonteno, W.C. 1996. Growing media: Types and physical/chemical properties. pp. 93-102. In: Reed, D.W. (Ed.). Water, media, and nutrition for greenhouse crops. Ball Publishing, Batavia, IL. USA.

Han, J.J., Lee, K.S., Choi, S.M., Park, Y.B. and Bae, E.J. 2015. Soil properties and growth characteristics by production periods of zoysiagrass sods. Weed Turf. Sci. 4(3):262-267. (In Korean)

Hall, D.J.M., Jones, H.R., Crabtree, W.L. and Danels, T.L. 2010. Claying and deep ripping can increase crop yields and profits on water repellent sands with marginal fertility in southern Western Australia. Soil Res. 48:178-187.

Hamza, M.A. and Anderson, W.K. 2005. Soil compaction in cropping systems: a review of the nature: causes and prossible solutions. Soil Tillage Res. 82:121-145.

Hwang, Y.S. and Choi, J.S. 1999. Effect of mowing interval, aeration, and fertility level on the turf quality and growth of zoysiagrass (*Zoysia japonica* Steud.). Weed Turf. Sci. 13(2):79-90. (In Korean)

Jo, I.S., Jung, P.K., Kim, L.Y., Ha, S.K. and Chung, D.Y. 2009. Soil physical properties and soil conservation. Kor. J. Soil Sci. Fert. 42(8):28-52. (In Korean)

KFS (Korea Forest Service). 2016. 2014 Forest Products investigation. Seoul, Korea. (In Korean)

Kim, H.G. and Lee, S.J. 2010. Turfgrass and golf course. Sunjin Culture Press. p. 31. (In Korean)

Kim, K.N. 2012. Turfgrass establishment. pp. 299-301. In: Kim, K.N. (ed.). Management component. University of Sahmyook, Seoul, Korea. (In Korean)

Lee, J.H., Son, J.S., Kim, I.C. and Joo, Y.K. 2007. Effects of a forced air-flow system for recovery of turfgrass after intensive traffic injury. Weed Turf Sci. 21(2):127-136. (In Korean)

Matson, P.A., Parton, W.J., Power, A.G. and Swift, M.J. 1997. Agricultural intensification and ecosystem properties. Sci. 277:504-509.

Paik, J.W. and Chung, K.W. 2011. A study on green design for improving green ration in urban environment. Kor. Soc. Design Culture. 17(1):215-225. (In Korean)

Pessarakli, M. 2007. Handbook of turfgrass management and physiology. p. 165. In: Cockerham, S.T. (Ed.). Culture of natural turf athletic fields. University of Arizona Tucson, Arizona, U.S.A.

Seo, J.Y., Jong, I.C., Kim, M.C., Chung, J.S., Shim, D.B., et al. 2012. Effects of trampling on growth and development in *Zoysia japonica*. Weed Turf Sci. 4(3):256-261. (In Korean)