

RESEARCH ARTICLE

Trinexapac-ethyl 처리방법에 따른 크리핑 벤트그래스의 생육 억제 효과

김영선¹ · 허혁재² · 배은지³ · 윤정호^{2*} · 이금주^{1*}

¹충남대학교 원예학과, ²주한울, ³국립산림과학원 산림바이오소재연구소

Inhibition Responses of Creeping Bentgrass after Applying Trinexapac-Ethyl as Two Spraying Methods

Young-Sun Kim¹, Hyeok-Jae Heo², Eun-Ji Bae³, Jeong-Ho Youn^{2*}, Geung-Joo Lee^{1*}

¹Department of Horticultural Science, Chungnam National University, Daejeon 34134, Korea

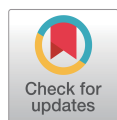
²Hanul Co. Ltd., Hapcheon 13206, Korea

³Forest Biomaterials Research center, National Institute of Forest Science, Jinju 52817, Korea

Abstract

Trinexapac-ethyl (TE) is a plant growth retardant using to regulate turfgrass growth in golf course during summer season. This study was conducted to investigate effects of various TE application on growth inhibition and visual quality in creeping bentgrass (*Agrostis palustris* H). Treatments were as follows; Control (Non-treatment), H100 (0.005 a.i. g m⁻² 100 mL⁻¹), H300 (0.005 a.i. g m⁻² 300 mL⁻¹), R100 (0.01 a.i. g m⁻² 100 mL⁻¹) and R300 (0.01 a.i. g m⁻² 300 mL⁻¹). In pot test, turf color index, chlorophyll index and visual quality of creeping bentgrass were not significantly different, and shoot length and clipping yield were decreased by application amount of TE, but unaffected by its diluting folds. In nursery experiment, turf color index, chlorophyll index, visual quality, shoot density and root length were not significantly different. These results indicated that application amount of TE decreased growth of creeping bentgrass, but its dilution folds unaffected on.

Key word: Application amount, Creeping bentgrass, Diluting fold, Trinexapac-ethyl (TE), Turfgrass growth



OPEN ACCESS

*Corresponding Authors:

Phone) +82-55-934-0145

Fax) +82-55-934-0148

E-mail) grasskr@gmail.com

Phone) +82-42-821-5734

Fax) +82-42-821-8888

E-mail) gjlee@cnu.ac.kr

Received: October 11, 2019

Revised: December 05, 2019

Accepted: December 10, 2019

© 2019 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/4.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

서 언

한지형 잔디는 생육적온을 나타내는 봄철과 가을에 지상부와 지하부의 생육이 왕성하지만 여름철 고온기에는 토양의 수분 함량이 높고, 고온이기 때문에 한지형 잔디의 생육은 불량하고, 하 고현상이 발생하거나 과습에 의해 웃자라게 되어 잔디의 직립성과 수광태세가 약화되어 엽색이 감소하게 된다(Ahn et al., 1992). 골프장 코스관리자들은 이러한 잔디의 생육특성을 고려하여 여름철 질소질 비료의 시비를 줄이고(Ahn et al., 1992), 속효성 비료보다는 완효성 비료를 사용하며

(Kim and Ham, 2009), 엽면시비를 통해 잔디를 관리하고 있다(Hong et al., 2011).

고온기의 잔디관리는 잔디식재 지역의 환경과 기후에 따라 관리조건이 달라지므로 일정한 잔디품질을 유지하고 건강한 잔디로 관리하기 위한 적절한 예고관리가 중요하다 (Lee et al., 2010). 그러나 고온기에는 강우가 많아 깎기작업을 일정한 간격으로 수행하기 어렵고, 장비에 의한 답압에 의해 잔디 생육이 불량해지므로 생장조정제를 이용한 하절기 한지형 잔디 관리에 관한 연구가 꾸준히 이어져 왔다(Lee et al., 2008; Tae et al., 2010).

Tae et al. (2010)은 TE (0.005 a.i. g m⁻²)를 처리한 켄터키 블루그래스(*Poa pratensis*)에서 고온기에 잔디의 생장억제 효과는 약 2주 정도 지속되었고, 잔디의 가시적 품질, 엽록소 함량 및 잔디밀도가 개선된다고 보고하였고, Hong et al. (2009)은 크리핑 벤트그래스(*Agrostis palustris* H.)의 잔디밀도와 가시적 품질 및 그린스피드의 개선을 나타낸다고 보고하였다. 그러나 한지형 잔디에 TE의 처리하는 경우 잔디의 초종에 따라 살포량이 다르고(Hong et al., 2009; Tae et al., 2010), 처리 시 살포차량의 셋팅 방법에 따라 살포량도 다르게 나타나기 때문에(Chang et al., 2011) 잔디관리에서 TE의 사용은 여러 가지 긍정적인 요소가 있음에도 불구하고 보편적으로 사용하기 어려운 점이 있다(Tae et al., 2010). 특히, 여름철에는 고온다습한 조건에서 병이 발생하게 되고, 병해 예방을 위해 살균제를 처리하게 되는데 살균제와 생장조정제의 단위면적당 살포량이 다르므로 생장조정제 처리 시 살포장비의 노즐을 조절해야 하는 어려움이 있다(Chang et al., 2011; Tae et al., 2010). 또한, 고온기에 처리한 TE는 살포시기나 환경조건, 농약의 혼합여부 및 살포농도에 의해 잔디에 약해를 일으키기도 한다(Ferrell et al., 2003).

잔디 재배 시 약제의 중복살포 등으로 고농도로 처리되거나 단위면적당 처리량이 높을 때, 크리핑 벤트그래스에서 약해가 발생한다(Kim and Park, 2002). 생장조정제인 TE의 경우 아주 낮은 농도로도 생육억제효과를 나타내기 때문에 중복살포 시 약해 발생이 우려되므로 중복살포에 의한 약해가 발생하지 않고, 효과가 나타나도록 TE의 처리방안을 개선하는 것이 필요하다. 따라서 본 연구는 크리핑 벤트그래스(*A. palustris* H.)에서 생장조정제 trinexapac-ethyl의 처리방법에 따른 생육억제 및 잔디품질의 변화를 조사하였다.

재료 및 방법

Trinexapac-ethyl의 포트시험

포트시험은 경상남도 함천읍 소재의 (주)한울의 시험포장에서 2019년 5월부터 2개월 동안 수행되었고, 공시잔디는 2018년 파종하여 약 1년간 관리한 크리핑 벤트그래스(*A. palustris* Huds) 'Penn A-1' 품종을 이용하였다. 시험에 사용한 토양은 USGA 규격에 적합한 입경분포를 갖는 모래를 상토로 이용하였고, 잔디 생육을 위해 요소(N 46%, Namhae Chemical Co., Ltd., Yeosu, Korea)를 이용해 전층시비하였다. 공시약제는 trinexapac-ethyl 미탁제 (trinexapac-ethyl 26.6%, Syngenta Korea Co., Ltd., Seoul, Korea)를 이용하였다.

상토의 조성은 토양개량제를 혼합하지 않은 공시모래를 시험용 포트(diameter 25 cm, depth 15 cm)에 충전한 후 수돗물을 이용하여 6시간 동안 물다짐 후 사용하였다. (주)한울의 증식포장(Hapcheon, Korea)에서 홀커터(diameter 10.8 cm)를 이용하여 채취된 크리핑 벤트그래스를 5 cm 깊이로 절단한 후 시험용 포트에 이식하였다. 시비는 포트 조성 시 요소 8.7 g m⁻² (4 Ng m⁻²)를 1회 전층 시비하였다.

처리구는 trinexapac-ethyl (TE) 처리량 및 희석배수에 따라 TE를 처리하지 않은 대조구(Control), 반량 (0.005 a.i. g m⁻²)을 수돗물 100 mL에 희석하여 처리한 처리구 1 (H100)과 수돗물 300 mL에 희석하여 처리한 처리구 2 (H300), 그리고 권장량 (0.01 a.i. g m⁻²)을 수돗물 100 mL에 희석하여 처리한 처리구 3 (R100)과 300 mL에 희석하여 처리한 처리구 4 (R300)로 설정하였다. TE의 희석물량은 TE의 권장 물량인 100 mL과 Kim et al. (2018)이 제시한 살균제의 엽면처리

량을 기준으로 설정하였다. 실험구 배치는 완전임의배치법(4반복)으로 배치하였다. 약제의 처리는 휴대용 압축 분무기(Trigger sprayer 700, Apollo Industrial Co., Ltd., Siheung, Korea)를 이용하여 엽면처리하였다. 시험기간 동안 병해충은 발생하지 않아 작물보호제는 처리하지 않았으며, 관수는 스프링클러를 이용하여 1일 2회 총 30분간 실시하였다.

잔디생육조사는 처리구별 엽색지수, 엽록소지수, 가시적 잔디품질, 잔디 초장 및 잔디에지물을 조사하였다. 엽색지수와 엽록소지수는 각각 turf color meter (TCM 500, Spectrum Technologies, Inc., Plainfield, IL, USA)와 chlorophyll meter (CM 1000, Spectrum Technologies, Inc., Plainfield, IL, USA)를 이용하여 측정하였고, 가시적 잔디품질은 NTEP에서 제시한 방법에 준하여 조사하였다(1=worst, 9=best and 6=acceptable). 잔디 초장은 자를 이용하여 토양표면으로부터 경엽의 길이를 측정하였다. 엽색지수, 엽록소지수, 가시적 잔디품질 및 잔디 초장은 5월 8일부터 7일간격으로 5회 조사하였다. 잔디에지물은 시험이 종료된 6월 4일에 수행하였고, 70% 에탄올로 잘 소독된 가위를 이용하여 채취한 후 70°C 드라이오븐(VS-1203PJ-300, Vision Scientific Co., Ltd., Daejeon, Korea)에서 24시간 건조한 후 건물중을 측정하였다.

Trinexapac-ethyl의 포장시험

포장시험은 경상남도 합천읍 소재의 (주)한울의 크리핑 벤프그래스 증식포장에서 2019년 5월부터 2개월 동안 수행되었고, 공시잔디는 2018년 파종하여 약 1년간 관리한 크리핑 벤프그래스(*A. palustris* Huds) 'Penn A-1' 품종을 이용하였다. 증식포장에 포설된 토양은 USGA 규격에 적합한 입경분포를 갖는 모래를 사용하였다. 공시약제는 trinexapac-ethyl 미탁제 (trinexapac-ethyl 26.6%, Syngenta Korea Co., Ltd., Seoul, Korea)를 이용하였다.

처리구는 trinexapac-ethyl (TE) 처리량 및 희석배수에 따라 TE를 처리하지 않은 대조구(Control), 반량 (0.005 a.i. g m⁻²)을 수돗물 100 mL에 희석하여 처리한 처리구 1 (H100)과 수돗물 300 mL에 희석하여 처리한 처리구 2 (H300), 그리고 권장량 (0.01 a.i. g m⁻²)을 수돗물 100 mL에 희석하여 처리한 처리구 3 (R100)과 300 mL에 희석하여 처리한 처리구 4 (R300)로 설정하였다. 실험포장의 시험구 단위는 0.25 m² (0.5 m × 0.5 m) 크기로 전체포장은 4 m²였고, 실험구 배치는 난괴법(4반복)으로 배치하였다. 약제의 처리는 휴대용 압축 분무기(Trigger sprayer 700, Apollo Industrial Co., Ltd., Siheung, Korea)를 이용하여 엽면처리하였다. 시험기간 동안 병해충의 방제를 위해 fenitrothion 유제, chlorothalonil 수화제 및 propiconazole 유제를 1회 살포하였으며, 관수는 스프링클러를 이용하여 1일 2회 총 30분간 실시하였다.

잔디생육조사는 처리구별 엽색지수, 엽록소지수, 가시적 잔디품질, 잔디 뿌리 길이 및 잔디 줄기 밀도를 조사하였다. 엽색지수와 엽록소지수는 각각 turf color meter (TCM 500, Spectrum Technologies, Inc., Plainfield, USA)와 chlorophyll meter (CM 1000, Spectrum Technologies, Inc., Plainfield, USA)를 이용하여 측정하였고, 가시적 잔디품질은 NTEP에서 제시한 방법에 준하여 조사하였다(1=worst, 9=best and 6=acceptable). 잔디 뿌리 길이와 잔디 줄기 밀도는 시험이 종료된 6월 5일 1회 조사하였고, 잔디 뿌리 길이는 토양 시료채취기구를 이용하여 채취한 후 자를 이용하여 측정하였고, 잔디 줄기 밀도는 1 cm² 크기로 제작된 잔디 줄기 밀도 측정기를 이용하여 조사하였다.

통계분석

통계처리는 SPSS (ver. 12.1, IBM, New York, USA)를 이용하여 Duncan 다중검정과 T 검정을 통해 처리구간 평균값의 유의차를 검정하였다.

결과 및 고찰

포트시험결과

포트시험에서 크리핑 벤프그래스의 엽색지수, 엽록소지수 및 가시적 잔디품질을 조사하여 TE 처리 후 잔디품질의 변화와 그에 따른 약해 발생 여부를 조사하였다(Table 1). 엽색지수 조사결과 TE 처리 후 7일이 경과한 후 처리구별 차이를 나타내었으나 대조구와 비교할 때, TE 처리구들은 통계적으로 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 엽록소지수 조사결과, 5월 8일 조사에서 처리구별 차이를 나타내었으나 대조구와 비교할 때, 통계적으로 유의적인 차이를 나타내지 않아 시험 전 처리구별 차이는 나타나지 않았다. TE 처리 14일 경과 후 R300처리구는 대조구보다 낮은 엽록소지수를 나타내기도 하였으나 이후 시험 종료시까지 통계적으로 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 시험기간 동안 측정된 값의 평균으로 처리구간 엽록소지수의 변화는 통계적으로 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 가시적 잔디품질 조사결과, 5월 8일 조사에서 R300 처리구에서 대조구보다 낮은 잔디품질을 나타내었으나, 이는 잔디 식재 시 배토 정도에 따른 차이로 판단되었다. 또한, 약제처리 7일 경과 후 조사부터 통계적으로 유의적인 차이를 나타내지 않았다.

Table 1. Growth and quality of creeping bentgrass in pot after application trinexapac-ethyl (TE).

Treatments ^y	Investigated date					Mean
	May 8	May 14	May 21	May 28	Jun 4	
Turf color index						
Control	6.56a ^z	6.44ab	7.09a	6.80a	6.88a	6.75a
H100	6.60a	6.59ab	7.08a	7.01a	6.84a	6.82a
H300	6.55a	6.62a	7.07a	6.68a	7.00a	6.78a
R100	6.59a	6.18b	7.03a	6.83a	6.86a	6.70a
R300	6.10b	6.26ab	7.02a	6.75a	6.92a	6.61a
Chlorophyll index						
Control	133ab	141ab	260a	210a	286a	206a
H100	145ab	150a	258a	227a	310a	218a
H300	154a	144ab	253ab	284a	315a	230a
R100	143ab	130b	226b	219a	303a	204a
R300	106b	135ab	247ab	279a	312a	216a
Visual quality						
Control	6.80a	6.90a	7.21a	7.30a	7.45a	7.13a
H100	6.89a	7.05a	7.36a	7.54a	7.51a	7.27a
H300	6.65ab	6.88a	7.33a	7.45a	7.45a	7.15a
R100	6.68ab	6.60a	7.31a	7.39a	7.36a	7.07a
R300	6.35b	6.85a	7.35a	7.43a	7.41a	7.08a

^y Treatments were as follows; Control (Non-treatment of TE), H100 (0.005 a.i. g m⁻²; 5,000 fold dilution), H300 (0.005 a.i. g m⁻²; 15,000 fold dilution), R100 (0.01 a.i. g m⁻²; 2,500 fold dilution), R300 (0.01 a.i. g m⁻²; 7,500 fold dilution). Application of TEs was carried out on May 8 in 2019.

^z Means with the same letters within column are not significantly different by Duncan's multiple range test at $p \leq 0.05$ level.

포트시험에서 TE 처리량에 따른 비교(H100 vs R100; H300 vs R300) 시 잔디의 엽색지수와 엽록소지수 및 가시적 잔디 품질은 처리구별 통계적으로 유의적인 차이를 나타내지 않았고, TE 희석량에 따른 비교(H100 vs H300; R100 vs R300)에서도 처리구간 통계적으로 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 크리핑 벤프그래스의 엽색지수, 엽록소지수 및 가시적 잔디품질은 대조구와 통계적으로 유의적인 차이를 나타내지 않아 TE 처리에 의한 약해는 확인할 수 없었다.

포트시험을 기간 동안 잔디의 초장 변화를 조사하여 TE의 처리량 및 희석방법에 따른 잔디의 생육억제효과를 조사하였다(Table 2). 시험 전에 각 처리구의 초장이 약 8 mm를 나타내었으나 약제처리 4주 경과 후에는 Control, H100, H300, R100, R300 처리구에서 각각 30.7, 27.9, 27.4, 26.0, 26.5 mm를 나타내어 TE 처리구에서 잔디 초장이 감소하였다. 약제 처리 4주 후 TE 반량처리구(0.005 a.i. g m⁻²; H100, H300)의 잔디 초장은 대조구보다 각각 9.1%와 10.8%씩 감소하였으나 통계적으로 유의적인 차이를 나타내지 않았고, TE 배량처리구(0.01 a.i. g m⁻²; R100, R300)는 15.3%와 13.7%씩 감소하여 TE 처리에 의한 생장억제효과를 나타내었다. TE 처리량에 따라 잔디 초장을 비교한 t-검정 결과 (H100 vs R100; H300 vs R300)에서 통계적으로 유의적인 차이를 나타내지 않았고, TE 희석배수에 따른 비교(H100 vs H300; R100 vs R300)에서도 각 처리구들에서 통계적으로 유의적인 차이를 나타내지 않았다.

Table 2. Shoot length of creeping bentgrass in pot after application trinexapac-ethyl (TE).

Treatments ^y	Shoot length (mm)				
	May 8	May 14	May 21	May 28	Jun 4
Control	8.00a ^y	20.9a	25.0a	28.7a	30.7a
H100	8.00a	16.4b	22.0ab	27.3a	27.9ab
H300	8.00a	15.7b	21.9ab	26.9a	27.4ab
R100	7.98a	20.0c	20.7b	24.6a	26.0b
R300	7.95a	12.1c	20.0b	26.7a	26.5b

^y Treatments were as follows; Control (Non-treatment of TE), H100 (0.005 a.i. g m⁻²; 5,000 fold dilution), H300 (0.005 a.i. g m⁻²; 15,000 fold dilution), R100 (0.01 a.i. g m⁻²; 2,500 fold dilution), R300 (0.01 a.i. g m⁻²; 7,500 fold dilution). Application of TEs was carried out on May 8 in 2019.

^z Means with the same letters within column are not significantly different by Duncan's multiple range test at $p \leq 0.05$ level.

포트시험 종료 후 잔디 예지물량을 조사하여 잔디 생육을 평가할 때, 잔디 건물중은 28.5-36.5 g m⁻²의 범위로 조사되었다(Fig. 1). TE 처리 4주 경과 후 크리핑 벤트그래스의 예지물은 H100, H300, R100 및 R300 처리구에서 각각 13.7%, 20.0%, 21.9%, 19.2% 씩 감소하였다. TE 처리량과 TE희석배수에 따른 크리핑 벤트그래스의 예지물량은 통계적으로 유의적인 차이를 나타내지 않았다.

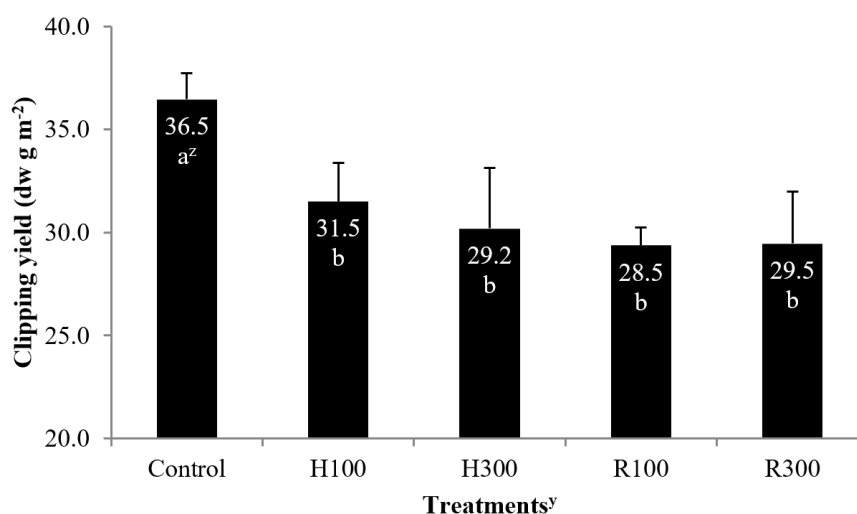


Fig. 1. Clipping yield of creeping bentgrass in pot after application trinexapac-ethyl (TE).

^y Treatments were as follows; Control (Non-treatment of TE), H100 (0.005 a.i. g m⁻²; 5,000 fold dilution), H300 (0.005 a.i. g m⁻²; 15,000 fold dilution), R100 (0.01 a.i. g m⁻²; 2,500 fold dilution), R300 (0.01 a.i. g m⁻²; 7,500 fold dilution). Application of TEs were carried out on May 8 in 2019, and clipping yield of TE treatment sampled on June 4.

^z Means with the same letters within column are not significantly different by Duncan's multiple range test at $p \leq 0.05$ level. Error bars indicate standard deviation.

포장시험결과

TE 처리 후 엽색지수, 엽록소지수 및 가시적 잔디품질을 조사하여 TE 처리에 따른 크리핑 벤트그래스의 품질 변화를 통해 약해 여부를 평가하였다(Table 3). TE 처리 후 엽색지수의 변화는 5월 14일 R100 처리구에서 대조구보다 감소하기도 하였으나 5월 21일 이후에는 통계적으로 유의적인 차이를 나타내지 않았고, 시험 기간 동안 조사된 엽색지수 평균값으로 비교할 때, TE 처리에 따른 엽색지수의 변화는 나타나지 않았다. 엽록소지수는 TE 처리일인 5월 8일에는 통계적으로 유의적인 차이를 나타내지 않았으나, 14일 경과 후인 5월 21일 조사와 21일 경과 후인 5월 28일 조사에서 TE 처리구(H100, H300, R100, R300)는 대조구보다 엽록소지수가 증가하였다. 시험 종료 후 평균값으로 엽록소지수를 비교 시 TE 처리에 따른 엽록소지수의 증가는 확인할 수 없었다. 가시적 잔디품질은 TE 처리 후 7일이 경과할 때까지는 통계적으로 유의적인 차이를 나타내지 않았으나, 14일 경과 후인 5월 14일 이후부터 TE 처리구에서 대조구보다 가시적 잔디품질이 증가하였다. 또한 시험기간 동안 조사된 잔디품질의 평균값을 비교할 때도 TE 처리구에서 가시적 잔디품질이 증가하였다.

Table 3. Growth and quality of creeping bentgrass in nursery after application trinexapac-ethyl (TE).

Treatments ^y	Investigated date					Mean
	May 8	May 14	May 21	May 28	Jun 4	
Turf color index						
Control	6.96a ^z	7.11a	7.20a	7.17b	7.09a	7.11a
H100	6.97a	7.07ab	7.23a	7.26a	7.14a	7.13a
H300	6.98a	7.05ab	7.21a	7.25a	7.13a	7.12a
R100	6.97a	7.04b	7.19a	7.29a	7.14a	7.13a
R300	6.98a	7.07ab	7.22a	7.31a	7.14a	7.14a
Chlorophyll index						
Control	275a	325a	269b	267b	259a	279a
H100	278a	325a	275a	285a	276a	288a
H300	269a	328a	272a	283a	275a	285a
R100	277a	318a	273a	295a	279a	288a
R300	264a	325a	276a	289a	279a	287a
Visual quality						
Control	7.19a	7.30a	7.20b	7.05b	7.25b	7.20b
H100	7.20a	7.29a	7.28a	7.14ab	7.35a	7.25a
H300	7.19a	7.28a	7.27a	7.20a	7.35a	7.26a
R100	7.16a	7.29a	7.29a	7.25a	7.35a	7.27a
R300	7.15a	7.26a	7.27a	7.25a	7.35a	7.26a

^y Treatments were as follows; Control (Non-treatment of TE), H100 (0.005 a.i. g m⁻²; 5,000 fold dilution), H300 (0.005 a.i. g m⁻²; 15,000 fold dilution), R100 (0.01 a.i. g m⁻²; 2,500 fold dilution), R300 (0.01 a.i. g m⁻²; 7,500 fold dilution). Application of TEs was carried out on May 8 in 2019.

^z Means with the same letters within column are not significantly different by Duncan's multiple range test at $p \leq 0.05$ level.

포장시험에서 크리핑 벤트그래스의 엽색지수, 엽록소지수 및 엽색지수를 TE 처리량에 따라 비교(H100 vs R100; H300 vs R300)할 경우 통계적으로 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 또한 TE의 희석배수에 따라 비교(H100 vs H300; R100 vs R300)할 경우에도 통계적으로 유의적인 차이를 나타내지 않았다.

포장 시험 종료 후 잔디 뿌리 길이와 잔디 줄기 밀도를 조사하였다(Table 4). TE 처리 후 4주가 경과한 후 포장에서 잔디 뿌리 길이와 잔디 줄기 밀도는 통계적으로 유의적인 차이를 나타내지 않았다.

Table 4. Root length and shoot density of creeping bentgrass in nursery after application trinexapac-ethyl (TE).

Treatments ^y	Root length (cm)	Shoot density (ea cm ⁻²)
Control	10.9a ^z	12.3a
H100	11.4a	13.1a
H300	10.4a	13.2a
R100	11.2a	13.3a
R300	10.3a	13.1a

^y Treatments were as follows; Control (Non-treatment of TE), H100 (0.005 a.i. g m⁻²; 5,000 fold dilution), H300 (0.005 a.i. g m⁻²; 15,000 fold dilution), R100 (0.01 a.i. g m⁻²; 2,500 fold dilution), R300 (0.01 a.i. g m⁻²; 7,500 fold dilution). Application of TEs was carried out on May 8 in 2019, and root length and shoot density of TE treatment sampled on June 5.

^z Means with the same letters within column are not significantly different by Duncan's multiple range test at $p \leq 0.05$ level.

고찰

Trinexapac-ethyl (TE)은 지베렐린 생성을 억제하여 식물의 절간생육을 억제하는 cyclohexadione계 식물생장억제제이다(Tae et al., 2010). Trinexapac-ethyl은 잎으로 흡수되어 절간생장에 영향을 주는 성장점으로 이동한다(Tomlin, 1995). 식물체로 흡수된 trinexapac-ethyl은 지베렐린의 생합성 과정에서 GA₂₀에서 GA₁으로 hydroxilation되는 것을 방해하는 작용기작을 나타내며, 적은 양으로도 생장억제효과가 우수하다(March et al., 2013). Trinexapac-ethyl은 한지형 잔디의 생장을 저해하여 잔디의 엽면적과 잔디의 증산량이 감소하고, 삼투 포텐셜이 증가되어 내건성이 증가된다(McCann and Huang, 2007).

Trinexapac-ethyl 처리 후 크리핑 벤트그래스의 초장이 감소하여 잔디생장이 억제되었고(McCann and Huang, 2007), 잔디 예지물이 감소하였다(Wherley and Sinclair, 2009). 본 연구에서도 trinexapac-ethyl 처리 시 크리핑 벤트그래스의 초장과 잔디 예지물이 이 각각 9-10%와 14-22% 정도씩 감소하여 선행연구결과와 유사한 결과를 얻을 수 있었다(McCann and Huang, 2007; Wherley and Sinclair, 2009). 또한 trinexapac-ethyl 처리량에 따라 버뮤다그래스의 지상부와 stolon의 생육이 감소하였는데(Volterrani et al., 2012), 본 연구에서도 trinexapac-ethyl의 처리량에 따라 잔디 초장과 예지물의 감소하는 경향을 나타내어 Volterrani et al. (2012)의 결과와 유사한 경향을 나타내었다. Cho et al. (2019)는 켄터키 블루그래스에 trinexapac-ethyl을 동일한 양으로 처리하되 농도를 높여 살포물량을 줄였을 경우 잔디의 생장억제효과 및 품질은 유사하게 나타난다고 보고하였다. 즉, 생장조정제 희석배수(처리농도)가 다르더라도 단위면적당 처리량이 동일한 경우 잔디의 생장억제효과는 유사하게 나타나는 것이다. 본 연구에서는 Cho et al. (2019)의 방법과 반대로 trinexapac-ethyl의 단위면적당 처리량을 동일하나 살포물량을 증대 시켰을 경우 크리핑 벤트그래스의 생육억제효과 및 잔디품질에 영향을 미치지 않았다(Table 1 and Table 2; Fig. 1). 본 연구와 비교할 때, Cho et al. (2019)의 결과는 본 연구결과보다 약제살포 시 작업효율을 개선시키는 효과가 있었으나 본 연구 결과에서 생장조정제 처리 시 살포농도가 낮아 약해 발생 우려가 감소하여 안전하게 생장조정제를 처리할 수 있을 것으로 판단되었다.

Trinexapac-ethyl를 처리하였을 때, 잔디 생육이 억제되더라도 생장을 하지 않는 것이 아니라 실제로는 세포크기가 작아져 잎의 무게는 증가하므로(Ervin and Koski, 2001; Gaussoin et al., 1997; Heckman et al., 2001) 잔디 생육에 필요한 양분을 공급하는 것이 필요하다. Arghavani et al. (2012)은 trinexapac-ethyl 처리량에 따라 지상부의 생육은 감소하지만 지하부의 생육은 영향을 받지 않는다고 보고하였고, Wherley and Sinclair (2009)는 지하부의 생육을 개선하기 위해서는 trinexapac-ethyl 처리 후 질소를 처리하여야 하며, 질소 시비량이 증가할수록 지하부의 생육도 증가한다고 보고하였다. 다만 질소 시비량이 증가할수록 지상부의 생육 및 생장이 증가하므로 trinexapac-ethyl의 생육억제효과를 유지하도록 적절한 질소의 시비가 필요하였다(Wherley and Sinclair, 2009).

McCann and Huang (2007)은 trinexapac-ethyl 처리 후 엽록소 함량이 증가하여 광합성효율이 증가함으로써 엽색이나 가시적 잔디품질이 증가하였다. 본 연구에서도 포장시험에서 trinexapac-ethyl 처리 2주 경과 후부터 잔디의 가시적 품질과 엽록소지수가 증가하여 McCann and Huang (2007)와 유사한 결과를 얻을 수 있었다. 이렇게 잔디의 지상부 생육이 억제되었음에도 잔디품질이 유지되었던 것은 잔디 중 엽록소 함량이 증가하였을 뿐만 아니라 잔디밀도도 같이 증가하였기 때문으로 판단된다(McCullough et al., 2006). 본 연구에서는 짧은 기간의 시험으로 잔디밀도의 변화는 확인할 수 없었으나 Tae et al. (2010)이나 Hong et al. (2009)의 연구결과에서도 trinexapac-ethyl의 처리에 의해 잔디 생육과 밀도가 증가한다고 보고된 바 있다.

상기 결과들을 종합할 때, trinexapac-ethyl의 처리는 크리핑 벤프그래스의 지베렐린 생성을 억제하여 절간의 생육을 억제함으로써 지상부의 생육을 감소시키고(Table 2; Fig. 1), 생장억제제의 처리량이 증가할수록 억제효과는 크게 나타나며(Table 2; Fig. 1), 잔디 중 엽록소 함량의 증가로 잔디품질이 개선되는 것을 확인하였다(Table 3). 반면에 trinexapac-ethyl의 처리량이 같은 경우 희석배수에 따른 잔디 생육억제효과에 영향을 미치지 않았다(Table 3; Fig. 1).

요 약

Trinexapac-ethyl은 잔디관리 시 잔디 생육을 조절하기 위해 고온기에 사용하는 대표적인 생장억제제이다. 본 연구는 크리핑 벤프그래스(*A. palustris* H.)에서 생장조절제 trinexapac-ethyl의 처리방법에 따른 생육억제 및 잔디품질의 변화를 조사하였다. 처리구는 trinexapac-ethyl (TE) 처리량 및 희석배수에 따라 대조구(Control), H100 (0.005 a.i. g m⁻² 100 mL⁻¹), H300 (0.005 a.i. g m⁻² 300 mL⁻¹), R100 (0.01 a.i. g m⁻² 100 mL⁻¹) 및 R300 (0.01 a.i. g m⁻² 300 mL⁻¹)으로 설정하였다. 포트시험결과, 크리핑 벤프그래스의 엽색지수, 엽록소지수 및 가시적 잔디품질은 처리구간 통계적 유의차를 나타내지 않아 TE 처리 후 잔디품질의 변화 및 약해 발생은 확인할 수 없었다. 잔디의 초장과 잔디 예지물량은 TE 처리량에 따라 감소하는 경향을 보였고, 희석배수에 따라서는 영향을 받지 않았다. 포장시험결과, 크리핑 벤프그래스의 엽색지수, 엽록소지수, 가시적 잔디품질, 뿌리 길이 및 잔디 줄기 밀도는 처리구간 통계적 유의차를 나타내지 않았다. 이러한 결과들을 종합할 때, trinexapac-ethyl의 처리는 처리량에 따라 잔디 초장 및 예지물이 감소하였고, 희석배수에는 영향을 받지 않는 것을 확인하였다.

주요어: 약제처리량, 약제희석배수, 잔디 생육, 크리핑 벤프그래스, Trinexapac-ethyl (TE)

Authors Information

Young-Sun Kim, Department of Horticultural Science, Chungnam National University, Postdoctoral researcher

Hyuck-Jae Hur, Hanul Co. Ltd, Researcher

Eun-Ji Bae, Forest Biomaterials Research center, National of Forest Science, Doctor of Philosophy

Jeong-Ho Youn, Hanul Co. Ltd, Doctor of Philosophy

Geung-Joo Lee, Department of Horticultural Science, Chungnam National University, Professor

Reference

Ahn, Y.T., Kim, S.T., Kim, I.S., Kim, J.W., Kim, H.J., et al. 1992. Standard and practice for management in golf course. KTRI. Seongnam, Korea. (In Korean)

- Arghavani, M., Kafi, M., Babalar, M. and Naderi, R. 2012. Improvement of salt tolerance in Kentucky bluegrass by trinexapac-ethyl. *HortScience* 47(8):1163-1170.
- Chang, T., Chang, S. and Chung, G. 2011. Evaluation of fungicides, nozzle type, and spray volume on control of *Typhula* blight on cool season turfgrass. *Asian J. Turfgrass Sci.* 25(2):160-170.
- Cho, Y.R., Cho, Y.S. and Choi, J.S. 2019. Effects of foliar spray volumes and concentrations of trinexapac-ethyl on Kentucky bluegrass (*Poa paratensis* L.) growth. *Weed Turf. Sci.* 8(3):279-287. (In Korean)
- Ervin, E.H. and Koski, A.J. 2001. Trinexapac-ethyl increases Kentucky bluegrass leaf cell density and chlorophyll concentration. *HortScience* 36:787-789.
- Ferrell, J.A., Murphy, T.R., Duncan, R.R. and Vencill, W.K. 2003. Seashore paspalum response to trinexapac-ethyl and paclobutrazol. *HortScience* 38(4):605-606.
- Gaussoin, R.E., Brahnam, B.E. and Flore, J.A. 1997. Carbon dioxide exchange rate and chlorophyll content of turfgrasses treated with flurprimidol or mefluidide. *J. Plant Growth Regul.* 16:73-78.
- Heckman, N.L., Horst, G.L. and Gaussoin, R.E. 2001. Influence of trinexapac-ethyl on specific leaf weight and chlorophyll content of *Poa pratensis*. *Intl. Turf Soc. Res. J.* 9:287-290.
- Hong, B.S., Tae, H.S., Cho, Y.S. and Oh, S.H. 2011. The effect of foliar application to improve putting green performance. *Asian J. Turfgrass Sci.* 25(1):94-99. (In Korean)
- Hong, B.S., Tae, H.S., Jeon, J.C. and Oh, S.H. 2009. Green management of using with trinexapac-ethyl. *Kor. Turfgrass Sci.* 23(2):287-294. (In Korean)
- Kim, J.W. and Park, E.W. 2002. Occurrence of metalaxyl-resistant isolates of *Pytium* spp. Isolated from turfgrass of golf course in Korea. *Kor. J. Mycol.* 30(2):157-165. (In Korean)
- Kim, Y.S. and Ham, S.K. 2009. The effect of rainfall, irrigation and fertilizer application on water properties of pond in golf course. *Kor. Turfgrass Sci.* 23(1):1-8. (In Korean)
- Kim, Y.S., Lim, J.J., Ham, S.K., Lee, K.S. and Lee, G.J. 2018. Suppression of dollar spot caused by *Sclerotinia homoeocarpa* on creeping bentgrass (*Agrostis palustris* Huds.) after applying tebuconazole, chlorothalonil and their mixture. *Weed Turf. Sci.* 7(2):158-165. (In Korean)
- Lee, S.W., Lee, J.P. and Kim, D.H. 2008. The influence of traffic time and fertilizer type on the quality of golf course putting greens. *Kor. Turfgrass Sci.* 22(1):65-74. (In Korean)
- Lee, H.S., Yang, G.M. and Choi, J.S. 2010. Daily shoot growth measurement of zoysiagrass (*Zoysia japonica*) to determine mowing interval. *Kor. Turfgrass Sci.* 24(1):16-23. (In Korean)
- March, S.R., Martins, D. and McElroy, J.S. 2013. Growth inhibitors in turf grass. *Palnta Daninha, Viçosa-MG.* 31(3):733-747.
- McCann, S.E. and Huang, B. 2007. Effects of trinexapac-ethyl foliar application on creeping bentgrass responses to combined drought and heat stress. *Crop Sci.* 47(5):2121-2128.
- McCullough, P.E., Liu, H., McCarty, L., Whitwell, T. and Toler, J.E. 2006. Bermudagrass putting green growth, color and nutrient partitioning influenced by nitrogen and trinexapac-ethyl. *Crop Sci.* 46:1515-1525.

- Tae, H.S., Hong, B.S., Choe, Y.S. and Oh, S.H. 2010. Trinexapac-ethyl treatment for Kentucky bluegrass of golf course during summer. *Kor. Turfgrass Sci.* 24(2):156-160. (In Korean)
- Tomlin, C. 1995. The pesticide manual handbook. British Crop Protection Council, London, UK.
- Volterrani, M., Magni, S. and Gaetani, M. 2012. Trinexapac-ethyl effects on stolon activity and node vitality of 'Tifway' hybrid bermudagrass. *HortTechnology* 22(4):479-483.
- Wherley, B. and Sinclair, T.R. 2009. Growth and evapotranspiration response of two turfgrass species to nitrogen and trinexapac-ethyl. *HortScience* 44(7):2053-2057.