

RESEARCH ARTICLE

잔디 생육 및 병 평가를 위한 이미지 분석 기술의 적용

장석원*

한국골프대학교 골프코스조경과

Using Digital Image Analysis to Quantify Turfgrass Growth and Disease

Seog-Won Chang*

Dept. of Golf Course Management, Korea Golf University, Hoengseong 25249, Korea

Abstract

Turfgrass researchers and golf course superintendents often rely on visual assessments to assess turfgrass growth and disease. Visual evaluation can make an unexpected subjective bias in the outcome of the assessment, depending on the experience of the evaluator or the degree of training. In this study, green up rate, coverage rate and percent diseased area were evaluated by applying image analysis program to photographed turfgrass for more accurate and reproducible investigation. The same photographic evaluation was presented to turfgrass experts who had experienced turfgrass evaluation for many years, and the results were compared with those obtained from the image analysis program. Experts evaluated the green up rate, coverage rate, and percent diseased area of turfgrass significantly different from the results of image analysis. There were also variations in the evaluated values among experts' evaluations, and the more difficult the photographic images are to calculate the acquired area, the greater the variation among individuals. The relationship between turfgrass research experience and image analysis values was not statistically correlated. However, the image analysis of turfgrass growth and disease was more accurate and reproducible than expert evaluation. Therefore, if turfgrass researchers or field managers use image analysis programs, even unskilled researchers expected to be of great help in making evaluation.



OPEN ACCESS

*Corresponding Author:

Phone) +82-33-810-1066

FAX) +82-33-810-1001

E-mail) changsw802@hanmail.net

Key words: Digital image analysis, Turfgrass disease, Turfgrass growth, Visual evaluation

Received: February 27, 2020

Revised: March 19, 2020

Accepted: March 20, 2020

© 2020 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

잔디의 생육이나 병 조사는 연구자나 현장 전문가가 주관적으로 판단하는 시각적 평가(visual ratings)에 의해 자주 이루어진다(Kim et al., 2007; Morris and Shearman, 2000; Tae et al., 2010). 시각적 평가 결과는 질적인(qualitative) 것보다 양적인(quantitative) 형질에서 전문가의 경험이나 훈련 정도에 따라 큰 차이를 보일 수 있다(Horst et al., 1984).

잔디 연구나 실제 현장에서 양적인 형질의 평가는 생육기와 휴면기를 막론하고 매우 광범위하다. 예를 들면, 그린업 시기, 휴면기 돌입 시기, 피복률, 품질, 월동률, 병해충 피해 정도 등이 양적

인 평가에 의해 이루어진다(Chang et al., 2019; Choi et al., 2012; Morris and Shearman, 2000; Sung et al., 2016; Tae et al., 2010). 일반적으로 우리나라에서 잔디의 양적인 평가는 NTEP (National Turfgrass Evaluation Procedure)에서 제시하는 실험방법을 주로 따른다(Kim et al., 2018; Sung et al., 2016).

잔디의 상태를 정확하게 평가하는 것은 연구자는 물론 생산자와 소비자에게도 매우 중요할 수 있다. 잔디의 생산과 관리에서 인력, 시간, 비용의 투입 시간에서 큰 차이를 보일 수 있기 때문이다(Choi et al., 2001). 잔디 병의 경우 병 방제 시점을 찾는 의사 결정에 있어서 매우 중요할 수 있다(Smith et al., 2018).

잔디는 생육 상황이나 병해충 피해를 조사할 때 개체 평가가 어려운 한계를 갖는다. 잔디 포장에서 병이 발생하면 과수 나무처럼 개체 하나 하나를 평가할 수 없기 때문에 감염주율(diseased plant)이 아닌 병반면적률(diseased plants area)나 지수(index)에 의해 평가하는 것도 그러한 이유 때문이다(Chang et al., 2006; Chang et al., 2013; Findanza et al., 2016; Sung et al., 2016). 이러한 잔디의 특징은 잔디의 성장 특성과 매우 밀접하다. 잔디가 하나의 개체로부터 줄기가 성장하며 퍼져거나 분얼로 개체의 크기가 커지는 주형생장을 하기 때문이다(Turgeon, 1991). 게다가 주형 생장을 하는 잔디의 종이나 품종도 피복률을 높이기 위해 높은 밀도로 파종하기 때문에 지상부 밀도가 높은 잔디밭에서 개체 하나 하나를 구분하는 것은 매우 어렵다. 또한 잔디는 같은 품종이라 하더라도 종자 개체 사이에도 생육에 있어서 차이가 있고, 성장 방향도 불규칙하기 때문에 개체를 평가하는 것은 쉽지 않다(Curley et al., 2005; Larsen and Bibby, 2004; Turgeon, 1991).

다양한 소프트웨어가 개발, 시판되면서 이미지 분석(image analysis) 방법을 잔디의 생육과 병 평가에 적용하려는 시도가 있어 왔다(Karcher and Richardson, 2003; Richardson et al., 2001). 최근에는 잔디 생육 상황의 파악을 위해 드론(drone)이 도입되기 시작하였다(Caturegli et al., 2016; Zhang et al., 2019). 이러한 변화는 보다 정확한 상황 파악과 정보를 얻어 옳은 의사결정을 내리기 위한 것으로 판단된다. 이미지 분석 방법이 연구자나 현장 관리자의 주관적인 개입을 최대한 줄일 수 있고 객관적인 시각으로 상황을 판단하는데 도움이 될 수 있기 때문이다(Richardson et al., 2001; Caturegli et al., 2016).

본 연구에서는 보다 정확하고 재현성 있는 잔디 생육 조사를 위하여 촬영한 사진을 대상으로 이미지 분석 프로그램을 이용하여 그린업률, 피복률 및 병반면적률을 평가하였다. 영상 분석에 앞서 다년간 잔디 평가를 경험한 현역 잔디 전문가들에게 동일한 사진 평가를 의뢰하였고, 그 결과를 이미지 분석 프로그램으로부터 도출된 값과 비교하고 분석하였다. 이에 그 결과를 보고하고자 한다.

재료 및 방법

본 연구에서는 다년간 잔디를 연구해 왔던 현역 잔디 전문가들에게 잔디 생육 및 병 사진을 제시하며 평가를 의뢰하였다. 전문가들에게는 잔디 연구 기간을 묻고 36개의 사진(그린업률 평가 사진 9장, 피복률 평가 사진 9장, 작은 병반형 (spot type) 병징의 병반면적률 평가 사진 9장, 큰 병반형(patch type) 병징의 병반면적률 평가 사진 9장)이 주어졌다. 그룹별 사진 9장은 저자가 난이도를 아래와 같은 기준을 가지고 분류하였다. 그린업률은 그린업이 진행되어 녹색 면적이 넓으면 상대적으로 평가가 쉽다고 판단하여 난이도가 낮은 사진으로, 녹색 면적이 적으면 난이도가 높은 사진으로 배치하였다. 피복률은 포복경 개수가 많고 긴 사진이 면적 계산에 어렵다고 판단하여 난이도를 높은 사진으로 정하였다. 병반면적률은 동전마름병과 같이 작은 병반형은 개수가 많을수록, 갈색퍼짐병과 같이 큰 병반형은 병반 모양이 불규칙하거나 개수가 많은 경우 면적률 계산이 어렵다고 판단하여 난이도 상으로 구분하였다. 사진은 각도, 조도, 촬영 면적에 관계없이 사진 전면을 100%로 전제하고 면적률을 산정하였다. 응답자 14명 중 30대 3명, 40대 5명, 50대 6명이었고, 이 중 석사는 5명(35.7%), 박사는 9명(64.3%)이었다. 이들의 잔디 연구 경력별 인원은 5-10년은 4명, 11-20년은 7명, 21-30년은 3명이었다. 전공별로는 잔디 병리 전공자가 5명, 나머지는 잔디 육종, 생리, 해충, 토양비료 등 다양한 전공자였다.

사진 분석은 전문가들이 평가한 동일 사진을 이미지 분석을 통하여 각각 해당되는 면적률(그린업률, 피복률 및 병반 면적률)로 계산하였다. 면적률 계산에 필요한 이미지 분석에는 무료 다운로드가 가능한 ImageJ 프로그램(version 1.52a, National Institutes of Health, Bethesda, USA)을 사용하였다. 분석방법은 해당 사진(JPEG)을 프로그램으로 불러온 후 단계적으로 설정값을 입력하고 변환과정을 거쳐 결과값을 도출하였다(Fig. 1). 간단하게 설명하면, 이미지 분석 프로그램에서 color threshold를 조정하였고(image→adjust→color threshold), Hue와 Brightness는 기본설정으로 둔 다음에 saturation만 0 to 100 사이로 값을 조정 후 변환된 사진을 저장하였다. 작업 후 저장한 사진을 프로그램으로 다시 불러온 후 image type을 RGB stack으로 지정하였으며, threshold 값(image→adjust→threshold)은 원본사진과 육안으로 대조하여 0 to 150 사이에서 최종 결과값(analyze→measure)을 도출하였다. 이미지 변환 작업 중 잡티가 원활하게 제거되지 않는 사진은 1차 변환 작업 없이 바로 image type을 RGB stack으로 지정한 후에 threshold 값을 결정하였고, 육안으로 원본사진과 대조하여 최종 결과값을 도출하였다.

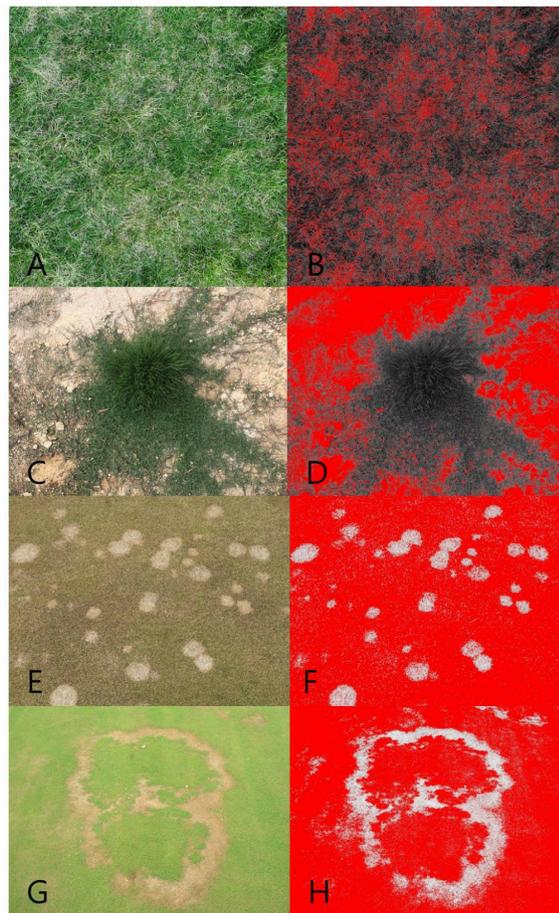


Fig. 1. Digital image analysis of calibration photos. (A) Original and (B) digital image treated photos for green-up rate evaluation of *Z. matrella* plants. Red area indicates dormant leaves. (C) Original and (D) digital image treated photos for coverage rate evaluation of *Z. matrella* plants. Red area in photo D indicates soil surface. (E) Original and (F) digital image treated photos for percent diseased area evaluation of pink snow mold on creeping bentgrass (*Agrostis stolonifera*) putting green. Red indicates no diseased area. (G) Original and (H) digital image treated photos for percent diseased area evaluation of fairy ring on creeping bentgrass putting green. Red in photo H indicates area where turfgrass plants do not die.

통계분석 중 평균과 표준편차 값은 엑셀(Microsoft Office Professional Plus 2010, Microsoft Corporation, Redmond, USA)의 통계 프로그램을 활용하였으며, 잔디 연구 경력과 이미지 분석 값과의 단순상관분석은 SAS 프로그램(version 9.4, SAS institute, Cary, USA)을 이용하였다. 전문가들의 연구 경력 년수(year)를 변수로 입력하였고, 다른 변수인 분석 값은 개인 별로 평가한 4가지 지표(그린업률, 피복률, 작은 병반형 병반면적률 및 큰 병반형 병반면적률) 값에서 각각의 이미지 분석 값을 뺀 숫자의 합을 입력하였다.

결과 및 고찰

전문가들이 들잔디(*Zoysia japonica*)와 금잔디(*Z. matrella*) 사진을 통해 평가한 그린업률 값은 이미지 분석 값과 차이를 보였다(Fig. 2; Table 1). 전문가들이 평가한 그린업률 평균 값은 9개 사진에서 이미지 분석 값보다 모두 낮았고, 그 차이는 난이도가 높은 사진일수록 컸다. 또한 평가 값은 전문가 사이에도 큰 차이를 보였는데, 난이도가 높은 사진에서 대체로 편차가 커지는 경향이 있었다. 난이도가 높아질수록 그린업 초기 상태이기 때문에 녹색 앞이 적어서 육안으로 사진 전면에 걸쳐 퍼져 있는 녹색 부분의 면적을 합하는 것이 쉽지 않았던 것으로 보인다.

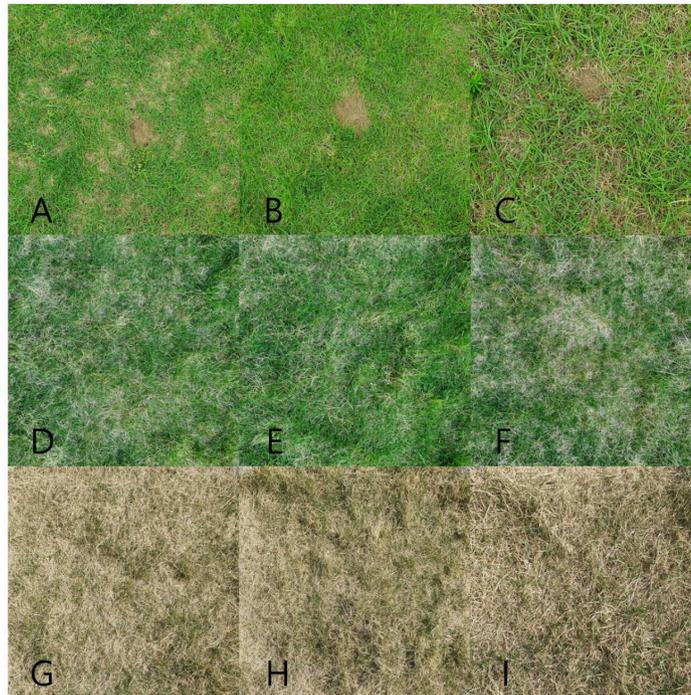


Fig. 2. Photos for green-up rate evaluation of turfgrass. A, B, D, E, F, G, and H are *Z. matrella* plants. C and I are *Z. japonica* plants.

Table 1. Comparison of expert evaluation and digital image analysis values for green-up rate of turfgrass.

Evaluator	Photo ^z								
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
Expert evaluation (EE)									
Mean (%)	78.6	86.1	67.9	68.1	71.6	50.7	15.1	21.9	22.3
Standard deviation	10.8	11.0	14.1	18.9	18.4	23.7	13.0	15.5	18.0
Digital image analysis (DIA)	84.8	93.6	89.6	80.8	88.7	81.4	46.8	45.7	32.4
EE-DIA	-6.2	-7.5	-21.7	-12.7	-17.1	-30.7	-31.7	-23.8	-10.1

^z Capital letters indicate photos of Fig. 2. As the author described in Materials and Methods, the photos (A to I) are a difficult order to evaluate area ratio. A is the easiest for the author to judge, and I is the hardest.

들잔디와 금잔디 사진에서 전문가들의 피복률 평균 값은 이미지 분석 값과 차이를 보였다(Fig. 3; Table 2). 전문가들의 평균 값은 9개 사진에서 이미지 분석 값보다 대체로 낮게 평가되었고, 그 차이는 난이도가 높은 사진일수록 큰 경향이 있었다. 전문가 사이에도 평가 결과는 큰 차이를 보였는데, 난이도가 높은 사진에서 대체로 편차가 커지는 경향이 있었다. 난이도가 높은 사진은 포복경이 많았기 때문에 전문가들이 면적을 계산에 어려움을 겪은 것으로 판단된다.

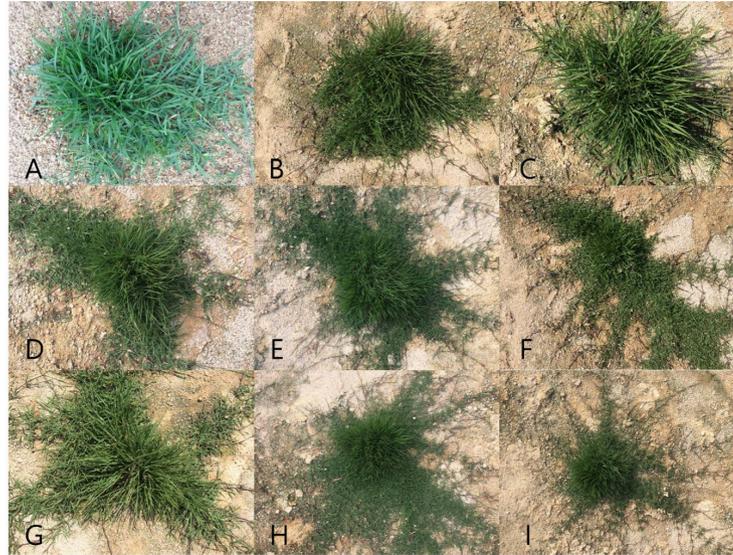


Fig. 3. Photos for coverage rate evaluation of turfgrass. A, C and G are *Z. japonica* plants. B, D, E, F, H, and I are *Z. matrella* plants.

Table 2. Comparison of expert evaluation and digital image analysis values for coverage rate of turfgrass.

Evaluator	Photo ^z								
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
Expert evaluation (EE)									
Mean (%)	57.5	49.6	52.5	50.0	56.4	49.5	55.4	56.9	32.1
Standard deviation	10.7	13.2	11.7	14.3	15.7	15.2	13.4	18.5	17.3
Digital image analysis (DIA)	61.7	48.2	55.4	55.2	57.8	58.3	62.4	54.3	37.9
EE-DIA	-4.2	1.4	-2.9	-5.2	-1.4	-8.8	-7.0	2.6	-5.8

^z Capital letters indicate photos of Fig. 3. As the author described in Materials and Methods, the photos (A to I) are a difficult order to evaluate area ratio. A is the easiest for the author to judge, and I is the hardest.

작은 병반(spot) 형태의 잔디 병 감염 사진에서 전문가들이 평가한 병반면적을 평균 값은 이미지 분석 값과 차이를 보였다(Fig. 4; Table 3). 전문가들의 평가 평균값은 9개 사진에서 이미지 분석 값보다 대체로 높게 평가되었고, 그 차이는 난이도가 높은 사진일수록 컸다. 평가 값은 전문가 사이에도 큰 차이를 보였는데, 난이도가 높은 사진에서 대체로 편차가 커지는 경향이 있었다. 잔디 동전마름병처럼 작은 크기의 병반이 흩어져 있게 되면 사람의 눈으로 병반을 합쳐 면적으로 측정하는 것은 쉽지 않다. 따라서 동전마름병 발생 평가는 보통 병반 개수로 측정된다(Vincelli et al., 1997). 하지만 병이 심해져 개수가 많아지거나 병반끼리 뭉치게 되면 개수로 조사하는 것이 어렵기 때문에 면적으로 측정해야 한다(Chang et al., 2012; Chang et al., 2013; Smith et al., 2018). 따라서 병반이 많은 사진을 대상으로 전문가들이 병반면적으로 계산하는 과정에서 편차가 심해졌던 것으로 해석된다.

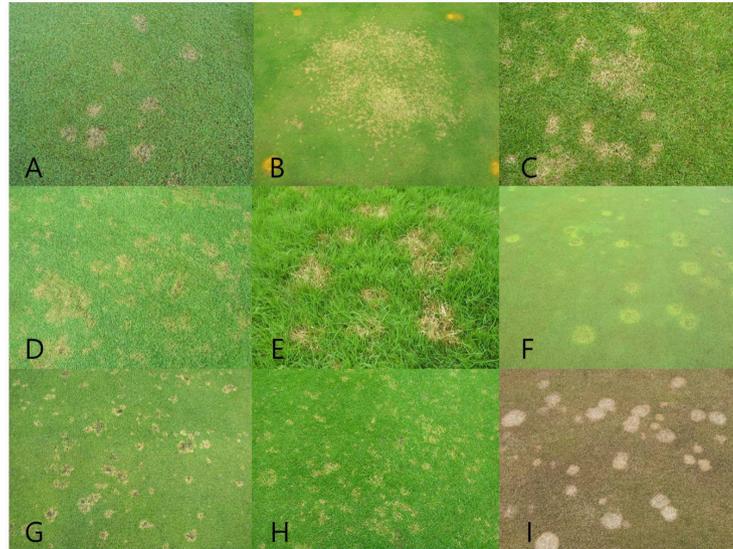


Fig. 4. Photos for percent diseased area evaluation of spot type turfgrass disease. A, B, C, D, G and H are dollar spot on creeping bentgrass putting green. E is spring dead spot on *Z. japonica* plants. I is typhula snow mold on creeping bentgrass putting green.

Table 3. Comparison of expert evaluation and digital image analysis values for percent diseased area of spot type turfgrass disease.

Evaluator	Photo ^z								
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
Expert evaluation (EE)									
Mean (%)	10.9	60.0	27.9	33.9	27.9	27.1	37.9	40.7	40.1
Standard deviation	6.9	15.2	16.7	13.2	10.7	12.4	15.2	16.7	19.8
Digital image analysis (DIA)	4.6	23.2	14.5	24.0	28.3	7.5	14.1	16.9	13.9
EE-DIA	6.3	36.8	13.4	9.9	-0.4	19.6	23.8	23.8	26.2

^z Capital letters indicate photos of Fig. 4. As the author described in Materials and Methods, the photos (A to I) are a difficult order to evaluate area ratio. A is the easiest for the author to judge, and I is the hardest.

큰 병반(patch) 형태의 잔디 병 감염 사진에서 전문가들이 평가한 병반면적을 평균 값은 이미지 분석 값과 차이를 보였다(Fig. 5; Table 4). 전문가들의 평가 평균값은 9개 사진에서 이미지 분석 값보다 모두 높게 평가되었고, 그 차이는 난이도가 높은 사진에서 컸다. 평가 값은 전문가 사이에도 큰 차이를 보였는데, 난이도가 높은 사진에서 대체로 편차가 커지는 경향이었다.

잔디 전문가들이 생육 평가(Table 1; Table 2)에서 이미지 분석 값보다 낮게 평가하였고, 병 평가(Table 3; Table 4)에서 이미지 분석 값보다 높게 평가했던 점은 매우 시사하는 바가 큰 것으로 판단된다. 실제보다 병을 높게 평가한다는 것은 선제적인 방제 작업으로 이어질 수 있다는 장점이 있지만, 경우에 따라서는 약제 남용의 우려가 있을 수 있기 때문이다. 전문가들의 병 평가가 이미지 분석 값보다 높았던 이유는 인적 구성과 관계가 있을 수 있다. 평가에 참여한 전문가 중 잔디 병 연구자(석사 학위자 2명, 박사학위자 3명)는 5명, 다른 전공의 전문가가 9명이었다. 결과를 분석해 보면, 비전문가들이 대체로 이미지 분석 값보다 더 높게 평가를 하였다(data not shown). 작은 병반과 큰 병반 형태의 잔디 병 감염 사진 평가에서는 병 전공 전문가의 평가 값과 이미지 분석 값과의 차이가 각각 107.6 ± 62.1 과 127.6 ± 76.4 였고, 다른 전공의 전문가들은 188.2 ± 122.7 과 171.2 ± 98.7 을 기록하였다. 잔디 병 전문가들보다 다른 전공자들의 병 평가가 이미지 분

석 값보다 훨씬 높았고, 개인간의 편차도 더 심하였다. 따라서 이미지 분석 방법이 병 전공자가 아닌 다른 전공의 연구자나 현장 관리자가 잔디 병을 조사할 때 정확한 평가에 더 도움을 줄 수 있을 것으로 판단된다. Richardson et al. (2001)도 SigmaScan Pro 프로그램(v. 5.0, SPSS, Inc., Chicago, USA)을 이용한 잔디 생육의 이미지 분석 방법이 비전문가나 생육 평가에 숙련되지 않은 관리자들이 사용할 수 있을 정도로 쉽고 정확해 효율적이라고 보고한 바 있다.

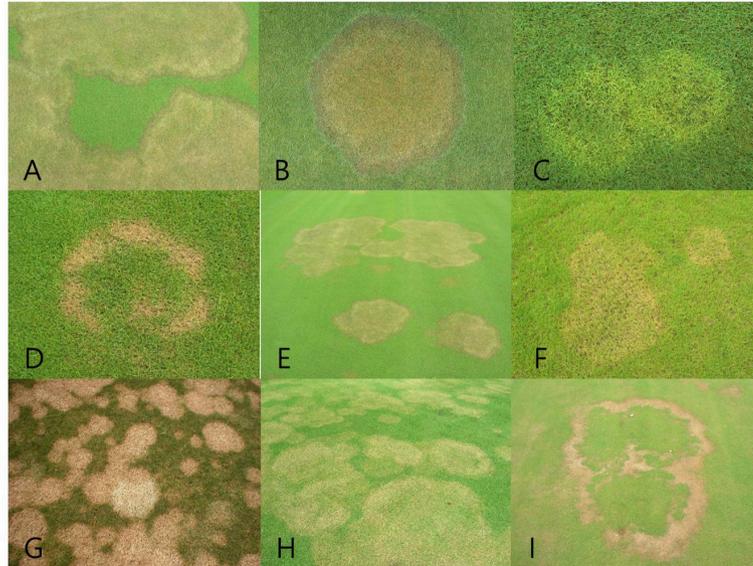


Fig. 5. Photos for percent diseased area evaluation of patch type turfgrass disease. A, B, E and H are brown patch on creeping bentgrass putting green. C is yellow spot on creeping bentgrass putting green. D and F are summer patch and brown patch on Kentucky bluegrass (*Poa pratensis* L.) fairway, respectively. G and I are pink snow mold and fairy ring on creeping bentgrass putting green, respectively.

Table 4. Comparison of expert evaluation and digital image analysis values for percent diseased area of patch type turfgrass disease.

Evaluator	Photo ^z								
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
Expert evaluation (EE)									
Mean (%)	82.9	65.7	51.8	36.8	44.3	37.5	84.9	81.1	52.5
Standard deviation	6.6	12.5	14.6	15.9	8.1	8.5	10.8	11.5	24.0
Digital image analysis (DIA)	77.6	47.8	35.1	16.3	28.9	17.3	72.4	66.3	20.3
EE-DIA	5.3	17.9	16.7	20.5	15.4	20.2	12.5	14.8	32.2

^z Capital letters indicate photos of Fig. 5. As the author described in Materials and Methods, the photos (A to I) are a difficult order to evaluate area ratio. A is the easiest for the author to judge, and I is the hardest.

잔디 연구 경력별 평가값과 이미지 분석 값과의 관계는 통계적으로 상관관계를 보이지 않았다(Table 5). 즉, 잔디 연구 경력이 긴 것과 측정값(그린업률, 피복률 및 병반면적률)의 이미지 분석값 대비 정확성은 비례하지 않았다. 이러한 결과는 잔디 생육과 병 평가에서의 정확성이 연구 경력과 상관없다는 의미한다. 정확한 원인을 설명하는 것은 쉽지 않지만, 전문가마다 전공과 경력이 다르기 때문에 평가 값에서 차이가 있었던 것으로 판단된다. 향후에 보다 정확한 정보를 얻기 위해서는 더 많은 전문가 그룹을 통한 전공별 평가가 이루어지면 좋을 것으로 판단된다.

Table 5. Comparison of expert evaluation and digital image analysis values for green-up rate of turfgrass.

Character	Green-up rate (%)	Coverage rate (%)	Percent diseased area (spot type) (%)	Percent diseased area (patch type) (%)
Research experience (year)	-0.25 (0.3959) ^z	-0.01 (0.9622)	-0.21 (0.4626)	-0.45 (0.1031)

^z Correlation coefficients (*P*-value).

본 연구에서 이미지 분석 프로그램은 간단한 분석 절차임에도 정확하고 재현성 높은 결과를 지속적으로 도출할 수 있었다(data not shown). 육안평가에 비해 시간은 더 소요되었지만, 몇 분 안에 사진 한 장의 정확한 분석이 가능하였고, 동일한 사진을 반복해 분석했을 때 설정 값에 큰 차이가 없다면 결과값은 일정하였다. Richardson et al. (2001)은 잔디 피복률 평가에서 이미지 분석 방법이 시각적 평가보다 더 정확하고 재현성이 높다고 보고한 바 있다. 따라서 이미지 분석 방법은 앞서 설명된 초기 그린업 조사와 같이 개인간의 편차가 크거나 판단이 쉽지 않은 상황에서 정확한 평가를 하는데 큰 도움이 될 것으로 판단된다.

하지만 본 연구에서 사용한 이미지 분석 프로그램은 노화 잎을 병에 걸린 잔디로 인식한다거나, 젖은 토양이나 그림자를 녹색의 잔디로 인식하기도 하였다. 이러한 경우에는 면적 지정 단계에서 원본 사진과 대조하면서 최대한 실제 면적과의 차이를 줄이는 노력이 필요할 것으로 보인다. 또한 본 연구에서 사용한 소프트웨어는 사진에서 색의 차이로 면적을 계산하기 때문에 사용자의 전문가적인 해석이 필요할 때도 있었다. 예를 들면, 페어리링병의 경우는 자실체(버섯)가 있는 곳을 감염 부위라고 간주해도 무방하지만(Findanza et al., 2016), 프로그램은 제시된 사진에서 자실체가 있는 녹색의 지상부는 피해 면적으로 인식을 하지 못하였다. 따라서 이러한 경우에는 프로그램 사용자가 원본 사진과 비교하면서 피해 면적을 설정하는 방법이 필요할 것으로 판단된다.

잔디 생육과 병 평가에 이미지 프로그램을 활용하기 위해서는 포장 상태가 양호할수록 분석 결과가 좋았다. 따라서 이미지 분석을 필요로 하는 지점에 디벗(divot), 그림자, 잡초가 있다면 이미지 분석 값은 실제보다 과하거나 부족할 가능성이 높다. 따라서 이미지 분석에 필요한 사진은 바로 위에서 찍어 바닥이 평평한 상태가 좋을 것으로 보인다. 좀 더 넓은 면적의 사진이 필요하다면 드론(drone)을 활용할 것을 추천한다(Zhang et al., 2019). 이러한 노력을 통해서 평가자가 오차를 최대한 작게 하여 실제 면적과의 차이를 줄일 수 있을 것으로 판단된다.

요약

잔디 연구자나 골프장 현장 관리자들은 잔디의 생육을 평가할 때 많은 경우 시각적 평가에 의존한다. 시각적 평가는 평가자의 경험이나 훈련 정도에 따라 도출 결과에서 큰 차이를 보일 수 있다. 본 연구에서는 보다 정확하고 재현성 있는 잔디 생육 조사를 위하여 촬영한 사진을 대상으로 이미지 분석 프로그램에 적용하여 그린업률, 피복률 및 병반면적률을 평가하였다. 또한 다년간 잔디 평가를 경험한 현역 잔디 전문가들에게 동일한 사진 평가를 의뢰하였고, 그 결과를 이미지 분석 프로그램으로부터 도출된 값과 비교하고 분석하였다. 전문가들이 평가한 그린업률, 피복률 및 병반면적률은 이미지 분석 값과 큰 차이를 보였다. 전문가들 사이에서도 차이를 보였고, 면적률을 계산하기 어려운 사진일수록 개인간의 차이가 컸다. 잔디 연구 경력과 이미지 분석 값과의 관계는 통계적으로 상관관계를 보이지 않았다. 하지만 이미지 분석 프로그램을 이용한 잔디 생육 사진 분석은 전문가 평가 값보다 정확하고 재현성이 높았다. 따라서 잔디 연구자나 현장 관리자가 생육 조사에 이미지 분석 프로그램을 이용하면 업무 숙련도에 큰 영향을 받지 않고 정확한 평가에 큰 도움이 될 것으로 기대한다.

주제어: 시각적 평가, 이미지 분석, 잔디 병, 잔디 생육

Acknowledgements

This work was supported by National Research Foundation (NRF) of Korea Grant funded by the Korean Government (NRF-2018R1D1A1B07041214). I would like to thank Dr. Kim Ki-Dong for his technical advice in using the image analysis program.

Authors Information

Seog-Won Chang, Dept. of Golf Course Management, Korea Golf University, Professor, <https://orcid.org/0000-0003-2053-6833>

References

- Caturegli, L., Corniglia, M., Gaetani, M., Grossi, N., Magni, S., et al. 2016. Unmanned aerial vehicle to estimate nitrogen status of turfgrasses. *PLoS One*. 11(6):e0158268.
- Chang, S.W., Chang, T.H., Tredway, L. and Jung, G. 2006. Aggressiveness of *Typhula ishikariensis* isolates to cultivars of bentgrass species (*Agrostis* spp.) under controlled environment conditions. *Plant Dis*. 90:951-956.
- Chang, S.W., Jung, S.W., Kim, S.H., Par, J.H. and Lee, J.Y. 2012. Synergistic interaction of fungicides in mixture under different condition of dollar spot disease caused by *Sclerotinia homoeocarpa*. *Asian J. Turfgrass Sci*. 26(2):96-101. (In Korean)
- Chang, S.W., Jung, S.W., Kim, S.H., Par, J.H. and Lee, J.Y. 2013. Control effect on dollar spot disease caused by *Sclerotinia homoeocarpa* under different application rates and intervals with two mixed fungicides. *Weed Turf. Sci*. 2(4):408-412. (In Korean)
- Chang, S.W., Sung, C.H., Bae, E.J., Koo, J.H. and Youn, J.H. 2019. Comparative evaluation of *Zoysia japonica* and *Z. matrella* ecotypes at different weather conditions and grave mounds. *Weed Turf. Sci*. 8(3):267-278. (In Korean)
- Choi, J.S., Yang, G.M. and Kim, D.S. 2001. Production of carpet sod and runner of zoysiagrass (*Zoysia* spp.). *Kor. Turfgrass Sci*. 15(2):39-50. (In Korean)
- Choi, J.S., Yang, G.M., Oh, C.J. and Bea, E.J. 2012. Morphological characteristics and growth rate of medium-leaf type zoysiagrasses collected at major sod production area in S. Korea. *Asian J. Turfgrass Sci*. 26(1):001-007. (In Korean)
- Curley, J., Sim, S.C., Warnke, S., Leong, S., Barker, R. and Jung, G. 2005. QTL mapping of resistance to gray leaf spot in ryegrass. *Theor. Appl. Genet*. 111:1107-1117.
- Findanza, M., Settle, D. and Wetzels, H. 2016. An index for evaluating fairy ring symptoms in turfgrass. *HortSci*. 51(9):1194-1196.
- Horst, G.L., Engelke, M.C. and Meyers, W. 1984. Assessment of visual evaluation techniques. *Agron. J*. 76:619-622.
- Karcher, D.E. and Richardson, M.D. 2003. Quantifying turfgrass color using digital image analysis. *Crop Sci*. 43:943-951.

- Kim, K.D., Tae, H.S., Kim, J.B., Jang, J.I. and Oh, S.B. 2007. Selection of Kentucky bluegrass (*Poa pratensis* L.) cultivar for golf courses in Korea. J. Kor. Soc. Landscape Architects 35(1):88-93. (In Korean)
- Kim, Y.S., Lee, T.S., Cho, S.H. and Lee, G.J. 2018. Application of liquid fertilizer containing humate improving rhizosphere activation and favoring turfgrass quality. Weed Turf. Sci. 7(1):62-71. (In Korean)
- Larsen, S.U. and Bibby, B.M. 2004. Use of germination curves to describe variation in germination characteristics in three turfgrass species. Crop Sci. 44:891-899.
- Morris, K.N. and Shearman, R.C. 2000. The national turfgrass evaluation program: assessing new and improved turfgrasses. Diversity 16:19-22.
- Richardson, M.D., Karcher, D.E. and Purcell, L.C. 2001. Quantifying turfgrass cover using digital image analysis. Crop Sci. 41:1884-1888.
- SAS institute. 2016. SAS/STAT User's guide version 9.4. SAS inst., Inc., Cary, NC, USA.
- Smith, D.L., Kerns, J.P., Walker, N.R., Payne, A.F., Horvath, B., et al. 2018. Development and validation of a weather-based warning system to advise fungicide applications to control dollar spot on turfgrass. PLoS One. 2018 Mar 9;13(3):e0194216.
- Sung, C.H., Lee, J.H., Koo, J.H., Hong, J.K., Youn, J.H., et al. 2016. Different responses of zoysiagrass (*Zoysia* spp.) ecotypes against *Puccinia zoysiae* causing rust disease in field. Weed Turf. Sci. 5:256-259. (In Korean)
- Tae, H.S., Hong, B.S., Cho, 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)
- Turgeon, A.J. 1991. Turfgrass management (3th ed.). Prentice-Hall, New Jersey, USA.
- Vincelli, P., Doney, Jr., J.C. and Powell, A.J. 1997. Variation among creeping bentgrass cultivars in recovery from epidemics of dollar spot. Plant Dis. 81:99-102.
- Zhang, J., Virk, S., Porter, W., Kenworthy, K., Sullivan, D. and Schwartz, B. 2019. Applications of unmanned aerial vehicle based imagery in turfgrass field trials. Front. Plant Sci. 10:279. (doi: 10.3389/fpls.2019.00279)