

잔디 엽병을 유발하는 잠재인자로서의 남조류 (Blue-Green algae)에 대한 관찰 보고

박대섭^{1*} · 이형석¹ · 홍범석¹ · 최병만² · 전재천²

¹삼성에버랜드 잔디환경연구소, ²안양베네스트 골프클럽

Blue-green algae as a Potential agent Causing Turf Leaf Disease

Dae-Sup Park^{1*}, Hyung-Seok Lee¹, Beom-Seok Hong¹, Byoung-Man Choi²
and Jae-Chan Cheon²

¹Turfgrass & Environment Research Institute, Samsung Everland inc., Gunpo, Korea,

²Department of Course management, Anyang Benest Golf Club, GunPo, Korea

ABSTRACT

Recently irregular dark-colored patches were found on the Kentucky teeing ground in a golf course in Gyunggi providence. Interestingly, blue-green algae from the leaf tissue sample containing black spot-stained symptoms were largely observed through microscopic study. In general, algae present on the upper soil surface or in the upper layer of root zone form dark brown layers of scum or crust, which invoked harmful effects to turf growth such as poor drainage, inhibition of new root development. In this observation, unlike the algae were sometime found in senescing leaves on contacted soil in July and August, the blue-green algae were detected within black spot-stained Kentucky bluegrass leaf tissues including leaf blade, ligule, auriclea as well as leaf sheath. The blue-green algae were also detected on the leaf and stem tissue adjacent to the symptomatic leaf tissues. Two species of blue-green algae, *Phomidium* and *Oscillatoria*, were greatly observed. *Oscillatoria* species was more commonly notified in all samples. In addition, the two species were found on a putting green showing yellow spot disease at another golf course in Gyunggi providence. The data from chemical control assay revealed that chemicals such as propiconazole, iprodione, and azoxystrobin decreased blue-green algae population and leaf spots, which finally

*Corresponding author. Tel : +82-31-460-3407

E-mail : daesup.park@samsung.com

Received : Aug. 13, 2008, Revised : Sep. 25, 2008, Accepted : Oct. 14, 2008

resulted in enhanced leaf quality. All taken together, we strongly suggested that the disease-like phenomenon by blue-green algae might be very closely mediated with infection/ translocation process in relation with turfgrass. It indicates that blue-green algae in turf management may play an adverse role as a secondary barrier as well as a pathogenic agent. This report may be helpful for superintendents to recognize and understand the fact that algae control should be provided more cautiously and seriously than we did previously in upcoming golf course management.

Key word : Blue-green algae, Kentucky bluegrass, Yellow spot, Turf leaf disease

서론

한지형 잔디의 생육 최적온도는 15~25℃로서, 평균기온이 25℃이상 지속되는 국내 하절기의 고온다습한 기후조건은 한지형 잔디생육에 매우 부적합한 환경이다(김, 1994). 이러한 기후조건은 한지형 잔디의 취약한 유전적 특성과 함께 하고현상(Summer depression)과 같은 생리적 장애 및 병 발생을 유발하며, 드라이스팟, 조류, 이끼 등의 발생으로 잔디 품질저하의 직·간접적 원인이 되기도 한다(이 등, 2000).

우리나라 골프장에서 여름철에 발생하는 여러 가지 문제점중의 하나인 조류는 남조류, 녹조류 및 규조류 등이 있는데 그 중 골프장에서 가장 빈번하게 발생하는 것은 남조류인 것으로 알려져 있다(이 등, 2000). 녹조류(綠藻類, green algae)는 약 6,500종 정도가 알려져 있고 클로로필 a 및 b를 함유하고 주로 수중에 서식하는 반면에, 남조류(藍藻類, blue-green algae)는 약 2000종 정도가 알려져 있고 클로로필 a만 함유하여 주로 수면에 서식하며 청록색 물때를 이루는 특징이 있다. 남조류는 일반적으로 세균과 흡사하여 Cyanobacteria라고 불리우나 세균과는 엄연한 차이가 있는데, 틸라코이드(Thylakoid) 막이라고 불리우는 세포막에 클로로필 a와 파이코비린이 합체된

파이코비리솜 (Phycobilisome) 형태로 색소를 이루며 자체 광합성을 하기 때문이다(Bold와 Wynne, 1985). 또한, 남조류의 몇몇 종들은 선택적인 철(iron) 수용체를 생성하거나 독소를 생성하기도 한다(Murphy와 Lean, 1976; Chen 등, 1992).

국내 골프장의 조류 발생은 습도가 높고 통기가 불량한 벤투그래스 그린에 상습적으로 발생되어 왔으며(이 등, 2000), 티잉그라운드와 페어웨이의 밀도저하지 및 과습한 잔디 식생지에서도 빈번히 발생되고 있는 실정이다. 일반적으로 조류는 조류점액과 crust 형성으로 잔디의 신초 발달을 억제하고, 배수불량을 유발하며, 토양을 혐기성 상태로 만들어 황환원 세균의 증식을 초래하여 뿌리발육의 억제를 포함한 잔디생육의 불량을 유발한다. 즉, 조류는 잔디생육에 직접적인 해를 가하기보다는 토양의 Black layer층을 형성하는 등 이차적인 문제를 유발시켜 잔디생육에 피해를 입히는 것으로 알려져 있다(Turgeon과 Vargas, 2006).

그러나, Tredway 등(2006)은 남조류가 골프장 그린의 벤투그래스에 황화병(yellow spot disease)을 유발하는데 관여한다고 보고하였다. 황화병은 크리핑 벤투그래스 그린에 2.5cm 크기의 황색 스팟이 형성되고, 점차 융합하여 7~10cm정도로 병반의 크기가 커져 황화 현상

을 유발한다. 하지만 이러한 증상이 잔디의 비정상적인 생장을 도모하거나 심각한 피해를 주는 정도는 아니며 단지 시각적 품질을 저하시키는 수준인 것으로 알려져 있다. 또한 세균성 위조나 *Curvularia* 엽고병의 병징과 매우 유사하지만 이와는 다른 황화병 발병 경로를 갖고 있다고 주장하였다. 따라서, 이들의 연구 내용은 간접적으로 잔디 생육에 영향을 미치는 것으로만 알려져 있던 남조류가 실제 잔디의 병을 유발하는 직접적인 병 원인 인자로 보고된 첫 사례가 되었다.

국내에서도 2008년 7월 경기지역 골프장내 켄터키 블루그래스가 식재된 티잉그라운드외 흑갈색 얼룩 반점이 나타난 잎 조직내에서 남조류를 발견하게 되었다. 따라서 남조류와 흑갈색 얼룩반점병 발생과의 연관성을 규명하여 향후 코스관리에 기초자료를 제공하고자 본 연구를 수행하게 되었다.

재료 및 방법

이병잔디 채집 및 현미경 관찰

2008년 7월 중순 경기도에 위치한 A 골프장의 켄터키 블루그래스(*Poa pratensis*)가 식재된 티잉그라운드 지역에서 흑갈색 얼룩반점 병징을 가진 잔디샘플을 채집하였다. 광학 현미경(Olympus SZ-PT, Japan)을 이용하여 채집된 샘플의 이병조직을 관찰하였고, PDA 배지에 치상하여 26°C 항온기에 24시간 배양 후 병원균을 분리하였다.

또한, 용인 소재 G 골프장내 식재된 벤트그래스 잔디(*Agrostis palustris* Huds. cv SR1020)에서 엽고병으로 추정되는 잔디를 채집하여 위와 동일한 방법으로 병원균을 분리하였다.

관리 방법

켄터키 블루그래스(*Poa pratensis*)가 식재된 티잉그라운드 관리는 일반 티잉그라운드 관리 방법에 준하여 실시되었다. 잔디깎기는 예고 10mm로 주 2~3회 실시하였고, 관수는 스프링클러를 이용하여 마르지 않을 정도로 실시하였고, 혹서기에는 시린징 작업도 병행하였다. 시비는 완효성 비료(N:P:K=10:3:8)를 6월 24일과 7월 15일에 각 20g/m²을 살포하였고 이후 액비형태로 월 1~2회 관주 시비하였다. 시약은 아족시스트로빈 입상수화제(상표명: 헤리티지)를 월 1회씩(5~7월) 전면 또는 부분 살포하였다. 갱신작업은 12mm 코어링(4월 29일, 6월 30일)을 2회 실시하였고 배토작업은 월 1회 브러쉬 작업과 병행하여 실시하였다. 기후변화는 미세기상 장치(CR X 10, Campbell Scientific, Inc, USA)를 이용하여 티잉그라운드의 평균기온과 강수량을 일별로 측정하였다(Fig. 1).

약제 처리

티잉그라운드 지역의 이병잔디지를 홀 커터(Ø 11.3cm)를 이용하여 채취하여 피트모스와 모래를 1:9(v/v)의 비율로 조성한 혼합토 포트에 옮겨 약제처리를 하였다. 이병잔디의 농약민감도에 따른 특성(농약 스크리닝)을 조사하기 위해 잔디에 품목 고시된 저독성 농약인 프로피코나졸 유제, 아족시스트로빈 입상수화제 및 이프로디온 수화제 3종을 처리한 후 22°C, 60%의 습도가 유지되는 항온기에서 배양하였다. 농약의 처리농도는 프로피코나졸 3µg/10ml/100cm², 이프로디온 10µg/10ml/100cm², 아족스트로빈 1µg/10ml/100cm²의 적정 농도로 처리하였다. 처리 후 24 시간마다 샘플조직을 현미경으로 관찰하여 잔디 조직내 조류의 존재여부 및 잔디생육정도를 관찰하여 각 농약에 대한 조류의 민감도를 알아보았다.

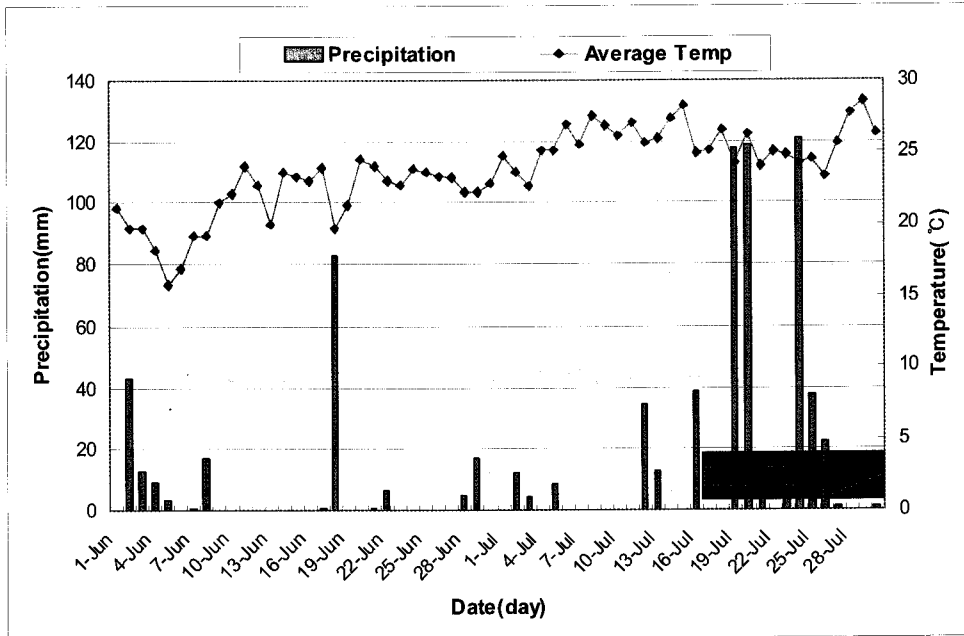


Fig. 1. Temperature and precipitation during June~July, 2008 at a golf course in Gyeonggi-Do. A red arrow indicates the period of this study conducted.

결과 및 고찰

경기도에 위치한 A골프장 티잉그라운드는 2008년 6월 30일 실시한 갱신작업(12mm 코 어링) 이후, 고온 다습한 기후로 인해 잔디의 회복이 더딘 상태였고, 7월 중순경 지속된 집중강우로 인해 조류가 많이 발생한 상태였다 (Fig. 2C). 이 시기에 A골프장의 일부 티잉그라운드에 5~10cm 크기의 불규칙적인 패취 형태로 짙은 흑갈색 병반들이 나타났으며(Fig. 2, A; B), 잎몸, 잎귀 그리고 잎집에서도 짙은 흑갈색 얼룩 반점이 육안으로 관찰되었다(Fig. 2, D).

Fig. 2의 A와 B에서 보는 바와 같이 병반지의 잔디는 주위 양호지의 잔디보다 색상이 짙게 관찰되었고, 샘플링한 이병된 잔디조직의 현미경 관찰 결과 대부분의 샘플에서 다수의 남조류가 관찰되었는데(Fig 3), 갈색을 띄는

조류(Fig. 3A)와 짙은 청녹색을 띄는 조류(Fig. 3B)로 총 2종류가 관찰되었으며, 병징이 심한 조직에서는 위의 2종류의 남조류가 동시에 발견되기도 하였다(Fig. 3C). 또한 남조류가 감염된 잔디조직으로부터 *Rhizoctonia solani* AG2-2인 브라운 패취 병원균 군사가 일부 관찰되기도 되었다(Fig. 3D) 위의 2종류의 조류는 각각 *Phomidium* sp.(Fig. 3A)와 *Oscillatoria* sp.(Fig. 3B)일 가능성이 높는데, *Phomidium* sp.는 미국 노스캐롤라이나 주에서 발견되고 있으며 *Oscillatoria* sp.는 캘리포니아를 포함한 서부지역에서 주로 발견된다 (Treaway 등, 2006; Borst 등, 2007). 이병 유사조직에서 *Oscillatoria* sp.가 주로 관찰되었고, 일부 줄기나 이병조직 부근의 건전부위에서도 작은 조각형태의 남조류가 발견되었다 (data not shown). Tredway 등(2006)은 벤트그래스 그린잔디에서 남조류의 독소나 철수

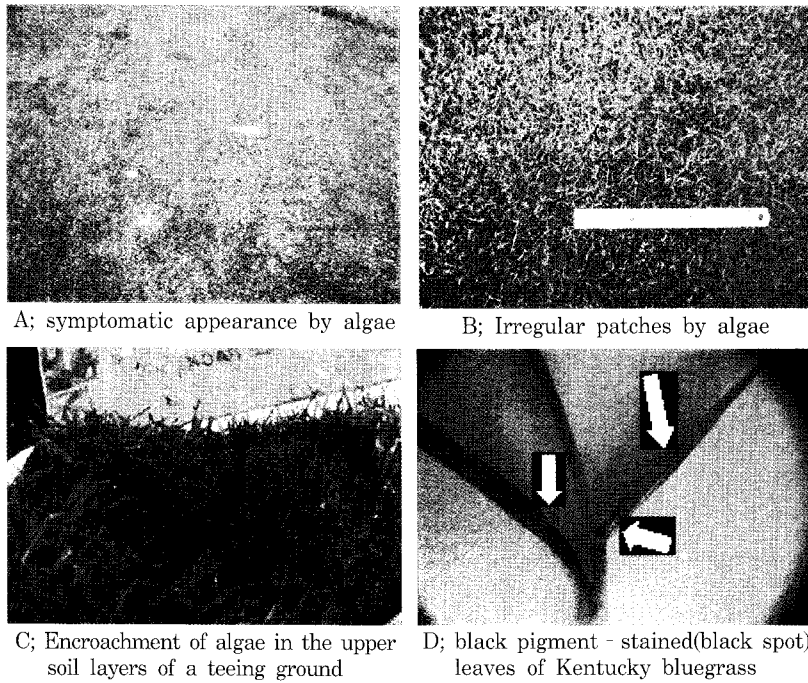


Fig. 2. Visual symptoms of Kentucky bluegrass by Blue-green algae.

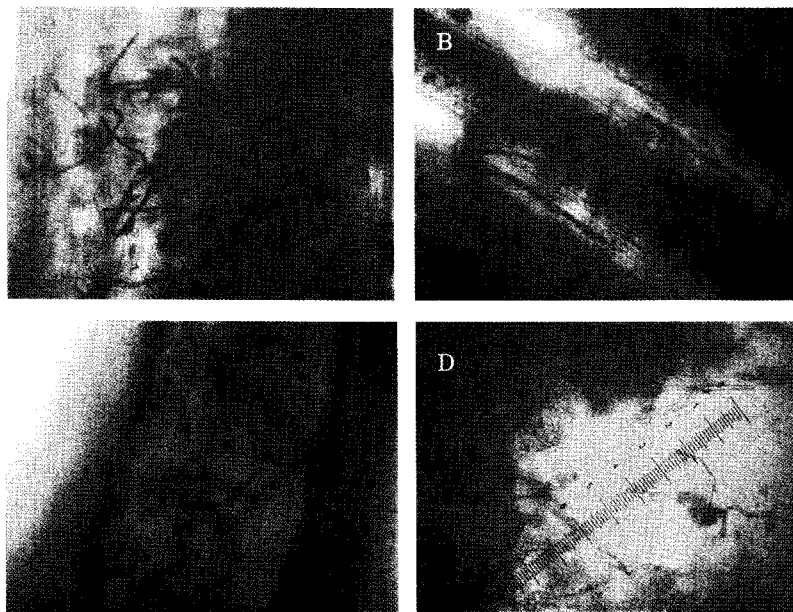


Fig. 3. Morphological characteristics of Blue-green algae isolates from black spot-stained leaves of Kentucky bluegrass (X 200 magnified).

A; blue-green algae species with brown pigment

B; blue-green algae species with green pigment

C; co-existence of two species with brown and green pigments

D; *Rhizoctonia solani* AG 2-2, mycelia observed from the spotted leaf.

용체인 시테로포아 생성으로 인한 황화병 발생 가능성을 제시하였다. 하지만, 본 연구의 켄터키 블루그래스 병반의 경우, 기존의 병원균에 의한 병징과 확연히 구분되며 Tredway 등이 언급한 황화현상과는 다른 흑갈색 얼룩 반점이 생성되는 것이 관찰되었다. 흥미로운 점은 잔디밭의 조류 감염 시 토양 내 뿌리나 지제부에서 주로 관찰되었던 것에 반해 상당의 엽조직에서 관찰되었다는 점인데 이병조직에서 뿐만 아니라 주위의 건전부위에서도 남조류의 작은 파편(fragment)들이 발견되었다. 이것은 현재까지 식물조직 내 남조류의 이동 경로에 대하여 알려진 바가 없지만 조직 내에서 남조류의 이동 가능성을 제시한다. 하지만, 남조류가 감염된 잔디조직으로부터 *Rhizoctonia solani* AG2-2인 브라운 패취 병원균 등이 관찰된 점을 고려해 볼 때, 2차적인 감염이나 기계나 골프화에 의한 상처감염도 배제할 수는 없다.

한편, Tredway 등(2006)이 관찰한 황화병 발생은 Fig. 4에서 보는 바와 같이 국내 골프장에서도 관찰되었다. 벤트그래스가 식재된 경

기지역 G골프장 퍼팅그린에서 yellow spot disease와 유사한 황화병이 발생하였는데(Fig. 4, A) 황화된 잔디 엽조직에서 남조류가 관찰되었다(Fig. 4, B). 다른 병원균의 침입이 의심되어 현미경 관찰한 결과 일부 *Cucularia* 엽고병 포자가 관찰되었지만 극소수이기 때문에 병 발생을 유발한 병원균으로 보기는 어려웠다. 다만, 이곳 골프장의 그린관수는 연못물을 이용하고 있기 때문에 더 정확한 연구결과를 얻기 위해서는 향후 수질분석 및 남조류 밀도를 조사할 필요가 있을 것으로 사료되었다.

켄터키 블루그래스 엽조직에서 관찰된 남조류에 대한 약제반응을 알아보기 위해 몇 가지 유용 농약을 처리한 결과는 다음과 같다(Fig. 5). 무처리((Fig. 5, A), 프로피코나졸(Fig. 5, B), 이프로디온(Fig. 5, C), 아족시스트로빈(Fig. 5, D)을 처리한 결과, 48시간이 경과된 후 프로피코나졸, 이프로디온, 아족시스트로빈 순으로 남조류의 밀도가 억제되었으며 프로피코나졸의 경우 무처리에 비해 현저히 줄어든 것을 관찰할 수 있었다.

약제처리로 조류 밀도와 흑갈색 반점 발생

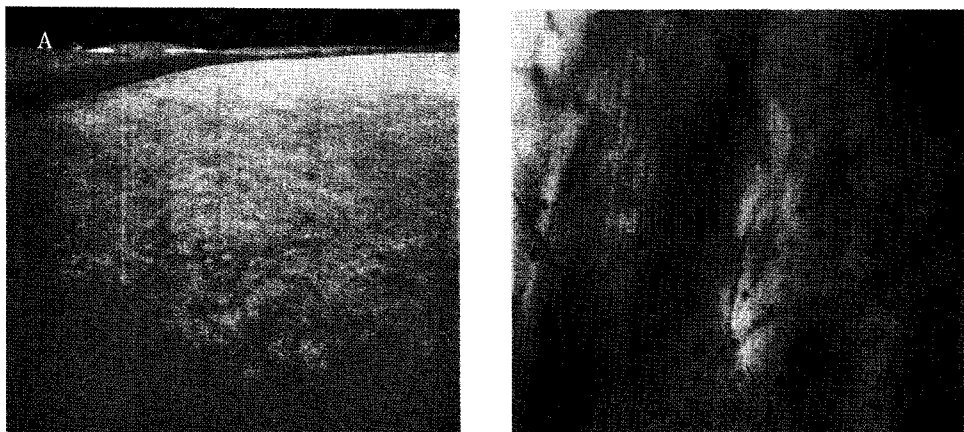


Fig. 4. Yellow spot disease-like appearance occurred on the putting green.

A; Yellow spots on a bentgrass putting green

B; Microscopic feature of a blue-green algae isolate from the leaf appearing yellow spots.

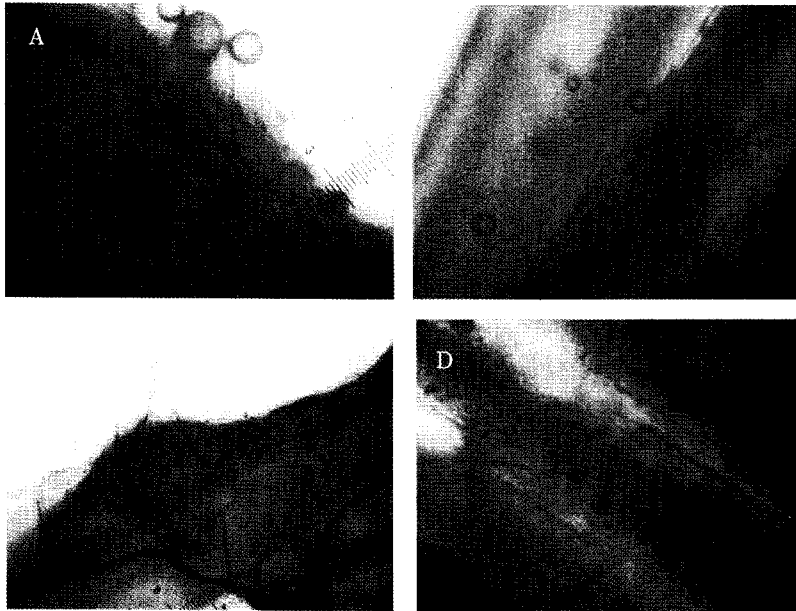


Fig. 5. Blue-green algae inhibition by chemical treatments. Microscopic studies were undertaken in 48 hours from the samples treated with control(A), propiconazole(B), azoxystrobin(C), and iprodione(D).

과의 관계를 알기 위해서 약제처리후 조류억제와 함께 병반의 반점 진전정도를 조사하였는데(Fig. 6), Fig. 5와 동일한 결과를 가져왔다. 즉, 약제처리 후 시간이 경과하면서 병반수가 감소하고 잔디의 시각적 품질이 호전되어졌다. 약제 무처리구의 경우 티잉그라운드의 방치된 이병지 잔디보다 포트로 이식한 무처리구에서 조류가 줄어든 것을 확인할 수 있었는데 이것은 켄터키 블루그래스 생육에 적합한 기후조건이 제공되면서 조류 발생이 감소한 것으로 생각되어진다(Fig. 6). 현재까지 남조류는 잔디에 직접적인 문제발생을 미치지 않는 것으로 알려졌다. 그러나 본 연구결과를 통해 남조류의 잔디 문제발생 방향에 대해서 새로운 가능성을 제시하고자 한다. 일반적으로 조류가 발생하면 매트화가 진행되거나 표면층에 얇은 껍질 막인 crust가 형성되어 잔디의 생육이 저하되는 피해를 입는다. 하지만 최근 외국에서 보고된 사례와 마찬가지로 본 연구

에서도 yellow spot disease와 유사한 병징을 보이면서 엽조직내에서 남조류가 관찰됨으로써 잔디에 있어 남조류가 병원성 개체일 수도 있다는 가능성이 생긴 것이다.

외국에 보고된 바로는, *Oscillatoria* sp.와 *Microcystis aeruginosa*인 남조류가 생성하는 내생독소는 수생식물인 개구리밥이나 쥐와 같은 동물세포에 각각 형태적 손상과 성장장애를 가져오며(Chauhan 등, 1992; Chen 등, 1992; Romanowska-Doda 등, 2002), 또한 *Oscillatoria tenuis*는 철수용체인 시테로포아를 생성하는 것으로 밝혀졌다(Brown 과 Trick, 1992). Tredway 등(2006)이 언급한대로, cyanobacteria의 독소 형성이나 철(Fe) 화합물질인 시테로포아 생성이 궁극적으로 황화현상 혹은 병발생 유발에 직·간접적으로 관여할 수도 있을 것이며, 본 연구에서 관찰된 켄터키 블루그래스의 흑갈색 얼룩 반점과 벤트그래스의 황화현상에서 알 수 있듯이 잔디

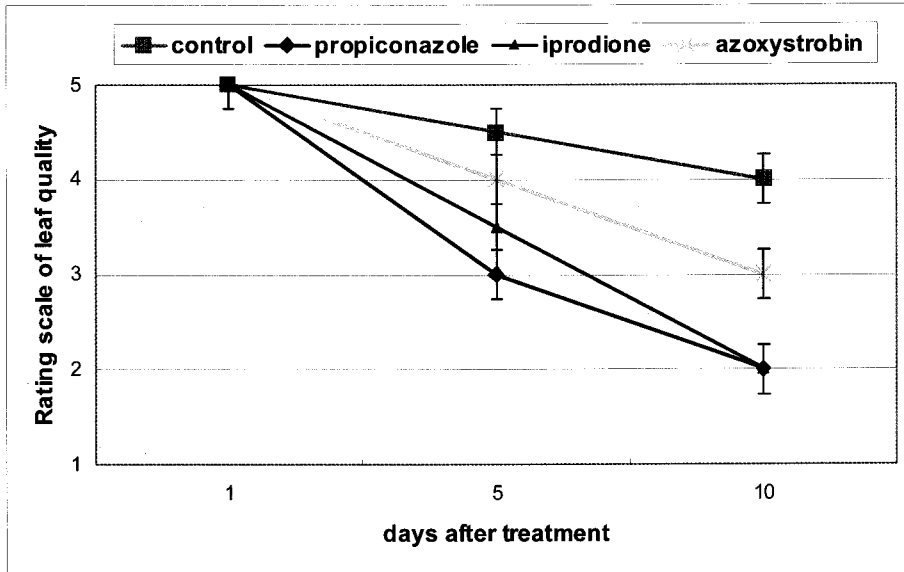


Fig. 6. Visual quality of black spot-appearing Kentucky bluegrass leaves through pot assay after chemical treatments. The leaf quality from individual pot was evaluated with a 1 to 5 rating scale of 1=completely recovered and healthy and 5= not recovered or unchanged (Duncan's Multiple Range Test $P < 0.05$).

조작내 생리활동이나 감염/이동경로 여부, 잔디초종, 식재지반, 예고 등의 관리방법에 따라 조류가 다양한 형태로 잔디생육에 영향을 미칠 수도 있을 것으로 생각된다.

조류는 질소나 인이 지속적으로 공급되지 않아도 계속 증식이 가능하기 때문에 조류가 병 발생의 원인이 된다면 관수를 위해 연못물을 많이 사용하는 국내 골프장의 관리자들에게 예상보다 더 큰 문제가 야기될 수 있다. 따라서, 조류에 의한 잔디의 문제발생에 대해 연구를 지속적으로 수행하면서 연못 수질과 조류발생과의 연관관계에 대한 연구도 함께 수행되어야 할 것으로 생각된다.

요 약

본 연구는 아직 국내에서 보고된 바 없는

조류에 의한 잔디 병 발생 가능성에 대한 연구로, 2008년 7월 경기지역 골프장내 켄터키 블루그래스가 식재된 티잉그라운드에서 흑갈색 얼룩 반점병을 일으킨 잎조각이 발견되면서 조류에 의한 잔디 병 발생 요인과 대책을 조사하였다.

1. 켄터키 블루그래스의 흑갈색 반점 엽조각으로부터 다수의 남조류(blue-green algae)가 관찰되었고, 흑갈색 반점이 형성 부위의 엽몸, 엽귀, 그리고 엽집에서 남조류가 다수 발견되었으며, 이병조각 이외의 개체내 건전부위와 줄기에서도 남조류 파편이 발견되었다. 발견된 남조류는 *Oscillatoria* 계통이 많았다.
2. 잔디밭에서 남조류는 토양 내 뿌리나 지제부에서 관찰되는데, 이번 관찰시에는 켄터키 블루그래스의 흑갈색 얼룩반점 병반부위인 상단 엽조각에서 남조류가 관찰되었

- 다. 또한 이병조직 주위의 건전한 부위에서도 작은 파편형태의 남조류들이 발견되었다. 이것은 현재까지 식물조직 내 남조류의 이동경로에 대하여 알려진 바가 없지만 조직 내에서 남조류의 이동 가능성도 있다.
3. 흑갈색 얼룩반점이 형성된 켄터키 블루그래스 뿐만 아니라 황화현상이 발생한 벤트그래스 퍼팅그린의 잔디밭에서도 남조류가 관찰되었으므로, 향후 초종에 따른 조류의 영향에 대한 세부연구가 수행되어야 할 것이다
 4. 약제처리로 조류 억제와 흑갈색 얼룩 반점 경감효과를 가져왔는데 프로피코나졸이 가장 우수하였고 이프로디온과 아족시스트로빈 순으로 조류 억제가 관찰되었다.
 5. 특히 고온다습한 여름철에 조류 방제가 어렵고 적절한 조류억제제를 선택하기가 쉽지 않다. 이에 따라, 조류에 대한 일반적 관리에 머무르기보다는 더 적극적인 방제 방안 및 사전 예방 관리를 강구하여야 할 것이다.
 6. 끝으로 향후 조류의 잔디 조직내 이동 및 감염 경로를 규명하고자 하는 지속적인 연구가 진행되어야 할 것이다.
 3. 이혜원, 정대영, 심상렬. 2000. 크리핑 벤트그래스 그린에 발생하는 조류(Algae)의 특성과 발생원인. 한국잔디학회지 14(1): 257-262
 4. Bold, H.C., and M.J. Wynne. 1985. Introduction to the algae. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, NJ.
 5. Chen, Y., E. Jurkevitch, E. Bar-Ness, and Y.Hadar. 1994. stability contents of Psudobacterin complexes with transition metals. Soil Science Society American Journal 58:390-396.
 6. Murphy, T.P., and R.S. Lean. 1976. Blue-green algae: their excretion of iron selective chelators enables them to dominate other algae. Science 192:900-903.
 7. Romanowska-Duda, Z., J. Mankiewicz, M. Tarczynska, Z. Walter, and M. Zalewski. 2002. The effect of toxic cyanobacteria(Blue-green algae) on water plants and animal cells. Polish Journal of Environmental Studies. Vol.11, No.5.
 8. Tredway, L.P., L.J. Stowell, and W. Gelernter. 2006. Yellow spot and the potential role of cyanobacteria as turfgrass pathogens. GCM. Nov. 2006:83-86.
 9. Turgeon A.J. and J.M. Vargas Jr. 2006. The turf problem solver. NJ: John Wiley and Sons. Pp. 162-163.

참고문헌

1. 김형기. 1994. 잔디학. 선진문화사.
2. 이상재. 1994. 골프장 잔디관리와 코스조성 실무. 서원양행

