

Annual Bluegrass의 생물학적 특성과 방제

이상국*

호서대학교 기초과학연구소

Biological Characteristics and Control of Annual Bluegrass (*Poa annua*)

Sang-Kook Lee*

Research Institute for Basic Sciences, Hoseo University, Asan 336-795, Korea

(Received on June 3, 2013; Revised on June 17, 2013; Accepted on June 18, 2013)

ABSTRACT. The object of this study is to review the current states of the characteristics and strategies to control annual bluegrass to apply information to the circumstance of South Korea. Annual bluegrass is one of the most widespread turfgrass species which has great ability to produce seedhead and shoot growth. It also has ability to tolerate low mowing height and to form uniformity of turfgrass when it is established. Annual bluegrass is well-known as weak turfgrass for high and low temperature. High rate of nitrogen and phosphorus improves growth of annual bluegrass. To control annual bluegrass, deep and infrequent irrigation is more effective than light and frequent irrigation. Clipping removal is more effective than clipping return to control annual bluegrass. Proflumicarb, bensulfide, and dithiopyr are applied as pre-emergence herbicide, and ethofumesate and bispyribac-sodium are used as post-emergence herbicide. Paclobutrazol and flurprimidol are used as plant growth regulator. Trinexapac which is one of the most popular plant growth regulators (PGRs) in South Korea is not proper to control annual bluegrass because it accelerates improve growth of annual bluegrass in summer. Although chemical control is mainly used in South Korea, combination of cultural and chemical control may be the strategy to maximize effectiveness to control annual bluegrass.

Key words: Annual bluegrass, Plant growth regulator, Post-emergence, Pre-emergence

서 언

Annual bluegrass (*Poa annua* L.)는 지중해의 온대지역에서 처음 발생한 것으로 학계에서는 알려져 있다(Tutin, 1957). 현재는 가장 추운 지역인 극지방에서부터 가장 더운 사막 지역에까지 생육이 가능해 이 지구상에서 지역적으로 가장 널리 퍼져 서식하는 잔디 초종중의 하나이다(Hayes et al., 1992; Vargus and Turgeon, 2004). Annual bluegrass의 이러한 특성 때문에 세계 어느 곳에서도 발견이 되고 있고 빠르게 번식하는 그 특성 때문에 잡초로 널리 인식이 되어 있다. 많은 곳에서 발견이 될 수 있는 이유는 annual bluegrass의 가장 큰 능력중의 하나인 왕성하게 종자를 생산하는 능력 때문으로 알려져 있다. 일반적으로 annual bluegrass는

봄에 종자를 생산하는 것으로 알려져 있으나, 성장하는 동안 종자는 계속 생성이 된다. 왕성한 종자 생산능력은 많은 연구를 통해 잘 알려져 있는데 예초높이가 0.25 cm 일 때도 종자를 생산 할 수 있다고 보고된 바 있다(Christians, 1996). 또한 annual bluegrass는 낮은 예초높이에 잘 적응하는 특성이 있어 예초높이가 비교적 높은 공원이나 경기장 등에서는 annual bluegrass에 의한 오염도가 높지 않으나 낮은 예초높이와 함께 높은 관리도가 요구되는 골프장에서는 코스의 시각적 품질을 떨어뜨리는 문제를 발생시키는 것으로 알려져 있다(Christians, 2011). 그러나 낮은 예초높이에도 잘 적응하는 특성과 면적당 밀도가 다른 초종에 비해 높기 때문에 유럽이나 미국에서는 골프장의 퍼팅그린에서 많이 사용이 되고 있는 초종이기도 하다. Creeping bentgrass (*Agrostis stolonifera* L.) 'Pennecross'의 경우 단위면적당(6.5 cm²) 분얼경의 수가 75-200 개가 생성이 되고, creeping bentgrass의 'A-1'이나 'A-4'의 경우 200-250개가 생성이 된다. Annual bluegrass의 경우 동일한 면적에서 약

*Corresponding author:

Phone) +82-41-540-5879, Fax) +82-41-540-5880

E-mail) sklee@hoseo.edu

1,300여개의 분얼경이 생성 된다(Huff, 1998). 그러나 기후의 특성 때문에 우리나라의 골프장에 annual bluegrass가 퍼팅그린에 이용되는 경우는 아직까지 보고된바 없으며 골프장에서는 퍼팅그린뿐만 아니라 티와 페어웨이등 코스 전체의 관리에 어려움을 주는 존재로 인식이 되어 있다. 학계에서는 annual bluegrass에 대해서 다방면으로 많은 연구가 이루어지고 있지만 아직 골프장과 같이 높은 관리도가 요구되는 곳에서 annual bluegrass를 방제 및 관리 하기 위한 실무적인 적용을 위한 정보가 많이 필요하다. 이에 본 연구에서는 annual bluegrass의 특성과 방제 방법에 대해서 알아보려고 한다.

Annual bluegrass 분류

Annual bluegrass는 우리나라에서 흔히 학명 *Poa annua* L. 으로부터 나온 이름인 새포아풀 혹은 포아라고 불리우고 있다. 생물분류 체계 법으로 본다면 annual bluegrass는 'Poaceae' 혹은 'grass'과 (family)에 속하며 'Festucoideae' 혹은 'Pooideae' 아과 (subfamily)에 속하게 된다(Table 1). 그 하위 그룹으로는 'Poadae' 상족 (supertribe)에 속하며 'Festuceae' 족(tribe)에 속하게 되고 'Poa' 속(genus)에 속하게 된다(Chapman and Peat, 1992; Watson and Dallwitz, 1992). 그 학명에서 나타나듯이 일년생으로 알려져 있으나 수 많은 변종으로 인해 다년생이 존재하기도 한다. 일반적인 일년생 잔디는 봄에 발아 하여 여름 동안 성장하고 겨울이 오기 전에 종자를 생산하고 죽는 summer annual에 속한다. 그러나 annual bluegrass는 일반적으로 사용이 되는 일년생 잔디와 다르게 winter annual에 속한다. Winter annual 은 늦여름이나 초가을에 발아가 되어 가을 동안 성장하고, 성장한 잔디는 겨울을 보내고 봄이 되면 종자를 생산하고 죽는다. 이와 같이 winter annual의 특성을 가진 것을 *Poa annua* var. *annua* 이라고 한다(Beard et al., 1979). 그러나 annual bluegrass중 일부는 봄에 다량의 종자를 생산하고 성장을 계속해 나가는 다년생의 특징을 가지고 있는 것들이 있는데 이러한 종류를 'creeping bluegrass' (*Poa annua* var. *reptans*) 라고 한다(Christians, 2011). 이 두 가지 종류의 annual bluegrass 사이에는 수많은 생물계통이 존재하는데 환경조건에 따라 성장하는 형태도 다르며 서식하는 지역도 다양하게 분포한다. 다년생의 특징을 가지고 있는 annual bluegrass의 경우 일년생과 비교하여 상대적으로 더 많은 지하부의 성장이 이루어지며, 더 많은 분얼경을 형성하게 된다(Warwick, 1979). 지역 분포를 본다면 일년생인 *Poa annua* var. *annua*의 경우 비교적 온도가 높은 남부 지역에서 더 많이 서식하는 것을 볼 수 있고, 다년생인 *Poa annua* var. *reptans*의 경우 비교적 온도가 낮은 북부 지역에서 더 많이 발견이 되고 있다(Christians, 2011). 최근에는 annual bluegrass를 상

Table 1. Taxonomical classification of annual bluegrass.

Category	Name
Kingdom	Plantae – Plants
Subkingdom	Tracheobionta – Vascular plants
Superdivision	Spermatophyta – Seed plants
Division	Magnoliophyta – Flowering plants
Class	Liliopsida – Monocotyledons
Subclass	Commelinidae
Order	Cyperales
Family	Poaceae – Grass family
Subfamily	Festucoideae or Pooideae
Supertribe	Poadae
Tribe	Festuceae
Genus	<i>Poa</i> L. – Bluegrass
Species	<i>Poa annua</i> L. – Annual bluegrass

업적인 목적으로 개발이 이루어지기 시작했으며 일반적으로 알려진 고온과 건조 피해에 약한 특성을 극복한 품종이 1997년에 처음으로 상품으로 개발이 되어 공급이 되었다. 이렇게 상업적인 목적으로 개발이 된 annual bluegrass를 'turf-type' 혹은 'green-type'이라고 명명이 되었다(Huff, 1999).

Annual bluegrass 생리학적 특성

Annual bluegrass은 종자 생산능력이 뛰어나고 한번 조성이 되었을 때 그 분얼경과 지상부 생육이 뛰어나며 낮은 예초에 적응하는 능력과 조성이 되었을 때 균일성이 좋은 것으로 알려져 있다(Cattani, 1999; Johnson et al., 1993). Annual bluegrass는 각각의 개체에서 약 360개 이상의 종자를 생산하고, 연간 m^2 당 150,000-650,000개의 종자를 생산한다(Lush, 1988). 한번 생산된 종자는 토양에 위치했을 때 수분이 흡수 되면 발아과정이 시작된다. Annual bluegrass의 종자가 발아되기 위한 환경적인 조건은 이미 보고된 연구자료에 의하면 지역과 환경조건에 따라 계절과 시기에 상관없이 상이한 것을 볼 수 있다. Neidlinger (1965)는 고온조건에서 annual bluegrass의 발아 정도를 실험하였는데, 그는 고온이 유지되는 여름철 기간 동안에도 발아가 계속해서 이루어지는 것을 발견했다. Lush (1988)는 골프장에서 퍼팅그린을 재조성 할 때 annual bluegrass의 발아율을 조사하였는데 늦봄에도 발아가 되는 것을 발견하였다. Kaminski et al. (2007)은 동절기 기간에도 상대적으로 비율이 적지만 발아가 이루어 지는 것을 발견하였다. 이것은 발아에 필요한 조건만 이루어 진다면 그 효율에 차이가 있고 계절과 상관 없이 발아가 이루어진다는 것을 의미한다. 한번 발아가 이루어지면 annual bluegrass는 그 성장이 빠르게 이루어진다. 그러나 annual bluegrass는 기근줄기가 없으며 지하부 생육이 다른 한지형 잔디와 비교하여 깊게 성장하지 못하는 단점이 있다. Creeping bentgrass의 경

우 그 지하부가 23-30 cm까지 성장하는데 비교하여 annual bluegrass의 경우 15 cm까지 성장을 한다(Branham, 1991). 이러한 지하부 생육의 특성 때문에 외부환경 요인에 대해 쉽게 영향을 받는 것으로 알려져 있는데, 특히 온도와 건조에 대한 피해가 취약한 것으로 연구결과 보고되었다(Uva et al 1997; Beard 1989).

Annual bluegrass의 지상부가 성장하기 가장 좋은 온도 범위가 16-21°C이며 지하부 성장을 위한 최적의 온도범위는 13-18°C로 알려져 있다(Beard, 1969). 그러나 온도에 따른 annual bluegrass의 반응은 생육 정도, 식물체내 기관의 작용, 온도의 지속성 등 여러 가지 요건에 의해서 영향을 받을 수 밖에 없다. 특히 annual bluegrass는 다른 한지형 잔디에 비해 고온과 저온에 의한 피해에 취약한 것으로 알려져 있다. Beard (1968)은 creeping bentgrass와 annual bluegrass의 저온에 대한 반응 정도를 실험하였는데 creeping bentgrass의 경우 -23°C에서도 지상부 생육이 이루어 졌지만 annual bluegrass의 경우 -9°C 이하에서 지상부 생육이 이루어 지지 않는 것을 발견하였다. 지하부의 경우 annual bluegrass가 -4°C 물에 잠겨 있을 때 고사 되기까지 15일이 걸리는 것으로 보고 된 바 있다(Beard, 1964). 저온에 대해 피해가 가장 크게 발생하는 것은 동절기에 annual bluegrass위에 얼음이나 눈이 덮여 있는 시간이 장기간 이어 질 때 발생한다. 이것은 장기간 동안 외부와의 접촉이 단절 됨으로써 산소의 양이 부족하게 되고, 유해한 가스의 축적을 유발하기 때문이다(Beard, 1969). 그러나 눈이나 얼음에 의해 덮여졌을 때 동절기 기간 동안 수분공급 및 낮은 대기온도로부터의 보호 효과가 있는 등 긍정적인 효과도 있다(Lee, 2011). 고온에 의한 피해는 고온에 반응하는 효소의 합성 저하 혹은 고온에 의한 신진대사간의 불균형에 그 원인이 있다(Beard, 1969). 온도가 25°C 이상일 때 annual bluegrass의 성장의 둔화 그리고 종자가 생성되는 양이 감소하는 것으로 나타났다(Bond and Turner, 2005). Whener and Watschke (1981)은 annual bluegrass가 온도의 변화에 따른 생육 정도를 관찰하는 실험에서, 42°C에 노출이 될 때 2시간만에 육안으로 관찰이 가능한 피해가 발생한다는 것을 연구 결과 발견하였다. Annual bluegrass가 고온에 취약하다는 것은 많은 연구를 통해 입증이 되었다. 그러나 수 많은 변이체가 존재하는 annual bluegrass의 특성을 고려할 때 고온에 잘 적응하는 변이체가 생성 될 수 가 있다. Cordukes (1977)는 캐나다 전지역에서 수집한 115가지의 annual bluegrass 변이체를 조사한 결과 고온에 적응하는 능력이 뛰어난 26가지 변이체를 발견하였다. 골프장에서 온도가 높은 여름철에도 다른 한지형 잔디에 비해 고온에 적응이 잘되는 annual bluegrass가 존재 할 수 있다는 것이다.

건조피해는 annual bluegrass의 생육에 가장 큰 저해 요인

중 하나이며 충분한 수분 조건을 유지 할 때 annual bluegrass의 좋은 생육이 이루어진다(Sprague and Burton, 1937). Beard (1989)에 의하면 annual bluegrass는 다른 초종에 비해 높은 evapotranspiration (ET) 비율을 가지고 있기 때문에 상대적으로 건조피해에 대해 더 취약하다고 하였다. Annual bluegrass가 높은 ET 비율을 가지고 있기 때문에 예초 높이에도 큰 영향을 받을 수 밖에 없다. 예초 높이를 6 mm에서 13 mm로 높였을 때 ET의 양은 6%가 증가한 것이 연구 결과 발견이 되었다(Fry and Butler, 1989). 이것은 관리적인 측면에서 볼 때 낮은 예초 높이가 이루어지는 골프장의 퍼팅그린이나 bentgrass로 조성된 페어웨이에 침입한 annual bluegrass 보다 상대적으로 높은 예초 높이로 관리되는 다른 초종에서의 annual bluegrass가 건조피해에 더 취약한 것을 의미한다.

Annual bluegrass의 관리적 방제

우리나라에서는 annual bluegrass를 방제하기 위한 방법으로는 화학적인 방법이 주를 이루고 있고 관리적 방제 방법의 시도는 많지 않은 것이 현실이다. 그러나 최근 방제 방법의 경향과 같이 방제효과를 극대화 하기 위해서 화학적 방제와 관리적 방제가 동시에 고려가 필요 할 것이다. 최근 골프장의 퍼팅그린을 관리하기 위해서 질소(nitrogen: N)의 사용량을 줄이고 칼륨(potassium: K)의 시비량을 높이는 경향이 있다. 칼륨 시비량의 증가는 뿌리의 성장을 증가시키고 건조피해에 대한 적응력을 향상시키기 때문이다(Clayton, 1991). 이러한 질소 시비량을 감소하려는 경향은 또한 annual bluegrass의 침입 정도를 감소시키는 효과가 있다. 질소는 annual bluegrass의 지속적인 성장과 분얼경의 생성에 중요한 역할을 하기 때문에 annual bluegrass 확산을 돕는 역할을 하게 된다. 질소가 과잉으로 공급이 되면 성장이 급속히 빨라지게 되고 pink snow mold and fusarium patch (*Microdochium nivale*)와 같은 질병에 취약한 결과를 초래하게 된다. 그러나 질소가 부족한 annual bluegrass는 엽 폭이 좁아지게 되고, anthracnose (*Colletotrichum graminicola*)와 같은 병에 걸렸을 때 회복이 늦어지게 된다(Cook, 2008). 이와 같이 질소에 대한 반응이 쉽게 일어나기 때문에 질소의 시비 시기 또한 annual bluegrass의 생육에 많은 영향을 미치게 된다. Engel (1974)는 질소의 시비량과 시기에 따른 annual bluegrass와 creeping bentgrass의 생육 정도를 실험하였는데, 낮은 온도일 때가 높은 온도일 때 질소를 시비했을 경우 보다 더 좋은 결과가 나타나는 것으로 보고하였다. 이 실험에서 Engel은 약 7°C 일때 annual bluegrass는 creeping bentgrass 보다 약 3배정도 빠른 속도로 성장하는 것을 발견하였다. 우리나라에서는 여름철 질소 시비는 비료피해를 염려하여 많이 수행되지 않고 있다. 그러나 annual

bluegrass의 확산을 감소시키기 위해서는 여름철 질소시비가 권장되고 봄과 가을철의 질소 시비량을 줄여야 한다. 또한 인(phosphorus: P)의 시비도 annual bluegrass의 확산을 촉진하는 것으로 잘 알려져 있다. Waddington et al. (1978)은 인의 시비량을 줄이는 것이 annual bluegrass의 발아율을 줄일 수 있어 피해를 줄일 수 있다고 보고했다. 질소 원으로 ammonium sulfate를 사용했을 때 annual bluegrass의 성장을 감소시키고 fusarium이나 anthracnose와 같은 병에 더 취약한 것으로 나타났다. 이것은 sulfate에 의해서 낮아진 토양 pH는 토양 속에 존재하는 인이 용해되는 것을 감소시키고 annual bluegrass에 피해를 주는 aluminum (Al)의 양을 증가시키기 때문인 것으로 보고되었다(Clarkson, 1967).

관수는 생육뿐만 아니라 병의 발생에도 깊은 연관이 있기 때문에 annual bluegrass를 방제하기 위한 중요한 방법 중 하나이다. Annual bluegrass는 생육에 필요한 적정수분이 일정하게 유지되는 상황을 가장 선호한다(Sprague and Burton, 1937). 관수의 방법은 크게 기상조건, 초종과 토양의 종류에 따라 'deep and infrequent'와 'light and frequent'의 두 가지 관수 방법으로 나누어진다(Lee, 2012). Annual bluegrass의 뿌리가 상대적으로 깊게 성장하지 못하므로 light and frequent 관수 방법이 더 적합할 것이며, 방제가 목적이라고 한다면 deep and infrequent 관수방법을 사용하는 것이 좋다. 수분과다와 수분부족의 현상이 반복해서 일어나게 되면 늦여름에 엽폭을 심각하게 감소시키는 병인 anthracnose를 발생시키는 원인이 되기도 한다(Cook 2008). 또한 많은 강우량이나 과도한 관수에는 토양의 답압이 일어나게 되고 토양표면에 조류를 발생시키는 원인이 된다.

예초 높이는 성장의 에너지원이 되는 탄수화물을 저장하는 양을 결정하고, 광합성 양을 조절하며, 고온에 견디는 힘과 관계가 있는 중요한 관리방법 중 하나이다. 높은 예초 높이에서는 토양의 온도가 낮아지게 되고 낮은 예초 높이에서는 토양의 온도가 상승하여 지상부뿐만 아니라 지하부의 생육까지 저해하는 원인이 된다(Fry and Huang, 2004). 낮은 예초 높이에서 견디는 능력이 뛰어난 것으로 알려진 annual bluegrass를 방제하기 위해서는 예초 높이를 높이는 것이 보다 효과적이다.

언급된 위의 방법들 이외에 예지물 관리에 따라 annual bluegrass의 확산 정도가 다른 것이 연구 결과 보고 되었다. 언급된 바와 같이 계절에 상관없이 종자가 생산되는 것을 고려했을 때 예지물을 잔류시켰을 때 예지물과 함께 포함된 annual bluegrass의 종자를 통해 확산이 된다. Gaussoin and Branham (1989)는 예초 작업 후 예지물을 회수 했을 때가 잔류시켰을 때와 비교하여 annual bluegrass가 약 12% 감소가 되었다는 것을 보고 하였다. 관리적 방제에 관한 내용이 Table 2에 요약이 되었다.

Annual bluegrass의 화학적 방제

Annual bluegrass를 방제하기 위한 화학적 시도는 1930년대 비산염을 사용한 것이 처음의 시도로 알려져 있다(Sprague and Burton, 1937). 비산염의 사용은 1950년대까지 계속 되었으며 비산염을 대체하기 위해서 구리황산염이 사용이 되었다(Daniel, 1955; De France and Kollett, 1959). 그러나 이렇게 초창기에 사용된 화학제는 공통적으로 phytotoxicity의 문제가 발견이 되어 1970년대에 와서는 초기에 사용된 대부분의 화학제가 사용이 되지 않게 되었다(Turgeon, 1974). 최근에 와서는 문제점을 줄이고 효과를 향상시킨 화학제가 많이 사용이 되고 있는데 크게 발아 전 처리제와 발아 후 처리제로 구분 할 수 있다.

발아 전 처리제(Pre-emergence treatment)는 토양표면에 화학적 장벽을 만들어 선택적인 초종만 토양속 침투가 가능하여 발아가 가능하게 하고 그 외에 잡초로 인식되는 초종은 토양 속으로 침투가 되지 못하게 하여 발아를 근본적으로 차단하는 원리로 만들어 진다. 잔디를 조성할 때의 경우 사용하려는 초종은 이미 조성이 되어 있고 잡초로 인식되는 초종은 발아가 되지 못하게 하는 경우에 주로 사용이 된다(Baldwin, 1993). 발아 전 처리제가 가장 큰 효과를 나타내기 위해서는 발아시기에 토양에 잔존하여 효율이 좋아야 하고, 원하는 초종에 부정적인 효과가 없어야 한다(Turgeon, 1974). 그러나 무엇보다 가장 중요한 요소는 annual bluegrass가 발아되는 시기 이전에 처리가 되어야 하는 것이 우선이 되어야 하는데 일중 최고온도와 최저온도를 이용해서 매일 Degree-days를 계산하는 법이 연구결과 발표가 되어 annual bluegrass의 종자 생성

Table 2. Summary of cultural management to control annual bluegrass.

Management	To manage annual bluegrass	To control annual bluegrass	Reference
Irrigation	Light and frequent	Deep and infrequent	Sprague and Burton, 1937
Nitrogen	High rate	Low rate	Goss, Brauen, and Orton, 1975
Phosphorus	High rate	Low rate	Waddington et al., 1978
Sulfur	Low rate	High rate	Goss, Brauen, and Orton, 1975
Mowing height	Lower	Higher	Christians, 2011
Clipping removal	No	Yes	Gaussoin and Branham, 1989

시기를 예측하기 위해서 사용이 되고 있다(Danneberger and Vargas, 1984). 최근 발아 전 제초제로 많이 사용되고 있는 것들로 많이 사용되고 있는 것으로 proflaminate, bensulide, dithiopyr 등이 있다(Landschoot et al., 1993). Proflaminate는 식물체내 식물세포의 유사분열을 억제함으로써 원치 않는 초종을 방제 하는 것으로 개발이 되었다(Senseman et al., 2007). Proflaminate의 경우 이미 조성된 tall fescue (*Festuca arundinacea*)와 Kentucky bluegrass (*Poa pratensis*)에 annual bluegrass를 방제하기 위해 많이 사용이 되고 있지만 perennial ryegrass (*Lolium perenne*)에 사용할 경우 피해가 나타나기도 한다(Yelverton and McCarthy, 2001). Proflaminate는 tall fescue에 사용되는 dithiopyr 등 다른 발아 전 처리제 중 가장 이차피해가 적은 것으로 잘 알려져 있는데 3년간의 실험에서 annual bluegrass의 개체수가 40%까지 감소한 것으로 나타났다(Dernoden, 2000). Dernoden (1999)는 Kentucky bluegrass에 침입한 annual bluegrass를 방제하기 위하여 proflaminate를 농도별 처리 시비별로 처리하여 방제 정도를 실험하였는데, 0.04 g ai m⁻²의 농도로 처리하였을 때 9월 10월 보다 8월에 처리 한 것이 가장 좋은 것으로 나타났다. Bensulide는 가장 안전성과 효율성 면에서 가장 성공적인 발아전 처리제로 알려졌다(Downing et al., 1970; Madison, 1971). 처음에 Bensulide는 bentgrass (*Agrostis*)에 사용될 때 안정성이 좋은 것으로 알려져 많이 사용이 되기 시작 했다. Bensulide의 기능은 식물체 내에서 지질과 지방산의 합성을 저해 하는 것으로 알려져 있으나 정확한 기작에 대해서는 아직 알려진 바가 없다(Senseman et al., 2007). Bensulide는 colonial bentgrass (*Agrostis capillaris*)와 chewings fescue (*Festuca rubra*)에 사용이 될 때 육안으로 확인되는 피해 없이 높은 안전성과 좋은 효과를 나타내는 것으로 알려졌다(Escritt and Legg, 1968). 처리시기에 관해서는 지역별로 기후환경에 따라 차이가 있을 수 있으나 미국과 호주에서 수행된 실험에서는 bensulide 처리시기는 8월이 가장 효과가 좋은 것으로 나타났다(Cololtharp and Huffine, 1969; Anon, 1989). Bensulide 뿐만 아니라 다른 발아전 처리제의 시기별 처리 효과도 다른 실험에서 유사한 결과가 나타났는데, Dernoden (1998)은 proflaminate, dithiopyr, 혹은 pendimethalin등을 사용했을 때 9월 중순 이전에 처리한 것이 가장 큰 효과가 좋게 나타난다고 보고하였다. 그러나 bensulide가 사용되기 시작한 초기에 알려진 바와 같이 완전하게 안전하게 사용할 수 있는 것이 아니라고 알려지기 시작 했다. Bensulide가 사용되고 9주 이내에 덧파종(overseeding)이 이루어지면 덧 파종에 의한 효과가 현저히 떨어졌으며, 심지어 다른 실험에서는 16주 이내에 덧 파종이 이루어 졌을 때 발아에 부정적인 영향을 주는 것으로 나타났다(Anon, 1989; Downing et al., 1970). 또 하나

의 발아전 처리제인 dithiopyr도 proflaminate과 같이 식물체내 식물세포의 유사분열의 과정 중에서, 특히 전중기 과정에서 분열을 억제함으로써 원치 않는 초종을 방제 하는 것으로 개발이 되었다(Senseman et al., 2007). Dithiopyr은 처음에 한지형 잔디에 침입한 crabgrass (*Digitaria sanguinalis*)를 방제하기 위한 목적으로 개발이 되었으나, 그 후에 dithiopyr이 Kentucky bluegrass, tall fescue, 혹은 perennial ryegrass에 처리 되었을 때 annual bluegrass가 현저히 감소가 되고 annual bluegrass의 종자 생성이 더 늦어지는 것이 관찰 되었다(Johnson and Bundschuh, 1993; Reicher et al., 2000). 또한 Dithiopyr은 Kentucky bluegrass에 덧 파종이 이루어 졌을 때 proflaminate보다 발아율에서 더 좋은 효과가 있는 것으로 보고되었다(Keely and Zhou, 2005)

발아 후 처리제는 이미 조성된 잔디에 annual bluegrass를 선택적으로 방제하기 위해서 사용이 된다. 발아 후 처리제의 가장 중요한 요소로는 annual bluegrass의 방제효과와 기존 조성된 잔디에 피해를 주지 않는 것이다. 많이 사용이 되고 있는 발아 후 처리제 중 하나는 ethofumesate이다. Ethofumesate의 기능은 지질과 지방산의 합성과정을 저해하는 기능을 가지고 있으나 bensulide와 같이 그 정확한 기작은 아직 밝혀지지 않고 있다(Senseman et al., 2007). Ethofumesate은 annual bluegrass를 방제하기 위해서 perennial ryegrass, Kentucky bluegrass, 그리고 creeping bentgrass에 사용되기 위해 개발이 되었으며, annual bluegrass가 다른 초종과 비교할 때 ethofumesate를 흡수하는 양이 많기 때문에 가장 중요한 점은 사용농도와 시기 그리고 적용되는 초종이다. 그러나 불규칙한 농도와 시기에 처리할 때 Kentucky bluegrass에서는 피해가 발생할 수도 있다(Woosley et al., 2003). Ethofumesate는 토양에 잔류하는 기간이 길고 그 효과가 유지되어 7주 후에도 annual bluegrass의 발아율을 50%까지 감소시킬 수 있다(Haggard and Passman, 1981). Perennial ryegrass는 ethofumesate의 높은 농도에 견디는 능력이 좋은 초종으로 알려져 있어, 영국에서 ethofumesate는 주로 perennial ryegrass에 침입한 annual bluegrass를 방제 할 때 많이 사용이 된다(Peel, 1983). 그러나 ethofumesate의 높은 농도는 Kentucky bluegrass와 perennial ryegrass에서 phytotoxicity 문제가 야기되는 것으로 보고가 되기도 했다(Dernoden and Turner, 1988). Bispyribac-sodium은 2004년 10월에 미국의 환경보호국(Environmental Protection Agency, EPA)에 등록이 되어 사용이 되기 시작 했다. 원래 Bispyribac-sodium은 쌀생산을 위해 저해가 되는 barnyardgrass (*Echinochloa crusgalli*)를 방제하기 위해서 개발이 되었으며 현재 세계적으로 37개 국가에 등록이 되어 있다. Amino acid를 생합성하기 위해 공통적으로 관여하는 효소인 acetolactate synthase의 합성을 저해하는 것을 원리로 개발

이 되었다(Senseman et al., 2007). 잔디에서는 덧 과종이 된 perennial ryegrass 보다 creeping bentgrass에 침입한 annual bluegrass를 방제하기 위해서 1900년대 후반부터 사용이 되었다. Bispyribac-sodium은 creeping bentgrass, perennial ryegrass, 그리고 tall fescue에서 annual bluegrass를 방제하는 효과가 탁월한 것으로 잘 알려져 있으나 Kentucky bluegrass에서는 피해가 나타나기도 한다(Reicher and Gaussoin, 2010). 부작용이 생겼을 때 이를 최소화 하기 위한 연구가 계속 되었는데 bispyribac-sodium을 사용할 때 21°C 이상의 온도에서 사용할 경우 효과와 안정성이 증가하는 것으로 나타났다(McCullough and Hart, 2006). 또한 저비율의 질소와 칼륨을 bispyribac-sodium와 함께 시비 할 경우 방제 효율에는 영향을 미치지 않으며 잔디에서 발생하는 부작용을 최소화 하는 효과가 있다(McDonald et al., 2006).

앞에서 언급된 발아 전 혹은 발아 후 처리제 이외에 많은 화학제초제가 있다. 최근에는 생장조절제(Plant Growth Regulator)를 이용한 annual bluegrass 방제를 위한 연구가 많이 진행이 되고 있는데 paclobutrazol (Trimmit) 그리고 flurprimidol (Cutless) 등이 대표적이다. 이 생장조절제의 특징은 선택적으로 annual bluegrass의 성장을 조절하는 것이다. 많은 연구를 통해서 생장조절제에 의한 효과가 보고가 되었고 또한 발아전 혹은 발아후 처리제와 함께 사용하여 좋은 효과를 내는 연구결과가 계속해서 보고되고 있다. 그러나 주의해야 할 점은 우리나라 골프장에서 가장 많이 사용이 되고 있는 생장조절제인 trinexapac (Primo)는 annual bluegrass를 방제하기에 적합하지 않다. Trinexapac의 경우 annual bluegrass의 성장감소에는 영향이 없고 오히려 성장이 약한 여름철에 annual bluegrass의 성장에 더 좋은 효과를 나타낸다(Rossi, 2001). 생장조절제 이외에 2001년에 옥수수에 사용될 목적으로 미환경보호국에 등록된 mesotrione이 있다. 현재는 광엽제초제로서 잔디에 많이 사용이 되

고 있고 henbit (*Lamium amplexicaule*) 그리고 chickweed (*Stellaria media*)등을 방제하는데 큰 효과가 있는 것으로 알려져 있다. 잔디에서는 creeping bentgrass를 제외한 대부분의 한지형 잔디 과종으로 조성이 되어 mesotrione을 사용할 때 그 안정성이 높은 것으로 보고가 되었다(Hart et al., 2007). 대부분의 발아전 혹은 발아후 제초제가 잔디 조성시 사용양에 제한이 많은 것을 고려한다면 같은 상황에서 높은 안정성을 가진 mesotrione은 한지형 잔디를 새로 조성할 때 긍정적인 효과를 기대 할 수 있다. 그러나 국내에서는 아직 mesotrione을 이용한 annual bluegrass의 방제에 대한 연구가 많이 부족한 상황이다. 화학적 방제에 사용되는 제초제의 안전성에 관한 내용은 Table 3에 요약이 되었다.

국내의 Annual bluegrass 방제

국내에서도 annual bluegrass에 의한 피해는 많이 발생하고 있으나 인력을 통한 제초방법 이외에는 아직 예방차원에서 관리적인 방제는 많이 이루어지지 않고 있다. 그러나 최근 화학적인 방법을 통해 방제하려는 노력이 국내에서도 많이 이루어지고 있다. Park et al. (2006)은 creeping bentgrass에서 bispyribac-sodium에 의한 annual bluegrass의 방제 실험결과, 동일한 양의 bispyribac-sodium 처리에서 annual bluegrass에 대해 더 큰 효과가 나타났으며 특히, 2주후 보다 4주후에 약 7배 높은 효과가 나타난 것을 보고했다. 이외에도 2012년에는 trifloxysulfuron-sodium과 flucetosulfuron + Pyrazosulfuron-ethyl 이 등록되어 잔디에 발생한 annual bluegrass를 방제하기 위해 사용이 되어 오고 있다(Korea Crop Protection Assn., 2012). 최근에는 methiozolin이 등록이 되어 Kentucky bluegrass 에서 annual bluegrass를 방제하는 사용이 되고 있다(Hong and Tae, 2013). Methiozolin은 isoxazoline 계통의 신물질로서 주로 Kentucky

Table 3. Safety of chemical usage to control annual bluegrass

Type	Herbicide	Trade name	Better safety	Less safety	Reference
Pre-emergence treatment	Prodiamine	Barricade	Tall fescue Kentucky bluegrass	Perennial ryegrass	Dernoden, 2000
	Bensulide	Bensumec Pro-San	Colonial bentgrass Chewings fescue	-	Escritt and Legg, 1968
	Dithiopyr	Dimension	Tall fescue Kentucky bluegrass Perennial ryegrass	-	Johnson and Bundschuh, 1993 Reicher et al., 2000
Post-emergence treatment	Ethofumesate	Poa Constrictor	Creeping bentgrass Kentucky bluegrass Perennial ryegrass	Creeping bentgrass and perennial ryegrass with high rate Kentucky bluegrass and with high rate and inconsistent application	Woosley et al., 2003 Peel, 1983 Dernoeden and Turner, 1988
	Bispyribac-sodium	Velocity	Creeping bentgrass Perennial ryegrass Tall fescue	Kentucky bluegrass	Reicher and Gaussoin, 2010

bluegrass 와 perennial ryegrass 등 한지형 잔디에서 annual bluegrass 방제효과가 좋은 것으로 알려져 있다. Koo et al. (2010)에 의하면 methiozolin은 0.2 g m^{-2} 이하의 농도 처리에서는 약해가 발견되지 않았으며 0.05 g m^{-2} 처리에서는 annual bluegrass가 약 88-99% 까지 방제가 되었다고 보고하였다.

맺는말

Annual bluegrass는 다른 한지형 잔디와 비교할 때 고온, 저온, 건조, 답압등 여러 가지 환경요인에 대해 적응하는 능력이 취약한 초종이다. 그럼에도 불구하고 annual bluegrass의 왕성한 종자 생산능력과 빠른 조성능력으로 인해 annual bluegrass를 원치 않는 곳에서는 방제하기가 쉽지 않은 초종으로 잡초와 같이 인식이 되어 있는 초종이다. 불행하게도 우리나라에서는 annual bluegrass를 골프장의 퍼팅그린 혹은 다른 목적으로 보통의 한지형 잔디와 같이 사용되는 사례는 보고된바 없으며 현재까지는 관리의 대상이 아닌 방제의 대상으로만 인식이 되어 있다. 이러한 국내의 상황에서는 annual bluegrass를 방제하는 것이 잔디를 관리하는 입장에서는 가장 큰 문제점중의 하나이다. 결론적으로 언급하자면 annual bluegrass를 완전히 방제하는 것은 불가능하다. 그러나 언급된 바와 같이 annual bluegrass를 방제하기 위해서 관리적인 방법과 화학적인 방법을 이용해서 방제를 시도 할 수 있으며, 최근의 경향은 관리적인 방법과 화학적 제초제 그리고 성장 조절제를 동시에 사용함으로써 효과를 극대화 하려는 연구가 많이 진행되고 있다. 국내에서는 잔디에 침입한 annual bluegrass를 방제하기 위한 방법으로 화학적 제초제를 이용한 연구가 주를 이루고 있으며 아직 관리적인 방제나 성장 조절제를 이용한 방제에 대한 연구는 많지 않은 것이 사실이다. 그러나 대부분의 경우와 같이 한가지 화학적 제초제로 annual bluegrass를 방제하는 것은 기대하기가 어렵다. 앞서 언급된 annual bluegrass의 특징과 방제 법들은 기본적인 특징의 이해와 최근 방제법의 경향 그리고 국내 annual bluegrass 방제를 위한 심화 연구에 유용한 자료라고 판단된다.

요 약

Annual bluegrass는 종자 생산능력이 뛰어나고 한번 조성이 되었을 때 그 분얼결과 지상부 생육이 뛰어나, 전 세계에 가장 널리 퍼져 서식하는 잔디 초종중의 하나이다. 또한 낮은 예초에 적응하는 능력과 조성이 되었을 때 균일성이 좋은 것으로 알려져 있다. Annual bluegrass의 지상부가 성장하기 가장 좋은 온도 범위가 $16-21^{\circ}\text{C}$ 이며 지하

부 성장을 위한 최적의 온도범위는 $13-18^{\circ}\text{C}$ 로 고온과 저온에 취약한 초종이다. Annual bluegrass를 관리하기 위해서는 질소와 인산의 비교적 높은 시비량은 annual bluegrass의 확산을 촉진하며 반대로 낮은 시비량은 방제에 도움이 된다. 질소원으로 ammonium sulfate를 사용했을 때 sulfate에 의해서 낮아진 토양 pH는 토양속에 존재하는 인이 용해되는 것을 감소시키고 annual bluegrass에 피해를 주는 aluminum의 양을 증가시켜 방제에 효과적이다. 관수는 light and frequent 보다는 deep and infrequent 관수방법이 방제에 도움이 되며 예초높이는 낮추고 예시물은 회수 하는 것이 annual bluegrass의 방제에 도움이 된다. 우리나라에서는 화학적 방제가 주를 이루고 있는데 발아전 처리제로서 prodiamine, bensulide, dithiopyr등이 있으며 발아후 처리제로는 ethofumesate, bispyribac-sodium 그리고 최근에 연구가 되고 있는 mesotrione등이 있다. 발아전 혹은 발아후 처리제 이외에 성장조절제가 annual bluegrass 방제에 이용되고 있는데 paclobutrazol, flurprimidol 등이 있다. 우리나라에서 많이 사용되고 있는 성장조절제인 trinexapac은 오히려 여름철 annual bluegrass에 좋은 효과를 나타내고 있어 방제에 적합하지 않다. Annual bluegrass의 방제 효과를 극대화 하기 위해서는 관리적 방제와 화학적 방제의 두 가지 방법이 동시에 고려되어야 할 것이다.

주요어: Annual bluegrass, 성장조절제, 발아전 처리제, 발아후 처리제

References

- Anon. 1989. Disease, Insect and Weed Control in Turf. Australian Turfgrass Research Institute (2nd ed.) Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, USA. p.54.
- Baldwin, N.A. 1993. Chemical control of *Poa annua*: A review. Journal of the Sports Turf Research Institute. June. 69:7-19.
- Beard, J.B. 1964. Effects of ice, snow and water covers on Kentucky bluegrass, annual bluegrass and creeping bentgrass. Crop Sci. 4:638-640.
- Beard, J.B. 1968. Low temperatures and *Poa annua*. USGA Green Section Record. November 6(4):10-11.
- Beard, J.B. 1969. Effect of temperature stress on *Poa annua*. California Turfgrass Culture 19(1):1-2.
- Beard, J.B. 1973. Turfgrass: Science and culture. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, USA.
- Beard, J.B., DiPaola, J.M., Johns, D. and Karnock, K.J. 1979. Introduction to Turfgrass Science and Culture. Burgess Publishing Co., Minneapolis, MN, USA. pp. 209-211.
- Beard, J.B. 1989. Turfgrass water stress: drought resistance

- components physiological mechanisms, and species-genotype diversity. 6th Int. Turf. Res. Con. pp. 23-28.
- Beard, J.B. and Sifers, S.I. 1990. Feasibility assessment of randomly oriented interlocking mesh element matrices for turfed root zones. p. 154-165. In R.C. Schmidt et al. (eds.) Natural and artificial playing fields: Characteristics and safety features. American Society for Testing and Materials, Standard Technical Publication 1073, West Conshohocken, PA, USA.
- Beard, J.B. 2002. Turf management for golf courses. Ann Arbor Press. Chelsea, MI, USA.
- Bond, W., Turner, R. and Daives, G. 2005. The biology and non-chemical control of annual meadow-grass (*Poa annua* L.). HDRA Organic Weed Management. January. pp. 1-8.
- Branham, B. 1991. Dealing with *Poa annua*. Golf Course Mgt. 59:46-60.
- Cattani, D. 1999. Taming *Poa annua*'s seed production. Golf Course Mgt. 67(3):1-3.
- Chapman, G.P. and Peat, W.E. 1992. An Introduction to the Grasses. CAB International, Wallingford, Berkshire, England.
- Christians, N.E. 1996. A history of *Poa annua* control. Golf Course Mgt. 64(11):49-57.
- Christians, N.E. 2011. Fundamentals of turfgrass management. 4th ed. Wiley & Sons Inc. Hoboken, NJ, USA. pp. 35-36.
- Clarkson, D.T. 1967. Phosphorus supply and growth rate in species of *Agrostis*. J. Ecology 55:111-118.
- Clayton, D. 1991. Bentgrass conversion. Golf Course Mgt. 59:60-66.
- Coltharp, J.L. and Huffine, W.W. 1969. Herbicide evaluation for the selective control of annual bluegrass in Bermudagrass turf. Agron. J. 61:52. (Abstr.)
- Cook, T. 2008. Annual bluegrass, *Poa annua* L. Department of Horticulture, Orgeon State University. February pp. 1-7.
- Cordukes, W.E. 1977. Growth habit and heat tolerance of a collection of *Poa annua* plants in Canada. Can. J. Plant Sci. 57:1201-1203.
- Daniel, W.H. 1955. Experiments on the control of annual meadow-grass. Golf Course Mgt. 23(1):1.
- Danneberger, T.K. and Vargas, Jr. J.M. 1984. Annual bluegrass seedhead emergence as predicted by degree-day accumulation. Agron. J. 76:756-758.
- De France, J.A. and Kollett, J.R. 1959. Annual bluegrass control with chemicals. Golf Course Mgt. 27(1):4.
- Dernoeden, P.H. and Turner, T.R. 1988. Annual bluegrass control and tolerance of Kentucky bluegrass and perennial ryegrass to ethofumesate. HortSci. 23(3):565-567.
- Dernoeden, P.H. 1996. Control of grassy perennial weeds in turf. Grounds Maintenance 31(11):16-34.
- Dernoeden, P.H. 1999. Use of prodiamine as a preemergence herbicide to control annual bluegrass in roughs. USGA Green Section Record. March/April. 37(2):6-8.
- Downing, C., Williams, H.H., Gibeault, V. A., Van Dam, J., Lange, A.H., et al. 1970. Studies on the initial effect and residual characteristics of several selective pre-emergent herbicides in relation to overseeding and *Poa annua* control. Calif. Turfgrass Culture 20(4):25.
- Engel, R.E. 1974. Influence of nitrogen fertilization on species dominance in turfgrass mixtures. pp. 104-111. In: Pro. Sec. Int.Turfgrass Res. Con. Amer. Soc. Agro.
- Escritt, J.R. and Legg, D.C. 1968. Investigations on annual meadow-grass control. J. Sports Turf Res. Inst. 44:5-18.
- Fry, J. and Butler, J. 1989. Annual bluegrass and creeping bentgrass evapotranspiration rates. HortScience 24:269-271.
- Fry, J. and Huang, B. 2004. Applied turfgrass science and physiology. Wiley, Hoboken, NJ, USA.
- Gaussoin, R.E. and Branham, B.E. 1989. Influence of cultural factors on species dominance in a mixed stand of annual bluegrass/creeping bentgrass. Crop Sci. 29:480-484.
- Haggar, R.J. and Passman, A. 1981. Soil persistence and distribution of ethofumesate applied to autumn-sown perennial ryegrass for *Poa annua* control. Weed. Res. 21(3):153-159.
- Hart, S.E., McCullough, P. and Mansue, C.J. 2007. Use of mesotrione herbicide for weed control at cool-season turfgrass establishment. Center for Turfgrass Science Proc. pp. 35-36
- Hayes, P., Evans, R.D.C and Issac, S.P. 1992. The care of the golf course. The sports Turf Research Institute p.262.
- Hong, B.S and Tae, H.S. 2013. The selection of Post-emergence Herbicides to Control of *Poa annua* in Kentucky bluegrass. Weed Turf. Sci. 2(1):76-81.
- Huff, D.R. 1999. For richer, for *Poa*. USGA Green Section Rec. 37(1):11-14.
- Huff, D.R. 1998. The case for *Poa annua* on golf course greens: This purported weed thrives on greens at some of the finest golf courses. Golf Course Mgt. 66(10):54-56.
- Johnson, B.J. and Bundschuh, S.H. 1993. Effect of dithiopyr timing on establishment of three cool-season turfgrass Species. Weed Technol. 7:169-173.
- Kaminski, J.E. and Dernoeden, P.H. 2007. Seasonal *Poa annua* L. Seedling Emergence Patterns in Maryland. Crop Sci. 47:775-781.
- Keely, S.J. and Zhou, H. 2005. Preemergence herbicide and seeding method effects on seedling growth of Kentucky bluegrass. Weed. Technol. 19:43-46.
- Koo, S.J., Hwang, K.H., Jeon, M.S., Kim, S.H., Lim, J.S., Lee, D.K., Chung, K.H., Ko, Y.K., Ryu, J.W., Koo, D.W., Woo, J.C,

- et al. 2010. Development of the new turf herbicide methiozolin. *Weed Sci.* 30(4):323-329.
- Korea Crop Protection Assn. 2012. The institute of using agriculture herbicides. (In Korean)
- Landschoot, P.J., Watschke, T.L. and Hoyland, B.F. 1993. Influence of Preemergence and Postemergence Herbicides on Rooting of Turfgrasses. *Weed Technol.* 7:123-126.
- Lee, S.K. 2011. Winterkill and strategy of golf course management. *Asian J, Turfgrass Sci.* 25(2):133-137.
- Lee, S.K. 2012. Irrigation frequency for Kentucky bluegrass (*Poa pratensis*) growth. *Asian J, Turfgrass Sci.* 26(2):123-128.
- Lush, W.M. 1988. Biology of *Poa annua* in a temperate zone golf putting green (*Agrostis stolonifera/Poa annua*) I. The above-ground population. *Journal of Applied Ecology* 25:977-988.
- McCullough, P.E. and Hart, S.E. 2006. Temperature influences creeping bentgrass (*Agrostis stolonifera*) and annual bluegrass (*Poa annua*) response to bispyribacsodium. *Weed Technology*. July September 20(3):728-732.
- McDonald, S.J., Dernoeden, P.H. and Kaminski, J.E. 2006. Creeping bentgrass tolerance and annual bluegrass control with bispyribacsodium tankmixed with iron and nitrogen. *Applied Turfgrass Science*. August 11. p. 17.
- Neidlinger, T.J. 1965. *Poa annua* L.: Susceptibility to several herbicides and temperature requirements for germination. M. S. thesis, Oregon State University, Corvallis, OR, USA. pp. 1-97.
- Park, N.I., Lee, I.Y., Park, J.E., Kim, H.J., Chun, J.C., Ogasawara, M., et al. 2006. Control of annual bluegrass (*Poa annua* L.) by bispyribac-sodium. *Kor. Turfgrass Sci.* 20(2):157-165. (In Korean)
- Peel, C.H. 1983. Evaluation of ethofumesate for the control of *Poa annua* in *Lolium perenne* winter games pitches in the UK. *Tests of Agrochemicals and Cultivars* 4 Ann. Appl. Biol. Supplement 102, 102-103.
- Reicher, Z.J., Weisenberger, D.V., Hardebeck, G.A. and Throssell, C.S. 2000. Turf safety to dithiopyr of newly seeded Kentucky bluegrass (*Poa pratensis*). 14:550-555.
- Reicher, Z. and Gaussoin, R. 2010. Annual bluegrass control. University of Nebraska-Lincoln Turfgrass Science Program. p. 6.
- Rossi, F.S. 2001. Annual bluegrass population dynamics in response to growth regulators and herbicides. *International Turfgrass Society Research Journal*. 9: pp. 906-909.
- Senseman, S.A. (ed.). 2007. *Herbicide Handbook*. 9th ed. Lawrence, KS: Weed Science Society of America.
- Sprague, H.B. and Burton, G.W. 1937. Annual bluegrass (*Poa annua* L.) and its requirements for growth. *NJ Agric. Exp. Sta. Bull.* 630, 24.
- Turgeon, A.J. 1974. Annual bluegrass control with herbicides in cool-season turfgrasses. *Proc. 2nd Int. Turfgrass Res. Conf.* pp. 382-389.
- Tutin, T.G. 1957. A contribution to the experimental taxonomy of *Poa annua* L. *Watsonia* 4:1-10.
- Uva, R.H., Neal, J.C. and DiTomaso, J.M. 1997. *Weeds of the Northeast*. Ithaca, NY: Comstock Publishing Associates. pp. 78-79.
- Vargas J.M. Jr, and Turgeon, A.J. 2004. *Poa annua*: Physiology, culture, and control of annual bluegrass. Wiley, Hoboken, NJ.
- Waddington, D.W., Turner, T.R., Duich, J.M. and Moberg, E.L. 1978. Effect of fertilization on Penncross creeping bentgrass. *Agron. J.* 70:713-718.
- Warwick, S.I. 1979. The Biology of Canadian Weeds. 37. *Poa annua* L. *Can. J. Plant Sci.* 59:1053-1066.
- Watson, L. and Dallwitz, M.J. 1992. *The Grass Genera of the World*. CAB International, Wallingford, Berkshire, England.
- Wehner, D.J. and Watschke, T.L. 1981. Heat tolerance of Kentucky bluegrasses, perennial ryegrass and annual bluegrass. *Agron. J.* 73:79-84.
- Woosley, P.B., Williams, D.W. and Powell Jr., A.J. 2003. Postemergence Control of Annual Bluegrass (*Poa annua* spp. *reptans*) in Creeping Bentgrass (*Agrostis stolonifera*) Turf. *Weed Technology*. 17:770-776.
- Yelverton, F.H. and McCarty, L.B. 2001. Tolerance of perennial ryegrass and *Poa annua* control with herbicides in overseeded bermudagrass. *Int. Turf. Soc. Res. J.* 9:1050-1055.