

# 국내에서 수집된 버뮤다그래스의 입지환경 및 형태적 특성

배은지<sup>1\*</sup> · 이광수<sup>1</sup> · 박남창<sup>1</sup> · 이상명<sup>1</sup> · 신현철<sup>1</sup> · 양근모<sup>2</sup>

<sup>1</sup>국립산림과학원 남부산림연구소, <sup>2</sup>단국대학교 녹지조경학과

## Site Environment and Morphology Characteristics of Native Bermudagrass (*Cynodon* spp.) Ecotypes in Korea

Eun-Ji Bae<sup>1\*</sup>, Kwang-Su Lee<sup>1</sup>, Nam-Chang Park<sup>1</sup>, Sang-Myung Lee<sup>1</sup>, Hyun-Cheol Shin<sup>1</sup>, and Geun-Mo Yang<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Southern Forest Research Center, Korea Forest Research Institute, Jinju 600-300, Korea

<sup>2</sup>Department of Green Landscape Architecture Science, Dankook Univ., Cheonan 330-714, Korea

**ABSTRACT.** This study was conducted to identify the morphological characteristics and variations level by site environment of native bermudagrass (*Cynodon* spp.) from costal and island region in South Korea. Soil chemical properties and morphological characteristics were investigated. There were significant differences in plant height, leaf width, leaf length, cotton on leaf blade, stolon, and number of seed per spike depending on where they were collected from natural habitat. We have discovered a variety of variation among the investigated traits in Korean native bermudagrass ecotypes. There were broad leaf and fine leaf types of native bermudagrass in S. Korea. Adaptability was in very high on inadequate environment in bermudagrass with broad leaf types, it has also been suggested that management worth in terms of use. These results may provide basic information for bermudagrass breeding development and the collected types during this investigation would be worth being preserved as genetic resources for further breeding purposes.

**Key words:** Warm-season turfgrass, Bermudagrass, Morphological characteristics

### 서 론

국민 생활수준 향상에 따라 야외활동을 위한 잔디 공간 및 도시공원 확대 등 잔디의 수요가 지속적으로 증가하고, 잔디의 이용이 다양해짐에 따라서 고품질, 생육 속도가 빠르고, 녹색 보유기간이 긴 품종 등 각 목적에 부합되는 다양한 품종과 지구 온난화의 진행에 따른 기후변화에 대응할 수 있는 잔디 및 우리나라 기후에 적합한 난지형 잔디의 개발이 요구되고 있다.

버뮤다그래스는 난지형 잔디에서 중요하며, 다년생으로 적응력이 넓은 초종이라 할 수 있다. 버뮤다그래스를 우리나라에서는 일명 우산잔디라고 부르며 해안을 따라 자생하고 있지만 아직까지 잘 알려지지 않은 잔디로 최근 들어서 이에 관한 연구들이 이루어지고 있다(Kim, 1991). 내열성, 내담압성, 토양적응성, 내건조성이 아주 좋으며, 생육이 빠른 편으로 가축 사료, 공원 및 가정 정원, 법사면 등 기타 조경사업과 각종 경기장, 골프장 등 아열대 지

방에서는 다양하게 널리 이용되고 있다(Beard, 1971; Harlan, 1970). 온대로부터 열대에 걸쳐서 자라는 잔디로 온대지방에서는 특히, 겨울동안 휴면에 들어가서 녹색을 상실하게 된다(Burton et al., 1954). 우리나라에서는 5월부터 9월까지 약 5개월 간 푸른 상태로 있으며, 나머지 7개월간은 황색으로 있게 되는 겨울철 내한성 문제로 이용이 제한되고 있는 실정이다(Kim, 1991).

버뮤다그래스는 잎의 색깔, 재질, 밀도 그리고 환경적응면에 있어서 매우 다양한 수많은 품종들이 있으며, 유전적인 변이가 다양해서 엽색, 질감, 밀도, 엽신과 경령의 폭, 엽설의 길이 등이 품종 간 상당히 다르다. *Cynodon* 속에는 약 10여 종류가 있는데 이중 종간잡종을 포함해서 네 종류가 잔디로 이용되고 있다(Watson and Dallwitz, 1992). 현재 잔디로 이용되고 있는 버뮤다그래스 종류는 커먼 버뮤다그래스, 브레들리 버뮤다그래스, 메게니스 버뮤다그래스 및 아프리카 버뮤다그래스가 있다(Kim, 1991; Kim, 2005).

현재 국내에서는 버뮤다그래스의 이용성은 적지만 버뮤다그래스는 더위와 건조에 매우 강하고, 성장속도도 매우 빠르고 내마모성도 우수하여 경기장용 및 법사면 잔디로의 가치가 높아 앞으로 사용이 증가될 것으로 예상된다. 이에 따라 버뮤다그래스의 자원수집 및 분류에 대한 연

\*Corresponding author: Tel: +82-55-760-5029

E-mail : gosorock@korea.com

Received : March 24, 2011, Revised : April 8, 2011, Accepted : April 16, 2011

구도 진행되고 있다(Lee et al., 2005). Kang et al.(2008)은 2006년 국내에서 버뮤다그래스는 총 43개종을 수집하였으며, 이들은 북위 34~36도, 동경 126~129도 사이에 주로 분포하며, 형태 및 생육상태가 현저하게 차이가 있었다고 하였다. 형태적으로는 화서의 형성능력, 생육량, 포복경 및 잎의 길이에 있어 수집 생태종간의 차이가 나타난다고 보고하고 있다. 핵 DNA 양을 측정된 결과 1.42~2.85 pg 이었고, 평균 2.12 pg 이었다. 염색체 관찰결과 3배체  $2n=3x=27$ , 4배체  $2n=4x=36$ , 5배체  $2n=5x=45$ , 그리고 6배체 생태종은  $2n=6x=54$ 개의 염색체 수가 관찰되었으며, AFLP 분석 결과 유전적 다양성을 나타내는 유사성 계수는 0.42~0.94로 평균 0.64였다. 이는 한국자생 버뮤다그래스간에 상대적으로 높은 유전적 다양성을 보이는 것으로 보고되고 있다. Lee et al.(2000)은 국내 자생 버뮤다그래스를 수집하여 엽폭이 2.0 mm 수준인 세엽 신평종 건우(Konwoo)를 육성하였으며, 이를 국내 남부지역의 경기장 및 학교운동장 등에 사용가능성을 보고하였으며, 버뮤다그래스의 잎줄기 드레싱 시공기술 등에 대한 연구도 보고되고 있다(Lee et al., 2001).

현재까지 버뮤다그래스의 형태적 특성과 유전형질들의 근연관계 등은 보고되고 있으나 입지환경에 따른 형태적 변이를 탐구하고 자원을 보존하는 연구는 미흡한 상태이다. 지하부의 생육에 영향을 미치는 토양환경에 따라 생육의 양상이 크게 달라 질 수 있으며, 토양 내 pH와 EC, 치환성 양이온 등에 따라 크게 영향을 받는다고 하였다(Nick et al., 2006; Handreck and Black, 2002). 따라서 본 연구는 버뮤다그래스의 유전자원으로서의 가능성 확인과 우수한 잔디 품종 교배 및 선발 육종을 위한 생육조건 확립을 위해 국내에서 자생하고 있는 버뮤다그래스의 입지환경을 조사하고, 수집된 자원의 형태적 특성을 파악하여 향후 자생 버뮤다그래스 연구의 기초 자료 제공하고자 수행되었다.

## 재료 및 방법

### 입지환경 및 토양조사

잔디 수집은 2010년 5월 19일부터 동년 9월 11일까지 남·동해안 및 서해안과 도서지역에서 총 14개체를 수집하였다.

대상지 선정은 버뮤다그래스가 해안가 중심으로 다양하게 분포되어 있을 것이라고 예상되는 시·군 단위로 나누어 수집하였으며, 수집 시기는 생육이 왕성한 5~9월을 중심으로 하였다.

지역별 개체 수집은 엽색, 밀도, 초장과 엽폭 등의 형태적 특성을 기준으로 다양한 변이를 보이는 것을 수집하였다. 종자의 경우 7~8월 개화기에는 수집을 할 수 있었지만, 개화기 이전이나 이후에는 수집을 할 수 없었다.

입지환경은 자원상태, 수집장소, 수집환경 등을 조사하고, 토양의 화학성을 분석하였다. 조사지의 토양시료는 낙엽층을 제거한 후 A층의 토양을 채취하여 토양산도(pH), 유기물, 전질소(total nitrogen), 유효인산(available phosphate;  $P_2O_5$ ), 치환성양이온( $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ )을 농업과학원 토양화학분석법(농업과학기술원, 1998)에 준하여 분석하였다. 토양포화침출액의 전기전도도(ECe)는 토양과 물의 비율이 1:5로 혼합한 후 EC 측정기를 사용하여 측정하였다. 대부분 토양에 용해된 염류의 총량은 포화상태의 토양수를 추출하여 측정된 값을 사용하지만 실험실에서는 포화상태의 토양수를 취하지 않고 토양과 물의 비율 1:5로 혼합하여 EC를 측정하였다. 이러한 경우에는 실제 조건과 맞지 않은 결과가 나올 수 있으므로 토성에 따라 각기 다른 보정값을 설정하여 실제 ECe 측정치로 환산하였다. 토성은 간이측정법 중 입경분포를 구분할 수 있는 촉감법을 이용하여 토양에 수분을 충분히 적신 후 손가락의 촉감으로 각각의 비율에 따라 크게 5가지로 판별하였다.

### 형태적 특성조사

수집된 개체들에 대하여 초장, 엽폭, 엽장, 엽각도, 종자 길이, 종자폭, 종자길이와 폭의 비, 화수당 종자 수, 포복경 길이, 포복경 마디간 길이와 두께, 포복경 마디 수 등을 조사하였다. 형태적 특성은 생육진전속도가 비슷한 줄기 10개를 무작위로 선택하여 측정된 후 평균 및 표준오차를 계산하였다. 초장은 지면에서 잎 끝까지의 길이를 측정하였고, 잔디 구분에 특징적인 엽폭과 엽장은 환경의 영향이 적은 2~3번째 잎을 조사하였고, 엽각도는 2~3번째 잎의 잎몸이 줄기로부터 벌어진 정도를 제도용 각도기를 이용해 측정했다. 잎털 유무는 육안으로 조사하였고, 잎털은 잎몸 앞뒤로 비교적 털이 많은 경우 2, 털이 거의 없거나 앞면만 털이 있는 경우 1, 털이 없는 경우 0으로 나타내었다. 포복경 길이는 포복경 시작점에서 끝까지의 길이를 재고, 포복경 마디간 길이와 두께는 포복경 끝에서 3번째 마디의 길이와 두께를 측정하였으며, 포복경 마디수는 포복경 끝에서 10 이내의 마디수를 계산하였다. 유전형질이 반영되어 있어 구분이 용이한 종자의 형태 및 크기를 조사하기 위하여 광학현미경(Leica Microsystems GmbH Wetzlar, Germany)을 이용해 종자의 길이와 폭을 측정하였다.

## 결과 및 고찰

### 분포 및 입지환경 특성

국내에서 자생하고 있는 14개체의 버뮤다그래스를 수집하였으며, 수집지역의 특성 및 토양의 화학성을 조사하였

다. 부안, 완도, 여수, 거제, 순천, 광양, 남해, 진주, 태안과 포항 10개 지역에서 비교적 고르게 분포하였으며, 대부분 해안가 중심으로 자생되고 있는 것을 확인 할 수 있었다(Fig. 1).

각 지역별로 수집한 버뮤다그래스는 북위 34~36도, 동경 126~129도 사이에 주로 분포하여 Kang et al.(2008)의 결과와 유사하였다. 고도는 0~48 m 범위로 굴곡이 없는 평평한 지역에 자생하고 있었다. 자원상태를 조사 결과 71.4%는 야생상태였고, 나머지 28.6%는 정확하게 동정은 되지 않았지만 오래전부터 자생지 환경에 적응하면서 서식했을 것으로 판단되었다(Table 1). 수집 장소는 64.3%가 자연상태이고, 21.4%가 농가 주변에서 수집을 하였다. 수집환경은 바닷가와 길가에서 각각 28.6%가 자생을 하고 있었으며, 그 외 농가정원, 경작지, 강가, 운동장, 조경지에서 다양하게 발견되었다. 특히 바닷가와 길가에서 자생하는 버뮤다그래스는 생육조건이 불량하지만 이러한 환경에서도 높은 빈도로 나타나고 있음을 볼 때 척박한 환경에서도 적응성이 매우 높은 것으로 생각되었다.

수집지의 토양 pH 조사결과 pH 5.4~7.0 범위로 나타나 버뮤다그래스의 경우 강산성 토양에서는 생육이 불량하다고(Kim, 2005) 하였는데, 비교적 알칼리 토양에서 자생하고 있는 것으로 조사되었다(Fig. 2). 토양 전기전도도(ECe)는 0.9~6.4 dS·cm<sup>-1</sup>까지의 범위를 보였다. 유기물 함량은 0.6~5.9%, 전질소는 0.01~0.17% 범위를 나타내었고, 유효 인산은 32~191 mg·kg<sup>-1</sup>까지로 넓은 범위를 보였다. 치환성 양이온 K<sup>+</sup>은 0.05~1.81 cmol kg<sup>-1</sup>, Ca<sup>2+</sup>은 2.35~8.75 cmol kg<sup>-1</sup>, Mg<sup>2+</sup>은 0.07~2.79 cmol kg<sup>-1</sup>, Na<sup>+</sup>은 0.12~4.50 cmol

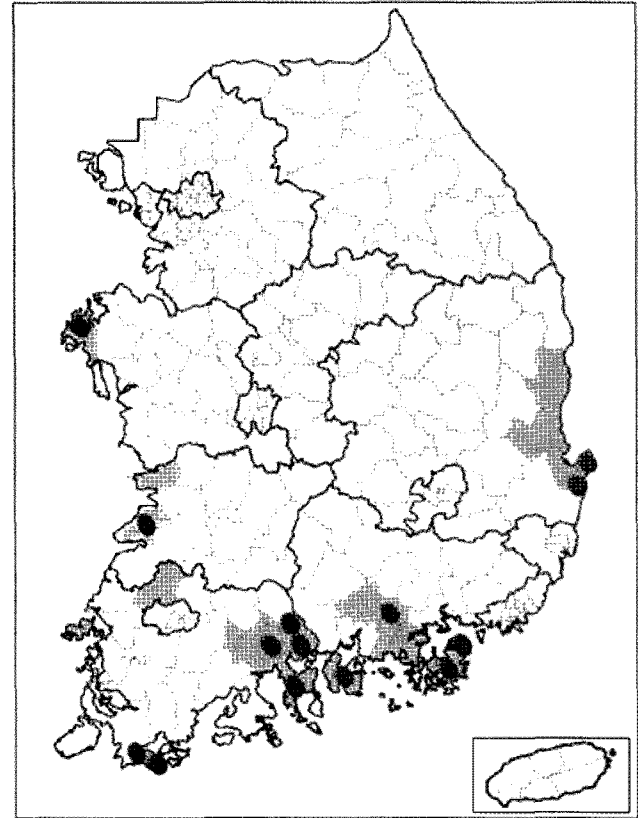


Fig. 1. Collection sites of bermudagrass ecotypes in South Korea.

kg<sup>-1</sup> 범위를 나타내었다.

토성 조사결과 세사토, 사양토, 양질사토, 양토에서 자생하고 있는 것으로 조사되었다(Table 2). 버뮤다그래스는

Table 1. Fourteen native bermudagrass accessions collected in South Korea.

Accession no.	Region	Latitude (N)	Longitude (E)	Altitude (m)	Condition of genetic resource	Collection site	Habitat
BN7001	Buan	35°40'.53.8"	126°31'.63.4"	3	Wild	Nature	Beach
BN7003	Wando	34°09'.41.7"	126°33'.15.0"	4	Unknown	Farm	Garden
BN7004	Wando	34°22'.31.3"	126°39'.23.0"	4	Unknown	Farm	Farmland
BN7005	Yeosu	34°32'.59.6"	127°45'.19.2"	37	Unknown	Farm	Garden
BN7011	Geoje	34°50'.45.6"	128°35'.20.6"	4	Wild	Nature	Beach
BN7012	Geoje	34°58'.57.9"	128°38'.44.8"	18	Wild	Nature	Roadside
BN7013	Suncheon	34°52'.50.8"	127°30'.45.2"	9	Wild	Nature	Roadside
BN7014	Suncheon	34°52'.50.8"	127°30'.47.9"	10	Wild	Nature	Beach
BN7026	Gwangyang	34°57'.30.3"	127°35'.51.2"	5	Wild	Nature	Riverside
BN7030	Namhae	34°43'.35.2"	127°57'.14.9"	48	Wild	Nature	Roadside
BN7036	Jinju	35°09'.17.8"	128°06'.08.3"	33	Unknown	Etcetera	Schoolyard
BN7037	Taeon	36°30'.38.9"	126°19'.55.4"	14	Wild	Etcetera	Landscape area
BN7044	Pohang	36°02'.34.5"	129°22'.36.0"	2	Wild	Nature	Beach
BN7048	Pohang	36°11'.50.0"	129°21'.18.8"	25	Wild	Nature	Roadside

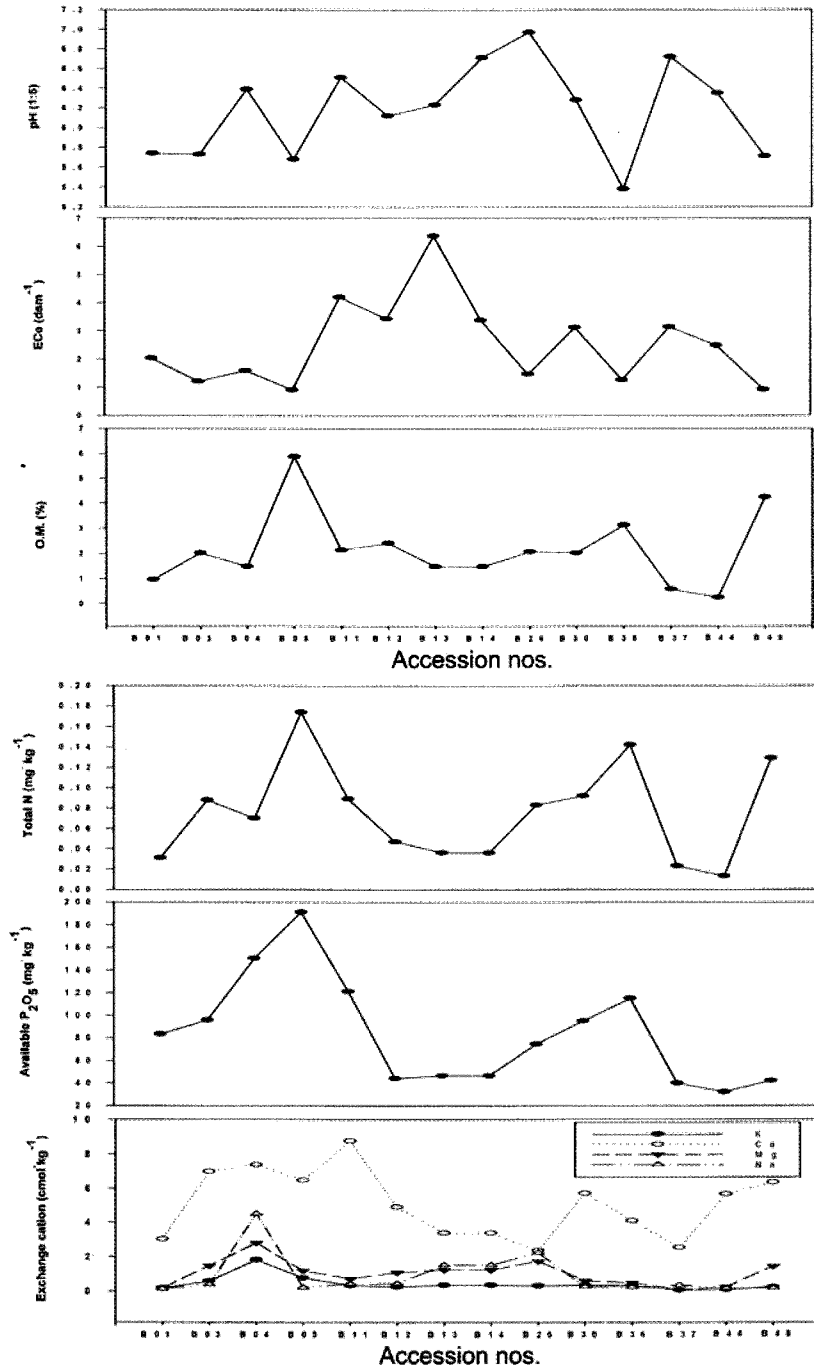


Fig. 2. Chemical properties of 14 native bermudagrasses-growing soil.

주로 사토에서 자생하고 있었으며 염해를 피할 수 있는 조건이 형성되었다는 것을 알 수 있었다.

**형태적 특성**

수집된 버뮤다그래스의 형태적 특성을 조사한 결과 초장은 평균 8.1 cm부터 51.0 cm까지 넓은 분포를 보였다 (Table 3). 엽폭은 평균 1.3 mm부터 4.7 mm로 세엽과 광엽 특성의 다양한 형태적 변이가 존재하는 것을 확인하였

다. 엽장은 평균 1.8 cm부터 16.1 cm까지 넓은 변이를 보였다. 엽각도는 평균 24.0°부터 50.0°까지 분포하였다. 수집한 버뮤다그래스는 대부분 잎몸에 잎털이 없는 경향을 나타내었으나, BN7011과 BN7048은 앞뒤에 털이 있는 특성을 보였다. 포복경 길이는 평균 11.8 cm부터 89.8 cm까지 변이가 넓게 나타났으며, 포복경 마디간 길이는 평균 1.5 cm부터 4.8 cm까지, 포복경 마디 두께는 0.9 mm부터 3.0 mm까지, 포복경 마디 수는 평균 2.2개부터 6.2개까지

**Table 2.** Soil texture of native bermudagrass-growing site.

Soil texture	Fine sand	Sandy loam	Loamy sand	Loam
Ratio (%)	28.6	28.6	28.6	14.2

다양한 변이를 보였다. 이렇게 넓은 분포를 보이는 것은 수집지의 입지환경 및 종에 따라 다양한 생육형을 보인 것으로 생각된다.

종자의 경우 개화기 전후로는 수집을 할 수 없어 개체 수는 적었지만 수집된 종자의 조사 결과 종자길이는 평균 2.4 mm부터 2.8 mm까지, 종자 폭은 평균 0.9 mm부터 1.2 mm까지, 종자길이와 폭의 비율은 평균 2.0부터 3.2까지로 변이의 폭이 낮게 나타났다(Table 4). 화수당 종자 수는 평균 58.7개부터 103.3개로 변이의 폭이 큰 것으로 확인되었다.

형태적 조사 결과 초장, 엽폭, 엽장, 엽각도, 잎털 유무, 포복경 길이, 포복경 마디간 길이, 포복경 마디 두께, 포

복경 마디 수, 화수당 종자수의 경우 자생지간에 차이가 나타나는 것으로 확인하였다. 반면에 종자길이, 종자폭, 종자길이와 폭의 비율은 자생지간에 큰 차이가 없는 것으로 보아 비교적 환경적 영향을 적게 받는 것으로 판단되었다.

조사된 자료를 활용하여 잔디의 형태적 특성에 대한 개체간 유사성과 집단 특성을 분석하기 위해 군집분석(Cluster Analysis)을 한 결과 벼류다그래스는 거리지수 5를 기준으로 제1집단 (BN7037, BN7048, BN7036, BN7011, BN7003, BN7005, BN7012, BN7013), 제2집단 (BN7004, BN7014, BN7026, BN7030, BN7044), 제3집단(BN7001)으로 크게 3개의 군집으로 분류되었다(Fig. 3). 특히 제3군집이 다른 2개의 군집과 구별되는 되는 것은 엽장의 차이에 기인한 결과라 사료되었으며, 같은 군집내에서도 개체간의 차이는 자원 생육지의 입지적 특성, 토양성분, 식생의 피복 등과 관련이 있는 것으로 사료되었다. 따라서 이들의 정확한 결과 해석을 위해서는 개체간의 정확한 동정과 많은

**Table 3.** Morphological characteristics of collected bermudagrass in coastal and island regions of South Korea.

Accession nos.	Plant height (cm)	Leaf width (mm)	Leaf length (cm)	Leaf angle (°)	cotton <sup>y</sup>	Stolon			
						Length (cm)	Node length (cm)	Node thickness (mm)	Node number
BN7001	51.0±2.6 <sup>z</sup>	3.1±0.0	16.1±0.6	26.0±2.9	0	89.8±10.7	4.8±1.0	2.5±0.1	2.2±0.4
BN7003	16.9±1.0	1.6±0.0	6.9±0.4	26.0±2.4	0	29.2±3.5	1.6±0.3	1.0±0.0	6.2±0.7
BN7004	23.9±0.1	1.8±0.0	8.5±0.3	24.0±2.9	0	30.1±1.9	1.5±0.2	0.9±0.1	5.8±0.5
BN7005	8.1±0.5	1.3±0.0	3.2±0.2	30.0±0.0	0	19.8±2.0	1.5±0.2	0.9±0.0	6.2±0.5
BN7011	15.1±1.1	3.4±0.0	7.6±0.6	30.0±2.7	2	27.5±2.8	2.2±0.3	1.9±0.2	4.6±0.6
BN7012	9.9±0.3	2.0±0.0	3.6±0.1	38.0±1.2	0	21.1±2.2	2.3±0.1	1.8±0.1	4.2±0.2
BN7013	5.7±0.2	2.0±0.0	1.8±0.1	40.0±3.5	0	44.4±12.6	4.4±0.9	1.8±0.1	3.6±0.4
BN7014	25.0±1.0	3.2±0.0	4.2±0.1	44.0±2.9	0	37.8±6.7	2.8±0.6	1.8±0.3	4.4±0.4
BN7026	27.8±1.1	4.4±0.0	8.2±0.8	40.0±2.2	0	30.2±3.0	2.9±0.6	2.4±0.2	4.0±0.4
BN7030	31.7±1.3	2.4±0.0	12.6±0.3	29.0±1.0	0	23.0±2.6	2.8±0.4	1.0±0.1	3.8±0.4
BN7036	14.1±0.7	1.9±0.0	1.8±0.0	46.0±1.9	0	15.7±1.8	2.3±0.3	1.2±0.1	4.4±0.2
BN7037	13.9±1.1	3.0±0.0	6.1±0.5	33.0±3.0	0	18.1±1.4	2.7±0.3	3.0±0.3	3.4±0.2
BN7044	38.3±0.5	4.7±0.0	5.1±0.5	35.0±1.6	0	30.1±2.5	2.6±0.4	1.8±0.2	3.8±0.2
BN7048	14.0±1.3	2.9±0.0	3.2±0.3	50.0±2.7	2	11.8±1.4	1.8±0.2	1.8±0.2	5.0±0.3

<sup>z</sup>Standard error.

<sup>y</sup>0: none, 1: few of only on upper side, 2: many on both sides.

**Table 4.** Seed characteristics of collected bermudagrass in coastal and island regions of South Korea.

Accession nos.	Seed length (mm)	Seed width (mm)	SL/SW ratio	No. of seed per spike
BN7005	2.8±0.1 <sup>z</sup>	0.9±0.0	3.2±0.1	58.7±1.3
BN7011	2.2±0.1	0.9±0.0	2.3±0.1	98.8±4.7
BN7012	2.4±0.0	1.2±0.0	2.0±0.1	103.3±15.8

<sup>z</sup>Standard error.

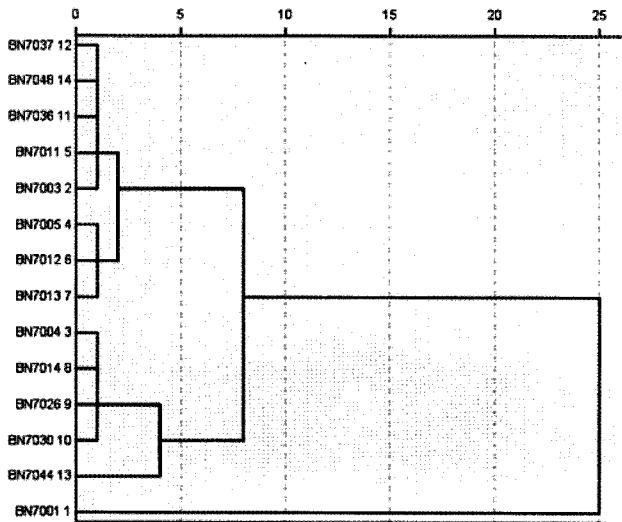


Fig. 3. Dendrogram of native bermudagrass based on Euclidean distance from leaf morphological trait.

표본의 조사 등 다양한 독립변수 인자를 투입하여 정확도를 높여 주성분 분석 등을 추가 실시하여야 할 것으로 판단되었다.

이상의 결과 광엽형의 버뮤다그래스는 해안가에서 수집이 된 것으로 보아 간척지 및 염류가 높은 토양에서의 식생조성이 가능할 것으로 판단되며, 열악한 환경에서의 적응성이 매우 높아 중·저관리의 잔디면에 이용 가치가 높을 것으로 생각된다. 다양한 변이를 보이는 수집된 버뮤다그래스 개체들은 유전자원으로서 보존 가치가 높으며, 생육특성 및 분자유전적 분석이 필요하다. 수집된 개체들은 현재 남부산립연구소 연구포장에 보존되고 있고, 앞으로 이 개체들은 육종에 활용할 수 있는 모본으로 제공될 수 있으며, 보다 적극적인 자원 수집을 통해 유용유전자를 보존할 수 있는 체계가 마련되어야 할 것으로 판단된다.

## 요 약

본 연구는 국내 해안 및 도서지역에 자생하고 있는 버뮤다그래스를 지역별로 수집하여 입지환경에 따른 형태적 변이 정도를 알아보려고 수행되었다. 이들 입지환경, 토양의 화학성과 형태적 특성을 조사하였다. 수집된 자생지에 따라 초장, 엽폭, 엽장, 잎털, 포복경 및 화수당 종자수 등에서 큰 변이를 보여 조사 형질 간에 다양한 변이를 보이는 것을 확인할 수 있었다. 광엽과 세엽 특성의 버뮤다그래스가 존재하고 있었으며, 광엽형의 버뮤다그래스의 경우 열악한 환경에서의 적응성이 매우 높아 중·저관리의 잔디면에 이용 가치가 높을 것으로 생각된다. 상기 입지환경과 형태적 특성 조사 결과 및 수집된 유전자원들은

앞으로 유전자원으로서 보존 가치가 높으며, 유용유전자를 보존할 수 있는 체계가 마련되어야 할 것으로 판단된다.

**주요어:** 난지형 잔디, 버뮤다그래스, 형태적 특성

## 참고문헌

- Beard, J.B. 1971. Turfgrass: Science and culture. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New jersey. USA.
- Burton, G.W., E.H. Devane, and R.L. Carter. 1954. Root penetration, distribution and activity in southern grasses measured by yields, drought symptoms and P23 uptake. *Agronomy Journal*. 46:229-233.
- Handreck, K.A. and N.D. Black. 2002. Growing media for ornamental plants and turf. *Unswpress 3rd*. Harlan, J.R. 1970. *Cynodon* species and their value for grazing or hay. *Herb Abstr.* 40:233-238.
- Kang, S.Y., G.J. Lee, K.B. Lim, H.J. Lee, I.S. Park, S.J. Chung, J.B. Kim, D.S. Kim, and H.K. Rhee. 2008. Genetic diversity among Korean bermudagrass (*Cynodon* spp.) ecotypes characterized by morphological, cytological and molecular approaches. *Molecules and Cells*. 25(2):163-171.
- Kim, H.G. 1991. Turfgrass science. Sunjin culture press. Kim, K.N. 2005. Introductory turfgrass science. Sahmyook university press.
- Lee, J.P., J.B. Kim, J.Y. Kim, and D.H. Kim. 2000. Development of cultivar 'Konwoo' in bermudagrass. *Kor. Turfgrass Sci.* 13(3):153-158.
- Lee, J.P., Y.J. Kwon, S.J. Kim, H.Y. Seo, S.J. Lee, J.I. Jeong, I.S. Han, and D.H. Kim. 2001. Establishment Technology of Leaves and Stems Dressing with Bermudagrass 'Konwoo'. *Kor. Turfgrass Sci.* 15(3):137-146.
- Lee, J.H., S.H. Ahn, G.M. Yang, and J.S. Choi. 2005. Morphological and growth characteristic of 2 cultivars and 3 collected lines of bermudagrass (*Cynodon* spp. [L.] Pers.). *Journal of Bio-Resources and Environment Research*. 4(1):39-50.
- NIAS. 1988. Methods of soil chemical analysis. National Institute of Agricultural Science and Technology, RDA, Suwon, Korea.
- Nick, C., Y.K. Joo, and J.H. Lee. 2006. Interpreting soil tests for turfgrass. *Kor. Turfgrass Sci.* 20(2):223-235.
- Watson, L. and M.J. Dallwitz. 1992. The grass genera of the world: descriptions, illustration, identification, and information retrieval; including synonyms, morphology, anatomy, morphology, anatomy, physiology, phytochemistry, cytology, classification, pathogenes, world and local distribution, and references. <http://delta-intkey.com>.