

국내적응 세스바니아의 생육특성 및 사료가치 평가

이창민¹ · 김영진² · 안 솔³ · Daniel Hailegioris⁴ · 이정애⁵ · 윤성중^{6,†}

Evaluations of Growth and Forage Quality of Sesbania Accessions Adaptable to Korean Environments

Chang Min Lee¹, Young Jin Kim², Sol Ahn³, Daniel Hailegioris⁴, Cheong Ae Lee⁵, and Song-Joong Yun^{6,†}

ABSTRACT Sesbania, an annual herb, is known for its high forage value and salt tolerance. It has merits as a forage crop that is adaptable to reclaimed land in the Republic of Korea. Therefore, we collected Sesbania genetic resources from the Republic of Korea and other countries, and conducted experiments to evaluate their potential as a forage crop in Korean climate and soil conditions. In the preliminary experiments, 15 genetic resources which were able to set seeds in Korean environment were selected out of a total of 46 collected genetic resources. Among 15 genetic resources, SL13 was the tallest and it was followed by that of SC04, SR01 and SE07. The accessions with the earliest flowering started flowering 101 days after sowing and set seed in early August. Fifteen accessions were evaluated for their salt tolerance at germination stage based on germination rate and growth of germinated seedlings at 0 mM, 150 mM and 300 mM NaCl concentrations. Five genetic resources like SC04, SL13, SS20, SS24 and SR01 were selected to be tolerant to NaCl treatment. Forage value was evaluated based on crude protein, acid detergent fiber, neutral detergent fiber and *in vitro* dry matter digestibility. The forage value of leaves was significantly higher than that of stems, and the forage value of the stem was slightly better than that of rice straw. The forage value of leaves of all the genetic resources was higher than grade 1 by the American Forage and Grassland Council grade. Among five selected genetic resources, the relative feed value of SC04 was the highest and it was followed by that of SS20, SL13, SS24 and SR01.

Keywords : adaptability, forage quality, salt tolerance, sesbania genetic resources

조사료는 단백질, 전분, 지방 등의 함량이 낮고 섬유질이 18% 이상 되는 청초, 건초 및 사일리지를 말하며 반추동물의 위벽에 물리적 자극을 가해 되새김과 침 분비를 촉진시키고 소화기관을 발달시켜 생산성을 향상시키는 등 중요한 역할을 한다. 그러나 최근 국제 곡물가격 상승과 기후변화에 따른 조사료 가격의 인상으로 가축 사양시 적정 조사료 비율(60~70%) 보다 낮은 비율(40~45%)의 조사료를 급여

하고 있다. 고급육 생산에 필요한 적정수준의 조사료를 공급하기 위해서는 볏짚 이외의 양질의 사료 생산이 필요하다(Kwon & Woo, 2006). 또한 사료 가치가 낮은 볏짚 위주의 조사료 공급은 가축의 영양소 이용률 저하와 농후 사료의 증가로 이어져 농가의 사료비 부담을 가중시킬 수 있기 때문에 양질의 조사료를 생산하는 것이 중요하다(Lee & Lee, 2000).

¹농촌진흥청 국립식량과학원 농업연구사 (Agriculture Researcher, National Institute of Crop Science, RDA, Wanju 55365, Republic of Korea)

²농촌진흥청 국립식량과학원 농업연구관 (Agriculture Senior Researcher, National Institute of Crop Science, RDA, Wanju 55365, Republic of Korea)

³전북대학교 작물생명과학과 대학원 연구조교 (Graduate Research Assistant, Department of Crop Science & Biotechnology, Chonbuk National University, Jeonju 54896, Republic of Korea)

⁴월로대학교 식물과학부 교수 (Professor, Department of Plant Science, Wollo University, Dessie, Wollo, Ethiopia)

⁵전북대학교 농업과학기술연구소 연구원 (Researcher, Institute of Agricultural Science and Technology, Jeonju 54896, Republic of Korea)

⁶전북대학교 작물생명과학과 교수 (Professor, Department of Crop Science & Biotechnology, Chonbuk National University, Jeonju 54896, Republic of Korea)

[†]Corresponding author: Song-Joong Yun; (Phone) +82-63-270-2508; (E-mail) [sjyun@jbnu.ac.kr](mailto:syun@jbnu.ac.kr)

<Received 12 July, 2019; Revised 2 September, 2019; Accepted 16 September, 2019>

우리나라의 사료 생산량은 2011년 약 2,454천 톤인데 벼짚, 청보리 등의 조사료 생산량이 2,152천톤에 달해 자급률은 82.6%로 높은 편이지만 전체 사료 중에서 벼짚이 45%, 양질의 조사료는 35~38%, 수입조사료는 16~18%의 비중을 차지하고 있어 아직도 벼짚에 대한 의존도가 높은 상황이다. 벼짚의 경우 TDN (Total Digestible Nutrient) 함량이 44% (청보리 53.6%, 이탈리아 라이그라스 63.4%)로 매우 낮아 고급육 생산을 위해서는 양질의 조사료를 가축에 급여할 필요가 있다(Kim *et al.*, 2009; KREI, 2013). 또한 농가의 경쟁력 향상을 위해서는 수입조사료보다 가격이 30~50%이상 저렴한 국내산 조사료를 이용하는 것이 유리하다. 국내에서 생산되는 이탈리아 라이그라스는 벼짚 보다 사료 가치가 높고 가축의 기호성이 높아 벼 수확 후 동계작물로 재배되고 있다(Kim *et al.*, 2018). 이탈리아 라이그라스는 내한성 품종이 육성 됨에 따라 중·북부 지방에서 재배면적이 매년 증가하고 있지만 수확시기가 장마철에 겹치고 종자의 탈립이 심해 국내에서는 종자 채종이 어려우므로 수입종자를 이용해야하는 결점이 있다(Kim *et al.*, 2010). 따라서 기후 변화 등에 따른 수입 조사료 가격의 급격한 상승 등에 대비하고 국내 조사료 자급률 제고 및 축산농가의 경쟁력 향상을 위해 국내 기후에 적응할 수 있는 새로운 조사료 자원을 개발한 필요가 있다.

세스바니아(*Sesbania Scop.*)는 열대, 아열대 지역에서 다양한 목적으로 이용되고 있는 콩아과의 1년생 초본 작물로 내습성과 내염성이 높아 습지와 염해지 토양에서 재배 가능하고 토양 개량에 효과가 있어 녹비 작물로 이용되고 있다(Mahmood, 1998). 에티오피아 등의 국가에서는 예로부터 세스바니아의 줄기와 뿌리를 전통 의약 재료로 이용하여 왔고, 최근에는 세스바니아의 줄기, 잎, 꽃, 종자 등에 항산화, 항당뇨, 항균 작용이 있다는 것이 밝혀져 다양한 연구가 이루어지고 있다(Nigussie & Alemayehu, 2013).

한편, 세스바니아는 조단백질 함량이 높고 섬유질이 낮아 반추동물의 사료로 이용될 수 있고 세스바니아의 잎은 사료 영양가가 높고 가축의 기호성이 높아 열대 지역에서는 염소와 양의 사료로 이용되고 있다(Kabir *et al.*, 2018). Lee *et al.* (2007)는 세스바니아가 염농도 0.8%인 국내 간척지 토양에서 80%이상의 발아율을 보이며 *Kenaf* (*Hibiscus cannabinus L.*), *Alfalfa* (*Medicago sativa L.*), *Ryegrass* (*Lolium multiflorum Lam.*)보다 우묘출현율, 생체중 및 건물중이 우수하다고 하였다. 이와 같이 세스바니아는 단백질 함량이 높아 반추동물에게 중요한 단백질 공급원으로 이용될 수 있고 상대적 사료가치 뿐만 아니라 내염성이 높아 국내 간척지에서의 조사료 생산에 이용할만한 가치가 있다고 생각

된다. 기존 연구에서는 세스바니아를 녹비작물로 이용하여 새만금 간척지의 토양을 개량하기 위한 연구를 진행했기 때문에 세스바니아의 생육특성과 내염성 및 사료가치에 대한 연구는 부족한 상황이다(Cho *et al.*, 2015; Lee *et al.*, 2007). 따라서 본 연구는 국내에서 세스바니아를 조사료로 이용할 수 있는 가능성을 조사하기 위하여 국내외에서 수집한 세스바니아의 생육특성, 발아기 내염성 및 사료가치 등을 조사하였다.

재료 및 방법

시험 재료

세스바니아 유전자원 총 46점을 공시한 예비실험에서 국내에서의 종자 결실이 가능한 것으로 확인된 15점의 원산지는 남미 3점, 북미 1점, 아프리카 1점, 오세아니아에서 1점, 그리고 아시아 9점 등이 있다(Table 1).

세스바니아 유전자원의 생육 특성 조사

세스바니아 유전자원을 2015년 4월 8일에 육묘용 트레이(72구)에 파종하여 약 20일간 육묘한 후 60 cm × 40 cm 로 주당 1본씩 전주 전북대학교 시험포장에 정식하였다. 비료는 질소 150 kg/ha, 인산 100 kg/ha, 그리고 칼리 100 kg/ha 을 전량기비로 시용하였다. 생육조사는 파종 후 Cho *et al.*

Table 1. The *Sesbania* genetic resources that were able to set seeds in Korean climate.

Entry No.	Species	Abbreviated name	Country of origin
1	<i>Sesbania cannabina</i>	SC04	India
2	<i>Sesbania exaltata</i>	SE06	Australia
3	<i>Sesbania exaltata</i>	SE07	Uruguay
4	<i>Sesbania exasperata</i>	SeS11	Brazil
5	<i>Sesbania exasperata</i>	SeS12	Argentina
6	<i>Sesbania leptocarpa</i>	SL13	Turkey
7	<i>Sesbania leptocarpa</i>	SL14	Turkey
8	<i>Sesbania leptocarpa</i>	SL15	Afghanistan
9	<i>Sesbania sesban</i>	SS20	India
10	<i>Sesbania sesban</i>	SS21	Japan
11	<i>Sesbania sesban</i>	SS22	Zaire
12	<i>Sesbania sesban</i>	SS24	India
13	<i>Sesbania sesban</i>	SS26	Mexico
14	<i>Sesbania rostrata</i>	SR01	China
15	<i>Sesbania sp.</i>	SX31	China

Table 2. The physiochemical properties of soil in which *Sesbania* genetic resources were cultivated.

pH (1:5)	Organic matter (g kg ⁻¹)	Avail. P ₂ O ₅ (mg kg ⁻¹)	K (c mol _c kg ⁻¹)	Ca	Mg
7.3	17	111	0.57	5.2	1.3

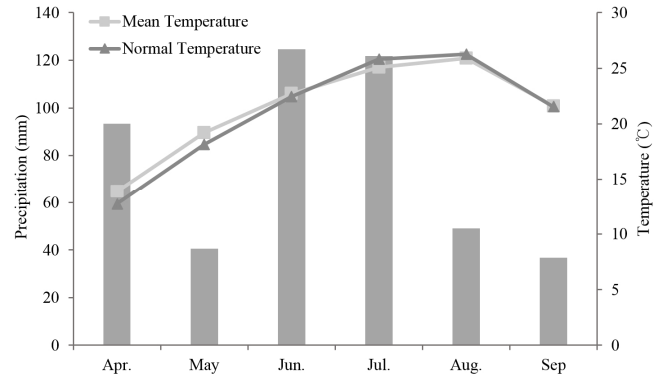
(2014)의 방법에 따라 초장, 경직경, 주당엽수, 주당마디수, 주당분지수, 천립중, 개화기 등을 조사하였다. 개화기는 각 품종 중 40%가 개화 했을 때를 기준으로 하였다. 건물생산량은 파종 후 110일경인 7월 30일에 포장면적 1 m²에서 수확한 4개체를 3반복으로 하여 지상부 무게의 건물중을 측정하여 ha당으로 환산하였다. 시험포장의 토양 시료는 포장 전면에 균일하게 배치된 10개 지점의 지하 15 cm 위치에서 채취하였으며, 채취된 시료는 전주시농업기술센터에 의뢰하여 성분을 분석하였다(Table 2).

발아기 내염성 검증

휴면타과를 위해 종자를 H₂SO₄에 30분 간 처리하였으며, 이후 NaClO로 15분간 소독 하고 증류수로 헹궈주었다. 표면 소독한 종자는 증류수에 침종시켜 25°C 생장상에 24시간 보관하여 흡습시켰다. 흡습 시킨 종자는 직경 11 cm petridish에 2장의 여과지를 깔고 그 위에 파종하였으며, 파종 후 각 petridish에 농도 수준별 NaCl 용액을 10 ml 씩 공급하였다. NaCl의 농도는 0, 150 그리고 300 mM 3개의 수준으로 설정하였고, 발아조사는 25°C 생장상을 이용하여 실시하였다. NaCl 용액 처리 후 7일째에 유묘 길이가 2 mm 이상인 종자를 발아된 것으로 간주하였으며, 발아된 유묘의 지상부 및 뿌리의 길이를 조사하였다. 발아율은 발아한 종자의 백분율로 나타내었고, 발아기 내염성은 종자를 50립씩 치상하여 2반복으로 조사하였다(Dan & Brix, 2007; Jungklang *et al.*, 2003).

세스바니아 유전자원의 사료 가치 분석

사료가치 분석 시료는 대부분의 유전자원이 개화를 했던 7월 중순에 채취하였다. 시료의 조단백질은 국제공인분석법인 AOAC법(1990)으로 분석하였으며, 중성세제불용성섬유소(Neutral Detergent Fiber, NDF)와 산성세제 불용성 섬유소(Acid Detergent Fiber, ADF)는 Goering and Van Soest법(1970)을 이용하여 분석하였다. 총가소화양분(Total Digestible Nutrients, TDN)은 ADF와 NDF가 건물소화율 및 섭취량과 높은 상관관계를 가진다는 점에 근거한 계산식 TDN(%) = 88.9 - (0.79 × %ADF)을 이용하여 산출하였다(Holland *et al.*, 1990). *In vitro* 건물 소화율(*in vitro* Dry Matter Digestibility,

**Fig. 1.** Monthly temperature and precipitation at Jeonju in 2015.

IVDMD)은 Tilley and Terry의 방법(1963)을 Moore가 수정한 방법(1970)으로 분석하였다. 상대사료가치(Relative Feed Value, RFV)는 Holland *et al.* (1990)의 $DDM \times \frac{DMI}{1.29}$ 의 계산식에 의해 산출하였고, 미국초지조사료협회(AFGC) 건조등급(특등급 RFV 151 이상, 1등급 125~150, 2등급 103~124, 3등급 87~102, 4등급 75~86, 5등급 75 미만)을 적용하여 상대사료가치를 평가하였다(Seo *et al.*, 2012).

시험기간의 기온과 강수량

시험기간의 기온과 강수량은 Fig. 1과 같다. 시험기간인 4월부터 9월의 평균기온은 평년기온과 비슷하였으며 파종시기인 4월의 평균기온과 강수량은 13.9°C, 93.3 mm, 개화시기인 6~7월의 평균기온은 22~25°C, 121.9~124.7 mm였다.

통계분석

SAS프로그램(Version 9.2, SAS Institute Inc, Cary, North Carolina, USA)을 이용하여 통계분석을 수행하였다. 기술통계 분석으로 평균, 표준편차를 구하였고, 국내 적응성 세스바니아 간 생육 특성의 평균간 비교는 PROC ANOVA로 분산분석 후 유의성이 있을 경우 5% 유의수준에서 Duncan's Multiple Range test (DMRT)로 검정하였다.

결과 및 고찰

세스바니아 유전자원의 생육 특성

Fig. 2는 세스바니아의 생육형태, 화기 및 종실의 모습을 나타낸다. 세스바니아의 생육이 가장 왕성한 시기인 8월 중의 유전자원 15점의 주요 생육 특성은 Table 3과 같다. 유전자원 모두 초장은 2 m 이상이었는데, 특히 SL13이 4.23 m로 가장 길었고, 그 다음으로 SC04, SR01, SE07 등이 길었다. 지표면으로부터 10 cm 상부의 경직경은 SE7, SEs11,



Fig. 2. Morphology of whole plant, flower and seed of Sesbania.

Table 3. Growth characteristics and yield of Sesbania genetic resources in Korean environment.

	Plant height (cm)	Diameter of shoot (mm)	No. of branches per plant	No. of nodes per plant	No. of leaves per plant	Days to flowering ^z	Flowering (m,d) ^y	Ripening date (m,d) ^y	Flower color	Dry matter Yield (ton/ha)
SC04	336 ± 16.1bc	25 ± 2.0abcde	28 ± 1.3efgh	37 ± 1.3de	233 ± 18.4d	111	7.27	8.13	yellow	64 ± 5.4e
SE06	288 ± 22.5efg ^x	21 ± 0.6bcdef	25 ± 1.8fghi	34 ± 0.8ef	438 ± 15.5c	111	7.27	8.10	yellow	167 ± 6.3b
SE07	348 ± 13.0b	26 ± 1.5ab	46 ± 2.5ab	56 ± 0.8a	488 ± 18.8c	130	8.15	8.20	yellow	171 ± 11.6b
SEs11	305 ± 13.1def	25 ± 1.1abcd	45 ± 0.8ab	49 ± 0.5b	473 ± 20.6c	130	8.15	8.17	yellow	278 ± 5.5a
SEs12	198 ± 6.7j	18 ± 2.3f	16 ± 0.5i	26 ± 1.0g	81 ± 3.3e	161	9.15	10.1	yellow	27 ± 1.0f
SL13	423 ± 8.5a	24 ± 2.6abcde	33 ± 4.2cdefg	39 ± 4.2cde	614 ± 26.1b	103	7.19	8.17	yellow	133 ± 23.1c
SL14	314 ± 4.3cde	21 ± 1.2def	29 ± 2.2defgh	37 ± 3.3de	141 ± 8.2e	125	8.10	8.18	yellow	118 ± 7.0cd
SL15	200 ± 6.7j	10 ± 0.9g	20 ± 1.4hi	31 ± 1.0fg	113 ± 8.3e	120	8.5	8.7	yellow	33 ± 4.2f
SS20	286 ± 5.4fg	28 ± 1.0a	31 ± 2.4cdefg	37 ± 2.5de	460 ± 17.8c	102	7.18	8.5	yellow	170 ± 13.3b
SS21	261 ± 3.3h	21 ± 0.9cdef	22 ± 1.4ghi	31 ± 0.5fg	231 ± 13.5d	130	8.15	8.20	yellow	120 ± 23.5cd
SS22	320 ± 18.7cd	24 ± 5.5abcde	40 ± 5.4bcd	42 ± 5.6cd	581 ± 72.9b	111	7.27	8.5	yellow	60 ± 3.7e
SS24	286 ± 17.5fg	25 ± 5.5abc	42 ± 2.1bc	49 ± 3.0b	628 ± 22.5b	101	7.17	8.3	yellow	95 ± 2.1d
SS26	273 ± 5.0gh	26 ± 5.5ef	55 ± 17.7a	45 ± 3.8bc	723 ± 125.0a	101	7.17	8.3	yellow	99 ± 5.8d
SR01	330 ± 4.1bcd	27 ± 5.5abcde	37 ± 1.4bcde	48 ± 1.3b	642 ± 6.2ab	101	7.17	8.3	yellow	138 ± 25.6c
SX31	230 ± 3.3i	28 ± 5.5def	36 ± 1.7bcdef	43 ± 0.5bc	495 ± 4.1c	101	7.17	8.3	yellow	34 ± 2.5f
Mean	293.3	23.7	33.7	40.3	422.7	116	8.1	8.4	-	113.8
Range	198~423	10~31	16~55	26~56	81~723	101~161	7.17~9.15	8.1~10.1	-	27~278

*Date of observation: 2015. 08. 07

^zDate to flowering: days from seeding to start of flowering period.

^ym: month, d: date

*Values followed by different letters in the same column differ significantly at $p < 0.05$ by Duncan's Multiple Range Test.

SL13, SS20, SS22, SS24 등이 24~27 mm로 다른 자원에 비해 굵었다. SEs12는 다른 자원에 비해 생장이 늦었으며 엽수가 적고 초장이 짧았다. 주당 분지수는 평균 33개(최소 16개, 최대 55개)이었으며, SE7, SEs11, SS26이 45~55개로 다른 자원에 비해 많았고, 주당 마디수는 평균 40개(최소 26개, 최대 56개)이었으며, SE07이 가장 많았고, 그 다음으로 SEs11, SS24, SS26, SR01등이 48~49개로 많았다. 주당 엽수는 SS26, SR01, SS24, SL13이 600~900개로 많았다. 세스바니아 유전자원의 개화는 파종 후 82일경인 6

월 29일에 SS20, SS26, SR01 및 SX31의 개화가 시작되었으며, 유전자원에 따라 7월 상순부터 하순까지 개화가 시작되었고, SEs12는 8월 말에 개화가 시작되었다(Table 3). 세스바니아 유전자원의 개화소요일수는 평균 116일로 최소 개화소요일수는 101일, 최대 개화소요일수는 161일이었으며 대부분의 자원이 7월 중하순에 개화기를 형성하였다. Cho *et al.* (2014)에 의하면 7월 초에 *Sebania rostrata*를 파종할 경우 본 시험보다 파종부터 개화까지의 일수가 약 10일 정도 빨랐는데, 이는 세스바니아의 개화가 일장의 영향을 받

Table 4. Correlation coefficients among growth characteristics and yield of *Sesbania* genetic resources cultivated in Korean environment.

	Plant height (cm)	No. of branches per plant	No. of nodes per plant	No. of leaves per plant	Diameter of shoot (mm)	Yield (ton ha ⁻¹)
Plant height (cm)	1.000					
No. of branches per plant	0.354*	1.000				
No. of nodes per plant	0.469**	0.833**	1.000			
No. of leaves per plant	0.474**	0.799**	0.717**	1.000		
Diameter of shoot (mm)	0.594**	0.481**	0.610**	0.491**	1.000	
Yield (ton/ha ⁻¹)	0.445**	0.348*	0.415**	0.309*	0.629**	1.000

* and **: significant at the $p < 0.05$ and $p < 0.01$ level, respectively.

아 빨라졌기 때문인 것으로 보인다(Visperas *et al.*, 1987). 일반적으로 세스바니아의 꽃은 줄기와 가지의 마디에서 피며 꽃 색은 흰색, 노란색, 빨간색, 보라색으로 다양하지만, 본 시험에서 사용된 15개 유전자원의 꽃은 모두 노란색이었다. 개화는 50일 이상 지속되었으며, 개화 수는 결실이 시작된 8월부터 감소하였고 SEs12는 10월이 경과하여 결실이 시작되어 11월 초까지 지속되었다. Dreyfus & Dommergues (1981)는 세스바니아 뿌리와 줄기에서 뿌리혹이 발견된다고 하였지만, 본 시험에 사용된 유전자원에서는 뿌리혹이 발견되지 않았다. 생육 특성 간 상관관계를 검토한 결과는 Table 4와 같다. 초장, 줄기직경, 분지수, 마디수, 엽수, 건물생산량 간에는 각각 정의 상관관계를 보였다. 건물생산량은 경직경($r=0.629$), 초장($r=0.445$), 마디수($r=0.415$)와 1% 유의수준에서 정의 상관을 보여 경직경이 굵고 초장이 큰 자원들이 건물생산량이 많았는데, 그 중 SEs11이 278 ton ha⁻¹로 건물생산량이 가장 많아 바이오 매스 생산성의 가치가 높다고 사료된다. 세스바니아는 생육기간이 경과하면서 줄기가 경화되는 특성을 보였고 줄기의 사료가는 벼짚보다 높았으며 잎의 사료가 보단 낮았다. 따라서 엽수가 많았던 SS26, SR01, SS24, SL13, SS22에 대해 사료로의 이용을 검토해볼 필요가 있다.

발아기 및 유묘기 내염성

우리나라 간척지의 염농도는 0.1~2.5% (15~416 mM)로 구역과 시기에 따라 편차가 크며 간척지 염토양은 자체의 복합적 요인과 기후조건이 맞물려 작물에 해를 입힌다(Kim *et al.*, 2019; Ko *et al.*, 2009). 발아기의 염 스트레스에 대한 발아 반응은 Fig. 3A와 같다. 발아 반응은 염농도와 유전자원에 따라 차이를 보였고, 발아율은 염농도가 높아질수록 대조구(0 mM)에 비해 감소되는 경향이 있었다. 각 유전자원의 대조구에서의 평균 발아율은 50%로 높지 않았지

만 SX31은 98%로 매우 높았다. 대조구에 대한 NaCl 150 mM구에서 발아율 감소율이 50% 이하인 자원은 SC04, SE07, SEs12, SL13, SL15, SS20, SS24, SS26, SR01, SX31 이었는데, 이중 SC04, SE07, SL13, SL15, SS20, SS24, SR01, SX31가 20%의 감소율을 보였다. 대조구에 대한 NaCl 300 mM구에서 발아율 감소율이 50% 이하인 자원은 SL13, SS20, SS24, SR01이었고, 나머지는 70% 이상의 감소율을 보였다.

NaCl 300 mM구에서 발아율이 높았던 SL13, SS20, SS24, SR01와 150 mM구에서 발아율 감소가 낮았던 SC04와 SX31의 지상부와 뿌리의 길이를 측정하였다(Fig. 3B). 염스트레스에 따른 유전자원의 발아 반응은 지상부와 뿌리 길이의 감소 정도에 의해 분명히 구분 되었으며, 지상부 길이보다 뿌리 길이의 감소율이 더 컸다. 이는 염농도가 증가할수록 지상부와 뿌리 길이가 감소하며, 지상부보다는 뿌리가 더 영향을 크게 받는다고 한 결과와 같은데(Muhammad *et al.*, 2006), 선발된 자원들의 대조구에 대한 처리구 간의 지상부 길이는 150 mM구와 300 mM구에서 각각 36%와 78%의 감소율을 보였지만, 뿌리 길이는 각각 78%와 92%의 감소율을 보였다. 선발된 유전자원 중 SX31은 고염농도(300 mM)에서 정상적으로 지상부 생장이 이루어지지 않았고, SR01은 150 mM구와 300 mM구에서 각각 58%와 81%로 비교적 낮은 뿌리 생장 감소율을 보였으며, 발아율 조사에서 처리구 간 발아율 감소가 작았던 SS20은 줄기와 뿌리 모두 평균보다 감소율이 높았다. Jungklang (2005)은 *Sesbania rostrata*의 발아율 시험 시 250~300 mM NaCl 처리에 의해 종자의 배축이 노랗게 변하기 시작한다고 하였는데, 본 시험에서 사용한 유전자원에서도 유사한 결과가 관찰되었는데, 염처리 시 유근의 색은 검게 변하였고 길이는 점점 짧아졌다. 이는 Na⁺의 저해작용으로 인해 유근의 길이가 짧아진 것으로 판단되며(Tobe *et al.*, 2003), 각각의 염처리구에서 나타난 종자의 발아율이나 유아 길이의 감소는 NaCl

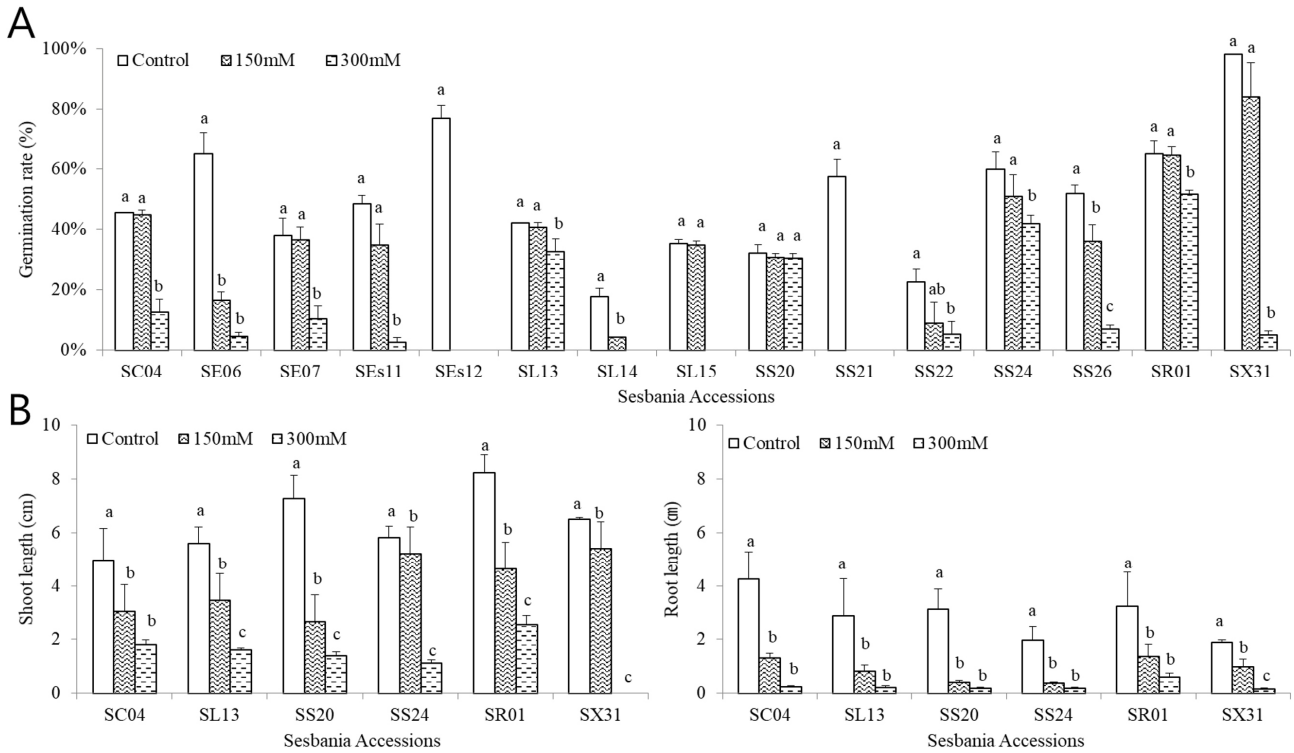


Fig. 3. Germination rates of seeds of *Sesbania* (A) and growth of germinated seedlings of selected *Sesbania* genetic resources (B) treated with different concentration of NaCl for 7 days. a-c values with different superscripts are significantly different at $p < 0.05$.

처리 하에서의 삼투 포텐셜의 영향으로 종자의 수분흡수가 저해되었거나(Almansouri *et al.*, 2001; Sardoo & Fastemeh, 2016), NaCl의 독성에 의해 피해를 받았거나(Zhu *et al.*, 2016), 이온의 불안정화 또는 이 모든 작용들이 복합적으로 작용한 결과인 것으로 생각된다(Al-Hakimi & Hamada, 2001). 이상의 결과를 요약하면 유전자원 SL13, SS20, SS24, SR01은 발아기의 고염처리에 의한 발아율 감소율이 낮았으나 유묘와 유근의 생장은 크게 저해되었으며, NaCl 150 mM구에서는 SC04와 SX31, NaCl 300 mM구에서는 SL13, SS20, SS24, SR01의 발아율이 높았다.

세스바니아 유전자원의 사료 가치 분석

본 실험에서는 CP, ADF, NDF, IVDMD를 분석하였는데, 전체 유전자원의 수분 함량은 평균 70%이었으며, 줄기가 잎보다 3~4% 정도 더 높았다(Table 5). CP함량은 잎이 평균 24.5% (16.9~29.8%), 줄기가 평균 6.4% (3.8~9.7%)로 잎이 줄기보다 3~4배 높았다. 자원 별로 보면 잎의 CP함량이 높은 자원이 줄기의 CP함량도 비교적 높은 경향이 있었으며, 잎의 CP함량은 SC04이 29.8%로 가장 높았고, 줄기의 CP함량은 SEs12가 9.72%로 가장 높았다. 잎의 ADF와

NDF는 각각 평균 23.9% (19.3~29.9%)와 38% (32.6~42.6%) 이었고 줄기는 각각 평균 55.9% (51.0~61.4%)와 66.3% (61.7~73.2%)로 잎 보다 줄기에서 매우 높은 경향을 보였다. ADF는 산성용액에 분해되지 않는 섬유질 세포구성 성분 함량이며, NDF는 중성용액에 분해되지 않는 섬유질 세포구성 성분 함량을 나타내는데, 이들 값이 높을수록 사료의 가치는 떨어지고 가축의 사료 섭취량은 줄어들게 된다(Grant *et al.*, 1997). IVDMD도 잎은 평균 74.3% (65.4~81.7%), 줄기는 평균 50.6% (41.8~58.7%)로 잎의 소화율이 뚜렷이 높았으며, ADF와 NDF 함량으로 산출되는 TDN과 RFV도 잎이 줄기보다 크게 높았다. 일반적으로 사료의 가치는 수입 알팔파를 기준으로 평가되는데 CP, ADF, NDF, TDN 및 RFV를 계산해 최상부터 5등급까지 기준을 정하여 건초 및 조사료의 질을 평가하여 사료의 거래에 이용하고 있으며, RFV값이 125 이상이어야 미국초지조사료협회(AFGC)가 규정한 건초의 품질등급 1등급 이상에 해당된다(Nongsaro, 2014). 본 실험에서 모든 세스바니아 유전자원의 잎은 RFV 값이 151 이상으로 특등급에 해당되지만, 모든 유전자원의 줄기는 5등급에 해당하여 사료가치가 매우 낮으며, 이중 SL14, SL15, SS24, SX31을 제외한 나머지

Table 5. The forage value of leaf (A) and stem (B) parts of Sesbania plants (% of DM).

(A) Leaf

Genetic resources	Moisture (%)	CP ^z (%)	ADF ^y (%)	NDF ^x (%)	DMI ^w	TDN ^v (%)	IVDMD ^u (%)	RFV ^t
SC04	69.2	29.8	19.3	35.5	3.4	73.6	78.0	192.9
SE06	70.5	27.3	21.3	39.4	3.0	72.0	79.0	170.1
SE07	68.1	21.7	27.7	42.6	2.8	67.0	65.4	146.5
SEs11	69.0	24.2	20.7	38.7	3.1	72.5	69.1	174.6
SEs12	70.2	28.9	15.6	32.6	3.7	76.5	81.7	218.5
SL13	66.7	28.6	20.9	36.7	3.3	72.4	77.9	183.4
SL14	67.4	23.7	25.5	37.2	3.2	68.7	72.5	172.0
SL15	69.4	17.4	27.1	35.8	3.4	67.5	71.7	175.6
SS20	67.3	28.1	19.8	36.3	3.3	73.3	77.9	187.8
SS21	66.3	27.7	21.6	41.6	2.9	71.9	74.6	160.8
SS22	66.1	27.7	27.6	40.9	2.9	67.1	76.4	152.6
SS24	66.7	16.6	26.7	38.2	3.1	67.8	71.6	165.0
SS26	66.7	20.2	28.0	39.5	3.0	66.8	69.5	157.2
SR01	67.7	21.8	29.9	37.6	3.2	65.3	71.4	161.7
SX31	71.6	24.2	27.5	40.2	3.0	67.2	77.8	155.7
Mean	68.2	24.5	23.9	38.2	3.2	70.0	74.3	171.6
Range	66.1~71.6	16.6~29.8	15.6~29.9	32.6~42.6	2.8~3.7	65.3~76.5	65.4~81.7	146.5~218.5

(B) Stem

Genetic resources	Moisture (%)	CP ^z (%)	ADF ^y (%)	NDF ^x (%)	DMI ^w	TDN ^v (%)	IVDMD ^u (%)	RFV ^t
SC04	72.8	6.3	54.4	68.1	1.8	45.9	49.4	62.8
SE06	76.8	8.3	53.3	65.7	1.8	46.8	56.3	66.3
SE07	76.1	7.7	51.9	62.3	1.9	47.9	53.5	71.5
SEs11	76.9	6.8	51.1	62.5	1.9	48.5	55.9	72.2
SEs12	77.8	9.7	51.0	61.7	1.9	48.6	58.7	73.2
SL13	67.6	7.2	55.9	66.8	1.8	44.8	48.9	62.3
SL14	70.9	4.8	57.1	65.9	1.8	43.8	49.7	61.9
SL15	72.3	4.4	58.5	70.8	1.7	42.7	46.6	56.1
SS20	71.2	6.8	58.7	66.2	1.8	42.6	50.0	59.8
SS21	64.3	8.1	54.8	64.1	1.9	45.6	52.9	66.2
SS22	70.5	7.2	60.8	69.8	1.7	40.9	46.2	54.5
SS24	69.6	3.8	60.5	68.7	1.7	41.1	44.9	55.6
SS26	69.1	5.5	57.6	68.4	1.8	43.4	49.5	59.0
SR01	74.2	6.0	53.0	61.5	2.0	47.1	54.9	71.2
SX31	67.8	3.9	61.4	73.2	1.6	40.4	41.8	51.3
Mean	71.9	6.4	56.0	66.4	1.8	44.7	50.6	62.9
Range	64.3~77.8	3.8~9.7	51.0~61.4	61.5~73.2	1.6~2.0	40.4~48.6	41.8~58.7	51.3~73.2

*Sampling date: 2015. 07. 15

^zCP: Crude protein^yADF: Acid detergent fiber^xNDF: Neutral detergent fiber^wDMI: Dry matter intake^vTDN: Total digestible nutrient^uIVDMD: In vitro dry matter digestibility^tRFV: Relative feed value

자원의 줄기는 벧짚(CP 5.07%, TDN 43.66%) (STFCK, 2012) 보다 사료가치가 조금 더 나은 수준이다. 본 연구에서는 동일 시기에 1회 채취한 시료의 사료가치를 측정하였으므로 시료 채취시기의 각 자원의 생육단계가 사료가치에 영향을 미쳤을 가능성이 있다. 즉, SEs12는 생육과 개화가 늦은 만생종이기 때문에 개화가 빨랐던 SS20, SS26, SR01, SX31 등 보다 사료가치가 더 높게 평가되었을 가능성을 배제할 수 없는데, 이는 생육기간이 경과될수록 식물체 내의 ADF함량은 높아지고 조단백질 등 기타 영양소 함량은 낮아지기 때문이다(Nongsaro, 2014). 만생종의 경우 조생종과 중생종보다 수량성이 떨어지기 때문에 사료 생산량 측면에서는 조생종과 중생종이 적합해 보이며, RFV 값이 높았던 자원 중 SC04, SL13, SS20, SS24, SR01이 조생종 및 중생종에 해당된다. 이들 다섯 자원은 생육특성의 차이가 뚜렷하였는데, SC04는 초장은 길었지만 분지수와 엽수, 생산량이 유의적으로 낮았으며, SL13은 초장이 길고 분지수와 엽수가 많아 사료생산에 있어서 유리할 것으로 보인다. SS20와 SR01은 초장이 작지만 분지수와 엽수 등이 많아서 건물생산량이 높았고 SS24는 엽수는 많았지만 건물 생산량이 비교적 낮은 특성을 보였다. 또한 이들 자원은 발아기 내염성 검정에서 150 mM, 300 mM에서 비교적 높은 발아율을 보였기 때문에 간척지 토양에서의 조사료 생산 가능성에 대한 추가적인 연구의 가치가 있는 것으로 보인다.

적 요

1년생 콩아과 작물인 세스바니아는 사료가치가 우수하고 높은 수준의 내염성을 가진다고 알려져 있다. 본 실험은 국내 간척지에서의 조사료 생산에 적합한 사료작물을 발굴하기 위하여 국내 기후조건에서 개화와 결실이 가능한 도입 유전자원 15점의 주요 생육 특성과 발아기 내염성 및 사료가치 등을 평가하였다. 일반 시험포장에서의 세스바니아 유전자원의 개화는 파종 82일 후에 시작 되었으며, 7월 중하순에 유전자원 대부분이 개화하였고, 결실은 8월 초부터 시작 되었다. 초장은 평균 2.93 m (최소 1.98 m, 최대 4.23 m)이 었으며, SL13이 4.23 m로 가장 길었고, 그 다음으로 SC04, SR01 등이 길었다. 건물생산량은 평균 113.8 ton/ha (최소 27 ton/ha, 최대 278 ton/ha)이었으며 유전자원의 경직경에 의해 건물생산량이 크게 영향을 받았는데, 세스바니아의 줄기는 시간이 지남에따라 경화되었기 때문에 엽수가 많은 자원이 사료로 이용가치가 높을 것으로 보이며, 엽수가 많았던 SR01과 SL13이 138 ton/ha, 133 ton/ha으로 비교적 높은 건물생산량을 보였다. 종자를 NaCl 0 mM, 150 mM,

300 mM 용액에서 7일간 처리한 뒤 발아율 및 유묘의 지상부와 뿌리의 길이로 평가된 발아기 내염성은 SC04, SL13, SS20, SS24, SR01 등이 높았다. 개화기에 채취한 시료의 CP, ADF, NDF, IVDMD를 기준으로 평가된 사료가치는 잎이 줄기보다 월등히 높았으며, 줄기의 사료가치는 벧짚보다 약간 양호한 수준이었다. 모든 유전자원의 잎은 AFGC가 규정한 조사료 품질등급에서 1등급 이상이었는데, 출수기와 생육특성을 고려하였을 때 RFV가 우수한 것으로 평가된 SC04, SL13, SS20, SS24, SR01은 발아기 내염성도 강하였기 때문에 이들 자원에 대해 간척지 토양에서의 조사료 생산 가능성에 대한 추가실험을 수행할 가치가 있다고 생각된다.

사 사

본 연구는 농촌진흥청 농업유전자원관리기관사업의 지원에 의해 이루어진 것임.

인용문헌(REFERENCES)

- Al-Hakimi, A. M. A. and A. M. Hamada. 2001. Counteraction of Salinity Stress on Wheat Plants by Grain Soaking in Ascorbic Acid, Thiamin or Sodium Salicylate. *Biologia plantarum*. 44(2) : 253-261. doi:10.1023/a:1010255526903
- Almansouri, M., J. M. Kinet, and S. Lutts. 2001. Effect of salt and osmotic stresses on germination in durum wheat (*Triticum durum* Desf.). *Plant and soil*. 231(2) : 243-254.
- AOAC. 1990. Official methods of analysis (15th ed). Association & Official Analytical Chemists, Washington DC.
- Cho, H. S., M. C. Seo, J. H. Kim, W. g. Sang, P. Shin, and G. H. Lee. 2015. Screen of Green Manure Crops for Cultivation on Agricultural Land with Spring Season in the Central Regions of Korea. *Korean Journal of Soil Science and Fertilizer*. 48(6) : 689-696.
- Cho, H. S., K. Y. Seong, T. S. Park, M. C. Seo, M. H. Kim, and H. W. Kang. 2014. The Characteristics of Growth and Green Manure Yield by Different Kinds of Landscape Crops Cultivated in Summer in Upland Soil. *Korean Journal of Soil Science and Fertilizer*. 47(5) : 324-331. doi:10.7745/kjssf.2014.47.5.324
- Dan, T. H. and H. Brix. 2007. The influence of temperature, light, salinity and seed pre-treatment on the germination of *Sesbania sesban* seeds. *African Journal of Biotechnology*. 6(19).
- Dreyfus, B. and Y. Dommergues. 1981. Tropical Legume *Sesbania Rostrata*. *FEMS Microbiology Letters*. 10 : 313-317.
- Goring, H. and P. Van Soest. 1970. Forage fiber analysis. *Ag. Handbook*. No. 379. ARS. USDA. Washington DC.

- Grant, R., B. Anderson, R. Rasby, and T. Mader. 1997. Testing Livestock Feeds For Beef Cattle, Dairy Cattle, Sheep and Horses. Institute of Agriculture and Natural Resources, University of Nebraska.
- Holland, C., W. Kezar, W. Kautz, E. Lazowski, W. Mahanna, and R. Reinhart. 1990. Pioneer forage manual: a nutritional guide. Pioneer Hi-Bred., Des Moines, IA.
- Jungklang, J. 2005. Physiological and biochemical mechanisms of salt tolerance in *Sesbania rostrata* (Brem. and Oberm.). Ph. D. Thesis. Tsukuba University. Tsukuba.
- Jungklang, J., K. Usui, and H. Matsumoto. 2003. Differences in physiological responses to NaCl between salt-tolerant *Sesbania rostrata* Brem. & Oberm. and non-tolerant *Phaseolus vulgaris* L. *Weed Biology and Management*. 3(1) : 21-27.
- Kabir, A. A., M. Moniruzzaman, Z. Gulshan, A. M. Rahman, and A. G. Sarwar. 2018. Biomass Yield, Chemical Composition and In Vitro Gas Production of Different Dhaincha (*Sesbania* spp.) Accessions from Bangladesh. *Indian Journal of Animal Nutrition*. 35(4) : 397-402.
- Kim, D. H., D. S. Kang, J. Y. Moon, H. Y. Shin, G. M. Shon, C. W. Rho, and J. G. Kim. 2009. Study on cropping system and nitrogen fertilizers of whole crop barley and leguminous crop for production of good quality forage. *Journal of The Korean Society of Grassland and Forage Science*. 29(3) : 197-192.
- Kim, H. J., K. S. Ki, S. S. Jang, H. Y. Seung, E. M. Lee, D. H. Kang, B. H. Park, E. G. Kwon, and K. Y. Chung. 2018. Effects of Italian ryegrass diet on the performance, carcass characteristics, and blood metabolites of Hanwoo steers. *Korean Journal of Agricultural Science*. 45(1) : 84-93.
- Kim, J.-Y., P.-M. Seong, D.-B. Lee, and N.-J. Chung. 2019. Growth and Physiological Characteristics in a Halophyte *Suaeda glauca* under Different NaCl Concentrations. *Korean Journal of Crop Science*. 64(1) : 48-54.
- Kim, M. J., S. Seo, J. G. Kim, K. J. Choi, K. Y. Kim, S. H. Lee, S. S. Chang, T. I. Kim, E. G. Kwon, *et al.* 2010. Effect of Seeding Rates of Cold Tolerant Italian Ryegrass Varieties on Those Seed Production. *Journal of The Korean Society of Grassland and Forage Science*. 30(3) : 247-256.
- Ko, J., W. Choi, N. Back, H. Kang, J. Choung, K. Ha, C. Kim, and K. Lee. 2009. Selection of salinity tolerant lines by establishment of salt screening techniques at rice seedling stage. *Korean Journal of Breeding Science*. 41(1) : 25-31.
- KREI (Korea Rural Economic Institute). 2013. Trend of agricultural import from FTA partners. Naju, Korea.
- Kwon, C. H. and B. J. Woo. 2006. Supply and Demand of Forage Crops and Tasks, *Agricultural Outlook 2006*. Korea Rural Economic Institute (KREI).
- Lee, H. S. and I. D. Lee. 2000. A comparative study in nutritive value of imported roughages. *Journal of the Korean Society of Grassland Science*. 20(4) : 303-308.
- Lee, K. B., J. G. Kang, L. Jumei, D. B. Lee, and C. W. K. Park, Jae Duk. 2007. Evaluation of Salt-Tolerance Plant for Improving Saline Soil of Reclaimed Land. [Evaluation of Salt-Tolerance Plant for Improving Saline Soil of Reclaimed Land]. *Korean Journal of Soil Science and Fertilizer*. 40(3) : 173-180.
- Mahmood, K. 1998. Effects of salinity, external K⁺/Na⁺ ratio and soil moisture on growth and ion content of *Sesbania rostrata*. *Biologia plantarum*. 41(2) : 297-302.
- Moore, J. 1970. Procedure for the two-stage in vitro digestion of forage. *Nutrition research techniques for domestic and wild animals*. 1 : 5001-5003.
- Muhammad, J., D. B. Lee, K. Y. Jung, A. Muhammad, S. C. Lee, and E. S. Rha. 2006. Effect of salt (NaCl) stress on germination and early seedling growth of four vegetables species. *Journal of Central European Agriculture*. 7(2) : 273-282.
- Nigussie, Z. and G. Alemayehu. 2013. *Sesbania sesban* (L.) Merrill: Potential uses of an underutilized multipurpose tree in Ethiopia. *African Journal of Plant Science*. 7(10) : 468-475.
- Nongsaro. 2014. Evaluation of forage crops. <http://www.nongsaro.go.kr/>.
- Sardoo, M. and S. Fastemeh. 2016. Evaluation of salt tolerance of tomato (*Lycopersicon esculentum*). *Agricultural Advances*. 5(1) : 221-226.
- Seo, S., W. H. Kim, M. W. Jung, S. H. Lee, C. M. Kim, J. H. Choi, J. S. Kim, H. Y. Kim, and J. K. Lee. 2012. Forage quality and production of *Phragmites communis* as a native grass according to growth stages. *Journal of The Korean Society of Grassland and Forage Science*. 32(2) : 109-116.
- STFCK. 2012. Standard tables of feed composition in Korea. National Institute of Animal Science, RDA.
- Tilley, J. and R. Terry. 1963. A two-stage technique for the in vitro digestion of forage crops. *Grass and forage science*. 18(2) : 104-111.
- Tobe, K., L. Zhang, and K. Omasa. 2003. Alleviatory effects of calcium on the toxicity of sodium, potassium and magnesium chlorides to seed germination in three non-halophytes. *Seed Science Research*. 13(1) : 47-54.
- Visperas, R., R. Furoc, R. Morris, B. Vergara, and G. Patena. 1987. Flowering response of *Sesbania rostrata* to photoperiod. *Philippine Journal of Crop Science*. 12(3) : 147-149.
- Zhu, K., W. Cui, C. Dai, M. Wu, J. Zhang, Y. Zhang, Y. Xie, and W. Shen. 2016. Methane-rich water alleviates NaCl toxicity during alfalfa seed germination. *Environmental and Experimental Botany*. 129 : 37-47. doi:10.1016/j.envexpbot.2015.11.013