

국내 자생 엽채류 번행초의 우수 유전자원 기초 선발

김인경¹ · 이가연¹ · 김성기² · 김병운² · 최원영³ · 이금주^{1*}

¹충남대학교 원예학과, ²목포대학교 원예과학과, ³작물과학원 벼맥류부 간척지농업과

Preliminary screening of leafy vegetable New Zealand spinaches (*Tetragonia tetragonioides*) native to Korea

In-Kyung Kim¹, Ka Yeon Lee¹, Sung-Ki Kim², Byung-Woon Kim², Weon-Young Choi³, Geung-Joo Lee^{1*}

¹Department of Horticulture, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea

²Department of Horticultural Science, Mokpo National University, Mooan 534-729, Korea

³Reclaimed Land Agriculture Research Division, Nat'l Institute of Crop Science, Iksan 570-080, Korea

Received on 12 November 2012, revised on 22 November 2012, accepted on 10 December 2012

Abstract : Recent development and enlargement of reclaimed lands along the sea shores required to explore alternatives to existing crops, which are suitable to grow well and to declare higher profits. The objectives of this study were to investigate yield-related parameters for development of new leafy vegetables, and to screen some candidates among New Zealand spinach genotypes which were collected in Korea. Initially all the collected genotypes were grown for 7 weeks in a greenhouse of the experiment field in Chungnam National University, and then transplanted into the field to measure morphological or physiological parameters (plant height, branch number, stem diameter, chlorophyll content, and maximum canopy diameter), and yield-related parameters (leaf number, leaf length, leaf width, fresh weight and dry weight). Those parameters were quantitatively measured at 1, 5 or 9 weeks after transplanting (WAT). Parameters exhibiting statistically significant difference among the accessions were plant height, branch number, maximum canopy diameter, chlorophyll content, and leaf length. In contrast to highly correlated parameters with fresh and dry weight obtained in salt-affected soil in the earlier report, fresh weight was correlated significantly with leaf length ($r=0.72$), leaf width ($r=0.64$), and canopy diameter($r=0.66$), while dry weight was correlated significantly with plant height ($r=0.46$), leaf length ($r=0.72$), leaf width ($r=0.73$), fresh weight ($r=0.79$), chlorophyll content ($r=0.47$), and canopy diameter ($r=0.87$). Based on the significantly correlated with yield parameters, the candidate accessions which were ranked in top statistical groups include CNU06A01, CNU06A13, CNU06A26, CNU06A35, CNU06A38, and CNU06A55. In order to be cultivated in reclaimed lands, it is necessary to screen out salt tolerant accessions among the above high-yielding genotypes.

Key words : Chlorophyll content, Fresh and dry weight, Leaf parameter, Plant height, Branch number

I. 서론

우리의 식생활과 밀접한 관련이 있는 대표적인 채소중 하나인 엽채류는 김치의 주재료인 배추를 비롯하여 상추, 시금치, 근대 등 과거부터 재배되어 이용하고 있는 것만이 아니라, 최근에는 채취하여 이용하던 냉이, 달래, 고사리 등 다양한 종류의 엽채류를 재배하여 이용하고 있다. 그 종류만해도 배추과의 열무, 열갈이배추, 갓, 양배추, 케일,

청경채, 쌈배추등이 있으며, 국화과에서는 상추, 쑥갓, 엔디브, 치커리 등이 있다. 그 외에도 미나리, 잎비트, 부추 등이 엽채류로 사람들에게 먹을거리로 제공되고 있다. 특히 엽채류는 건강 및 기능성이 강조되어 소비자로부터 그 필요성이 많이 요구되고 있으며, 일부를 제외하고는 대부분 생채로 섭취하기 때문에 다른 채소류보다 신선도와 안전성이 우선시 되고 있다. 엽채류 중에서 소비가 가장 많은 배추를 제외하면 상추, 시금치, 양배추 등이 그다음으로 소비량이 많고 대중적으로 알려져 있다(Choi et al., 2005). 국내에서 엽채류 재배면적은 식생활 패턴의 변화, 외식산

*Corresponding author: Tel: +82-42-821-5734

E-mail address: gilee@cnu.ac.kr

업의 성장 정체 등으로 인한 수요 감소와 수입물량의 증가로 2000년 이후 감소추세를 보이고 있다. 재배면적의 감소에 비해 생산량의 증가에도 불구하고 품목마다 판매가격 증감률이 상이하여 염채류 전체 생산액은 감소하였다(Jang et al., 2009).

1990년 초반 이후 농촌의 도시화와 공장 등 산업용지로의 전환에 따라 계속 감소추세에 있는 농경지는 간척사업과 함께 기존 농지와는 토양의 물리적 및 화학적 성질이 상이한 대단위 면적의 토양이 전담으로 이용되어지고 있다. 따라서 이러한 전환농지에서 안정적인 식량자원의 확보와 농가소득을 위한 대체작물의 개발노력이 시도 중이다. 간척지 개발 초기에는 생태복원 차원에서 염습지 자생 식물을 이용한 토양피복 및 유기물의 공급에 초점을 맞춘 연구가 진행되었고(Kim, 2009; Myung et al., 2011), 가장 보편적으로 재배되고 있는 식량작물로 벼, 보리 및 옥수가 주요 대상이 되고 있고(Choi et al., 2011; Lee et al., 2011; Kim et al., 2012), 최근에는 사료작물(Yang et al., 2012), 에너지 작물(An et al., 2011) 및 내염성 작물인 사탕무 등 특용작물(Lim et al., 2010) 등으로 확대되어지고 있다. 반면에 간척지와같은 염류토양에서 채소작물의 재배를 위한 노력은 상대적으로 미흡하였다고 볼 수 있으나 최근 기능성 식품의 수요도가 증가하면서 기존 약용작물의 채소작물화 시도에 맞추어 통통마디, 갯개미취, 변행초 등 염생식물이 채소작물로의 재배 가능성을 위한 연구 대상이 되고 있다(Kim et al., 2008; Kim et al., 2011).

그러나 간척지 조성을 위해 매립한 토양의 경우 토양 지하부에서 모세관을 따라 축적되어 있는 가용성 염류와 치환성 나트륨의 상승으로 인하여 작물 근권부에 염분농도가 집적되게 되고, 매립에 이용된 운반 토양이 일반 농지에 비해 자연 비옥도가 낮아 작물의 발아 및 생장에 악영향을 미치게 되어 생산량의 저하와 생육고사의 문제가 발생한다고 할 수 있다(Lee et al., 2006). 염생식물(halophyte)은 높은 염분 토양에서 적응할 수 있는 고유의 내염성 기작을 보이면서 간척지의 숙전화 전단계 토양의 이화학성을 개량하는데 효과적으로 이용할 수 있고 동시에 광활한 면적을 식생으로 피복하여 분진 등의 문제를 극소화시킬 수 있는 대상으로 유리한 장점을 보인다(Neves et al., 2007; Yousif et al., 2010). 우리나라의 간척지와 염해지의 주요 우점초종은 명아주과의 나문재, 칠면초, 해홍나물, 통통마디와 갯개미취등이 있으며(Kang et al., 1998) 약 1,560종의 내염

성 식물이 존재하고 그 중 우리나라에는 46%가 명아주과, 목초과, 국화과, 두과식물이며, 변행초를 포함한 석류플과 식물이 일부 존재하는 것으로 알려져 있다(Myeong et al., 2011).

그 중 변행초는 시금치와 비슷하나 더 부드러운 특징을 갖고 있으며 외국에서는 생체 상태의 샐러드로 이용되고 데쳐서 나물로도 섭취되는 식용작물이다(Haase, 1990; Jaworska, 2005a; Jaworska, 2005b). 일부 아시아 문화에서는 위암 및 위궤양에 대한 약용식물로도 이용되고 있고(Kato et al., 1985) 변행초로부터 추출한 steryl glucoside가 쥐의 궤양 형성을 억제한다는 보고가 이를 뒷받침되고 있다(Okuyama and Yamazaki, 1983). 또한 최근 몇 년 전부터 웰빙 트렌드가 지속 되고 있으며, 이로 인해 천연 및 유기농 제품이 인기를 얻고 있다(Kim, 2011). 이에 변행초의 추출물이 항산화, 미백 및 항노화에 효과가 있다는 연구결과가 나와 화장품원료로서의 가치도 증가 할 것으로 보인다(Hwang, 2011). 이와 같이 변행초는 약리효능이 우수하며 식용작물 및 기능성 화장품, 건강식품 등의 원료로서 그 수요가 늘어날 것으로 예상하고 있으나, 재배법이 개발되지 않아 수요 확대에 제한이 되고 있다(Aoki et al., 1982; Bar and Schmidt, 1988; Emi and Mikio, 1983). 국내 해안 염류토양에서 자생하고 있는 변행초는 사질토양보다는 식양토 또는 사양토에서의 생육이 더 우수하게 나타났고, 염해 스트레스 조건에서 식물초장, 생체중, 건물중이 염농도 증가에 따라 감소하는 것으로 보아 절대적 염생식물(absolute halophyte)이라기 보다는 상대적 염생식물(facultative halophyte)로 보여지나 염처리 농도를 5- 16 dS/m 범위에서 세분화하여 추가적인 연구를 수행할 필요가 있다고 생각된다(Kim et al., 2011).

상기에서 기술한 바와 같이 국내에서 자생 유전자원을 활용한 채소작물화 노력은 상대적으로 미흡하였다. 외국의 경우 변행초는 식용 및 약용으로 활용되어지고 있으나(Kato et al., 1985; Jaworska, 2005a; Jaworska, 2005b), 국내에서는 아직 대단위 재배가 시도된 바가 없다. 새만금과 같이 큰 면적의 신 간척지가 조성된 후 초기 높은 토양 염도 하에서 재배할 수 있는 발작물의 종류가 많지 않고 고소득의 틈새 작물 개발이라는 차원에서 염분토양에서 재배가 가능하고 채소작물로 유망한 변행초의 발작물화를 위해서는 재배에 적합하고 생육이 우수한 개체의 선발이 우선 필요하다고 하겠다. 따라서 본 연구는 수집된 자생 변행초 유전자원을 대상으로 염채류로 재배할 경우 수량성이 우수

한 유전자원을 선발하기 위하여 실시하였다.

II. 재료 및 방법

1. 변형초 파종 및 정식

2010년에서 2011년 동안 국내 12개 해안가 및 사구지역에서 수집한 자생 변형초 59개 유전자원을 2012년 2월 초 충남대학교 유리온실에 파종하였다. 수집한 종자는 자연 풍건 후 사용할 때까지 4°C 냉장고에 보관하였다. 파종은 직경 7 cm 비닐포트를 이용하였으며 상토는 원예용 High 상토(부농)를 초기 발아 및 생육을 위해 이용하였다. 따라서 발아 및 발아 후 이식까지는 추가 시비를 하지 않았고 건조피해를 막기위하여 물관리만 주기적으로 실시하였다.

그 중 수집지역 12곳을 대표하는 25개(동일지역에서 여러 유전자원을 수집한 경우 복수의 변형초 자생자원을 포함시킴) 유전자원을 가지고 일반 토양위에서의 생육차이를 비교하기 위해 파종 후 7주째에 초장생육 및 실생묘가 균등한 개체를 골라 포장실험에 이용하였다(Table 1).

포장 정식은 발아 후 약 7주가 경과된 균등한 개체만을 골라 이용하였다. 정식 당시 유묘는 12개 이상의 잎을 발생하였고 측지의 발생이 5주 째 유묘에 비하여 시각적으로 확연히 구분되기 시작하였다(Fig. 1). 정상적인 발작물 재배에 맞춰 물빠짐을 고려하여 고랑과 이랑을 만들고 잡초 발생 방지와 토양 건조를 최소화하기 위하여 검은 색 부직포로 멀칭을 하였다. 자생 변형초 유전자원 간 생육비교는 충남대학교 농장내 시험포장에서 시험구(1 m × 1 m)를 조성하여 발아 8주차에 변형초 육묘를 완전임의배치로 3반복

Table 1. Twenty five accessions representing geographical regions of Korea, which were used in the preliminary screening test.

Accession no.	Collection location	Coordinate	
		Longitude	Latitude
CNU06A01	Jeju Island Jeju-si	126° 22' 54.59"	33° 28' 49.99"
CNU06A04	Jeju Island seogwipo-si	126° 47' 0.42"	33° 18' 23.9"
CNU06A06	Jeju Island Jeju-si	126° 17' 13.11"	33° 26' 39.11"
CNU06A07	Jeju Island seogwipo-si	126° 10' 25.62"	33° 16' 19.18"
CNU06A08	Jeju Island Jeju-si	126° 17' 26.17"	33° 25' 56.94"
CNU06A13	Jeju Island seogwipo-si	126° 38' 46.36"	33° 16' 4.5"
CNU06A15	Jeonnam Wando-gun	126° 39' 3.8"	34° 19' 48.1"
CNU06A17	Jeonnam Wando-gun	126° 55' 22.4"	34° 11' 5.4"
CNU06A21	Jeonnam Sinan-gun	125° 24' 33.2"	34° 40' 41.8"
CNU06A23	Jeonnam Haenam-gun	126° 35' 29.6"	34° 18' 51.1"
CNU06A26	Jeonnam Jindo-gun	126° 6' 15.6"	34° 26' 4.3"
CNU06A29	Jeonnam Jindo-gun	126° 21' 51.2"	34° 27' 31.9"
CNU06A30	Jeonnam Jindo-gun	126° 15' 54.1"	34° 23' 33.1"
CNU06A35	Jeonnam Sinan-gun	126° 4' 40.8"	34° 55' 6.4"
CNU06A37	Jeonnam Sinan-gun	126° 6' 33.3"	34° 59' 39.3"
CNU06A38	Jeonnam Sinan-gun	126° 6' 13.5"	34° 59' 52.8"
CNU06A39	Jeonnam Sinan-gun	125° 23' 52.7"	34° 39' 29.5"
CNU06A42	Gyeongnam Namhae-gun	127° 57' 0.3"	34° 45' 22.3"
CNU06A46	Pusan gijang-gun	129° 14' 34.5"	35° 13' 35.1"
CNU06A47	Ulsan Ulju-gun	129° 20' 57.4"	35° 6' 35.4"
CNU06A48	Jeonnam Wando-gun	126° 54' 53.6"	34° 23' 30.1"
CNU06A51	Jeonnam jangheung-gun	127° 2' 26.4"	34° 37' 59.9"
CNU06A55	Jeonnam goheung-gun	127° 26' 19.3"	34° 31' 12.3"
CNU06A56	Jeonnam Yeosu-si	127° 44' 50.6"	34° 35' 45.7"
CNU06A57	Jeonnam Yeosu-si	127° 43' 6.0"	34° 36' 55.0"

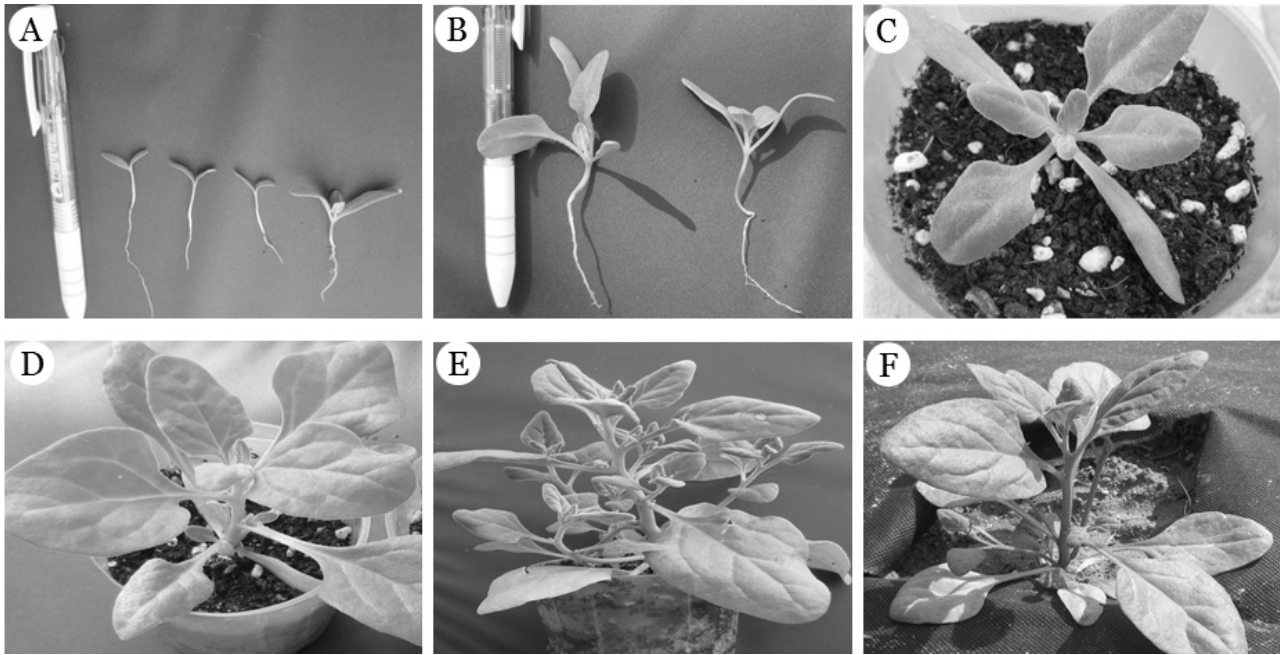


Fig. 1. Growth stages of seedlings after germination: A, cotyledon stage at one week after germination (WAG); B, 2-4 leaf stage at 2 WAG; C, 5-8 leaf stage at 3 WAG; D, 9-12 leaf stage at 5 WAG; E, >12 leaf and branching stage at 7 WAG; F, transplanting stage exhibiting stem pigmentation at 8 WAG.

정식하여 실시하였다.

2. 생육특성 조사

생육조사는 포장에 정식한 이후 4주 간격으로 3개월 동안 조사하였다. 정식 1주(1 week after transplanting; 1WAT)와 5주(5 weeks after transplanting; 5WAT) 후에 형태 및 생리적 특성(Table 2)과 수량관련 특성(Table 3)으로 나누어 조사하였다. 정식 후 1주 및 5주 때에는 초장, 엽장 그리고 엽폭을 모두 측정하였고, 가지 수와 엽수는 정식 1주 때에만 조사하였고 반면에 줄기의 굵기(직경)은 5 주 때에 조사하였다. 정식 후 9주 때에 식물체 수확시기에는 수관(canopy) 최대 직경, 상대적 엽록소 함량, 그리고 생체중 및 건물중을 측정하였다. 초장은 지면에서부터 지상부 최고 높이까지의 길이를 측정하였고, 엽장과 엽폭은 원줄기 발생한 가장 큰 잎 3개를 골라 측정한 후 평균값을 분석에 활용하였다. 정식 1주 후에 조사한 엽수와 측지수는 식물체당 발생한 모든 잎(엽장이 3 cm 이상인 완전히 전개된 잎)과 가지를 세어 조사하였으며, 정식 5주 후에 측정된 줄기직경은 지상으로부터 15 cm 위치의 원줄기 직경을 캘리퍼스를 이용하여 조사하였다. 생체중은 정식 후 9주간 생육한 후 뿌리를 제외한 식물체 총 무게로 수확 후 곧바로

측정하였으며, 건물중은 생체중 측정 후 60°C로 설정된 건조기에서 72시간 건조한 후 무게를 측정하였다. 엽록소 측정은 SPAD(SPAD-508 PLUS, Konica-Minolta, Tokyo)를 이용하여 식물체 당 3 개의 잎을 측정하여 평균값을 1반복 값으로 간주하였다.

3. 통계분석

수집한 변형초 유전자원들의 수량특성을 비교하여 수량이 우수한 유전자원을 선발하기 위하여 각 지표별로 유전자원들의 평균간 비교를 실시하였다. 우선 각 생육지표에 있어 유전자원간 통계적으로 유의적인 차이가 있는지를 위하여 분산분석(ANOVA)을 통해 *F-test*를 실시하여 신뢰도 수준을 검정하였고, 유전자원간의 평균간 비교는 최소유의차(Least significant degree; LSD) 방법을 이용하였다. 측정된 지표들간의 상관관계를 알아보기 위하여 피어슨상관계수(Pearson's correlation coefficients)와 신뢰도($\alpha=0.05, 0.01, 0.001$)를 구하였다.

III. 결과 및 고찰

동해안 영덕 해안 일대에서부터 해안선을 따라 남해안과

Table 2. Morphological and physiological parameters of New Zealand Spinach accessions measured at one or five week(s) after transplanting (WAT; 11 or 15 weeks old, respectively) in the field.

Accession no.	Plant height(cm)		Branch no. (ea)		Stem diameter (cm)		maximum canopy diameter (cm/plant)	Relative chlorophyll content ¹⁾
	1 WAT	5 WAT	1 WAT	5 WAT	9 WAT	9 WAT		
CNU06A01	14.3 abc ¹⁾	37.2 abc	6.7 abcde	1.1 abc	136.7 abc	49.4 bcdef		
CNU06A04	14.6 ab	31.0 defg	6.3 bcdef	1.0 abc	141.7 ab	46.9 defg		
CNU06A06	12.0 cdefg	29.2 efg	6.3 bcdef	1.0 abc	141.0 ab	52.5 ab		
CNU06A07	12.1 cdefg	28.0 gh	5.3 ef	0.8 c	133.3 bc	47.0 defg		
CNU06A08	11.9 defg	41.8 a	7.7 ab	0.9 bc	136.0 abc	49.1 bcdef		
CNU06A13	13.7 abcd	29.0 efg	5.0 f	1.1 ab	139.3 abc	49.5 abcdef		
CNU06A15	12.8 bcde	36.3 abcd	6.0 cdef	1.1 abc	139.7 abc	50.3 abcd		
CNU06A17	9.9 ghi	31.2 cdefg	7.3 abc	1.2 ab	132.7 bc	50.2 abcde		
CNU06A21	7.2 j	22.3 h	5.0 f	1.0 abc	129.7 bcd	52.7 ab		
CNU06A23	9.3 hij	34.3 bcdef	6.3 bcdef	1.1 abc	144.0 ab	51.1 abc		
CNU06A26	10.4 fgh	28.8 fg	5.3 ef	0.8 c	142.7 ab	53.1 a		
CNU06A29	7.8 ij	35.0 bcde	6.0 cdef	1.0 abc	141.3 ab	46.5 efg		
CNU06A30	7.9 ij	28.5 fg	6.0 cdef	1.0 abc	143.0 ab	51.1 abc		
CNU06A35	11.4 defgh	38.3 ab	6.7 abcde	1.1 ab	144.3 ab	51.0 abc		
CNU06A37	12.5 bcdef	32.7 bcdefg	7.0 abcd	1.0 abc	142.0 ab	53.1 a		
CNU06A38	11.2 efgh	33.7 bcdefg	5.7 def	1.2 a	150.7 a	49.2 bcdef		
CNU06A39	9.8 ghi	32.8 bcdefg	7.0 abcd	1.2 a	133.3 bc	48.4 cdef		
CNU06A42	10.3 fgh	36.7 abcd	5.7 def	1.1 abc	141.7 ab	43.8 g		
CNU06A46	7.9 ij	28.3 fgh	6.3 bcdef	1.1 abc	124.3 cd	48.6 cdef		
CNU06A47	10.8 efgh	32.3 bcdefg	5.7 def	1.0 abc	115.7 d	50.5 abcd		
CNU06A48	11.0 efgh	31.5 cdefg	5.7 def	0.8 c	129.7 bcd	50.0 abcdef		
CNU06A51	12.8 bcde	31.3 cdefg	6.7 abcde	1.1 abc	142.3 ab	52.6 ab		
CNU06A55	15.4 a	33.5 bcdefg	8.0 a	1.0 abc	139.3 abc	46.4 fg		
CNU06A56	14.3 abc	36.7 abcd	8.0 a	1.0 abc	141.7 ab	48.1 cdef		
CNU06A57	10.3 fgh	34.3 bcdef	6.7 abcde	1.2 a	131.7 bc	50.4 abcd		
LSD(0.05)	2.4	6.0	1.6	0.3	15.9	3.7		
F-test	*** ²⁾	***	***	0.29	*	***		
CV (%)	12.7	11.3	15.2	15.4	7.0	4.5		

¹⁾Values followed by the same letter are not significantly different based on LSD (p=0.05).

²⁾*, *** significant differences for the corresponding parameter at the 0.05 and 0.001 probability levels, respectively.

서해안, 제주 해안 등을 조사하여 수집한 변형초 59점을 파종하여 포장 실험에 사용하기 위하여 파종 후 7주째에 초장생육 및 실생묘가 균등한 개체를 선발하였다(Fig. 1). 변형초는 27°C에서 88.7% 발아하며 50% 발아에 소요되는 일수는 6.89일로 연구된 바 있다(Kang et al., 2008). 본 실험에서는 파종 후 발아하기 까지 2-3주가 소요 되었는데 이는 종자를 파종한 시기가 2월초였기 때문에 온실 내부 온도가 발아적온보다 낮아 발아가 늦은 것으로 보인다

(unpublished). 발아 후 2주 째에는 잎이 2-4엽기에 해당 되었고(Fig. 1B), 3주 째에는 최대 8개의 잎을 발생하였으며(Fig. 1C), 5주 째에는 9-12엽기(Fig. 1D), 그리고 7주 째에는 12개 이상의 잎과 마디와 잎 사이에 측지가 발생하는 것을 볼 수 있었다(Fig. 1E). 따라서 발아 후 7주째까지는 꽃이 생기지 않아 생체용 새싹 채소로 지상부 전체를 수확하여 식용할 경우에는 동계기간이라고 하더라도 생육 적온이 아닌 온실조건(낮 최고온도 20°C 이내)에서는 2개

Table 3. Yield-related parameters of New Zealand Spinach accessions measured at one or five week(s) after transplanting (WAT; 11 or 15 weeks old, respectively) in the field.

Accession no.	Leaf no. (ea)	Leaf length (cm)		Leaf width (cm)		Fresh wt. (kg/plant)	Dry wt. (kg/plant)
	1 WAT	1 WAT	5 WAT	1 WAT	5 WAT	9 WAT	9 WAT
CNU06A01	6.3 abc ¹⁾	8.0 a	9.4 ab	5.3 abcde	8.2 abc	2.36 ab	0.55 a
CNU06A04	7.3 ab	7.8 ab	8.3 bcde	5.3 abcde	6.9 cde	2.37 ab	0.54 a
CNU06A06	6.3 abc	7.6 abc	8.8 abc	5.4 abcd	7.7 abc	2.37 ab	0.53 a
CNU06A07	5.0 c	7.1 abcde	8.4 abcde	4.8 bcdef	7.7 abc	2.12 ab	0.48 ab
CNU06A08	6.0 abc	7.6 abc	8.5 abcde	5.4 abc	7.5 abc	2.41 a	0.53 a
CNU06A13	7.7 a	8.0 a	8.8 abcd	5.8 a	7.6 abc	2.35 ab	0.52 a
CNU06A15	5.3 bc	7.2 abcde	8.9 abc	5.2 abcdef	7.5 abc	2.13 ab	0.51 ab
CNU06A17	7.0 abc	7.5 abcd	8.8 abc	5.6 ab	7.8 abc	2.26 ab	0.53 a
CNU06A21	5.3 bc	6.4 e	8.3 bcde	4.5 f	7.5 abc	2.06 ab	0.51 ab
CNU06A23	7.3 ab	7.2 abcde	8.7 abcd	5.4 abcd	7.7 abc	2.43 a	0.55 a
CNU06A26	7.7 a	7.4 abcd	8.8 abc	5.6 ab	7.9 abc	2.16 ab	0.51 ab
CNU06A29	5.3 bc	6.5 de	8.2 bcde	5.0 abcdef	7.4 abcd	2.23 ab	0.51 ab
CNU06A30	7.3 ab	6.9 bcde	9.0 abc	5.0 abcdef	7.8 abc	2.47 a	0.54 a
CNU06A35	7.7 a	7.1 abcde	8.6 abcde	5.2 abcdef	7.6 abc	2.38 ab	0.56 a
CNU06A37	7.0 abc	6.9 bcde	7.9 cde	5.5 abc	7.0 bcde	2.36 ab	0.55 a
CNU06A38	6.0 abc	7.1 abcde	9.7 a	5.3 abcde	8.4 a	2.47 a	0.56 a
CNU06A39	7.0 abc	7.3 abcde	8.5 abcde	5.2 abcdef	7.5 abc	2.49 a	0.53 a
CNU06A42	7.0 abc	6.6 de	8.8 abcd	4.7 cdef	7.3 abcd	2.52 a	0.57 a
CNU06A46	5.7 abc	6.7 cde	8.8 abc	4.5 ef	7.1 abcde	2.28 ab	0.49 ab
CNU06A47	6.0 abc	6.7 cde	7.5 de	4.8 cdef	5.9 e	1.71 b	0.41 b
CNU06A48	6.7 abc	6.7 cde	8.5 abcde	4.6 def	7.0 bcde	2.46 a	0.52 a
CNU06A51	7.0 abc	7.0 abcde	8.8 abcd	5.0 abcdef	8.3 ab	2.20 ab	0.51 ab
CNU06A55	7.7 a	7.7 abc	8.5 abcde	5.3 abcde	7.0 abc	2.28 ab	0.54 a
CNU06A56	7.0 abc	7.6 abc	7.4 e	5.6 ab	6.1 de	1.89 ab	0.53 a
CNU06A57	7.3 abc	7.8 ab	9.0 abc	5.4 abcd	7.9 abc	2.34 ab	0.57 a
LSD(0.05)	2.0	1.0	1.3	0.8	1.3	0.68	0.11
F-test	0.15	* ²⁾	0.27	0.08	0.10	0.88	0.81
CV (%)	18.5	8.3	9.3	9.5	11.0	18.3	13.1

¹⁾Values followed by the same letter are not significantly different based on LSD (p=0.05).

²⁾* significant difference for the corresponding parameter at the 0.05 probability levels.

월 안에 수확이 가능할 것으로 판단된다. 최근 광질을 달리 한 LED 처리로 새싹채소의 초기 생육과 항산화물질의 생성이 달라진다는 결과를 토대로 볼 때 변형초를 이용한 새싹채소의 재배는 온도와 광조건을 달리하여 최적조건을 맞추어준다면 생육 및 수확시기를 훨씬 줄일 수 있을 것으로 판단된다(Perez-Balibrea et al., 2008).

일반 토양에 정식한 변형초의 생육 특성을 조사 결과 식물체의 크기는 정식 후 1주 및 5주 후 모두 유전자원간에

통계적으로 유의한 차이를 보였다(Table 2). 초장은 정식 후 1주차에 CNU06A55가 15.4 cm로 가장 우수한 초기생장을 보였고 CNU06A21이 7.2 cm로 가장 저조한 생장을 보였다. 5주차에서는 CNU06A21이 1주차와 마찬가지로 22.3 cm로 초장생육이 가장 좋지 못한 반면 CNU06A08은 41.8 cm로 가장 우수하였으며, 정식 후 4주간의 초장을 비교해 본 결과 CNU06A08이 29.9 cm의 차이를 보여 4주간의 길이 생장이 가장 왕성했으나 CNU06A01과 CNU06A56 수집자

원의 초장이 우수한 것으로 나타났다.

정식 후 1주 후에 조사한 측지발생에서도 유전자원간 통계적으로 유의성 있는 차이를 보였다(Table 2). 측지는 CNU06A55와 CNU06A56이 8개로 가장 많았고 초장이 좋지 못했던 CNU06A21은 5개로 가장 저조하였다(Table 2). 시금치와 같이 지상부를 수확하여 이용하는 나물용으로 변형초를 이용할 때 개화하기 이전의 발아 8주째에 수확하는 것이 좋다고 생각되며, 정식 1주차에 CNU06A55와 CNU06A56가 측지수와 잎 수 모두 평균 이상 값으로 나물용 채소로 적합하다고 생각된다. 원줄기 직경은 수집 변형초 자원간 유의적인 차이를 보이지 않았다(Table 2). 지상부 수확의 최대 직경을 통하여 생육기간 중의 수평생장을 알아 보았는데 95% 수준에서 유전자원 간 차이가 있음을 알 수 있었다(Table 2). 그러나 총 25개 수집자원 중에서 17개 유전자원이 통계적으로 최고값을 갖는 부류에 속하였다. 정식 후 9주(발아 후 16주; 2012년 6월 21일) 째 수확 직전 SPAD를 이용하여 잎의 엽록소 함량을 비교하였는데 99.9% 수준에서 수집자원간 엽록소 함량이 차이가 있음을 보였다(Table 2). 엽록소 함량은 정식 후 5주 째 잎의 길이와 폭과 통계적으로 유의성이 높은 정의 상관성을 보였으며(각각 $r=0.66$ 및 0.67), 줄기의 직경($r=0.40$)과 건물중($r=0.47$)과도 95% 수준에서 상관성이 있음을 알 수 있었다(Table 4).

쌍떡잎식물인 변형초는 엽수가 5-6개인 경우 하나의 stage로 보고 7개 이상인 경우 우수하다고 판단하였으며, 정식 후 1주 째에 엽수 측정 결과 최고 7.7개로 CNU06A13, CNU06A26, CNU06A35 및 CNU06A55가 이에 해당되었고 최저는 5개로 CNU06A07이었다(Table 3). 잎의 수가 많을수록 엽장($r=0.45$)과 엽폭($r=0.52$)이 큰 것으로 보아 변형초 초기 생육이 왕성한 자원의 선발에 있어서는 잎과 관련한 항목을 조사함으로써 가능할 것으로 판단된다(Table 4). 잎의 길이(엽장)은 1주차에 CNU06A01와 CNU06A13이 8.0 cm로 가장 좋았지만 5주차에서 9.7 cm로 가장 길었던 CNU06A38이 1주와 5주차를 비교하였을 때 또한 2.6 cm로 많은 차이를 보였다. 엽폭에서는 1주차와 5주차 차이가 3.3 cm로 CNU06A51이 가장 많았지만 다음으로 큰 차이를 보인 CNU06A38은 5주차에 8.4 cm로 넓었으며, 엽장과 엽폭의 측정치를 고려해볼 때 CNU06A38이 엽채소로 이용할 때 가장 적합하다고 생각된다. 잎의 길이와 폭은 정식 후 1주 째 잎의 길이를 제외하고는 모두 통계적으로 수집자원간 차이가 없는 것으로 나타났다(Table 3). 수량 지표 중 잎과 관련한 조사항목에서 통계적으로 상위 그룹에 속하는 유전자원은 CNU06A01, CNU06A13, CNU06A26, CNU06A35, CNU06A38, 그리고 CNU06A55 등 6개로 나타났다(Table 3). 생체중과 건물중은 실험 종료 시기에 지상부 식물체 전

Table 4. Pearson correlation coefficients of growth parameters measured in the field for New Zealand spinach accessions.

Parameter	Height		Branch no.		Leaf no.		Leaf length		Leaf width		Stem diameter	Fresh weight	Dry weight	SPAD value	
	1WAT	5WAT	1WAT	1WAT	1WAT	5WAT	1WAT	5WAT	5WAT	9WAT	9WAT	9WAT			
Height	1WAT	1.00													
	5WAT	0.34ns	1.00												
Branch no.	1WAT	0.38*	0.45*	1.00											
	5WAT	0.29ns	0.03ns	0.30ns	1.00										
Leaf no.	1WAT	0.69***	0.12ns	0.41*	0.45*	1.00									
	5WAT	0.03ns	0.32ns	-0.18ns	-0.11ns	-0.06ns	1.00								
Leaf length	1WAT	0.51**	0.24ns	0.41*	0.52**	0.80***	-0.01ns	1.00							
	5WAT	0.02ns	0.24ns	-0.16ns	-0.09ns	-0.04ns	0.92***	0.09ns	1.00						
Leaf width	5WAT	0.02ns	0.38ns	0.06ns	0.03ns	-0.09ns	0.51**	0.07ns	0.40*	1.00					
	9WAT	-0.05ns	0.34ns	-0.04ns	0.18ns	-0.02ns	0.72***	0.02ns	0.64***	0.27ns	1.00				
Fresh weight	9WAT	0.18ns	0.46*	0.17ns	0.25ns	0.05ns	0.72***	0.21ns	0.73***	0.35ns	0.79***	1.00			
	9WAT	-0.02ns	0.11ns	-0.14ns	-0.08ns	-0.22ns	0.66***	0.01ns	0.67***	0.40*	0.33ns	0.47*	1.00		
SPAD value	9WAT	0.20ns	0.43*	-0.02ns	0.10ns	-0.03ns	0.79***	0.22ns	0.84***	0.40*	0.66***	0.87***	0.65***	1.00	
	9WAT	0.20ns	0.43*	-0.02ns	0.10ns	-0.03ns	0.79***	0.22ns	0.84***	0.40*	0.66***	0.87***	0.65***	0.65***	1.00

*, **, *** correlations significant at the 0.05, 0.01, 0.001 probability levels, respectively. NS=not significant.

체를 수확하여 조사하였는데 통계적으로 식물체간 차이를 보이지는 않았다(Table 3). 그러나 수량면에서 상위 그룹에 속하는 유전자원은 잎과 관련한 다른 조사항목에서 높은 수량성을 보인 유전자원들이 대부분이었다. 실제로 생체중은 정식 후 5주 째 엽장($r=0.72$), 엽폭($r=0.64$), 그리고 수관 최대 직경($r=0.66$) 항목과 통계적으로 유의성있게 정의 상관관계를 나타냈다(Table 4). 그리고 건물중은 정식 후 5주 째 초장($r=0.46$), 엽장($r=0.72$), 엽폭($r=0.73$), 생체중($r=0.79$), 엽록소 함량($r=0.47$), 그리고 수관 최대 직경($r=0.87$)과 통계적으로 유의성있게 정의 상관관계를 나타냈다(Table 4). 생체중은 CNU06A42가 2.52 kg으로 가장 높았고 CNU06A47에서 1.71 kg으로 가장 낮게 나왔으며, 건물중은 CNU06A42와 CNU06A57에서 0.57 kg/plant로 가장 높았고, CNU06A47에서 0.41 kg으로 가장 낮게 나왔지만 전체 유전자원간의 유의 차이는 없었다.

IV. 결론

염 처리 시에는 변형초 생체중에 미치는 피어슨 상관관계수(r) 값은 가지수($r=0.99$) > 초장($r=0.94$) > 엽수($r=0.89$) 순으로 높게 나타났고, 건물중과의 상관관계수 값도 역시 가지수($r=0.99$) > 초장($r=0.97$) > 엽수($r=0.84$) 순으로 높았다(Kim et al., 2011). 하지만 일반 토양에서 실시한 본 연구에서는 초장과 가지수는 통계적으로 유의성 있는 상관성을 보이지 않는 점을 감안할 때, 염류 토양에서의 생육은 가지수와 초장이 수량에 중요한 지표가 될 수 있으나, 일반 토양에서는 염 처리때와 마찬가지로 잎의 길이와 폭이 매우 중요한 수량에 영향을 주는 요소라는 것을 알 수 있었다. 이러한 연구 결과는 변형초의 염해 스트레스에 대한 생활사가 일반 토양과 다르다는 점을 시사한다고 할 수 있다. 즉 염 스트레스시 광합성 산물의 전이와 저장은 주로 생식 기관에 치중하여 가지 수를 늘려 종자의 발생을 많게 하는 반면, 일반 토양에서는 광합성 증대를 위한 엽면적 확보를 위해 영양생장의 극대화를 위해 잎의 길이와 폭의 신장을 촉진하는 것으로 판단되므로(Neves et al., 2007). 이전의 연구 결과와 종합해 볼 때 변형초 식물체 전체를 활용하는 경우는 가지수가 많거나 키가 큰 변형초 유전자원 또는 품종의 선택이 요망되고, 생체용 샐러드로 이용하는 경우는 잎의 수가 많은 품종이 유리할 것으로 판단된다(Kim et al., 2011).

감사의 글

본 논문은 농촌진흥청 15대 어젠다 연구개발사업(PJ0075142012)의 연구비 지원에 의하여 수행되었습니다.

참고 문헌

- An GH, Lee SI, Koo BC, Choi YH, Moon YH, Cha YL, Bark ST, Kim JK, Kim BC, Kim SP. 2011. Effects of application of solidified sewage sludge on the growth of bioenergy crops in reclaimed land. *Korean Journal of Crop Science* 56:299-307.
- Aoki T, Takagi K, Hirata T, Suga T. 1982. Two naturally occurring acyclic diterpene and norditerpene aldehydes from *Tetragonia tetragonoides*. *Phytochemistry* 21:1361-1363.
- Bar T, Schmidt RR. 1988. Glycosyl Imidates .35. Synthesis of a Cerebroside Having a(4e.8e)-Sphingadienine Moiety from *Tetragonia tetragonoides* with Antiulcerogenic Activity. *Liebigs Annalen Der Chemie* 7:669-674.
- Choi KC, Pyo HY, Jung MW, Park HS, Kim JG, Song CE, Baik KS, Yoon SH, Seo S, Lim YC. 2011. Study on quality of corn AG-BAG silage manufactured with corn grown in reclaimed paddy field. *Journal of Korean Grassland and Forage Sciences*. 31:423-430.
- Choi KY, Yang EY, Park DK, Kim YC, Seo TC, Yun HK, Seo HD. 2005. Development of Nutrient Solution for Hydroponics of Cruciferae Leaf Vegetables Based on Nutrient-Water Absorption Rate and the Cation Ratio. *Journal of Bio-Environment Control* 14(4):289-297.
- Emi O, Mikio Y. 1983. The principles of *Tetragonia tetragonoides* having anti-ulcerogenic activity. Isolation and identification of a sterol glucoside mixture(compound A). *Yakugoku zasshi.*, 103(1):43-48.
- Haase P. 1990. Potential plant genetic-resources of the New Zealand flora. *Economic Botany* 44: 503-515.
- Hwang JL. 2011. A study on bioactivities of *Tetragonia tetragonoides* extracts as a cosmeceutical. M.S dissertation, Chung-ang Univ., Seoul, Korea.
- Jang SW, Hur YY, Choi MJ, Kwon YS, Kim JS, Lee JN, Lee EH, Seo MH, Park JH, Jang I, Jang MH, Hwang HJ, Ko SB. 2009. Late bolting and Deep Red Leaf Lettuce "Mihong". *Korean Journal of Breeding Science* 41(4): 579-582.
- Jaworska G. 2005a. Nitrates, nitrites, and oxalates in products of spinach and New Zealand spinach - Effect of technological measures and storage time on the level of nitrates, nitrites, and oxalates in frozen and canned products of spinach and New Zealand spinach. *Food Chemistry* 93:395-401.
- Jaworska G. 2005b. Content of nitrates, nitrites, and oxalates in New Zealand spinach. *Food Chemistry* 89:235-242.
- Kang BH, Shim SI, 1998. Screening of saline tolerant plants and development of biological monitoring technique for

- saline stress. 1. Survey of vegetation in saline region and determination of saline tolerance of the plant species of the region. *Journal of Environmental Agriculture*. 17(1):26-33.
- Kato M, Takeda T, Ogihara Y, Shimizu M, Normura T, Tomita Y. 1985. Studies on the structure of polysaccharide from *Tetragonia tetragonioides*. I. *Chemical Pharmacology Bulletin*. 33:3675-3680
- Kim CH. 2009. Studies on vegetation for ecological restoration of salt marshes in Saemangeum reclaimed land. *Journal of the Environmental Sciences* 18:451-462.
- Kim JH, Park SS, Song CK. 2008. Cultivation limit of *Vitex rotundifolia*, *Tetragonia tetragonioides* and *Glehnia littoralis* at coastal area and physiological vitality of RAW 264.7 cell and HL-60 cell. *Korean Journal of Medicinal Crop Science* 16(1):44-50
- Kim MH. 2011. The effect of the advertising types of organic cosmetics and the moderating influence of subjective health consciousness and product involvement. M.S dissertation, Hongik Univ., Seoul, Korea.
- Kim S, Kim TK, Jeong JH, Yang CH, Lee JH, Choi WY, Kim YD, Kim SJ, Seong KY. 2012. Characteristics of Vegetation on Soils Having Different Salinity in Recently Reclaimed Saemangeumin Region of Korea. *Journal of Weed Science* 32(1):1-9.
- Kim SK, Kim IK, Lee GJ. 2011. Growth responses of New Zealand spinach [*Tetragonia tetragonioides*(Pall.) Kuntze] to different soil texture and salinity. *Journal of Agricultural Science* 38:631-639.
- Lee KB, Xu MG, Kim JD, Jung KY. 2006. Soil characteristics and utilization on reclaimed land in Jiangsu province coastal region of China. *Society of International Agriculture* 18:245-252
- Lee SB, Cho KM, Baik NH, Lee JJ, Oh YJ, Park TI, Kim KJ. 2011. Effects of application method of pig compost and liquid pig manure on yield of whole crop barley (*Hordeum vulgare* L.) and chemical properties of soil in Gyeonghw reclaimed land. *Korean Journal of Soil Science and Fertilizer* 44:353-360.
- Lim WJ, Sonn YK, Yoon YM. 2010. The Selection of Yield Response Model of Sugar beet(*Beta vulgaris* var. Arron) to Nitrogen Fertilizer and Pig Manure Compost in Reclaimed Tidal Land Soil. *Korean Journal of Soil Science and Fertilizer* 43(2):174-179.
- Myeong HH, Lee JS, Jeon JY, Song MS. 2011. Study on creation method of green space for port ecosystem using the halophytes. *J. Korean Society of Coastal and Ocean Engineers* 23(1): 50-56.
- Neves MA, Miguel MG, Marques C, Panagopoulos T, Beltaro J. 2007. *Tetragonia tetragonioides*-a potential salt removing species. Response to the combined effects of salts and calcium. *Proc. of the 3rd IASME/WSEAS Int. Conf. on Energy, Environment, Ecosystems and Sustainable Development*. pp. 60-64
- Okuyama E, Yamazaki M. 1983. The principles of *Tetragonia tetragonioides* having an antiulcerogenic activity. I. Isolation and identification of sterylglucoside mixture (compound A). *Yakugaku Zasshi* 103:43-48.
- Perez-Balibrea S, Moreano D, Garcia-Viguera C. 2008. Influence of light on health-promoting phytochemicals of broccoli sprouts. *Journal of Science of Food and Agriculture* 88:904-910.
- Yang CH, Lee JH, Kim S, Jeong JH, Baik NH, Choi WY, Lee SB, Kim YD, Kim SJ, Lee GB. 2012. Study on forage cropping system adapted to soil characteristics in reclaimed tidal land. *Korean Journal of Soil Science and Fertilizer* 45:385-392.
- Yousif BS, Nguyen NT, Fukuda Y, Hakata H, Okamoto Y, Masaoka Y, Saneoka H. 2010. Effect of salinity on growth, mineral composition, photosynthesis and water relations of two vegetable crops; New Zealand spinach(*Tetragonia tetragonioides*) and water spinach(*Ipomoea aquatica*). *International Journal of Agriculture and Biology* 12:211-216.