

## 질소시비수준이 콩의 생육 및 isoflavone 함량에 미치는 영향

이미자\*<sup>†</sup> · 박종철\* · 오영진\* · 김경호\*\* · 김형순\*\*\* · 이상복\* · 김정곤\*

\*작물과학원 호남농업연구소, \*\*농촌진흥청, \*\*\*서남대학교 환경화학공학부

### Effect of Nitrogen Fertilization levels on Growth and Isoflavone Content in Soybean

Mi-Ja Lee\*<sup>†</sup>, Jong-Chul Park\*, Young-Jin Oh\*, Kyong-Ho Kim\*\*, Hyung-Soon Kim\*\*\*, Sang-Bok Lee\*, and Jung-Gon Kim\*

\*Honam Agricultural Research Institute, NICS, RDA, Iksan 570-080, Korea

\*\*Rural Development Administration, Suwon 441-707, Korea

\*\*\*Dep. of Environ. & Chem. Eng. Seonam National University, Namwon, 590-711, Korea

**ABSTRACT** The nitrogen fertilization effect on growth characteristics and isoflavone content was investigated in this study, and isoflavone analyzed by HPLC with photodiode array (PDA) detector and reverse-phase C<sub>18</sub> column. Fertilization levels were no-fertilization, no nitrogen, 50% decreased in nitrogen, standard and 50% increased in nitrogen fertilization. The 50% increased nitrogen fertilization showed the highest growth characteristics then other fertilization level and the number of pod and seed showed maximum value 31.9 and 72.3, respectively. and seed yield was 2,460 kg/ha. During growth stages, isoflavone content in leaf, stem and root of soybean plants decreased to R5 stage then increased to R7 stage. Isoflavone content according to various nitrogen fertilization condition, in case of none fertilization, no nitrogen, 50% decreased nitrogen fertilization showed higher value than those of standard and 50% increased nitrogen fertilization levels. Aglycon content among the isoflavone isomers showed much higher in plant than in seed. The highest isoflavone content was found in the root of soybean plant parts. Isoflavone content of seed was higher in none, no nitrogen, 50% decreased nitrogen than those of standard and 50% increased nitrogen fertilization.

**Keywords** : soybean, nitrogen fertilization, isoflavone, growth stage

**Isoflavone**은 다양한 식물군에 광범위하게 발견되고 있으나, 콩과 식물에 상대적으로 많이 존재하는 phytoche-

mical로서 암, 심장질환, 골다공증과 여성의 폐경기 증후군과 같은 질병을 예방하는데 효과가 있는 물질로 알려져 있다(Arther & William, 1983). 특히, 콩에 포함되어 있는 isoflavone은 antiestrogen, antioxidant와 tyrosine protein kinase inhibitor 기능을 가지고 있어 콩 소비가 많은 아시아인들의 전립선암, 유방암, 직장암 등에 대한 발병률을 낮추는 것과 관계가 있다는 연구결과가 보고되면서(Record *et al.*, 1995) 양질의 단백질과 지방 및 생리활성 물질을 함유한 기능성 식품으로서 콩의 식품영양학적 가치가 재인식되고 있다. 콩은 곡류 위주의 식습관을 지닌 우리나라 사람들에게 두부, 장류, 콩나물 등 다양한 식품소재로 이용되고 있는데, 콩과 콩 가공식품 중에 주로 존재하는 isoflavone은 genistein과 daidzein 및 glycitein의 배당체인 genistin, daidzin, glycitin 형태로 존재한다(Murphy, 1982; Walter *et al.*, 1941; Kodou *et al.*, 1991). 이 중에서 genistein과 daidzein은 생리기능이 가장 우수한 대표적인 isoflavone으로서 암세포의 성장과 분화에 관련된 protein tyrosin kinase의 활성화(Levitzki *et al.*, 1995) 및 다른 항암제들처럼 DNA 복제와 관련된 topoisomerase II를 억제하는 물질로도 알려져 있으며(Yamashita *et al.*, 1991), 독성이 거의 없다고 한다(Barnes *et al.*, 1996).

일반적으로 콩의 isoflavone은 100~300 mg %정도 함유되어있으며(Anlin *et al.*, 1995), 국내산 콩 품종의 isoflavone 함량은 46~232 mg % 범위였다(Choi *et al.*, 1996; Kim & Kim, 1996; Choi & Sohn, 1998; 김 등, 1999). Isoflavone 함량과 조성은 품종 및 재배환경에 따라 큰 차이가 있다고 보고(소 등, 2001; Tony *et al.*, 2002)되고 있으나 생육시기나 시비수준에 따른 함량변화에 대한 연구결과

<sup>†</sup>Corresponding author: (Phone) +82-63-840-2257

(E-mail) esilvia@rda.go.kr <Received August 7, 2006>

비교적 많지 않은 실정이다. 본 연구에서는 생육시기별 콩과 콩 식물체의 isoflavone 함량변화를 알아보고, 질소시비 수준이 콩의 생육, 수량 및 isoflavone 함량에 미치는 영향을 검토하여 특수목적 콩 및 고품질 콩 품종육성을 위한 기초 자료로 활용하고자 수행하였다.

## 재료 및 방법

### 공시재료 및 시비

본 시험에 사용한 시험재료는 2002, 2003년에 호남농업연구소에서 재배된 도레미콩을 사용하였고, 질소 시비수준에 따른 콩 생육 및 isoflavone 함량 변화를 검토하기 위하여 6월 11일 파종하였고, 재식거리는 70 cm × 10 cm이었으며, 시비량은 N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O, 30-30-34 kg/ha를 표준시비로 하여 무시비(NO)와 질소무시비(NN), 50% 감비(50% DN), 표준시비(ST), 50% 증비(50% IN)로 처리하였다. 시험구 배치는 난괴법 3반복으로 수행하였으며 시험 전 토양화학적 성은 Table 1과 같다.

### 생육 및 수량특성 조사

주요 생육시기인 R3, R5, R7 시기에 시료를 채취하여 초장, 경태, 분지수 등의 생육특성과 100립중, 협수, 립수 등의 수량특성을 조사하였으며, 이들에 대하여 isoflavone 분석을 실시하였다.

### Isoflavone 추출 및 HPLC 분석

종실과 식물체에서 isoflavones 추출은 동결건조하여 분쇄한 분말 시료 0.4 g을 80% 메탄올 수용액 20 ml로 70°C에서 15시간 교반하여 추출하였다. 추출액은 13,000 rpm에서 10분간 원심분리하고 상정액을 0.25 μm nylon membrane filter로 여과한 후 HPLC로 분석하였다. Isoflavone 추출과 분석에 사용한 모든 용매는 LC grade(Fisher)였으며 11개의 isoflavone 표준시약(Fujicco Co. Ltd.)을 구입하여 사용하였다.

Isoflavone 분석에 사용한 고속액체크로마토그래피(HPLC)는 Waters Alliance 2996 system으로 다음과 같은 조건에

서 photodiode array(PDA) 검출기로 분석하였다. 컬럼은 XTerra™ RP18 column (4.6 × 250 mm, 5-μm particle size)을 사용하였으며, 이동상으로 solvent A는 water와 acetic acid(900:52.6, v/v), solvent B는 phase A와 acetonitrile (20:80)을 이용하였다. 이때 분리도를 양호하게 하기 위하여 시간에 따른 이동상 조건은(% solvent A/% solvent B; 0 min (82:18) 0.9 ml/min, 2 min (77:23) 0.8 ml/min, 8 min (70:30) 0.8 ml/min, 10 min (67:33) 0.7 ml/min, 13 min (67:33) 0.6 ml/min, 16 min (63:37) 0.7 ml/min, 17 min (55:45) 0.8 ml/min, 23 min (50:50) 0.9 ml/min, 26 min (0:100) 1.0 ml/min, 35 min (82:18) 0.9 ml/min에 따라 기울기 용리하여 분석하였다. 시료 주입량은 25 μl로 하여 PDA 검출기 254 nm에서 검출하였다. 표준용액은 80% 메탄올 수용액에 용해하여 stock solution으로 amber bottle에 냉장보관 후 희석하여 크로마토그램을 얻었으며, peak 면적당 표준용액 농도와의 관계로 검량선을 작성하여 isoflavone 정량분석에 적용하였다.

## 결과 및 고찰

### 시비수준에 따른 생육 및 수량

Table 2는 R5시기의 생육특성을 나타낸 것으로 일반생육 특성은 질소 50% 증비가 다른 처리에 비하여 가장 생육이 가장 좋았다. 엽수 및 엽면적 등이 81.9개와 723 cm<sup>2</sup>로 72.7개, 619.7 cm<sup>2</sup>인 표준시비의 경우에 비하여 증가하였으며, 경장, 초장, 경태 등이 다른 시비수준에 비하여 가장 높았다. 그러나 무시비와 N무시비의 협수, 엽수 및 엽면적은 표준시비의 경우에 비하여 약간 감소하였다. 수확기에서 수량특성은 Table 3에 나타낸 바와 같이 50%증비의 경우 협수 및 종실수가 개체당 31.9개 및 72.3개로 가장 많았으며, 수량은 2,460 kg/ha로 가장 높았다. 반면 무시비와 N무시비는 협수가 24.9개와 25.1개, 종실수는 60.3개와 51.1개, 수량은 1,810과 1,780 kg/ha로 낮았다.

### 생육시기에 따른 식물체 부위별 isoflavone 함량

시비수준을 달리하여 재배한 도레미콩의 생육시기에 따

Table 1. Chemical properties in soil before experiment.

pH (1:5)	O.M (%)	T-N (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/kg)	Ex.Cat. (c mol(+)/kg)			C.E.C (c mol(+)/kg)
				K	Ca	Mg	
5.8	2.6	0.124	111	0.44	3.7	0.4	8.3

른 식물체 부위별 isoflavone 함량 변화를 알아보하고자 분석한 결과를 Fig. 1에 나타내었다.

잎의 isoflavone 함량은 시비수준에 관계없이 개화 이후부터 잎비대기(R5)인 9월 4일까지는 감소하는 경향을 나타

**Table 2.** Growth characteristics of soybean in various nitrogen fertilization level at R5 stage.

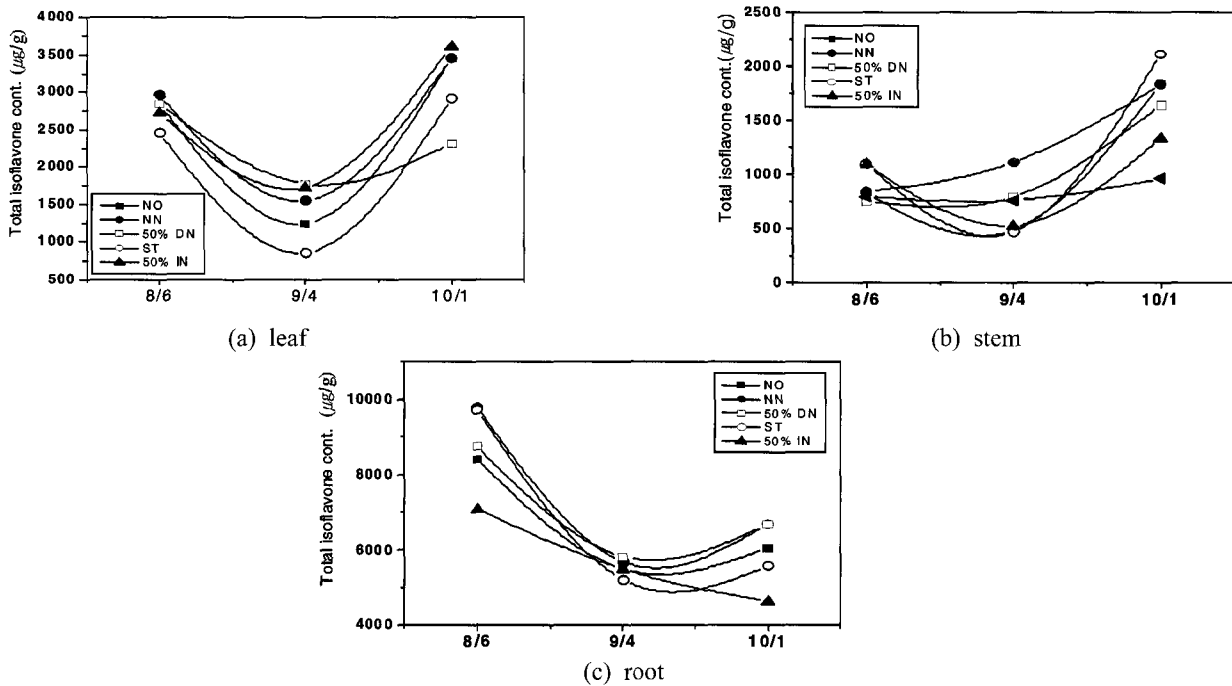
Fertilization	Plant length (cm)	Stem length (cm)	No. of leaf. (plant <sup>-1</sup> )	No. of pods. (plant <sup>-1</sup> )	Leaf area (cm <sup>2</sup> /plant)	Dry weight (g)			No. of node (plant <sup>-1</sup> )	Stem diameter (mm)
						Leaf	Stem	Pod		
NO	69.1 <sup>bt</sup>	43.1 <sup>a</sup>	69.7	34.5 <sup>b</sup>	489.0 <sup>c</sup>	2.1	2.7	2.7	12.3	4.5
NN	72.3 <sup>ab</sup>	46.0 <sup>a</sup>	74.5	33.8 <sup>b</sup>	390.0 <sup>d</sup>	2.3	2.9	2.7	12.1	4.5
50%DN	68.6 <sup>b</sup>	44.6 <sup>a</sup>	70.5	32.6 <sup>b</sup>	613.4 <sup>b</sup>	2.2	3.0	2.9	12.2	4.7
ST	73.0 <sup>ab</sup>	46.0 <sup>a</sup>	72.7	40.0 <sup>a</sup>	619.7 <sup>b</sup>	2.6	3.7	3.8	11.9	4.8
50%IN	74.4 <sup>a</sup>	49.4 <sup>a</sup>	81.9	38.1 <sup>ab</sup>	723.0 <sup>a</sup>	2.7	2.9	2.9	12.6	5.2

<sup>†</sup>Values of the same letter within a column are not significantly different at 5% level by DMRT

**Table 3.** Seed yield and yield components of soybean grown in various nitrogen fertilization level.

Fertilization	Stem length (cm)	Branch no. (plant <sup>-1</sup> )	Stem diameter (mm)	No. of pods (plant <sup>-1</sup> )	No. of seed (plant <sup>-1</sup> )	Seed weight (g)	100-seed weight (g)	Yield (kg/ha)
NO	46.2	1.8	3.98	24.9	60.3	7.7	12.4	1,810 <sup>dt</sup>
NN	51.6	1.2	3.47	25.1	51.1	6.9	12.1	1,780 <sup>d</sup>
50%DN	46.7	1.2	3.70	22.5	46.7	6.6	12.5	2,170 <sup>c</sup>
ST	45.8	1.9	4.10	29.6	52.0	7.2	12.6	2,320 <sup>b</sup>
50%IN	52.4	2.2	4.45	31.9	72.3	9.4	12.3	2,460 <sup>a</sup>

<sup>†</sup>Values of the same letter within a column are not significantly different at 5% level by DMRT



**Fig. 1.** Changes of total isoflavone content in leaf, stem and root of Doremikong according to various fertilization level during growth period (No : none fertilization, NN : no nitrogen fertilization, 50% DN : 50% nitrogen decreased fertilization, ST : standard fertilization, and 50% IN : 50% increased fertilization).

내었으며, 이후 성숙기(R7)까지 다시 증가하였다. 줄기의 isoflavone 함량은 개화 이후 일부 시비수준에서 감소하였지만 성숙기까지 지속적으로 증가하는 경향을 나타내었으며, 뿌리에서는 개화 이후 9월 4일까지는 급격히 감소하였고, 이후 성숙기까지 완만한 증가를 나타내었지만 개화기 때의 함량보다는 훨씬 적은 함량을 나타내었다. Isoflavone은 phenylpropanoid pathway에 의해 합성되는 것으로 알려져 있다. 이 pathway는 lignins, flavonols, anthocyanins과 phytoalexins 등 여러 가지 secondary metabolites를 생성한다. 콩과식물의 성장시기에 따른 isoflavone 함량은 비성숙 종실(R6 stage)보다도 성숙종실(R8 stage)에서 더 높은 함량을 나타내었다고 보고되었으나 식물체에서의 isoflavone 함량에 대한 보고는 거의 이루어지지 않았다. 그러므로 시기별 잎, 줄기, 뿌리에서 isoflavone 함량변화를 볼 때 식물체 내에서 isoflavone의 생성과 전이를 설명하기 위해서는 앞으로 이에 대한 많은 연구가 이루어져야 할 것으로 사료된다.

성숙기 때 시비수준에 따른 식물체 각 부위별 isoflavone 함량을 Table 4에 나타내었다. 시비수준에 민감하리라고 생각되는 뿌리에서 시비수준에 따른 isoflavone 함량 변화는 뚜렷한 경향을 나타내지는 않았지만 무시비, N무시비 및

50% 감비의 경우가 표준시비나 증비보다 다소 높은 함량을 나타내어 질소시비수준에 따른 isoflavone 함량은 부(-)의 영향이 있는 것으로 사료된다. Richard *et al.*(1995)은 질소 시비의 감소는 phenylpropanoid 생성을 증가시키는 스트레스의 하나로 작용하여 isoflavone 생성을 증가시킨다고 보고하였으며, phytoalexin의 전구물질로 작용하여 작물의 내병성 증진에 기여할 수 있다는 결과도 발표되었다(Kosslak *et al.*, 1987; Morris *et al.*, 1991). 본 시험결과 무시비, N무시비 및 50% 감비의 경우 isoflavone 함량이 증가하였으며, 특히, 질소무비나 50% 감비의 경우가 더 많은 isoflavone 함량 증가를 나타내었다. 이는 Richard *et al.*(1995)이 발표한 바와 같이 무시비나 질소시비의 감비가 스트레스로 작용하였으며, isoflavone이 외부스트레스에 대한 방어작용의 하나인 phytoalexine의 전구물질로 작용함으로써 isoflavone 생성이 증가하였기 때문으로 사료된다.

#### 시비수준에 따른 종실의 isoflavone 함량

Table 5는 여러 가지 시비수준에서 재배된 도레미콩 종실에서의 isoflavone 함량을 분석한 결과이다. 총 isoflavone 함량은 4262.85~4532.11  $\mu\text{g/g}$  범위였으며, 무비, N무비 및 50% 감비의 경우가 표준비나 증비보다 다소 높은 함량을

**Table 4.** Isoflavone content of Doremikong plant in leaf, stem and root according to various fertilization level at R7 stage. (Unit :  $\mu\text{g/g}$ )

Isoflavone	Leaf					Stem					Root				
	NO	NN	50% DN	ST	50% IN	NO	NN	50% DN	ST	50% IN	NO	NN	50% DN	ST	50% IN
Daidzein	366	314	160	339	27	380	1146	453	611	335	1736	1619	1631	982	1594
Genistein	183	171	157	277	161	108	266	77	117	59	358	361	362	230	335
Glycitein	330	n.d <sup>‡</sup>	21	222	370	n.d	n.d	n.d	n.d	12	59	n.d	n.d	309	n.d
Daidzin	550	314	294	407	293	491	1181	403	537	312	1362	1658	1583	1963	1079
Genistin	409	371	304	452	388	213	341	131	220	112	395	458	476	734	269
Glycitin	121	287	220	317	325	24	234	194	130	123	361	295	156	287	160
M <sup>‡</sup> .Genistin	60	n.d	n.d	59	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	87	n.d	n.d	65	n.d
M.Glycitin	244	428	303	452	513	65	150	49	57	62	96	205	184	249	171
A.Daidzin	369	397	257	292	448	310	1085	196	219	217	1155	1490	1482	623	792
A.Genistin	615	768	315	705	561	133	368	141	227	105	344	508	635	271	234
A.Glycitin	207	408	278	393	528	117	63	n.d	n.d	n.d	105	95	65	106	n.d
Total	3454 <sup>cs</sup>	3459 <sup>c</sup>	2308 <sup>d</sup>	3914 <sup>a</sup>	3615 <sup>b</sup>	1844 <sup>c</sup>	4833 <sup>a</sup>	1644 <sup>b</sup>	2117 <sup>d</sup>	1336 <sup>e</sup>	6059 <sup>c</sup>	6689 <sup>a</sup>	6575 <sup>b</sup>	5823 <sup>d</sup>	4635 <sup>e</sup>

<sup>‡</sup>M. : malonyl, A. : acetyl

<sup>‡</sup>n.d : not detected

<sup>s</sup>Values of the same letters within a row are not significantly different at 0.05 probability of DMRT

나타내었다. Glycitein은 검출이 안 되었으며, daidzein과 genistein도 낮았다. Kim & Kim(1996)은 콩의 부위별 isoflavone 함량을 분석한 결과 배축은 자엽보다 높은 농도의 isoflavone을 함유한다고 보고하였고, isoflavone 함량은 품종 및 재배환경에 따라 큰 차이를 나타내며, 생육단계에 따라서도 차이를 보이고, 등숙기의 온도에 따라 isoflavone 함량에 영향을 미친다고 보고하였다. 본 시험결과 종실에서 isoflavone함량은 시비수준에 따라 일정한 경향을 나타내지는 않았지만 시비수준별 유의성이 있어 Kim & Kim (1996)이 보고한 바와 같이 재배환경에 따른 차이를 나타내

었다. 식물체에서의 isoflavone 분석값과 비교하면 항암 효과나 다른 의학적 효과가 좋은 것으로 알려진 aglycon의 함량이 식물체에 비하여 10배 정도 낮은 것으로 나타났다 (Table 6). 즉, 총 isoflavone 함량은 뿌리를 제외하고는 종실에서 높았으나 aglycon함량은 식물체에서 훨씬 높은 함량을 나타내었다. 그러므로 이러한 isoflavone의 aglycon 함량이 높은 식물체를 이용하기 위해서는 종실이외에도 콩잎을 이용한 식품개발이 isoflavone 섭취에 좋은 방법이 될 것으로 생각된다.

**Table 5.** Isoflavone content of Doremikong seed grown in various fertilization level.

Isoflavone	(Unit : $\mu\text{g/g}$ )				
	NO	NN	50%DN	ST	50%IN
Daidzein	9.80	6.82	8.75	9.01	7.99
Genistein	10.89	5.08	7.01	6.03	6.59
Glycitein	n.d <sup>‡</sup>	n.d	n.d	n.d	n.d
Daidzin	807.37	874.14	790.59	879.77	844.60
Genistin	1056.06	1095.13	1042.65	1051.67	1096.16
Glycitin	147.75	133.53	144.23	136.44	133.87
M <sup>†</sup> .Genistin	1244.51	1255.43	1247.89	1127.62	1308.71
M.Glycitin	1035.89	1053.12	1037.77	1001.32	1078.20
A.Daidzin	9.84	8.97	9.14	8.43	10.50
A.Genistin	7.14	7.69	6.91	14.05	7.55
A.Glycitin	29.62	32.75	35.18	28.51	37.94
Total	4358.86 <sup>cs</sup>	4472.67 <sup>b</sup>	4330.11 <sup>d</sup>	4262.85 <sup>e</sup>	4532.11 <sup>a</sup>

<sup>†</sup>M. : malonyl, A. : acetyl

<sup>‡</sup>n.d : not detected

<sup>s</sup>Values of the same letters within a row are not significantly different at 0.05 probability of DMRT

**Table 6.** Aglycon content of Doremikong plant and seed according to various fertilization level at R7 stage.

Isoflavone		(Unit : $\mu\text{g/g}$ )				
		NO	NN	50%DN	ST	50%IN
Leaf	Daidzein	366	314	160	339	27
	Genistein	183	171	157	277	161
	Glycitein	330	n.d	21	222	370
Stem	Daidzein	380	1146	453	611	335
	Genistein	108	266	77	117	59
	Glycitein	n.d	n.d	n.d	n.d	12
Root	Daidzein	1736	1619	1631	982	1594
	Genistein	358	361	362	230	335
	Glycitein	59	n.d	n.d	309	n.d
Seed	Daidzein	9.80	6.82	8.75	9.01	7.99
	Genistein	10.89	5.08	7.01	6.03	6.59
	Glycitein	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d

## 적 요

본 연구에서는 질소 시비수준이 생육시기별 식물체 및 종실에서 isoflavone 함량에 미치는 영향을 구명하기 위하여 고속액체크로마토그래피(HPLC)를 이용하여 생육시기에 따른 식물체에서 isoflavone을 분석한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 질소시비 수준에 따른 일반생육은 50% 증비구가 다른 처리에 비하여 가장 좋았는데, 엽수 및 엽면적이 표준비의 72.7개, 619.7 cm<sup>2</sup>에 비하여 81.9개와 723 cm<sup>2</sup>으로 증가하였다.

2. 수량 관련 형질 중에서 협수 및 종실수는 50%증비에서 개체당 31.9개와 72.3개로 가장 많았으며, 수량도 246 kg/10a로 다른 시비구에 비하여 가장 높았다. 무비와 N무비 구에서는 협수가 24.9개/개체와 25.1개/개체, 립수는 60.3개/개체와 51.1개/개체, 수량은 181.0 kg/10a와 178.0 kg/10a으로 낮았다.

3. 생육시기에 따른 isoflavone 함량은 잎, 줄기, 뿌리에서 개화이후부터 립비대기(R5)까지는 감소하다가 이후 수확기(R7)까지 다시 증가하였다.

4. 식물체 부위별 isoflavone 함량은 뿌리에서 가장 높은 값을 나타내었다.

5. 시비수준에 따른 종실의 isoflavone 함량은 무비, N무비 및 50% 감비의 경우가 표준비나 증비보다 다소 높은 함량을 나타내었다.

## 인용문헌

- Anlin, D., S. Junming, C. Ruzheng, and D. Huiru. 1995. The preliminary analysis of isoflavone content in chinese cultivars. Soybean Genetics Newsletter.
- Arthur, C. E. and F. K. William. 1983. Effect of environment and variety on composition. J. Agric. Food Chem. 31 : 394-396.
- Barnes, S. and H. C. Blair. 1996. Genistein for use in inhibiting osteoclasts. US. patent. 550 : 6211.
- Choi, J. S., T. W. Kwon, and J. S. Kim. 1996. Isoflavone contents in some varieties of soybean. Foods and Biotechnology. 5(2) : 167-169.
- Choi, Y. B. and H. S. Sohn. 1998. Isoflavone content in korean fermented and unfermented soybean foods. Korean J. Food Sci. Technol. 30 : 745-750. 22 : 24-31.
- 최희돈, 김성수, 홍희도, 이진열. 2000. 나물콩 품종별 콩나물의 물리화학적 및 관능적 특성 비교. 한국농화학회지 43 : 207-212.
- Harrison, G. G. and S. Cho. 1999. Chaging global patterns and implications of soybean consumption. 8th asian congress of nutrition, Aug.29-Sep.2. Seoul, Korea.
- Kim, S. R. and S. D. Kim. 1996. Studies on soybean isoflavones : I. content and distribution of isoflavones in Korea soybean cultivars. J. Agric. Sci. 38 : 155-165.
- 김성란, 홍희도, 김성수. 1999. 콩 및 콩 제품 중의 isoflavone 함량과 특성, 한국콩연구회지. 16 : 35-46.
- Kodou, S., Y. Fleury, D. Welti, U. T. Magnolato, and K. Kitamura. 1991. Malonyl isoflavone glucosides in soybean seeds. Agric. Biol. Chem. 55 : 2227-2233.
- Kosslak, R. M., R. Bookland, J. Barkei, H. E. Paaren, and E. R. Appelbaum, 1987. Induction of Bradirhizobium japonicum common nod genes by isoflavones isolated from gkycine max. Proc. Natl. Acad. Sci. 84 : 7428-7432.
- Levitzki, A. and A. Gazit. 1995. Tyrosine kinase inhibition: An approach to drug development. Science 267 : 1782-1787.
- Morris, P. F., M. E. Savard, and E. W. B. Ward. 1991. Identification and accumulation of isoflavonoids and isoflavone glucosides in soybean leaves and hypocotyls in resistance responses to phytophthora megasperma f. sp. glycinea. Physiol. Molecular Plant Phathol. 39(3) : 229- 244.
- Murphy, P. A. 1982. Phytoestrogen content of processed soybean products. J. Food. Tech. 36, 60-64.
- 이수경, 이민준, 윤선, 권재중. 2000. 한국 중년여성의 대두식품을 통한 이소플라본 섭취 수준 조사. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 29 : 948-956.
- 소은희, 구장환, 박금룡, 이영호. 2001. 콩 품종의 isoflavone 함량과 항산화 활성. 한국작물학회지 33 : 35-39.
- Record, I. R., E. Iver, and J. K. Mcinerny. 1995. The antioxidant activity of genistein in vitro. Nutr. Biochemistry 6 : 481-485.
- Richard, A. D. and L. P. Nancy. 1995. Stress-induced phenylpropanoid metabolism. The Plant Cell 7 : 1085-1097.
- Tony, J. V., Y. Xinhua, W. B. Tom, C. J. Chung-Ja, I. R. Jackson, and M. B. Sylvie. 2002. Potassium fertilization effects on isoflavone concentrations in soybean [*Glycine max(L) Merr.*]. J Aggri. and Food Chem. 50 : 3501-3506.
- Walter, E. D. 1941. Genistein (an isoflavone glycoside) and its aglycone, genistein from soya beans. J. AM. Chem. Soc. 65 : 3273-3275.
- Yamashita, Y., S. Kawada, and H. Nakano. 1991. Induction of mammalian topoisomerase II dependent DNA cleavage by nonintercalative flavonoids genistein and orobol. FEBS letter 288 : 46.