들깨, 차조기 간 교잡에 의해 육성한 F₂ 집단에 대한 유전 분석

임수은 · 사규진 · 하예주 · 이주경*

강원대학교 농업생명과학대학 생물자원과학부

Genetic Analysis of F₂ Population Derived from the Cross Between *Perilla Frutescens* var. *Frutescens* and var. *Crispa*

Su Eun Lim, Kyu Jin Sa, Ye Ju Ha, and Ju Kyong Lee*

Division of Bio-resource Sciences, College of Agriculture and Life Science, Kangwon National University, Chuncheon 4341, Republic of Korea

Abstract In this study, genetic analysis was conducted on the inheritance of qualitative traits, such as leaf color, flower color, seed size, and seed hardness, in the F₂ population derived from the cross between var. *frutescens* and var. *crispa*. As determined by the separation pattern of each trait in the F₂ population, F₂ plants with a green color were more common than those with a purple color on the leaf surface, whereas F₂ plants with a purple color were more common than those with a green color on the reverse side of the leaf. For flower color, more F₂ plants were observed to have a white color. For seed size, more F₂ plants were observed to have a seed size of above 2 mm, and for seed hardness, more F₂ plants were observed to have characteristics of seed hardness. Our examination of the genetic separation ratios with respect to Mendel's law of genetics revealed that three traits, leaf color (surface and reverse side) and flower color, did not follow the separation ratio of 1:2:1, and the seed size did not follow the segregation ratio of 3:1, but seed hardness was found to follow the separation ratio of 3:1. The results of this study are expected to provide basic information to help understand the genetic segregation of leaf and seed characteristics in the F₂ population derived from the cross between var. *frutescens* and var. *crispa*, and also to provide useful information for breeding studies to assist the development of varieties of *Perilla* crop.

Keywords *Perilla frutescens*, leaf color, seed size, seed hardness, F₂ population

Received on June 16, 2019. Revised on July 11, 2019. Accepted on July 12, 2019.

* Corresponding Author (E-mail: jukyonglee@kangwon.ac.kr, Tel: +82-33-250-6415, Fax: +82-33-255-5558)

서 언

들깨(*Perilla frutescens* var. *frutescens*)와 차조기(*Perilla frutescens* var. *crispa*)는 자식성 작물로 *Perilla* 종 내에서 변종으로 구분되어, 동아시아를 중심으로 들깨는 유료작물, 차조기는 약용작물로 오랜 세월 동안 재배·이용되어 왔다. 동아시아에서 들깨와 차조기 작물의 야생종에 대해서는 아직 밝혀져 있지 않으나, 이들 작물들에서 잡초형 계통들이 우리나라를 포함하여, 일본 및 중국 등에서 보고되고 있다(Nitta & Ohnishi 1999, Lee & Ohnishi 2001, Nitta et al. 2003, Lee & Ohnishi 2003, Ma & Lee 2017).

들깨와 차조기는 식물체 크기, 식물체 향, 잎과 줄기 색, 꽃 색 그리고 종자 크기 및 경도 등의 여러 형태적 특징들에 의해서 뚜렷하게 구분되고 있다(Lee & Ohnishi 2001). 그러나 들깨와 차조기 작물은 동일 염색체수(2n=40)를 가지고 있고(Yamane

1950, Honda et al. 1994), 인공교배에 의해 서로 교잡이 가능하며(Nagai 1935, Honda et al. 1990, 1994), 또한 이들 작물의 잡초형 계통들 중에서 일부 계통들은 들깨와 차조기 사이의 자연교잡에 의해 유래된 것으로 보고되었다(Nitta & Ohnishi 1999, Lee et al. 2002, Lee & Ohnishi 2003). 한편 차조기 작물의 경우는 형태적 특성에 따라 청자소, 적자소, 주름자소, 측면자소 등 다양한 변종으로 구분되고 있다(Makino 1961).

동아시아에서 들깨는 우리나라에서 가장 많이 재배·이용하고 있으며, 차조기는 일본에서 가장 많이 재배 이용하고 있는 것으로 알려져 있다(Nitta 2001, Nitta et al. 2003). 오늘날 우리나라에서 들깨는 식용유 이외에 육류 소비와 더불어 쌈 채소로의 이용 증가로 재배 면적이 점점 증가되고 있으나, 차조기의 경우는 거의 재배되고 있지 않다. 반면에 일본에서는 차조기의 재배 및 이용이 많지만, 들깨는 거의 재배되고 있지 않다. 특히 일본에서

이용하는 차조기의 경우 청자소는 주로 신선 옆 채소로 이용되고 있으며, 적자소는 우메보시(일본의 전통요리로 매실 절임 장아찌)를 만들기 위해서 붉은색을 내게 하는 용도로 이용되고 있다(Nitta et al. 2003).

동아시아에서 들깨와 차조기 작물의 재배역사는 아주 오래되었으나, 아직까지 이들 작물의 야생종 및 들깨와 차조기 작물의 분화 과정에 대해서도 명확히 알려져 있지가 않다. 따라서 본 연구에서는 우리나라와 일본에서 가장 많이 재배 및 이용하고 있는 들깨와 차조기 작물의 계통을 모본과 부분으로 선발하여 교잡한 후 육성한 F₂ 집단에 대하여 이들 작물의 특성을 식별해주는 잎과 종실 등의 질적 형질들에 대한 분리 특성에 대하여 유전분석을 실시하였다.

재료 및 방법

공시재료 및 F₂ 집단 육성

본 연구에서 이용된 공시재료는 우리나라에서 수집한 재래종

들깨(PF13-096, ♀)와 잡초형 차조기(PF13-119, ♂)를 교배조합의 모본과 부분으로 선발한 후 2016년 8월에 교배하여 F₁ 잡종 종자를 만들었다. 그 후 강원대학교 부속농장 실험포장에서 2017년에 F₁ 종자를 파종하여 F₂ 종자를 수확하였고, 2018년 봄에 F₂ 종자를 파종하여 발아 후 생육이 양호한 285개체의 F_{2.3} 집단에 대하여 강원대학교 부속농장 실험포장에서 재식거리는 60 cm (휴폭) × 40 cm (휴간)으로 하여 줄 간격 1 m, 개체 간 1 m로 하여 각 F_{2.3} 개체를 정식하여 재배하였다.

형태적 특성 조사 및 유전 분석

F₂ 집단의 계통들에 대한 형태적 특성 조사는 교배조합의 모본과 부분의 특성을 참조하여 잎과 종실의 특성에 대한 질적 형질을 조사하였다(Fig. 1, Table 1). Fig. 1은 F₂ 집단의 모본과 부분의 식물체 및 종자 모양을 나타내었으며, Table 1에 나타난 것처럼 식물체 잎의 앞면과 뒷면 색 및 꽃 색과 종자 특성인 종피색, 종자 크기, 종자 경도 등에 대하여 조사를 하였다. 잎 앞면색과 뒷면색과 꽃 색은 개화기에 조사하였으며, 종자 관련

Fig. 1. The morphological features of the parental lines used for crossing between (A) *Perilla frutescens* var. *frutescens* (parent A; PF13-096) and (B) var. *crispa* (parent B; PF13-119).

Table 1. Morphological characteristics of the parental lines used for crossing between *Perilla frutescens* var. *frutescens* (parent A) and var. *crispa* (parent B)

Morphological trait	Parent A	Parent B
Color of surface leaf	green	purple
Color of reverse side leaf	green	purple
Flower color	white	purple
Seed color	dark brown	dark brown
Seed size	large (more than 2 mm)	small (less than 2 mm)
Seed hardness	soft	hard

형질인 종피색, 종자 크기, 종자 경도는 수확, 건조 후 충실한 종자를 이용하여 조사하였다(Lee & Ohnishi 2001). F₂ 집단에 대한 유전분석은 각 조사 형질 별로 관찰 값에 대하여 조사하였으며, 멘델의 유전법칙 이론에 따라 각 형질 별 유전분리비(χ^2 -검정, chi-square test)는 SPSS 통계프로그램을 이용하여 계산하였다.

결과 및 고찰

들깨, 차조기의 교배조합 모본과 부분의 형태적 특성

교배조합의 모본과 부분의 식물체 및 종자 모양은 Fig. 1과 Table 1에 나타난 것처럼 교배조합의 모본인 들깨는 식물체 잎의 앞면과 뒷면이 모두 녹색을 나타내고 있으며, 꽃 색은 흰색

을 나타내고 종자 색은 갈색을 나타내고 있었다. 반면에 교배조합의 부분인 차조기는 식물체 잎의 앞면과 뒷면이 모두 적자색을 나타내고 있고, 꽃 색은 분홍색을 나타내며 종자 색은 갈색을 나타내고 있다(Fig. 1, Table 1).

F₂ 집단의 형태적 특성 및 유전분석

F₂ 집단의 계통들에 대하여 Table 1에 제시한 것처럼 교배조합의 양친들에서 형태적으로 차이를 명확히 나타내는 질적 형질들에 대하여 특성조사를 하였다. Table 2, Figs. 2, 3에 각각 제시한 것처럼 잎 색의 경우 앞면이 녹색으로 나타난 계통들이 156개체였고, 녹자색 계통들이 119개체, 그리고 적자색 계통들이 10개체였다. 잎의 뒷면에서는 녹색 계통들이 53개체였고, 녹자색 계통들이 90개체, 그리고 적자색 계통들이 142개체였다. 꽃 색의

Fig. 2. Leaf color of the parental lines (var. *frutescens* and var. *crispa*) and F₁ hybrid. (a) Color of surface leaf, (b) Color of reverse side leaf

Fig. 3. Flower color of the parental lines (var. *frutescens* and var. *crispa*) and F₁ hybrid.

Table 2. Distribution and Chi-square test of five qualitative traits observed in F₂ population by crossing between *Perilla frutescens* var. *frutescens* and var. *crispa* and expected Mendel's genetic separation value of F₂ generation.

Morphological trait	Observation value of F ₂ population			Value of Chi-square (χ^2)	Degrees of freedom (df)	p value
Color of surface leaf ^x	green (156 ^z)	green and purple (119)	purple (10)	342.3	2	0.000
Color of reverse side leaf ^x	green (53)	green and purple (90)	purple (142)	242.4	2	0.000
Flower color ^x	white (93)	pink (138)	purple (54)	217.8	2	0.000
Seed size ^y	large (201)		small (84)	5.603	1	0.018
Seed hardness	soft (78)		hard (207)	0.743	1	0.389

^zNumber of individuals observed in F₂ population

^yMendel's genetic separation ratio of 3:1 does not follow in F₂ generation

^xMendel's genetic separation ratio of 1:2:1 does not follow in F₂ generation

경우는 흰색을 나타내는 계통들이 93개체, 연분홍색을 나타내는 계통들이 138개체, 그리고 분홍색을 나타낸 계통들이 54개체였다. 종자 크기의 경우 2 mm 이상의 크기를 나타내는 계통들은 201개체였고 나머지 84계통들은 2 mm 이하 크기를 나타내었다. 종자 경도의 경우 78계통들은 부드러운 특성을 나타내고 있으나, 나머지 207계통들은 딱딱한 특성을 나타내고 있다(Table 2). 한편 이들 형질들에 대하여 멘델의 유전법칙에 따른 유전분리비를 검정한 결과, 잎의 앞면과 뒷면 색, 꽃 색 등 3개의 형질들은 1:2:1의 분리비를 따르지 않는 것으로 나타났으며, 종자 크기는 3:1의 분리비를 따르지 않았으나, 종자 경도는 3:1의 분리비를 따르는 것으로 나타났(Table 2).

이상의 결과에 의하면, F₂ 집단에서 조사된 각 형질 별 분리 양상이 각각 다르게 관찰되었다. 멘델의 유전법칙에 의하면 각 형질 별 관여 유전자가 1개 또는 2개 그리고 그 유전자가 우성, 불완전우성 또는 공우성인 경우 F₂ 집단에서 분리되는 유전분리비가 각각 다르게 나타난다. 본 연구에서는 잎 색과 꽃 색 형질에 대하여 F₁ 잡종과 양친 부모의 형질 색을 기준으로 F₂ 집단에서 잎 색의 경우 녹색, 녹자색, 적자색으로 구분하였으며, 또한 꽃 색의 경우도 흰색, 연분홍색, 분홍색으로 구분하여 각 형질 별 개체 수를 조사하였다. 반면에 종자 크기와 종자 경도는 각 형질 별 특성에 따라 대(2 mm 이상)와 소(2 mm 이하) 및 부드러움과 딱딱함으로 구분하여 조사하였다. Award & Mohamed (2017)는 *Catharanthus roseus* (L.) 식물에 대한 꽃 색의 F₂ 집단에 대한 유전분석에서 양친 형(♀보라색, ♂흰색) 및 F₁ 잡종 형(연보라색)이 1:2:1로 분리되어 멘델의 유전분리비와 같았다고 보고하면서 보라색이 흰색보다 우성으로 작용하고, 꽃 색에 관여하는 형질이 한 쌍의 대립유전자가 불완전우성에 의하여 나타난 것으로 보고하였다. 그리고 Song et al. (2003)은 팬지(*Viola tricolor* L.)의 잎 색 및 줄기 색에 대한 유전분석에서 잎 색 및 줄기 색의 F₁ 잡종은 모두 양친의 중간형을 나타내었으며, 분리 세대(F₂)의 색은 모친색 : 중간색 : 부친색의 비율이 각각 1:2:1로 관찰되었고, 여교잡에서도 1:1로 분리되는 것을 관찰하여 이 형질도 한 쌍의 대립유전자가 불완전 우성에 의하여 유전되는 것으로 생각하였다.

들깨와 차조기 양친에 대한 교배에서 F₁ 잡종은 잎 색의 앞면과 뒷면에서 중간형인 녹자색을 각각 나타내었으나, F₂ 집단에서는 잎의 앞면의 경우 적자색보다는 녹색을 나타내는 계통들이 더 많이 관찰되었고, 잎의 뒷면에서는 녹색보다 적자색을 나타내는 계통들이 더 많이 관찰되었다. Award & Mohamed (2017), Song et al. (2003)은 잎 색 및 꽃 색에 관여하는 유전자는 한 쌍의 대립유전자가 불완전우성에 의하여 지배하고 있는 것으로 보고

하였으나, 본 연구에서는 잎 색 외에 꽃 색에서도 모본(들깨, 흰색), 부본(차조기, 분홍색) 그리고 F₁ 잡종(연분홍색)에 대한 F₂ 집단에서 관찰된 분리비가 멘델의 유전분리비(1:2:1)를 따르지 않는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 본 실험에서 F₁ 잡종에서 F₂ 집단으로 육성하는 과정에서 종자휴면성에 대한 검토를 소홀히 하여 휴면성이 강한 차조기 특성(Sa et al. 2012)을 지닌 계통들이 계통 증식 과정에서 소실되면서 F₂ 집단 구성이 양친형 계통을 충분히 포함하지 못한 것으로 생각되었다. 다른 한편으로는 기존의 보고와 달리 이들 형질에 관여하는 유전자가 2개 이상의 대립 또는 비대립유전자들 간의 상호작용에 의해서 다른 유전분리 양상을 나타낸 것으로 보인다.

또한, 본 실험에서는 F₂ 집단에서 잎의 앞면의 경우 적자색보다는 녹색을 가진 계통들이 더 많이 관찰되었고, 잎의 뒷면에서는 녹색보다 적자색을 나타내는 계통들이 더 많이 관찰되었다. 따라서 잎 색의 경우 앞면과 뒷면에서 잎 색에 관여하는 유전자의 작용이 다른 경향을 나타내는 것으로 생각되었다. 즉 잎의 앞면에서는 적자색보다 녹색이 우성적으로 작용하고 있고, 잎의 뒷면에서는 녹색보다 적자색이 우성적으로 작용하는 것으로 생각되었다. 이러한 결과는 자연상태에서 발견되는 잡초형 차조기 변종(청자소, 적자소, 주름자소, 측면자소)들 중에서 측면자소(잎의 앞면 녹색, 뒷면 자주색을 나타냄)의 자연적 발생 유래를 생각해 보는 흥미로운 자료인 것으로 생각되었다. 더욱이 자연상태에서 존재하는 변종들 중에서는 앞면이 적자색이고 뒷면이 녹색을 나타내는 변종들은 발견이 되지 않고 있다.

한편 종자 크기와 종자 경도에 대한 F₂ 집단 유전분석에서 종자 크기의 경우는 멘델의 유전분리비(3:1)를 조금 벗어난 것으로 관찰되었으나, 종자 경도는 3:1의 유전분리비를 따르는 것으로 관찰되었다. Upadhyaya et al. (2006)은 병아리콩(*Cicer arietinum* L.) 식물의 F₂ 집단의 유전분석에서 종자 크기는 2개의 유전자의 상호작용에 의해 12:3:1로 분리된다고 보고하였다. 이러한 결과는 본 연구 결과와 다르게 나타났는데 그 이유 중 하나는 종자 크기에 대한 비교 분석을 Upadhyaya et al. (2006)은 종자 무게를 측정하여 분석에 이용하였으나, 본 연구에서는 종자 크기의 측정 기준을 정확히 측정하지 못하고 2 mm 이상과 2 mm 이하로 구분하여 측정함으로써 다른 결과를 나타낸 것으로 생각되었다. 향후 보다 정확한 분석 결과를 위하여 종자 크기에 대한 측정 방법 개선이 필요한 것으로 생각되었다. 또한 종자 경도에 대한 F₂ 집단 분석에서 Honda et al. (1990)은 부드러운 종자 특성을 지닌 들깨 1계통과 딱딱한 종자 특성을 지닌 차조기 4계통을 이용한 교배 실험에서 15:1과 3:1 등 각각 다른 유전 분리비를

보고를 하면서 종자 정도에 관여하는 유전자가 단일 유전자 또는 복수유전자가 관여하고 있는 것으로 생각하였다. 그들은 종자 정도에 대한 분석을 위해서 마이크로톱을 이용한 해부 실험을 수행하여 종자의 정도에 관여하는 스톤 세포(stone cell)의 두께가 딱딱한 특성을 나타내는 종자의 스톤 세포 두께는 50-70 μ m이고, 부드러운 특성을 나타내는 종자의 스톤 세포 두께는 13-23 μ m라고 보고하였다. 특히 종자의 두께와 종자 정도는 상관관계에 있으며 종자 정도에 관여하는 종실의 스톤 세포에 T_1 또는 T_2 유전자들이 관여하고 있다고 보고하였다. 특히 그들은 분석에 이용한 차조기 계통들은 모두 종자가 작으면서 딱딱한 특징을 지니고 있으나, 들깨는 종자가 크고 부드러운 특성을 지니고 있는 것을 관찰하고 이것은 들깨는 유료작물로 이용되면서 인위적인 선발에 의해 부드러운 종자 특성을 가진 개체로 진화된 것으로 생각하였다. 아직까지 들깨와 차조기의 야생종은 보고되고 있지 않으나, Lee & Ohnishi (2001)는 재배형 들깨는 재배화 과정에서 진화가 되었으나, 일본에서 재배되고 있는 차조기는 야생형을 그대로 재배에 이용하고 있는 것으로 보고하였다. 그 이유로 들깨 재배형은 휴면성이 거의 없으나 차조기는 휴면성이 강하고 종자가 작고 딱딱한 특성을 가지고 있기 때문이라고 설명하였다. 반면에 Ladizinsky (1985)는 렌즈 콩(*Genus Lens*; *Lens culinaris*, *Lens orientalis*, *Lens ervoides*) 중간 교잡, 즉 야생 렌즈 콩(종피가 단단하고 휴면성이 강함)과 재배종 렌즈 콩(종피가 부드럽고 휴면성이 없음) 간 교배 실험에서 종자 정도는 3:1의 유전분리를 보고하면서 단단한 종피는 단일 우성유전자에 의해 조절되고 있는 것으로 보고하였다. 이러한 결과들의 차이는 향후 들깨 및 차조기 작물에서 종자의 크기 및 정도 등에 대하여 보다 정확한 분석기술이 필요하다.

이상의 결과에 의하면 F_2 집단에서 잎 색의 경우 앞면에서는 적자색보다 녹색이 그리고 뒷면에서는 녹색보다 적자색이 우성으로 발현되는 것으로 관찰되었고, 꽃 색에서는 분홍색보다 흰색이 많이 나타나는 것으로 보아 흰색 형질들이 우성인 것으로 생각되었다. 그리고 종실 특성에서는 작은 종자보다 큰 종자들이 많이 관찰되었고, 또한 부드러운 종자보다는 딱딱한 종자를 가진 개체들이 많이 관찰되는 것으로 보아 이들 형질이 우성인 것으로 보인다.

본 연구결과는 들깨와 차조기 작물의 F_2 집단에서 잎과 종실 특성의 유전분리를 이해하는데 기초정보를 제공할 것이며, 또한 들깨와 차조기 작물에 대한 품종 개발을 위한 육종 연구에 유용한 정보를 제공할 것으로 기대된다.

적 요

본 연구에서는 들깨와 차조기 작물의 계통을 교배조합의 모본과 부분으로 선발하여 교잡한 후 육성한 F_2 집단에 대하여 잎과 종실 등의 질적 형질들에 대한 분리 특성에 대하여 유전분석을 실시하였다. F_2 집단에서 각 형질 별 분리 양상을 보면, 잎 색의 앞면에서는 녹색을 가진 계통들이 많이 관찰되었고, 뒷면에서는 적자색을 지닌 계통들이 많이 관찰되었다. 꽃 색에서는 흰색을 가진 계통들이 더 많이 관찰되었다. 종자 크기에서는 2 mm 이상 크기를 가진 계통들이 많이 관찰되었고, 종자 정도에서는 딱딱한 특성을 지닌 계통들이 많이 관찰되었다. 이들 형질들에 대하여 멘델의 유전법칙에 따른 유전분리비를 검정한 결과, 잎의 앞면과 뒷면 색, 꽃 색 등 3개의 형질들은 1:2:1의 분리비를 따르지 않는 것으로 나타났으며, 종자 크기는 3:1의 분리비를 따르지 않았으나, 종자 정도는 3:1의 분리비를 따르는 것으로 나타났다. 본 연구 결과는 들깨와 차조기 작물의 F_2 집단에서 잎과 종실 특성의 유전적 특성을 이해하는데 매우 유용한 정보를 제공할 것이며, 더욱이 이후 들깨, 차조기 작물의 품종 개발을 위한 육종 및 유전 연구에 많은 도움을 줄 것으로 기대된다.

사 사

본 논문은 한국연구재단 기본연구지원사업(2016R1D1A1B01006461)과 2019년도 농촌진흥청 종자 유전자원 보존관리(과제번호-PJ0143502019) 사업으로 연구하였음.

REFERENCES

1. Award HA, Mohamed EA. 2017. Genetics of flower color in periwinkle *catharanthus roseus* (L) G. Don. Intl J Genet Genomics 5: 36-41.
2. Upadhyaya HD, Kumar S, Gowda CLL, Singh S. 2006. Two major genes for seed size in chickpea (*Cicer arietinum* L.). Euphytica 147: 311-315.
3. Honda G, Koezuka Y, Tabata M. 1990. Genetic studies of fruit color and hardness in *Pperilla frutescens*. Japan J Breed 40: 469-474.
4. Honda G, Yuba A, Kojima T, Tabata M. 1994. Chemotaxonomic and cytogenetic studies on *Perilla frutescens* var. *citiodora* ("Lemon Egoma"). Natural Medicine 48: 185-190.
5. Ladizinsky G. 1985. The genetics of hard seed coat in the

- genus *Lens*. *Euphytica* 34: 539-543.
6. Lee JK, Nitta M, Kim NS, Park CH, Yoon KM, Shin YB, Ohnishi O. 2002. Genetic diversity of *Perilla* and related weedy types in Korea determined by AFLP analyses. *Crop Sci* 42: 2161-2166.
7. Lee JK, Ohnishi O. 2001. Geographic differentiation of morphological characters among *Perilla* crops and their weedy types in east Asia. *Korean J Breed Sci* 51: 247-255.
8. Lee JK, Ohnishi O. 2003. Genetic relationships among *Perilla* crops and their weedy types in east Asia revealed by AFLP markers. *Genet Resour Crop Evol* 50: 65-74.
9. Makino T. 1961. Makino's new illustrated flora of Japan. Hokuryukan, Tokyo, Japan, p. 1060.
10. Nagai I. 1935. On "Shiso" and "Egoma". *Agric Hort* 10: 2265-2273.
11. Nitta M. 2001. Origin *Perilla* crops and their weedy type. Ph. D Thesis, Kyoto University, Kyoto, Japan, p. 78.
12. Nitta M, Ohnishi O. 1999. Genetic relationships among two *Perilla* crops, shiso and egoma, and the weedy type revealed by RAPD markers. *Jpn J Genet* 74: 43-48.
13. Nitta M, Lee JK, Ohnishi O. 2003. Asian *Perilla* crops and their weedy forms: Their cultivation, utilization and genetic relationships. *Econ Bot* 57: 245-253.
14. Sa KJ, Kim JA, Lee JK. 2012. Comparison of seed characteristics between the cultivated and the weedy types of *Perilla* species. *Hort Environ Biotechnol* 53: 310-315.
15. Song CY, Kwon HK, Park SC. 2003. Inheritance of flower color pattern, flower shape, leaf color, and leaf shape in *viola tricolor*. *J Kor Soc Hort Sci* 44: 120-124.
16. Yamane Y. 1950. Cytogenetic studies in *Perilla* and coleus. I. Chromosome numbers. *Jpn J Genet* 25: 220.