헤어리베치 꽃색의 유전

구자환* · 한옥규 · 손범영 · 이진석 · 김정태 · 김대욱 · 이유영 · 김민태 · 문종경 ·
황종진 · 김충국 · 백성범 · 권영업
농촌진흥청 국립식량과학원

Inheritance of Flower Color in Hairy Vetch (*Vicia villosa* Roth)

Ja-Hwan Ku*, Ouk-Kyu Han, Beom-Young Son, Jin-Seok Lee, Jung-Tae Kim,
Dae-Wook Kim, Yu-Young Lee, Min-Tae Kim, Jung-Kyeong Moon, Jong-Jin Hwang,
Chung-Guk Kim, Seong-Bum Baek, and Young-Up Kwon
National Institute of Crop Science, Suwon 441-857, Korea

Abstract : Flower color of hairy vetch (*Vicia villosa* Roth) was observed individually in F₂ of crosses among violet, white, pink flower varieties, and between pale pink and pink flower varieties for providing information of useful gene as source of colored flower. F₂ segregation mode of flower color between cross of white/violet was fitted to 3 violet : 1 white, and same segregation ratio of 3 violet : 1 pink was found in F₂ of cross of violet/pink flower variety. Also, F₂ segregation of flower color between cross of pale pink/pink flower variety was fitted to 3 violet : 1 white. When white flower was crossed with pink flower, flower color in F₂ population segregated into 9 violet : 3 pink : 4 white. Based on the results, this study indicated that flower color of parental varieties was controlled by recessive epistatic interactions of two genes, and pale pink flower color was recessive to the pink color of the parental variety. This flower color inheritance may be used for practical application in breeding of hairy vetch variety.

Keywords : Hairy vetch, Flower color, Segregation, Inheritance

서 언

헤어리베치는 월년생 콩과 식물로써 내한성이 강하고 저온에서의 생육이 우수하여 겨울철 휴한기에 녹비용으로 많이 재배되고 있다. 작물육종에 있어서 질적 형질의 마커 확보는 육종 효율을 높이는 데에 있어서 매우 중요하며, 이 점에 있어서 꽃색은 품종의 동정, 기계적 혼입 판단, 교배 후대의 잡종 여부 판단 및 타 형질의 유전적 연구 마커 도구로 매우 유용한 형질이다. 헤어리베치 꽃색은 보라색, 분홍색, 백색이 있는 것으로 알려져 있다(Owsley 2011). 그러나 헤어리베치 꽃색의 유전 현상에 대해서는 아직 보고된 바가 없으며 헤어리베치와 같은 *Vicia* 속 작물에서도 꽃색 유전 연구는 드문 편

이다. 컴먼베치(*Vicia sativa* L.)에서 자색 꽃이 백색 꽃에 대해서 단인자 완전 우성인 것으로 보고되었으나(Donnelly 1958) 이후에 Chowdhury et al. (2004)에 의해서 컴먼베치 꽃의 자색 유전은 두 쌍의 보색 유전자에 의한다고 보고되었다. 잠두(*Vicia faba* L.)에서도 꽃색은 하나 혹은 두 개의 우성 유전자에 의해 지배된다고 보고되고 있으며(Sjödin 1971, Cabrera 1988, Cabrera & Martin 1989a), 드물게는 한 개의 열성 유전자에 의해 유전되는 경우도 보고되었다(Goyal 1965). 본 실험은 헤어리베치 꽃색에 대한 유전분리 양상을 구명함으로써 헤어리베치 품종육성을 위한 기초자료로 활용하고자 수행하였다.

재료 및 방법

헤어리베치 꽃색의 유전 현상 시험은 수원시에 위치한 국

*Corresponding author (E-mail: jhku@korea.kr, Tel: +82-31-290-6744, Fax: +82-31-290-6742)

(Received on August 14, 2013. Revised on September 9, 2013.
Accepted on September 16, 2013.)

립식량과학원 시험포장과 온실에서 이루어졌다. 교배친으로 사용한 품종들의 원산지 및 꽃색은 Table 1과 Fig. 1에서 보는 바와 같다. 보라색 꽃 품종은 국립식량과학원에서 2009년에 육성한 청풍보라를 이용하였고 분홍색 꽃 품종은 남호주 농업연구소에서 육성된 Mamecho를 이용하였다. 백색 꽃 품종은 청풍보라 증식 집단에서 2007년에 분리하여 HV-Kw1, HV-Kw2로 명명한 계통을 이용하였고, 연분홍색 꽃 품종은 Mamecho 방임 수분 집단에서 2008년에 분리하여 HV-p1으로 명명한 계통을 이용하였다.

백색과 보라색 꽃의 유전현상 조사를 위해 2009년도에 HV-Kw1(백색)/청풍보라(보라색) 교배조합에서 2개의 F₁ 개체를 얻었고, HV-Kw2(백색)/청풍보라(보라색) 교배조합에서 11개의 F₁ 개체를 얻어 모두 13개의 F₁ 개체를 얻었다. 보라색과 분홍색 꽃의 유전현상 조사를 위해 2010년도에 청풍보라

(보라색)/Mamecho(분홍색) 조합에서 1개체의 F₁을 생산하였고, 연분홍색과 분홍색 꽃의 유전현상 조사를 위해 HV-p1(연분홍)/Mamecho(분홍색) 조합에서 9개의 F₁ 개체를 생산하였다. 백색과 분홍색의 유전현상 조사를 위해 2011년도에 HV-Kw1(백색)/Mamecho(분홍색) 조합에서 12개체의 F₁을 생산하였다.

인공교배는 교배 당일 핀 꽃의 밑 부분을 엄지와 검지로 살짝 눌러 암술 머리가 꽃잎(용골판) 밖으로 나오게 한 후 부분의 꽃가루를 문힌 가는 붓털(세필 1호)을 암술머리에 문질러 주는 방법으로 하였다. 인공교배 및 F₁ 양성은 타가수분을 방지하기 위하여 방화곤충을 차단시킨 유리온실에서 와그너 포트에 1본씩 재식하여 진행하였고, F₁ 개체의 잡종 여부는 꽃색이 부분의 색을 나타내는지 여부로 판단하였으나 청풍보라/Mamecho 조합의 경우는 F₂ 세대에서 꽃색의 분리 여부로

Fig. 1. Flower color of hairy vetch variety. A, violet color of Cheongpungbora; B, pink color of Mamecho; C, white color of HV-Kw1; D, pale pink color of HV-Mp1.

Table 1. Origin and flower color of parental hairy vetch varieties used.

Variety	Origin	Flower color
Cheongpungbora	Korean improved variety	Violet
Mamecho	Austria improved variety	Pink
HV-Kw1, HV-Kw2	Derived from Cheongpungbora	White
HV-Mp1	Derived from Mamecho	Pale pink

판단하였다. F₂ 전개는 발작물 시험포장에서 100 cm × 15 cm 간격으로 포기당 1립씩 파종하여 생육시킨 후 개화 최성기에 꽃색별 출현 빈도를 조사하였다. 분리 세대 개체의 꽃색 구분은 보라색, 분홍색, 연분홍색 그리고 백색의 4가지 색으로 구분하였으며 Fig. 2에서 보는 바와 같다. 색깔 내의 농담 차에 의해 중간 색채의 꽃을 가진 분리세대 개체의 경우는 육안 관찰에 의해 가장 근접한 색으로 편입시켜 출현 빈도를 조사하였다.

결과 및 고찰

백색 꽃을 가진 헤어리베치 계통 HV-Kw1, HV-Kw2를 모본으로 하고 보라색 꽃을 가진 청풍보라를 부본으로 한 교배조합의 F₁과 F₂에서 개체 별로 조사한 꽃색의 분리 양상은 Table 2에서 보는 바와 같다. F₁ 개체들의 꽃색은 모두 보라

색이었고, F₂ 집단에서의 꽃색 분리 분포는 보라색 327개체, 백색 91개체가 출현하여 보라색 3, 백색 1의 분리비에 적합함을 나타냈다. 이와 같은 분리비는 교배친으로 사용한 HV-Kw1, HV-Kw2와 청풍보라에서 보라색 꽃 유전인자는 백색 꽃 유전인자에 대해서 단인자 완전우성임을 나타낸다. 이러한 단인자 우성인자에 의한 꽃색 유전 현상은 컴먼베치에서 Donnelly (1958)에 의해 보고된 바 있다.

보라색 꽃(청풍보라)과 분홍색 꽃(Mamecho)의 교배조합에서 F₁ 개체 꽃색은 보라색을 나타냈고, F₂에서의 꽃색 분포는 보라색 34개체, 백색 7개체가 출현하여 보라색 3, 분홍색 1의 비율로 분리하고 있음을 나타냈다(Table 3). 이러한 분리비 결과는 보라색이 분홍색에 대해서도 단인자 완전우성으로 유전되고 있음을 나타낸다.

연분홍색 꽃(HV-Mp1)과 분홍색 꽃(Mamecho) 교배조합

Fig. 2. Flower color of F₂ plants in hairy vetch. A, violet color; B, pink color; C, white color; D, pale pink color.

Table 2. Segregation for flower color in the F₂ from the crosses HV-Kw1^z, HV-Kw2^y and Cheongpungbora^x.

Cross combination	Flower color in F ₁	F ₂ observed			Chi-square 3 : 1	P value
		Violet	White	Total		
HV-Kw1 x Cheongpungbora	Violet	36	10	46	0.26	0.6 - 0.7
HV-Kw2 x Cheongpungbora	Violet	291	81	372	2.06	0.1 - 0.7
Total		327	91	418	2.32	0.1 - 0.2

^z White color flower, ^x Violet color flower

F₁ 개체들의 꽃색은 분홍색을 나타냈고, F₂ 집단에서의 꽃색 분리는 분홍색 273개체, 연분홍색 78개체가 출현하여 분홍색 3, 연분홍색 1의 비율로 분리하는 것으로 나타나 연분홍색은 분홍색에 대해 단인자 열성 관계인 것으로 판단되었다(Table 4). 그러나 교배친으로 사용된 Mamecho는 청풍보라에 대해 단인자 열성 관계의 유전인자 조성을 갖고 있고(Table 3) HV-Mp1은 Mamecho에서 돌연변이로 파생된 품종이므로 연분홍색은 꽃색 발현 상위 유전자가 열성인 경우에 발현되는 것으로 짐작된다. 연분홍색 꽃과 보라색 꽃과의 꽃색 유전현상은 단인자 유전관계와는 다른 양상으로 나타날 것으로 예측되나 본 시험에서는 조사하지 못하였는데 차후 추가적으로 연구되어야 할 사항으로 생각된다.

백색 꽃을 가진 HV-Kw1과 분홍색 꽃을 가진 Mamecho를 교배한 집단의 F₁ 개체들의 꽃색은 보라색을 나타냈으며, F₂

에서의 꽃색 분리는 보라색 357개체, 분홍색 127개체, 백색 164개체가 출현하여 보라색 9, 분홍색 3, 백색 4의 비율로 분리를 나타냈다(Table 5). 이와 같은 분리비는 교배친으로 사용한 품종들에서 꽃색은 열성상위 관계를 갖는 두 쌍의 유전자에 의해서 지배되고 있음을 나타낸다. 즉, 꽃색 착색에 관련하는 두 종류의 우성 유전자가 함께 존재할 경우 보라색 꽃색을 나타내며, 두 우성 유전자 중 특정한 하나의 우성 유전자만 있을 경우 분홍색 꽃색을 나타내고, 다른 우성 유전자 하나를 가졌거나 우성 유전자가 하나도 없는 조건에서는 백색 꽃색을 나타내는 것으로 판단된다. 이러한 열성상위 관계의 유전자들에 의한 착색은 완두(*Pisum sativum*)의 자색 및 보라색 꽃 착색⁹⁾과 현미의 적색 착색⁶⁾의 경우에서도 보고되었다.

지금까지의 꽃색 분리비율 결과를 종합하여 볼 때 본 연구

Table 3. Segregation for flower color in the F₂ from the cross Cheongpungbora^z and Mamecho^y.

Cross combination	Flower color in F ₁	F ₂ observed			Chi-square 3 : 1	P value
		Violet	Pink	Total		
Cheongpungbora x Mamecho	Violet	34	7	41	1.37	0.2 - 0.3

^zViolet color flower, ^yPink color flower

Table 4. Segregation for flower color in the F₂ from the cross Mamecho^z and HV-Mp1^y.

Cross combination	Flower color in F ₁	F ₂ observed		Chi-square 3 : 1	P value
		Pink	Pale pink		
Mamecho x HV-Mp1	P	273	78	0.23	0.6 - 0.7

^zPink color flower, ^yPale pink flower

Table 5. Segregation for flower color in the F₂ from the cross HV-Kw1^z and Mamecho^y.

Cross combination	Flower color in F ₁	F ₂ observed				Chi-square 9 : 3 : 4	P value
		Violet	Pink	White	Total		
HV-Kw1 x Mamecho	Violet	357	127	164	648	0.87	0.6 - 0.7

^zWhite color flower, ^yPink color flower

Table 6. The genetic constituents of four parents with respect to the flower color.

Parent	Genetic constituents	Flower color
Cheongpungbora	VVPPTT	Violet
HV-Kw1, HV-Kw2	vvPPTT	White
Mamecho	VVppTT	Pink
HV-Mp1	VVpplt	Pale pink

V: violet flower color, P: pink flower color, T: pale color

에서 사용한 청풍보라, Mamecho, HV-Kw1 품종의 꽃색은 두 개 유전자의 열성상위 상호 작용에 의해 결정되며, 연분홍색은 분홍색에 대해 단일 열성관계를 갖는다. 본 시험에서 나타난 유전 현상을 바탕으로 시험에 사용된 4개 품종의 꽃색에 대한 유전인자 조성을 Table 6에 제시하였다.

적 요

헤어리베치의 꽃색 중 보라색, 분홍색, 백색의 유전 양상을 구명하기 위하여 보라색 꽃 품종(청풍보라), 분홍색 꽃 품종(Mamecho) 그리고 백색 꽃 품종(HV-Kw1) 상호 간에 교잡하여 잡종 2세대(F₂)에서 꽃색 분리 비율을 조사하고, 또한 분홍색과 연분홍색 사이의 유전 양상을 조사하기 위하여 연분홍색 꽃 품종(HV-Mp1)과 분홍색 꽃 품종(Mamecho)을 교잡하여 F₂에서 꽃색 분리 비율을 조사한 결과 백색/보라색 조합과, 보라색/분홍색 조합에서 보라색은 백색과 분홍색에 대해 3 : 1의 비율로 분리하였고, 연분홍색/분홍색 조합에서 분홍색 3, 연분홍색 1의 비율로 분리하였으나, 백색/분홍색 조합의 F₂ 집단에서는 보라색 9, 분홍색 3, 백색 4의 비율로 분리하였다. 이러한 헤어리베치 꽃색 유전분리 결과로 볼 때 본 연구에서 사용된 품종들의 보라색, 분홍색, 그리고 백색 꽃은 서로 다른 두 쌍의 유전자 열성상위 작용에 의해 발현되며, 연분홍색은 분홍색에 대하여 단일 열성관계인 것으로 나타났다. 본 연구결과는 헤어리베치 품종 육성의 기초 자료로 유용하게 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

인 용 문 헌

1. Cabrera A. 1988. Inheritance of flower colour in *Vicia faba* L. FABIS Newslett. 22: 3-7.
2. Cabrera A, Martin A. 1989a. Analysis of genetic linkage in faba bean (*Vicia faba* L.). FABIS Newslett. 24:3-5.
3. Chowdhury DMS, Rathjen JM, Tate ME, McDonald G. 2004. Genetics of colour traits in common vetch (*Vicia sativa* L.). Euphytica 136: 249-255.
4. Donnelly ED. 1958. Inheritance of white flower color in common vetch. Agron. J. 50: 763-764.
5. Goyal RD. 1965. Breeding behavior of anthocyanin pigmentation in flower and stem of broad bean (*Vicia faba* Linn.). Sci. Cul. 31: 147-148.
6. Kim KH, Jeong YP. 1997. Inheritance of pericarp color of rice grain. Korean J. Bred Sci. 29: 1-6.
7. Owsley M. 2011. Plant fact sheet for Hairy Vetch (*Vicia villosa*). USDA-Natural Resources Conservation Service, USDA NRCS. Americus, GA 31709.
8. Sjödin J. 1971. Induced morphological variation in *Vicia faba* L. Hereditas 67: 155-180.
9. Tedin H. 1920. The inheritance of flower colour in *Pisum*. Hereditas 1: 68-97. (Article first published online: 9 JUL 2010)