

# 무궁화 배수성 F<sub>1</sub> 집단의 특성 분석과 신품종 선발

김중화 · 박성민

(강원대학교 농업생명과학대학 식물응용과학부)

## Selection of new cultivars and analysis of the F<sub>1</sub> triploid population in *Hibiscus syriacus* L.

Kim, Jong-Hwa · Park, Sung-Min

Division of Applied Plant Sciences, Kangwon National University

### 적 요

우리 나라 국화인 무궁화 3배체 선발을 위하여 여러 종의 2배체 품종과 4배체인 '개량단심' 과 'Dr. Uemoto'를 교잡한 F<sub>1</sub> 그룹에서의 주요형질 분리를 조사하여 푸궁화 품종 등록을 위한 형질 검사표를 수정하였다. 이를 근거로 3배체 무궁화의 화형, 화색, 엽형, 꽃잎의 두께, 잎의 두께, 수자, 임성 등을 조사하고 양친과 3배체의 염색체를 조사하였다. 3배체의 특성은 많은 형질이 4배체의 특성을 많이 닮는 것으로 나타났으며 이는 4배체의 genome이 더 많이 들어갔기 때문인 것으로 해석되었다.

3배체 무궁화의 꽃의 크기는 2배체보다 크고 잎과 꽃잎의 두께도 두꺼워 졌다. 수자는 4배체 모본과 비슷한 특성을 나타내었고 염색체수는 140이었다. 3배체 무궁화 F<sub>1</sub>그룹에서 10년간 재배된 개체중에서 지금까지의 무궁화 품종과 차별성이 있는 3개의 품종을 선발하였다.

'Suminokurahanagasa' × 'Dr. Uemoto' 교잡 후대에서 분홍색인 '봄내 1호'와 적색계인 '봄내 2호'를 선발하였다. 이들 두 품종은 형제 관계로 우리나라에 있는 기존의 품종군에서는 찾아볼 수 없었던 화색과 화형을 지니고 있으며, 우리 나라 첫 번째와 두 번째의 3배체 무궁화이다. 'Daitokujihitoe' × 'Dr. Uemoto'의 교잡후대에서 자주색계의 대형 무궁화인 '백령 1호'를 선발하였다. 이 품종은 정연한 화형과 진한 자주색을 띄며 매우 강건한 인상을 주는 우리나라 세 번째의 3배체 품종이다.

### I. 서 론

지금까지 국내의 무궁화 품종육성은 자생종에서의 선발(40품종), 외국으로부터의 도입(30품종), 자생종과 도입종과의 혼식포장에서 채취한 종자로부터의 선발(17품종), 콜히진 처리에 의한 4배체품종(3품종, 미확인)등이 선발되었고<sup>1, 22)</sup> 계획적으로 교잡에 의해 육성된 품종은 7품종에 지나지 않는다.

무궁화는 꽃이 귀한 여름철에 많은 꽃을 피우고 다양한 화색, 화형<sup>1, 2, 17)</sup>을 지니므로 열대 및 아열대 지방의 하와이 무궁화의 대체식물로 온대지방에서는 매우 중요한 화훼식물이다. 그러나 다른 화훼식물보다 재배번식이 수월하고, 다른 화훼류가 갖는 우월성과 희귀성 등이 결여되어 국민들로부터 국화로로서의 사랑을 받지 못하는 것이 사실이다. 이를 극복하기 위해서는 장미 등에서 볼 수 있는 것과 같이 적극적인 육종작업이 이루어져야 한다<sup>18, 19, 25)</sup>. 지금까지 많은

무궁화 육종이 이루어져 왔으나 선명한 화색의 도입, 내한성, 내충성, 내공해성품종의 육성은 장기적인 무궁화 육종목표라 할 수 있다. 이를 위해서는 중간 및 품종간 교잡, 돌연변이 유발, 배수체 육성<sup>3, 4, 5)</sup>, 이수체 육성 등 많은 방법이 적용될 수 있으나, 특히 3배체 육성은 여러가지 면에서 많은 장점이 있으므로 미국에서는 이미 여러가지 품종이 육성되어 높은 가격으로 보급되고 있다<sup>8, 9, 10)</sup>. 우리나라에서는 신품종이 농가에 보급되어 높은 가격을 받는 경우가 없다.

무궁화의 화색<sup>8, 11, 12, 13, 16)</sup>, 화형<sup>7, 14, 15, 16)</sup>, 내충성, 내한성<sup>20, 21)</sup> 등의 육종목표를 달성하기 위해서는 다양한 유전인자의 도입이 필요하다<sup>6, 23)</sup>. 이를 위해서는 품종간 교잡<sup>33)</sup>, 중간교잡<sup>25, 26, 27, 28, 29)</sup>, 세포융합<sup>3)</sup>, 형질전환, 자식계통의 이용<sup>30, 31, 32)</sup> 등의 방법을 이용할 수 있으며, 최근에 형질전환에 의한 외래유전자의 도입이 시도되고 있다. 그러나 장미의 청색화 육종에서 보듯이 단일 외래유전자의 도입에 의해 새로운 품종 육성이 이루어지기는 쉬운 일이 아니다.

외래유전자 도입을 위한 가장 쉬운 방법은 중간교잡이다. 선명한 화색을 육종하기 위해 국내외에서 하와이무궁화와 교잡<sup>1, 28)</sup>이 시도되어 왔으나 불가능한 것으로 밝혀졌다. 무궁화 근연종중 무궁화와 화합성을 갖는 종은 동아시아 그룹에 속하는 *Hibiscus sinosyrriacus*와 *H. paramutabilis* 뿐인 것으로 알려져 있으나<sup>28, 29)</sup>, 국내에서 무궁화 육종에 이용된 적은 없다.

이러한 육종적 수단 이외에도 3배체나 이수체 육성은 새로운 무궁화 품종의 가능성을 보여준다. 3배체나 이수체는 2배체보다 강건한 특성을 나타내는데 이는 여러 가지 개체중에서 내병성, 내한성, 화형, 화색의 우성인자를 갖는 염색체 1쌍이 더 들어가 있는 개체를 선발할 수 있는 장점이 있기 때문이다.

3배체나 이수체 무궁화의 특징은 잎과 꽃잎이 두껍고 혁질이기때문에 내공해성이 강한 것으로 나타나며, 임성이 없기 때문에 양분의 비축이 많아져 내한성이 강해질 수 있다<sup>23, 18, 19)</sup>. 무궁화가 도로변 조경용으로도 많이 사용된다는 점에서 내공해성 품종의 육성은 우리나라에서 매우 시급한 실정이며<sup>23)</sup>, 북부 고지대에서는 재배가 어려운 것으로 알려진 무궁화

의 내한성은 장기적인 안목에서 남북통일을 대비한다는 의미에서도 매우 중요한 육종목표라 할 수 있다.

무궁화는 복2배체(염색체수 80)로 4배체는 160개의 염색체를 갖는다. 3배체를 육성하기 위해서는 4배체(2n=160)와 2배체(2n=80)을 교잡하는데 이때 얻어진 3배체는 거리가 임성을 지닌다. 무궁화 품종이 임성을 지니면 종자형성에 많은 영양분을 소모하여 내한성이 떨어지는 경향을 나타내며, 나무아래 많은 종자가 발아하여 이를 제거해야하는 노력이 필요하다. 이수성식물은 일반적으로 임성이 없는 것으로 알려져 있다. 무궁화는 영양번식이 쉬우므로 이수성 품종을 육성할 경우 내한성, 불임성에 의한 여러 가지 좋은 장점을 지닐 수 있고 2배체 품종보다는 꽃잎이나 잎이 두껍다.

저자 등은 10여년전부터 배수체 육성을 위해 4배체인 '개량단심'과 'Dr. Uemoto'를 2배체 무궁화 품종에 교잡하여 화합성, 배의 퇴화, 배의 구출 등에 관한 연구를 수행하여 왔다. 이러한 결과의 산물인 3배체 식물을 수만개체 유지해오면서 품종선발을 계속해 오고 있다. 그런데 이들 3배체 식물군의 무궁화는 모두 3배체가 아니고 상당부분이 이수성을 띠는 것으로 관찰되고 있다. 이는 아마도 기존의 2배체 품종이 이수성이고 4배체와의 교잡시 염색체 분리에 문제가 발생하였기 때문인 것으로 생각된다. 또한 교잡조합에 따라 화색과 화형이 기존의 무궁화 품종과는 확연히 다른 우량형질을 구비하는 개체가 많이 출현하는 것으로 나타나므로 새로운 품종 선발의 가능성을 보여주었다.

기존의 3배체 품종인 'Diana' 'Aphrodite' 등에서 볼 수 있는 것처럼 3배체나 이수체는 기존의 2배체 무궁화보다 우수한 장점이 있다. 그러나 우리나라에서는 정통적인 3배체 육종이 이루어진 것이 없었다.

저자 등이 지금까지 축적해오고 있는 3배체 집단은 수만 개체에 이르며 교잡조합에 따른 화색별 선발에서 상당량이 도태될 수 있는 가능성이 있었다. 우량개체의 염색체수, 임성, 화형, 화색, 초자 등에 대한 실용적특성조사후 기존의 품종과의 차별성을 부여하는 작업이 필요하다. 즉, 우수한 3배체 내지 이수성

개체가 선발되면 이들에 대한 특성을 명확히하여 품종성립의 의미를 검토하는 과정이 필요하다.

새롭게 육성된 품종은 국내에서만만이 아니라 국제 중요특허를 획득함으로써 무궁화가 손쉽게 아무나 증식해서 이용해도되는 화목이 아니라 경제적으로도 도움을 줄 수 있는 화목으로 개발되어야 한다. 지금까지 육성되어 온 2배체 품종과는 차별성이 있는 3배체 품종을 선발 등록하여 한국무궁화 연구회에서 주관하여 자격이 있는 무궁화 묘목생산 농가에 권리를 이전하여 고가로 유통될 수 있는 방안이 마련되어야 한다.

본 연구는 지금까지 축적되어온 3배체 무궁화 집단속에서 우수한 개체를 선정하여 배수성을 확인하고 특성을 조사하여 새로운 무궁화 품종으로서의 성립조건을 분석하고자 하는 것이다. 이를 위해서는 (가)우량개체의 배수성 검토, (나)화색, 화형, 착화수 등의 관상가치와 관련된 특성조사, (다)기존의 유사 품종과의 차별화될 수 있는 특성 제시, (라)수자(형), 엽형, 개화기간 등의 이용적 특성을 조사하여 용도를 제시할 수 있는 일련의 연구가 필요하다. 이러한 작업을 거쳐 선발된 개체는 무궁화연구회의 이름으로 품종을 등록하고 무궁화 묘목생산농가에 경제성이 있는 화목으로 유도하는 것을 목적으로 한다.

## II. 재료 및 방법

특성조사 목록: 2000년 5월 농촌진흥청 종자관리소에서 출판한 신품종 심사를 위한 작물별 특성조사 요령(무궁화)을 기준으로 현실과 부합되는지를 검토하였다. 특성별 조사기준 26개 항목에 대하여 현재 무궁화 품종 특성검사에 부합되지 않는 항목에 대하여 고찰하고 개선된 특성표를 제시하였다. 개선된 품종 특성목록중에서 가장 중요한 무궁화의 특성인 화색과 화형에 대하여 세밀한 특성을 조사하였고, 3배체의 특성이라고 간주할 수 있는 형질을 집중 조사하였다.

F<sub>1</sub>집단에서의 화색 분리: 기존에 무궁화 2배체 집단에서 확립해 놓은 적, 자, 청, 분홍, 백색의 기준에 의해 3배체 집단에서의 화색 분리를 검토하였다. 모본

의 화색과 비교하여 조합별로 화색의 출현 경향을 조사하였다. 화색은 KBS에서 출판한 color chart를 사용하여 육안으로 조사하였으며, colorimeter(Minolta사)로 측정하여 화색분포도를 도출하였다.

꽃의 형태적 특성: 3배체 집단을 육성할 때 사용한 모본이 모두 홑꽃이고 일부 반겹꽃을 모본으로 사용하였으므로 화형을 중관성 정도로 분류하기는 어려웠다. 분류기준 중에서 화관의 열린모양, 꽃잎의 겹침 정도를 측정하여 양친과 비교하였다.

엽형분리: 2배체와 3배체의 모본의 엽형특성을 조사한 후 각 조합에서의 3배체 집단에서의 엽형 분리 경향을 조사하였다.

염색체 조사: 지금까지 알려져 있는 4배체 품종과 교잡에 사용된 2배체 및 3배체 집단의 염색체를 조사하여 2배체와 4배체 간에 교잡이 이루어진 집단인지를 확인하였다. 육성된 식물체의 뿌리를 채취하여 8-hydroxyquinoline 0.002M용액에 4시간 전 처리한 후, Acetic acid와 Ethanol (1:3 v/v)용액에 2시간 고정하였다. 뿌리의 분열조직만 절단한 조직을 slide glass위에 놓고 그 위에 효소액(Cellulase RS 4%+Pectolyase Y23 1%+KCl 0.07M+Na<sub>2</sub>EDTA 0.075M)을 떨어뜨린 후, 37°C 항온기에서 50분에서 1시간정도 처리하였다. 효소액을 증류수로 씻어내고 커버글래스를 덮어 염색체를 분산시켰다. 액체질소에 순간 결빙시킨 후 커버글래스를 제거하여 건조시키고 염색은 Giemsa 4% 용액에 염색한 후 광학현미경 하에서 염색체 수를 조사하였다.

신품종 특성 비교: 3배체 집단중에서 기존의 무궁화 품종과 뚜렷이 구분되고 관상가치 및 이용가치가 인정되는 개체를 선정하여 가장 특징적인 특성을 조사하고 품종등록에 필요한 형질을 모두 조사하였다.

## III. 결과 및 고찰

### 품종 특성 조사목록

조사기준은 농촌진흥청 종자검사소에서 만든 것을 기본으로 하였으나 그 기준은 일본의 하와이 무궁화 품종 특성조사목록을 거의 전사한 것으로 무궁화에는 적합하지 않은 항목이 많이 있었다. 개선된 항목

의 요지는 다음과 같다.

① 무궁화는 모두 목본성이므로 조사항목 1번은 삭제되어야 한다.

② 조사항목 2번에서 무궁화의 배수체는 2, 3, 4배체가 있을 뿐만 아니라 이수체도 있으므로 이를 보완하였다.

③ 수고의 판단은 3년으로 부족하므로 5년간 독립 식재된 것을 조사하여야 한다.

④ 조사항목 16번의 화관 모양은 홑꽃, 반겹꽃, 겹꽃, 관생화로 구분하는 것이 바람직하다(김과 이, 1994).

⑤ 조사항목 21의 단심의 색은 무, 적색, 암적색으로 개편하였다.

⑥ 조사항목 25번의 경우 무궁화는 우리나라에서 겨울 개화가 없고 4계성도 없으므로 조, 중, 만생으로 개편하였다.

⑦ 조사항목 26번의 임실성은 겹꽃과 관생화에서는 전혀 없으므로 없음, 낮음, 높음으로 구분하였다.

⑧ 품종 특성조사 항목 중 가장 중요한 것은 기존에 등록된 유사품종과의 차별성이므로 새로운 항목으로 유사품종의 유무를 삽입하고 유사품종 내지 대조품종을 기입하도록 하였음.

이상과 같이 개선되어야 할 항목을 고려하여 수정된 새로운 특성 조사표를 표 1과 같이 작성하였다.

이 표의 조사항목을 기준으로 3배체 잡종 집단의 특성을 조사하였다.

### 3배체 F<sub>1</sub>집단의 화색 분리

4배체인 '개량단심'(백단심)과의 모든 조합에서는 그 편친이 적색계이든 자주색계이든 관계없이 백단심과 자주색계통의 화색만이 출현하였다(표 2). 'Nastuzora' × 'Gaeryangdansim'(청×백단심)조합에서 청색계의 F<sub>1</sub>이 유일하게 1개체 관찰되었으나 그 색이 모본의 청색보다 옅고 자주색에 가까운 것이었다. 표 2에 나타내지 않은 '개량단심'과의 많은 조합에서는 외관상 분홍으로 보이는 것들이 많이 출현하였으나 자세히 관찰하면 맑은 분홍색을 나타내지 않고 옅은 자주색계인 것으로 나타났다. 그러나 'Dr. Uemoto'(적색계)를 사용한 교잡 조합에서는 편친의 화색에 따라서 그 F<sub>1</sub>의 화색분리가 달라짐을 알 수 있었다. 즉 모본의 화색조합이 적색×적색인 F<sub>1</sub> 집단에서는 적색과 분홍색의 화색만이 관찰되었고, 자주색계(P×R), 배달계(W×R or R×W), 또는 청색계(B×R or R×B)와의 교잡에서는 자주색계의 화색만이 관찰되었다(표 2).

이와같은 결과로부터 무궁화에 없었던 새로운 화색은 출현하지 않았으나 무궁화에서의 화색분리경향

표 1. 무궁화 품종등록을 위한 형질조사목록 보완

번호	특성	표현형태	계급	표준품종	조사기준 및 방법
1	배수성	2배체 3배체 4배체 이수체	2 3 4 7		효소처리법을 사용
2	수고:생육적온하에서 노지에 식재된 약 3년생을 관찰	왜성 관목 소교목 교목	1 3 5 7		지면에서 최정점까지 측정. 줄기 마디의 길이와 개화특성에 의해 변함.
3	가지:밀도	성김 중간 조밀	3 5 7		전체 가지의 모양을 품종별로 비교
4	가지 : 방향	상향 수평 하향	3 5 7		나무 주간부위에서 판단

번호	특성	표현형태	계급	표준품종	조사기준 및 방법
5	가지 : 색	황녹색 녹색 녹갈색 갈색 기타	1 1 3 4 9		2년생 이상의 가지 녹지 및 반녹지의 색
6	엽신 : 전체모양	방추형 타원형 광타원형 난형 광난형 원형 심장형 신장형 기타	1 2 3 4 5 6 7 8 9		주가지의 중간부위 잎
7	엽연 : 모양	전연 파상 둔거치 예거치 치아 이중거치 결각 기타	1 2 3 4 5 6 7 9		주지 중간 부위 잎 성숙엽의 엽가장자리의 모양
8	잎 : 길이	단(8cm미만) 중(8-12cm미만) 장(12cm미만)	3 5 7		주지 중간 부위 잎
9	잎 : 너비	협(5cm미만) 중(5-10cm미만) 광(12cm미만)	3 5 7		주지 중간 부위 성숙엽의 최대폭
10	잎 : 잎의 너비/ 잎의 어깨너비	아주좁다 좁다 중간 넓다 아주넓다	1 3 5 7 9		잎의 너비를 잎의 어깨 너비로 나누어 3.0이상은 1, 2.5는 3, 2.0은 5, 1.5는 7, 1.0은 9
11	잎 : 두께	얇다 중간 두껍다	3 5 7		
12	잎 : 광택	약하다 중간 강하다	3 5 7		
13	엽맥 : 모양	뉴호우세이형 중간형 당상맥 기타	1 2 3 9		주지 중간 부위 잎 성숙엽표면의 엽맥의 모양
14	화관 : 열린모양	나팔형 깔대기형 평개 내곡 외곡 기타	1 2 3 4 5 9		만개시 꽃을 관찰 주가지 중상부위에 달리 2년생 이상 가지의 꽃

번호	특성	표현 형태	계급	표준품종	조사기준 및 방법
15	화관 : 모양	홀-1	1		만개시 꽃을 관찰 홀-2: 수술대 일부가 꽃잎화 반겹-1 : 주두일부가 꽃잎화
		홀-2	2		
		반겹-1	3		
		반겹-2	4		
		겹	5		
		기타	9		
16	꽃잎 : 겹침정도 : 기본꽃잎이 명확한 것만 관찰	겹치지 않음	3		주가지 중앙 부위에 달린 2년생 이상 가지의 꽃
		조금겹침	5		
		완전겹침	7		
17	꽃 : 화경 : 만개시 꽃을 자연상태에서 측정	극소(10cm미만)	1		주가지 중앙부위 달린 2년생 이상 가지의 꽃
		소(10-15cm미만)	3		
		중(15-20cm미만)	5		
		대(20cm이상)	7		
18	화색 : 만개시 꽃을 관찰	순백(배달계)	1	배달 백단심 수줍어 화랑 파랑새 아사달	한국의 분류 기준 적용
		백단심	2		
		홍단심	3		
		자단심	4		
		청단심	5		
		아사달계	6		
		노란색	7		
		기타	9		
		19	꽃 단심 : 분포		
퍼지지 않음	2				
퍼짐	3				
조금 퍼짐	5				
아주 퍼짐	7				
20	꽃 단심 : 색	적	1		
		암적	2		
		무	3		
21	꽃 무늬(띠) : 위치	무	1		꽃잎 끝에 무늬(띠)의 위치로 구분
		좌아사달	2		
		우아사달	3		
		상아사달	4		
22	꽃수 : 개화수의 많고 적음	적음	3		주가지 중앙부위에 달린 2년생 이상 가지의 꽃
		중간	5		
		많음	7		
23	꽃수 : 계절 차가 많고 적음 : 계절에 따라 개화수의 변화가 많고 적음	적음	3		주가지 중앙부위에 달린 2년생 이상 가지의 꽃
		중간	5		
		많음	7		
24	개화기 : 생육적온하에 재배한 경우의 개화기	조생(7월초부터)	3		조사일 기입
		중생(7월말부터)	5		
		만생(8월부터)	7		
25	입실성 : 결실의 정도	낮음	3		주가지 중앙부위에 달린 2년생 이상 가지의 꽃
		중간	5		
		높음	7		
26	유사품종의 유무	비슷한품종 있음	1		대조(유사)품종 기록
		비슷한품종없음	5		

은 명확하게 나타났다. 보색소효과가 나타나지 않는 F<sub>1</sub>육성을 위해서는 적색계화 분홍색계간의 교잡에 의해서만 출현되었으며, 그 이외의 자, 청, 배달계간의 교잡에서는 모두 자주색계통이 출현하였다.

기존의 무궁화 품종군내에서 분홍색계 품종은 '아사달', '칠보아사달', 'Pink de light' 등이 있으며 홑꽃에서는 이러한 화색의 F<sub>1</sub>집단을 육성하는 것이 어렵다. 본 연구에서는 적색계와 적색계간의 교잡에서 이러한 집단이 형성되었다.

백단심계인 개량단심과의 조합에서는 모두 옅은 자주 내지 분홍색의 개체만 출현하여 다양한 화색의 F<sub>1</sub>을 기대할 수 없는 것으로 나타났다. 'Dr. Uemoto'를 사용한 조합에서는 2배체의 모본이 어떠한 색이냐에 의해 다양한 화색을 나타내었다.

F<sub>1</sub> 집단의 화형 분리:

①꽃의 크기

4배체인 Dr. Uemoto와 개량단심의 꽃의 크기는 일반 품종들과 비슷하다. 이들 4배체와 2배체간의 교잡에 의해 형성된 3배체 F<sub>1</sub>그룹에서의 꽃의 크기는 2배

체 보다는 상당히 큰 것으로 조사 되었다.

②꽃잎의 두께

2배체 보다는 3배체 꽃잎의 두께가 두꺼운 것으로 밝혀졌다. 4배체인 Dr. Uemoto는 2배체보다 꽃잎이 두꺼운 것으로 밝혀졌으며 3배체 집단에서도 Dr. Uemoto의 형질이 나타난 것으로 생각된다.

③꽃잎의 겹침정도

Dr. Uemoto는 꽃잎이 완전히 겹쳐있으므로 2배체와의 모든 교잡에서 얻은 3배체 집단에서는 꽃잎이 완전히 겹쳐진 것들이 출현하였다.

④중관성

관생화와 겹꽃의 경우 임성이 없으므로 교잡모본으로 사용하지 않았다. 본 실험에서는 반겹꽃인 각종 화림과 조치화림이 사용되었으며 이들과 Dr. Uemoto와의 잡종집단에서는 수술이 꽃잎으로 변하는 미미한 중관성이 나타나기도 하였으나 거의 중관성은 소멸되었다.

F<sub>1</sub> 집단의 엽형 분리:

엽형은 양친중 2배체의 형질과는 관계없이 4배체

표 2. 2배체 × 4배체 교잡 F<sub>1</sub>집단에서의 화색 분리

조합	개체수	화색						모본의 화색 조합
		배달	백단심	분홍	적색	자주	청색	
Tottorihanagasa × Dr. Uemoto	88	-	-	6	52	-	-	적×적
Suminokurahanagasa × Dr. Uemoto	27	-	-	3	14	-	-	적×적
Daitokujishiro × Dr. Uemoto	88	-	-	-	-	78	-	백×적
Daitokujihitoe × Dr. Uemoto	18	-	-	-	-	28	-	자×적
Gijbato × Dr. Uemoto	49	-	-	-	-	49	-	자×적
Nastuzora × Dr. Uemoto	54	-	-	-	-	24	-	청×적
Dr. Uemoto × Sowed	24	-	-	-	-	34	-	적×백
Dr. Uemoto × Nastuzora	39	-	-	-	-	49	-	적×청
Tottorihanagasa × Gaeryangdansim	45	-	13	-	-	32	-	적×백단
Suminokurahanagasa × Gaeryangdansim	38	-	5	-	-	23	-	적×백단
Daitokujihitoe × Gaeryangdansim	32	-	2	-	-	30	-	자×백단
Gijbato × Gaeryangdansim	38	-	-	-	-	48	-	자×백단
Nastuzora × Gaeryangdansim	53	-	1	-	-	21	1	청×백단
Gaeryangdansim × Nastuzora	48	-	3	-	-	15	-	백단×청
Gaeryangdansim × Tottorihanagasa	39	-	5	-	-	44	-	백단×적

의 특성이 그대로 나타났다. F<sub>1</sub>그룹은 대체로 잎이 두껍고 넓었으며 진한 엷색을 나타내었다.

Dr. Uemoto의 엷형은 등근 장상엽으로 정연한 엷형을 지님으로 이것과의 잡종후대는 모두 등근 장상형을 나타내었다. 잎의 두께는 Dr. Uemoto의 형질을 닮아 2배체의 모본의 형질과 관계없이 모두 두꺼운 것으로 나타났다.

그루 전체와 관련된 특성조사

지금 Dr. Egolf(미국)에 의해 육성된 3배체 품종의 특성은 모두 왜성인 것으로 나타났다. 3배체의 육성 목적은 우선 종자가 형성되지 않는 것이 중요하다. 본 연구에서 밝혀진 바로는 Dr. Uemoto와의 교잡종

은 모두 직립성으로 준교목성 수자를 나타내었다. 또한 3배체 집단에서는 종자형성이 매우 낮아지는 것을 확인하였다. 무궁화 종자가 많이 형성되면 잡초 종자처럼 정원에서 관리가 힘들므로 종자가 형성되지 않는 품종이 요구되어 왔다. Dr. Egolf가 육종한 품종들이 모두 왜성인 것은 교잡에 사용된 4배체가 왜성이기 때문인 것으로 생각된다.

3배체의 엷색체 수

무궁화의 엷색체는  $2n=4x=80$ (기본수 20)으로 복 2배체로 알려져 있으나 품종군내에서의 엷색체 변이에 대하여 조사된 바는 없다. Colchicine처리로 4배체로 육성된 '개량단심'과 '개량자주 1호'의 엷색체 수

표 3. 3배체 잡종의 잎과 화판 두께의 모본과의 비교

조 합	잎 두께(mm)			화판 두께(μm)		
	모본(2x)	부분(4x)	F1(3x)	모본(2x)	부분(4x)	F1(3x)
대덕사일중×Dr. Uemoto	0.28±0.01	0.39±0.02	0.42±0.03	52.4±7	56.2±12	61.4±9
불새×Dr. Uemoto	0.17±0.03	0.39±0.02	0.33±0.02	44.8±5	56.2±12	70.0±7
조취화림×Dr. Uemoto	0.26±0.04	0.39±0.02	0.29±0.03	26.5±5	56.2±12	59.4±8
Single red×Dr.Uemoto	0.28±0.03	0.39±0.02	0.29±0.03	55.2±6	56.2±12	47.5±7

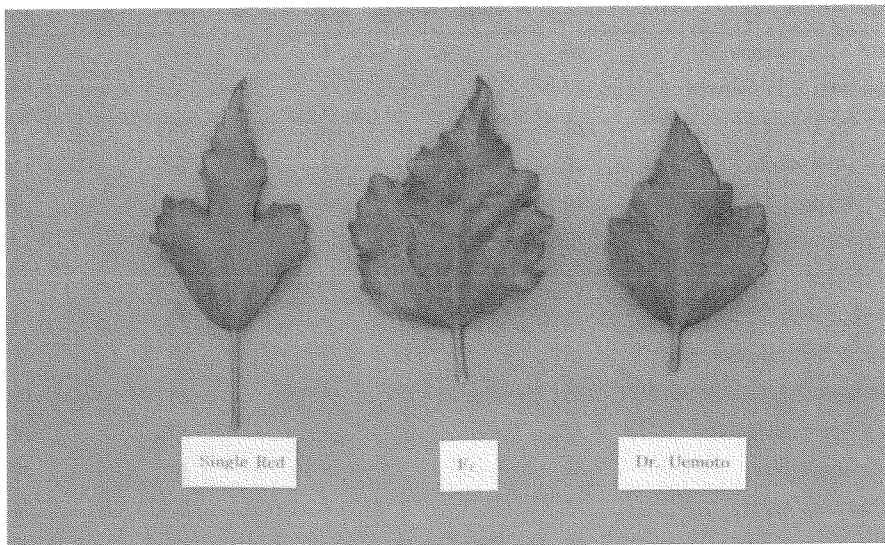


그림 1. 무궁화 2배체(좌)와 4배체(우) 교잡후 F1(중앙)에서의 엷형 분리. 곱각은 2배체



는 확인된 바 없다. Dr. Uemoto의 경우 염색체수를 정확하게 확인할 수 없었으나 160개 가깝게까지는 확인되었으므로 4배체로 확정지을 수 있었다. 2배체 모본으로 사용된 '대덕사일중'의 염색체는 2n=80으로 나타났으며, '대덕사일중' × 'Dr. Uemoto'의 잡종은 2n=6x=120으로 밝혀졌다.

신품종 '봄내 1호' (*Hibiscus syriacus* 'Bomnae No.1')

'봄내1호'는 강원대학교에서 2배체와 4배체를 교잡하여 육성된 우리 나라 최초의 3배체 무궁화이다. 무궁화 2배체는 품종에 따라 임성이 높을 경우 종자가 많이 맺혀 잡초의 역할을 하므로 이를 방지하기 위해 불임성 계통을 선발하기 위해 처음 시도되었다. 완전한 불임성은 나타나지 않지만 '봄내 1호'도 소수의 과실만이 착과되었다. Dr. Ego가 육성한 3배체

품종과는 달리 직립성이고 화색은 '아사달'과 '칠보 아사달'의 화색을 나타내며 대형이다. 무궁화에서 이와같은 분홍색 품종은 매우 제한되어 있으므로 대형 분홍색 무궁화 '봄내1호'는 정원수나 조경용으로 널리 사용될 수 있을 것이다.

기원(Origin)

1991년 무궁화 2배체 품종 'Suminokurahanagasa' (적색계)에 1960년대에 일본 구주대학 Uemoto박사가 콜히친 처리에 의해 육성한 4배체 무궁화인 'Dr. Uemoto'를 교잡하여 획득된 3배체 F<sub>1</sub> 집단에서 선발되었다. 이 품종은 발아한当年에는 개화하지 않고 2년째 여름에 소수 개화하였다. 화색이 매우 부드러운 느낌을 주며 흔하지 않은 맑은 분홍색으로 강원도 춘천의 이미지와 어울리므로 '봄내 1호'로 명명하였다.

특성

무궁화 신품종 '봄내 1호' (*Hibiscus syriacus* 'Bomnae

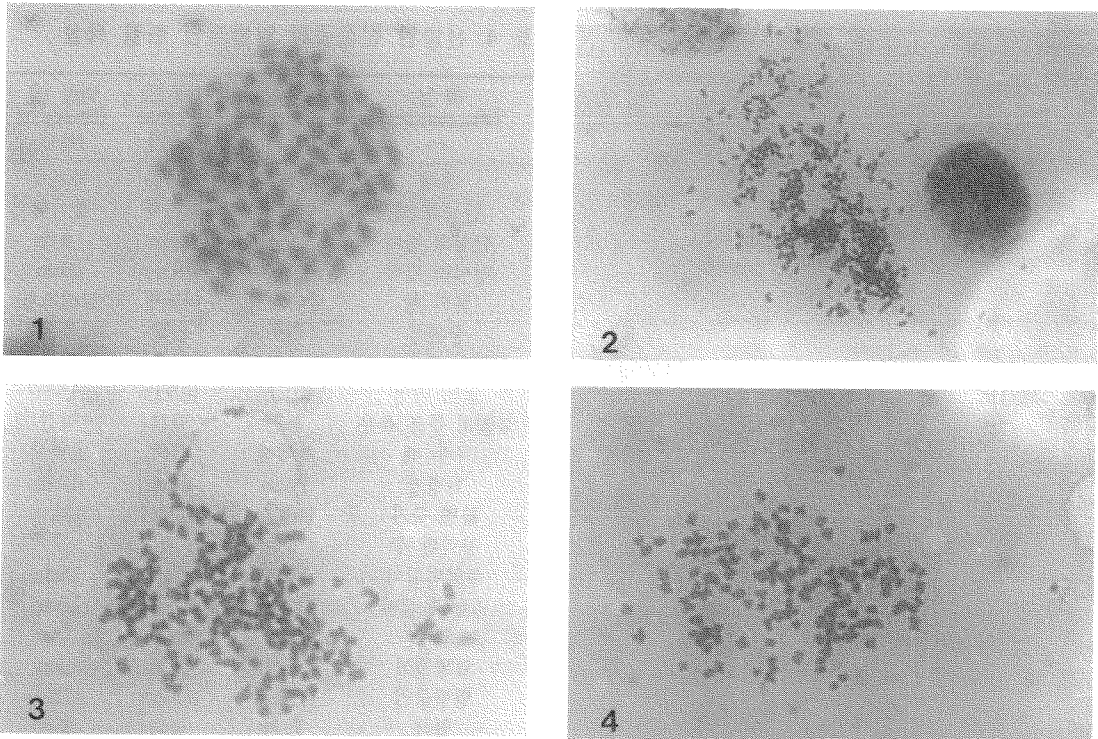


그림 2. 무궁화 2배체, 4배체 및 3배체의 염색체. 1; 'Suminokurahanagasa' (2배체), 2; 'Dr. Uemoto' (4배체), 3; '봄내 1호' (3배체), 4; '백령 1호' (3배체)

No.1')는 가지가 많고 가지치기는 주위에서 일어나며 직립성으로 10년동안 높이 3.1m, 너비 1.7m로 자랐다. 줄기는 녹색이고 늙은 가지는 회갈색으로 변한다.

잎은 'Dr. Uemoto'의 엽형을 뚜렷하게 답았으며 길이 6-10cm, 너비 4.5-6.5cm로 결각이 깊게 파이지 않은 등근형으로 2Ab에 속한다. 엽연은 거칠지 않게 결각이 둥글며 엽병부근은 둥글다. 주엽맥은 3개가 뚜렷하고 짙은 녹색이다. 엽병은 길이가 평균 2.1cm로 긴 편이고 엽병의 굵기는 1.12mm이다.

부악편(epicalyx)의 수는 평균 6.6이고 길이 2.1cm, 너비 1.4mm로 선상피침형이다. 악편은 1/2정도까지 벌어져 있고 끝은 예형이고 길이는 평균 2.2cm이다.

꽃은 깔대기형으로 꽃잎은 서로 약간만 겹친다. 꽃은 직경이 10.1cm로 대형이며 화색은 연분홍색(light pink)으로 아사달은 적색이다. 단심은 암적색으로 화색과 잘 어울린다. 꽃잎은 길이 6.5cm, 폭 5.1cm이며, 단심의 길이는 2.1cm이고 그로부터 방사맥은 약 1cm

발달하여 있다. 꽃잎 가장자리에는 약간의 주름이 있으나 정연한 모양을 하고 있다. 때로는 하부의 수술 1-3개가 화판화 되기도 한다. 꽃모양 전체는 매우 정연하고 고귀한 멋을 지니고 있으며 지금까지는 없었던 화형과 화색을 나타내는 3배체이다.

우리 나라에서는 7월 중순부터 개화되며 8월 중순에 가장 많이 개화하며 9월말까지 노지에서 개화한다. 개화초기에는 전혀 착과되지 않으나 개화 말기에는 약간의 과실이 착과되나 종자는 별로 형성되지 않는다.

재배

2배체나 4배체 또는 다른 4배체와 동일하게 여름철 더위에 강하고 건조에도 비교적 내성을 지니며 척박지에서도 잘 자란다. 번식은 삽목으로 쉽게 번식되며 삽목 후 수년간은 매우 큰 꽃이 개화된다. 2배체에 접목한 후 오래되면 접목부위를 경계로 비대속도가



그림 3. 무궁화 3배체 신품종 '봄내 1호'

표 4. 선발된 신품종의 일반적인 형질 특성

특성 (characteristics)	봄내 1호 (Bomnae No.1)	봄내 2호 (Bomnae No. 2)	백령 1호 (Backryung No.1)
화색	연분홍	진자홍	적자색
단심의 색	암적색	암적색	암적색
단심의 길이	2.1cm	1.2cm	1.4cm
방사맥 길이	1.0cm	0.8cm	1.0cm
꽃의 형	깔대기형	나팔형	깔대기형
중관성	홀꽃	홀꽃	홀꽃
꽃잎의 겹침정도	완전겹침	완전겹침	완전겹침
꽃의 직경	10.1cm	10.5cm	11.5cm
꽃잎의 주름 유무	약간	약간	약간
주두 색	유백색	백색	유백색
화병장	1.4cm	1.4cm	0.7cm
화병 굵기	0.26cm	0.27cm	0.34cm
부악편 수	6-7	7	7
부악편길이	1.4cm	1.5cm	1.1cm
악편의 길이	2.3cm	2.3cm	1.8cm
엽형	2Ab	2Ab	2Ab
엽병길이	1.5cm	1.8cm	1.1cm
엽병굵기	0.12cm	0.14cm	0.13cm
엽색	농녹	농녹	농녹
임성	약간	약간	약간
수차	소교목	소교목	소교목
염색체 수	120	120	120

달라져 굵기가 달라지며 배수성이 높은 부위가 굵어진다. 음지에서는 생육이 매우 지연되며 연약하여 겨울에 동사하는 경우가 많다. 우리 나라에서는 가장 추운 춘천에서도 겨울을 잘 견디지만 더 추운 곳에서의 적응력은 추후 검토되어야 할 것이다.

#### 독특한 특성

3배체인 '봄내 1호'는 잎이 매우 두껍고 강건한 인상을 주며 화색은 연분홍으로 흔한 화색이 아니며 꽃의 모양이 정연하여 화훼 및 조경용으로 매우 우수한 품종이다. 울타리용으로는 사용하지 말아야 하며 단독수로 식재하는 것이 바람직하다.

#### 공급

현재 춘천과 부산 녹지사업소에서 시험재배에 성공하였으며 삼수는 강원대학교 원예학과에서 공급하고 있다.

신품종 '봄내 2호' (*Hibiscus syriacus* 'Bomnae No.2')

무궁화 '봄내 2호'는 강원대학교에서 2배체와 4배체를 교잡하여 육성된 우리나라 2번째의 3배체 무궁화이다. 무궁화 2배체는 품종에 따라 임성이 높을 경우 종자가 많이 맺혀 잡초의 역할을 하며 종자가 적게 달리면 내한성이 증진되는 경향이 있어 이러한 목적으로 육성이 시작되었다. 완전한 불임성은 나타나지 않지만 '봄내 2호'도 소수의 과실만이 착과되었다. Dr. Egolf가 육성한 3배체 품종과는 달리 직립성이고 화색은 'Akastukiichigo' 화색을 나타내며 대형이다. 무궁화에서 이와 같은 적색 품종은 매우 제한되어 있으므로 대형 적색계 무궁화 '봄내 2호'는 정원수나 조경용으로 널리 사용될 수 있을 것이다.

#### 기원(Origin)

1991년 무궁화 2배체 품종 '불새' (적색계)에 1960년대에 일본 구주대학 Uemoto박사가 콜히친 처리에 의해 육성한 4배체 무궁화인 'Dr. Uemoto'를 교잡하여 획득된 3배체 F<sub>1</sub> 집단에서 선발되었다. 이 품종은 발아한 당년에는 개화하지 않고 2년째 여름에



그림 4. 무궁화 3배체 신품종 '봄내 2호'

소수 개화하였다. 화색이 매우 진한 적색을 나타내며 '봄내 1호'와 비슷한 특성을 지니며 춘천에서 육성되었으므로 춘천을 의미하는 '봄내 2호'로 명명하였다.

#### 특성

무궁화 신품종 '봄내 2호' (*Hibiscus syriacus* 'Bomnae No.2')는 가지가 많고 가지치기는 중위에서 일어나며 직립성으로 10년동안 높이 3.3m, 너비 2.3m로 자랐다. 줄기는 녹색색이고 늙은 가지는 회갈색으로 변한다.

잎은 'Dr. Uemoto'의 엽형을 뚜렷하게 닮았으며 길이 6-10cm(평균 6.7cm), 너비 4.5-6.5(평균 4.5)cm로 결각이 깊게 파이지 않은 둥근형으로 2Ab에 속한다. 엽연은 거칠지 않게 결각이 둥글며 엽병부근은 둥글다. 주엽맥은 3개가 뚜렷하고 짙은 녹색이다. 엽병은 길이가 평균 2.1cm로 긴 편이고 엽병의 굵기는 1.12mm이다.

부악편(epicalyx)의 수는 평균 6.6이고 길이 1.4cm, 너비 1.4mm로 선상피침형이다. 악편은 1/2정도까지 벌어져 있고 끝은 예형이고 길이는 평균 2.3cm이다.

꽃은 약간 나팔형으로 꽃잎은 서로 겹친다. 꽃은

직경이 10.1cm로 대형이며 화색은 진자홍색(light pink)으로 아사달이 있다. 단심은 암적색으로 화색과 잘 어울린다. 꽃잎은 길이 5.9cm, 폭 4.6cm이며, 단심의 길이는 1.4cm이고 그로부터 방사맥은 약 1cm 발달하여 있다. 꽃잎 가장자리에는 약간의 주름이 있으나 정연한 모양을 하고 있다. 때로는 하부의 수술 1-3개가 화판화 되기도 한다. 꽃모양 전체는 매우 정연하고 고귀한 멋을 지니고 있으며 지금까지 국내에는 없었던 화형과 화색을 나타내는 3배체이다.

우리 나라에서는 7월 중순부터 개화되며 8월 중순에 가장 많이 개화하며 9월말까지 노지에서 개화한다. 개화초기에는 전혀 착과되지 않으나 개화 말기에는 약간의 과실이 착과되나 종자는 별로 형성되지 않는다.

#### 재배

2배체나 4배체 또는 다른 4배체와 동일하게 여름철 더위에 강하고 건조에도 비교적 내성을 지니며 척박지에서도 잘 자란다. 번식은 삽목으로 쉽게 번식되며 삽목 후 수년간은 매우 큰 꽃이 개화된다. 2배체에 접목한 후 오래되면 접목부위를 경계로 비대속도가 달라져 굵기가 달라지며 배수성이 높은 부위가 굵어진다. 음지에서는 생육이 매우 지연되며 연약하여 겨울에 동사하는 경우가 많다. 우리 나라에서는 가장 추운 춘천에서도 겨울을 잘 견디지만 더 추운 곳에서의 적응력은 추후 검토되어야 할 것이다.

#### 독특한 특성

3배체인 '봄내 2호'는 잎이 매우 두껍고 강건한 인상을 주며 화색은 진자홍으로 흔한 화색이 아니며 꽃의 모양이 정연하여 화형 및 조경용으로 매우 우수한 품종이다. 단독수로 식재하는 것이 바람직하다.

#### 공급

현재 춘천과 부산 녹지사업소에서 시험재배에 성공하였으며 삽수는 강원대학교 원예학과에서 공급하고 있다.

신품종 '백령 1호' (*Hibiscus syriacus* 'Backryung No.1')

'백령 1호'는 강원대학교에서 2배체와 4배체를 교잡하여 육성된 우리 나라 3번째의 3배체 무궁화이다. 대형이며 정연한 화형을 가진 2배체와 4배체인 'Dr. Uemoto'와의 교잡으로 대륜성 품종을 목적으로 육성되었으며 3배체로서의 불임성도 육종목표가 되었다. 완전한 불임성은 나타나지 않았으나 소수의 과실만이 착과되었다. Dr. Ego가 육성한 3배체 품종과는 달리 직립성이고 화색은 진한 자적색으로 꽃은 대형이다. 무궁화에서 이와 같은 적자색 대형 무궁화는 처음으로 육성되었으며 정원수나 조경용으로 널리 사용될 수 있을 것이다.

#### 기원(Origin)

1991년 무궁화 2배체 품종 'Daitokujihiteo' (적색계)에 1960년대에 일본 구주대학 Uemoto박사가 콜히친 처리에 의해 육성한 4배체 무궁화인 'Dr. Uemoto'를 교잡하여 획득된 3배체 F<sub>1</sub> 집단에서 선발되었다. 이 품종은 발아한当年에는 개화하지 않고 2년째 여름에 소수 개화하였다. 화색은 진한 자주색으로 강인한

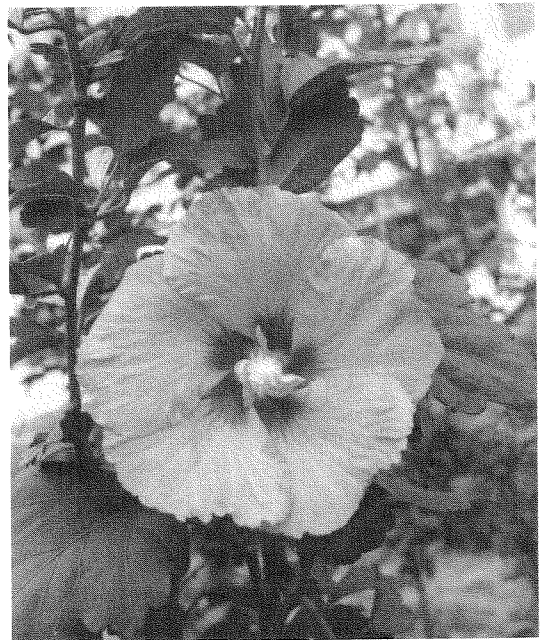


그림 5. 무궁화 3배체 신품종 '백령 1호'

인상을 주며 강원대학교에서 육성되었으므로 강원대학교의 교목인 잣나무가 서있는 언덕이란 의미로 '백령(柏嶺) 1호'로 명명하였다.

**특성**

무궁화 신품종 '백령 1호' (*Hibiscus syriacus* 'Backryung No.1')는 가지가 많고 가지치기는 중위에서 일어나며 직립성으로 10년동안 높이 2.8m, 너비 2.1m로 자란다. 줄기는 녹색이고 늙은 가지는 회갈색으로 변한다.

잎은 'Dr. Uemoto'의 엽형을 뚜렷하게 닮았으며 길이 6-10cm, 너비 4.5-6.5cm로 결각이 깊게 파이지 않은 등근형으로 2Ab에 속한다. 엽연은 거칠지 않게 결각이 등글며 엽병부근은 등글다. 주엽맥은 3개가 뚜렷하고 짙은 녹색이다. 엽병은 길이가 평균 1.1cm로 짧은 편이고 엽병의 굵기는 1.2mm이다.

부악편(epicalyx)의 수는 평균 7이고 길이 1.5cm, 너비 1.4mm로 선상피침형이다. 악편은 1/2정도까지 벌어져 있고 끝은 예형이고 길이는 평균 1.8cm이다.

꽃은 깔대기형으로 꽃잎은 서로 약간만 겹친다. 꽃은 직경이 10.5cm로 대형이며 화색은 적자색(red violet)이다. 단심은 암적색으로 화색과 잘 어울린다. 꽃잎은 길이 6.2cm, 폭 5.4cm이며, 단심의 길이는 1.2cm이고 그로부터 방사맥은 약 0.75cm 발달하여 있다. 꽃잎 가장자리에는 약간의 주름이 있으나 정연한 모양을 하고 있다. 꽃모양 전체는 매우 정연하고 강건한 인상을 주며 화판이 두껍다. 지금까지 볼 수 없었던 화형이며 화색이 독특한 3배체무궁화이다.

우리 나라에서는 7월 중순부터 개화되며 8월 중순에 가장 많이 개화하며 9월말까지 노지에서 개화한다. 개화초기에는 전혀 착과되지 않으나 개화 말기에는 약간의 과실이 착과되나 종자는 별로 형성되지 않는다.

**재배**

2배체나 4배체 또는 다른 4배체와 동일하게 여름철 더위에 강하고 건조에도 비교적 내성을 지니며 척박지에서도 잘 자란다. 번식은 삼목으로 쉽게 번식되며 삼목 후 수년간은 매우 큰 꽃이 개화된다. 2배체에 접목한 후 오래되면 접목부위를 경계로 비대속도가

달라져 굵기가 달라지며 배수성이 높은 부위가 굵어진다. 음지에서는 생육이 매우 지연되며 연약하여 겨울에 동사하는 경우가 많다. 우리 나라에서는 가장 추운 춘천에서도 겨울을 잘 견디지만 더 추운 곳에서의 적응력은 추후 검토되어야 할 것이다.

**독특한 특성**

3배체인 '백령 1호'는 잎이 매우 두껍고 강건한 인상을 주며 화색은 진한 적자색으로 흔한 화색이 아니며 꽃의 모양이 정연하여 화훼 및 조경용으로 매우 우수한 품종이다. 단독으로 식재하는 것이 바람직하다.

**공급**

현재 춘천과 부산 녹지사업소에서 시험재배에 성공하였으며 삽수는 강원대학교 원예학과에서 공급하고 있다.

**인용 문헌**

1. 유달영, 염도의, 김일중, 김승진(1976), 무궁화 육종에 관한 연구 - 도입종, 4배성 및 *Hibiscus rosa-sinensis*와의 교잡에 관하여, 한원지 17:107-112
2. 유달영, 염도의, 김일중(1972), 무궁화 개화특성에 관한 연구, 한원지 11:55-61
3. 정재동, 조재두(1986), *Hibiscus syriacus*와 *H. rosa-sinensis*의 callus로부터 원형질체 유리와 배양, Kor. J. Plant Tissue Culture 13:71-83
4. 김정석(1962), 인위 4배성 자주무궁화의 특성, 임육연보 2:57-68
5. 이석구, 김정석(1977), 인위배수성 임목에 관한 연구, XIV. Colchitetraploid인 자주 무궁화와 단심 무궁화의 몇 형태학적 및 생리학적 특성, 임육연보 13:81-98
6. 권신한, 원종락(1980), 무궁화 돌연변이 육종을 위한 방사선 감수성과 Chimera에 관한 연구, 육종지 12:35-39
7. 김정석, 이석구, 장석성(1980), *Hibiscus syriacus*

- L.의 종내1대잡종의 화색과 화형의 분리 현상, 임학지 46:53-56
8. Egolff, D. R. and F. S. Santamour(1975), Anthocyanin pigments and breeding potentials in Crapemyrtle (*Lagerstroemia indica* L.) and Rose of Sharon(*Hibiscus syriacus* L.), HortScience 10:223-224
  9. Egolff D. R. (1981), 'Helene' Rose of Sharon (Althea), HortSci, 16:226-227
  10. Egolff D. R.(1988), 'Aphrodite' Rose of Sharon (Althea), HortSci, 23:223
  11. Kim Jong Hwa, G. Nonaka, K. Fujieda and S. Uemoto(1989), Anthocyanidin malonylglucodides in flowers of *Hibiscus syriacus*, Phytochemistry 28:1503-1506
  12. \_\_\_\_\_, K. Okubo, K. Fujieda and S. Uemoto(1989), Changes of petal colors during senesce in *Hibiscus syriacus*, J. Fac. Agr., Kyushu Univ, 33:259-265
  13. 김종화, 이기철(1991), 무궁화 화색변이에 관한 연구 I, 생화관의 Spectra 특성과 화색분류, 한원지 32:103-111
  14. 김종화, 박성민, 임학태(1995), 무궁화 자웅성기관의 화관 및 액화로의 전환, 한원지 36:384-390
  15. 김종화, 박성민, 임학태(1995), 무궁화 홑꽃류와 관생화의 화기발육중 성장점변화의 차이, 한원지 36:535-539
  16. 김종화(1991), 무궁화 화색변이에 관한 연구 II, Anthocyanin, pH 및 Co-pigmentation과 화색과의 관계, 한국원예학잡지 32:247-255
  17. 김종화(1995), 무궁화 관생화의 화기발달 양상, 한원지 36:879-885
  18. 김종화, 함봉주, 임학태, 이기철(1996), 무궁화 2배체 및 4배체와의 정역교잡시 미성숙배 및 이상배유발달, 한원지 37:462-467
  19. 김종화, 함봉주, 임학태, 이기철(1996), 무궁화 2x x 4x교잡시 교잡화합성, 종자발아력, 및 배의 구출, 한원지 37:713-718
  20. Teets, T. M.(1989), Cold acclimation of *Hibiscus rosa-sinensis* and *H. syriacus* in natural and controlled environments, Plant cell and environment, 12:495-502
  21. \_\_\_\_\_, (1988), Hibiscus freezing tolerance, HortScience 23:915
  22. 박효근(1993), 무궁화 육종의 과거, 현재, 그리고 미래, 제4회 나라꽃 무궁화 심포지움 자료 pp.5-24
  23. 심경구(1994), 2000년대 무궁화 연구와 방향, 제5회 나라꽃 무궁화 심포지움 자료 pp.5-40
  25. 立花吉(葳)(1989), むくげ, 淡交社.
  26. 立花吉(葳)(1974), Hibiscus屬に関する研究 (第8報) ムクゲ, ロザンフヨウおよびタイリムクゲ, J. Japan, Soc. Hort. Sci, 43:295-307
  27. Tachibana, Y. S. Sakazaki and Y. Ihara(1956) Studies on the Hibiscus, II, Self- and cross-compatibility and hybridization(1), J. Japan, Soc. Hort. Sci, 25:255-260
  28. Tachibana, Y.(1980), A grouping of ornamental species of Hibiscus based on cross-compatibility studies, Bulletin No. 1 of Amer. Hibiscus Society.
  29. 立花吉(葳)(1974), Hibiscus屬に関する研究 (第6報) 北米群と東アジア群の相互交配について, J. Japan, Soc. Hort. Sci, 40:83-89
  30. 한인송, 염도의(1986), 무궁화의 자가불화합, 자가화합 및 불임현상, 한국원예학회지 28:66-76
  31. 한인송(1994), 무궁화의 자가불화합군, 자가화합군 및 불임군간의 교잡시 화주내에서의 화분관신장, 한원지 35:623-630
  32. 한인송(1994), 무궁화 미수분, 자가수분 및 타가수분 후 화주내 단백질의 전기영동 양상, 한원지 35:631-643
  33. 송기환, 박효근, 김기선(1993), 무궁화 육종에 관한 연구 I, 품종간 교잡을, 잡종후대의 생존율 및 종자형성에 관여하는 요인, 한원지 34:230-240