

劍雪뽕의 同質4倍體 “4原뽕26號”의 稔性 및 栽培學의 特性

朴光駿 · 李龍基
농업과학기술원 잠사곤충부

Fertility and Some Agronomic Characteristics of “Sawonppong26” Autotetraploid Artificially derived from Keomseolppong (*Morus spp*)

Kwang Jun Park and Yong Ki Lee

National Institute Agricultural Science and Technology Department of Sericulture and Entomology, RDA, Suwon 441-100, Korea

ABSTRACT

Autotetraploid “Sawonppong 26” was induced by dropping colchicine solution on growing point of Keomseolppong which is of high rootability and some agronomic characteristics are as follows. Sawonppong 26 is a tetraploid of Keomseolppong with 56 of the chromosome number. Its fertilization percent was 59.4% and the germination percent of sank seed was normal. Sugar degree of mulberry fruit was 13.3% and total acidity was 0.69%. Single fruit weight of Sawonppong 26 was increased by 79%, as compared to that of Keomseolppong. Even though percent of survival of hard wood cutting was 94%, number of rootings was less and diameter of root was slender, it is expectedly a promising variety to be used for a breeding parent from the aspect of rootability.

Key words : Poliploidy, Mulberry variety, Mulberry fruit

緒 論

뽕나무의 倍數性에 관하여는 關과 押金(1953,56,59,54), 東城(1954,63,66,69,79,86), Katagiri K.(1975), 朴(1994, 95, 96a, 96b)에 의하여 많은 연구가 수행되었다. 특히 朴은 내동다수성 3배체 품종육성을 위한 기본소재로 이용할 내동성이 강한 4배성뽕인 4原뽕11~19호, 4原뽕23~25호를 육성한바 있다.

이제까지 속성 밀식뽕발조성은 접목묘 식재에 의존하고 있기 때문에 묘목비용 輕減을 위하여 發根力이 強함과 동시에 耐災害多收性인 뽕품종이 요청되어왔다. 즉 접목묘에 대체할 插木苗 생산, 더 나아가서는 種莖 播種法에 의한 밀식뽕발조성이 요구되며 이를 위하여는 뽕가지의 강한 발근력이 前提되는것이다.

이에 발근성이 강한 3배체 품종육성의 基本素材로 이용할 수 있는 발근성이 강한 劍雪뽕의 同質4倍體 “4原뽕26호”를 육성하였기에 그 특성을 보고하는 바이다.

材料 및 方法

동질4배체 유도를 위하여 供試한 母品種은 山桑型(*Morus*

bombycis Koidz.)의 검설뽕이다. Colchicine 처리는 고조삼목법에 의하여었는데 전년 하벌후 자란 뽕가지의 기부에서 4芽3節間으로 2개씩 조제한 100개의 插穗를 插木용 Frame에 1989년 5월초에 삽목하고 朴의(1996) 방법에 따라 0.1~0.4%의 Colchicine 용액을 겨울눈에 적하처리하였다.

이어 육안, 촉감 등에 의하여 달관적으로 배수체로 인정된 수개의 예비개체를 선발하여 1990년 봄에 Frame에 이식하고 관찰 선발하여 오던중 葉색체 검경으로 4배체로 확인된 개체인 KS89-7을 접목 증식하고 1993년 봄에 10a당 833주(2.0×0.6 m)의 밀도로 10그루씩 2반복으로 검설뽕을 대조로 하여 식재한 다음 1998년까지 특성조사를 하였다.

葉색체의 관찰은 頂端의 未開葉을 Farmer액으로 고정하고 Feulgen's Squashing method(西山,1965)로 염색하여 검경하였다. 잎두께조사는 1995년 6월중에 가지 상단의 잎의 생장이 완료되어 완전히 성숙된 최대엽을 적엽하여 주맥과 측주맥 사이에서 Hand section method로 15개의 切片을 채취하여 실체 현미경하에서 Micrometer로 측정하였다.

엽록소함량 측정은 1996년 7월에 전년 하벌 후 자란 뽕잎에서 직경 1.5 cm의 圓形 뽕잎을 10장씩 취하여 99.8%의 Methanol 50 ml을 가하고 차광밀봉하여 냉암소에 15~18

시간 방치한 후 엽록소를 추출한 다음 5 ml의 추출액 시료를 광선과장 651 nm와 664 nm에서 Spectrophotometer로 흡광도를 측정하여 Ozerol & Titus(1965)의 계산식으로 정량하였으며 엽록소a의 함량을 엽록소b의 함량으로 나누어 a/b의 값으로 하였다.

稔성은 1996년 6월에 정상 오디 30개씩 2반복으로 임의선정, 沈浮 합계종자수를 小顆數로 나누어 稔實率을 구하였으며, 물에 3시간 담근후 沈浮種子로 구분하고 침종자만을 硝子製芽-레에(φ18 cm)에 置床하여 28°C, 12L 12D의 조건하에서 8일째와 14일째에 발아율을 조사하였다.

과실특성 조사용 오디는 雨中이나 비온 뒤를 피하여 완숙오디 50과씩을 취하여 과중과 크기를 측정하였다. 특히 과즙당도와 산도 조사는 비온후 3일 이상 경과한 맑은 날 오후 2~3시경에 완숙오디 50개 내외를 채취하여 먼저 당도를 측정하고, 과즙산도와 pH를 측정하였다.

과즙당도는 Digital refractometer(pallect 100)로 측정하여 Brix,(%)로 표시하였으며 측정시에는 과즙을 1시간 이상 5°C에 정치한 다음 상징액과 하층액으로 구분하여 각각 3회씩 반복 측정하였다. 과즙산도는 과즙을 5°C에서 1주야 정치한 다음 상징액 3 ml에 증유수 30 ml를 가하여 0.1 N NaOH액을 이용한 중화적정법(劉 등, 1985)으로 측정하고 오디의 主酸成分(佐藤, 1932b)인 Malic acid로 환산 표시하였다.

생태적 특성조사는 잠엽시험조사기준(1983)과 桑種苗特性調查基準(1982)에 준하였다.

특성조사를 마친 4배체계통 KS89-7호를 4原뽕26호로

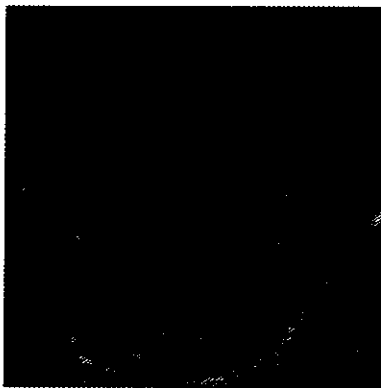


Fig. 1. Chromosome of Sawonppong 26(×1500)

명명하여 금후 3倍交配 또는 5倍交配用 中間交配母本으로 이용되도록 하였다.

結果 및 考察

1. 染色體數, 花性 및 稔性.

4원뽕26호는 체세포의 핵분열이 정상적으로 이루어지고 염색체수는 $2n = 56$ 인 4배체이다.

花性は 母品種과 같은 雌性이며 그 稔性, 종자의 발아율 및 교잡성공률은 Table 1과 같다.

검설뽕에 비하여 4원뽕26호는 複果인 오디를 구성하고 있는 小顆粒數가 평균 1.5粒 적었으나 종자수는 크게 적어서 수정률이 59.4%에 불과하고 침종자수는 74.3%에 불과하였다. 그러나 침종자 발아율은 置床 8일째에 94%, 14일째에는 100%로서 검설뽕과 동등하였다. 한편 임실율, 침종자율, 발아율의 상승적으로 나타난 교잡성공률은 44.1%로서 검설뽕의 59%에 불과하였다.

朴(1994)은 4배체 뽕나무의 오디는 高稔性인 2배성의 오디에 비하여 임실률, 침종자율, 교잡 성공률이 일반적으로 낮으나 침종자 발아율은 비교적 높으며, 물에 뜬 종자의 발아력도 상당한 수준인 것을 밝힌 바 있다.

2. 오디의 특성

1) 오디의 외부형태

오디의 生物重이 최고에 달하는 完熟 오디의 평균 單果重은 1.56 g로서 모품종인 검설뽕의 0.87 g 보다 79% 증가되어 2배체때의 小果型에서 中小果型으로 발전하였다. 오디의 從徑을 橫徑으로 나누어 구한 果形指數는 두 품종 모두 1.64로서 2배성때 오디의 폭과 길이가 균등하게 발전하였다.

단과중은 동일품종에 있어서는 가지길이당 着果數, 정지법, 식재밀도, 비배관리, 樹齡, 기상여건 등에 따라 차가 있고, 오디개체에 있어서는 오디를 구성하고 있는 小顆의 끝부분이 紫色으로 변하기 시작할 무렵에 급격히 증가하여 完熟 될때에 최대에 이르는 등(押金, 牧田1983)환경변이폭이 큰 것이다. 이 연구에 공시한 검설뽕과 사원뽕26호는 재배학적 특성을 조사하기 위하여 10a당 833주의 밀도로 심고 낮추베기로 정지하여온 4년생 그루를 前年 夏伐後에 성장한 가지에 착과한 오디이기 때문에 오

Table 1. Fertility and germination ability of seed(1996)

Variety	No. of small fruits per fruit	No. of seed per fruit	Fertilization per ct.	Sank seed per ct.	Germination per ct.		Cross succes per ct.
					8th days	14th days	
Sawonppong	24.9	14.8	59.4%	74.3%	94%	100%	44.1%(59)
Keomseolppong	26.4	20.1	76.1	98.5	95	99	74.2(100)

Table 2. Morphological characteristics of mulberry fruit(1996)

Variety	Single fruit wt (g)	size(mm) Fruit			
		Length	Width	Fruit shape index	Petiole length
Sawonppong26	1.56(179)	20.5	12.5	1.64	5.4
Keomseolppong	0.87(100)	17.1	10.4	1.64	6.6

디의 크기는 다소 빈약하였으며 오디수확용으로 식재관리 하였을 경우에는 단과중은 보다 충실하였을 것으로 예상된다. 차과李(1986)는 뽕나무 배수성에 따른 오디의 형태 및 품질 특성차에 관한 연구에서 낮추배기 6년생의 그루를 隔株 間伐處理하여 그루사이를 1.2m로 넓히고 춘별 1년 후에 자란 검설뽕 오디의 평균 단과중이 1.12g이었음을 보고한 바 있다. 이것은 이 연구의 결과 보다 단과중이 29% 무거운 성적이었음을 고려하면 검설뽕을 모품종으로 한 사원뽕26호의 오디의 단과중은 2.0g 정도의 中果形의 오디가 무난할 것으로 예상된다.

오디에 있어서 單果重 증가요인에 관하여 차과李(1996)는 小顆數와 小顆 一粒重의 증가가 동시에 일어나는 型과 小顆 一粒重 만이 특히 증가하는 型이 있다고 보고하였는바 Table 1에서와 같이 4원뽕26호는 모품종보다 小顆粒數는 거의 비슷하였으므로 후자의 型에 속하는 것임을 알 수 있다.

두 품종의 오디모양은 중앙이 약간 彎曲된 짧은 원통형이며 오디색은 모두 흑색이다. 果柄長은 4원뽕26호가 5.4cm로서 모품종 보다 약간 짧았으며 果皮의 硬度는 두 품종 모두 약간 굳은 편이다.

2) 오디의 이화학적 특성

오디果汁의 당도, 산도 및 糖酸比 등은 Table 3과 같다.

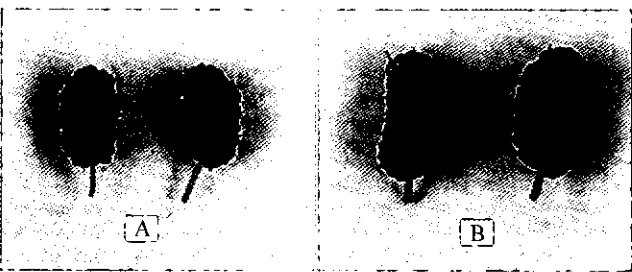


Fig. 2. Difference of mulberry fruit shape between diploid & tetraploid of Keomseolppong.(× about 0.98)
A: Keomseolppong(2x), B: Sawonppong 26(4x)

Table 3. Chemical characteristics of mulberry fruit(1996)

Variety	Sugar content (Brix)	Total acidity	Sugar acid rate	pH
Sawonppong26	13.3%(94)	0.69%	18.0	3.9
Keomseolppong	14.2(100)	0.56	25.4	4.0

오디과즙의 당도는 小顆 끝이 자색으로 변하면서 급등하기 시작하여 완숙기에 최대값을 이루는 것이며(押金, 牧田, 1983), 그외 착과부위 재배방법은 물론 기상조건에도 민감하기 때문에 이와 같은 여건을 참작하면서 조사한 결과 검설뽕의 14.2%(Brix, %)에 비하여 4원뽕26호는 13.3%로 모품種보다 0.9% 포인트 낮았다. 차과李(1996)는 4배성 품종의 오디는 2배성 모품종의 오디보다 수분함량의 증가로 인하여 당도가 낮아지는 현상을 밝힌 바 있다.

오디과즙의 酸度는 糖度보다 일직 상승하여 오디색이 담홍색으로 변하고 소과립이 부풀어 커지면서 광택이 생기기 시작할 때 최고값을 나타내고 그후 당도가 증가함에 따라서 낮아진다(押金, 牧田, 1983). 이 연구에서는 완숙오디를 채취하여 당도를 측정하고 남은 과즙으로 總酸含量을 측정하였으며 오디의 主酸인 Malic acid로 환산한 總酸度는 0.69%로 검설뽕보다 0.13% 포인트 높으므로 충분한 酸味를 가지고 있다.

오디과즙의 pH는 3.9로 검설뽕과 비슷하였으며, 糖酸比는 18.0으로 검설뽕의 25.4보다 뚜렷하게 낮았다.

3) 오디의 熟期와 오디着果의 多少

4원뽕26호, 검설뽕 모두 오디의 숙기는 청일뽕과 같이 6월12일(1996년)부터 수확되는 中熟性이다. 오디의 착과수는 뽕품종 외에 樹齡, 식재밀도, 정지법, 토질, 비배관리 등의 재배형태와 기상조건에 영향을 받는 것이지만 육안 달관적으로 추정된 결과는 두 품종 모두 비교적 많이 着果 되지만 오디가 中小形 이어서 큰 收量은 기대하기 어렵게 생각되었다.

3. 뽕가지의 發根性

1) 古條插木때의 發根力과 묘목의 생장

4아3절간으로 가지의 기부에서 2개씩 조제한 삼수를 25삼수씩 4반복으로 포장에 고조삼목을 한 후 가을 낙엽후에 굴취하여 조사한 발근상황은 Table 4와 같다.

4원뽕26호의 묘목 활착률은 94%로서 검설뽕과 거의 같았으나 發根數가 적고 발근한 뿌리의 굵기가 가늘었으며, 이로 인하여 지상부의 條長과 條徑도 검설뽕보다 부실하였다. 그러나 모품종인 검설뽕은 발근력이 탁월할 뿐 아니라 일반적으로 4배성뽕은 모품종보다 삼목 발근성과 接生力이 낮은 것이므로 가지의 발근력 향상을 목적으로 하는 교배모본으로의 활용이 크게 기대된다.

Table 4. Rooting ability of hard wood cuttings in field (1998)

Variety	No. of cuttings	Per ct. of survival	Longest new stem length	Ave. diameter of stem	Maximum rooting diameter	No. of roots
Sawonppong26	100	94.0%	18.5 ^{cm}	4.4 ^{mm}	3.3 ^{mm}	10.5
Keomseolppong	100	94.2	54.9	6.8	4.6	11.8

Table 5. Comparison with growth between diploid & tetraploid sapling by root grafting (1997)

Variety	No. of graftings	Per ct. of grafting survival	Per ct. of complet sapting	Ave. stem length	Ave. diameter of stem
Sawonppong26	60	70.4%	56.0%	78.9 ^{cm}	8.2 ^{mm}
Keomsealppong	60	88.4	70.0	94.4	8.0
Sawibppong23	60	75.0	52.5	84.8	7.6
Yongchonppong	60	86.7	83.3	140.5	9.5
Sawonppong25	60	80.0	55.0	77.6	6.9
Yeongbyonppong	60	87.0	83.0	111.6	8.3
Kaereangppong	60	85.0	70.0	120.1	8.8

2) 한눈뿌리접목시의 품종별 2,4배체간의 묘목 발육상황비교
검설뽕 용천뽕 영변뽕과 그로부터 유도된 4배성뽕을 한눈뿌리접을 하였을 때의 묘목의 활착률과 묘목의 성장상황은 Table 5와 같다.

묘목 활착률은 4배성품종은 70~80%로서 2배성품종의 86~88%보다 낮았으며, 成苗率은 4배성품종의 52~56%에 비하여 2배성품종은 70~83%로서 뚜렷이 우수하였다. 또한 묘목의 가지길이 즉 苗長과 苗徑도 4배성보다는 2배성의 것이 우수하였다.

이와 같이 한눈뿌리접의 경우에도 고조삼목의 경우와 같이 2배성품종이 4배성 품종보다 우수하였다.

4. 生態的 特性

1) 發芽開葉期

1993년부터 1996년까지 3개년간 조사한 이른봄 겨울눈의 발아 발육기는 Table 6과 같이 脫苞期와 5開葉期 모두 4原뽕26호는 검설뽕보다 3일 늦다, 이것은 용천뽕과 영변

뽕의 4배체에 있어서는 탈포기는 늦지만 발아후의 성장속도가 빨라서 5개엽기는 같았던 것(朴, 李, 1996)과는 다른 품종적인 현상이므로 앞으로 더 다양한 4배체간의 비교가 있어야 할 것이다.

2) 잎의 형태, 엽록소 함량 및 수분율

1995년과 1996년의 추잡기에 조사한 잎의 모양은 Fig. 3 및 Table 7과 같다. 즉 4원뽕26호는 엽장보다 엽폭이 잘 발달하여 葉長, 葉幅比가 1에 근접하는 전형적인 4배성뽕의 형태인 幅廣形을 이루었다.

잎의 색은 모품종인 검설뽕보다 짙어지고 잎의 표면은 다소 거칠어 졌으며 잎의 橫斷面이 약간 비틀어지는 경향이였다. 葉柄長은 검설뽕보다 길었으나 엽장, 엽병장비는 낮아졌다.

4原뽕26호의 葉肉두께는 226 μm, 엽면적중은 2.42 g/dcm²로서 검설뽕보다 각각 7%, 11% 증가하였으며 뽕잎의 수분율도 74.1%로서 검설뽕의 65.1% 보다 증가하였다. 뽕잎의 厚葉化와 더불어 엽면적중과 수분율의 증가는 뽕잎

Table 6. Development of winter buds in spring(1993'95)

Variety	Green tip sprouting stage	Opening stage of the 5th leaf	Requierd days for the 5th leaf opening
Sawonppong26	Apr. 29	May 10	12 days
Keomseolppong	Apr. 26	May 7	12 days

Table 7. Size of leaves in autumn

Variety	Leaf length	Leaf width	Ratio of leaf length to leaf width	Petiol length	Ratio of leaf length to petiol length
Sawonppong26	21.7 ^{cm}	21.3 ^{cm}	1.02	5.9 ^{cm}	3.7
Keomseolppong	22.7	16.9	1.34	4.8	4.7

Table 8. Leaf thickness and chlorophyll contents of Leaves in autumn(1995~'96)

Variety	Leaf thickness	Leaf wt. per dcm ²	Water content	Chlorophyll contents per dcm ²	Rate of chlorophyll a to b
Sawonppong26	226 ^{um} (107)	2.42 ^g (111)	74.12%	5.0 ^{mg} (114)	2.05
Keomseolppong	211(100)	2.18(100)	72.45	4.4(100)	2.04

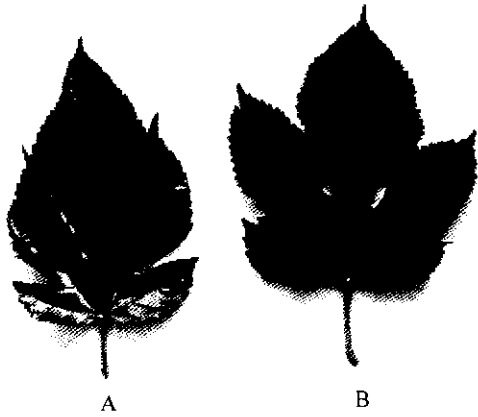


Fig. 3. Fig.2. Difference of leaf shape between diploid & tetraploid of Keomseolppong.(× about 0.2)
A: Keomseolppong(2x), B: Sawonppong 26(4x)

의 萎凋抑制 機能을 강화하는 중요한 요소들이다. 甁잎 100 cm²당 엽록소 함량은 Table 8과 같이 5 m²로서 검설 병보다 14% 증가하였으며 엽록소 a와 b의 비는 2품종간 비슷하였다. 광합성 속도는 유전적 영향하에 있는 엽록소 함량과 관계가 깊으나 단위 면적당 또는 생엽 중량당 엽록소 함량이 증가하면 그 활성이 낮아지므로 엽록소 함

량차가 비례적으로 물질생산에 영향을 주는 것은 아니다 (白田, 矢澤, 1991).

3) 가지의 構成

낮추베기때의 樹型은 모품종인 검설병과 같이 약간 展開性이며, 가지색은 짙은 농다갈색이다. 식재 2년째인 1993년부터 3개년간 조사한 낮추베기에서의 가지구성은 Table 9와 같다.

4원병26호는 검설병보다 平均條長은 146 cm로서 비교적 짧고 株當 平均 가지수도 7.1개로 적으며 측지발생이 극히 적다. 마디사이길이는 4.6 cm이며 가지길이를 평균 가지길이를 나눈값의 100분율로 나타낸 가지길이 對 가지지름비는 1.1로 모품종과 같다.

4) 내동성, 기부불발아장비율 및 甁나무 오갈병 發生株率

전년 겨울동안에 가지의 상단이 말라죽거나 얼어죽은 고손장비율(寒枯率)은 Table 10과 같이 9.5%로서 검설병의 13.9%보다 크게 낮아서 강한 내동성을 나타내었으나 기부불발아장비율은 16.2%로서 검설병의 2배 정도로 길었다.

모품종인 검설병은 甁나무오갈병에 매우 약한 결점이 있는데 사원병26호는 오갈병發生株率이 16.7%로서 검설병의 25.0%보다 현격히 줄었으나, 교배모본으로 이용할 때에는 발근성 향상 목표와 함께 오갈병 발생빈도에도 유의하여야한다.

Table 9. Constitution of branch(1993~'95)

Variety	Average branch length	No. of branch per bush	No. of lateral branches per longest branch	Internode length	Ratio of branch diameter to branch length
Sawonppong26	146 ^{cm}	7.1	1	4.6 ^{cm}	1.10
Keomseolppong	150	8.8	10	4.7	1.10

Table 10. Death atop, non-budding branch and dwarf disease susceptibility(1995)

Variety	Longest branch length	Death atop per ct.	Non-budding length per ct. at basal part of branch	Per ct. of bush infected with dwarf disease
Sawonppong26	173 ^{cm}	9.5%	16.2%	16.7%
Keomseolppong	190	13.9	8.6	25.0

Table 11. Leaf yields, young shoot and leaf percentage in spring(1995)

Variety	Yearly leaf yields per 10a	Percent. of spring yield to yearly	Percent. of leaf to young shoot
Sawonppong26	1.584 ^{kg} (97)	46.9%	77.9%
Keomseolppong	1.626(100)	47.0%	65.1

5) 收量性

한눈뿌리집으로 생산한 묘목을 10a당 833주(2.0×0.6 m)의 밀도로 식재하였을 때 植栽 3년차의 연간 收量은 Table 11과 같다. 사원뽕26호는 10a당 1,584 kg로 검설뽕보다 3% 감소되었으며 수확량의 계절형은 秋型에 가깝다. 춘잠기 新梢중의 정엽량은 77.9%로서 검설뽕보다 두텁이 높았다.

摘 要

發根性이 극히 강한 劍雪뽕의 生長점에 colchicine 수용액을 滴下處理하여 검설뽕의 동질 4배체인 4원뽕26호를 육성하였으며 그 주요 특성은 다음과 같다.

1. 염색체수는 2n = 56을 갖인 4배체이다.
2. 수정률은 59.4%, 침종자비율은 74.3%로 낮았으나 침종자의 발아율은 정상이며, 교잡성공률은 44.1%로 저조하다.
3. 오더과즙의 당도는 13.3%, 총산도는 0.69%이고 속기는 中熟性이며 단과중은 검설뽕 보다 79% 증가하였다.
4. 봄철 발아개엽기는 검설뽕보다 3일 늦고, 잎모양은 전형적인 幅廣形으로 변하였으며 잎두께, 엽면적중, 수분율은 검설뽕보다 높아졌다.
5. 가지구성에 있어서 검설뽕보다 發條數는 적고 條長이 짧았으나 굵기와 마디사이길이는 비슷하다.
6. 내동성은 검설뽕보다 강하고 오갈병 發生株率도 감소하였으며 수량성은 3% 적었다.

7. 고조삼목시의 묘목활착률은 94%로 검설뽕과 같으며, 發根數가 적고 根徑은 가늘지만 강한 發根性을 목표로 하는 육종용 交配母本으로 이용이 기대된다.

引用文獻

Katagiri K.(1975) J. Sericult. Sci Japan : 461~468.
 西山市三(1965) 細胞遺傳學研究法 : 1~88. 養賢堂 東京.
 農村振興廳 (1983) 農事試驗研究調查基準 : 309~312. 水原.
 Ozerol, N. H. & J.S. Titus (1965) Stat Acad. Sci. 58 : 150~151.
 押金健吾, 牧田行正 (1983) 信州大 纖維學部 農場報告 No.1 : 14~26.
 朴光駿(1994a) 韓蠶學誌 35(1) : 1~7.
 _____, (1994b) 韓蠶學誌 36(2) : 97~101.
 _____, (1995) 農業科學論文集 37(2) : 759~765.
 _____, 李龍基 (1996a) 農業論文集 38(1) : 307~317.
 _____, (1996b) 韓蠶學誌 38(2) : 93~99.
 關 博夫, 押金健吾(1953) 信大蠶學研報 (3) : 11~17.
 _____, _____ (1956) 日蠶雜 25 : 191
 _____, _____ (1959) 信大蠶學研報 (9) : 6~15.
 _____, _____ (1964) 日蠶雜 33(5) : 365~376.
 白田 昭, 矢澤盈男(1991) 蠶絲昆蟲研究 4 : 23~40.
 東城 功 (1954) 日蠶雜 23 : 278.
 _____, (1963) 日蠶雜 32(1) : 34~36.
 _____, (1966a) 蠶試報 20(3) : 187~205.
 _____, (1966b) 蠶試報 20(3) : 221~230.
 _____, 渡邊四志榮 (1979) : 東北蠶絲報告 No.4 : 58.