

황기의 開花習성과 受粉樣式 및 結實 特性

金永國*† · 孫錫龍** · 成洛戌* · 李奉鎬*

*作物試驗場, **忠北大學校 農科大學

Flowering Habit, Pollination Patterns and Seed Setting in *Astragalus membranaceus* Bunge

Young-Guk Kim*†, Seok-Yong Son**, Nak-Sul Seong* and Bong-Ho Lee*

*National Crop Experiment Station, RDA, Suwon 441-100, Korea

**College of Agriculture, Chungbuk National Univ., Cheongju 361-763, Korea

ABSTRACT : This study was carried out to obtain the basic informations on the flowering habit, pollination patterns and seed setting in *Astragalus membranaceus*. The first flowering appeared at the 20~22 node on main stem and there is the indeterminate inflorescence that the flowering progress developed toward the tip of the main stem and also toward the tips of branches. According to the flowering time, the number of peduncles were increased in early of Aug. Then, the number of bearing pods and that of seed setting were increased at that time. The length of peduncles with small flower was 6.6~7.3 cm, and the number of small flowers were 13~17 per peduncles. The percentage of seed setting was 30~45% per peduncles and seeds were 4.8~5.3 per pod in peduncles. On 30 days after pollination, the pod was developed with the length about 3.8 cm and the width about 8 mm and the seeds were 7.3 per pod. According to pollination treatment, wrapping setted no seeds and the artificial pollination setted seeds about 5% in late of Jul. to late of Aug. but increased about 13% of seed set after early of Sep. in *A. membranaceus*.

Keywords : astragali radix, *Astragalus membranaceus*, flowering, pollination, seed setting.

황기는 豆科에 속하는 多年生 草本 藥用作物로 膜莢黃耆 (*Astragalus membranaceus* Bunge), 內蒙古黃耆(*A. mongholicus* Bunge), 金翼黃耆(*A. chrysopterus* Bunge), 多花黃耆(*A. floridus* Benth), 塘谷耳黃耆(*A. tongolensis* Ulbr) 등으로 구분된다(김창민 등, 1998). 國內에서 栽培되고 있는 種은 中國의 東北, 華北 地方과 우리 나라 全地域 등에서 野生하는 膜莢黃耆이다(한국과학재단, 1997). 황기는 뿌리를 乾燥시켜 약재로 利用하는데 뿌리에는 astragaloside I~VIII 등의 saponin,

isoflavonoid 類와 amino acid 인 γ -aminobutyric acid 등을 含有하고 있다(Masaki 등, 1994). 藥效로는 心臟收縮運動 및 強心作用, 冠狀血管, 腎臟血管및 全身 末梢血管이 擴張되며 血壓을 낮추고 利尿, 鎮靜作用 및 子宮興奮으로 收縮作用을 하는 등의 藥效가 있다(王鐵生 등, 1988). 특히 國產 황기에는 γ -aminobutyric acid 成分이 들어 있어 日本이나 中國產보다 血壓降下作用의 效能이 있다고 알려져 있다(加藤勝久, 1989). 황기는 뿌리를 약재로 이용하지만 繁殖은 종자로 하는데, 봄에 파종하면 7월 중 · 하순부터 개화하기 시작하여 叢狀花序로 腋生하고 5~22개의 꽃이 성기게 배열되어 있다. 꽃의 형태는 콩의 꽃과 유사하여 꽃부리(花冠)는 1개의 기관, 2개의 의관, 2개의 용골판으로 되어 있고, 나비모양으로 연한 황색이며 길이는 16~18 mm 정도이다. 수술은 10개로서 9개는 합착되어 있고 하나가 분리되어 二生雄蕊이며 씨방은 성글고 부드러운 털로 덮여있고 씨방자루는 길고 암술대에는 털이 없다. 꼬투리는 막질로 팽창하여 있으며 반난원형이다. 선단은 뾰족한 가시모양을 띠고 있으며 검고 짧은 털로 덮여 있다. 종자는 한 꼬투리에 5~8립 정도 맺히며 검은 갈색이며 신장형이다(김창민 등, 1998). 황기는 中北部 山間地方의 서늘한 氣候條件에서 잘 자라서 江原道 旌善, 三陟, 忠北 堤川 등지에서 2~3년근이 주로 생산되었으나 需要가 增加함에 따라 京畿道 抱川, 驪州 등의 中南部 또는 中北部 平野地로 계속 擴大되어 주로 1년근으로 생산되고 있다. 황기에 대한 연구는 재배면적 증가와 수요증가에 따라 國內에서 파종방법, 시비량(Park 등 1988, 정 등 1989), 수확시기 등의 재배법에 대한 연구가 수행되었고, 일본에서도 우리나라에서 막협황기를 1966년에 도입하여 재배하고 있으며, 1년생으로 황기근 생산을 위한 재배법 연구가 수행되었다(Masaki 등, 1995). 그렇지만 황기 育種의 기초가 되는 開花 · 受粉樣式, 結實特性에 관한 연구결과는 없는 실정이다. 특히 황기의 뿌리는 습해에 약하기때문에 생육기간중 장마기에 뿌리썩음병의 피해

†Corresponding author: (Phone) +82-331-290-6717 (E-mail) kimyk@nces.go.kr

<Received April 29, 2000>

가 심하여 습해에 강한 품종육성이 시급하다. 품종육성을 위해서는 종자로 번식하는 황기의 開花·受粉樣式 및 結實特性에 관한 조사가 필요하므로 본 연구를 수행하였다.

材料 및 方法

本 研究은 1997~1999年의 3년간 作物試驗場 藥用作物試驗園場에서 實施하였다. 供試材料는 國內에서 재배되고 있는 정선 재래종과 작물시험장에서 선발한 계통 등 4계통을 공시하였다. 播種은 이랑나비 90 cm에 條間 15 cm, 株間 10 cm, 排水路는 60 cm로 하였다. 施肥는 10a당 N-P₂O₅-K₂O =6-8-9 kg을 全量 基肥로 施用하였다. 其他 栽培法은 標準栽培法에 準하였다. 開花, 結實順序는 開花始부터 開花終까지 매일 花梗別 開花 時期 및 期間을 調査하였고, 開花時期別 結實率은 개화시기인 7월 하순부터 10월 간격으로 7회 調査하였다. 着莢 形態는 作物試驗場 各 系統別로 30주씩 調査하였으며, 授粉樣式은 自然放任, 人工授粉, 封紙씌우기 등을 200~270화에 處理하여 結實率을 調査하였다. 自然放任은 自然狀態에서 交雜된 結實率을 調査하였고, 人工授粉은 花蕾가 形成되기 始할 時 유산지로 만든 봉투를 씌워 두었다가 개화 3일전 오후 3~5시경에 약을 제거하고 다음날 오전 10시경에 人工授粉을 한 후 20일경에 결실율을 調査하였으며, 봉지씌우기는 花蕾가 형성되기 始할 時 봉지를 씌워 두었다가 개화후 15일경에 결실율을 調査하였다.

結果 및 考察

황기의 開花習性

황기의 開花習性을 調査한 結果 개화는 播種後 100일 경인 7월 중순부터 始作되어 10월 중·하순까지 계속되었다. 收穫 後 當년에는 한 개의 원줄기가 나오며 측지가 발생하는데, 개화습성에 따라 Fig. 1과 같이 上위분지형(Upper branch type; UBT), 中위분지형(Middle branch type; MBT), 2차분지형(Second branch type; SBT) 3가지 형태로 分類되었다.

上위분지형은 主枝의 15~20마디 部位에서 1次分枝가 발생하기 始하여 4~7개의 1차분지가 연속적으로 발생하였다. 1차분지가 발생한 마디의 以後 마디부터는 花梗이 마디마다 발생하여 개화 결실하였다. 개화되는 순서는 주지의 花梗에서 먼저 開화하고 1차분지의 제1측지부터 순서대로 開화하는 傾向이었다.

중위분지형은 1차분지의 제1측지가 10~15마디에서 발생하면서 제1측지가 발생한 마디에서 3~5마디 아래쪽의 마디에서 또 1차분지가 발생하였다. 개화 순서는 주지의 花梗에서 먼저 開화하고 10~15마디의 1차분지에서 開화되면서 나중에 발생한 하부의 측지에서 開화되는 傾向이었다.

2차분지형은 다른 두가지 형태는 다르게 1차분지에서 2차분지가 발생하였다. 개화순서는 주지의 花梗에서 먼저 開화되고 1차분지의 주지 및 2차분지의 순서로 開화되는 傾向이었다.

이와 같이 황기는 주지가 伸長하면서 주지의 中間부위마디에서 分枝가 발생하고, 분지가 발생한 위마디부터는 花梗이 계속 형성되면서 分枝에서도 花梗이 형성되어 줄기의 頂端으로 향하

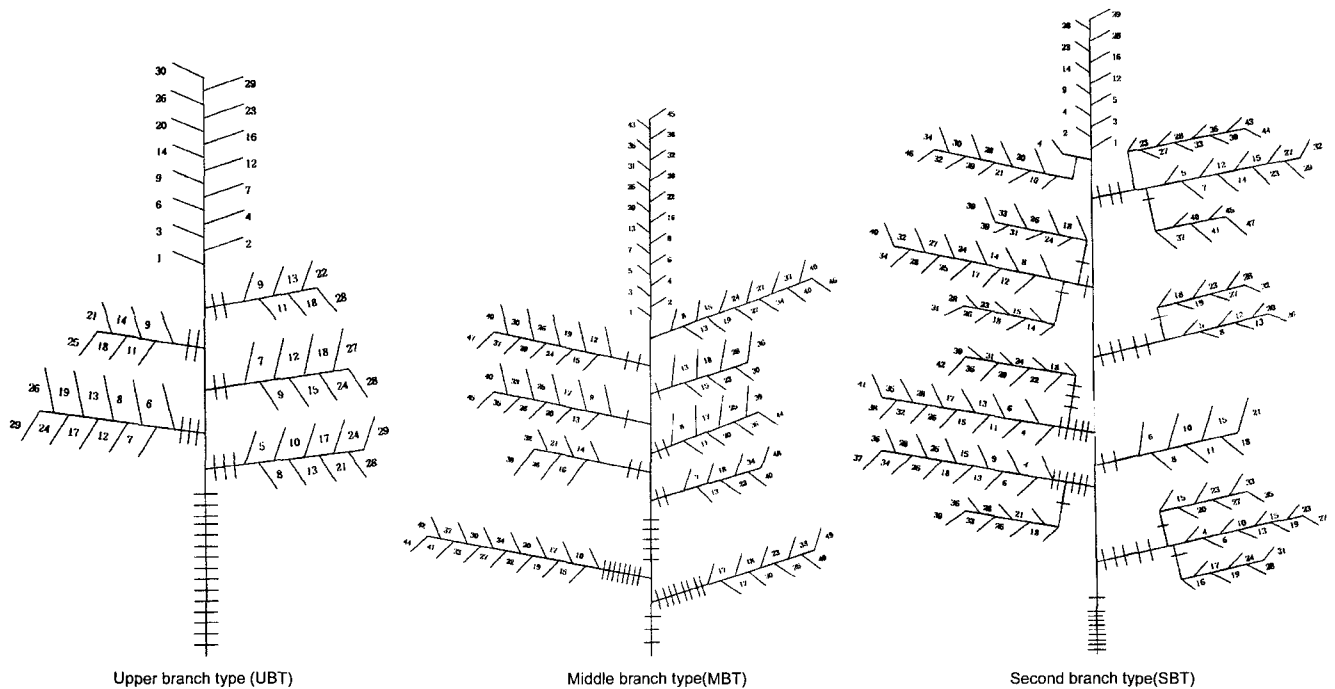


Fig. 1. Flowering habit of three plant types classified by flowering branches in *A. membranaceus*.

Table 1. Seed setting by flowering times in *A. membranaceus*.

Plant type	Flowering habit	Jul.	Aug.			Sep.			Oct.	Total
		L [†]	E	M	L	E	M	L	E	
UBT [‡]	No. peduncles(Np)	5.2	12.3	12.5	8.3	9.2	3.5	1.7	1.5	54.2
	Np with bearing pod	2.5	7.9	6.1	3.2	4.9	2.1	1.6	1.1	29.4
	No. of bearing pod	5.9	18.5	13.2	5.6	15.4	9.2	7.5	3.8	79.1
	No. of seeds set	26.3	81.9	57.4	29.8	55.1	43.2	35.0	14.3	343.0
MBT	No. peduncles(Np)	9.3	16.0	14.8	10.3	7.8	2.4	1.5	0.8	62.9
	Np with bearing pod	3.5	9.3	7.0	3.8	3.8	1.5	0.8	0.5	30.2
	No. of bearing pod	6.8	27.3	17.3	6.3	7.5	5.3	3.5	2.0	76.0
	No. of seeds set	22.3	98.3	66.8	23.0	35.0	24.0	13.5	8.8	291.7
SBT	No. peduncles(Np)	1.7	7.0	18.0	21.3	29.3	13.0	9.7	4.0	104.0
	Np with bearing pod	0.3	5.3	11.0	12.7	18.0	9.0	7.7	2.0	66.0
	No. of bearing pod	0.3	10.7	27.7	30.7	55.3	32.7	28.3	5.0	190.7
	No. of seeds set	1.3	49.0	134.0	147.3	290.0	199.3	137.7	28.3	986.9

[†]L : late, E : early, M : middle, [‡]UBT : Upper branch type, MBT : Middle branch type, SBT : Second branch type

여 無限花序로 개화되는 경향이였다.

開花, 結實 特性

황기의 開花時期에 따른 花梗數, 꼬투리수, 種實數의 變化를 조사해 본 결과 Table 1과 같이 나타났다.

황기의 開花 特性을 보면 상위분지형과 중위분지형은 7월 하순에 개화되기 시작하여 8월 상순에 개화된 花梗이 가장 많았고, 8월 중순이후 부터는 서서히 줄어드는 경향이였다. 2차분지형은 7월 하순부터 개화된 花梗數가 계속 增加되어 9월 상순경에 가장 많이 개화되었고 그 이후부터는 減少되는 경향으로 나타났다. 2차분지형이 다른 두가지 형태와는 달리 9월 상순까지 증가되는 이유는 2차분지가 발생하면서 개화되는 화경수가 증가되기 때문인 것으로 생각된다.

꼬투리와 종실수도 화경의 발생이 많을 수록 증가되는 경향으로 상위분지형과 중위분지형은 8월 상순에 개화된 화경수가 많아 착협 및 종실수도 많았다. 그러나 2차분지형은 9월 상순까지 착협수와 결실수가 증가되다가 그 이후부터는 감소되는 경향이였다. 이와 같이 분지발생형태가 다르게 나타나는 원인

은 환경요인 인지 아니면 유전적요인인지는 불분명하며 앞으로 계속 검토해야 할 것으로 생각된다.

분지발생 형태에 따른 3가지 유형의 개화특성을 綜合해보면 Fig. 2에서와 같이 개화시기별 화경수는 8월 중순까지 증가되어 9월 상순까지는 비슷하였다가 9월 중순이후 부터는 감소되는 경향이였다. 착협된 화경수와 착협수 및 종실수는 9월 상순까지 증가되다가 그 이후부터 감소되는 경향이였다. 이상의 결과로 볼 때 8월 상순부터 9월 상순까지 개화된 화경에서 착협 및 종실수가 많아 개화결실에 적합한 시기로 추측된다. 이처럼 시기별로 개화·결실의 차이가 나는 원인은 溫度, 光 등의 氣象條件에 의해 落花 및 落莢에 의한 것으로 생각된다. 황기의 꽃과 유사한 콩에 있어서도 개화된 꽃의 80% 가량이 發育不進으로 脫落된다고 하였으며(Shibles 등, 1974), 콩 花器의 탈락은 密植, 光週期의 不適合 및 高溫 乾燥 등의 氣候條件에서 특히 심하다고 하였다(Dominguez 등, 1978). 그리고 Hicks와 Pendleton(1969)은 콩에서 꽃의 낙화 원인은 同化物質의 內部 競合일 것으로 추측하였다. Hadley와 Starnes(1964)는 콩에서 꽃의 발육 부진은 화기발달의 어느 단계에서나 나타나지만 개화후 1~7일 사이에 특히 심하여 낙화가 가장 많다고 하였다.

황기에서 화경의 着莢樣相은 Table 2에서 보는 바와 같이 花梗 중에서 着花部位長은 6~8 cm 정도의 길이로 꽃은 평균 14~17개의 꽃이 피고, 着莢數는 5~6개 정도로 着莢率은 30~45% 정도인 것으로 나타났다. 莢當粒數는 5립 내외이며 莢長은 34~37 mm, 莢幅은 7 mm내외로 나타나는 경향이였다.

작물시험장에서 蒐集하여 選拔中인 系統間의 着莢樣相을 보면 着花部位長은 수원 3호가 가장 길어 다른 3계통과는 차이가 있었다. 화수와 착협수는 수원 2호가 13개 내외로 가장 적었으며, 협당립수는 계통간에 큰 차이가 없었다. 협장과 협폭은 수원 2호가 가장 큰 것으로 나타났다.

화경부위에 따른 착협정도는 Fig. 3에서 보는바와 같이 小花

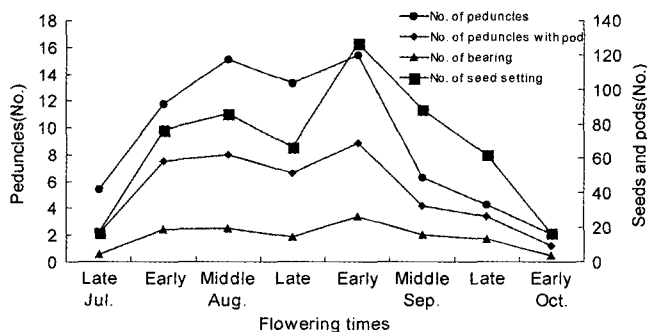


Fig. 2. Variation of seed set according to flowering times in *A. membranaceus*.

Table 2. Characteristics of bearing flower and pod of raceme in *A. membranaceus*.

Lines	Length of peduncle (cm) [†]	Flowers (No./peduncle)	Pods (No./peduncle)	Bearing pods (%)	Seeds (No./peduncle)	Pod	
						Length (mm)	Width (mm)
Suwon 1	7.1 ± 1.15	13.5 ± 1.26	5.7 ± 0.86	44.7 ± 4.93	5.3 ± 0.96	35.5 ± 1.16	6.9 ± 0.14
Suwon 2	6.6 ± 0.12	16.9 ± 1.04	5.7 ± 1.20	35.7 ± 2.08	4.8 ± 0.90	37.0 ± 0.76	7.3 ± 0.42
Suwon 3	8.5 ± 0.81	16.8 ± 2.08	6.2 ± 1.01	36.7 ± 3.79	4.9 ± 0.95	35.7 ± 1.32	6.7 ± 0.31
Jaecheon	7.1 ± 0.49	16.2 ± 1.84	4.8 ± 0.31	30.0 ± 2.00	5.2 ± 0.46	34.2 ± 0.40	7.0 ± 0.21
Mean	7.3 ± 0.83	15.8 ± 1.57	5.6 ± 0.57	36.8 ± 6.04	5.1 ± 0.25	35.6 ± 1.14	7.0 ± 0.26
LSD(0.05)	1.245	2.537	1.106	5.502	1.610	1.974	0.604

[†]Length of peduncle with bearing flower

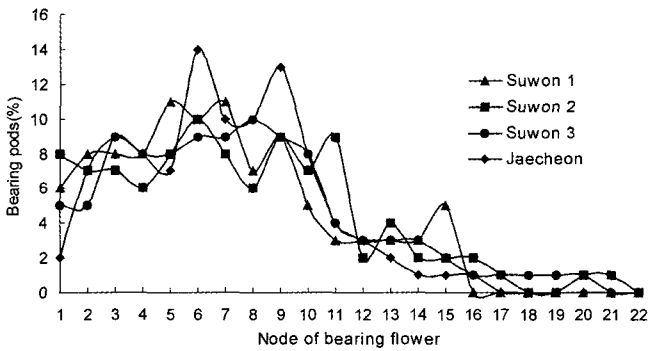


Fig. 3. Variation of bearing pods (%) according to the nodes of bearing flowers in raceme of *A. membranaceus*.

着生 1마디부터 11마디까지는 5~14% 착협이 되었다. 그리고 12마디에서 16마디까지는 2%내외로 착협이 되었으며, 17마디 이상에서는 거의 착협이 되지 않는 경향으로 나타났다.

황기는 꽃이 授粉된 후 3~5일이 되면 꽃잎이 지고 꼬투리가 형성되는데, 꼬투리와 종자가 成熟되는 과정을 Table 3에서 보면 10일경이 되면 꼬투리 길이는 23 mm 내외로 꼬투리 폭은 3.2 mm 정도였다. 종실의 길이는 1.9 mm, 폭은 1.6 mm 정도로 발달하며 꼬투리 내의 종실수는 6립 정도가 형성되는 것이 관찰되었다. 꼬투리는 수분후 30일 까지 계속 신장하여 꼬투리 길이는 38 mm, 꼬투리 폭은 7.9 mm로 신장하였고, 종실은 길이가 3.5 mm, 폭은 2.8 mm 정도로 되며, 종실 립수는 7립 정도가 형성되었다. 수분후 30일 이후 부터는 더 이상 커지지는 않고 꼬투리와 종실의 색이 녹색에서 갈색으로 변화되면서 등숙되었다.

이(1992)는 콩의 경우에도 꼬투리의 길이가 최대에 달하는 시기는 品種과 環境條件에 따라 다르지만 보통은 개화 후 20~29

Table 4. Effects of pollination treatments on seed setting in *A. membranaceus*.

Pollination treatment	Artificial pollination	Self-pollination		Open pollination
		Wrapping of oil paper	Wrapping of gauze	
No. of crossed flower	200	200	200	200
Flower shedding (%)	87	99	100	57
Seed set(%)	13	1	0	43

일 경이 되고 꼬투리의 폭과 두께는 개화후 30일 경에 最大에 달한다고 하였다.

授粉方法에 따른 種子 結實 特性

황기의 授粉樣式을 알아보려고 自家授粉 및 他家授粉을 誘導한 결과 Table 4에서 보는 바와 같이 봉지를 씌우거나 除雄後 自家授粉은 結實이 거의 되지 않았다. 他花 人工授粉은 13%의 結實率을 보였으며 放任授粉에서는 43%의 結實率을 보였다.

개화시기에 따른 人工授粉과 自家授粉의 結實率을 보면 Table 5에서와 같이 人工수분에 의한 結실율은 개화가 시작되는 7월 하순부터 8월 하순까지는 5%이하로 낮았다. 그러나 9월 상순부터는 10%이상으로 증가되는 경향이었다. 자가수분을 했을 경우는 8월 하순까지는 전혀 수분이 되지 않았지만 9월 상순부터는 4~6% 정도의 結실율을 보였다.

이상의 결과에서 볼 때 봉지를 씌워 자가수분을 유도했을 경우 7~8월 보다는 9월 상.중순경에 자가수분율이 증가하는

Table 3. Development of pod and seed by days after pollination in *A. membranaceus*.

Days after pollination	Pod		Seed		
	Length (mm)	Width (mm)	Length (mm)	Width (mm)	No. (no/pod)
10 days	23.1 ± 0.07	3.2 ± 0.22	1.9 ± 0.06	1.6 ± 0.14	6.3 ± 0.58
15 days	28.5 ± 0.27	4.5 ± 0.20	2.4 ± 0.20	1.5 ± 0.26	6.7 ± 0.58
20 days	34.8 ± 0.33	6.6 ± 0.11	3.3 ± 0.17	2.4 ± 0.23	7.0 ± 1.00
25 days	37.3 ± 0.25	7.7 ± 0.39	3.5 ± 0.16	2.6 ± 0.10	7.0 ± 0.00
30 days	37.9 ± 0.17	7.9 ± 0.06	3.5 ± 0.13	2.8 ± 0.15	7.3 ± 0.58

Table 5. Effects of seed setting on artificial pollination according to flowering times in *A. membranaceus*.

Pollination treatment		Jul.		Aug.		Sep.		Total	
		L	E	M	L	E	M		L
Artificial pollination	No. crossed flower	250	250	254	270	232	260	245	1,761
	No. of seed set	3	5	7	14	52	49	52	164
	Seed set (%)	1	2	3	5.2	14.7	18.8	21.2	9.3
Self-pollination	No. of wrapped flower	150	150	150	150	150	150	150	1,050
	No. of seed set	0	0	0	0	7	10	9	26
	Seed set (%)	0	0	0	0	4.7	7.7	6.0	2.4

것으로 나타났으나 황기는 자가수분보다는 타가수분을 하는 것으로 나타났다. 王鐵生 등(1988)은 몽고황기도 蟲媒에 의한 他家授粉을 하며 自家受粉을 誘導하여 純粹한 品種을 얻기는 어렵고 봉지씌우기를 하였을 때 2%정도 결실된다고 보고하였다.

황기의 화기구조와 유사한 콩은 자가수분을 하며 중복수정은 꽃가루가 주두에 닿은지 10시간 내에 완료된다고 하였다(Fehr, 1980). 그러나 돌연변이 콩 중에는 자가수정의 결여와 부분자성 불임이 발생되는데, 그 원인은 정상적인 꽃보다 심피가 더 길고 화탁이 크며 꽃받침이 비정상적인 위치에 있고, 꽃밥이 주두 근처에 있지 않고 자방벽 기부 근처에 있기 때문이라고 하였다(Johns & Palmer, 1962).

이와 같이 대부분의 두과 식물은 自家受精을 하며 花器 構造도 자가수정에 有利한 形態이나 황기의 경우 타가수정을 하는데 그 원인이 밝혀져 있지 않으므로 금후 화기의 형태적 특성과 수분 후 수정 과정 및 자가불화합성 등에 대한 연구 검토가 필요하다고 생각된다.

摘 要

황기의 開花, 結實 및 受粉樣式을 구명하여 품종육성의 기초 자료를 얻고자 시기별 개화·결실 특성 및 수분방법별 결실율에 대한 試驗을 遂行하였던 바 다음과 같은 結果를 얻었다.

1. 황기의 개화는 원줄기의 20~22절위에서 첫 꽃이 피기 시작하여 분지 발생순으로 개화되며 7월 중·하순경에 개화하기 시작하여 10월 중·하순까지 계속 開花되는 無限花序이다.
2. 개화시기별로는 9월 상순에 개화한 花梗數가 가장 많아 꼬투리 및 종실 수도 9월 상순에 개화한 화경에서 가장 많은 경향이었다.
3. 小花가 着生되는 部位의 길이는 6.6~7.3 cm, 小花數는 花梗當 13~17花, 着莢率은 30~45%, 莢當 種實數는 4.8~5.3粒 정도였다.
4. 꼬투리는 수분 후 30일 경에 길이가 3.8 cm로 최대에 달하며, 폭은 8 mm정도이고 종실수는 7.3개 정도 형성되었다.
5. 황기 꽃의 수분양식은 봉지씌우기로 자가수정시키는 경우 거의 결실되지 않았고, 인공수분에 의한 결실율은 7월 하

순부터 8월 하순까지는 5%이하였으나 9월 상순 이후부터는 13%이상으로 높아지는 경향이며 타가수분을 하는 것으로 나타났다.

引用文獻

鄭相煥, 徐東煥, 朴魯權, 鄭奇採, 李相百, 張相文. 1989. 황기栽培法 確立試驗. 慶北農振研報 pp.118-123.

Dominguez, C., and J. Hume. 1978. Flowering, abortion, and yield of early-maturing soybeans at three densities. *Agron. J.* 70:801-807.

Fehr, W. R. 1980. Soybean. In Fehr, W. R. and H. H. Hadley(eds.) Hybridization of crop plant. American society of agronomy. Madison Wis. pp.589-611.

Hadley, H. H., and W. J. Starnes. 1964. Sterility in soybeans caused by asynapsis. *Crop Sci.* 4:421-426.

한국과학재단. 1997. 한국전통과학기술의 국제화에 관한 연구 생략분야. "동의보감에 수채된 생약의 기원에 관한 연구." p.43.

Hicks, D. R., and J. W. Pendleton. 1969. Effect of floral bud removal on performance of soybeans. *Crops Sci.* 9:435-441.

Johns, C. W. and R. D. Palmer. 1982. "Floral development of a flower structure mutant in soybeans, *Glycine max(L) Merr*" *Amer. J. Bot.* 69(5):829-842.

김창민, 신민교, 안덕균, 이경순. 1998. 완역 중약대사전. 정담 pp.6460-6471.

加藤勝久. 1989. 植物遺傳資源 集成. 第4卷. 講談社 サイエンティフィック pp.1438.

이홍석. 1992. 콩-유전육종 및 재배생리 서울대학교 출판부 p.193.

Masaki Anetai, Eiji Katsura, Yoshinobu Katoh and Takashi Yamagishi. 1994. Chemical evaluation of *Astragali radix*. *Natural Medicines* 48(4):244-252.

Masaki Anetai, Eiji Katsura, late Yutaka Minamiyama, Toyoo Miura, Hiroyasu Kaneshima and Takashi Yamagishi. 1995. Effects of manurial elements on growth of *Astragalus membranaceus* Bunge, yield and glycoside contents of *Astragali radix*. *Natural Medicines* 49(3):284-287.

Park No-Kwuan, Dae-Ung Choi, Sang-Moon Chang, Jyung Choi. 1988. Effects of N, P₂O₅, and K₂O application on the yield and quality of *Astragalus membranaceus* Bunge root. *Korean society of soil science and fertilizer* 21(4):450-454.

Shibles, R., I. C. Anderson, and A. H. Gibson. 1974. Soybean. In Evans. L. T.(ed.) *Crop Physiology: Some Case Histories.* pp.151-171.

王鐵生 등 22人. 1988. 中國藥用植物栽培學. 農業出版社. pp.691-696.