

녹두 파종기에 따른 수량과 Flavonoid 함량 변화

김동관*[†] · 천상욱** · 이경동*** · 김경호**** · 임요섭***** · 정석철*****

*전남농업기술원, **(주)이파리넷, ***동신대학교, ****농촌진흥청, *****순천대학교, *****호남원예고등학교

Effect of Seeding Times on Yield and Flavonoid Contents of Mungbean

Dong-Kwan Kim*[†], Sang-Uk Chon**, Kyung-Dong Lee***, Kyong-Ho Kim****, Yo-Sup Rim*****,
and Seok-Cheol Jeong*****

*Jeollanamdo Agricultural Research and Extension Services, Naju 520-715, Korea

**EFARINET Co. Ltd., TBI Center, Chosun University, Gwangju 501-759, Korea

***Department of Oriental Medicine Materials, Dongshin University, Naju 520-714, Korea

****Rural Development Administration, Suwon 441-707, Korea

*****College of Bio Industry Science, Sunchon National University, Sunchon 540-742, Korea

*****Honam Horticulture High School, Naju 520-820, Korea

ABSTRACT This study set out to investigate the changes to the growth, yield, and flavonoid contents of mungbean according to different seeding times from mid May to mid July in the southern region of Korea. Days to first flowering, days to first maturing, and cultivation period were shorter at later seeding time than earlier seeding time. But later the seeding time was, days from first maturing to first harvesting, days required between harvesting increased. Number of pods at first harvesting and yield of mungbean were highest when seeded at late June, showing increase in yield 14% more than at early June as standard seeding time. However number of seeds per pod and 1,000-seed weight at first harvesting were highest when seeded at mid July. The number of harvesting was smallest at two times when seeded at June or mid July. The contents of average vitexin and isovitexin in mungbean were highest in the order of mid July, late June, and mid May. In particular, their contents reached its highest point in the seeds of the second harvest. Considering the results of the cultivation period, yield, harvesting times, vitexin and isovitexin contents, the proper seeding time of mungbeans in the southern region of Korea will be from late June to mid July.

Keywords : mungbean, seeding time, yield, vitexin, isovitexin

녹두는 아열대성 작물로 우리나라의 경우 위도에 따라 생태반응 차이가 뚜렷하다. Ko 등(1992)은 제주도에서 파종기가 늦어짐에 따라 개화일수가 단축되었고 파종기가 6월 1일과 6월 20일 정도로 빠를수록 녹두의 수량은 높았다고 하였다. 또한 김 등(1977)은 또 다른 연구에서 충남지방에서 4월 22일부터 6월 6일까지는 파종이 지연됨에 따라 녹두의 개화일수가 크게 단축되었으나 파종기가 7월 22일까지 늦어져도 개화일수가 더 이상 단축되지 않았음을 보고하였고 수량은 파종기가 늦어질수록 감소하는 경향이 뚜렷하다고 하였다. 한편 서울에서 녹두 파종기 이동에 따른 개화기 분포 및 결협율 변이를 보고하였다(Kim *et al.*, 1981a). 이처럼 파종기 이동에 따른 생육, 수량구성요소 및 수량변이에 대한 보고가 있었다. 녹두 종실의 단백질, 지방, 전분 등의 정밀한 특성(Kim *et al.*, 1981b; Um *et al.*, 1990; Kweon & Ahn, 1993; Jung *et al.*, 1991; Lee *et al.*, 1997)과 물 추출물의 유리당, 유리아미노산, 무기질, 흡광도, 색소 등 이화학특성을 보고하였다(Koh *et al.*, 1997). 또한 Jeong 등(1998)은 녹두 물 추출물에서 vitexin과 isovitexin을 동정하였고, Kim 등(2005)은 녹두 195계통을 대상으로 vitexin과 isovitexin 고함유 계통선발과 이들 성분간 상관관계 또는 주요 형질특성과 vitexin이나 isovitexin간 유연관계 및 발아과정에서 종피와 자엽의 vitexin과 isovitexin 함량변화를 보고하였다. 한편 녹두 엽에 isoquercitrin, rutin, kaempferol 7-rhamnoside, kaempferol 3-glucoside, 꽃에는 isoquercitrin, rutin, kaempferol 3-sophoroside, kaempferol

[†]Corresponding author: (Phone) +82-61-330-2563
(E-mail) dkkim@jares.go.kr <Received March 19, 2008>

3-glucoside, quercetin 3-glycoside, rubinin, 줄기에는 iso-quercitrin, kaempferol 3-glucoside, kaempferol 3-rutinoside 이 분포한다고 하였다(Seneviratne & Harborne, 1992; Williams *et al.*, 1995). 일반적으로 flavonoid 등 기능성 성분은 특정 부위에 상대적으로 다량 함유되어 있고(Kim & Kim, 1996), 품종, 지역, 연차 및 온도 등의 재배조건에 따라 함량변이가 큰 것으로 알려져 있다(Hoeck *et al.*, 2000; Kitamura *et al.*, 1991). 이처럼 녹두 파종기가 생육과 수량변이에 미치는 영향에 관한 국내 연구는 1980년대에 주로 수행되었다. 따라서 최근 지구온난화 등 기후변화 대응의 일환으로 우리나라 녹두 주산지인 전남지역에서 안정적인 파종기를 재설정 할 필요가 있다. 한편 예로부터 해열, 해독, 신경안정 등에 한 방이나 민간요법에서 이용해온 녹두에 가장 많이 함유된 vitexin과 isovitexin 함량변화를 구명함으로써 녹두의 수량 확보뿐만 아니라 기능성 강화를 통하여 부가가치 증진에 기여하고자 본 연구를 수행하였다.

재료 및 방법

본 시험은 금성, 어울, 삼강을 이용하여 전남 나주에서 2005년과 2006년에 5월 중순에서 7월 중순까지 20일 간격으로 4회 파종하였다. 5월 중순 파종은 각각 5월 16일과 17일, 6월 상순 파종은 각각 6월 5일과 7일, 6월 하순 파종은 각각 6월 24일과 27일, 7월 중순 파종은 각각 7월 14일과 15일에 하였다. 파종은 60×10 cm로 점파하여 본엽 2엽기에 주당 2개체씩 고정하였다. 시비량은 1,000 m² 당 질소 4 kg, 인산 7 kg, 칼리 6 kg을 경운 쇄토 전에 전량기비 하였고

기타 재배법은 관행에 준하였다. 종실의 vitexin과 isovitexin 함량 분석은 수확기별로 수확직후 건조하여 초저온저장고(DF8520)에 보관한 후 최종 수확이 완료된 후 동일하게 건조(수분 13%) 마쇄한 시료 1 g을 70% 에탄올 80℃에서 90분간 추출한 후 여과지 No. 5(Whatman, Clifton, NJ, USA)로 잔사를 제거하고 100 ml로 정용한 후 syringe filter (0.2 μm)로 여과한 후 실시하였다. HPLC는 Waters 2996 Photodiode Array 검출기와 Empower software가 장착된 Waters 2695 Alliance System(Milford, MA, USA)을 사용 Table 1의 조건으로 분석하였다(Kim *et al.*, 2005). 엽의 무기성분은 파종기별로 성숙시에 제5본엽을 채취 세척 건조하여 농업과학기술 연구조사 분석기준(농촌진흥청, 2003)에 준하여 분석하였다. 시험구배치는 품종별 난괴법 3반복으로 수행하였고 시험전 토양이화학성은 Table 2, 녹두 생육기간의 순별 평균기온과 강우량 및 강우일수는 Fig. 1과 같다. 녹두 생육과 수량은 농업과학기술 연구조사 분석기준(농촌진흥청, 2003)에 준하여 조사하였고 모든 결과는 SAS program을 이용하여 α=0.05에서 DMRT(Duncan's multiple range test)에 의해 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

금성, 어울, 삼강을 공시하여 남부지역에서 파종기에 따른 생육과 수량구성요소 및 수량 변화를 검토하였다. 5월 중순부터 7월 중순까지 파종에서 파종 후 개화일수와 성숙까지 일수는 Table 3과 같이 파종기가 늦을수록 각각 9~2일, 12~2일 적었다. 기상자료(Fig. 1)와 같이 파종기가 빠를

Table 1. High-performance liquid chromatography (HPLC) conditions for analysis of vitexin and isovitexin.

| Flavonoids | Retention time | Conditions |
|------------|----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Vitexin | 6.640 min | Mobile phase: A (Water:EtOAc=92:8):B(MeOH) = 85:15 Flow rate: 1 ml/min Detector: Photo diode array 254 nm Column type: SunFire C18 5 μm, 4.6×150 mm Oven temp.: 40℃ |
| Isovitexin | 7.435 min | " |

Table 2. Chemical properties of soils experimented in 2005 and 2006.

| Year | pH (1:5) | O.M. (g/kg) | Av. P ₂ O ₅ (mg/kg) | Ex. Cat. (cmol(+)/kg) | | | C.E.C. (cmol(+)/kg) |
|------|----------|-------------|-------------------------------------------|-----------------------|------|-----|---------------------|
| | | | | K | Ca | Mg | |
| 2005 | 6.3 | 20 | 336 | 0.5 | 9.1 | 3.0 | 13.1 |
| 2006 | 6.7 | 23 | 369 | 0.6 | 10.5 | 3.4 | 15.4 |

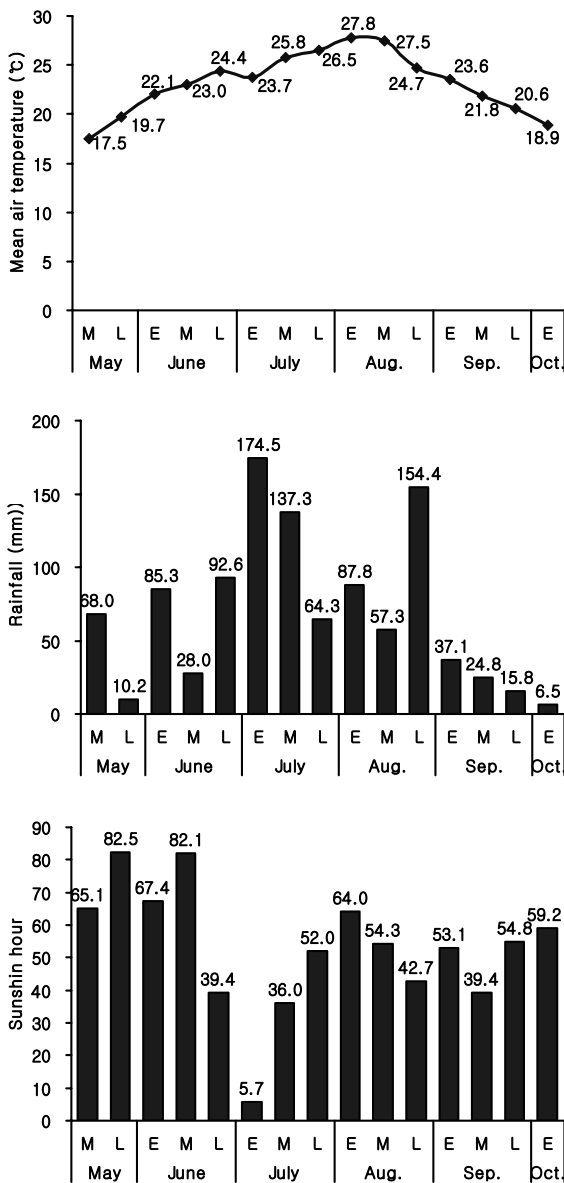


Fig. 1. Ten day average of daily mean air temperature, ten day accumulation of rainfall, and sunshine hour during the mungbean growing seasons of 2005 to 2006.

수확 개화기까지의 평균온도가 낮고 일조량이 많고 강우량이 적은 반면, 파종기가 늦을수록 개화기까지의 평균온도는 높고 일조량이 적고 강우량은 많았다. 이와 같은 결과는 기상요인 중 기온이 가장 중요한 요소로서 고온이 녹두 개화 및 성숙을 촉진시키고(Park, 1980) 출아에서 개화까지 평균 기온이 증가함에 따라 녹두 개화일수가 직선적으로 감소(Ko et al., 1992)한다는 보고와 일치하는 경향이였다. 그러나 개화 후 1차 성숙까지 소요일수의 경우 5월 중순 파종은 21일인 반면, 6월 상순 파종 17일, 6월 하순 파종 18일, 7월 중순 파종 18일로 개화 후 성숙까지 기간의 기온(Fig. 1)과 비례해서 감소하는 경향을 나타내지 않고 7월 중순 파종이 5월 중순 파종보다 3일 짧았다. 이와 같은 경향은 5월 중순 파종은 7월 중순 파종에 비해 개화 후 성숙까지 기간의 평균온도는 비슷한 반면 강우량이 많고 일조시간이 적은 영향을 받았을 것으로 보아진다. 따라서 개화 후 성숙일수는 기온뿐만 아니라 강우량과 일조시간도 영향을 미치는 요인일 것으로 판단된다.

5월 중순에서 7월 중순까지 녹두 파종기에 따른 수확횟수는 Table 4와 같이 6월 하순과 7월 중순 파종은 2회로 5월 중순과 6월 상순 파종의 4, 3회에 비해 생력재배에 유리하였다. 그리고 1차 개화에 의해 형성된 꼬투리만 성숙하고 2차 개화가 이루어지지 않은 7월 중순 이후의 녹두 파종기를 주요 지역별로 정립한다면 녹두는 콩과 달리 착엽고가 높기 때문에 whole crop feeding combine을 이용한 기계수확이 가능하여 녹두 재배에서 가장 어려운 수확문제를 해결할 수 있을 뿐만 아니라 대면적 재배를 통한 경쟁력 확보도 가능할 것으로 판단된다. 한편 파종기에 따른 1차 성숙 후 1차 수확소요일수나 각 수확기간 소요일수는 6월 상순 파종 1차 수확과 5월 중순 파종 2차 수확이 모두 9일로 가장 짧았고, 이들 수확기는 각각 8월 13일과 8월 11일로 기온(Fig. 1)이 매우 높은 시기로 전술한 바와 같이 고온일수록 꼬투리 성숙이 빨랐다. 그러나 5월 중순 파종의 4차 수확기

Table 3. Growth characteristics of mungbean by seeding time.

| Seeding time | 1st flowering | | 1st maturing | | Plant height (cm) | Branch no. per plant | Pod length (cm) |
|--------------|---------------|-----|--------------|---------------------|-------------------|----------------------|-----------------|
| | Date | DRS | Date | DRS | | | |
| Mid May | July 1 | 46 | July 22 | 67(21) ^z | 46d [†] | 1.5a | 8.7a |
| Early June | July 18 | 42 | Aug. 4 | 59(17) | 52c | 0.5b | 8.3a |
| Late June | Aug. 3 | 39 | Aug. 20 | 57(18) | 59b | 1.1a | 8.3a |
| Mid July | Aug. 20 | 37 | Sep. 7 | 55(18) | 67a | 0.4b | 8.6a |

DRS is days required after seeding time. ()^z is days required after 1st flowering.

[†]Mean separation within columns by DMRT at 5% level.

는 3차 수확기인 8월 28일 이후 27일 소요된 반면, 파종기 7월 중순의 2차 수확은 1차 수확기인 9월 26일 이후 17일 소요되어 전술한 결과와 상이하였다. 이와 같은 결과로 볼 때 파종기별 최종 성숙기간은 기온이 아닌 다른 요인에 의한 것으로 보아진다. 즉, Table 3, 4와 같이 5월 중순 파종은 생육기간이 131일로 길고 수확횟수가 많아 최종 4차 성숙을 위한 여러 영양생리적인 요인이 불리한 조건이고 7월 중순 파종은 상대적 만기파종으로 생육기간이 91일로 짧고 수확횟수가 적어 최종 2차 성숙을 위한 영양생리적인 요인이 상대적으로 양호하였기 때문으로 보아진다. 그리고 이들 개화 후 1차 또는 각 수확기 간 소요일수는 녹두 생리 및 본 포장연구의 특성상 정확한 수행이 곤란하기 때문에 큰 차이가 없으면 유사한 것으로 판단해도 될 것으로 보아진다.

녹두 성숙기에 경장은 Table 3과 같이 파종기가 늦을수록 유의하게 비례해서 길었고 분지수는 파종기간 유효한 차이를 보였으나 일정한 경향을 나타내지 않았으며 협장은 파종기간 차이가 없었다. 따라서 녹두 경장은 생육초기 기온이 높을수록 긴 반면, 분지수는 경장과 달리 토양과 대기의 수분조건 등 기온이 아닌 다른 요인들에 상대적으로 민감한 영향을 받는 것으로 보아진다. 녹두 파종기에 따른 성숙기에 개체당 협수는 Table 5와 같이 6월 하순 파종이 15.3개로 가장 많았고, 7월 중순 파종은 12.5개로 가장 적었으며, 5월 중순과 6월 상순 파종은 비슷하였다. 반면에 성숙기의

협당립수와 1차 수확종실의 천립중은 7월 중순 파종이 각각 13.7개와 57 g으로 기타 파종기에 비해 유의하게 많거나 무거워 개체당 협수 확보가 부족한 문제를 보완할 수 있을 것으로 보아졌다. 즉, Table 4와 같이 성숙시 후 1차 수확기까지의 소요일수가 19일로 가장 긴 7월 중순 파종, 17일인 6월 하순 파종 순으로 1차 수확 종실이 무거운 것으로 보아 성숙기간도 입중에 영향을 미침을 알 수 있었다. 최종 종실 수량은 이와 같은 성숙기와 1차 수확기에 수량구성요소의 영향으로 6월 하순, 7월 중순, 6월 상순 파종 순으로 많았다. 한편 녹두 파종기에 따른 각 수확기별 종실수량 분포는 Table 6과 같이 파종기가 빠를수록 균등하게 분포되는 반면 파종기가 늦을수록 1차 수확기에 집중적으로 분포되는 경향을 보였다. 즉, 6월 하순과 7월 중순 파종은 2회 수확만으로 종실 수량을 전술한 바와 같이 많이 확보되고 노동력 절감뿐만 아니라 만기 파종에 따른 다양한 작부체계 도입이 가능하기 때문에 남부지역에서 가장 적합한 녹두 파종기로 판단된다. 이러한 결과는 1980년대 후반에 실험을 통해 제주지역 녹두 파종적기는 6월 중·하순이라고 판단한 Ko 등 (1992)의 보고와 제주보다 위도가 높은 전남 나주지역에서의 최근에 수행된 본 연구결과를 비교해 볼 때 기상변화에 따른 생태변화에 의한 것으로 보아져 기후변화에 대응한 지역별 파종적기를 재설정할 필요가 있다고 본다.

금성, 어울, 삼강을 공시하여 남부지역에서 파종기에 따

Table 4. Harvesting time of mungbean by seeding time.

| Seeding time | Number of harvest, days required after 1st maturing time | | | | | | | |
|--------------|----------------------------------------------------------|-----|-------------|--------------------|-------------|--------|-------------|--------|
| | 1st harvest | | 2nd harvest | | 3rd harvest | | 4th harvest | |
| | Date | DRM | Date | DRM | Date | DRM | Date | DRM |
| Mid May | Aug. 2 | 11 | Aug. 11 | 20(9) ^z | Aug. 28 | 37(17) | Sep. 24 | 64(27) |
| Early June | Aug. 13 | 9 | Sep. 3 | 30(21) | Sep. 23 | 53(20) | - | - |
| Late June | Sep. 6 | 17 | Sep. 26 | 37(20) | - | - | - | - |
| Mid July | Sep. 26 | 19 | Oct. 13 | 36(17) | - | - | - | - |

DRM is days required after 1st maturing time (Table 3). ()^z is days required after 1st maturing time or just prior to harvesting time.

Table 5. Seed yield and yield components of mungbean by seeding time.

| Seeding time | Pod no. per plant | Seed no. per pod | 1,000-seed weight (g) | Seed yield (ton/ha) |
|--------------|--------------------|------------------|-----------------------|---------------------|
| Mid May | 14.3b [†] | 10.3b | 48c | 1.20c |
| Early June | 14.4b | 11.4b | 50c | 1.49b |
| Late June | 15.3a | 11.1b | 54b | 1.70a |
| Mid July | 12.5c | 13.7a | 57a | 1.52b |

[†]Mean separation within columns by DMRT at 5% level.

른 수확기별 flavonoids 함량 변화를 검토하였다. 그 결과 Table 7과 같이 vitexin과 isovitexin 모두 6월 상순 파종일 때 각각 5.5, 5.3 mg/g으로 가장 낮은 평균함량을, 7월 중순 파종일 때 각각 10.0, 10.4 mg/g으로 가장 높은 평균함량을 보였으며, 특히 2차 수확종실이 가장 높은 flavonoid 함량을 보였다. 그리고 Table 5의 개화 후 또는 각 수확기간 소요 일수를 감안할 경우, 모든 파종기의 1차 수확종실의 vitexin과 isovitexin 함량은 개화 후 수확소요일수에 비례하여 증가한 반면, 2차와 3차 수확종실의 이들 함량은 각 수확기간 소요일수와는 무관하여 녹두 생육기간 기온 등 기타 요인들도 vitexin과 isovitexin 축적에 영향을 미치는 것으로 보아진다. 따라서 flavonoid 중에 녹두에서 가장 많이 분포(Jeong *et al.*, 1998; Kim *et al.*, 2005)하는 vitexin과 isovitexin 축적에 관여하는 요인에 대한 정밀한 해석 연구가 이루어져야 할 것으로 본다. 녹두에서 유사한 연구결과는 없으나 Yun 등(2006)은 파종기 이동에 따른 콩의 isoflavone 함량변화에 관한 연구에서 파종기가 늦을수록, 콩의 개화기에서 성숙기의 기간 및 생육일수가 길어질수록 isoflavone 함량도 높아지는 경향이었고 이는 하대두형, 중국 수집종 및 국내 육성종 모두에서 같은 경향인 것으로 나타났다고 보고하였

다. Yi 등(1997)은 콩의 경우 생육단계에 따라서도 isoflavone 함량 차이가 있다 하였고, Kitamura 등(1991)은 파종기를 달리하여도 isoflavone 함량에 큰 차이를 나타낸다고 보고한 바도 있다. 한편 녹두 파종기별 성숙시에 제5본엽의 무기성분을 분석한 결과, Table 8과 같이 대체로 파종기와 무관하게 각 무기성분의 함량이 일정한 경향이 없게 나타났다. 전질소와 마그네슘 함량은 파종기가 5월 중순일 때, 유효인산은 5월 중순과 6월 하순 파종에, 칼륨과 칼슘은 6월 하순 파종에 각각 가장 높은 함량으로 분포하였다. 그러나 6월 상순에 파종 재배한 녹두 종실의 vitexin과 isovitexin 함량과 성숙시 제5본엽의 전질소 함량이 가장 적은 것으로 나타나 식물체 무기성분, 토양과 대기환경 등이 종실의 flavonoid 축적에 미치는 영향을 구명할 필요가 있다고 본다.

따라서 종실수량 확보, 수확횟수 절감, 종실의 vitexin과 isovitexin 함량 증대 및 재배기간 단축에 따른 다양한 작부체계 수립 가능성 등을 고려하여 본 연구 결과를 종합해볼 때 남부지역에서 녹두 파종적기는 6월 하순에서 7월 중순으로 판단된다.

Table 6. Yield ratio by harvesting times of mungbean by seeding time.

| Seeding time | 1st harvest | 2nd harvest | 3rd harvest | 4th harvest |
|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Mid May | 23.2 | 21.6 | 26.0 | 29.2 |
| Early June | 37.7 | 20.2 | 42.1 | - |
| Late June | 75.7 | 24.3 | - | - |
| Mid July | 55.7 | 44.3 | - | - |

Table 7. Vitexin and isovitexin contents in mungbean seed by seeding time.

| Seeding time | Vitexin (mg/g) | | | | Isovitexin (mg/g) | | | |
|--------------|----------------|-------------|-------------|---------|-------------------|-------------|-------------|---------|
| | 1st harvest | 2nd harvest | 3rd harvest | Average | 1st harvest | 2nd harvest | 3rd harvest | Average |
| Mid May | 5.6 | 8.3 | 6.5 | 6.8 | 5.2 | 8.6 | 6.3 | 6.7 |
| Early June | 5.1 | 6.5 | 5.0 | 5.5 | 5.1 | 6.0 | 4.8 | 5.3 |
| Late June | 7.3 | 8.9 | - | 8.1 | 7.1 | 8.4 | - | 7.8 |
| Mid July | 8.3 | 11.7 | - | 10.0 | 8.8 | 12.0 | - | 10.4 |

Table 8. Mineral contents (%) in the 5th leaves of mungbean by seeding time.

| Seeding time | T-N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | CaO | MgO |
|--------------|------|-------------------------------|------------------|------|------|
| Mid May | 3.15 | 0.49 | 2.47 | 2.18 | 0.69 |
| Early June | 2.44 | 0.36 | 2.86 | 2.14 | 0.63 |
| Late June | 3.02 | 0.49 | 2.90 | 3.61 | 0.56 |
| Mid July | 3.12 | 0.43 | 2.23 | 2.61 | 0.57 |

적 요

본 연구는 남부지역에서 5월 중순부터 7월 중순까지 파종기에 따른 녹두 생육과 수량 변이 및 vitexin과 isovitexin 함량 변화 등을 구명하고자 수행하였다.

1. 파종기가 늦을수록 개화일수, 성숙까지 일수와 재배기간이 짧았다. 반면에 1차 성숙 후 1차 수확까지(소요)일수, 각 수확기 간 소요일수는 길었다.

2. 수량은 1차 수확기 개체당 협수가 15.3개로 많은 6월 하순 파종이 가장 많았고, 표준 파종기 6월 상순보다 14%가 많았다. 반면에 1차 수확기 협당 립수와 천립중은 7월 중순 파종이 가장 높았다.

3. 녹두 파종기별 수확횟수는 6월 하순과 7월 중순 파종이 2회로 가장 적었다.

4. 녹두 종실의 vitexin과 isovitexin 평균 함량은 7월 중순, 6월 하순, 5월 중순 파종 순으로 많았고, 특히 2차 수확 종실에서 이들 함량이 가장 높았다.

5. 이상의 재배기간, 수량, 수확횟수 및 vitexin, isovitexin 함량 등을 감안할 때 남부지역 녹두 파종적기는 6월 하순에서 7월 중순으로 보아진다.

사 사

본 논문은 농촌진흥청 연구비 지원에 의해 수행된 결과의 일부이며 이에 감사드립니다.

인용문헌

김영래, 변종영, 신희석. 1977. 파종기의 차이가 도입된 녹두 품종의 개화 및 수량에 미치는 영향. 충남대 농기연보 4 : 51-60.

농촌진흥청. 2003. 농업과학기술 연구조사 분석기준. pp. 19-341.

Hoeck, J. A., W. R. Fehr, P. A. Murphy, and G. A. Welke. 2000. Influence of genotype and environment on isoflavone contents of soybean. *Crop Sci.* 40 : 48-51.

Jeong, S. J., T. H. Kang, E. B. Ko, and Y. C. Kim. 1998. Flavonoids from the seeds of *Phaseolus radiatus*. *Kor. J. Pharmacogn.* 29(4) : 357-359.

Jung, S. H., G. J. Shin, and C. U. Choi. 1991. Comparison of physicochemical properties of corn, sweet potato, potato, wheat and mungbean starches. *Korean J. Food Sci. Technol.* 23(3) : 272-275.

Kim, D. K., J. B. Kim, S. K. Chon, and Y. S. Lee. 2005. Anti-

oxidant potentials and quantification of flavonoids in mungbean (*Vigna radiata* L.) seeds. *Korean J. Plant Res.* 8(2) : 122-129.

Kim, K. J., K. H. Kim, and Y. H. Kim. 1981a. Comparative studies on growth patterns of pulse crops at different growing seasons. II. Variation in distribution of flowering dates and pod setting ratio of soybean, azuki-bean and mungbean. *Korean J. Crop. Sci.* 26(3) : 243-250.

Kim, S. R. and S. D. Kim. 1996. Studies on soybean isoflavones. *RDA. J. Agri. Sci.* 38 : 155-165.

Kim, Y. S., Y. B. Han, Y. J. Yoo, and J. S. Jo. 1981b. Studies on the composition of Korean mungbean (*Phaseolus aureus*). *Korean J. Food Sci. Technol.* 13(2) : 146-152.

Kitamura, K., K. Ijta, A. Kikuchi, S. Kudou, and K. Okubo. 1991. Low isoflavone content in some early maturing cultivars, so called "summer-type soybeans". *Japan J. Breed.* 41 : 651-654.

Ko, M. S., S. W. Hyon, Y. K. Kang, and C. H. Song. 1992. Effects of seeding dates on growth and yield in mungbean. *Korean J. Crop Sci.* 37(5) : 461-467.

Koh, K. J., D. B. Shin, and Y. C. Lee. 1997. Physicochemical properties of aqueous extracts in small red bean, mungbean and black soybean. *Korean J. Food. Sci. Technol.* 29(5) : 854-859.

Kweon, M. R. and S. Y. Ahn. 1993. Comparison of physicochemical properties of legume starches. *Korean J. Food Sci. Technol.* 25(4) : 334-339.

Lee, S. C., T. G. Lim, D. C. Kim, D. S. Song, and Y. G. Kim. 1997. Varietal differences of major chemical components and fatty acid composition in mungbean. *Korean J. Crop Sci.* 42(1) : 1-6.

Park, H. G. 1980. Seasonal influence on yield, its components and maturity in mungbean (*Vigna radiata*). *Jour. Kor. Soc. Hort. Sci.* 21(2) : 126-134.

Seneviratne, G. I., and J. B. Harborne. 1992. Constitutive flavonoids and induced isoflavonoids as taxonomic markers in the genus *Vigna*. *Biochemical Systematics and Ecology.* 20(5) : 459-467.

Um, S. H., Y. O. Song, and H. S. Cheigh. 1990. Compositions of lipid class and fatty acid in lipids extracted from mungbean starch. *J. Korean Soc. Food Nutr.* 19(1) : 87-93.

Williams, C. A., J. C. Onyilagha, and J. B. Harborne. 1995. Flavonoid profiles in leaves, flowers and stems of forty-nine members of the phaseolinae. *Biochemical Systematics and Ecology.* 26(6) : 655-667.

Yi, M. A., T. W. Kwon, and J. S. Kim. 1997. Changes in isoflavone contents during maturation of soybean seed. *J. Food Sci.* 2(3) : 255-258.

Yun, H. T., W. H. Kim, Y. H. Lee, L. S. Suh, and I. J. Kim. 2006. Isoflavone contents of soybean according to different planting dates. *Korean J. Crop Sci.* 51(s) : 174-178.