열대, 아열대 지역 수집 렌즈콩, 병아리콩, 송이콩 유전자원의 농업형질과 이화학적 특성 비교

최유미 · 이수경 · 이명철 · 오세종 · 허은숙 · 조규택 · 윤문섭 · 현도윤*

농촌진흥청 국립농업과학원

Comparison of Agricultural Traits and Physicochemical Properties of Lentil (*Lens culinaris* Med.), Chickpea (*Cicer arietinum* L.), and Guar (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) Germplasms Collected from Tropical and Subtropical Regions

Yu-Mi Choi, Sukyeung Lee, Myung-Chul Lee, Sejong Oh, Onsook Hur, Gyu Taek Cho, Munsup Yoon, and Do Yoon Hyun*

National Institute of Agricultural Sciences, RDA, Jeonju, 54875, Republic of Korea

Abstract This study was carried out to investigate the utilization value of legume crops collected in tropical and subtropical areas. We examined agronomic traits to assess domestic adaptability and evaluated useful components of foreign legumes. We used a total of 201 genetic resources of three legumes, consisting of 68 lentils, 72 chickpeas and 61 guar. The average number of days to flowering of the three legumes ranged from 56.7 to 60.8 days; the shortest in guar and longest in chickpea. The average number of days to growth of the three legumes ranged from the shortest 86.8 days in lentil, to the longest 163.9 days in guar. The maturation period of the three legumes lasted from the end of May until mid-September, based on sowing in March. However, the average yield of lentil was very low, ranging from 0.5 g to 30.6 g, with an average 16.4 g based on 10 plants per accession. The average 100 seed weight of the three legumes was 2.2 g for lentil, 22.9 g for chickpea, and 3.8 g for guar. The crude protein content ranged from 14.1% to 32.4% with an average of 20.4%, the highest for guar and the lowest for chickpea. The average crude oil content in the three legume crops was generally low, ranging from 0.8% in lentil, to 4.3% in chickpea. The average dietary fiber content in the three legume crops varied from 15.7% to 50.7%. Guar was the highest source of fiber, followed by chickpea (19.3%) and lentil (15.7%). From the agricultural traits analysis, chickpea and guar could grow domestically. However, lentil was difficult to flower and fruit normally during the warmer season after May. Therefore, lentil should be considered for late summer cropping during the cool season. The physicochemical properties of the three legumes seem to be useful as they are similar to, or better than, those of the control common bean.

Keywords Lentil, Chickpea, Guar, Agricultural traits, Protein, Fiber, Oil

Received on October 23, 2018. Revised on October 24, 2018. Accepted on November 8, 2018.

* Corresponding Author (E-mail: dyhyun@korea.kr, Tel: +82-63-238-4912, Fax: +82-63-238-4909)

서 언

두류는 탄수화물, 단백질,식이섬유,비타민,미량원소 등의 복합 영양원이며, 특히 단백질 함량의 범위가 17-40%로 곡물의 7-13%보다 높고, 육류의 18-25%와 유사하여(Tosh et al. 2010, de Almeida et al. 2006), 단백질원으로도 유용한 작물이다. 또한, 인간의 건강에 유익한 생리적 효능이 알려지면서 건강기능성 식품이나 의약품 소재로도 활용되고 있는데 두류가 혈중 콜레스테롤을 낮추고, 혈당과 인슐린 분비를 정상화하는 역할은 식이섬

유에 의한 것으로 알려져 있다(Tosh et al. 2010, Perez-Hidalgo et al. 1997). 식이섬유는 수용성과 불용성으로 나누어지는데, 수용성은 소화관내에 젤 같은 물질을 형성하여 콜레스테롤이 있는 담즙을 체외로 배출시키며, 불용성은 대변의 양을 늘려 변비를 예방하고 과민성 대장증후군과 소화장애를 예방하는 역할을 한다(<http://www.whfoods.com>). 또한 두류가 항균, 항염증, 항알러지 역할을 하는 것은 페놀 함량, 항산화 활성과 연관이 있으며(Amarowicz et al. 2010, Yao et al. 2011, Kawamura 2008), 항산화 활성은 자유 라디칼과 활성산소를 제거하여 퇴행

성 질환을 야기하는 산화 기작을 억제 한다(Marathe et al. 2011). 중국에서는 두과 작물 16종에 대해 식후 고혈당 억제와 관련이 있는 α -glucosidase inhibition 과 멜라닌 생성억제와 관련 있는 tyrosinase inhibition을 조사하였으며 α -glucosidase inhibition 은 팔에서, tyrosinase inhibition은 녹두에서 가장 높다는 결과를 얻은 바 있다(Yao et al. 2011).

렌즈콩(*Lens culinaris* Med.)의 원산지는 아시아 남서부와 지중해 지역으로 후에 라틴아메리카에 전해졌으며(Cokkizgin et al. 2013), 최대 생산지는 캐나다, 인도, 터키, 미국이다(Muehlbauer et al. 1998). 렌즈콩은 세계 5대 장수식품 중 하나로 다른 두류보다 요리시간이 짧아 영양과피가 적으며 소화가 잘 되고, 다른 식품과 조리시 향에 대한 흡수가 빠르고, 영양가치가 높다는 장점을 가지고 있다(Solanki et al. 1999).

병아리콩(*Cicer arietinum* L.)은 두류 중 콩, 땅콩, 강낭콩, 완두 다음으로 중요한 작물로 chickpea, garbanzo bean이라고도 불리며, 건조와 반건조 지역의 주요 두과 작물로 원산지는 터키 동남부와 시리아로 알려져 있다(Desai et al. 2015, Singh 1990). 병아리콩은 2009년 기준으로 전세계 50개국 이상에서 재배되며, 인도에서 전세계 생산량의 66%가 재배되고 있다(Jukanti et al. 2012). 병아리콩 재배종은 Desi (microsperma)와 Kabuli (macrosperma)의 두 가지 형태로 구분되며, Desi형은 꽃색이 분홍색이고, 줄기에 안토시아닌 색소가 있으며, 종피가 두껍고 종피색이 유색인 특징, Kabuli형은 백색 꽃에, 줄기에 안토시아닌 색소가 없고, 백색이나 미색 종피, 양머리 종자형태를 갖는다(Jukanti et al. 2012, Erickson 1992). Desi형이 병아리콩 전체 면적의 80-85%를 차지하며, 주로 아시아, 아프리카에서 재배되고 Kabuli 형은 서아시아, 북아프리카, 남미와 유럽 등지에서 주로 재배되고 있다(Jukanti et al. 2012).

송이콩(*Cyamopsis tetragonoloba* L.)의 원산지는 알려지지 않았으나 인도와 파키스탄에서 수세기 동안 재배되면서 토착화 되었으며, 이들 국가가 세계 총 생산량의 80% 생산국이기도 하다. 송이콩은 식물체, 꼬투리와 종실이 매우 다양하게 활용되고 있는데 식물체는 사료나 녹비 작물로 활용이 되며, 송이콩의 잎은 시금치처럼, 꼬투리는 셀러드나 채소로 이용할 수 있다(<https://en.wikipedia.org/wiki/Guar>). 송이콩 종실은 단백질이 풍부한 배(43-46%)와 큰 다당류로 이루어진 배유(34-40%)로 구성이 되고, 그 중 배유를 구성하고 있는 galactose와 mannose의 다당류 중합체는 수용성으로 물에서 점도 효과를 나타내어(guar gum) 식품뿐만 아니라 각종 산업용도로 활용되고 있다. 식품분야에서는 점도를 향상시키는 용도나 섬유질원의 첨가제로 사용

되며, 치즈의 조직감 향상, 튀김제품의 지방 흡수 감소, 아이스크림 결정체를 작게 하는 용도 등이 그 예이다(<https://en.wikipedia.org/wiki/Guar>).

인구 증가로 인한 식량문제를 해결하기 위해 모든 가능한 식량 자원을 발굴하여야 하며, 농식품 과학자들은 잘 알려지지 않았거나 개발되지 않은 토착식물을 선별하여 식재료의 범위를 넓히고자 시도하고 있다(Ezeagu et al. 2010). 우리나라에서는 콩, 팥, 녹두 등의 두과 작물이 전통적으로 이용되어 왔으나, 최근 건강에 대한 관심과 문화 세계화로 인한 다양한 식생활 패턴으로 외국의 식재료에 대한 관심이 증가하고 있다. 렌즈콩의 수입량은 2013년 366톤에서 2014년 12,196톤으로 33배 급증한 바 있으며, 병아리콩의 수입량도 2013년 308톤에서 2017년 2,485톤으로 8배 급증하였다(<https://unipass.customs.go.kr>).

국립농업유전자원센터에서 보존 중인 기타 두류는 비둘기콩, 잠두, 병아리콩, 제비콩, 송이콩, 렌즈콩 등 40여 작물 2천여 자원이다. 이 중 상당수 작물의 원산지나 재배지가 열대, 아열대 지역이므로 국내적응가능성을 검토하고, 유용성분을 평가함으로써 다양한 두류 자원의 활용가치를 높이고자 하며, 식품 소재의 다양화와 다변화 추세에 맞추어 도입 작물이 활용되기 전 농업적 특성, 영양적 요인 등에 관한 정보를 제공하고자 한다.

재료 및 방법

농업형질

본 연구의 공시재료는 농업유전자원센터에서 보유하고 있는 두류 자원 중 최근 많은 관심을 갖는 작물과 향후 이용가치가 있을 것으로 보이는 렌즈콩, 병아리콩과 송이콩을 대상으로 하였다. 렌즈콩은 총 68자원으로 태국, 네팔 등 19개국에서 수집한 56자원과 수집지 정보가 없는 12자원이 포함되었으며, 병아리콩은 총 72자원으로 네팔 수집 18자원, 우즈베키스탄 등 5개국 수집 15자원과 수집지 미상인 39자원, 송이콩은 인도 수집 54자

Table 1. The information of crop name, number of accessions and collecting countries used this study.

Crop	Collecting countries (no. of acc.)
Lentil (n=68)	Thailand (15), Nepal (14), Bolivia (4), Russia (3), Bulgaria (3), Peru (2), Mexico (2), India (2), other 11 countries (11), Unidentified (12)
Chickpea (n=72)	Nepal (18), Uzbekistan (5), India (5), Mexico (2), Russia (2), Pakistan (1), Unidentified (39)
Guar (n=61)	India (54), Pakistan (1), Australia (3), America (1), British (1), Unidentified (1)

원 등 총 61자원을 공시하였다(Table 1). 공시한 201자원 중 열대지역 수집 112자원, 수집지 미상 52자원을 포함하면 국내 재배 가능여부를 알 수 없는 자원이 80% 이상이었다. 대조품종으로는 강낭콩 품종 신선두(Han 2012)를 공시하였다. 농업형질 평가와 성분평가용 재료확보를 위해 2017년 3월 14일 전주시 완산구에 위치한 온실에 파종하고, 27일간 육묘 후 4월 10일 동일지역의 비닐하우스에 정식하였다. 재식거리는 80×50 cm, 자원당 10개체씩 정식하였다. 작물별 농업형질에 대한 특성조사 항목은 6-7개로 공통 항목은 개화일수, 성숙일수, 꽃색, 생육일수, 종피색과 100립중 6항목이며 나머지 항목은 작물의 고유 특성이 반영된 항목을 포함하였다.

유용성분 평가

2017년 렌즈콩 68, 병아리콩 72, 송이콩 61자원을 공시하여 성분평가용 재료를 확보하기 위해 증식을 수행하였으며, 렌즈콩 28, 병아리콩 72, 송이콩 60자원에 대해 평가용 수량을 확보하였다. 성분평가 항목은 조단백, 조지방, 조섬유와 식이섬유를 대상으로 하였으며, 조단백과 조지방 함량은 수량이 확보된 모든 자원을 평가하였으며 렌즈콩은 재료 불충분으로 20자원에 대해서만 조섬유와 식이섬유를 분석하였다. 성분평가 시 각 자원당 시료를 20 g씩 2반복으로 하였으며, 편차가 $\pm 2\%$ 이상일 경우 1반복을 추가하였다.

조단백 함량은 곱게 마쇄한 분말 0.5 g에 셀레늄 촉매제와 진한 황산(H_2SO_4) 12 ml를 넣고 420℃로 예열된 분해장치에 증류수, 15-20% NaOH, 1% 붕산을 반응시켜 분해시킨 후 자동 분석기(Foss, Kjeltac 8400, Sweden)을 이용하여 분석하였다. 조지방 함량은 곱게 마쇄한 분말 0.5 g을 50℃ 건조기에서 건조 후 시료의 무게를 기록하고 순수 추출컵의 무게를 잰 후 추출컵에 헥산(hexane) 50 ml를 넣어 자동분석기(Foss, Soxtec 2043, Sweden)를 이용하여 분석하였다. 분석이 완료되면 지방이 추출된 컵의 무게에서 순수 컵의 무게를 빼고 시료의 무게로 나누어 준 후 100을 곱하여 조지방 함량을 환산하였다. 조섬유는 사료 공정법(AOAC 1990)에 의하여 분석하였으며, 조섬유 분석용 filter bag에 시료 약 0.7 g을 칭량한 후 밀봉하고 이를 석유에테르에 약 10분간 침지하여 탈지하였다. 조섬유 분석기를 이용하여 filter bag내 조섬유 성분을 제외한 기타 성분을 제거한 후 아세트에 약 10분간 침지하여 색소를 제거하였다. 이를 회화용 크루시블(crucible)에 담아 105℃ 건조기에서 약 2시간 동안 수분을 완전히 제거하고 데시케이터에서 30분간 방냉하였다. 각각의 filter bag 무게를 칭량한 후 전기 회화로를 이용하여 550℃에서 약

2시간 회화하고 데시케이터에서 40분간 방냉 후 회화 후의 무게를 측정하여 조섬유 함량을 환산하였다. 식이섬유 함량의 분석을 위해 Megazyme사의 K-TDFR kit를 이용하여 식이섬유 분석법(AOAC 1990)에 따라 분석하였다. 시료 1 g에 50 ml 0.08 M phosphate buffer (pH 6.0)를 넣고 0.1 mL α -amylase solution을 가한 후 95-100℃에서 15분간 가수분해하였다. 실온에서 냉각 후 10 ml의 0.275N sodium hydroxide solution을 넣고 pH를 7.5로 조정하였다. 그 후 0.1 ml protease를 넣고 60℃ shaking water bath에서 30분간 가수분해하고 실온에서 냉각 후 10 ml 0.325M HCl solution을 넣어 pH를 4.0-4.6이 되도록 조정하였다. 다음으로 0.1 ml amyloglucosidase을 넣고 60℃ shaking water bath에 30분간 가수분해 후 실온에서 냉각하고 가수분해물의 4배량에 해당하는 95% ethanol을 넣고 교반 후 실온에서 하루 동안 방치하였다. 마지막으로 미리 celite를 넣어 항량을 구해놓은 crucible에 여과하여 78% ethanol, 95% ethanol, acetone으로 차례로 세척하고 60℃ 열풍건조기에서 24시간 건조 후 무게를 측정하여 최종 식이섬유 함량을 환산하였다. 두류 작물의 양적 형질을 비교하기 위해 SPSS Statistics (SPSS Inc., IL, USA)를 이용하여 던컨의 다중검정과 상관분석을 수행하였다.

결과 및 고찰

농업형질

국외에서 도입한 두류 작물인 렌즈콩, 병아리콩과 송이콩의 국내 재배 가능성 검토를 위해 농업형질을 평가하고자 수행하였으며 렌즈콩은 수집된 68자원 중 10자원이 미결실, 고사의 원인으로 수확이 이루어지지 않았다. 수확하지 못한 자원은 불가리아 수집 2, 페루, 이탈리아, 모로코, 튀니지, 터키, 우크라이나, 태국 각 1자원과 수집지 미상 1자원이 포함되었다. 렌즈콩의 경우 결실이 이루어졌다 하여도 대부분의 경우 충분한 종자량을 확보하기 어려웠으며, 네팔수집 자원을 제외하면 10개체에서 1,000립 이내로 수확되어 작형을 달리한 접근이 필요할 것으로 보인다(Table 2). 렌즈콩은 일반적으로 서늘한 기후를 좋아하여 봄 파종은 만상 2주전에 하는 것이 좋고(Solanki et al. 1999), 장일식물이지만 중일하에서도 가능하며(Cokkizgin et al. 2013), 식물의 광주기 반응은 온도의 영향도 있으므로(Erickson 1992) 개화시 서늘한 조건이 유지될 수 있는 노지 늦여름 파종을 시도해봐야 할 것이다. 렌즈콩은 주당 수량이 평균 4 g, 3.2-5.2 g 범위로 수량이 높지 않은 것(Solanki et al. 1999)으로 보이나 본 결과에서 얻은 수량은 그보다 낮은 수준이었다. 병아리콩은 72자원 모두

수확이 가능하였으며, 멕시코 수집 자원의 100립중이 60 g 이상의 대립이었으며 이는 지중해 자원이 중남미로 이동했을 것으로 보인다(Singh 1997). 병아리콩은 양적 장일식물로 장일 하에서 개화에 소요되는 시간이 줄어든다고 하였으며(Singh 1990) 병아리콩의 국내 재배시 기온과 일장으로 인한 문제는 없을 것으로 보였다. 송이콩은 인도에서 수집된 자원이 다수였으며 인도 수집 자원을 포함한 모든 공시자원의 수확이 가능하였다. 송이콩은 감광성으로 겨울이나 추운 시기에는 재배가 어렵지만 인도의 남부지방에서는 연중 재배가 가능하므로(Manivannan et al. 2015) 추운 시기만 피하면 국내 재배는 무난할 것으로 보인다. 두류는 일반적으로 100립중 변이가 크다고 알려졌으나 송이콩의 100립중 변이는 3.2-5 g으로 매우 작았으며, 중국에서는 방대한 두류 작물을 재배시기에 따라 시원한 시기, 온난한 시기, 따뜻한 시기의 세 그룹으로 나누었으며, 시원한 시기에 재배가능한 작물을 잠두, 완두, 병아리콩, 렌즈콩, 폴완두, 루핀으로 분류하고 남부지방은 가을에, 북부지방은 봄에 파종하는 것으로 구분하였다. 또한 온난한 시기에는 강낭콩, 리마콩, 제비콩을 늦봄에 파종하는 작물로, 따뜻한 시기에는 녹두, 팥, 동부, 예팥, 검은녹두,

비둘기콩, 날개콩, 송이콩, 작두콩, 잭빈 등을 여름에 파종하는 그룹으로 분류하였다(Li et al. 2017). 본 연구 결과에서 열대, 아열대 지역에서 수집한 병아리콩과 송이콩의 국내 재배시 기후 조건과 생육환경으로 인한 개화, 결실에는 문제가 없었으며, 수량을 향상시키기 위한 재배법 개발이 필요할 것으로 보인다. 다만, 렌즈콩의 경우 기온이 상승하기 시작하는 5월부터 식물체가 마르면서 개화가 불량해지는 증상을 보여 결실이 이루어져도 수량 확보에 어려움이 있었다. 식물의 광주기 반응은 온도에 따라 달라질 수 있으며 강낭콩의 경우 고온이 개화를 지연시킨다고 하였다(Erickson 1992). 렌즈콩의 생육불량이 개화기 고온으로 인한 문제라면 생육기간이 100일 내외로 길지 않으므로 추후 8월 중 하순에 파종하여 가을에 수확하는 작형을 시도해 볼 필요가 있을 것으로 보인다.

각 두류의 개화일수, 성숙일수와 생육일수 조사결과 작물별 개화일수는 평균 56.7일에서 60.8일 범위였으며, 송이콩의 개화일수가 가장 짧고, 병아리콩의 개화일수가 가장 길었으나 작물간에 큰 차이는 없었다(Table 3). 렌즈콩의 개화일수 변이가 48-83일 범위로 가장 컸으며, 송이콩은 일시에 개화하는 경향이었으나

Table 2. Multiplied status of lentil, chickpea and guar germplasm by collecting country.

Crop	Collecting country	No. of acc.	Fruitless (Wither)	100 seed weight ^z (g)	Aver. yield (g/accession)
Lentil	Bulgaria	3	(2)	-	2.2
	Bolivia	4	-	5.1±0.3 a ^y	7.8
	Nepal	14	-	1.9±0.1 c	30.6
	Thailand	15	1	1.9±0.2 c	13.6
	Russia	3	-	-	0.5
	India etc.	17	3(3)	2.4±0.5 b	20.1
	Unkonwn ^x	12	1	2.1±0.4	7.3
Total	19	68	5(5)	2.2±0.8	16.4
Chickpea	India	5	-	30.9±9.5 b	477
	Nepal	18	-	14.4±9.4 c	459
	Russia etc.	5	-	54.4±19.8 a	602
	Uzbekistan	5	-	29.5±8.5 b	940
	Unkonwn	39	-	20.8±7.1	434
Total	7	72	-	22.9±13.3	490
Guar	Australia	3	-	3.8±0.4 ns	544
	India	54	-	3.8±0.4	282
	Pakistan etc.	3	-	3.6±0.2	426
	Unkonwn	1	-	4.0±0.0	516
Total	5	61	-	3.8±0.3	306

^zControl variety "Sinseondu" 100 seed weight : 60.0 g.

^yMean separation within columns by Duncan's multiple range test, $p<0.05$; ns, not Significant.

^xStatistical analysis was not included if the collecting site was unknown.

Table 3. Statistics for days to flowering, days to maturity and days to growth in lentil, chickpea and guar germplasm.

Crop ^z	Days to flowering		Days to maturity		Days to growth	
	Range	Mean	Range	Mean	Range	Mean
Lentil	48-83	60.3±10.7a ^y	19-37	26.1±8.7c	76-97	86.8±5.7c
Chickpea	44-73	60.8±7.5a	35-66	47.6±7.1b	101-108	108.4±4.3b
Guar	55-65	56.7±2.6b	81-133	107.3±12.7a	146-190	163.9±13.2a

^zControl variety “Sinseondu”: days to flowering 54days, days to maturity 44, days to growth 99.^yMean separation within columns by Duncan’s multiple range test, $p<0.05$; ns, not Significant.**Table 4.** Frequency distribution of seed coat color in lentil, chickpea and guar germplasm.

Crop ^z	Milky	Light green	Green	Brown	Black	Pink	Yellow	Gray	Segregation
Lentil (n=52)		3	19	4	1	2	2	-	21
Chickpea (n=72)	5	-	-	32	5	-	30	-	
Guar (n=60)		-	-	-	-	-	-	4	56

^zControl variety “Sinseondu” : white background pink pattern.**Table 5.** Frequency distribution of 100 seed weight in lentil, chickpea and guar germplasm.

Crop ^z	Mean (g)	Range (g)
Lentil (n=42)	2.2±0.9b ^y	1.8-5.3
Chickpea Desi (n=31)	14.0±7.0	7.4-41.0
(n=72) Intermediate (n=6)	28.3±2.4	23.5-30.7
Kabuli (n=35)	29.8±14.0	7.8-74.6
Aver.	22.9±13.4a	7.4-74.6
Guar (n=61)	3.8±0.3c	3.2-5.0

^zControl variety “Sinseondu” 100 seed weight : 60.0 g.^yMean separation within columns by Duncan’s multiple range test, $p<0.05$; ns, not Significant.

주경의 마디마다 꽃이 피면서(Fig. 1) 식물체의 생장과 더불어 지속적으로 개화하는 특성을 나타냈다. 작물별 성숙일수는 개화일수와는 달리 작물간 변이가 컸으며 렌즈콩의 성숙일수 평균이 26.1일로 가장 짧고, 병아리콩은 47.6일, 송이콩은 107.3일로 가장 길었으며 전체 성숙일수 범위도 19-133일로 큰 것으로 조사되었다(Table 3). 작물별 생육일수의 평균은 렌즈콩이 86.8일로 가장 짧았으며 병아리콩은 108.4일로 비교적 짧으며 변이도 101일에서 108일로 작았다. 송이콩의 생육일수 평균은 163.9일로 가장 길었으나 국내 재배 시 문제는 없었다. 송이콩의 생육일수는 성숙일수의 장단에 달려있지만 파종기를 늦추어 전반적인 개화일수를 줄이는 방법도 검토하여야 할 것이다. 렌즈콩은 작기가 짧다는 장점을 가지나 생육이 원활하지 않아 노지 여름 재배와 같은 작형과 재배법 개발이 필요하며, 병아리콩은 작기가 비교적

짧고 생육이 왕성하여 단경기 재배가 가능할 것으로 보인다. 3월 파종을 기준으로 렌즈콩의 성숙은 6월 중순 이전, 병아리콩은 7월 초순에 대부분 이루어졌으며, 송이콩의 성숙은 8월 초에 시작하여 9월 중순까지 계속되었다. 질적 형질인 꽃색은 렌즈콩의 경우 흰색과 자주색으로 구분되었으며 자주색의 비율이 2배 가량 많았다. 병아리콩은 백색과 분홍색이 비슷한 비율이었으며, 송이콩은 한 자원만 백색이고 모두 분홍색이었다(Fig. 2). 두류의 중요한 질적 형질 중 하나인 종피색의 특성은 Table 4과 같았다. 렌즈콩의 종피색은 녹색 19자원을 제외하고 종피색이 갈색, 녹색, 흑색 등 여러 색이 섞인 자원이 대부분이었다(Table 4). 병아리콩은 황색과 갈색이 각각 32, 30자원으로 유사한 비율이었고 흑색도 5자원 조사되었다. 송이콩은 한가지 색상을 띄는 경우는 드물었으며 회색, 황색, 황록색과 흑색 등의 종피색을 가진 종자가 섞여있는 양상이었다. 두류에서는 100립중이 중요한 특성 중 하나로 변이가 크며 그에 따라 용도가 결정되기도 하는데(Kwon et al. 1972, Kim et al. 1993) 본 연구에 사용된 100립중 평균은 렌즈콩 2.2 g, 송이콩 3.8 g, 병아리콩 22.9 g 이었다(Table 5). 렌즈콩은 Chilean (macrosperma) 과 Persian (microsperma) 의 두 가지 형태로 구분되며 본 결과에서도 100립중 범위가 1.8-5.3g 으로 변이가 컸다. 전자는 지중해에서 주로 발견되고, 종자가 6-9 mm로 큰 편이며, 자엽이 노란색이고 꽃과 생장 조직에 색소가 없는 것으로 알려졌다. 후자는 주로 인도 반도에서 발견되며, 종자가 2-6 mm로 작고 자엽색이 적색이거나, 주황 또는 황색이며, 험, 잎과 소엽들이 작은 것으로 보고되었다(Muehlbauer et al. 1998, Bhatta 1988). 렌즈콩 19개 품종의 100립중 평균은

Fig. 1. Growing pictures of lentil (left), chickpea (mid) and guar germplasm.

²No. of accession

Fig. 2. Frequency distribution of flower color in lentil, chickpea and guar germplasm.

Fig. 3. Seed images of lentil, chickpea and guar germplasm.

2.2 g, 범위가 1.5-3.1 g 이라고 한 연구(Solanki et al. 1999)와 평균은 유사하였으나 범위는 넓은 것으로 조사되었다. 병아리콩은 소립형인 Desi형과 대립형인 Kabuli형으로 구분 되는 특성(Fig. 3)이 있어 100립중 변이도 컸으며, 최소 7.4 g에서 최대 74.6 g 이었다(Table 5). 송이콩의 100립중은 자원간 차이 없이 비교적 균일하였다.

렌즈콩의 자엽색은 황색과 주황색 또는 적색으로 나누어지며 본 시험에서는 주황색 또는 적색 자엽이 황색 자엽보다 두 배 이상 많았다. 병아리콩 재배종은 꽃색, 종피색, 종자형태 등에 따라 Desi (microsperma), Kabuli (macrosperma)와 중간형으로 구분되며, 소립형, 분홍 꽃색, 흑색 또는 갈색 종피색 특성과 각진 종자형태(angular)의 Desi형이 31자원, 대립형, 백색 꽃색, 황색 또는 황백색 종피, 양머리 모양 종자형태(ram's head)인 Kabuli형이 35자원, 완두형 종자형태(pea-shaped)를 한 중간형이 6자원으로 조사되었다(Table 5).

유용성분

두류 작물은 단백질이 풍부하여 영양공급원으로서 수요가 많으며, 제 6의 영양소라고 일컬어지는 섬유질이 풍부하여 건강 식품으로도 활용이 되고 있다. 공시한 두류의 주요 영양성분인 조단백, 조지방과 기능성분인 조섬유, 식이섬유 함량을 평가하였으며 결과는 Table 6과 같다. 작물별 조단백의 평균 함량은 최소 17.3%에서 26.4% 범위였으며 특히, 송이콩의 조단백 함량은 평균 26.4%, 20.3%-32.4%(IT208156) 범위로 가장 높았다. 렌즈콩의 조단백 함량은 평균 22.0%, 17.9-29.1%(IT208088) 범위로 송이콩 다음으로 높았다(Table 6). 공시한 두류의 작물별 조지방 함량 평균은 최저 0.8%에서 최고 4.3%로 낮은 편이었으며, 렌즈콩이 가장 낮고, 병아리콩이 가장 높았다(Table 6). 작물별 조섬유

함량의 평균은 4.3-9.5%로, 송이콩(9.5%), 병아리콩(6.2%), 렌즈콩(4.3%) 순이었다. 송이콩의 조섬유 함량은 전체적으로 높았으나(7.3-10.5%), 병아리콩의 조섬유 함량은 변이가 크며(2.2-13.4%), 10% 이상 고함유 자원(IT136415 등 16자원)이 많았다. 이는 병아리콩의 100립중 변이와 관련이 있으며 소립형인 Desi형이 대립형인 Kabuli형에 비해 종피가 두꺼워(Jukanti et al. 2012) 조섬유 함량이 상대적으로 높기 때문으로 보인다. 대조품종으로 사용한 강낭콩 품종 신선두의 조단백은 19.7%이며, 조지방 함량은 1.0%, 조섬유 함량은 4.0%로 성분 함량의 평균으로 보았을 때 렌즈콩과 유사하였다. 강낭콩, 병아리콩, 렌즈콩의 조단백 함량은 각 20.8%, 18.5%, 20.6%, 조지방 함량은 2.5%, 6.7%, 2.2%, 조섬유는 8.6%, 9.9%, 6.8% 라고 한 결과(de Almeida et al. 2006)와 비교하여 본 결과의 조단백 함량은 유사하고 조지방과 조섬유 함량은 낮아 차이를 보였다. 또한, 렌즈콩의 단백질 함량 27.9-32.1%, 조섬유 2.0-4.4%, 조지방 0.7-3.8% 라고 제시한 논문(Bhatty 1988)보다는 조단백, 조지방 함량이 낮고, 조섬유 함량은 높았다. 병아리콩, 렌즈콩 등 두류 종실을 동결 건조하여 익힌 상태와 날 분말 상태를 비교, 분석한 연구에서 대체로 조단백, 조지방은 익혔을 때 함량이 높았으며, 조섬유는 익힌 재료에서 함량이 낮다고 하였다(de Almeida et al. 2006). 병아리콩 식이섬유 함량을 날 것, 찹지, 삶음, 튀김 네 개의 조건으로 나누어 비교한 결과에서는 삶음(25.1%), 찹지(17.9%), 날 것(16.8%), 튀김(13.2%)의 순으로 조사되어(Perez-Hidalgo et al. 1997) 조섬유와는 다른 경향이었다. 콩의 가공품별 식이섬유 비교에서는 생콩(25.4%)을 기준으로 나뭇(65.6%)가 가장 높고, 두부(20.1%)와 콩 가루(24.3%)는 유사하며, 유부와 분리단백질은 1-2%로 매우 낮다고(Kim et al. 2002) 하여 가공방법에 따라 성분함량이 달라진다는 사실을 알 수 있었다. 두류는 일반적으로

Table 6. Statistics of component contents on crude protein, crude oil, crude fiber and dietary fiber in lentil, chickpea and guar germplasm.

Component		Crude protein (%)	Crude oil (%)	Crude fiber (%)	Dietary fiber (%)
Lentil	Mean	22.0±2.4b ^y	0.8±0.2c	4.3±0.2c	15.7±2.9c
	Range	17.9-29.1	0.3-1.3	3.9-4.5	11.6-22.6
Chickpea	Mean	17.3±2.2c	4.3±0.9a	6.2±3.7b	19.3±5.2b
	Range	14.1-22.9	2.5-6.4	2.2-13.4	9.5-30.6
Guar	Mean	26.4±2.1a	2.2±0.3b	9.5±0.5a	50.7±2.4a
	Range	20.3-32.4	1.6-3.1	7.3-10.5	44.2-56.3
Mean		20.6±4.7	2.4±1.6	6.7±3.0	27.9±15.7

^zControl variety "Sinseondu" protein 19.7%, oil 1.0%, crude fiber 4.0% dietary fiber 18.7%.

^yMean separation within columns by Duncan's multiple range test, $p < 0.05$; ns, not significant.

익히거나 가공되어 이용되므로 가공 후 성분함량의 변화에 관한 연구도 중요한 의미가 있을 것으로 보인다.

식이섬유는 건강식품의 성분으로 인식이 되고 있으며, 혈중 콜레스테롤 감소, 당뇨병, 비만, 심장질환, 대장암, 직장암과 같은 질병에 유익한 것으로 알려지면서 함량이 높은 식품에 대한 소비자들의 관심과 소비가 증가하고 있다(Khan et al. 2007). 두류의 식이섬유 분석 결과 함량이 높은 경향이었으며, 그 중에서도 송이콩은 평균 50.7%, 44.2%~56.3%(IT208112)범위로 최근 부각되고 있는 렌즈콩의 식이섬유 평균 함량 15.7%보다 세 배 이상 높았다. 송이콩의 식이섬유는 월등히 높으므로 가공제품의 섬유질원이나 기능성 식품 등으로 활용하면 좋을 것으로 보인다. 병아리콩의 총 식이섬유 범위는 9.5%~30.6%, 평균 19.3%로 송이콩 다음으로 높았으며, 총 식이섬유 함량 변이도 컸다. 식이섬유 함량의 변이가 큰 것은 병아리콩의 100립중 변이가 큰 것과 관련이 있으며, 100립중과 상관관계에 있는 모든 성분의 변이도 클 것으로 생각된다(Table 7). 병아리콩 자원 중 식이섬유 함량이 25% 이상이며 조단백 함량이 평균(17.3%) 이상인 5자원(IT136418, IT136419, IT164869, IT200158, IT208368)은 기능성 식품으로 활용하여도 좋을 것이다. 병아리콩, 동부, 송이콩, 렌즈콩, 비둘기콩 등 두류 7작물의 총 식이섬유 함량과 수용성,

불용성 식이섬유 각각에 대한 함량을 분석한 결과 총 식이섬유 함량은 렌즈콩 11.5%, 병아리콩 22.7%, 비둘기콩 15.5%, 송이콩 33.2%로(Khan et al. 2007) 본 연구보다 송이콩과 렌즈콩의 총 식이섬유 함량은 낮고 병아리콩은 높았다. 모든 작물에서 불용성 식이섬유 함량이 높았고, 수용성 식이섬유 함량은 렌즈콩 2.0%, 비둘기콩 3.2%, 병아리콩 5.5%, 송이콩 12.5%로 송이콩과 병아리콩에서 다른 작물에 비해 높았다. 렌즈콩, 병아리콩, 강낭콩의 총 식이섬유 함량을 비교한 연구(Perez-Hidalgo et al. 1997)에서는 렌즈콩 19.2%, 병아리콩 17.6%, 강낭콩 26.3%로 본 결과보다 렌즈콩과 강낭콩의 함량이 높아 차이를 보였다. 본 연구에서 대조품종으로 사용한 강낭콩 품종 신선두의 식이섬유 함량은 18.7%로 병아리콩의 결과와 유사하였다.

5개의 두류 양적 형질 특성을 이용하여 상관 분석한 결과 렌즈콩에서는 100립중과 생육일수, 조지방 간에는 정의 상관성이 있으며 조단백과 조섬유 간에는 부의 상관을 보였다(Table 7). 병아리콩에서는 앞서 말한 100립중 변이와 특성에 따라 100립중과 생육일수, 조지방 간에 정의 상관성이 있으며 100립중과 조섬유, 식이섬유 간에는 높은 부의 상관을 나타내었다. 조단백과 조섬유, 식이섬유, 조지방과 조섬유, 식이섬유 간에는 고도의 부의 상관을 나타내었다(Table 7). 송이콩에서는 100립중과 조단백 간에

Table 7. Correlation coefficient among quantitative traits in lentil.

Crop	Days to growth	100 seed weight	Crude protein	Crude oil	Crude fiber
<i>Lentil</i>					
100 seed weight	0.431** ^z				
Crude protein	0.360**	0.185			
Crude oil	0.194	0.258**	0.194		
Crude fiber	0.000	-0.367**	-0.301**	0.078	
Dietary fiber	-0.062	-0.248**	-0.062	-0.108	0.475**
<i>Chickpea</i>					
100 seed weight	0.350**				
Crude protein	0.123	0.079			
Crude oil	0.307**	0.604**	0.307**		
Crude fiber	-0.592**	-0.658**	-0.592**	-0.637**	
Dietary fiber	-0.561**	-0.675**	-0.561**	-0.634**	0.940**
<i>Guar</i>					
100 seed weight	0.066				
Crude protein	-0.085	0.271**			
Crude oil	-0.173	-0.037	0.093		
Crude fiber	0.092	-0.365**	-0.141	-0.181	
Dietary fiber	0.235**	-0.235**	-0.140	-0.326**	-0.013

^z** indicates significant at $p=0.01$.

정의 상관이 있었으며, 병아리콩, 렌즈콩과는 달리 조섬유와 식이섬유 간에는 상관을 보이지 않았다(Table 7).

적 요

본 연구는 열대, 아열대 지역에서 수집된 다양한 두류 작물의 국내적응성을 검토하기 위하여 농업형질을 조사하고, 유용성분을 평가하여 정보를 제공함으로써 자원의 활용가치를 높이고자 수행하였다. 시험에는 렌즈콩 68, 병아리콩 72, 송이콩 61자원, 총 3작물 201자원을 공시하였다. 작물별 개화일수 평균은 56.7일에서 60.8일로 큰 차이를 보이지 않았으나, 작물별 성숙일수 평균은 26.1일(렌즈콩)에서 107.3일(송이콩)로 변이가 매우 컸다. 작물별 생육일수의 평균은 렌즈콩이 86.8일로 가장 짧고, 병아리콩 108.4일, 송이콩이 163.9일로 가장 길었다. 열대, 아열대 수집 두류 중 병아리콩과 송이콩은 정상적인 개화, 결실로 국내재배가 가능하였으나, 송이콩의 생육일수를 줄일 수 있는 작형개발이 필요하며, 렌즈콩은 5월 이후 기온 상승으로 인해 정상적인 개화, 결실에 어려움이 있어 늦여름 작형을 고려해봐야 할 것으로 보인다. 작물별 100립중의 평균과 범위는 렌즈콩 2.2 g, 1.8-5.3 g, 병아리콩 22.9 g, 7.4-74.6 g, 송이콩 3.8 g, 3.2-5.0 g이었다. 두과 작물은 단백질과 섬유질이 풍부한 것으로 알려졌으며 본 결과의 작물별 조단백 함량 평균은 17.3-26.4%, 조섬유 함량 평균은 4.3-9.5%로 조단백, 조섬유 모두 송이콩의 평균 함량이 가장 높았다. 작물별 식이섬유 함량 평균은 15.7-50.7%로 렌즈콩, 병아리콩은 대조품종인 신선두와 유사한 수준이었으나 송이콩은 월등히 높아(평균 50.7%, 최고 56.3%, IT208112) 식이섬유 고함유 작물로서 활용가치가 있을 것으로 보인다. 렌즈콩, 병아리콩, 송이콩 모두 100립중과 조섬유, 식이섬유 함량간에 높은 부의 상관을 보였으며, 병아리콩의 100립중 변이가 큼에 따라 상관관계가 있는 모든 성분 함량의 변이도 컸다. 전통적으로 활용하고 있는 작물인 강낭콩의 성분 함량과 비교한 결과 평균 조단백 함량은 송이콩과 렌즈콩에서, 조지방, 조섬유 함량은 송이콩과 병아리콩에서 식이섬유 함량은 송이콩에서 우수하였다. 송이콩은 조단백, 조섬유, 식이섬유 함량이 다른 두류 작물보다 월등히 우수한 것으로 나타나 가공용, 기능성용, 산업용 등 용도를 발굴하여 활용할 가치가 있을 것으로 보인다.

사 사

본 연구는 농촌진흥청 농업과학기술연구 개발사업(과제번호:

PJ01247803)의 지원에 의해 이루어졌습니다.

REFERENCES

1. AOAC. 1990. Official methods of analysis of the AOAC 15th edition. Association of Official Analytical Chemists.
2. de Almeida CGE, da Silva QMK, Reis SMPM, de Oliveira AC. 2006. Chemical composition, dietary fibre and resistant starch contents of raw and cooked pea, common bean, chickpea and lentil legumes. Food Chem 94: 327-330.
3. Amarowicz R, Estrella I, Hernandez T, Robredo S, Troszynska A, Kosinska A, Pegg RB. 2010. Free radical-scavenging capacity, antioxidant activity, and phenolic composition of green lentil (*Lens culinaris*). Food Chem 121: 705-711.
4. Bhaty RS. 1988. Composition and quality of lentil (*Lens culinaris* Medik): A review. Can Inst Food Sci Technol J 21: 144-160.
5. Cokkizgin A, Shtaya MJY. 2013. Lentil: Origin, cultivation techniques, utilization and advances in transformation. Agric Sci 1: 55-62.
6. Desai K, Tank CJ, Cami RA, Patel AM, Chauhan RM. 2015. Genetic variability in indigenous collection of chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes for seed yield and quality traits. An Intl Quart J Environ Sci 9: 59-62.
7. Erickson. HT. 1992. Inheritance of growth habit and qualitative flowering response in lima beans (*Phaseolus lunatus* L.). Hortsci 27: 156-158.
8. Ezeagu IE, Ibegbu MD. 2010. Biochemical composition and nutritional potential of UKPA: A variety of tropical lima beans (*Phaseolus lunatus*) from Nigeria-Ashort report. Polish J Food Nutr Sci 60: 231-235.
9. Han YH. 2012. Gyeonggi Agricultural Research & Extension Service. Annual Report. pp 52-56.
10. Jukanti AK, Gaur PM, Gowda CLL, Chibbar RN. 2012. Nutritional quality and health benefits of chickpea (*Cicer arietinum* L.): a review. British J Nutr 108: S11-S26.
11. Kawamura Y. 2008. Guar gum, Chemical and Technical Assessment. 69th Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. pp. 1-4.
12. Khan AR, Alam S, Ali S, Bibi S, Khalil IA. 2007. Dietary fiber profile of food legumes. Sarhad J Agric 23: 763-766.
13. Kim CH, Park JS, Sohn HS, Chung CW. 2002. Determination of isoflavone, total saponin, dietary fiber, soy oligosaccharides and lecithins from commercial soy

- products based on the one serving size-some bioactive compounds from commercialized soy products. *Kor J Food Sci Technol* 34: 96-102.
14. Kim SD, Kim YH, Hong EH, Park EH. 1993. Seed characteristics of black soybean collections in Korea. *Korean J Crop Sci* 35: 437-441.
15. Kwon SH, IM KH, Kim JR. 1972. Studies on diversity of seed weight in the Korean soybean land races and wild soybean. *Korean J Breed Sci* 4: 70-74.
16. Li L, Yang T, Liu R, Redden B, Maalouf F, Zong X. 2017. Food legume production in China. *The Crop J* 5: 115-126.
17. Marathe SA, Rajalakshmi V, Jamdar SN, Sharma A. 2011. Comparative study on antioxidant activity of different varieties of commonly consumed legumes in India. *Food Chem Toxicol* 49: 2005-2012.
18. Muehlbauer FJ, Summerfield RJ, Kaiser WJ, Clement SL, Boerboom CM, Welsh-Maddux MM. 1998. Principles and practices of lentil production. United States Department of Agriculture. Agricultural Research Services.
19. Manivannan A, Anandakumar CR, Ushakumari R, Dahiya GS. 2015. Genetic diversity of guar genotypes (*Cyamopsis tetragonoloba* L. Taub.) based on agro-morphological traits. *Bangladesh J Bot* 44: 59-65.
20. Perez-Hidalgo M, Guerra-Hernandez E, Garcia-Villanova B. 1997. Dietary fiber in three raw legumes and processing effect on chick peas by an enzymatic-gravimetric method. *J Food Compos Anal* 10: 66-72.
21. Singh KB. 1990. Prospects of developing new genetic material and breeding methodologies for chickpea improvement. pp. 43-50. In Saxena MC, Cubero JI, Wery J. (Eds.) Present status and future prospects of chickpea crop production and improvement in the Mediterranean countries. CIHEAM, Zaragoza, Spain.
22. Singh KB. 1997. Chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Field Crop Res* 53: 161-170.
23. Solanki IS, Kapoor AC, Singh U. 1999. Nutritional parameters and yield evaluation of newly developed genotypes of lentil (*Lens culinaris* Medik.). *Plant Food Hum Nutr* 54: 79-87.
24. Yao Y, Cheng X, Wang L, Wang S, Ren G. 2011. Biological potential of sixteen legumes in China. *Intl J Mol Sci* 12: 7048-7058.
25. Tosh SM, Yada S. 2010. Dietary fibres in pulse seeds and fractions: Characterization, functional attributes, and applications. *Food Research Intl* 43: 450-460.