

## 종토접종이 대두 근류 형성과 생육 및 수량에 미치는 영향\*

장 재 훈\*\* · 손 상 목\*\*\*

### Effects of Soil Inoculation on the Nodule Formation, Growth and Yield of Soybean (*Glycine max* L. Merrill)

Jang, Jae Hoon · Sohn, Sang Mok

The crop rotation is very important in the organic agriculture and the soybean crop should be included in the rotation. Even though the inoculation of the root can be performed by the soil inoculation in the soybean crop, the effect of the soil inoculation should be proved in the organic soil. For the research of the effects in the formation of the nodule of soybeans, the growth and the quantity through the inoculation into the soil, the field experiment was conducted in 2006 at Ipjang Experimental Farm of Dankook University. The number of nodule in the testing varieties of the inoculated soil plot was 1.4~2 times larger than those in the non-inoculated soil plot. The number of nodule was decreased in the non-inoculated soil plot after R2 stage, but it was increased in the inoculated before R4 stage and it was decreased after then. The periodical change of weight of the nodule was shown as same as the number of nodule. The dry weight of inoculated was increased than non-inoculated in Daewonkong, but it was decreased than non-inoculated in Shinpaldalkong2 and SS2-2. The amount of chlorophyll of the inoculated soil plot was more than the non-inoculated soil plot by 9% in Daewonkong, but the inoculated soil plot was less than the non-inoculated soil plot by 13%, 33% each in Shinpaldalkong2 and SS2-2. The number of pods, the number of grains and the weight of grains in the yield characteristics of the inoculated soil plot were more than in the non-inoculated soil plot in Daewonkong, but the number of pods, grains and the weight of grains in the yield result in the inoculated soil plot was less than in the non-inoculated soil plot in Shinpaldalkong2 and SS2-2. The mean yield(per 10a) of Daewonkong was increased 11% in

---

\* 이 연구는 2006년도 단국대학교 대학연구비 지원으로 연구되었음.

\*\* 대표저자, 단국대학교 유기농업연구소

\*\*\* 교신저자, 단국대학교 유기농업연구소 소장(smsohn@dankook.ac.kr)

the inoculated soil plot, but the mean yeil(per 10a) of Shinpaldalkong2 was decreased 4% and SS2-2 was also decreased 23%.

Key words : *soybean, nodule, N-fixation, inoculation*

## I. 서 언

대두(*Glycine max* L. Merrill)는 재배시 대두가 흡수하는 질소성분의 1/3~2/3에 해당하는 양을 뿌리혹박테리아가 고정 및 공급함으로써, 대두를 재배한 토양의 질산태질소 증가 및 토양비옥도 유지·증진 효과가 있다.

전 세계적으로 농업선진국들 간에는 환경친화형 농업의 중요성이 부각되고 있는 시점에서 전작물 특히, 두과 작물의 생물학적 질소고정 능력을 이용한 지력향상 및 지속적 농업 생산에 대한 연구의 필요성이 재조명되고 있다(Alves *et al.*, 2003; Bhatia *et al.*, 2001; Jesnsen *et al.*, 2003).

유기농업에서는 지력향상책으로 두과작물, 녹비작물 재배를 요구하고 있으며 IFOAM 기본규약, EC 유기농업규정, FAO/WHO 유기식품규격에서는 이를 엄격히 규정하고 있다. 그러나 우리나라 유기농업에서는 유기질비료의 시용이라는 단 한가지의 방법에 의존해 지력을 향상시키려 해왔다(손, 2007).

현재 우리나라도 농업전반에 화학비료 과다 시용에 의한 지하수 및 수질오염 등의 환경 문제가 대두되고 있다. 따라서 콩을 포함한 작부체계에서 두과작물의 생물학적 질소고정 능력을 이용한 후작물의 질소시비 절감효과와 이를 통한 토양보전 등 친환경 유기농업에 대한 연구가 절실히 필요한 시점이다.

고에너지가 투입되어야 하는 산업적 질소고정과 달리 생물학적 질소고정은 공생박테리아가 뿌리혹(nodule)을 형성하여 대기 중의 질소(N<sub>2</sub>)를 고정하여 공급함으로써 두과작물 재배는 유기농업 생산시스템에 친환경적으로 질소를 공급할 수 있는 방법으로 주목을 받고 있다.

인위적 외부자원의 투입을 최소화해야 하는 유기농업현장에서는 대두 재배시 뿌리혹 형성이 식물체 발아 초기부터 왕성하게 이루어져 질소고정능력을 높일 수 있도록 전년도에 동일한 대두를 재배한 토양을 종자에 처리하는 토양접종 필요성이 제기되고 있다.

따라서 본 실험은 일반 다수확 대두품종과 초다 근류형성 계통 대두품종에서 토양의 근류균 접종이 대두의 근류형성과 생육 및 수량에 미치는 영향을 파악하여 유기농업 윤작작부체계의 필수 작물인 두과작물 재배효과에 대한 기초자료로 활용하고자 하였다.

## II. 연구사

대기 중의 질소(N<sub>2</sub>)는 계속 사용할 수 있는 자원이기 때문에, 농업시스템에서 생물학적 질소고정은 작물재배에서 질소(N<sub>2</sub>)의 지속적인 공급원이 된다(Bohool *et al.*, 1992). 지구 육상의 생물학적 질소고정(BNF : Biological N<sub>2</sub> Fixation)량은 연간 1~2.9억톤이며(Cleveland *et al.*, 1999), 이중 농업 작물들에 의해 고정되는 양은 4~4.8천만톤에 해당(Galloway *et al.*, 1995; Jenkinson, 2001)하고, 반대로 연간 8천만톤 이상이 산업적 질소고정으로 인해 비료로 생산된다(Jenkinson, 2001).

Reneau 등(1990)은 다량의 질소비료 시비는 뿌리혹 형성을 억제하여 생물학적 질소고정을 감소시킨다고 하였으나, 유기농업에서는 화학적인 공법에 의하여 생산되는 속효성인 무기질 비료의 사용대신 두과작물의 생물학적 질소와 가축분뇨 및 가축분퇴비에서 공급되는 질소를 질소의 급원으로 사용하므로 화학비료 생산시에 소모되는 에너지소비도 절감할 수 있고(Haas and Köpke, 1994; Haas *et al.*, 1995), CH<sub>4</sub>, NH<sub>3</sub> 등의 가스형태로 공기 중으로 휘산되는 것(Geier, 1997)과 질소가 NO<sub>3</sub>의 형태로 용탈되는 것을 줄이는 환경적인 효과도 얻을 수 있다(손, 1995; Berg *et al.*, 1997)고 하였다

두과작물을 전작물로 재배하고 후작물로 화곡류를 재배하면 가축분을 시용한 것과 같은 질소공급효과를 얻을 수 있으며 3t/ha의 대두작물 잔사량으로부터 ha당 200kg의 가급태질소가, 그리고 4t/ha의 일반 두과작물 잔사량으로부터 180~200kg의 가급태질소가 공급된다고 하였다(Köpke, 1986, 1996).

일선 밭 토양에서 대두 재배시 근류균 접종 효과로 4엽기 및 개화기의 근류형성 정도는 근류균 접종구에서는 무접종구보다 근류의 형성은 유의성 있게 많았고, 생육상황도 접종구에서 무접종구보다 경장이 컸으며 이러한 차이는 개화기보다도 4엽기에 커서 근류균의 접종효과는 초기 생육을 좋게 한다고 하였다(유 등, 1974).

우리나라 고유품종을 포함한 15개 대두품종들의 근류균에 대한 친화성과 접종효과의 실험에서 근류균 접종효과는 현저하여 초장, 경장, 근장, 건물중 및 엽록소합량이 무접종구에 비하여 접종구가 크게 증가한다고 최(1979)는 보고하였다.

한편 류 등(1982)은 대두 근균으로부터 고정되는 질소량은 약 8.0kg/10a이라고 하였으며, 류 등(1983)은 토양비옥도가 극히 낮은 신개간지에 있어서 근류균 접종으로 질소흡수량 및 질소고정량을 높여 콩 수량이 4~10% 증대되었다고 하였다.

전국 밭토양에서 수집 분리하여 우수균주로 선발된 *Rhizobium japonicum* 균주의 접종이 대두의 생육 및 수량에 미치는 영향 등을 조사한 결과 무질소시용구에서 *Rhizobium japonicum* 균주의 접종에 의해 착생근균수 및 근균무게, chlorophyll 함량, 협수 및 지상부 건물중이 증가하는 경향이 있으며, 단위면적당 수량에서 *Rhizobium japonicum*균 무접종구(337kg/10a)에 비하여 접종구에서는 363~374kg/10a로 8~11% 수량이 증가되었다고 유 등(1988)은

보고하였다.

토착근류균의 접종제로 사용된 대두의 토양 접종효과는 경작지에서 대두의 건물 중과 식물체 질소함량 등에 있어서 접종제처리보다 우수하였지만 미경작지에서는 접종제 처리에 비하여 상당히 낮은 접종효과를 보였다(강 등, 1990).

### Ⅲ. 재료 및 방법

본 실험은 충남 천안시 입장면에 위치한 단국대학교 유기농업연구소 실습포장에서 수행하였다. 실습포장은 유기농 전용 연구포장으로 무농약, 무화학비료로 관리해온 곳이다.

#### 1. 공시재료 및 처리내용

대두의 근류균 접종에 필요한 종토는 전년도에 우수한 수량성을 보인 유기농 인증획득 대두 재배포장(충남 천안시 동면 화덕리 소재 최동수씨 농장)의 표층에서 채취하였다.

처리내용은 2×3 요인시험으로 하였다. 공시품종은 대원콩, 신팔달콩2호, SS2-2를 사용하였으며 처리는 접종구(I: Inoculation)와 무접종구(NI: Non-Inoculation)로 하였다. 근류균 접종은 종토와 대두종자를 각각 1kg씩 칭량하여 1:1의 비율로 혼합하였다. 파종은 2006년 6월 16일에 휴폭 60cm, 주간거리 30cm로 하여 1본당 건전종자 3립씩 점파하였다. 파종 후 2~3일 간격으로 3회 관수하였고 발아 후 제2본엽 출현기에 1본당 생육이 양호한 1주만 남기고 솟아 내었다.

일체의 화학비료와 퇴비는 사용하지 않았으며 기타 재배관리는 농촌진흥청 표준재배법에 준하였다.

#### 2. 분석시료와 분석방법

실험 전 토양의 특성은 <표 1>과 같은 사질식양토였으며, pH는 6.8, T-N 함량은 0.03%, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 함량은 29.4ppm은 적정범위인 80~120ppm에 비하여 미달이었다. NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N 함량이 1.3 ppm, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N 함량은 8.71ppm 수준이었다.

Table 1. Chemical characteristics of soil used in the upland experiment.

pH (1:5)	EC (ms/cm)	T-N (%)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
			ppm		
6.8	0.1	0.03	1.3	8.71	29.4

전질소함량은 Kjeldahl법(농촌진흥청, 1983)에 의거하여 분석하였다. 건조시료 0.5g에 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 20ml과 촉매제로 황산염 혼합분말 5g을 가하여 분해한 후 냉각하여 NaOH 5ml을 가한 후 증류시켰으며, 증류하여 받은 용액은 0.1N HCl로 청색에서 핑크색이 될 때까지 적정하여 이를 계산하였다. 토양산도는 혼합 마쇄한 시료 10g에 증류수 50ml를 가하여 시료와 증류수의 비율을 1:5로 만든 후 이를 30분간 진탕하여 pH meter(동우 메디칼시스템, Model DP-135 pH/ION meter)로 측정하였다. 한편, EC는 pH를 측정하기 위하여 증류수와 1:5를 만든 용액을 이용하여 EC meter(ORION Model 115)로 측정하였다. 질산태질소는 토양시료를 채취한 후 토양 20g에 50ml의 0.025N CaCl<sub>2</sub>의 용출액을 가하여 30분간 진탕시킨 후 여과액 5ml을 RQ-flex(한국 merck)를 이용하여 측정하였다. 암모니아태질소는 Indophenol-Blue 비색법에 의거하여 측정하였다. 토양 건조시료 20g에 50ml의 1M KCl을 넣어 1시간 동안 진탕한 후 1ml의 여과액에 3ml의 혼합지시약 I (5ml 4%Na<sub>2</sub>-EDTA + 50ml Sodium Salicylate + 100 ml 0.05% Na-Nitroprusside solution)과 5ml의 혼합지시약 II (50ml 0.7%Na-Hypochlorite solution + 200ml Phosphate buffer solution)을 가하여 2시간동안 상온에서 방치한 뒤 spectrophotometer(Model VIS-7220, 휴먼사)를 이용하여 파장 660nm에서 비색측정 하였다. Chlorophyll Meter(SPAD-501, MINOLTA, Japan)을 이용하여 상위, 중위, 하위의 잎을 3회씩 측정하여 평균값을 취하였다.

### 3. 조사방법 및 통계처리

대두 근류형성은 개화기전, 개화성기(R2), 착엽성기(R4), 성숙기(R8) 단계에서 대두 1주당 nodule 개수, nodule 중량을 조사하였고, 대두의 생육은 착엽성기(R4)에 엽록소함량과 1개체당 건물중을 조사하였다. 수량특성으로는 대두 수확 후에 협수, 립수, 립중, 100립중, 10a당 수량을 조사하였다.

조사기준은 농업과학기술 연구조사분석기준(농촌진흥청, 2003)에 준하였으며 통계처리는 SAS(Ver. 9.0)를 이용하였다.

## IV. 결과 및 고찰

### 1. 토양의 근류균 접종에 따른 대두의 근류형성 및 생육

#### 1) 대두 근류형성 수의 경시적 변화

토양의 근류균 접종에 따른 대두 근류형성 수의 경시적 변화는 <그림 1>, <그림 2>와 같다.

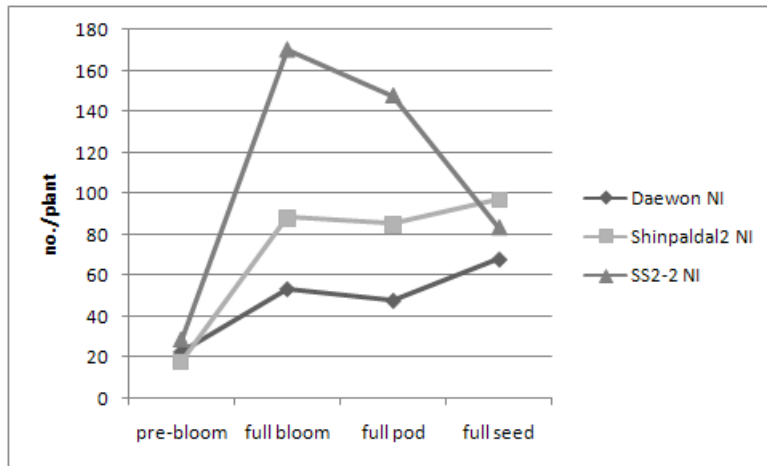


Fig. 1. Nodule numbers among 3 different soybean cultivars during the growth stage in non-inoculated plots.

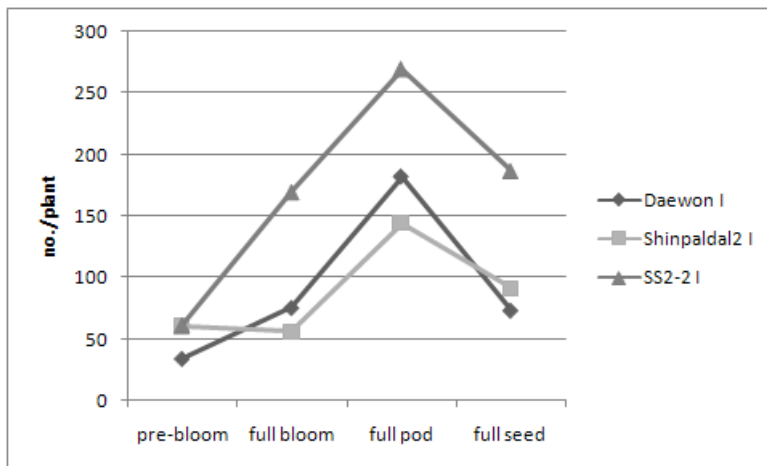


Fig. 2. Nodule Numbers among 3 different soybean cultivars during the growth stage in inoculated plots.

무처리구에서는 대원콩, 신팔달2호콩, SS2-2는 개화성기(R2)까지 SS2-2 > 신팔달2호콩 > 대원콩 순으로 급격하게 근류의 수가 증가하다가 그 이후부터는 감소 및 둔화되는 경향이 있었고 초다근류균 형성 계통인 SS2-2 품종의 경우 근류수가 개체당 평균 170개로 가장 많았으나 개화기(R2) 이후에는 가장 크게 근류수가 감소하였다.

처리구에서는 공시품종 대원콩, 신팔달2호콩, SS2-2 근류수 역시 증가하였고 무처리구에 비해 착형성기(R4)까지 근류수가 SS2-2 > 대원콩 > 신팔달2호콩 순으로 증가하였다.

토양의 근류균집중 처리에 따른 생육기간 중 평균 근류수는 개화기전, 개화성기(R2), 착협성기(R4), 성숙기(R8) 순으로 처리구가 51.8개, 101.1개, 198.3개, 117.0개였으며 무처리구가 23.0개, 104.0개, 93.5개, 82.8개로 개화성기를 제외하고 처리구에서 유의성 있게 많았다. 이는 주요 대두품종의 근류형성성에서 파종 후 근류균 집중처리구에서 근균형성비율은 최대 79.8%에 달하였다고 보고하였으며(최, 1979), *Rhizobium* 균주의 접종에 의해 착생 근균의 수가 증가 한다는 보고(유 등, 1988)와 유사하였다.

2) 대두 근류중량의 경시적 변화

토양의 근류균 집중처리에 따라 형성된 근류중량의 경시적 변화도 근류수 증가와 마찬가지로 무처리구는 개화성기까지 증가하다 이후 감소하였고 처리구는 착협성기까지 꾸준히 증가하다가 이후 감소하는 경향을 보였다(<그림 3>, <그림 4>).

근류중량의 경시적 변화를 보면 무처리구는 파종 후 개화기전, 개화성기(R2), 착협성기(R4), 성숙기(R8) 차에 각각 0.64g, 2.52g, 1.97g, 0.29g/plant의 중량을 나타냈으나 처리구는 1.11g, 2.39g, 5.40g, 0.44g/plant로 전 생육기간에 근류중량이 증가하여, 유 등(1988)이 *Rhizobium* 균주의 접종에 의해 착생 근균수 및 근균 무게 등이 증가하였다는 보고와 일치하였다. 특히 처리구는 착협성기에 근류중량이 최대 2.7배까지 증가하였는데 콩의 개체당 근류균의 질소고정활성은 개화기 이후 급격히 상승하여 R3~R4단계에 최고에 달한다는 보고(Buckman *et al.*, 1969; Ham *et al.*, 1976; Hardy *et al.*, 1968)에 따라 질소고정활성은 근류의 형성 수 및 중량의 증가와 서로 관련이 있는 것으로 사료된다.

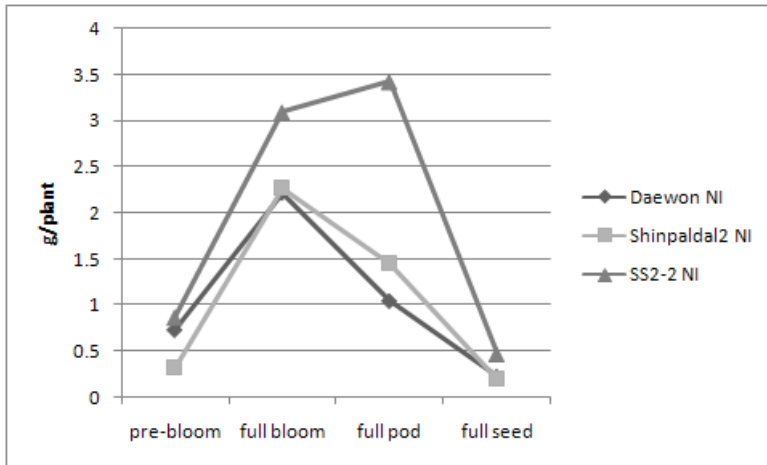


Fig. 3. Nodule weight among 3 different soybean cultivars during the growth stage in non-inoculated plots.

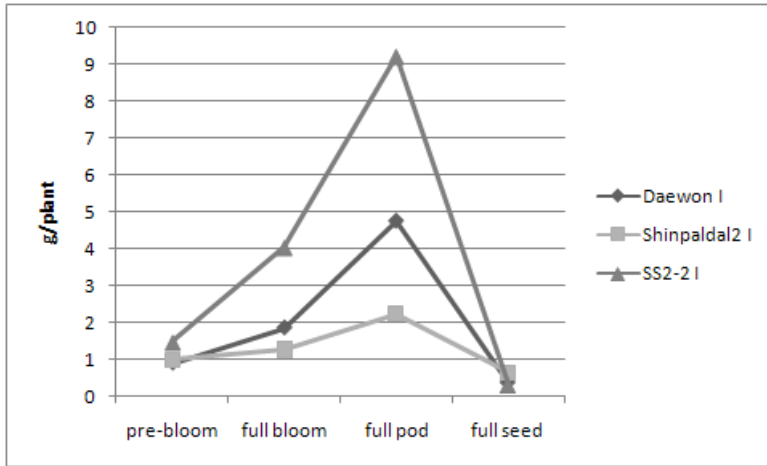


Fig. 4. Nodule weight among 3 different soybean cultivars during the growth stage in inoculated plots.

2. 토양의 근류균 접종에 따른 대두의 생육

착협성기에 채취한 대두의 지상부와 지상부 건물중으로 측정된 생육량은 <그림 5>와 같다.

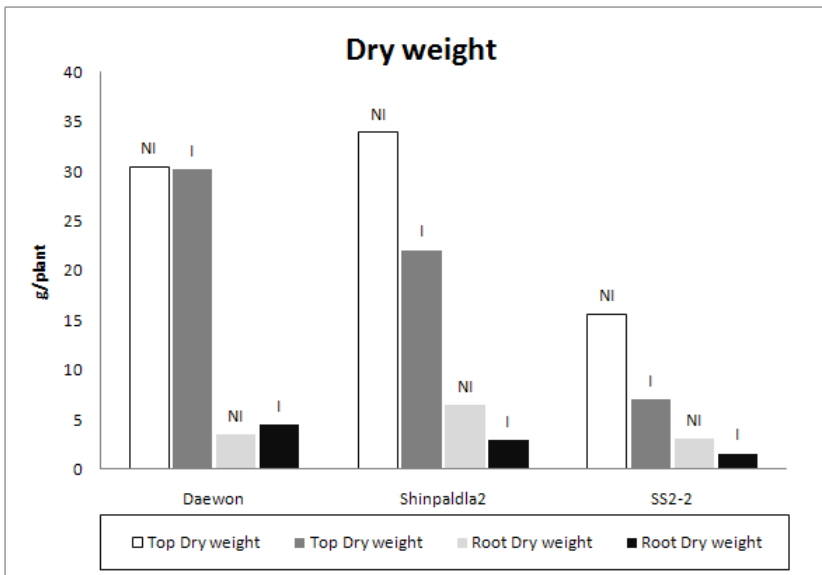


Fig. 5. Dry weight of top and root in 3 different soybean cultivars as affected by soil inoculation.



생육상태를 가늠하는 지표인 건물중은 공시품종별로 볼 때 처리구에서는 대원콩의 지상부와 지하부 건물중이 각각 30.2g, 4.5g으로 가장 무거웠고 SS2-2의 지상부와 지하부의 건물중은 각각 7.0g, 1.6g으로 가장 가벼웠다. 무처리구에 있어서 신평달콩2호의 지상부와 지하부 건물중은 각각 33.9g, 6.5g으로 가장 무거웠고 SS2-2는 지상부와 지하부 건물중이 각각 15.6g, 3.1g으로 가장 가벼웠다.

토양의 근류균 접종으로 대원콩의 지하부 생육은 좋았으나 신평달콩2호와 SS2-2는 근류균 접종으로 인해 오히려 생육이 저조하였다. 대원콩의 생육은, 근류균 접종 효과로 건물중이 증대된다고 보고한 최(1979)와 유사한 경향이었으나 신평달콩2호와 SS2-2의 생육 결과는 상이하게 나타났다.

SS2-2는 신평달콩2호를 모본으로 하여 개발(이 등, 1997)된 품종으로 SS2-2와 같이 초다근류균을 형성하는 nts계통은 과도한 뿌리혹 형성을 위하여 많은 광합성 산물을 소모하여 지상부 생육이 저해되었다고 보고하였고(이 등, 1992) 이러한 nts계통보다도 SS2-2는 더 많은 뿌리혹이 형성되었으며 뿌리혹 형성도 일찍 시작된다(이 등, 1997)고 한 보고들을 참고하였을 때 SS2-2의 저조한 생육량은 지하부의 과도한 근류착생이 대두의 생육을 감소시킨 것으로 사료된다.

### 3. 토양의 근류균 접종에 따른 대두의 chlorophyll 함량

대부분의 작물에 있어서 등숙기간은 점차적인 노화현상, 즉 잎과 엽병의 탈락에 의해 결정되며 이는 수량과 직접적으로 밀접한 관계가 있어 chlorophyll 함량변화는 매우 중요한 생리현상을 파악할 수 있는 지표가 된다(유 등, 1988). 또 근류균에 의해 고정된 질소가 공급된다면 엽색이 짙어지게 되므로 질소양분 공급정도의 척도가 된다고도 볼 수 있다(유 등, 1988). 따라서 작물의 노화현상 및 고정질소의 공급정도를 조사하기 위하여 착협성기(R4)에 chlorophyll 함량을 측정하였으며 결과는 <그림 6>과 같다.

대원콩은 처리구의 chlorophyll 함량이 무처리구 보다 9.3% 가량 높았고 신평달콩2호와 SS2-2는 처리구 chlorophyll 함량이 무처리구와 비교하였을 때 오히려 신평달콩2호는 13.7%, SS2-2는 33.7% 감소하는 경향을 보였다. 이는 초다근류착생 돌연변이체 콩의 뿌리혹 형성 및 초기생육 연구(이 등, 1992)에서 초다근류형성 계통은 과도한 뿌리혹 형성을 위하여 많은 광합성 산물을 소모하여 지상부 생육이 저해되었음을 보고한 결과와 부합하였다. 초다근류콩의 환경조건에 따른 생리적 특성 구명 연구(김 등, 2006)에서 SS2-2는 생식생장 중기 이후 광합성율이 급격히 감소하였다고 보고하였는데 본 실험 결과도 유사하였다.

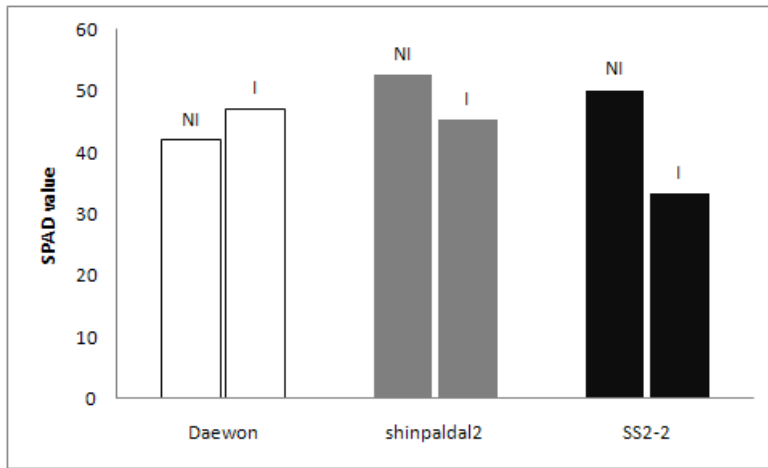


Fig. 6. Chlorophyll contents in 3 different soybean cultivars at full pod stage as affected by soil inoculation.

4. 토양의 근류균 접종에 따른 대두의 수량형질

토양의 근류균 접종에 따른 대두 개체당 협수는 <그림 7>과 같다.

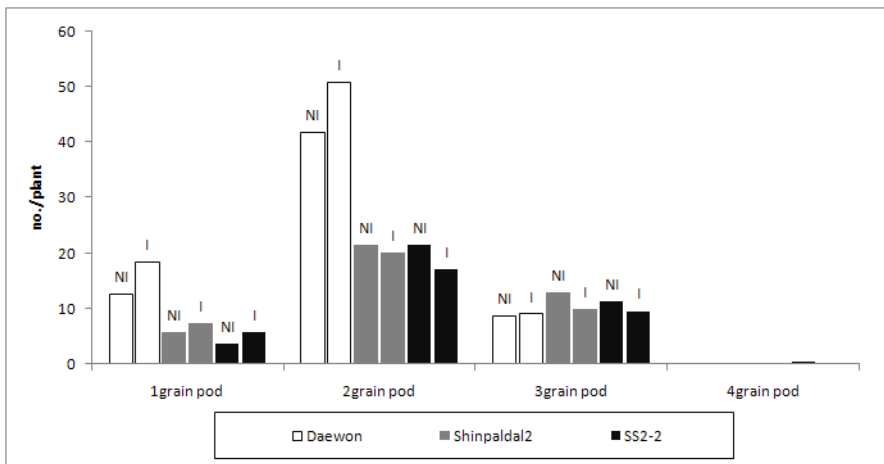


Fig. 7. Pod number per plant in 3 different soybean cultivars as affected by soil inoculation.

공시품종별 협수는 대원콩이 1립협과 2립협수가 많았고 신파달2호콩과 SS2-2는 3립협이 대원콩보다 많았다.

1립협 수는 처리구에서 대원콩 18.4개, 신파달2호콩 7.2개, SS2-2 5.7개로 공시품종 모두

무처리구 보다 많았다. 2립협 수는 대원콩이 처리구에서 50,7개로 무처리구 41.7개 보다 많았으나 신팔달콩2호는 무처리구에서 21.5개로 처리구보다 1.5개 더 많았고 SS2-2도 무처리구에서 21.5개로 처리구보다 4.4개가 더 많았다. 3립협 수는 대원콩이 처리구에서 9.0개 무처리구에서 8.6개였으며 신팔달2호콩은 처리구에서 9.9개 무처리구에서 12.8개로 무처리구의 3립협이 더 많았으며 SS2-2는 처리구에서 9.6개 무처리구에서 11.3개로 무처리구의 3립협이 더 많았다. 4립협은 공시품종 모두 착협된 것이 없었다.

토양의 근류균 접종에 따른 협수의 차이는 대원콩은 1립협, 2립협, 3립협 모두 처리구에서 많아 근류균의 접종에 의해 개체당 협수가 증가하였다(유 등, 1988)는 보고와 일치하였으나 신팔달콩2호와 SS2-2는 상이하였다.

토양의 근류균 접종에 따른 대두 개체당 립수는 <그림 8>과 같다.

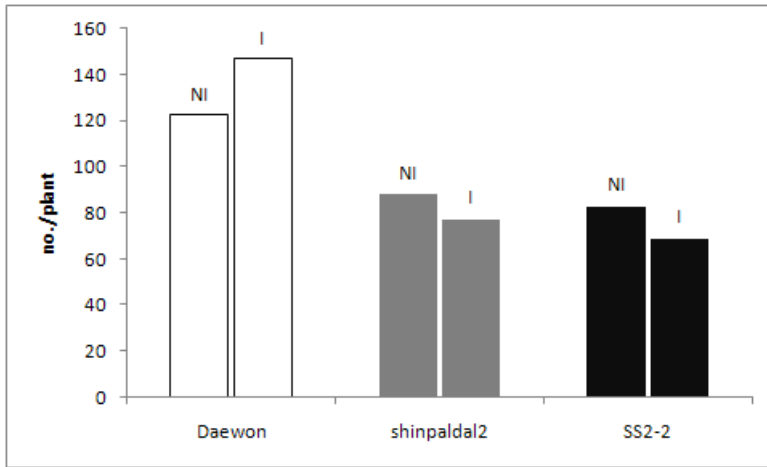


Fig. 8. Average grain numbers in 3 different soybean cultivars as affected by soil inoculation.

대원콩은 립수가 처리구에서 146.8개 무처리구 122.3개로 처리구가 많았으나 신팔달콩2호, SS2-2의 립수는 무처리구에서 더 많았다. 신팔달콩2호의 립수는 처리구 77.6개, 무처리구 88.0개 였으며 SS2-2의 립수는 처리구 68.9개 무처리구 82.8개였다.

공시 대두품종별 립수는 대원콩이 134.5개 였고 신팔달콩2호는 82.8개, SS2-2는 75.8개로 대원콩은 대두 품종간 유의차가 인정되었다. 그러나 토양의 근류균 접종처리에 따른 립수의 차이는 유의차가 인정되지 않았다.

종실량은 개체당 1립협수가 많을수록 증가된다는 주 등(1996)의 보고에 따라 대원콩의 1립협수와 2립협수가 신팔달콩2호와 SS2-2보다 많았던 결과가 개체당 립수를 많게 한 것으로 사료된다.

토양의 근류균 접종에 따른 대두 개체당 립중은 <그림 9>와 같다.

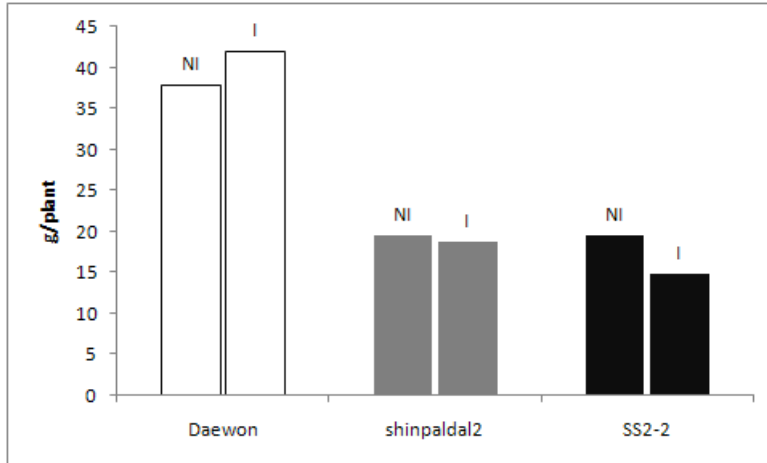


Fig. 9. Average grain weight in 3 different soybean cultivars as affected by soil inoculation.

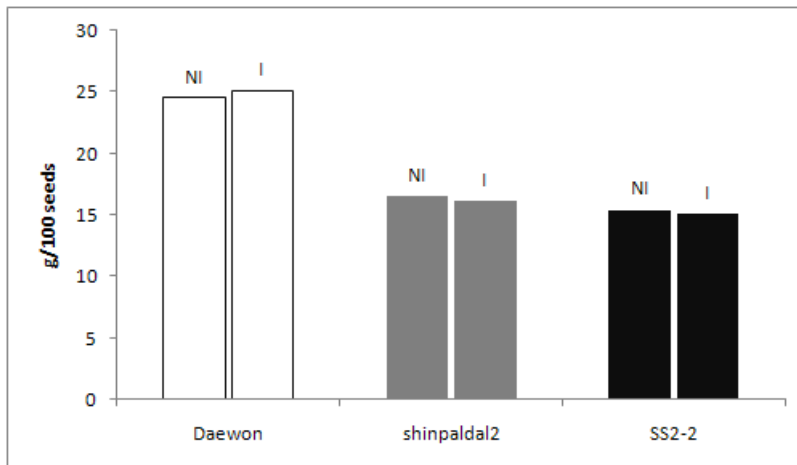


Fig. 10. One hundred seeds weight in 3 different soybean cultivars as affected by soil inoculation.

대원콩의 개체당 립중은 처리구 41.9g 무처리구 37.9g으로 처리구의 립중이 10.5% 더 무거웠다. 신평달콩2호의 개체당 립중은 처리구 18.7g 무처리구 19.5g으로 무처리구의 립중이 4.2% 더 무거웠다. SS2-2의 개체당립중은 처리구 14.8g 무처리구 19.5g으로 무처리구의 립중이 31.7% 더 무거웠다.

토양의 근류균 접종처리에 따른 개체당 립중의 증가는 대원콩에서만 유효하였으며 신평

달2호콩과 SS2-2는 토양의 근류균 접종으로 립중이 오히려 감소하였다.

작물과학원(2004)에 따르면 대원콩은 대립품종으로 신팔달콩2호는 중립품종으로 보고하였다. SS2-2의 백립중은 김 등(2006)의 초다근류 품종의 생육특성 및 수량성 시험에서 16.8g으로 보고하였는데 이는 농업과학기술 연구조사분석기준(2003)에 의하면 중립품종에 해당한다. 공시 대두품종의 개체당 립중의 차이는 대두품종의 립 크기에 기인하여 차이가 나타난 것으로 사료된다.

토양의 근류균 접종에 따른 대두의 백립중은 <그림 10>과 같다.

대원콩 백립중은 처리구 25.1g 무처리구 24.5g이었으며 신팔달콩2호 백립중은 처리구 16.1g 무처리구 16.5g, SS2-2 백립중은 처리구 15.1g 무처리구 15.4이었다. 대원콩은 처리구 백립중이 무처리구보다 더 무거웠으나 신팔달2호콩과 SS2-2는 처리구 백립중이 더 무거웠다.

공시 대두품종별 백립중은 대원콩 24.8g 신팔달2호콩 16.3g SS2-2 15.3g으로 대원콩 백립중이 가장 무거웠다. 농촌진흥청 작물과학원(2004) 연구 보고에 따르면 대원콩의 백립중은 25.6g, 신팔달2호콩은 19.5g이고 SS2-2의 백립중은 김 등(2006)이 16.8g으로 보고하였는데 본 실험의 결과와는 토성, 토양비옥도, 수분, 광, 기상조건 등 재배 및 환경조건의 차이로 인해 상이한 결과가 나타난 것으로 사료된다.

토양의 근류균 접종에 따른 대두의 10a당 수량은 <그림 11>과 같다.

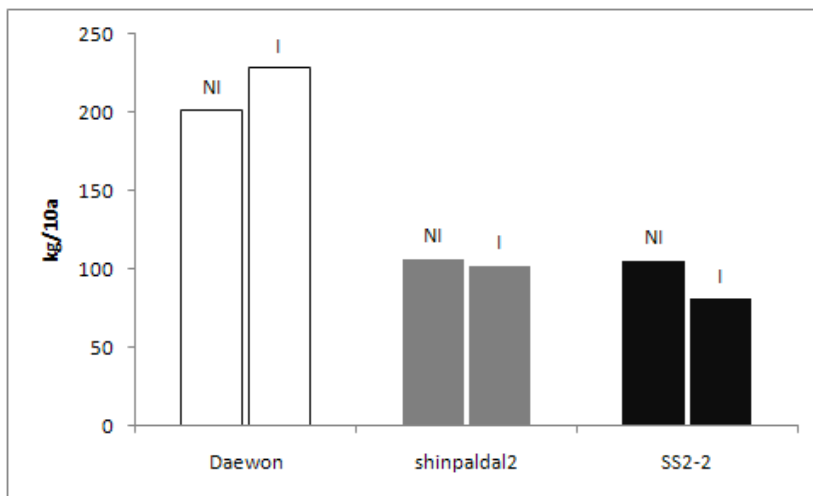


Fig. 11. Soybean yield of 3 different cultivars as affected by soil inoculation.

공시 대두품종의 10a당 수량은 개체당 협수, 립수, 립중과 유사한 경향을 보였는데, 근류의 질소고정활성과 수량 및 수량구성 요소간 상관관계를 조사한 결과 개체당 협수와 단위면적당 수량은 정의 상관관계를 나타내었다고 보고(유 등, 1988)하였는바 대원콩 처리구에서 협의 수가 많았던 결과와 신팔달2호콩, SS2-2 무처리구에서 협의 수가 많았던 결과가 단

위면적당 수량에 영향을 미친 것으로 사료된다.

대원콩은 10a당 수량이 처리구는 228kg, 무처리구는 201kg이었고 신팔달콩은 처리구가 106kg, 무처리구가 102kg이었으며 SS2-2는 처리구가 80kg, 무처리구가 105kg이었다. 대원콩은 처리구 수량이 13% 증가한 반면 신팔달콩2호는 처리구 수량이 4% 감소하였고, SS2-2도 처리구 수량이 23% 감소하였다.

작물과학원(2004) 대두 품종별 특성연구 자료에 따르면 대원콩은 생산력검정본시험에서 10a당 293kg을, 신팔달2호콩은 279kg의 수량을 나타냈으며 SS2-2는 초다근류콩의 환경조건에 따른 생리적 특성구명(김 등, 2006)에서 10a당 238kg의 수량을 보고하였는데 본 시험의 10a당 수량과는 상이하였는데, 이는 토양비옥도, 재배 및 관리, 재식밀도, 기상조건상 등이 상이한데서 기인한 것으로 사료된다.

대두작물은 등숙기간 중 식물체로부터 종실로 질소성분이 전이되어 종실에는 단백질과 지방성분이 높게 되나 식물체 자체는 질소가 손실되어 영양조성의 생리적 활성이 감소되므로 노화가 촉진되는 self-destructive의 특성을 가지고 있고(Sinclair, *et al.*, 1975) 이와 같은 이유로 대두 수량은 식물체내의 이용가능한 질소함량에 의해 억제된다(Caldwell, *et al.*, 1973)고 하였으며, 따라서 수량증대를 위해서는 충분한 질소의 공급을 통해 노화를 억제하고 등숙기간을 연장해 줌으로써 증수가 가능하다고 하였다. 본 실험에서 토양의 근류균 접종 처리구의 nodule 수 및 중량이 착협성기(R4)까지 증가되었던 결과로 볼 때 대원콩 처리구의 수량이 증가된 것은 근류의 질소고정작용으로 식물체내 질소공급이 무처리구보다 상대적으로 많아 등숙기간이 연장되었던 것으로 사료된다.

그러나 신팔달2호콩, SS2-2는 처리구의 생육과 수량이 무처리구보다 감소하였다. SS2-2는 초다 근류형성 계통 품종으로 신팔달2호콩을 모본으로 하여 육성 및 선발된 품종으로, 이(1997) 등이 보고한 SS2-2의 근류형성 및 생육특성 실험과, 이(1992) 등의 초다 근류착생콩의 뿌리혹 형성 및 초기생육에 관한 실험에서 초다 근류착생 계통은 과도한 뿌리혹형성을 위해 광합성 산물을 소모하여 지상부의 생육이 저해되었음을 보고하였는데, 본 실험에서도 SS2-2의 근류형성 개수 및 중량, 엽록소함량, 생체량의 차이 등이 유사한 결과를 보였다. 이는 대원콩과는 달리 신팔달2호콩과 SS2-2는 등숙기간 중 nodule의 과도한 착생이 식물체내 영양상태에 부정적인 영향을 끼쳐 생육후기 대두 생육 및 수량을 감소시킨 원인이 된 것으로 사료된다.

콩의 효율적인 생산을 위해 근류균을 사용할 때 유효균과 숙주와의 친화성, 환경에의 적응성 및 안정성, 토착균과의 경합, 작물과 균의 생리적인 활성을 극대화 시킬 수 있는 환경 조성 등의 문제가 근류균의 실용적 사용을 저해하고 있으며, 콩을 재배해온 숙전포장이라 하더라도 유효근류균을 매년 지속적으로 접종하여 그 밀도를 높여나가는 일도 자연자원의 효율적인 이용의 한 방법임을 제시(김, 1989)하였으며, 이를 위하여 효과적인 방법으로 carrier를 이용한 증량제 처리법이 국내에서도 연구(김 등, 1990)되었다.

그러나 외부자원은 화학물질이든 유기물질이든 간에 가능한 한 적게 줄여서 사용하자는 것이 유기농업이 추구하는 원리(손, 2007)이기 때문에 유기농업에서 대두 재배시 전년도 대두재배 포장에서 쉽게 채취할 수 있는 토양의 근류균(종토) 사용으로 자연자원을 최대한 활용하여 유효 근류균의 밀도를 높임으로써 유기농에서 대두의 수량을 높이고 토양비옥도를 유지·증진할 수 있는 방법이 될 수 있다고 사료되었다.

Table 2. Relationship between nodule numbers, nodule weight, soil inoculation and soybean cultivars

Variety	Treatment	Pre-bloom		Full bloom		Full pod		Full seed	
		No.†	Weight(g)	No.	Weight(g)	No.	Weight(g)	No.	Weight(g)
Daewon	NI‡	22.5	0.72	53.5	2.21	47.8	1.04	68.1	0.22
	I	34.0	0.91	75.2	1.86	181.7	4.76	73.1	0.37
mean		44.8a	0.82ab	64.3b	2.03b	114.7b	2.90b	70.6b	0.29a
Shinpaldal2	NI	18.0	0.32	88.2	2.26	85.0	1.45	97.0	0.19
	I	60.3	0.99	56.2	1.27	144.2	2.23	91.3	0.65
mean		39.1a	0.65b	72.1b	1.77b	114.7b	1.84b	94.1b	0.42a
SS2-2	NI	28.5	0.87	170.3	3.09	147.8	3.42	83.3	0.47
	I	61.2	1.45	169.2	4.03	269.3	9.22	186.5	0.29
mean		44.8a	1.16a	169.7a	3.56a	208.5a	6.32a	134.9a	0.38a
NI		23.0b	0.64b	104.0a	2.52a	93.5b	1.97b	82.8b	0.29b
I		51.8a	1.11a	100.1a	2.39a	198.3a	5.40a	117.0a	0.44a
var.		ns	ns	**	**	**	**	**	**
tret.		**	*	ns	ns	**	**	*	*
var.*tret.		ns	ns	ns	ns	ns	**	**	ns

† No. : Nodule Number(ea), Weight: Nodule Weight(g)

‡ NI : Non-Inoculation, I : Inoculation

Table 3. Relationship between fresh weight, dry weight of top and root in 3 different soybean cultivars.

Variety	Treatment	TopDW(g)†	RootDW(g)
Daewon	NI‡	30.4	3.5
	I	30.2	4.5
mean		30.3a	4.0a

Variety	Treatment	TopDW(g) <sup>†</sup>	RootDW(g)
Shinpaldal2	NI	33.9	6.5
	I	22.1	2.9
mean		28.0a	4.7a
SS2-2	NI	15.6	3.1
	I	7.0	1.6
mean		11.3b	2.3b
NI		26.6a	4.4a
I		19.8b	3.0b
var.		**	**
treat.		*	**
var. * treat		ns	**

<sup>†</sup> TopDW : Top DryWeight, RootDW : Root Dry Weight

<sup>‡</sup> NI : Non-Inoculation, I : Inoculation

Table 4. Grain numbers and weight of 3 different cultivars as affected by soil inoculation.

Variety	Treatment	grain no. <sup>†</sup>	grain weight
Daewon	NI <sup>‡</sup>	122.3	37.9
	I	146.8	41.9
mean		134.5a	39.9a
Shinpaldal2	NI	88.0	19.5
	I	77.6	18.7
mean		82.8b	19.1b
SS2-2	NI	82.8	19.5
	I	68.9	14.8
mean		75.8b	17.1b
NI		97.7a	25.6a
I		97.7a	25.2a
var.		**	**
treat.		ns	ns
var.* treat.		*	ns

<sup>†</sup> grain no. : grain number, grain weight : grain weight(g/plant)

<sup>‡</sup> NI : Non-Inoculation, I : Inoculation



## V. 적 요

유기농업에서 윤작은 중요하고, 윤작작부체계에는 반드시 두과작물이 포함되어야 한다. 대두재배 영농현장에서 근류균 접종을 토양접종으로 손쉽게 파종 전에 실시할 수 있겠으나, 유기농 토양조건에서 토양접종의 효과에 대한 검토가 필요하다. 본 실험은 토양의 근류균 접종이 대두의 근류 형성과 생육 및 수량에 미치는 영향을 알아보고자 천안시 입장면에 소재한 단국대학교 유기농업연구소 실습포장에서 대원콩, 신파달콩2호, SS2-2를 공시하여 2006년도에 수행하였다.

토양의 근류균 접종에 따른 공시품종의 근류수는 무처리구보다 처리구가 1.4~2배 가량 많았다. 무처리구는 개화성기(R2)이후부터 근류형성이 감소하였으나 처리구는 착형성기(R4)까지 근류의 수가 증가하다 이후 감소하였다. 토양의 근류균 접종에 따른 공시품종 근류중량의 경시적 변화는 근류수의 경시적 변화와 같은 경향을 보였다. 대원콩은 처리구의 건물중이 무처리구보다 증가했지만 신파달콩2호와 SS2-2는 무처리구보다 처리구의 건물중이 감소하였다. chlorophyll 함량은 대원콩의 경우 무처리구보다 처리구에서 9% 가량 높았으나, 신파달2호콩과 SS2-2는 오히려 처리구에서 각각 13%, 33% 가량 낮았다.

토양의 근류균 접종에 따른 대원콩 협수, 립수, 립중은 처리구가 증가하였지만 신파달2호콩과 SS2-2의 협수, 립수, 립중은 처리구가 오히려 감소하였다. 토양의 근류균 접종에 따른 10a당 수량은 대원콩은 처리구가 13% 증가하였으나 신파달2호콩은 처리구가 4% 감소하였고, SS2-2도 처리구가 23% 감소하였다.

[논문접수일: 2008. 8. 27 논문수정일: 2008. 10. 27. 최종논문접수일 : 2008. 11. 3.]

## 참 고 문 헌

1. 권영명 외 5명. 2000. 식물생리학. 아카데미서적.
2. 강위금·정연태, Padma Somasegaran. 1990. 우리나라 토착근류균의 계 특성 연구 I. 영남지역 토착 대두근류균의 접종효과와 취락형태적 분포특성. 토양비료학회지 23(1): 60-66.
3. 김석동. 1989. 콩의 효율적인 생산을 위한 근류균 이용. 한국콩연구회지 6(2): 9-21.
4. 김석동·이재은·서종호·권영업. 2006. 초다근류콩의 환경조건에 따른 생리적 특성 구명. 작물과학원연구논총 7: 475-488.

5. 김창진·이운·유익동. 1990. 근류균 접종제 개발을 위한 우수 증량제의 선발 및 생산 최적조건. 토양비료학회지 23(2): 146-151.
6. 농림부. 2001. 친환경농업육성법.
7. 농촌진흥청. 2003. 농업과학기술 연구조사분석기준.
8. 류진창·이상규·이형호·홍중운·조무제. 1982. 대두근류균의 질소고정에 관한 연구 I. 대두근류균의 질소고정력 측정방법 및 질소고정량. 토양비료학회지 15(4): 277-283.
9. 류진창·이상규·이형호·홍중운·조무제. 1983. 대두근류균의 질소고정에 관한 연구 II. 상이한 토양에서 대두품종별 근류의 발달양상 및 질소고정에 관한 연구. 토양비료학회지 16(1): 84-90.
10. 손상목. 2007. “유기농업-참먹거리 생산의 이론과 기술”. 향문사. p. 328.
11. 손상목. 1995. 주요 유럽 농업선진국의 환경보전형 지속농업 실태와 한국의 접근과제. 국제농업개발학회지 7(2): 138-155.
12. 유익동·김창진·이운·김익동·홍은희. 1988. 선발대두근류균의 접종의 대두근류형성 질소고정활성 및 수량에 미치는 영향. 토양비료학회지 21(1): 55-60.
13. 유진창·윤석동·이용석. 1974. 질소 시용량이 근류균활동에 미치는 영향. 토양비료학회지 7(4): 221-225.
14. 이석하·이홍석. 1992. 초다 근류착생 돌연변이체 콩의 뿌리혹 형성 및 초기생육. 작물학회지 37(1): 16-21.
15. 이홍석·채영암·박의호·김용욱·윤광일·이석하. 1997. 다량 뿌리혹 형성 콩 계통의 도입 개발 및 생육특성구명 1. 돌연변이유기에 의한 콩 초다뿌리혹형성 계통선발. 작물학회지 42(2): 247-253.
16. 조재영. 2001. 전작. 향문사
17. 주용하·고상덕·오정행·주문갑·정구복·정길웅. 1996. 채소연작 비닐하우스에서 조숙콩 콩의 재배가 토양화학성분, 생육 및 수량형질에 미치는 영향. 콩연구회지 13(2): 57-68.
18. 최창열. 1979. 주요대두품종의 근류형성성에 관한 연구. 작물학회지 24(2):75-81.
19. Alves, B. J., R. M. Robert, and S. Urquiaga. 2003. The success of BNF in soybean in Brazil. Plant and soil. 252: 1-9.
20. Bhatia, C. R., K. Nichterlein, and M. Maluszynski. 2001. Mutations affecting nodulation in grain legumes and their potential in sustainable cropping systems. Euphytica. 120: 415-432.
21. Bohlool, B. B., Ladha, J.K., Garrity, D.P. and George, T. 1992. Biological nitrogen fixation for sustainable agriculture: A perspective. Plant Soil 141: 1-11.
22. Buckman, H. O., and Brady, N. C. 1969. The nature and properties of soils, 7th ed., The Macmillan Co., p. 454.
23. Caldwell, B. E., Howell, R. W., Judd, R. W. and Johnson, H. W. 1973. Soybean, Improve-

- ment, production and use. Number 16 in the series agronomy, American Society of Agronomy, Inc., U.S.A.
24. Cleveland C. C., Townsend A. R., Schimel D. S., Fisher H., Howarth R. W., Hedin L. O., Perakis S. S., Latty E. F., Von Fischer J. C., Elseroad A. and Watson M. F. 1999. Global patterns of terrestrial biological nitrogen ( $N_2$ ) fixation in natural ecosystems. *Global Biogeochem. Cycles* 13: 623-645.
  25. Galloway J. N., Schlesinger W. H, Levy II H., Michaels A. and Schnoor J. L. 1995. Nitrogen fixation : Anthropogenic enhancement-environmental response. *Global Biogeochem. Cycles* 9: 235-252.
  26. Ham, G. E., Lawn, R. J., and Brum, W. A. Nutman, P. S(ed). 1976. Symbiotic nitrogen fixation in plants. IBP 6. Cambridge Univ. Press. XXVIII: 238-253.
  27. Hardy, R. W. F., Holsten, R. D., Jackson, E. K., and Burns. R. C. 1986. The acetylene-ethylene assay for  $N_2$  fixation: Laboratory and field evaluation. *Plant physiol.* 43: 1185-1207.
  28. IFOAM. 1997. Basisrichtlinien, SOEL Nr. 16. Pages 46.
  29. Jenkinson D A. 2001. The Impact of humans on the nitrogen cycle, with focus on temperate arable agriculture. *Plant Soil* 228: 3-15.
  30. Jesnsen, E. S. and H. Hauggaard-Nielsen. 2003. How can increased use of biological  $N_2$  fixation in agriculture benefit the environment? *Plant and soil.* 252: 177-186
  31. Köpke, U. 1986. Symbiotische N-Fixierung und Vorfruchtwirkung von Ackerbohnen(*Vicia faba* L.). *Habil. schrift, Univ. Göttingen.*
  32. Köpke, U. 1996. Symbiotische Stickstoff-Fixierung von Ackerbohnen(*Vicia faba* L.). *Habil. schrift, Univ. Göttingen* 1987. Neuauflage : Schriftenreihe des Inst. f. Organischen Landbau, Universität Bonn.
  33. Reneau, Jr. R. B., D. F. Berry, and D. C. Martens. 1990. Fate and Transport of selected pollutants in soil. *Seoul Natl. Univ. Intl. Symp. Environ. Pollut. Agri.* 14-44.
  34. Sinclair, T. R. and C. T. Dewit., 1975. Photosynthate and notrogen requirments for seed production by various crops., *Science*, 189: 565-567.
  35. <http://www.rda.go.kr>
  36. <http://www.nics.go.kr/index.asp>
  37. <http://www.plantnitrogenfixation.co.uk>