

## 生育段階別 旱魃處理가 콩의 生育 및 收量에 미치는 影響

金忠國\* · 高文煥\*\*

### Effect of Drought Stress at Various Growth Stages on Soybean Growth and Yield

Chung Guk Kim\* and Mun Hwan Koh\*\*

**ABSTRACT :** The present study was conducted to know the growth and yield of in response to the drought stress at the different soybean growth stage. Drought stress was given to the soybean plants on early vegetative growth at fourth-node stage(FNS), mid-growth at beginning pod stage(BPS) and late growth at beginning seed stage(BSS) for 30 days, which are high availability in soil water stress on climate condition of Korea. Dry weight was decreased severely by water stress at FNS, and BPS and BSS has no difference compared to control. Chlorophyll content of leaf severely decreased at the end of water stress of FNS and BPS, but was recovered at the harvest stage. Drought-stressed root distributed mainly near the soil surface and number and dry weight of root nodule were decreased severely by drought stress at BPS. Number of pod, seed weight and yield were decreased by drought stress and showed the highest yield loss at BPS.

**Key words :** Drought stress, Soybean, Growth, Yield.

콩은 밀, 보리, 옥수수과 같은 禾本科 식물보다 2배 정도 많은 水分을 요구하는 작물로써 要水量은 일반적으로 330~766mm 정도로써 재배장소나 生育기간, 표고 등의 환경에 따라 차이가 있으며<sup>15)</sup>, 生育에 알맞는 土壤水分은 飽和水分의 70%이다.

콩은 土壤水分이 부족할 때 매우 민감한 반응을 보여 生育期間中에 水分이 부족하게 되면 氣孔이 닫히고 光合成能力이 低下되고<sup>1,12,16)</sup>, 呼吸量이 증가되어 收量이 감소하게 된다<sup>7,8,11)</sup>.

土壤水分 不足에 의한 生育障敝는 生育時期別로 달라지는데 生育初期에는 營養生長을 不良하게 하며 根瘤形成이 저해된다. 生育中期에는 花數

및 莢數를 減少시켜 粒數를 減少시키고, 生育末期에는 粒의 肥大發育을 阻害하여 開花初期에 水分부족시 콩의 收量이 약 30% 감소되며, 開花期~ 成熟期에는 약 50%가 감소된다<sup>4)</sup>.

콩의 根瘤는 보통 뿌리에서는 골고루 分布하지만 上部 灌水時에는 표층에서 주로 착생되고, 下部 灌水時에는 심층에 着生되며<sup>5)</sup>, 뿌리는 莖長보다 빨리 伸長하는 경향이 있어 뿌리의 길이와 莖長과는 高度의 正의 相關이 있다<sup>6)</sup>.

토양수분 조건에 따른 磷酸의 施肥效果는 水分條件이 양호한 토양에서만 그 효과가 나타나며<sup>13)</sup>, 산소농도 2%의 수경재배에서는 질소와 칼리의 吸收가 저해된다<sup>17)</sup>.

\* 작물시험장 (National Crop Experiment Station, RDA, Suwon 441-100, Korea)

\*\* 농업과학기술원 (National Institute of Agricultural Science and Technology, RDA, 441-707, Korea) <'96. 9. 20 接受>

콩은 旱害를 받으면 조단백질 함량이 증가하지만 濕害를 받으면 단백질 함량이 감소한다<sup>14)</sup>.

지난 1908년부터 1994년까지 86년동안의 기후를 보면 旱害피해 32회, 浸水피해 29회, 冷害피해 11회가 발생하여 旱害는 평균 2.7년마다 한차례씩 나타나, 다른 기상재해에 비해서 發生頻도가 높고 피해면적과 정도가 크게 나타나고 있다<sup>9)</sup>.

1920~1972년까지 우리나라의 콩 재배기간 동안 降水量을 보면 콩 과종기인 6월 중하순에 5년 중 3년은 降水量이 20mm이하로 가뭄이 왔고, 開花期인 8월 상중순에는 5년 중 2년이 가뭄이 왔다.

또한 우리나라의 밭 토양은 일반적으로 傾斜地에 위치하고 있어서 降水量이 많은 여름철에도 水分이 대부분 유실되며, 降水量이 적은 봄, 가을, 겨울철에는 水分부족 현상을 유발하는 등 토양수분의 시기적 변화가 매우 커서 콩 작황의 연차적 변화가 심한 편으로 토양의 적절한 水分管理가 필요한 실정이다.

따라서 우리나라의 기상여건상 한발이 자주 발생하는 시기에 토양수분 부족을 유발시켜 콩의 生育 및 收量에 어떠한 영향을 미치는지 구명하고자 시험을 수행한 바 몇 가지 結果를 얻었기에 보고하는 바이다.

## 材料 및 方法

本 試驗은 1995년도에 農村振興廳 作物試驗場 作物環境科 圃場의 비가림 하우스안에서 建築用 블럭으로 너비 120cm, 높이 60cm로 쌓아 올린 베드를 利用하였다. 바닥은 지하수의 차단과 누수를 방지하기 위해 스티로폴과 0.05mm 비닐을 깔고, 20cm 정도 마사토를 充填한 후 그 위 40cm는 표 1과 같이 약산성이며 유기물 함량이 보통인 양토를 充填한 후 재배하였다. 播種은 황금콩을 5월 3일에 畦幅 50cm, 株間距離 40cm로 2알씩 점파

하였으며, 6월 6일 1본씩만 남기고 숙음작업을 한 후 10월 9일 收穫하였다.

旱害를 유도하기 위한 처리는 영양생장기인 伸長期에 제 3 複葉期부터 30일간 斷水(FNS, 6월 5일~7월 3일)와 生育중기인 着莢始부터 30일간 斷水(BPS, 7월 21일~8월 20일), 生育후기인 粒肥大始부터 30일간 斷水(BSS, 8월 1일~8월 30일) 및 전 生育기간 동안 포장 용수량 수준을 유지한 대조구를 두었다.

시비량은 성분량으로 10a당 질소 4kg, 인산 7kg, 칼리 6kg을 전량 기비로 시용하였으며, 기타 관리는 관행에 준하였고, 시험구는 난괴법 3반 복으로 배치하였다.

관수는 점적관수 테이프를 이용하여 포장용수량 수준(-0.03MPa)을 유지하기 위하여 tensiometer를 매일 관찰하면서 관수를 하였으며, 旱害 處理는 生育시기별 일정처리기간 동안 점적관수 파이프에 설치한 밸브를 잠그어 斷水を 했다.

乾物重은 80℃에서 24시간 건조시킨 후 秤量하였으며, 엽록소 함량은 엽록소 측정기(SPAD-501, Minolta Co, Japan)를 이용하여 처리별 30 주씨의 상위 세째엽을 측정하였다.

뿌리분포는 收穫期에 각 처리별 0.8m<sup>2</sup>씩을 토심 10cm깊이별로 50cm깊이까지 채취하여 2mm 체로 선별한 후 조사하였다. 뿌리혹의 조사는 뿌리 분포를 조사하기 위해 채취한 시료에서 뿌리혹의 지름이 2mm 이상인 것을 選別하여 調査하였으며, 기타는 農村振興廳 試驗研究調查基準<sup>10)</sup>에 準하였다.

## 結果 및 考察

### 1. 地上部 生育의 變異

旱害處理 時期別 地上部 乾物重의 변화는 표 2

Table 1. Physicochemical properties of soil before treatment

Texture	pH (1:5)	OM (g/kg)	Av. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/kg)	Ex. cat. (c mol <sup>+</sup> /kg)			CEC (c mol <sup>+</sup> /kg)	Bulk density (g/cm <sup>3</sup> )
				Ca	Mg	K		
Loam	5.4	18	108	1.5	0.6	0.28	7.5	1.31

Table 2. Top dry weight as affected by drought stress at different growth stage

Treatment stage	After water stress*			Harvesting time		
	Stress (A)	Control (B)	A/B	Stress (A)	Control (B)	A/B
	.....g/plant .....					
FNS**	21.2	35.9	59.1	219	278	78.8
BPS***	157.2	216.1	72.7	257	278	92.5
BSS****	199.8	240.8	83.0	256	278	92.1

\* Weighted immediately after final day  
 \*\* FNS : Fourth-node stage.  
 \*\*\* BPS : Beginning pod stage.  
 \*\*\*\* BSS : Beginning seed stage.

Table 3. Chlorophyll contents as affected by drought stress at different growth stage

Treatment stage	After water stress*			Harvesting time		
	Stress (A)	Control (B)	A/B	Stress (A)	Control (B)	A/B
	.....SPAD counting .....					
FNS	26.4	39.9	66.2	36.8	37.7	97.7
BPS	46.1	53.2	86.7	37.4	37.7	99.2
BSS	51.0	53.3	95.7	37.7	37.7	100

\*Counted immediately after final day

와 같이 第 3 複葉期부터 斷水時(FNS)에 斷水處理 終了直後에는 대조구의 35.9g /주에 비해 40.9%가 감소되며, 생육기간이 경과되면서 회복이 되어 收穫期에는 21.2%로 감소율이 줄었지만, 처리시기간에 감소가 가장 컸다.

着莢始(BPS)와 粒肥大始부터(BSS) 斷水時는 FNS 斷水處理時보다 감소율이 현저히 낮아 수확기에는 8%정도 밖에 감소되지 않았는데 이는 지상부의 영양생장이 거의 끝난 시기이었기 때문에 감소가 적었던 것으로 생각된다.

旱魃處理 時期別 엽록소 함량은 표 3과 같이 斷水處理 終了 直後에는 FNS 斷水時 대조구에 비해 33.8%가 감소되었으며, BPS 斷水處理時는 13.3%가 감소되었고, BSS 斷水處理時는 대조구와 유사하였으며, FNS 斷水處理時 가장 감소율이 컸다.

收穫期에는 모든 처리시기의 처리구에서 회복이 되어 대조구와 거의 유사한 경향을 보였다. 干과 金<sup>3)</sup>은 관수구에 비해서 한발구는 수광량과 엽록소 함량 등이 감소된다고 한 결과와 같은 경향이였다.

## 2. 地下部 生育의 變異

旱魃處理 終了直後の 토양깊이별 뿌리의 분포는 표 4와 같이 지표면 20cm이내의 깊이에서 90%정도 분포되어 있으며, 지표면 10cm이내의 깊이에서는 斷水 處理時 대조구에 비해 3.7%가 적었으나, 토심이 깊어질수록 斷水 處理時 뿌리 분포율이 증가되었다.

이는 관수처리한 것이 무관수한 것보다 지표면 가까이에 뿌리가 분포한다는 보고<sup>3)</sup>와 같은 경향이였다.

지표면 20cm이상 깊이의 뿌리 분포율은 FNS는 대조구가 斷水處理區보다 36%가 많았으나, BPS와 BSS는 반대로 斷水處理時 대조구에 비해 40% 이상의 많은 양이 분포되었다.

뿌리의 乾物重은 대조구에 비해 FNS 斷水處理時 10%가 감소되었으며, BPS 斷水處理時는 21%가 감소되었고, BSS 斷水處理時는 5%가 감소되어 BPS 斷水處理時 뿌리 乾物重이 가장 감소되었는데 이는 수량 감소의 큰 원인이 되었을 것으로 사료된다.

Table 4. Root distribution on soil profiles as affected by drought stress at different growth stage

Treatment Stage	Percentage of root distribution					Total	Root dry weight (g /plant)
	0~10cm	10~20cm	20~30cm	30~40cm			
FNS	stress	75.4	15.4	9.2	0	100	6.5
	control	72.2	15.3	12.5	0	100	7.2
BPS	stress	77.7	7.8	11.6	2.9	100	10.3
	control	85.4	7.7	4.6	2.3	100	13.0
BSS	stress	80.2	10.3	7.1	2.4	100	12.6
	control	84.9	8.3	5.3	1.5	100	13.2
Mean	stress(A)	77.8	11.1	9.3	1.8	100	9.8
	control(B)	80.8	10.4	7.5	1.3	100	11.1
Ratio	(A/B)	96.3	106.7	124.0	138.5	100	88.3

Table 5. Nodule distribution on soil profiles as affected by drought stress at different growth stage

Treatment stage	Number of nodule (No. /plant)				Nodule		
	0~10cm	10~20cm	20~30cm	Total	Dry wt. (g /plant)	Thousand wt.(g)	
FNS	stress	70.8	7.8	1.3	79.9	0.16	1.94
	control	112.5	2.5	0	115.0	0.16	1.36
BPS	stress	95.0	5.0	3.1	103.1	0.46	4.46
	control	363.0	49.0	4.5	416.5	1.68	4.04
BSS	stress	262.5	73.5	27.5	363.5	1.80	4.95
	control	441.3	37.3	13.0	491.6	2.56	5.21
Mean	stress (A)	142.8	28.8	10.6	182.2	0.81	3.78
	control(B)	305.6	29.6	5.8	341.0	1.47	3.54
Ratio	(A/B)	46.7	97.3	182.8	53.4	55.1	106.8

한발처리 終了直後 토심별 뿌리혹의 분포는 표 5와 같으며 뿌리혹의 수는 지표면 20cm이내의 깊이에서 90%이상이 분포되어 있으며, 특히 10cm이내의 깊이에서 85%이상이 분포되었다.

뿌리혹 수와 뿌리혹 乾物重은 旱魃處理를 받을 때 대조구에 비해 현저히 감소가 되었는데 FNS 斷水處理時 뿌리혹 수는 대조구의 115개/주에 비해 30.5%가 감소되었으며, BPS 斷水處理時는 75.2%, BSS 斷水處理時는 26.1%가 감소되었다.

뿌리혹의 乾物重은 FNS 斷水處理時는 대조구와 같았으며, BPS 斷水處理時는 72.6%, BSS 斷水處理時는 29.7%가 감소되어, BPS 斷水處理時 뿌리혹 수와 뿌리혹 乾物重의 감소가 가장 심하였

다.

### 3. 收量 및 關聯 形質의 變異

收量 및 關聯 形質의 變異는 표 6과 같이 莖長은 FNS 斷水處理時 85.1cm로 가장 작았으며, BPS와 BSS 斷水處理時는 대조구와 유사하였고, 분지수는 BPS 斷水處理時 8.3개/주로 가장 적었으며, 마디수는 각 처리간에 거의 유사하였다.

개체당 莖數는 FNS, BPS 및 BSS 斷水處理時 대조구에 비해 각각 23.8, 25.7, 14.1%가 감소되었으며, 개체당 粒數는 대조구에 비해 20.9~26.5% 감소되었고, m<sup>2</sup>당 수량은 FNS 斷水處理時 16.8%, BPS 斷水處理時 29.8%, BSS 斷水

Table 6. Comparison among branch, node, pod, grain number and yield of different growth stage by water stress

Treatment stage	Stem length (cm)	Branch (no. /plant)	Node (no.)	Pod (no. /plant)	Grain number (no. /plant)	Yield (g /m <sup>2</sup> )	Index
FNS	85.1	8.7	20.3	157	329	410	83.2
BPS	98.9	8.3	21.0	153	310	346	70.2
BSS	99.7	8.7	21.4	177	334	409	83.0
Control	98.1	8.9	21.1	206	422	493	100
LSD(5%)	9.5	ns	0.53	29.4	ns	91.9	

處理時 17.0%가 감소되어 BPS 斷水處理時 가장 큰 감소 피해가 있었다.

이는 수분부족에 의해 불균형적인 양분의 흡수로 꽃과 꼬투리가 크게 감소되어<sup>11)</sup> 收量이 크게 감소한다는 보고<sup>7,8,11)</sup>와 같은 경향이었다.

BPS 斷水處理時는 뿌리 乾物重과 뿌리혹수, 뿌리혹 乾物重, 개체당 莢數 및 개체당 粒重 등이 현저하게 감소되었는데 이는 관수구에 비해 한발구에서 수량 및 관련형질 등이 다양하게 감소되었다는 보고<sup>3)</sup>와 같은 경향이었다.

## 摘 要

토양수분 부족이 콩의 生育 및 收量에 미치는 영향을 알아보기 위하여 비닐하우스 안의 베드에서 우리나라 기상여건상 토양수분 부족의 유발 가능성이 높은 영양생장기인 伸長期에 제 3 複葉期부터 30일간 斷水(FNS)와 생육중기인 着莢始부터 30일간 斷水(BPS), 생육후기인 粒肥大始부터 30일간(BSS) 토양수분 부족을 유발시켜 시험을 수행한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 지상부의 乾物重은 FNS 斷水處理時 감소율이 가장 컸으며, BPS와 BSS 斷水處理時는 대조구와 큰 차이가 없었다.
2. 엽록소 함량은 FNS와 BPS 斷水處理時 處理終了 直後에는 현저히 감소되었으나, 收穫期에는 회복이 되어 대조구와 유사하였다.
3. 旱魃處理 終了直後의 토양깊이별 뿌리 분포는 斷水處理時 대조구에 비해 지표면 가까이에서 분포되었으며, 뿌리혹 수와 뿌리혹의 乾物重은 BPS 斷水處理時 감소가 가장 심하였다.

4. 개체당 莢數, 개체당 粒重 및 收量은 斷水處理時 대조구에 비해 현저하게 감소되었으며, BPS 斷水處理時 감소율이 가장 심하였다.

## LITERATURE CITED

1. Boyer J.S and B.L Bowen. 1970. Inhibition of oxygen evolution in chloroplasts isolated from leaves with low water potentials. *Plant Physiol.* 45:612-615.
2. 정영상, 유관식, 오동식, 임정남, 유순호. 1981. 기상과 土壤水分 변화 양상 조사. 농업기술연구소 보고서(화학부편) : 251-265.
3. Chun J.U and J.H Kim. 1992. Effects of water stress on leaf orientation, apparent photosynthetic rate, transpiration rate, yield and its related traits in soybean plants. *Korean J. Crop Sci.* 37(4):313-319.
4. Doss D.R, R.W Pearson and H.T Rogers. 1974. Effect of soil water stress at various growth stages in soybean yield. *Agron. J.* 66:297-299.
5. Kono Y, K Tomida and J Tatsumi. 1987. Effects of soil moisture conditions on the development of root systems of soybean plants. *Japan J. Crop Sci.* 56(4):597-607.
6. Mayaki W.C, I.D Teare and L.R Stone. 1976. Top and root growth of irrigated and nonirrigated soybeans. *Crop Sci.* 16: 92-94.

7. Mederski H.J. 1983. Effects of water and temperature stress on soybean plant growth and yield in humid, temperate climates. In C.D, J.R Raper and P.J Kramer(ed.) Crop reactions to water and temperature stresses in humid, temperate climates. Westview Press. p. 35-48.
8. \_\_\_\_\_ and D.L Jeffers. 1973. Yield response of soybean varieties grown at two soil moisture stress levels. Agron. J. 65:410-412.
9. 농촌진흥청. 1995. '94 旱魃과 고온장해 분석 보고서. pp. 229.
10. \_\_\_\_\_. 1995. 농사시험 연구조사기준. pp. 603.
11. 박근용, 이상용. 1989. 콩, 옥수수재배, 농촌진흥청. pp. 193.
12. Sharp R.E and J.S Boyer. 1985. Loss in chloroplast activity at low leaf water potentials in sunflower : The significance of photoinhibition. In Cellular and molecular biology of plant stress. Alan R. Liss, Inc. p. 41-49.
13. Shin C.W, J.H Yoon, B.L Hur and J.J Kim. 1984. Effect of P application on soybean with the different soil moisture content. Korean Soc. Soil Sci. Fert. 17(1):30-34.
14. Son S.Y et al. 1977. Studies on the soil moisture in the soybean cultivation. Chungbug Univ. Press. Vol. 12:281-289.
15. Van Doren D.M and D.C Reicosky. 1987. Tillage and irrigation. Soybeans : Improvement, production and uses. 2nd Edition. J.R. Wilcox ed., Agronomy no. 16., Madison, Wisconsin, USA. p. 391-428.
16. Wells R, L.L Schulze, D.A Ashley, H.R Boerma and R.H Brown. 1982. Cultivar differences in canopy apparent photosynthesis and their relationship to seed yield in soybeans. Crop Sci. 22:886-890.
17. Zinkan C.G et al. 1974. Oxygen in water culture influences growth and nutrient uptake of jack pine, black spruce and white spruce seedling. Can. J. Plant Sci. 54:553-558.