

地下水位에 따른 콩品種의生育特性 및收量反應

尹曠壹* · 李弘秬*

Soybean Yield Performance and Growth Characteristics in Response to Underground Water Table Depth

Kwang Il Yun* and Hong Suk Lee*

ABSTRACT : Excessive water stress is one of major limiting factors affecting soybean yield, especially when soybean is grown in converted upland from paddy field. The present study was undertaken to know the genotypic variation in yield response of soybean to different environments in combination with soil texture and underground water table depth. Eight recommended soybean varieties in Korea and two supernodulating soybean mutants introduced from USA were planted in the lysimeter which was filled with two different soil types(sandy loam and clay loam). Of three underground water table depths(10, 30, and 50 cm) during whole growth stage, the lowest 10 cm was included to create excessive water stress. Yield was significantly different according to the underground water table depth and soybean genotypes, whereas soil type did not affect yield. There were significant interaction effects of soybean yield among soil type, soybean genotype, and underground water table depth. Yield of nts1116 showed the highest across environments. Based on the regression analysis, the most stable variety was Sobaeknamulkong($bi=1.09$). Jangsukong was fairly stable and high in yield, when compared to other soybean genotypes. However, nts1116 was the most desirable($D_i=228$) mainly due to the highest yield rather than the greater stability over environments. Multiple regression analysis revealed that shoot dry weight and nodule number were major factors affecting yield in the combined data over three water table depths and two soil types.

Key words : Soybean, Excessive water stress, Underground water table depth, Sandy loam, Clay loam.

최근 논의 범용화 차원에서 콩의 畚田輪換栽培는 논의 地力維持와 生産力向上 차원에서 그 의미가 크다. 특히 논은 대체로 비옥하고 평탄하여 물관리가 용이하지만 대체적으로 地下水位가 높고 6월 하순부터 7월 하순에 걸친 긴 장마철을 경과할 때는 침수의 피해가 우려되고 이는 콩의 전

생육기간에 걸쳐 습해를 야기시켜 安定的 生産에 큰 制限要因으로 作用하게 되며(Choi³⁾, Lee et al.,^{8,9)}, 地下水位變化에 따른 土壤의 物理化學的 特性에 미치는 영향도 지대하다(Kim et al.⁶⁾).

濕害는 Levitt et al.¹¹⁾에 의하면 과습에 의하여 토양 중에 포장 용수량 이상의 水分이 존재할 때

* 서울대학교 농학과(Dept. of Agronomy, Seoul National Univ., Suwon 441-744, Korea)

〈'97. 4. 2 接受〉

일어나며 과습조건에 처하는 부위는 뿌리이므로 초관부에 나타나는 위조와 같은 장애는 높은 수분 장력에 의해 직접적으로 발생하는 것이 아니고 土壤空氣의 組成이나 養分과 같은 다른 조건들을 변화시키므로써 2차적으로 유발되는 현상이라고 했다. Chae²⁾는 논과 밭의 재배시 콩 품종에 따라 生育反應의 차이가 있음을 보고하였고, 그의 일련의 지하수 변화에 따른 콩 생육의 연구보고에 의하면 품종간 생태적 적응도 및 수량의 차이가 인정되어 畝田 輪換栽培時의 적합한 콩品種 選拔은 중요한 것으로 생각된다. 그러나, 현재까지 우리 나라에서 콩의 주된 습해 연구는 콩 생육의 특정시기에 습해처리를 통한 연구(Choi³⁾, Kim et al.,⁷⁾ Lee¹⁰⁾)가 주를 이루어 왔고 생육전반에 걸친 습해처리에 의한 연구는 미흡한 실정이다.

본 시험은 土壤條件과 地下水水位를 달리하여 10개 품종을 공시하고 콩 생육 전반에 걸친 지하수위 처리에 의해 습해를 유발하여 개화기의 생육상황과 품종간 수량 차이를 고찰함과 동시에 環境變化에 따른 收量 安定度를 분석하여 耐濕性 品種의 選拔 育種에 이용하고자 수행하였다.

材料 및 方法

본 시험은 서울대학교 농업생명과학대학 부속 실험농장에 설치되어 있는 가로 및 세로가 4×4m 이고 높이가 2m 크기인 대형 콘크리트 풋트(lysimeter)를 이용하였는데 이들 풋트는 下部에 配管施設을 設置하여 급수 및 배수가 잘 되도록 하였고 사양토 및 식양토를 각각 채웠다. 水位 調節은 물탱크로부터 급수관을 이용하고 水位는 물을 저면에서 공급하여 지표로부터 10, 30, 50cm가 되도록 3수준으로 하였다. 공시재료는 국내장려 품종으로 소백나물콩 등 8품종과 미국 도입계통으로서 다량 근류 형성 변이체인 nts1116, nts1007 2계통으로 총 10품종 및 계통을 공시하여 실험재료로 사용하였으며 V₁ 生育期 이후에 全生育期間에 걸쳐 일정한 수위를 維持하도록 물관리를 하였다. 시비량은 N-P-K를 成分으로 4-7-6kg/10a로 하였으며, 播種間隔은 60cm×20cm 1주

2본식으로 하여 6월 25일에 파종하였다. 파종후 근류균(*Bradyrhizobium japonicum*)을 접종하였고, 그 밖의 관리는 標準栽培法에 준하였다.

R₁-R₂ 生育時期에 葉面積, 葉綠素含量, 乾物重, 根瘤의 着生을 조사하였고 성숙기에 收量 및 收量構成要素를 조사하였다. 엽록소함량의 측정은 엽록소측정기(SPAD 501, Minolta Co., Japan)를 이용하여 측정된 후 환산식(0.0533X-0.133 R²=0.993)을 이용하여 엽생체중당 엽록소함량을 산출하였다. 지하부 생육량은 내직경 10cm, 길이 15cm의 철제 원통으로 시료를 채취하여 조사하였다.

지하수위 및 토양특성 등 환경변화에 따른 품종들의 수량 안정도 계수(stability parameter: b_i) 산출은 Eberhart & Russell⁴⁾의 회귀분석방법을 이용하였는데, 수량 안정도 분석을 위한 環境指數(environmental index: EI)는 다음식으로부터 구하였다.

$$\bar{Y}_{.j} - \bar{Y}..(\bar{Y}_{.j} : \text{처리에 따른 평균수량}, \\ \bar{Y}.. : \text{전체의 평균 수량})$$

위와 같이 구한 환경지수에 대한 수량의 回歸係數를 구하여 품종들의 안정도를 비교하였으며, 수량 안정성 정도는 Bilbro & Ray¹¹⁾의 방법에 준하여 b_i가 1에 근접한 품종을 안정성이 높은 것으로 하였다.

한편, 환경변화에 따른 우수한 품종 선발은 수량 안정도뿐만 아니라 절대수량이 중요한 요소로 평가된 Hernandez et al.⁵⁾이 제시한 모델 $Y_i = \mu_i + \beta_i I$ (Y_i: i번째 품종의 수량, μ_i: i번째 품종의 지역평균치, β_i: 회귀계수, I: 환경지수)로부터 유망도지수(desirability index: D_i)를 구하여 품종간 비교를 하였다. $D_i = Y_i + (b_i)C_i$ 이며, 여기서 $C_i = (I_a + I_b) / 2$ (I_a, I_b는 EI의 최대치와 최소치)이다.

結果 및 考察

R₁ 이후 콩의 전 생육기간동안에 土性別로 地下水位 處理를 한 품종별 개화기의 생육은 R₁₋₂ 시기에 엽록소함량, 엽면적, 지상부 건물중, 지하부 건물중, 뿌리혹 수를 조사한 바에 의하면, 지하수위 간, 품종간에 有意인 差異(p<0.01)를 나타내었다. 한편 모든 조사된 형질에 있어서 지하수위와 토성, 지하수위와 품종, 토성과 품종, 지하수위 및 토성과 품종 등의 相互作用效果가 인정되어 지하수위와 토양특성에 따른 품종간의 반응이 相異하여 조사된 주요 생육형질에 의한 내습성 품종 선발은 용이하지 않음을 보여주고 있다.

收量은 품종과 지하수위에 따라서는 고도의 有意적 차이가 인정되어 특히 사양토에서는 지하수위 10 cm 처리의 경우 공시품종을 평균하여 37 kg/10a에 불과하여(표 1) 습해 피해가 심하였음을 알 수 있다. 한편, 사양토 및 사양토간 토성에 따라서는 수량 차이가 인정되지 않았다. 그러나 Lee et al.⁸⁾이나 Choi³⁾의 보고에 의하면 토성에 따른 수량 차이가 있었다고 하며, 지하수위가 높을수록 사양토에서의 수량이 식양토의 수량보다

높았다고 하여 상이한 연구 결과를 보였는데, 이는 品種 및 土壤物理性뿐만 아니라 降雨 등 氣象條件과 土壤肥沃度 등 여러 가지 環境의 要因에 의하여 영향을 받았기 때문으로 생각되며 이에 대한 연구가 필요할 것이다. 본 시험에서는 土성과 地下水位, 土성과 品種의 相互作用 그리고 土성과 地下水位와 品種과의 相互作用에 있어서도 고도로 有意성이 있는 것으로 나타났으며 이는 Lee et al.⁸⁾의 보고와 일치한다.

그림 1은 環境指數에 따른 수량의 반응을 나타낸 것인데, 품종 각각의 수량과 환경지수간의 회귀값을 구하여 품종 각각의 평균수량치를 나타낸 것이 품종들의 收量 安定度를 수치화한 것이다. 처리에 따른 전체평균수량과 환경지수의 직선회귀를 구하여 직선 回歸係數 b_i를 추정하였고, 수량안정성이 높은 b_i=1을 기준으로 각 품종간 비교를 하였다. 지하수위 처리조건에서 안정성이 높은 b_i=1에 가까운 것으로는 소백나물콩이 b_i=1.09으로서 가장 안정성이 높았으며 화엄꽃콩이 b_i=0.38으로서 안정성이 가장 낮았다. 수량 안정도는 품종의 환경에 따른 안정성을 나타낸 것으로 환경의 변화에 따른 수량의 변화 정도를 나타내기 때문에 우수한 품종을 選拔하기 위해서는 모든 환경에 걸친 絕對平均收量이 고려되어야만 할 것이다.

Table 1. Varietal differences in soybean yield as affected by different underground water table depth and soil texture

Variety	Sandy loam				Clay loam				Total mean
	Underground water table depth				Underground water table depth				
	10	30	50	Mean	10	30	50	Mean	
Sobaeknamulkong	20	227	247	165 ^c	118	265	341	241 ^a	203 ^{b†}
Hwaeomputkong	22	110	116	83 ^d	86	126	136	116 ^{bc}	99 ^d
Muhankong	61	206	227	165 ^{bc}	117	249	266	211 ^a	188 ^{ab}
nts1116	46	340	435	274 ^a	135	158	322	205 ^{ab}	239 ^a
Keunolkong	5	94	150	83 ^d	29	81	129	80 ^c	81 ^d
Duyoukong	31	209	381	207 ^b	95	191	296	194 ^{ab}	200 ^b
Eunhakong	51	148	234	144 ^c	86	165	176	142 ^{bc}	143 ^c
Jangsukong	62	264	399	242 ^a	122	165	230	172 ^{ab}	207 ^{ab}
Kwangankong	35	179	347	187 ^b	59	163	237	153 ^{abc}	170 ^{bc}
nts1007	37	224	316	192 ^b	86	170	320	192 ^{ab}	192 ^b
Mean	37 ^c	200 ^b	285 ^a	174	93 ^b	173 ^a	245 ^a	170	

† Within treatments, means (column or row) not followed by the same letter are significantly different at $\alpha=0.05$ based on DMRT.

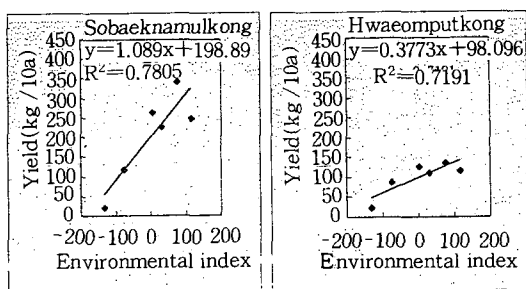


Fig. 1. Regression of soybean yield against environmental index.

이와 같이 수량 안정도만으로 육종가가 원하는 우수한 품종을 결정하기 어렵기 때문에 安定度에 絶對 收量을 고려하여 수치로 나타낸 것이 유망도지수(D_i)이다. 표 2는 유망도지수를 산출한 것으로 품종들의 D_i 값에 의하면 nts1116의 유망도가 가장 높은 것으로 나타났다. 이와같이 nts1116의 $b_i=1.50$ 으로 안정성은 크게 떨어지지만 지하수위 처리시 평균수량이 가장 높은 품종이기 때문이다. 지하수위에 따른 품종의 선택에 있어서 수량만을 고려할 때 nts1116이 가장 우수하며 수량안정성을 고려할 때는 소백나물콩과 장수콩이 좋은 것으로 나타났다.

표 3은 수량과 관계되는 生育形質을 다중회귀로 분석한 결과이다. 收量을 從屬變數로 하고 開花期 生育形質들을 獨立變數로 하여 토성 및 지하수위에 따른 개화기 생육이 수량에 미치는 영

Table 2. Genotypic difference in mean yield, stability parameter(b_i), and desirability index(D_i)

Variety	Mean yield (kg/10a)	b_i	D_i (kg/10a)
Sobaeknamulkong	203	1.09	195
Hwaeomputkong	99	0.38	97
Muhankong	188	0.77	182
nts1116	239	1.50	228
Keunolkong	81	0.60	77
Duyoukong	200	1.36	190
Eunhakong	143	0.68	138
Jangsukong	207	1.18	198
Kwangankong	170	1.20	161
nts1007	192	1.24	183

향을 분석한 결과이다. 사양토에서는 지상부 건물중과 지하부건물중이, 식양토에서는 지상부 건물중과 뿌리혹수가 有意性 있는 回歸係數를 나타내었고 전체적으로 볼 때 지상부 건물중과 뿌리혹수가 有意性 있는 요인으로 분석되었으며, 특히 전체적으로는 개화기의 지상부 건물중이 수량에 큰영향을 주고 있음을 보여주었다. Choi³⁾에 의하면 콩의 습해처리시 개화기 건물중이 수량과 有意性 있는 상관이 나타난 것으로 보고되고 있는데 본 실험에서도 같은 경향을 보이고 있다. Lee et al.⁸⁾은 생육 및 수량은 단위 엽면적당 광합성 능력의 차이보다는 葉面積과 生育量에 의해

Table 3. Multiple regression analysis for soybean yield with several growth characters at flowering stage as affected by different underground water table depth

Growth character	Soil Type					
	Sandy		Clay		Combined	
	b_i	T	b_i	T	b_i	T
Chlorophyll content	88.43	1.34	-74.71	-1.84	1.36	0.04
Leaf area	0.001	0.11	0.015	1.11	0.011	1.28
Shoot dry weight	30.28	4.92**	16.93	3.09**	26.29	6.12**
Root dry weight	-60.51	-2.52*	12.98	0.57	-36.72	-2.17
Nodule number	0.39	1.02	0.51	4.28**	0.35	2.93**

*, ** are significant at $\alpha=0.05$ and 0.01, respectively.

크게 영향을 받을 것이라고 하였다. 따라서 지하수위 조절에 의한 濕害誘發時 지상부 생육저해가 收量의 減少에 크게 영향을 미치는 것으로 생각되었다.

摘 要

土性 및 地下水位에 따른 콩 품종의 生育 및 收量反應을 알아보기 위하여 라이시미터에 식양토와 사양토를 채운 후 표면으로부터 10, 30, 50cm로 지하수위를 조절하고 전 생육기간에 걸쳐 처리하여 조사한 결과는 다음과 같다.

1. 토성에 따라 地上部 乾物重과 地下部 乾物重, 뿌리혹수는 유의적인 차이를 보이고 있으나 엽면적과 葉綠素含量은 차이를 보이지 않았다. 토성, 지하수위, 품종의 각 상호작용에 있어서는 개화기에 조사된 생육형질들 모두 유의적인 차이를 보였다.
2. 收量은 품종과 지하수위에 따라 유의적인 차이를 보이고 있으나 토성에 따라서는 유의적인 차이를 보이지 않았다.
3. 收量安定度 係數는 소백나물콩이 $b_1=1.09$ 로 지하수위 처리 조건에서 가장 수량 안정성이 높은 품종으로 나타났으며 화엄꽃콩은 $b_1=0.38$ 로 비교적 안정성이 낮은 품종으로 나타났다.
4. 有望度指數는 초다근류계통인 nts1116이 $D_1=228$ 로 가장 높은 값으로 조사되었으며 큰올콩은 $D_1=77$ 로 가장 낮은 값을 나타냈다.
5. 生育과 收量과의 多重回歸分析에 의하면 지상부 건물중과 지하부 건물중, 뿌리혹수가 수량에 영향을 미치는 주요요인으로 나타났으며 지상부 건물중과 지하부 건물중은 사양토에서, 지상부 건물중과 뿌리혹수는 식양토에서 수량에 유의적인 영향을 미쳤다.

引用文獻

1. Bilbro J.D and Ray L.L. 1976. Environmental stability and adaption of several cotton cultivars. *Crop Sci.* 16:821-824.
2. Chae J.C. 1988. Effect of different underground water table treatments on the growth and yield of soybean varieties in paddy field. *Res. Rept. RDA (Agri. Inst. Coop.)* 31:235-242.
3. Choi K.J. 1994. Effect of excessive water stress on the growth and yield of soybean. *Research Reports of Agronomy, Seoul National Univ. Ph. D. Dissert.*
4. Eberhart S.A and Russell W.A. 1966. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Sci.* 6:36-40.
5. Hernandez C.M, Crossa J and Castillo A. 1993. The area under the function: an index for selecting desirable genotypes. *Theoretical and Applied Genetics* 87:409-415.
6. Kim L.Y, Jo I.S, Um K.T and Park M.H. 1991. Changes of soil characteristics and crop productivity by the paddy-upland rotation system. 2. Changes of soil chemical properties and crop productivity. *Res. Rep. RDA* 33(2):18-23.
7. Kim S.W, Kim S.J and Kim H.J. 1991. Effect of drainage treatment on the growth and yield of soybean for the multipurpose of paddy fields. *Korean J. of Agri. & Eng.* 33(1):37-44.
8. Lee H.S, Gu J.W and Yun S.H. 1993. Effects of water potential and underground water table on the rhizobium activity, growth, yield and seed quality of soybean 1. Effects of underground water table at different soil on the rhizobium activity, growth, yield and seed quality of soybean. *RDA J. Agri. Sci. (Agri. Inst. Coop.)* 35:1-11.
9. _____, _____, and _____. 1993. Effects of water potential and underground water
1. Bilbro J.D and Ray L.L. 1976. Environ-

table on the rhizobium activity, growth, yield and seed quality of soybean 2. Effects of water potential control of soil by irrigation and ridging on the growth and yield of soybean. RDA J. Agri. Sci. (Agri. Inst. Coop.) 35:1-11

10. Lee K.H. 1995. Effect of waterlogging

and soil-heaping on adventitious root formation, growth and yield of soybean. Seoul National Univ. MS Thesis.

11. Levitt J et al. 1980. Responses of plants to environmental stresses. Academic Press, Vol. II. 213-224.