

환경스트레스에 대한 대두의 물질생산에 관한 생태생리학적 연구 제1보. 토양수분조건이 콩의 증산작용, 건물생산속도 및 보수량에 미치는 영향

이충열[†] · 김성만 · 김용철 · 최인수 · 박현철

밀양대학교 농학과

Ecophysiological Studies on the Matter Production of Soybean to the Environmental Stress

1. Changes in Transpiration, Water Requirement and Dry Matter Production under the Conditions of Soil Water Content

Chung-Yeol Lee[†], Sung-Man Kim, Yong-Chul Kim, In-Soo Choi and Hyeon-Cheal Park

Department of Agronomy, Miryang National University, Miryang 627-702, Korea

Abstract

Three soybean cultivars, Hwangkeum, Tanyeob and Enrei were planted in the same pot under glasshouse conditions to investigate the influence of the different soil water content such as pF 1.4(wet), 2.1(control) and 3.6(dry) on the transpiration rate, dry matter production and water requirement. The transpiration rate remained the high constant rates under the wet soil condition and the control than the dry condition, and showed a linear correlation between transpiration rate and solar radiation under the all condition of soil water. The transpiration rate highly increased in the morning, but dramatically decreased in the other time in a day. The dry matter production was higher under the conditions of wet soil and the control than that under the dry condition. Also, the dry matter production Tanyeob was higher than other cultivars under all soil water content. The water requirement was higher for Enrei and lower Tanyeob than the control.

Key words – Dry matter production, Soil water content, Soybean, Transpiration, Water requirement

서 론

작물은 생육기간중 다양한 환경변화에 대하여 기관의 조절기능을 통해서 스트레스 조건에서도 적극적으로 적응해 간다. 환경변화에 대한 작물의 적응능력은 개개의 생리

적 기능과 형태적 변화에 의해서 발휘되기도 하지만, 기능적 역할이 서로 다른 기관들이 상호간에 교호작용으로 조절기능을 나타내기도 한다. 특히, 수확물을 대상으로 하는 작물에 있어서는 환경인자의 변동에 대한 광합성기능의 실태와 물질분배, 근계 및 지상부 기관의 형태적, 생리적

[†] Corresponding author

기능과 상호관계를 이해하는 것이 매우 중요하다.

콩의 재배환경을 개관해 보면, 그 재배기간이 봄에서부터 가을까지로 보통 관개시설이 불안정한 밭이나 산간지에서 재배되는 경우가 많기 때문에 생육에 필요로 하는 수분은 거의 강우에 의존할 수 밖에 없는 실정이며, 우리나라의 기상적 특징을 살펴보면 강우가 6, 7월에 집중되어 긴 장마로 인하여 토양수분이 습윤한 상태에서 생육중·후기인 8, 9월에는 강우량의 저하와 함께 고온 및 일사량의 증가로 증발산이 많아짐으로 토양수분이 감소하게 되어 한발조건으로 들어서게 된다. 이로 인하여 뿌리의 수분 흡수량이 증산량에 미치지 못하게 되어 수분 스트레스를 받게 되고 콩의 각 기관은 생리적 기능억제를 받게 되어 수량감소를 가져오게 된다.

더우기, 콩은 논에서 생육하는 수도와는 달리 토양수분 변동이 매우 심한 환경조건하에서 생육하기 때문에 건물 생산의 분배에 많은 차이를 가져 올 뿐만 아니라, 토양수분 변화에 따라 증산량, 요소량, 광합성 및 그 관련형질에도 다양한 형태로 영향을 미치리라고 생각된다.

이에 관련하여 오래전부터 많은 연구가 이루어져 콩 생육에 있어서의 토양수분의 중요성을 지적한 바 있고[3-6, 9-13], 岡本[21]는 토양수분이 최대용수량의 65%-76%에서 주당협수와 자실중이 증가한다고 보고한 바 있다. 또한, 증산량 그리고 호흡속도에 관한 토양수분의 영향에 대해서도 Allen[1], Boyer[2], Ioth 등[7]에 의해 다양한 연구가 이루어져 있고 福井 등[16]에 의하면, 토양수분 결핍에 의해 증산량이 현저하게 저하한다고 하였으며, 猪山 등[18]은 단수처리에 의해 광합성속도가 저하하기 시작하여 호흡속도가 저하한다고 보고한 바 있으나, 토양수분에 따른 건물 생산 능력의 변화 및 증산량과 요소량등에 대해서는 상세하게 구명되어 있지 않다.

이상의 관점에서, 토양수분에 따른 콩의 건물생산 및 증산량의 변화와 요소량 차이 등을 구체적으로 구명하는 것은 콩의 수량향상 및 환경스트레스에 대한 내성 품종 선발에 중요한 자료가 되리라고 생각한다. 따라서, 본 연구는 수량저해의 환경요인중 토양수분에 대하여 증산작용을 측정·조사한 후 작물간 비교·검토하였다.

재료 및 방법

본 실험은 한국품종 황금콩 및 단엽콩, 일본품종 엔레

이(Enrei)를 공시하여 1/2000a Wagner pot에 비옥한 토양을 건토로 7.6kg을 충전시킨뒤, 동일 품종을 5립씩 파종, 발아후 균등한 2개체만을 생육시켰다. 비료는 복합비료(N:P₂O₅:K₂O=12:18:16)를 이용하여 풋트당 10g씩 전량 기비로 사용하였다.

Pot의 토양수분조절은 파종당시부터 pF 1.7로 조절, 매일 Pot의 중량을 달아 감량한 만큼 수분을 공급하였다. Pot의 무게에는 식물체의 중량이 포함되어 있기 때문에 별도의 Pot를 준비하여 개체의 중량을 측정해서 그 무게에 해당하는 양을 더 보급하였다. 토양수분 pF(X)와 토양함수비(Y)와의 관계는 농화학회법[19]에 의거하여 구했던 바 $Y=2.24X^2-31.7X+112.1(r=-0.979^{**})$ 라는 관계식을 얻었다.

토양수분처리는 파종후 65일째부터 토양수분 pF 1.4(함수비 75%, 습윤구), pF 2.1(함수비 55%, 표준구), pF 3.6(함수비 27%, 건조구)의 3수준을 설정하여 35일간 생육시켜 증산작용 및 건물증가량의 변화를 측정하였다. 증산작용의 측정은 Pot상면을 스치로폼을 이용하여 Pot둘레크기의 뚜껑을 제작하여 절반으로 나눈 후 Pot 상면을 덮고 나서 형겅테이프로 고정시켰다. 상면뚜껑에는 구멍을 뚫어 plastic 파이프로 연결한 뒤 매일 수분공급을 이 구멍을 통해 관수하였으며 관수후에는 고무마개로 막아 놓았다. 처리기간중에는 매일 19시에 저울로 Pot의 중량을 측정하여 1일 증산량을 구하였으며 다시 원상태 수준까지 수분을 보충하였다. 또한, 증산작용의 일변화는 토양수분처리후 11일째에 6시부터 20시까지 2시간별로 Pot의 중량을 재어 증산량의 일변화를 조사하였으며 야간에는 20시와 익일 6시에 Pot 무게를 측정하여 야간증산량을 조사하였다.

생육 및 건물중은 처리전과 처리 종료시에 지상부와 지하부의 각 기관에 대하여 조사하였다.

결과 및 고찰

토양수분별 증산작용의 변화와 일사량과의 관계

처리기간중의 일사량의 변화는 Fig. 1에서 보는 바와 같다. 그림에서 보는 바와 같이 처리기간중에 일사량은 일정하지 않았으며 5.0~26.8(MJ/m²)의 범위를 나타내었다.

정상적으로 생육시킨 풋트에 토양수분을 세수준으로 처리한 후, Pot당 증산작용의 변화를 측정한 바, Fig. 2에서 나타낸 것과 같다. 토양수분별로 증산작용을 살펴보면,

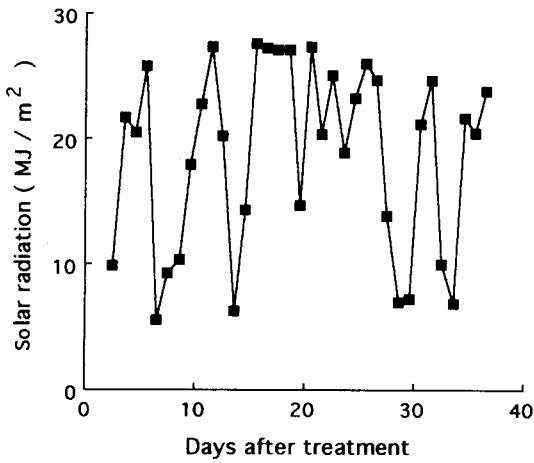


Fig. 1. Changes in solar radiation during the period of treatment.

토양수분이 가장 많은 습윤구에서 3품종 모두 증산작용이 가장 높았으며, 그 다음은 표준구가 높았고, 건조구가 가장 낮은 경향이였다. 일사량변동에 따라 세품종 모두에서 증산작용도 크게 변화하는 경향이었는데, 습윤구와 표준구에서 그 경향이 더욱 현저하였고 건조구에서는 일사량의 변화에 민감한 반응을 보이지 않았다. 따라서, 처리기

간중의 일사량과 증산작용과의 관계를 검토해 본 바, Fig. 3에서 보는 바와 같이 세 품종 모두에서 양자간의 관계가 1차직선 회귀식으로 나타났으며, 상관계수의 값이 $r=0.917 \sim 0.721$ 로 고도의 정의 상관관계가 인정되어 증산작용은 일사량과 밀접한 관계를 가지고 있다는 것을 알수 있었다. 이들 관계를 처리구별 회귀계수의 기울기로 살펴보면 습윤구, 표준구에서는 0.60~0.98, 건조구에서는 0.08~0.11로 토양수분이 충분한 습윤구와 표준구의 증산작용이 일사량에 아주 민감한 반응을 보이나, 건조구의 증산작용은 일사량에 관계없이 매우 낮은 증산작용을 보였다. 이와같은 결과에서 증산작용은 일사량의 변화에 따라 매우 민감한 반응을 보이는 것으로 사료되며 토양수분조건이 건조상태일 경우에는 일사량의 변화에 반응하지 않은 것으로, 이는 토양수분의 부족으로 뿌리의 흡수량이 감소하여 지상부로의 수분 전류량이 적은 관계로 기공이 폐쇄된 것으로 생각되며 Kramer [8]는 증산작용에 중요한 환경영향은 일사량과 토양수분으로 지적 한 바 있으며, 이 등[20]의 연구에서도 토양수분과 증산작용과는 밀접한 관계가 있으며 pF 3.7이상에서는 증산작용이 거의 일어나지 않는 것으로 보고한 바 있다.

토양수분별 증산작용의 일변화와 주야간의 차
토양수분별 증산작용의 일변화는 Fig. 4에서 보는 바

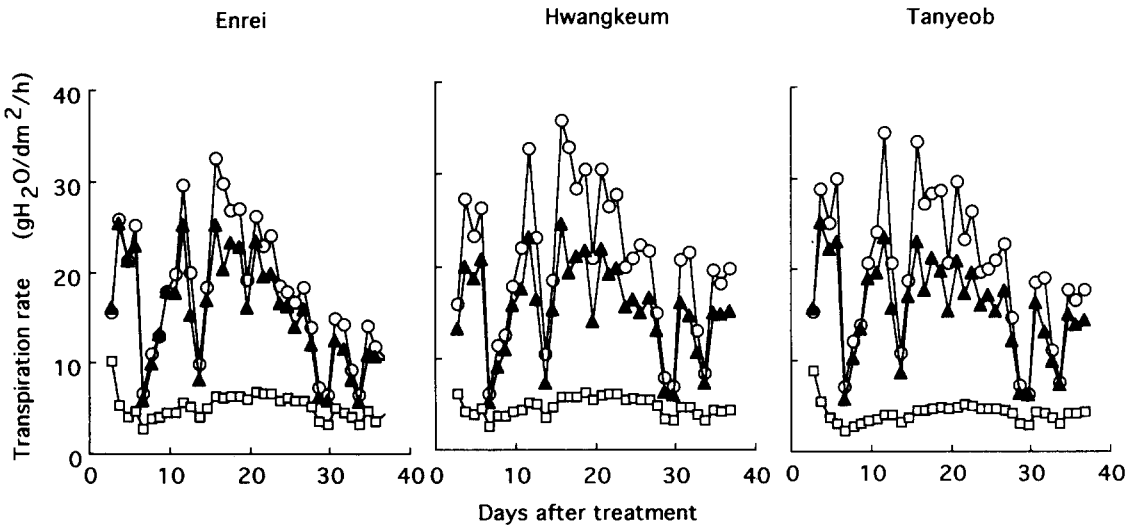


Fig. 2. Changes in transpiration rates at the different water quantity of soil.

—○— Wet soil water, —▲— Control, —□— Dry soil water

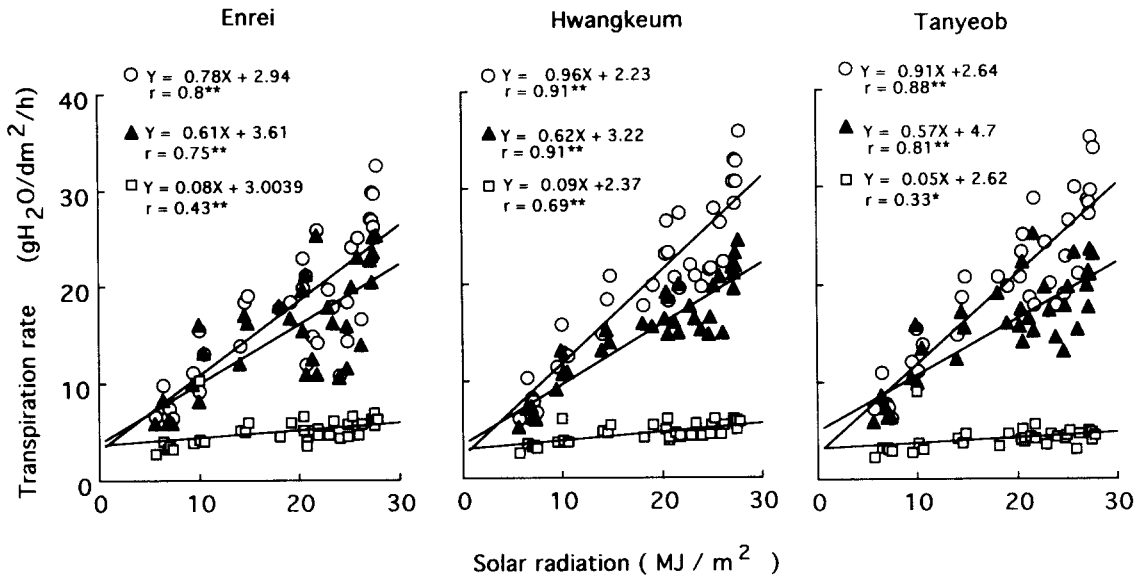


Fig. 3. Relationship between the solar radiation and the transpiration rate at the different water quantity of soil.
○ Wet soil water, ▲ Control, □ Dry soil water

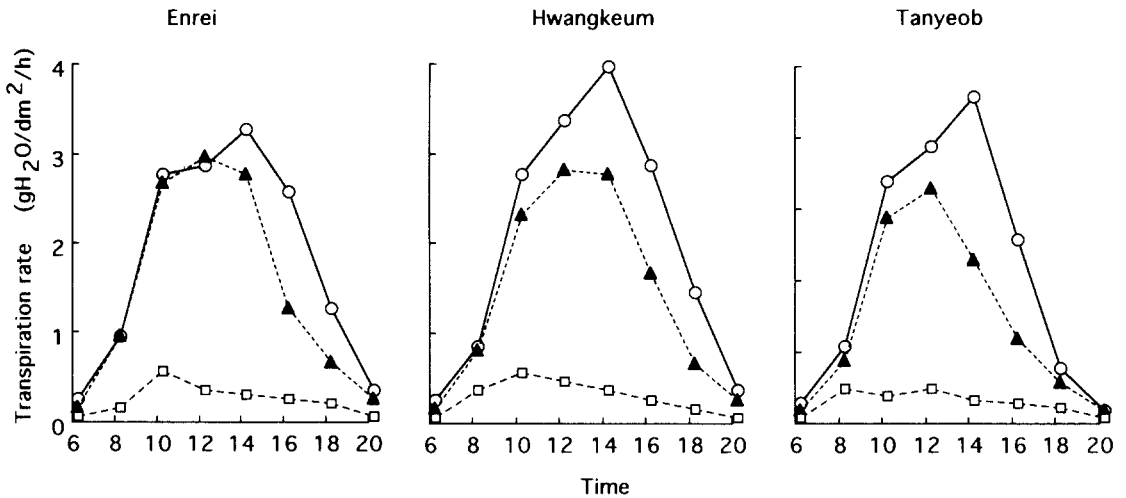


Fig. 4. The diurnal changes of transpiration rates at the different water quantity of soil.
—○— Wet soil water, —▲— Control, -□- Dry soil water

와 같다. 우선, 토양수분이 풍부한 습윤구를 살펴보면, 오전부터 광 강도가 강해짐에 따라 높아지면서 일사량이 강한 10시~16시 사이에 최고치에 도달한 후, 오후에 광이 약해짐에 따라 낮아지는 경향이었는데, 일중 가장 높은 증산작용을 나타낸 것은 12시~14시경이었다. 표준구의 경우

는 습윤구와 거의 동등한 경향이었고 건조구는 습윤구와 표준구와는 달리 일중 낮은 증산작용을 보였는데, 오전 10시경에 다소 높은 경향이였다. 이와 같이, 증산작용의 일변화는 토양수분조건에 따라 현저한 차이를 나타내며 건조구가 습윤구와 표준구에 비하여 낮은 경향이었는데, 이는

토양수분부족으로 인한 흡수량의 감소로 엽내수분의 감소를 막기 위해 기공을 폐쇄시키는 생리작용에 의한 것으로 사료되며 이 등[20]의 결과와 비슷하였다.

토양수분별 주야간의 증산작용의 변화를 측정하였던 바, Table 1에 나타낸 바와 같다. 표에서 보는 바와 같이 1일 평균 증산작용은 습윤구의 경우 엔레이가 1.21이었고 황금콩 1.34, 단엽콩 1.43 이었다. 표준구에서는 품종간차가 인정되지 않았고 건조구는 습윤구와는 정반대로 단엽콩이 0.15로 가장 낮았으며 황금콩 0.19, 엔레이 0.21로 높은 경향이였다. 주야간별로 검토하여 보면, 대체적으로 기공이 닫혀 있는 야간에 주간에 비하여 현저하게 낮은 경향이었는데, 야간의 증산작용은 습윤구에서는 품종간에 차이가 인정되지 않았지만 표준구에서 단엽콩이 다른 품종에 비해 작은 경향이었고, 건조구에서는 반대로 단엽콩이 높은 경향을 나타냈다. 또한, 주간에서는 습윤구의 경우 단엽콩이 2.39로 엔레이 2.00보다 20% 높은 경향으로 나타났으나, 건조구에서는 이와는 반대로 0.23으로 엔레이 0.34보다 33% 낮은 경향이였다. 이와 같이, 토양내 수분이 충분한 조건에서는 단엽콩이 일본품종 엔레이보다 주간의 증산이 높은 경향이였으나 토양수분이 적은 조건에서는 주간의 증산을 낮게 유지하는 경향이였다. 이는 단엽콩이 수분을 절약하는 조절기능을 가지고 있고 타 품종에 비하여 수분 스트레스에 대한 내성이 강한 것으로 사료되며 石井 등[17]은 내건성에 중요한 의미를 갖는 가능성이 큰 것으로 보고한 바 있다.

토양수분별 건물생산속도 및 동화율의 변화

토양수분에 따라 각 품종의 건물생산속도와 동화율의 변화를 조사한 바, Table 2에서 보는 바와 같다. 우선, 토양수분 처리기간중의 건물생산속도(CGR)를 토양수분 처리구별로 살펴보면, 습윤구는 엔레이 1.0, 황금콩 1.16, 단엽콩 1.6 이었으며 표준구는 습윤구보다 약간 낮은 경향으로 엔레이(Enrei) 0.94, 황금콩 0.99, 단엽콩 1.45이었고 건조구는 엔레이 0.41, 황금콩 0.38 단엽콩 0.36으로 습윤구, 표준구보다는 현저하게 낮은 경향이어서 토양수분이 pF 3.6정도로 건조하게 되면 건물증가가 습윤구에 비해 약 30%정도까지 억제되는 것으로 사료된다. 이를 품종별로 검토하여 보면, 습윤구에서는 단엽콩이 세품종중에 1.60으로 가장 높았고 다음은 황금콩으로 1.16이었고 엔레이가 1.00으로 가장 낮은 경향이였다. 표준구에서도 거의 동등한 경향으로 단엽콩 1.45, 황금콩 0.99, 엔레이(Enrei) 0.94순이었다. 그러나, 건조구에서는 품종간 차가 인정되지 않았고 모든 품종에서 가장 낮은 CGR를 보였다.

이상에서 검토한 바와 같이 처리구별 품종에 따라 CGR의 값이 서로 다르게 나타났는데, 이는 平澤 등[15]도 보고한 바 있다. 이와 같은 원인에 대하여 엽면적과 순동화율면으로 검토하여 보면, Fig. 2에서 나타낸 바와 같이 습윤구와 표준구의 평균 엽면적은 세품종중 단엽콩이 가장 많고 다음으로는 엔레이, 황금콩이 가장 적었으며, 순동화율은 단엽콩 > 황금콩 > 엔레이순이었다. 따라서, 습윤구와 표준구에서 단엽콩의 CGR이 가장 높았던 것은 엽면적이 크

Table 1. Changes in transpiration rate($\text{gH}_2\text{O}/\text{dm}^2/\text{h}$) at the different time under soil content

Cultivar	Treatment	Light (A.M6~P.M8)	Dark (P.M8~A.M6)	Total
Enrei	Wet	1.866(100)	0.062(100)	1.928(100)
	control	1.557(100)	0.047(100)	1.604(100)
	day	0.287(100)	0.016(100)	0.303(100)
Hwangkeum	Wet	1.932(104)	0.058(94)	1.990(103)
	control	1.301(84)	0.041(87)	1.342(84)
	day	0.230(80)	0.014(88)	0.244(81)
Tanyeob	Wet	2.274(122)	0.060(97)	2.334(121)
	control	1.427(92)	0.035(74)	1.462(91)
	day	0.172(75)	0.018(113)	0.190(63)

Table 2. Characters of soybean plant at the different of soil water

Cultivar	Treatment	CGR (g/plant/day)	Leaf area (cm ² /plant)	NAR (mg/dm ² /day)	Transpiration rate (gH ₂ O/dm ² /day)	Water requirement (gH ₂ O/g)
Enrei	Wet	1.00	3329	30.11	16.71	555
	control	0.94	3258	28.7	14.45	503
	day	0.41	2803	14.6	4.40	301
Hwangkeum	Wet	1.16	3112	37.4	19.29	515
	control	0.99	2903	34.1	14.28	417
	day	0.33	2515	15.0	3.96	262
Tanyeob	Wet	1.60	3809	41.9	18.66	444
	control	1.45	3469	41.7	14.64	350
	day	0.36	2612	13.6	3.44	351

고 순동화율이 다른 품종보다 높았기 때문이며 엔레이의 CGR이 가장 높았던 것은 순동화율이 다른 작물보다 낮기 때문인 것으로 사료된다. 건조구에서는 평균 엽면적과 순동화율에 품종간 차이가 인정되지 않았기에 CGR에서의 품종간 차가 인정되지 않았기 때문이다.

토양수분별 이수량의 차이

토양수분 조건에 따른 콩의 이수량을 검토해 본 결과, Table 2에서 보는 바와 같다. 표에서 보는 바와 같이 모든 처리구에서 엔레이가 가장 높은 경향이었고 다음으로는 황금콩이었으며 단엽콩이 가장 낮은 이수량을 보였다. 이와 같은 결과는 앞에서 검토한 바와 같이 습윤구의 경우, 순동화율(NAR)은 엔레이 30.1로 3품종 중 가장 낮았고, 단엽콩은 이와 반대로 41.9로 엔레이보다 39%나 높은 경향이였다. 또한 평균증산속도를 보면 엔레이 16.71(100), 황금콩 19.21(115), 단엽콩 18.66(112)로 품종간 차이가 순동화율보다 훨씬 작은 편이었다. 따라서 습윤구에서 품종간의 이수량 차이는 순동화율의 차이가 원인으로 기인된다고 생각된다. 또한, 표준구에서의 이수량의 품종간 차는 세품종 모두에서 증산작용은 품종간 차가 인정되지 않았으나 순동화율에 있어서는 단엽콩이 다른 2품종보다 높았기 때문에 이수량이 작게 된 것으로 생각되며 건조구는 이수량이 엔레이 > 황금콩 > 단엽콩 순이었는데, 각 품종별 순동화율과 평균 증산속도는 엔레이 14.6 : 4.40, 황금

콩 15.0 : 3.9, 단엽콩 13.63 : 3.4로 엔레이를 100으로 하였을 때 순동화율은 황금콩 103, 단엽콩 93으로 품종간의 차는 작았으나 평균증산작용은 황금콩 90, 단엽콩 78로 품종간의 차가 크기 때문에 이수량에서 품종간 차에 고정된 것으로 생각한다. 이상에서 검토해 본 바와 같이 토양이 건조한 조건하와 수분이 충분히 있는 조건과는 서로 역행한다는 것을 알 수 있었다. 따라서, 단엽콩은 다른 품종보다 증산을 강하게 억제하며 이수량을 낮게 하는 생리적 특성을 지닌 품종으로 내건성이 강한 품종으로 사료되며, 특히, Rawson[10]과 Teare[13]가 보고한 바와 같이 타 작물에 비하여 3배로 이수량이 큰 관계로 토양수분 변동에 따라 민감한 반응을 나타내기 때문에 콩 수량향상면에서도 매우 중요시 되는 부분이라고 생각한다.

요 약

토양수분에 따라 콩의 증산작용과 건물생산속도 및 이수량의 변화를 밝히기 위해서 한국품종 황금콩과 단엽콩 그리고 일본품종 엔레이를 1/2000 wagner pot에 파종하여 출현후 정상적인 2개체만을 생육시켜 파종후 65일부터 토양수분 pF 1.4(습윤구), 2.1(표준구), 3.6(건조구)의 조건하에서 증산작용, 건물생산속도 및 이수량을 조사하였다.

1. 토양수분별 증산작용은 습윤구와 표준구에서 가장 높았고 건조구에서 현저하게 낮은 경향이었고 일사량과

밀접한 정의 상관관계가 안정되었다.

2. 증산작용의 일변화는 오전부터 차차 증가하여 오후로 갈수록 차차 감소하는 경향이었으며 토양수분이 많을수록 일중 증산작용은 높았다.

3. 토양수분별 건물생산속도는 습윤구와 표준구가 건조구보다 현저하게 낮은 경향이었고 단엽콩이 가장 높은 경향이였다.

4. 요수량은 모든 토양수분처리에서 엔레이가 가장 높았으며 단엽콩이 가장 낮은 경향이였다.

감사의 글

본 연구는 1997년도 밀양대학교 기성회 학술연구 지원 과제 연구비 지원에 의한 연구결과로서, 학교 당국에 감사드립니다.

참고 문헌

- Allen, L. H. Jr., R. R. Valle, J. W. Mishoe, and J. W. Jones. 1994. Soybean leaf gas-exchange responses to carbon dioxide and water stress. *Agron. J.* **86**, 625-636.
- Boyer, J. S. 1970. Leaf enlargement and metabolic rates in corn, soybean and sunflower at various leaf water potential. *Plant Physiol.* **46**, 233-235.
- Boyer, J. S. 1970. Differing sensitivity of photosynthesis to low leaf water potential in corn and soybean. *Plant Physiol.* **46**, 236-239.
- Djekoun, A. and C. Planchon. 1991. Water status effect on dinitrogen fixation and photosynthesis in soybean. *Agron. J.* **83**, 316-322.
- Heatherly, L. G. and L. D. Young. 1991. Soybean and soybean cyst nematode response to soil water content in loam and clay soils. *Crop Sci.* **31**, 191-196.
- Itoh, R. and A. Kumura. 1986. Acclimation of soybean plants to water deficit. I. Effects of prolonged water deficit on the production and partition of dry matter. *Jpn. J. Sci.* **55**, 367-373.
- Itoh R. and A. Kumura. 1986. Acclimation of soybean plants to water deficit. II. Recovery of photosynthesis and leaf water status under prolonged water deficit. *Jpn. J. Sci.* **55**, 374-378.
- Kramer, P. J. 1983. Water relation of plants. Academic press. New York and London. 187-220.
- Mayaki, W. C., I. D. Teare and L.R.Stone. 1976. Top and root growth of irrigated and non-irrigated soybeans. *Crop Sci.* **16**, 92-94.
- Rawson, H. M., N. C. Turner, and J. E. Begg. 1978. Agronomic and physiological responses of soybean and sorghum crops to water deficits. IV. photosynthesis, transpiration and water use efficiency of leaves. *Aust. J. Plant Physiol.* **5**, 195-209.
- Shimshi, D. 1963. Effect of soil moisture and phenylmercuric acetate upon stomatal aperture, transpiration and photosynthesis. *Plant Physiol.* **38**, 713-721.
- Tazaki, T., K. Isihara, and T. Usijima. 1980. Influence of water stress on the photosynthesis and productivity of plants in humid areas. in "Adaptation of plants to water and high temperature stress". Wiley, New York. 309p.
- Teare, I. D., Kanemasu, E. T., Powers, W. L. and B. s. Jacobs. 1973. Water-use efficiency and its relation to crop canopy area, stomatal regulation and root distribution. *Agron. J.* **65**, 207-211.
- Trung, B. C., S. Yoshida, and Y. Kobayashi. 1985. Influence of soil moisture stress on the nitrogen nutrition and grain productivity of mungbean. *Jpn. J. Sci.* **54**, 72-78.
- 平澤 正. 1988. 異なる土壤水分條件に生育したダイズの生育および生理・生態的性質の比較. 日作紀 **57** (別2), 155-156
- 福井重郎, 伊藤隆二. 1951. 土壤水分が大豆の生育ならびに収量に及ぼす影響について. 第1報 生育の各期における土壤水分の不足が大豆の生育ならびに収量に及ぼす影響. 日作紀 **20**, 45-48.
- 石井龍一. 1994. 植物生産生理學. p.101-131. 朝倉書店.
- 猪山純一郎, 村田吉男. 1960. 畑作物の光合成に関する研究. 第2報 土壤水分と數種畑作物及水稻の光合成との關係. 日作紀 **29**, 350-352.
- 川口桂三郎, 小島 懋. 1983. 土壤學實驗法. 京都大學農學部農藝化學教室編. 新改版農藝化學實驗書(增補) 第1券 産業圖書株式會社, 東京, 267-272.
- 李忠烈, 津野幸人, 中野淳一, 山口武視. 1994. 다이ズの耐乾性に関する生態生理學的研究. 第1報 土壤水分の減少に伴う葉位別蒸散速度と光合成速度および根の呼吸速度の變化. 日作紀 **63**, 215-222.
- 岡本 嘉. 1951. 土壤水分が大豆子實の發育に及ぼす影響. 日作紀 **19**, 315-318.
- 朴然圭. 1974. 窒素 및 土壤水分이 大豆의 収量形質에 미치는 影響. 韓作誌 **15**, 69-75.