한작지(Korean J. Crop Sci.), 55(2): 111~118(2010)

과습에 따른 콩 광합성 관련 형질 반응

이재은*† · 김홍식** · 권영업* · 정건호* · 이춘기* · 윤홍태* · 김정곤*

*농촌진흥청 국립식량과학원, **충북대학교 농업생명환경대학

Responses of Photosynthetic Characters to Waterlogging in Soybean [*Glycine max* (L.) Merrill]

Jae-Eun Lee*†, Hong-Sig Kim**, Young-Up Kwon*, Gun-Ho Jung*, Chun-Ki Lee*, Hong-Tai Yun*, and Chung-Kon Kim*

*National Institute of Crop Science, RDA, Suwon 441-857, Korea

**College of Agriculture Life & Environment Sciences, Chungbuk National Univ., Cheongju 361-763, Korea

ABSTRACT Stress due to excess water is one of the most limiting factor for soybeans to high yield under wet climates. This study aimed to identify the photosynthetic responses of soybeans to waterlogged growing condition with 5 soybean varieties by waterlogging for 10 days at V5 and R2 stage, respectively. Chlorophyll fluorescence decreased more rapidly at R2 stage waterlogging than at V5 stage waterlogging in all soybean tested varieties. The degree of recovery was much more in Pungsannamulkong and Muhankong(95～97% of control) than in Jangyeobkong and Myungjunamulkong at 5 days after waterlogging. Photosynthetic rate, transpiration and stomatal conductance were also increased more rapidly in Pungsannamulkong and Muhankong than in Jangyeobkong and Myungjunamulkong after waterlogging irrespective of waterlogging stages. As the result of multiple regression analysis in order to identify the effects of stomatal conductance and transpiration to the photosynthetic rate, the R2 value of stomatal conductance in control and waterlogging treatment was 0.7293 and 0.7582, respectively. If the transpiration, another dependent variable, was added to the regression formula, there was not so big difference in the variation of photosynthetic rate. This result means that if just one factor of them(the stomatal conductance and transpiration) be measured in the case of waterlogged condition, the changes of photosynthetic rate can be estimated.

Keywords : soybean, waterlogging, fluorescence, photosynthetic rate, stomatal conductance, transpiration

†Corresponding author: (Phone) +82-31-290-6764
(E-mail) soybean6010@korea.kr < Received July 13, 2009 >

콩의 습해는 영양생장기보다는 생식생장기가 더 크며, 생식생장기에서도 초기의 피해가 더 크고 그 피해정도는 품종간에 차이가 있는 것으로 보고되고 있다(Ashley & Ethridge, 1978; Belford *et al*., 1980; Jackson, 1983; Linkemer & Mary, 1998). 콩의 과습시기 및 기간에 따른 피해정도는 5일 이상 과습기간이 늘어나면 총엽록소함량, 활성근류의 양, 근류의 질소고정능력 등이 거의 직선적으로 감소하며, 7일 이상 과습에서는 모든 생리기능이 현저히 저하되어 수량이 약 5% 감소되고, 14일간 과습에서는 수량이 7～10% 감소하는데, 영양생장기보다는 개화기에 피해가 더 심하다고 하였다(권과 이, 1988). 식물체가 습해를 받게 되면, 한발을 받을 때와 마찬가지로 엽수분 potential이 감소하게 되며, 따라서 수분손실을 최소화하기 위해 기공을 닫게 되어 기공전도도가 감소하고, 가스와 수분의 출입이 원활히 이루어지지 못하게 되어 광합성속도, 증산량 및 수분이용효율도 감소하며(Bennet & Albrecht, 1984; Boyer, 1970), 7일간의 과습에서 순광합성율은 0에 가까웠으며, 순광합성율이 일당 17% 감소한다고 하였다(Boyer, 1970). 콩잎의 수분 potential은 적습구가 과습구나 건조구보다 높은데, 수분 potential은 광합성속도와 밀접한 관련이 있으며, 광합성속도는 건조구와 과습구에서 적습구보다 떨어졌으며, 생육시기에 관계없이 광합성속도와 기공전도도는 정의 상관이 있다고 하였다(Ryu *et al*., 1996).

식물의 잎을 일정기간 암처리 한 후 빛을 쬐어주면 엽록체에 의해 화학적 에너지로 전환되는 과정에서 화학적 에너지로 전환되지 못한 적색광(400~700 nm)이 엽록소 형광반응을 일으키게 된다. 이때 광합성 전자전달계의 전자수용체가 에너지 준위가 높은 환원상태일수록 엽록소 형광반응이 강하게 나타난다. 습해와 같은 비생물적 스트레스에 대한

식물의 엽록소 형광반응은 광화학적 에너지효율의 변화를 추정할 수 있는 중요한 생리적 지표가 된다(Krause & Weiss, 1991). 벼의 관수 스트레스에 관한 연구에서, 탁도나 관수시간 증가에 따라 엽록소 형광반응(Fv/Fm 값)이 감소하였는데, 청수에서는 48시간 이후에 반탁수나 탁수에서는 36시간 이후에 엽록소 형광반응(Fv/Fm 값)이 약 20% 감소한다고 하였다(Lee & Kang, 2001).

우리나라는 기상여건상 콩의 파종기와 생육초기 한발에 이어 개화기인 7～8월의 상습적인 장마로 인한 피해가 크며, 최근 지구온난화에 따른 기상재해 빈도 및 강도가 갈수록 심화되고 있다. 따라서 본 시험은 이상기후 대비 내습성 콩 품종 조기육성을 위한 기초자료를 제공하고자 수행하였다.

재료 및 방법

본 시험은 국립식량과학원 전작포장에 설치된 연동비닐하우스(15×30 m)내에서 2003년과 2004년에 수행하였다. 하우스에는 온도조절을 위해 천정과 양측면 개폐장치와 앞뒤 출입문 상단의 4곳에 환기 fan을 설치하였다. 실험재료는 내습성 정도가 다른 것으로 알려진 장엽콩, 풍산나물콩, 명주나물콩, 무한콩 및 Peking으로 하였다. 직경 20 cm 높이 70 cm의 플라스틱관을 이용해 만든 pot에 흙, 모래, 피트머스 및 퇴비를 중량비율 3 : 3 : 2 : 2로 혼합한 상토를 채우고, 5월 27일에 pot 당 4립씩 파종하였으며, V1 stage에 pot당 2개체를 남기고 솎아주었다. 과습처리는 V5 stage와 R2 stage에 각각 10일간 지표위 2 cm까지 침수처리로 과습을 유발하였으며, 대조구는 지하수위를 50 cm(pF 2.0)로 유지하였다. 시험구배치는 2요인 시험 완전임의배치 3반복으로 하였다. 광합성 측정은 2004년에 V5와 R2 stage 과습처리 3일전부터 처리 후 4주간에 걸쳐 평균 7일 간격으로 실시하였다. 측정은 맑은 날 오전 10～12시에 상위 3번째 마디의 정단엽(terminal leaf)을 LCA4 portable photosynthesis system(ADC Inc.)으로 광합성율(photosynthetic rate), 기공전도도(stomatal conductance) 및 증산량(transpiration)을 측정하였다. 엽록소형광반응은 오전 10시～12시에 상위 3번째 마디의 정단엽에 형광반응측정용 전용 클립을 물려 30분 정도 암처리 한 후 휴대용 OS1-FL(ADC Inc.)로 측정하였다. 통계분석은 SAS PC Package(Version 8.1)를 이용하여 분석하였다. 시험품종의 재배 및 형태적 특성은 Table 1과 같다.

결과 및 고찰

엽록소 형광반응

Fig. 1은 V5 및 R2 stage 과습처리 시작 3일 후 , 과습처리 종료 직후 및 과습처리 종료 5일 후의 엽록소 형광반응(Fv/Fm 값)의 변화이다. V5 stage 과습처리 시작 3일 후에는 처리간에 형광반응의 차이가 없었고, 과습처리 종료 직후에는 모든 품종이 대조구에 비해 과습구의 엽록소 형광반응이 감소하였다. 장엽콩, 풍산나물콩, 무한콩 및 Peking은 과습구의 엽록소 형광반응의 감소가 5～8%로 차이가 없었으나, 명주나물콩은 15%로 감소 정도가 가장 컸다. 과습처리 종료 5일후에는 명주나물콩을 제외한 모든 품종의 엽록소 형광반응이 회복되어, 풍산나물콩, 무한콩 및 Peking은 과습구가 대조구의 95～97% 정도였고 장엽콩은 93%였으나, 명주나물콩은 더욱 감소되었다.

R2 stage 과습처리도 V5 stage 과습처리와 마찬가지로 과습처리 시작 3일 후에는 처리간에 엽록소 형광반응의 차이가 없었고, 과습처리 종료직후에는 모든 품종이 대조구에 비해 과습구에서 엽록소 형광반응이 감소하였다. 풍산나물콩과 무한콩은 과습구의 엽록소 형광반응의 감소가 10% 정도였으나 장엽콩, 명주나물콩 및 Peking은 12～13%로, 풍산나물콩과 무한콩이 과습처리에 따른 엽록소 형광반응의 감소정도가 더 적었다. 과습처리 종료 5일후에는 풍산나물

Table 1. The agronomic and morphological characteristics of varieties tested.

	Flowering date	Maturing date	Stem length	100 seeds weight	Seed coat color	Growth habit
		- cm -		- g -		
Jangyeobkong	July 30	Oct. 4	50	24	Yellow	Determinate
Pungsannamul-kong	Aug. 2	Oct. 9	60	10	Yellow	Determinate
Myungjunamul-kong	July 23	Oct. 2	65	11	Yellow	Determinate
Muhankong	July 20	Oct. 6	129	21	Yellow	Indeterminate
Peking	Aug. 2	Oct. 4	75	10	Yellow	Determinate

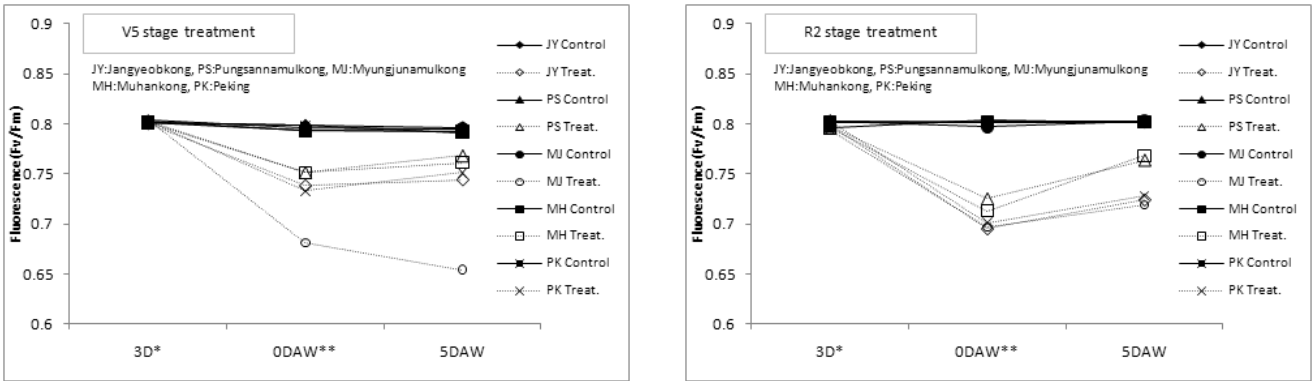

Fig. 1. Chlorophyll fluorescence influenced by waterlogging for 10 days at V5 or R2 stage in 5 soybean varieties.
* 3D : waterlogging for 3 days ** DAW : Numbers of days after waterlogging

Table 2. Photosynthetic rate of 5 soybean varieties at 0 DAW and 21 DAW after waterlogging for 10 days at V5 stage in 2004.

Variety	0 DAW			21 DAW‡		
	Control (A)	Water-logging(B)	B/A (%)	Control (A)	Water-logging(B)	B/A (%)
	- μ mol m^{-2} sec^{-1} -			- μ mol m^{-2} sec^{-1} -		
Jangyeobkong	15.9	5.7	35.8	16.6	6.2	37.3
Pungsannamulkong	19.5	10.7	54.9	18.3	12.4	67.8
Myungjunamulkong	15.6	6.0	38.5	16.5	6.8	41.2
Muhankong	16.0	7.8	48.8	17.5	11.7	66.9
Peking	17.6	8.8	50.0	16.6	7.2	43.4
Mean	16.9	7.8		17.1	8.9	
$LSD_{0.05}$	3.26			3.14		

‡ DAW : Number of days after waterlogging

콩과 무한콩은 과습구가 대조구의 95～96%로 장엽콩, 명주나물콩 및 Peking의 89～90%에 비해 엽록소 형광반응의 회복이 더 빨랐다.

모든 품종이 과습처리 종료 직후 R2 stage 과습처리가 V5 stage보다 엽록소 형광반응이 더 급격히 감소되었다. 풍산나물콩과 무한콩이 장엽콩과 명주나물콩에 비해 엽록소 형광반응의 감소정도가 더 적었고 과습처리 종료 5일 후의 회복도 더 빨랐다.

광합성율

Table 2는 V5 stage 과습처리 종료 직후와 종료 21일 후의 품종별 광합성율을 조사한 결과이다. 과습처리 직후에는 모든 품종의 광합성율이 과습구에서 유의하게 감소하였는데, 풍산나물콩, 무한콩 및 Peking의 광합성율이 45～51% 감소하였고 장엽콩과 명주나물콩이 61～64% 감소하였다. 즉, 풍산나물콩, 무한콩 및 Peking이 장엽콩과 명주나물콩에 비해 광합성율의 감소정도가 더 적었다. 과습처리 종료 21일 후에도 모든 품종의 광합성율이 과습구에서 유의하게 낮았다. 풍산나물콩과 무한콩의 광합성율은 과습처리 종료 직후부터 종료 21일 후까지 빠르게 회복되어 과습구의 광합성율이 대조구의 67～68%였으며, 장엽콩, 명주나물콩 및 Peking은 37～43%로, 풍산나물콩과 무한콩이 과습처리에 의한 광합성율의 저하가 더 적었다.

R2 stage 과습처리 종료 2일 후에는 과습구의 광합성율이 유의하게 감소하였는데, 풍산나물콩과 무한콩의 과습구의 광합성율이 대조구에 비하여 각각 37%와 41% 감소하였고, 장엽콩과 명주나물콩은 각각 47%와 52% 감소하였으며, Peking은 60%로 가장 크게 감소하였다. 이러한 경향은 과습처리 종료 31일 후에도 같았는데, 특히 무한콩은 대조구에 비하여 과습구의 광합성율이 66%로 회복속도가 빨랐으

Table 3. Photosynthetic rate of 5 soybean varieties at 2 DAW and 31 DAW after waterlogging for 10 days at R2 stage in 2004.

Variety	2 DAW			31 DAW‡		
	Control (A)	Water-logging(B)	B/A (%)	Control (A)	Water-logging(B)	B/A (%)
	- μ mol m^{-2} sec^{-1} -			- μ mol m^{-2} sec^{-1} -		
Jangyeobkong	16.6	8.8	53.0	15.7	7.5	47.8
Pungsannamulkong	18.3	11.5	62.8	16.8	10.2	60.7
Myungjunamulkong	16.5	8.0	48.5	17.1	6.4	37.4
Muhankong	17.5	10.4	59.4	16.9	11.2	66.3
Peking	16.6	6.6	39.8	17.2	8.1	47.1
Mean	17.1	9.1		16.7	8.7	
$LSD_{0.05}$	4.1			4.3		

‡ DAW : Number of days after waterlogging

Table 4. Transpiration of 5 soybean varieties at 0 DAW and 21 DAW after waterlogging for 10 days at V5 stage in 2004.

Variety	0 DAW			21 DAW‡		
	Control (A)	Water-logging(B)	B/A (%)	Control (A)	Water-logging(B)	B/A (%)
	- mol m^{-2} sec^{-1} -			- mol m^{-2} sec^{-1} -		
Jangyeobkong	3.5	2.0	57.1	3.5	1.9	54.3
Pungsannamulkong	3.7	2.7	73.0	3.6	2.6	72.2
Myungjunamulkong	3.7	1.9	51.4	3.8	2.0	52.6
Muhankong	3.7	2.1	56.8	3.7	2.8	75.7
Peking	3.8	2.4	63.2	4.0	2.1	52.5
Mean	3.7	2.2		3.7	2.3	
$LSD_{0.05}$	0.34			0.24		

‡ DAW : Number of days after waterlogging

며, 명주나물콩은 광합성율의 회복속도가 가장 늦었다(Table 3). 습해를 받을 경우 잎의 수분부족을 최소화하기 위해 기공을 닫아 가스와 수분의 출입이 원활히 이루어지지 못하므로 광합성율이 감소하는데(Bennet *et al*., 1987), 뿌리의 활력이 높은 풍산나물콩과 무한콩은 과습처리에 따른 광합성율의 감소가 적어 기존의 보고에서와 같이 습해에 강하였다.

증산량

Table 4는 V5 stage 과습처리 종료 직후와 종료 21일 후에 증산량을 조사한 결과이다. 과습처리 종료 직후에는 대조구에 비해 과습구의 증산량이 유의하게 감소하였다. 풍산나물콩의 증산량이 과습처리로 27% 감소하였고, Peking은 37% 감소한 반면 장엽콩, 명주나물콩 및 무한콩은 43～49% 감소하여 그 정도가 더 컸다. 과습처리 종료 21일 후의 증산량은 장엽콩과 명주나물콩이 과습처리로 46～48% 감소한 반면, 풍산나물콩과 무한콩은 24～28% 감소하여 풍산나물콩과 무한콩이 그 외 품종들에 비하여 증산량의 감소정도가 더 적었다. 특히 무한콩은 과습처리 종료 후 증산량의 회복속도가 빨랐다. Table 5는 R2 stage 과습처리 종료 2일 후와 종료 31일 후의 증산량을 비교한 것이다. 과습처리 종료 2일 후에는 대조구에 비해 과습구의 증산량이 유의하게 감소하였다. 풍산나물콩과 무한콩은 과습처리로 증산량이 각각 37%와 31% 감소한 반면, 장엽콩과 명주나물콩은 증산량이 각각 54%와 64% 감소하여 그 정도가 더 컸다. 과습처리 종료 31일 후에는 풍산나물콩의 증산량이 33% 감소하여 다른 품종에 비해 과습처리에 따른 증산량의 저하

Table 5. Transpiration of 5 soybean varieties at 2 DAW and 31 DAW after waterlogging for 10 days at R2 stage in 2004.

Variety	2 DAW			31 DAW‡		
	Control (A)	Water-logging(B)	B/A (%)	Control (A)	Water-logging(B)	B/A (%)
	- mol m^{-2} sec^{-1} -			- mol m^{-2} sec^{-1} -		
Jangyeobkong	3.5	1.6	45.7	3.6	1.1	30.6
Pungsannamulkong	3.5	2.2	62.9	3.3	2.2	66.7
Myungjunamulkong	3.9	1.4	35.9	3.9	1.4	35.9
Muhankong	3.9	2.7	69.2	4.3	1.6	37.2
Peking	3.8	2.4	63.2	4.0	1.5	37.5
Mean	3.7	2.1		3.8	1.6	
$LSD_{0.05}$	0.31			0.54		

‡ DAW : Number of days after waterlogging

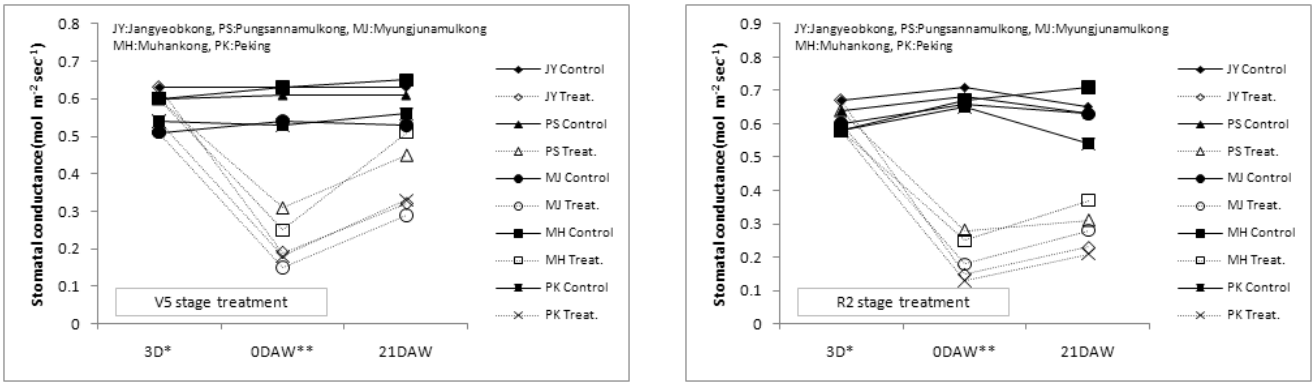

Fig. 2. Stomatal conductance of 5 soybean varieties according to days after waterlogging at V5 and R2 stage in 2004.
* 3D : waterlogging for 3 days ** DAW : Numbers of days after waterlogging

가 가장 적었다. 그러나 V5 stage 과습처리에서 와는 달리 무한콩의 회복력은 풍산나물콩을 제외한 다른 품종들과 비슷하였다.

기공전도도

Fig. 2는 V5와 R2 stage 과습처리에 따른 기공전도도의 변화이다. V5 stage 과습처리 종료 직후에는 기공전도도가 유의하게 감소하였다. 품종별로는 풍산나물콩의 기공전도도가 과습구에서 0.31 mol m^{-2} sec^{-1}로 대조구의 49%인데 비하여 장엽콩과 명주나물콩은 대조구에 비해 과습구에서 70% 감소하였고, 무한콩과 Peking도 대조구에 비해 과습구가 60～66% 감소하여 풍산나물콩의 감소정도가 가장 적었다. 과습처리 종료 21일 후의 기공전도도는 풍산나물콩과 무한콩에서 과습구가 0.45～0.51 mol m^{-2} sec^{-1}로 대조구의 74～78%까지 회복하였으며, 장엽콩, 명주나물콩 및 Peking은 51～59%로 풍산나물콩과 무한콩이 기공전도도의 회복속도가 빨랐다.

R2 stage 과습처리도 V5 stage 과습처리와 같은 경향이었으며, 과습처리 종료 직후 풍산나물콩과 무한콩이 장엽콩, 명주나물콩 및 Peking에 비해 과습구에서 기공전도도의 감소정도가 더 적었다. 기공전도도의 회복정도는 모든 품종이 비슷하여, 명주나물콩이 기공전도도가 0.18 mol m^{-2} sec^{-1}로 과습처리 종료 2일 후에 대조구의 27%에 불과하였으나, 과습처리 종료 31일 후에는 기공전도도가 0.28 mol m^{-2} sec^{-1}로 대조구의 44%로 높아져 회복정도가 풍산나물콩이나 무한콩과 차이가 없었다. 기공전도도도 광합성율과 증산량의 변화와 마찬가지로, R2 stage 과습처리에서는 평균 71% 감소한 반면 V5 stage 과습처리에서는 62%로 더 적게 감소하였다. R2 stage 과습처리 종료 31일 후에는 기공전도도가 대조구의 44%였으나, V5 stage 과습처리 종료 21일 후에는

대조구의 63%로, V5 stage 과습처리시에 회복속도가 더 빨랐다. 식물은 습해를 받으면 잎의 수분 포텐셜이 떨어진다(Ryu *et al*., 1996). 따라서 잎의 수분부족을 최소화하기 위해 기공을 닫아 기공전도도가 떨어지고, 수분과 산소 및 이산화탄소와 같은 가스의 출입이 원활하게 이루어지지 못하므로 증산량과 광합성율이 떨어지는 것으로 판단된다.

증산량, 기공전도도와 광합성율의 관계

Fig. 3은 기공전도도(Sc), 증산량(Tr) 및 광합성율(P_N)간의 상관을 추정하기 위하여 단순회귀분석을 한 결과이다. 대조구와 과습구 모두 기공전도도와 광합성율, 증산량과 광합성율 및 기공전도도와 증산량간에는 정의 상관이 있었다. 따라서 기공전도도가 높아질수록 광합성율과 증산량이 증가하며, 증산량이 높아질수록 광합성율도 증가하는 것으로 나타났다. 이는 생육시기에 상관없이 기공전도도와 광합성율, 기공전도도와 증산량 및 증산량과 광합성율간에는 높은 정의 상관이 있다는 연구보고(Matthews & Boyer, 1984)와 같은 경향이었다. Table 6은 증산량과 기공전도도가 광합성율에 미치는 효과를 추정하기 위하여 다중회귀분석을 한 결과이다. 대조구는 P_N = 8.29142 + 7.6867Sc +1.26193Tr로 추정되는데, 기공전도도는 R^2값이 0.7293이고 증산량은 R^2값이 0.7772였다. 과습구는 P_N = 1.05240 + 17.52928Sc + 1.96111Tr로 추정되는데, 기공전도도는 R^2값이 0.7582였고, 증산량은 R^2값이 0.8130였다. 기공전도도가 광합성율에 미치는 효과를 추정했을 때 대조구와 과습구의 R^2값이 0.7293과 0.7582였으나, 또 다른 독립변수인 증산량이 회귀식에 추가되어도 광합성율 변이의 설명정도가 크게 증가하지 않았다. 중회귀분석에서 두 독립변수 간에 상관이 높으면, 어느 한쪽 독립변수의 R^2값이 매우 높게 나타나게 된다. 대조구, 과습구 모두 기공전도도와 증산량간에는 높은 정의 상관이 있었다. 따라서 습해를 받을 경우 기공전도도나 증산율 중 어느 한 요소의 변화만을 측정해도 이들과 상관이 높은 광합성율의 변화를 추정할 수가 있으며, 이는 곧 내습성 콩 품종선발을 위한 중요한 생리적 지표가 될 수 있을 것으로 판단된다.

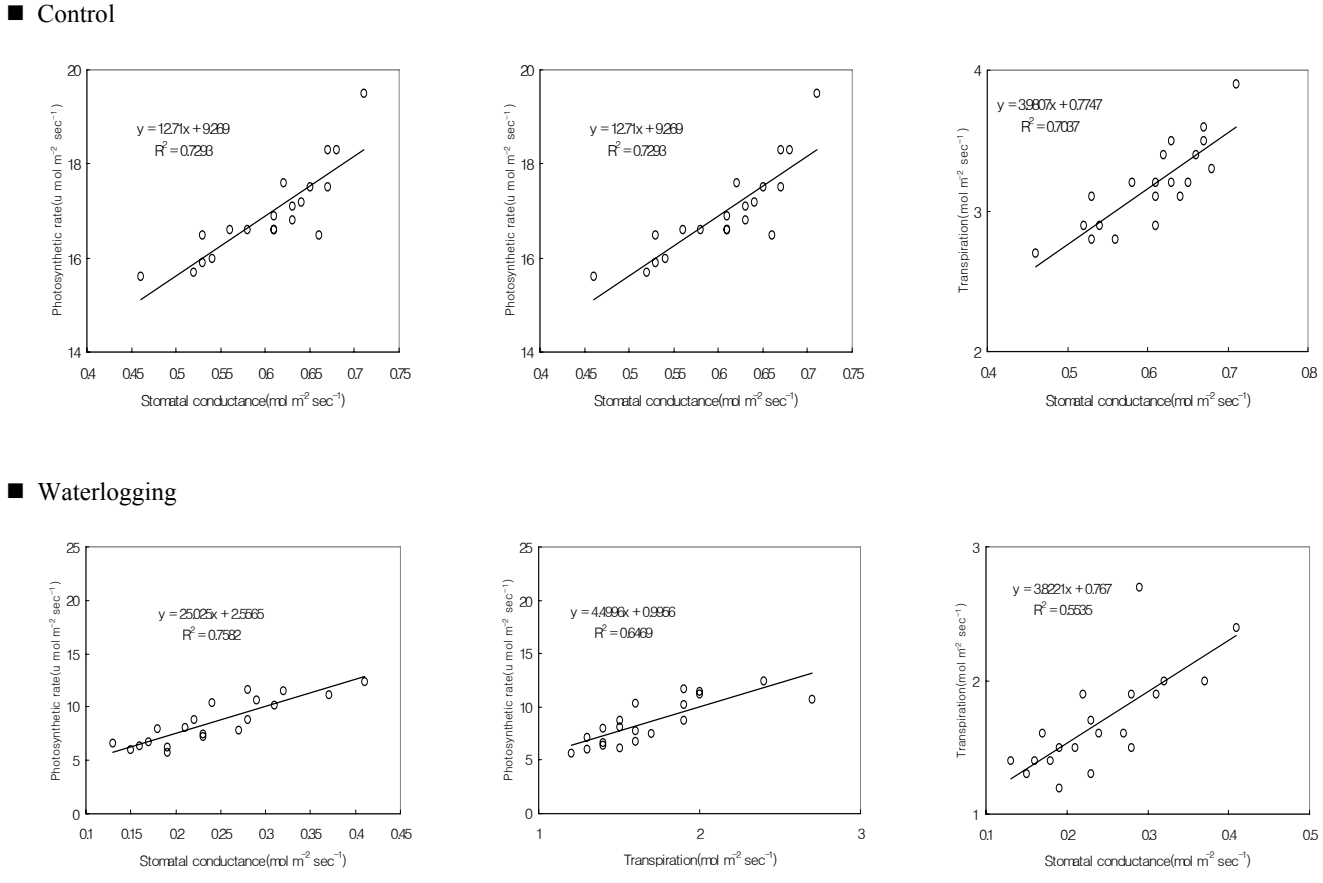

Fig. 3. Relationship between photosynthetic parameters after waterlogging for 10 days at V5 and R2 stage.

Table 6. Multiple regression analysis of photosynthetic parameters.

Treatment	Character	Parameter estamate	R^2	F-value	Pr〉 F
Control	Stomatal conductance	7.68678	0.7293	48.49	0.0001*
	Transpiration	1.26193	0.7772	3.66	0.0727*
	Intercept	8.29142			
Waterlogging	Stomatal conductance	17.52928	0.7582	56.43	0.0001*
	Transpiration	1.96111	0.8130	4.99	0.0392*
	Intercept	1.05240			

* Significant at the 0.5 levels

적 요

본 시험은 이상기후 대비 내습성 콩 품종의 조기육성을 위한 기초자료를 제공하고자 수행하였던 바, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 엽록소형광반응은 모든 시험품종이 V5 stage에 비해 R2 stage 과습처리시 더 급격히 감소되었으며, 풍산나물콩과 무한콩이 장엽콩과 명주나물콩에 비해 엽록소형광반응의 감소정도가 더 적었고, 과습처리 종료 5일 후 과습구가 대조구의 95～97% 정도로 회복도 더 빨랐다.
2. 광합성율은 과습처리 시기에 상관없이 풍산나물콩과 무한콩이 장엽콩과 명주나물콩에 비해 더 적게 감소하였으며, R2 stage 과습처리 종료 31일 후에 무한콩은 대조구에 비하여 과습구의 광합성율이 66%로 회복속도가 가장 빨랐으며, 명주나물콩은 41%로 광합성율의 회복속도가 가장 늦었다. 증산량의 변화도 광합성율과 같은 경향을 보였다.
3. 기공전도도는 R2 stage 과습처리에서는 평균 71% 감소한 반면 V5 stage 과습처리에서는 62%로 더 적게 감소하였다. R2 stage 과습처리 종료 31일 후에는 기공전도도가 대조구의 44%였으나, V5 stage 과습처리 종료 21일 후에는 대조구의 63%로, V5 stage 과습처리시에 회복속도가 더 빨랐다.
4. 단순회귀분석 결과, 대조구와 과습구 모두 기공전도도와 광합성율, 증산량과 광합성율 및 기공전도도와 증산량간에는 정의 상관이 있었다.
5. 증산량과 기공전도도가 광합성율에 미치는 효과를 추정하기 위하여 다중회귀분석을 한 결과, 기공전도도가 광합성율에 미치는 효과를 추정했을 때 대조구와 과습구의 R^2값이 0.7293과 0.7582였으나, 또 다른 독립변수인 증산량이 회귀식에 추가되어도 광합성율 변이의 설명정도가 크게 증가하지 않았다. 따라서 습해를 받을 경우 기공전도도나 증산율 중 어느 한 요소의 변화만을 측정해도 이들과 상관이 높은 광합성율의 변화를 추정할 수가 있을 것으로 판단됨.

인용문헌

Ashley, D. A. and W. J. Ethridge. 1978. Irrigation effects on vegetative and reproductive development of three soybean cultivars. Agron. J. 70:467-471.

Belford, R. K., R. Q. Cannell, R. J. Thomson and C. W. Dennis. 1980. Effects of waterlogging at different stages of development on the growth and yield of peas. J. Sci. Food Agric. 31:857-869.

Bennet, J. M., T. R. Sinclair, R. C. Muchow and S. R. Costello. 1987. Dependence of stomatal conductance on leaf water potential, tugor potential, and relative water content in field-grown soybean and maize. Crop Sci. 27: 984-990.

Bennett, J. M. and S. L. Albrecht. 1984. Drought and flooding effects on N_2 fixation, water relations and diffusive resistance of soybean. Agron. J. 76: 735-740.

Boyer, J. S. 1970. Differing sensitivity of photosynthesis to low leaf water potentials in corn and soybean. Plant Physiol. 46:234-239.

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.

Jackson, M. B. 1983. Plant response to waterlogging of the soil. Aspects Appl. Biol. 4:99-116.

Krause, G. H. and E. Weiss. 1991. Chlorophyll fluorescence and photosynthesis: the basis. Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. 42: 313-349.

Lee, S. G. and B. H. Kang. 2001. Effect of overhead flooding stress on photosynthesis and growth in rice. Korean J. Crop Sci. 46(3):209-214.

Linkemer G., E. B. James and E. M. Mary. 1998. Waterlogging effects on growth and yield components in late-planted soybean. Crop Sci. 38:1576-1584.

Matthews, M. A. and J. S. Boyer. 1984. Acclimation of photosynthesis to low water potentials. Plant Physiol. 74:161-166.

Ryu, Y. H., S. H. Lee, S. D. Kim and M. Kokuban. 1996. Effects of soil moisture content on leaf water potential and photosynthesis in soybean plants. Kor. J. Crop Sci. 41(2) 168-172.

권용웅, 이민규. 1988. 콩의 영양생장기 및 개화기의 습해조건에 대한 생리반응에 관한 연구. 농시논문집(농업산학협동집) 31:289-300.