[韓作誌(Korean J. Crop Sci.) 40(5) : 594~599(1995)]

콩의 營養生長期 濕害處理 期間中 生理的 反應

崔庚鎭* · 李弘和** · 權容雄**

Physiological Response of Soybean under Excessive Soil Water Stress during Vegetative Growth Period

Kyung Jin Choi*, Hong Seok Lee** and Yong Woong Kwon**

ABSTRACT : Generally, excessive soil water stress in vegetative growth stage inhibits the growth of soybeans. Leaf area expansion of the plant during excessive soil water stress was only half and the respiration of roots was much diminished compared with the plant none water stress.

When excessive soil water stress to the soybeans was continued for 7 days, outer epidermis and vascular system of tap root were severely cracked, more than thirty-five percent of nodule was died and the bacteroid layers of alive nodule were disintegrated.

Key words : Soybean, Excessive soil water stress, Leaf area, Nodule

콩은 토양수분이 충분하면 생육이 왕성하지만 지하수위가 높거나 배수가 불량한 토양에서 재배될 경우 생육이 왕성한 시기에 장마 등으로 인해 수분공급이 과다하면 쉽게 습해를 받아 생육이 크게 저하된다. 대체적으로 밭작물이 습해를 받으면 산소가 결핍됨과 동시 과다한 CO_2 가 발생하며 CO_2 는 pyruvate에서 acetaldehyde와 ethanol을 축적하면서 독성작용을 일으키게 되며[4], 습해를 받으면 작물의 뿌리에서 ethylene이 발생된다는 보고는 많다.[3,6] Huang 등[5] 은 콩이 습해를 받으면 증산량과 호흡량의 변화는 적으나 근류의 활력이 급속히 저하한다고 하며, Bennet 등[1]은 근류내의 산소부족은 nitrogenase의 활력을 매우 감소시킨다고 한다. 따라서 콩의 영양생장기 습해에 의한 지하부의 생리적 변화는 곧바로 지상부의 생육에 영향을 미치게 되며 그 양상은 주로 현저한 지상부의 생육저하로 나타나는데, Singh 등[13]은 침수기간이 7일을 경과하면 총광합성은 0에 가까와지며 줄기건물중과 침수기간은 직선적인 경향을 나타낸다고 하였다. 또한 영양생장기에 습해를 받으면 엽면적이 감소하고 엽록소함량 및 광합성율이 저하되어 기공저항이 증가한다고 하며[2], 望月 · 松本 등[12]은 영양생장기의 습해는 주로 100립중을 감소시켜 수량감소에도 영향을 미친다고 한다.

본 연구는 콩의 주요 생육기에 속하는 영양생장기의 습해에 따른 생리적 반응을 알아보기 위하여 실험을 실시하였으며 몇가지 결과를 얻었기에 보고하고자 한다.

材料 및 方法

습해처리에 의한 콩의 생리적 반응을 관찰하기

* 작물시험장(National Crops Experiment Station, RDA, Suwon 441-100, Korea)
** 서울대학교 농학과(Department of Agronomy, Seoul National University, Suwon 441-744, Korea) 〈'95. 6. 30 接受〉

위해 1993년 1/5,000a 크기의 와그너 폿트에 검정콩1호를 파종하고 폿트당 2株씩 유지시킨 후 第5本葉이 발생하는 시기에 지하수위를 폿트의 지표위 1cm가 되도록 하여 15일간 처리하였다.

葉面積調査는 습해처리 시작과 동시에 발생이 시작되었던 第5本葉中 중앙의 엽을 2일 간격으로 측정하였고, 토양깊이별 根瘤의 생존 여부와 뿌리의 활력을 관찰하기 위해서는 처리후 3, 5, 7, 9일에 뿌리부분을 채취하여 근류를 조사함과 동시에 토양깊이별로 채취된 뿌리는 25℃의 물로 채워진 BOD병에 넣고 2시간이 지난후 OD(Oygen Demand)측정법에 의해 水中 殘存酸素量을 측정하여 호흡량을 조사하였다. 또한 현미경 관찰을 위해서는 처리후 7일과 14일에 土深 5~10cm에 위치한 根瘤 및 主根을 채취하여 FAA(formalin acetic acid alcohol)용액에 담근 후 파라핀법에 의해 시료를 조제하고 40배율의 현미경으로 관찰하였다.

結果 및 考察

1. 根瘤의 반응

영양생장기에 지하수위를 폿트내의 지표상 1cm로 하여 습해를 유발시킨 후 습해처리기간에 따라 토양깊이별 生存根瘤의 착생분포수 변화양상을 조사한 결과는 그림 1에서 보는 바와 같으며 好氣性인 根瘤는 정상적인 생육상태에서는 토심

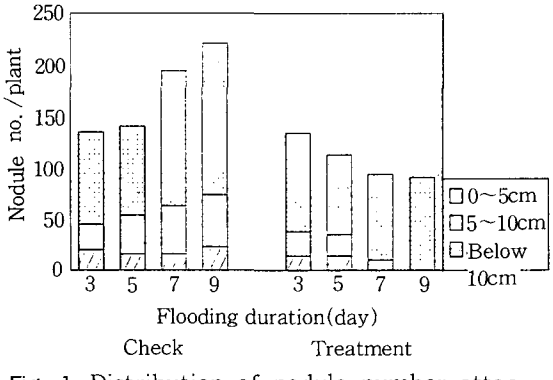


Fig. 1. Distribution of nodule number attached to the root system according to soil depth as affected by excessive soil water treatment.

5cm이내에 전체 根瘤數의 60% 이상이 착생하였고 생육이 진전됨에 따라 根瘤數는 증가하였으나 토양깊이별 根瘤數의 분포비율은 대체로 일정한 경향을 보였다. 그러나 습해처리의 경우 처리기간이 지속됨에 따라 토심 5cm 이내의 根瘤는 대부분 생존하였으나 토심 5cm 이하에 생존중인 根瘤는 토양하층의 根瘤부터 먼저 死滅되는 것으로 나타났는데 처리 7일째에 토심 10cm 이하의 根瘤가 완전히 死滅되었고 처리 9일째에는 토심 5cm 이하의 根瘤가 완전히 死滅되어 습해에 의한 根瘤의 障害는 심토층에서 부터 발생하여 상부에 이르는 것으로 나타났다.

표 1 은 토양의 깊이별로 습해처리에 의해 죽은 根瘤의 수를 조사하여 전체 根瘤에 대한 비율로 나타낸 것으로 처리 3일째부터 토심 10cm 이하에 분포된 根瘤가 死滅하기 시작하였으며 처리 5일째에는 토심 10cm이하에 착생한 根瘤의 20%이상이 死滅되었고 7일 이상의 처리에서는 토심 5~10cm부분에서도 다수의 죽은 根瘤가 발견되었으며 완전히 死滅, 탈락되어 껍질조차 발견되지 않은 根瘤數까지 포함될 경우 습해가 7일 이상 지속

Table 1. Percentage of dead nodules according to soil depth as affected by flooding duration

Soil depth(cm)	Flooding duration 0	3	5	7	9
	..... %				
0~ 5	0	0	0	3.0	0
5~10	0	0	0	12.2	15.6
Below 10	0	3.6	23.1	24.2	18.8
Total	0	3.6	23.1	36.4	34.4

Table 2. The activity of nodule above 5cm soil depth as affected by flooding duration

Treatment	Flooding duration 0	3	5	7	9
	..... C_2H_2 μM/Plant/hr.				
Check(C)	37.6	48.5	62.7	51.3	73.6
Treatment(T)		34.6	49.8	44.5	62.9
T/C (%)	100	92.0	79.4	86.9	85.5

되면 최소한 전체 根瘤數의 35% 이상이 死滅되는 것으로 조사되었다. 따라서 습해에 따른 토양내의 산소 부족은 根瘤의 nitrogenase 활력을 크게 저하시키는데[2] 습해에 의한 심토층의 환경은 好氣性인 根瘤가 생존하기에는 산소공급상태가 극히 불량하였음을 알 수 있었다.

또한 표토층에 존재하는 根瘤의 활력을 조사하여 표 2에 나타내었는데 표토층에 생존한 根瘤의 활력 역시 무처리에 비해 크게 감소하였으나 이는 주로 根瘤의 數的인 감소에 의하였고 根瘤乾物重當 활력의 감소는 관찰되지 않아 표토층의 根瘤는 습해기간 중이라도 일정한 활력을 유지하는 것으로 나타났는데, 이는 습해에 의하여 根瘤數가 감소함에 따라 생존하고 있는 根瘤의 역할이 상대적으로 커진 것으로 보이나 이에 관하여는 더 구명되어야 할 것으로 생각된다.

습해처리에 의한 根瘤의 死滅과정을 알아보고자 습해처리후 7, 14일째에 토심 5~10cm 부근에 생존하고 있는 根瘤를 채취하여 해부현미경으로 관찰한 결과는 사진 1에서와 같으며 정상적인 根瘤에서는 사진중 주로 A 또는 B의 형태가 주로 관찰되었으나 습해처리를 받은 根瘤는 사진 중 B, C, D의 형태가 많이 관찰되어 습해를 받으면 根瘤는 내부의 bacteroid층이 균열되기 시작하고 습해기간이 지속될 경우 점차 균열양상이 심해져 bacteroid층들이 더욱 미세하게 분열되는 것으로 추정되었는데 이러한 根瘤內部의 변화 양상은 상대적으로 老化된(large size) 根瘤에서 주로 발견되었고 어린 根瘤(small size)에서는 발견되지 않아 결국 습해에 의해서는 상대적으로 老化된 根瘤가 먼저 死滅되며 그 死滅과정은 산소부족에 의한 내부 bacteroid층의 균열심화에 의한 것으로 사

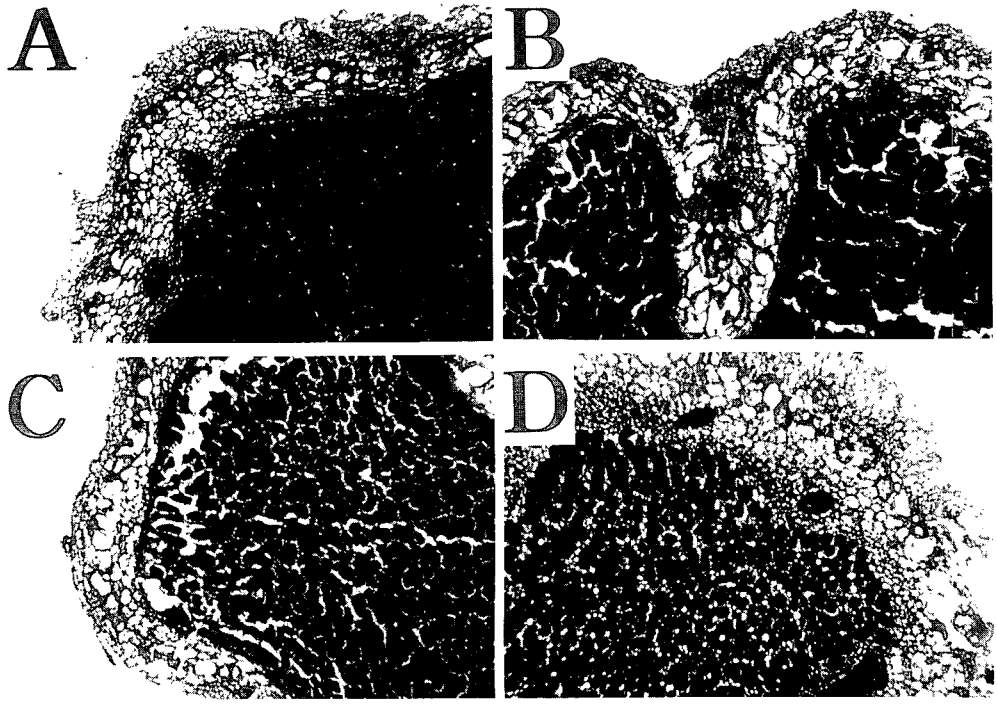


Photo. 1. Section of root nodule as affected by excessive soil water treatment for 7 and 14 days(×40).
A : Check
B : Initial status of nodule disintegration
C : More disintegrated
D : Highly disintegrated

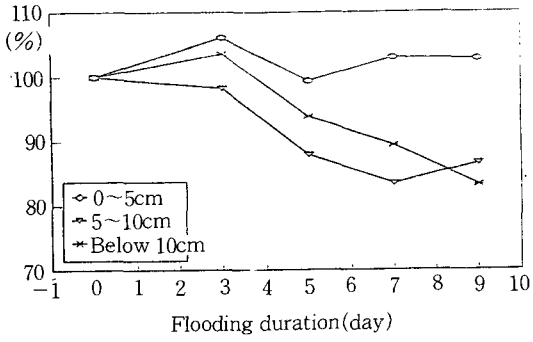


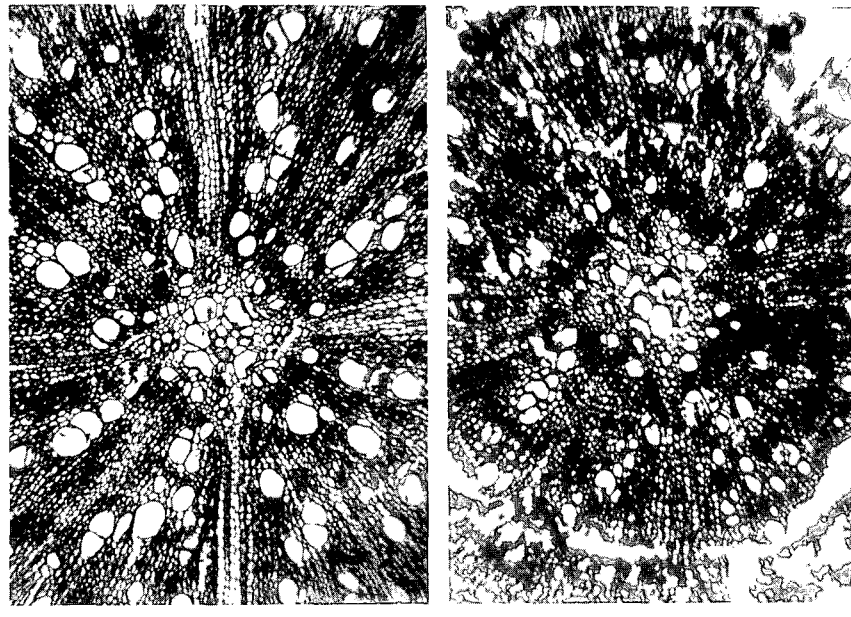
Fig. 2. Changes in the ratio of root respiration of the flooded to check according to soil depth.

료되었으나 이에 대하여는 역시 더 구명되어야 할 것으로 생각된다.

2. 뿌리의 반응

그림 2는 습해처리에 따른 토양층위별 뿌리의 호흡량을 무처리에 대한 백분율로 표시한 것으로 토양표층(0~5cm)에 분포한 뿌리의 호흡량은 무처리와 비슷한 양상을 보여 습해하에서도 활력을 충분히 유지하는 것으로 나타났으나 5~10 cm 및 10cm 이하 층에 분포한 뿌리의 호흡량은 처리후 3일이 지나면서 감소하기 시작하여 처리기간이 길어짐에 따라 계속적으로 감소하는 경향으로 나타나 습해처리에 의한 뿌리의 호흡량 또한 심토층에서 주로 감소하였다. 그러나 無處理에 비교한 호흡량의 감소 정도는 습해기간중 토심 5~10cm에 분포한 뿌리에서 더 심하였는데 이에 대해서는 보다 세밀한 연구가 필요한 것으로 생각되며 습해에 따른 심토층의 根瘤死滅과 심토층의 뿌리 호흡량 감소와의 관계 역시 보다 면밀한 검토가 필요할 것으로 사료된다.

또한 습해처리후 지하 5~10cm부근에 분포한 柱根의 해부학적 구조는 사진 2에서 보는 바와 같으며 7일 간의 습해처리에서 主根의 외피가 상당



Check Treatment

Photo. 2. Section of tap root as affected by excessive soil water treatment(× 40).

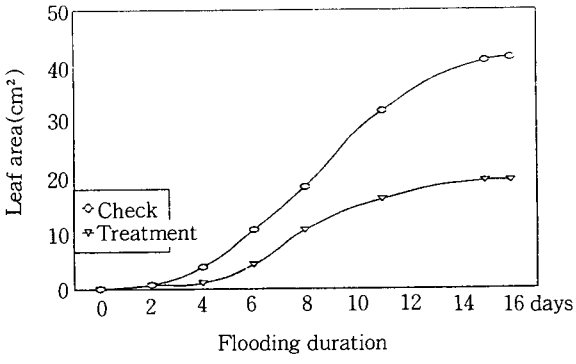


Fig. 3. Growth of terminal leaflet attached to the 5th trifoliolate leaf as affected by excessive soil water treatment for 15 days.

히 파괴되고 유관속조직과 분리되는 현상이 관찰되었으며 심토층의 산소 부족에 의한 뿌리의 호흡량 감소와 더불어 뿌리의 조직적인 변화는 토양내의 양·수분 흡수에도 큰 지장을 초래할 것으로 생각되었다.

3. 엽면적의 변화

영양생장기의 습해처리는 엽면적의 증대를 크게 억제시킨다는 보고는 많은데[3], 습해처리 시작과 동시에 발생이 시작되었던 第 5本葉中 중앙에 위치한 葉의 엽면적 증대양상을 조사한 결과는 그림 3에서 보는 바와 같으며 습해처리하에서도 최대엽면적에 도달되는 기간은 無處理와 비슷하여 습해처리하에서도 葉의 발달은 정상적이었으나 엽면적 증가율의 최고치가 3.1cm²/day로 無處理(6.8cm²/day)의 절반 이상으로 감소되었고 葉 생장이 종료된 엽면적 또한 無處理의 47% 수준으로 크게 감소되어 습해에 의한 지하부의 根系 발달저하에 따라 생장중인 잎의 엽면적 증가속도는 크게 감소되는 것으로 나타나 지하부에서 발생된 습해는 곧 바로 지상부 형질에 영향을 미쳐 지상부 생육에도 크게 관여할 것으로 추정되었다.

摘 要

검정콩 1호를 공시품종으로 하여 콩의 영양생장기에 15일간 습해처리하고 그에 따른 엽생장 및 지하부의 생리적 반응을 조사한 결과는 다음과 같다.

1. 습해처리기간중 근류는 심토층에서부터 사멸되기 시작하였으며 습해기간이 7일 이상 지속될 경우 전체 근류의 35%이상이 사멸되었다.
2. 습해를 받으면 근류의 Bacteroid층이 균열되기 시작하였으며 습해기간이 지속될 경우 균열양상은 더욱 심화되었다.
3. 습해기간중 토심 5cm이하에 분포한 뿌리활력은 무처리에 비해 크게 감소하였으며 표토층에 분포한 뿌리는 큰 변화가 없었다.
4. 7일간의 습해처리로 주근의 외피조직 및 유관속조직의 분리현상과 일부 파괴현상이 관찰되었다.
5. 습해처리 기간 중의 엽면적 생장은 정상식물체의 엽면적 생장의 절반에 불과하였다.

引用文獻

1. 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.
2. Bishnoi, N. R., and H. N. Krishnamoorthy. 1992. Effect of waterlogging and gibberellic acid on leaf gas exchange in peanut(*Arachis hypogaea* L.). J. Plant Physiol. 139:503-505.
3. Bolton, E. F., and A. E. Erickson. 1970. Ethanol concentration in tomato plants during soil flooding. Agron. J. 62:220-224.
4. Fair, P., J. Tew and C. F. Cresswell. 1973. Enzyme activities associated with carbon dioxide exchange in illuminated

leaves of *Hordeum vulgare* L. Ann. Bot. 37:1035-1039.
5. Huang, C. Y., John S. Boyer and Larry N. Vanderhoef. 1975. Limitation of acetylene reduction (nitrogen fixation) by photosynthesis in soybean having low water potentials. Plant Physiol. 56:228-232.
6. Kawase, Makoto. 1972. Effect of flooding on ethylene concentration in horticultural plants. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 97:584-588.
7. Kramer, Paul J. 1951. Causes of injury to plants resulting from flooding of the soil. Plant Physiol. 26:722-736.
8. Kroen, William K., D. Mason Pharr and Steve C. Huber. 1991. Root flooding of muskmelon(*Cucumis melo* L.) affects fruit sugar concentration but not leaf carbon exchange rate. Plant Cell Physiol. 32(4):467-473.
9. 權容雄, 李玟奎. 1988. 콩의 營養生長期 및 開花期의 濕害條件에 대한 生理反應에 관한 硏究. 農試論文集(農業産學協同篇) 31:289-300.
10. 李弘石, 具滋煥, 尹誠熙. 1993. 水分포텐셜과 地下水位調節이 大豆의 根瘤活性, 生育 및 收量과 品質에 미치는 影響. 農試論文集(農業産學協同篇). 35:1-11.
11. MacDonald, Ian. R. 1975. Effect of vacuum infiltration on photosynthetic gas exchange in leaf tissue. Plant Physiol. 56:109-112.
12. 望月俊宏, 松本重男. 1991. 秋ダイズの耐濕性の品種間差異. 日作紀. 60:380- 384.
13. Singh, Bharat P., K. A. Tuker, J. D. Sutton and H. L. Bhardwaj. 1991. Flooding reduces gas exchange and growth in snap bean. Hort. Science 26(4):372-373.
14. Willey, C. R. 1970. Effects of short periods of anaerobic and near-anaerobic conditions on water uptake by tobacco roots. Agron. J. 62:224-229.