[韓作誌(Korean J. Crop Sci.) 39(3) : 223~231(1994)]

水分不足이 콩의 窒酸還元酵素 活性과 Abscisic acid 含量에 미치는 影響

柳點鎬* · 杜洪秀* · 高庚男* · 秋秉佶* · 李康壽*

Effects of Water Stress on Nitrate Reductase Activity and Abscisic Acid Content in Soybean Plants

Jeom Ho Ryu* · Hong Soo Doo* · Gyong Nam Ko* · Byong Gil Choo* and Kang Soo Lee*

ABSTRACT : To investigate effects of water stress on leaf water potential, nitrate reductase activity and abscisic acid content, Paldalkong, Saealkong and Danyeobkong were subjected to water stress by polyethyene glycol(PEG, MW=6,000) in the water culture and withholding irrigation in soil culture.

Leaf water potential and nitrate reductase activity decreased with increaseing of PEG concentration in the water culture. These were higher at 3rd and 5th leaf stage than at 1st leaf stage. Leaf water potential showed no significant differance among the varieties, but nitrate redutase activity was higher in Paldalkong than in Saealkong and Danyeobkong.

Leaf water potential and nitrate reductase activity decreased approximately 2.2 times(−1.67 MPa/−0.75MPa) and 47%(3.1μmole nitrite/g.DW/hour/5.9μmole nitrite/g.DW/hour) to control, respectively, after 3 days from water stress treatment in the soil culture.

According to increasing PEG concentration, abscisic acid content increased in the water culture and was higher at 5th leaf stage than at 1st and 3rd leaf stage. Paldalkong showed the highest abscisic acid content.

Abscisic acid content increased approximately 1.7 times(9.9nmole/g.DW/5.7nmole/g.DW) compared to the control after 3 days from water stress treatment in the soil culture.

Key word : Soybean, Water stress, Nitrate reductase, Abscisic acid

콩은 蛋白質, 脂肪 및 여러 종류의 비타민을 豊富하게 含有하고 있어 食用외에도 加工食品과 工業用으로 많이 利用되고 있다. 특히, 工業用으로써의 利用範圍가 날로 擴大되면서 原料를 國內生産量만으로는 充分할 수 없어 外國으로부터 輸入量이 매년 점차적으로 增加하여 많은 外貨가 소비되므로 콩의 生産量 提高와 安定生産을 위한 연구가 절실히 要求되고 있다.

이 論文은 1992年度 敎育部支援 韓國學術振興財團의 自由公募課題 學術硏究助成費에 의하여 硏究되었음.

* 全北大學校 農科大學 (College of Agri., Chonbuk Nat'l Univ., Chonju 560-756, Korea) 〈'94. 4. 14 接受〉

우리나라는 氣象學的인 견지에서 볼 때 콩의 播種 및 生育初期인 5~6월에 旱魃에 의한 土壤水分 不足으로 出現率이 不良하고 初期生育이 不振하며, 해에 따라서는 結莢期인 9~10월의 旱魃에 의해서도 收量의 減少가 초래되는데, 우리나라 밭의 경우 灌漑施設이 전혀 없어 旱害對策으로 耐乾性 品種育成에 대한 硏究가 더욱 절실한 실정이다.

콩은 生育過程에 따라 水分不足의 양상이 다르게 나타나는데, 生育前期(V1-R1)에는 莖長, 分枚數, 個體當 莢數, 莢當粒數가 크게 減少하고, 生育後期(R4-R8)에는 個體當 莢數, 100粒重이 減少하며 水分不足에 의한 收量減少는 登熟期에 가장 크고, 着莢初期, 花芽分化期 그리고 開化期의 順으로 점차 작아진다.

일반적으로 土壤水分이 不足되면 植物의 잎에서 氣孔이 닫히고 光合成이 減少되며, proline과 ABA의 함량이 증가하고 窒酸還元酵素의 活性이 減少하여 收量構成要素의 발달이 不振해지고 그에 따라 收量의 감소가 招來되는데, 土壤의 水分不足은 먼저 葉의 水分 potential과 密接한 관계가 있다[2,5,7].

窒酸還元酵素(Nitrate reductase)는 nitrate를 ammonia로 還元하는 첫 단계의 酵素로서 여러가지 環境에 따라 敏感하게 반응하며, 그의 活性은 光度, CO_2 水準, 溫度, 水分條件 및 窒素肥料의 供給與否에 따라 변화하여 蛋白質合成에 중요한 作用을 한다[8].

또한 ABA(Abscisic acid)는 水分不足時 作物體內에서 合成되어 氣孔을 닫고 孔邊細胞에 蓄積되고 滲透壓을 조절하여 水分不足의 抵抗性을 높여주는 作用을 하는 것으로 알려지고 있다[1,14,19].

本 硏究에서는 콩의 耐旱性 品種育成 및 選拔에 대한 基礎資料를 얻고자 水分不足에 따른 葉의 水分 potential, 窒酸還元酵素의 活性 및 ABA의 含量을 調査하였다.

材料 및 方法

本 硏究는 팔달콩, 새알콩 및 단엽콩을 供試品種으로 하여 室內에서 水耕栽培하고 水耕液에 PEG를 處理한 實驗과 溫室에서 土壤을 利用하여 pot 栽培하고 斷水處理한 實驗으로 나누어 植物體의 水分不足을 誘發하였다. 水耕栽培는 hydroponic system(존샘사 제작)에서 Harper 培養液[10]을 利用하여 實施하였고 水分不足을 誘發시키기 위해서는 第1本葉期, 第3本葉期 그리고 第5本葉期에 Michel and Kaufmann[13]의 方法에 따라 polyethylene glycol(MW=6,000)을 使用하여 水耕液의 水分 potential이 0.0(control), −0.5, −1.0 및 −1.5 MPa이 되도록 處理하고 處理 2時間, 4時間 및 6時間 後에 잎을 材料로 採取하였다. Pot 栽培는 3 品種을 5月 中旬에 1/5000a의 Wagner pot에 播種하여 出芽 後 pot당 3株씩 生育시켰다. 斷水處理는 生育初期(5月 24~29日), 生育中期(6月 14~19日), 開化期(7月 12~17日) 및 結實期(8月 9~14日)에 實施하였고 斷水處理 3日과 5日後에 材料를 採取하였다. 採取한 材料는 즉시 水分 potential을 測定한 다음 −50℃에서 急速冷凍시킨 後 −20℃에서 保管하면서 冷凍乾燥한 後에 nitrate reductase activity(NRA)와 abscisic acid(ABA) 含量을 調査하였다.

水分 potential은 각 植物의 上位葉을 Dew point micrometer(Wescor Model HR-33)로 測定하였는데 30分間 安定시킨 다음 測定하였다.

NRA活性은 試料 1g當 抽出溶液(1mM EDTA, 10mM cysteine, 25mM potassium phosphate, pH 8.8) 6ml를 넣고 1~4℃에서 cheese-cloth 2~3겹으로 抽出한 다음 17,000g에서 20분 遠心分離하여 이를 助酵素液으로 利用하였다. 助酵素液 0.1~0.2ml에다 100mM KH_2PO_4를 0.5ml, 100 mM KNO_3를 0.2ml, 2mM NADH를 0.2ml를 添加하고 最終 2ml가 되게 蒸溜水를 가한 다음 30℃에서 15分間 인큐베이션하여 反應시킨 後, 여기에 1% sulfanylamide 1ml를 가하여 反應을 정지시킨 後 0.02% N-(1-Naphthy)ethylendiamine HCl 1ml를 添加하고 室溫에서 30分동안 放置하여 發色이 되면 540nm에서 비색정량하였다[8].

ABA 含量은 崔 等[4]의 方法에 따라 각 處理의 試料 200mg에 4ml의 抽出溶液(80% MeOH 10 ml, BHT 10ml, Acetic acid 20ml)을 混合하여 4℃에서 48時間 放置 後 上澄液을 TBS(Tris-buf-

fered saline)로 稀釋하였다.

抗原은 蛋白質의 -NH基와 ABA의 -COOH基 間의 脫水結合 즉 61㎛mol(±)-ABA와 15㎕ Tris-butylamine을 0.6ml dimethylformamide에 녹여서 -15℃에서 15分동안 放置한 뒤 이 용액을 4.4ml dimethylformamide에 84mg의 BSA를 녹인 溶液에 混合하여 結合시켰다. 上記한 BSA에 ABA를 結合시킨 溶液을 4℃에서 4日間 透析시켜 急速凍結乾燥한 다음, -20℃에 保管하면서 抗原으로 使用하였으며 抗體는 3~5개월 된 california種 토끼에 稀釋抗原을 주사하여 抗體를 형성시킨 뒤 血液을 分離하고 다시 IgG만 濃縮하였다.

IgG의 濃縮은 5ml의 血淸液을 pH 8.5로 調整한 後 0.4% rivanol 溶液 17.5ml를 혼합하여 1,000g에서 5分間 遠心分離하고 沈澱된 rivanol을 除去한 다음 上澄液에 포함된 遊離 rivanol은 0.3g의 活性炭을 가하여 Whatman No. 42여과지로 活性炭과 rivanol을 완전히 제거하고 同量을 포화 $(NH_4)_2SO_4$를 가하여 4℃에서 6時間 이상 放置한 後 3,000g에서 30分 遠心分離하여 IgG를 沈澱시켰다. 沈澱된 IgG에 原血淸量 1/2용량의 0.9% NaCl溶液을 가하고 4日間 透析하였다. Polystyrene tube coating은 IgG의 濃度가 10㎍ protein/ml가 되도록 50mM $NaOHCO_3$溶液으로 稀釋하여 0.2ml씩 각각 polystyrene tube에 넣어서 4℃에 3時間 이상 放置하여 coating한 後 蒸溜水로 2회 세척하고 ELISA에 使用하였다.

ABA와 alkaline phosphatase의 conjugation은 (±)ABA 10 ㎛ml에 0.1ml의 Dimethylformamide溶液을 가하여 2.65mg의 1-ethyl-3(30 methylaminopropyl)-carbodiimide HCl과 혼합한 다음 pH 6.4로 調整하고 1時間동안 교반하였다. 上記의 混合溶液을 alkaline phosphatase용액(alkaline phosphatase 1,200 U/mg을 0.3ml의 1M NaCl과 33% dimethylformamide pH 6.4에 녹임)에 10분 간격으로 20㎕씩 添加하고 20時間 교반시킨 뒤 10% dimethylformamide외액에 투석하여 30% glycerol이 되도록 調製하여 -18℃에 保管하였다.

ELISA는 IgG가 coating된 polystyrene tube에 0.1ml 試料를 가하고 TBS 50㎕에 conjugated ABA를 50㎕ 混合하고 4℃에서 3時間 反應시키고 反應이 끝난 tube는 反應溶液을 Aspirator로 완전히 뽑아낸 다음 0.3ml 냉각수로 3회 洗滌한 뒤 6.0mM P-nitrophenyl phosphate 0.2ml를 가하여 37℃에서 1時間 反應시킨 뒤 5M KOH 50㎕를 가하여 酵素反應을 終結시키고 405nm에서 吸光度를 測定하였다.

結果 및 考察

1. 葉의 水分 potential

콩 3品種을 水耕栽培하고 生育時期에 따라 PEG의 濃度를 다르게 處理하여 葉의 水分 potential을 調査한 結果는 表 1과 같다. 水耕液에 PEG를 處理한 結果, 2時間內에 下位葉부터 萎凋現象을 보였는데 處理濃度, 品種 및 生育時期에 따라 다소 差異가 있었다.

PEG 處理濃度에 따른 葉의 水分 potential 變化를 보면 PEG를 處理하지 않은 植物體에서는 -0.55~-0.62 MPa의 水準이었으나 PEG의 -0.5 MPa 處理에서는 處理 2時間 後 水分 potential이 -1.08MPa로 낮아지고 4時間 後에는 -1.3MPa

Table 1. Leaf water potential in soybean plants, which were grown in different water potential of the culture solutions at three growth stages for three cultivars

Division	Hours after water stress			
	2 Hour	4 Hour	6 Hour	Mean
Control	-0.55	-0.59	-0.62	-0.59
-0.5MPa	-0.08	-1.30	-1.71	-1.36
-1.0MPa	-1.18	-1.56	-2.08	-1.61
-1.5MPa	-1.27	-1.76	-2.60	-1.88
LSD(0.05)	-	-	-	0.125
Paldalkong	-0.90	-1.25	-1.66	-1.32
Saealkong	-1.03	-1.31	-1.77	-1.35
Danyeobkong	-1.04	-1.36	-1.83	-1.41
LSD(0.05)	-	-	-	0.355
1st leaf stage	-1.13	-1.52	-2.26	-1.64
3rd leaf stage	-0.99	-1.36	-1.83	-1.40
5th leaf stage	-0.93	-1.03	-1.11	-1.04
LSD(0.05)	-	-	-	0.338

그리고 6時間 後에는 −1.71MPa로 낮아졌으며, PEG의 處理濃度가 增加 할수록 또, PEG 處理 後 時間이 經過 할수록 水分 potential이 더욱 낮아져 PEG를 處理하지 않은 對照區와 그리고 濃度間에 有意的인 差異가 認定되었다.

PEG의 處理에 따른 葉의 水分 potential을 品種別로 보면 PEG 處理 2時間 後에 새알콩과 단엽콩은 葉의 水分 potential이 각각 −1.03MPa과 −1.04 MPa로 거의 비슷하였으나 팔달콩은 −0.90MPa로 두 品種보다 다소 높았는데, 이러한 경향은 PEG 處理 後의 時間이 4時間이나 6時間으로 연장되어도 비슷하였다. 이와 같은 結果는 品種에 따라 水分不足에 대한 反應이 差異가 있다는 여러 報告等[6,7]으로 볼 때 팔달콩이 새알콩이나 단엽콩보다 水分不足에 대한 抵抗性이 높아 葉의 水分 potential이 다소 높게 維持되는 것으로 생각되었다. 그러나 本 結果에서는 品種間에 統計的인 有意性이 認定되지 않았는데, 이는 水耕栽培에 의해서 뿌리의 發達特性 等 여러가지 生育特性이 品種間에 서로 비슷하였기 때문인 것이 아닌가 생각된다.

生育時期로 PEG의 處理에 따른 葉의 水分 potential 變化를 보면 第1葉期에는 PEG 處理 2時間 後에 −1.13MPa이었고 6時間 後에는 −2.26MPa까지 낮아졌는데, 第3葉期에는 PEG 處理 2時間 後에 −0.99MPa이었고 6時間 後에는 −1.83MPa로 第1葉期보다 높은 水準이었다. 第5葉期에는 第3葉期보다도 높은 水準으로 葉期가 높을수록 葉의 水分 potential이 점차 높아졌는데, 이는 葉數가 적은 生育初期에는 萎凋現象이 顯著하고 生育時期가 進展될수록 水分不足에 대한 抵抗性이 增加하는 것을 암시하는 結果가 아닌가 생각된다.

Brady 等[2]과 Chen 等[3]은 土壤水分不足이 葉의 水分 potential과 밀접한 關係가 있다고 하였는데 本 實驗에서 水耕液의 PEG 濃度가 높아짐에 따라 葉의 水分 potential이 낮아지고, 또 生育程度에 따라서도 잎의 水分 potential이 다른 것은 콩에 있어서도 葉의 水分 potential이 잎의 含水量과도 밀접한 關係가 있음을 보여주는 結果로 생각된다. 그러나 葉의 含水量을 葉의 水分 potential로 측정하여 品種間의 耐乾性程度를 表現하기에는 本 實驗에서 品種間에 有意的인 差異가 認定되지 않는 점으로 보아 더욱 綿密한 檢討가 要求된다.

Pot 栽培에서 生育時期別로 斷水處理하여 土壤水分不足에 따른 葉의 水分 potential을 調査한 結果는 表 2와 같다. Pot 栽培에서 斷水處理한 結果 水耕栽培에서 PEG를 處理한 結果는 달리 品種에 관계없이 植物體의 水分不足 症狀은 3日 後에나 나타나는데 5日 後에는 萎凋의 程度가 심하였으며 外

Table 2. Changes in water potential of soybean plants subjected to water stress by withholding irrigation at each growth stage for three cultivars (MPa)

Varieties	Growth stage	3 days after water stress			5 days after water stress		
		Control(A)	Stress(B)	B/A	Control(A)	Stress(B)	B/A
Paldal kong	Early stage	−0.542	−1.267	2.34	−0.700	−1.427	2.04
	Middle stage	−0.653	−1.336	2.05	−0.756	−1.545	2.04
	Flower stage	−0.772	−1.545	2.00	−0.845	−2.045	2.42
	Podding :	−0.844	−1.936	2.19	−1.012	−2.145	2.12
	LSD(0.05)	NS	0.397	−	NS	0.435	−
Saeal kong	Early stage	−0.456	−1.245	2.73	−0.640	−1.545	2.41
	Middle stage	−0.647	−1.426	2.20	−0.723	−1.826	2.53
	Flower stage	−0.812	−1.645	2.03	−0.900	−1.936	2.15
	Podding :	−0.913	−1.825	2.00	−1.000	−2.126	2.13
	LSD(0.05)	0.297	0.372	−	0.321	0.427	−
Danyeob kong	Early stage	−0.656	−1.630	2.48	−0.754	−1.823	2.42
	Middle stage	−0.856	−1.820	2.13	−0.864	−2.023	2.31
	Flower stage	−0.860	2.034	2.37	−0.930	−2.345	2.52
	Podding	−1.023	−2.305	2.25	−1.100	−3.025	2.75
	LSD(0.05)	0.371	0.419	−	NS	0.512	−

形上 단엽콩이 팔달콩이나 새알콩보다 萎凋程度가 컸다.

生育時期別로 斷水處理하여 3日과 5日 後에 葉의 水分 potential를 調査한 結果, 供試品種 모두 生育初期보다 生育後期에 葉의 水分 potential이 낮아 生育期間이 進展될수록 斷水處理에 의한 葉의 水分不足現象이 뚜렷해짐을 알 수가 있다. 이와 같은 結果는 水耕栽培實驗에서와는 다른 結果인데 水耕栽培에서는 PEG 處理濃度가 계속해서 維持되나 pot 栽培에서는 生育初期보다 生育後期에 植物體의 草形이 커지고 葉面積이 增加하여 蒸散量이 많음에 따라 土壤內의 水分이 生育初期보다 더욱 빠르게 減少되었기 때문으로 생각된다.

斷水處理에 의한 葉의 水分 potential을 全調査期間을 平均하여 品種間에 比較하여 보면 斷水處理 3日 後에 팔달콩과 새알콩은 각각 −1.521MPa과 −1.535MPa로 서로 비슷한 傾向인데 단엽콩은 −1.947MPa로 두 品種보다 낮았고 斷水處理 5日 後에도 品種間의 傾向이 비슷하여 外形上 觀察과 같은 結果를 보였다.

일반적으로 콩은 生育初期부터 結莢期까지 生育이 進展 될수록 水分不足의 影響이 커서 開化期와 結莢期의 水分不足이 生育에 敏感하게 反應하므로 收量에 가장 크게 影響을 미친다고[2,6,18] 하는데 이와 같은 結果는 水分不足에 의한 葉의 水分 potential이 生育初期보다 生育後期에 더 낮은 것과도 關聯이 있는 것으로 생각된다.

2. 窒素還元酵素 活性

PEG 處理에 따른 窒酸還元酵素의 變化를 PEG의 濃度, 品種 그리고 葉期別로 살펴보면 表 3과 같다. PEG의 濃度에 따른 窒酸還元酵素의 變化를 보면 PEG를 處理하지 않은 植物體는 5.16~6.62μmole nitrite/g. DW/hour의 水準이었으나 PEG −0.5MPa의 濃度에서는 處理 2時間 後에 4.49μmole nitrite/g. DW/hour로, PEG −1.0MPa의 濃度에서는 2.92μmole nitrite/g. DW/hour 그리고 PEG −1.5MPa의 濃度에서는 2.10μmol nitrite/g. DW/hour로 酵素의 活性이 크게 減少하였으며 PEG 處理 後의 時間이 4時間과 6時間으로 經過 할수록 酵素의 活性은 더욱 減少하는 傾向으로 處理濃度間에 有意的인 差異가 認定되었다.

品種에 따른 窒酸還元酵素의 差異를 보면 處理 2時間 後에 팔달콩이 4.40μmol nitrite/g. DW/hour로 새알콩의 3.67μmole nitrite/g. DW/hour이나 단엽콩의 3.00μmole nitrite/g. DW/hour보다 酵素의 活性이 높게 나타났으며 處理 4時間 後나 6時間 後에도 品種間에 差異가 비슷하여 有意的인 差異가 認定되었다. 일반적으로 콩에서 窒素固定은 播種 後 20~30日부터 시작되어 窒酸還元酵素의 活性이 增加하며 水分不足이 되면 酵素의 活性이 減少되나 旱害抵抗性品種은 旱魃條件에도 減少程度가 적은데 팔달콩이 새알콩이나 단엽콩보다 窒酸還元酵素의 活性이 높게 나타난 것은 팔달콩이 水分不足에 抵抗性이 큰 것을 나타내고 있는 것이 아닌가 생각된다.

PEG 處理에 대한 窒酸還元酵素의 活性은 生育時期에 따라서 각각 다르게 나타나는데, 第1葉期에는 3.37μmole nitrite/g. DW/hour, 第3葉期에는 3.67μmole nitrite/g. DW/hour 그리고 第5葉期에는 4.03μmole nitrite/g. DW/hour로 葉期가 進展될수록 酵素의 活性이 높았으며 處理 後 時間이 經過할 수록 酵素의 活性은 낮아졌으나 葉期間

Table 3. Nitrate reductase activity in soybean plants, which were grown in different water potential of the culture solutions at three growth stages for three cultivars

(μmole nitrite/g.DW/hour)

Division	Hours after water stress			
	2 Hour	4 Hour	6 Hour	Mean
Control	5.16	5.74	6.62	5.84
−0.5MPa	4.49	4.06	3.77	4.10
−1.0MPa	2.93	2.30	1.41	2.21
−1.5Mpa	2.10	1.41	0.86	1.46
LSD(0.05)	−	−	−	0.185
Paldalkogn	4.40	3.97	3.64	3.99
Saealkong	3.67	3.37	3.07	3.35
Danyeobkong	3.00	2.83	2.77	2.87
LSD(0.05)	−	−	−	0.536
1st leaf stage	3.37	3.07	2.81	3.07
3rd leaf stage	3.67	3.37	3.19	3.39
5th leaf stage	4.03	3.73	3.49	3.74
LSD(0.05)	−	−	−	0.162

에 差異는 處理 2時間 後의 結果와 비슷한 傾向이었다.

이와 같이 PEG의 處理에 의해서 窒酸還元酵素가 減少하고, 그의 減少程度에 PEG의 濃度, 品種 그리고 生育時期에 따라 差異가 있는 것은 PEG가 葉의 水分不足現象을 일으키고 이에 따라 窒素代謝가 減少되어 窒酸還元酵素의 活性도 減少되며 또, 水分不足의 양상이 品種과 生育時期에 따라 다르게 나타나고 있임을 나타내는 結果로 생각된다. Sinha and Nicholas[17]는 잎에 水分이 不足하게 되면 窒酸還元酵素의 活性이 심하게 減少한다고 하였고 Harper and Hageman[9]은 葉位別로는 上位葉이 가장 酵素活性의 減少程度가 크고 生育時期別로는 開化期에서 結莢期 사이에 減少程度가 最大로 된다고 하였는데 本 實驗의 結果도 이들의 結果와 비슷한 傾向이었다.

Pot 栽培에서 生育時期別로 斷水處理하여 土壤水分 不足에 따른 葉의 窒酸還元酵素의 活性을 보면 表 4와 같다. 斷水處理에 따른 窒酸還元酵素의 活性을 品種에 따라 生育時期別로 比較하여 보면 팔달콩의 경우 生育初期에는 斷水處理를 하지 않은 植物體는 8.45μmole nitrite/g. DW/hour인데 斷水處理에서는 處理 3日後에 4.3μmole nitrite/g. DW/hour로 酵素의 活性이 약 50% 程度가 減少하였는데, 生育時期가 進展됨에 따라서도 斷水處理에 의한 酵素活性의 減少比率은 生育初期와 비슷하였다. 그러나 새알콩의 경우 生育初期에는 약 38%가 減少하였으나 開化期와 結莢期에는 각각 43%와 52%가 減少하여 生育의 進展에 따라 酵素의 減少程度가 컸는데 단엽콩의 경우에는 생알콩과는 다르게 生育初期에는 약 59%가, 그리고 開花期와 結莢期에는 각각 32%와 34%가 減少하여 品種間 反應이 다르게 나타났다. 이와 같이 品種에 따라 生育時期別로 酵素의 減少比率에 差異가 있는 것은 品種간에 早熟性[15] 등의 특성이 서로 다른 것과 關聯이 있는 것으로 생각된다.

3. Abscisic acid 含量

PEG 處理에 따른 葉內 ABA의 含量變化를 PEG의 濃度, 品種 및 葉期別로 구분하여 살펴보면 表 5와 같다. PEG의 濃度에 따른 ABA의 變化를 보면 PEG를 處理하지 않은 植物體는 5.02 nmole/g.DW이었는데 PEG −0.5MPa의 濃度에서는 處理 2時間 後에 5.79nmole/g.DW, PEG −1.0MPa의 濃度에서는 6.41nmole/g.DW, 그리고 PEG −1.5MPa의 濃度에서는 7.48nmole/g. DW로 PEG의 濃度가 높아질수록 葉에서 ABA 含量이 增加하는 傾向이었고 PEG의 濃度가 높을수

Table 4. Changes in nitrate reductass activity of soybean plants subjected to water stress by withholding irrigation at each growth stage for three cultivars (μmole nitrite/g.DW/hour)

Varieties	Growth stage	3 days agter water stress			5 days after water stress		
		Control(A)	Stress(B)	B/A	Control(A)	Stress(B)	B/A
Paldal kong	Early stage	8.45	4.30	0.51	5.58	2.61	0.47
	Middle stage	7.32	3.95	0.54	5.77	2.89	0.50
	Flower stage	6.00	3.00	0.50	3.85	2.32	0.60
	Podding ;	5.00	2.50	0.50	3.66	1.74	0.48
	LSD(0.05)	2.12	1.26	−	1.95	NS	−
Saeal kong	Early stage	6.50	4.00	0.62	5.10	2.80	0.55
	Middle stage	6.00	3.20	0.53	4.04	2.51	0.62
	Flower stage	4.40	2.50	0.57	3.14	1.93	0.61
	Podding ;	4.20	2.00	0.48	2.70	1.55	0.57
	LSD(0.05)	1.97	1.78	−	2.13	NS	−
Danyeob kong	Early stage	8.32	3.43	0.41	5.77	2.70	0.48
	Middle stage	6.43	3.12	0.49	4.52	2.70	0.60
	Flower stage	4.24	2.87	0.68	3.47	2.61	0.75
	Podding ;	4.00	2.65	0.66	4.04	2.32	0.57
	LSD(0.05)	2.35	NS	−	1.95	NS	−

록 處理 後 時間이 경과함에따라 ABA의 含量이 더욱 增加하여 PEG의 濃度間에 뚜렷한 差異가 認定되었다.

PEG 處理에 따른 ABA의 含量을 品種別로 보면 PEG 處理 2時間 後에 팔달콩이 6.9nmole /g. DW로 새알콩의 5.7nmole /g.DW과 단엽콩의 5.93nmole /g.DW보다 ABA의 含量이 높았고 그의 경향은 PEG 處理 6時間 後까지 계속되었다.

Table 5. Abscisic acid content in soybean plants, which were grown in different water potential of the culture solutions at three growth stages for three cultivars (nmole /g.DW)

Division	Hours after water stress			
	2 Hour	4 Hour	6 Hour	Mean
Control	5.02	5.28	5.73	5.34
−0.5MPa	5.79	6.26	6.90	6.32
−1.0MPa	6.41	7.06	7.75	7.07
−1.5Mpa	7.48	8.34	9.36	8.39
LSD(0.05)				0.185
Paldalkogn	6.90	7.50	8.14	7.51
Saealkong	5.70	6.20	6.76	6.20
Danyeobkong	5.93	6.57	7.40	6.60
LSD(0.05)	−	−	−	0.402
1st leaf stage	6.03	6.60	7.12	6.58
3rd leaf stage	6.07	6.63	7.44	6.67
5th leaf stage	6.43	7.03	7.74	7.07
LSD(0.05)	−	−	−	0.326

生育時期別로 PEG를 處理한 結果 處理 2時間 後에 ABA의 含量은 第1葉期와 第3葉期에서는 각각 6.03nmole /g.DW과 6.07nmole /g.DW로 비슷하였으나 第5葉期에는 6.43nmole /g.DW로 第1葉期와 第3葉期보다 ABA의 含量이 높았고 處理 後 時間이 經過함에 따라 ABA의 含量은 높아졌는데 ABA의 含量이 第5葉期에서 第1葉期와 第3葉期보다 높은 것은 處理 後 2時間과 비슷하였다.

斷水處理에 따른 ABA의 含量變化를 生育時期別로 比較하여 보면 表 6과 같다. 斷水處理를 하지 않은 植物體의 경우 3.8~7.8nmole /g.DW 範圍內에서 生育初期보다 生育後期에 높아지는 傾向이었는데 斷水處理에 의하여 각 生育時期別로 含量이 急增하여 品種, 生育時期 및 處理日數에 따라 1.47~1.89배의 增加를 보여 새알콩의 1.59~2.06배와 단엽콩의 1.89~2.07배보다 增加率이 적었고 그의 경향은 斷水處理 6日 後에도 비슷하였는데, 팔달콩이 다른 2品種보다 水分 potential이 높고 窒酸還元酵素의 活性도 높은 것으로 보아 Quarrie and Jones[16] 等이 밀의 旱害抵抗性 品種은 敏感性 品種보다 旱害反應에 대하여 ABA 蓄積을 덜 한다

Table 6. Changes in abscisic acid content of soybean plants subjected to water stress by withholding irrigation at each growth stage for three cultivars (nmole nitrite /g.DW)

Varieties	Growth stage	3 days agter water stress			5 days after water stress		
		Control(A)	Stress(B)	B /A	Control(A)	Stress(B)	B /A
Paldal kong	Early stage	4.50	8.50	1.89	4.20	9.20	2.19
	Middle stage	5.20	9.26	1.78	5.80	10.00	1.72
	Flower stage	6.70	9.75	1.46	6.80	10.54	1.55
	Podding ;	7.10	10.45	1.47	7.30	12.36	1.69
	LSD(0.05)	1.27	1.95	−	2.23	2.57	−
Saeal kong	Early stage	4.00	8.24	2.06	3.80	9.30	2.45
	Middle stage	5.10	9.00	1.76	5.20	10.24	1.97
	Flower stage	6.00	9.23	1.54	6.30	11.36	1.80
	Podding ;	6.50	10.35	1.59	6.80	13.27	1.95
	LSD(0.05)	1.97	1.64	−	2.39	2.45	−
Danyeob kong	Early stage	4.50	9.30	2.07	4.60	10.23	2.22
	Middle stage	5.30	10.52	1.98	5.20	13.23	2.54
	Flower stage	6.50	11.32	1.74	5.50	15.23	2.77
	Podding ;	7.00	13.20	1.89	6.50	17.23	2.65
	LSD(0.05)	1.72	1.27	−	1.55	3.21	−

고 報告한 結果와 비슷한 傾向을 나타내고 있는 것이 아닌가 생각된다.

McMichael and Hanny[12]는 棉花에서 水分不足이 되면 항상 ABA含量이 높아진다고 하였으며 Milborrow[14]도 옥수수에서 水分不足時 抵抗性品種은 敏感性品種보다 ABA 含量은 높으나 增加幅은 적고, 中生植物은 엽중의 ABA含量이 수분부족에 따라 增加하지만 乾生(사막)植物은 萎凋狀態에서도 ABA含量의 增加率이 높지 않다고 하여 단순히 ABA 含量增加가 旱魃抵抗性을 나타내는 것은 아니라는 것을 시사하였다. Werner 等[20]은 이끼에서 外部 ABA 處理로 旱魃抵抗性이 增加된다고 하여 ABA와 旱魃抵抗性과 밀접한 關聯이 있다고 하였다.

本 結果에서 ABA 含量이 PEG의 處理와 處理期間에 따라 差異가 있으며 斷水處理에 의해서도 그의 含量이 增加하는 것으로 보아 콩에서도 水分不足과 ABA와 關係가 밀접한 것으로 생각되나 ABA의 함량 및 水分不足에 의한 ABA의 含量增加程度와 콩 品種의 旱魃抵抗性과의 關係에 대해서는 많은 品種을 이용하여 더욱 綿密한 檢討가 이루어져야 할 것으로 생각된다.

摘 要

콩의 耐旱魃性 品種育成 및 選拔에 대한 基礎資料를 얻고자 팔달콩, 새알콩 및 단엽콩을 供試하여 水耕栽培에서는 水耕液을 PEG處理로, pot 實驗에서는 斷水處理하여 水分不足을 誘起하고 PEG 濃度, 品種 및 生育時期別로 葉의 水分 potential, 窒酸還元酵素의 活性 및 ABA 含量을 調査하였다.

1. 葉의 水分 potential은 PEG의 濃度가 높을수록 낮았으며 生育時期에 따라서는 第1葉期보다 第3葉期와 第5葉期에 높았는데, 品種間에는 差異가 없었다. 葉의 水分 potential은 斷水處理 3日後에 無處理에서보다 약 2.2배가 減少되었다.
2. 窒酸還元酵素의 活性은 PEG의 濃度가 높을수록 낮았고 第1葉期보다 第3葉期와 第5葉期에 높았으며, 品種間에는 팔달콩이 새알콩과 단엽콩보다 높았다. 斷水處理에서는 處理 3日後에 窒酸還元酵素의 活性이 無處理에서보다 약 47%가 減少되었다.
3. ABA의 含量은 PEG의 濃度가 높을수록 높았고 第1葉期와 第3葉期보다 第5葉期에 높았으며 品種間에는 팔달콩이 새알콩과 단엽콩보다 높았다. 斷水處理에서는 處理 3日 後에 ABA의 含量이 無處理에서보다 약 1.7배가 增加하였으며 生育後期보다 生育初期에 더욱 增加하였다.

引 用 文 獻

1. Beardsell, M.F. and D. Cohen. 1975. Relationships between leaf water status, abscisic acid levels, and stomatal resistance in maize and sorghum. Plant Physiol. 56:207-212.
2. Brady R.A., W.L. Powers, L.R. Stone and S.M. Goltz. 1974. Relation of soybean leaf water potential to soil water potential. Agronomy Journal. 66:795-798.
3. Chen L.H., H.J. Mederski and R.B. Curry. 1971. Water stress effects on photosynthesis and stem diameter in soybean plants. Crop Sci. 11:428-431.
4. 崔善英, 李康壽. 1987. 人蔘種子의 休眠 및 發芽에 대한 生理化學的 硏究. 2. 種子의 後熟課程에 있어서 Abscisic acid의 含量變化. 韓作誌. 32(3):277-288.
5. 千鍾殷, 金晋鎬. 1992. 旱魃條件이 콩植物體의 染運動. 光合成能, 增産量, 收量 및 關聯 形質에 미치는 影響. 韓作誌. 37(4):313-319.
6. Doss, B.D., R.W. Pearson and H.T. Rogers. 1974. Effect of soil water stress at various growth stages on soybean yield. Agronomy Journal. 66:297-299.
7. Finn, G.A. and W.A. Brun. 1980. Water stress effects on CO_2 assimilation, photosynthate partitioning, stomatal resistance, and nodule activity in soybean. Crop Sci. 20:431-434.

8. Hageman, R.H. and D.P. Hucklesby. 1972. Nitrate reductase from higher plants. Methods Enzymol. 23:491-503.
9. Harper, J.E. and R.H. Hageman. 1972. Canopy and seasonal profiles of nitrate reductase in soybeans(Glycine max L. Merr.). Plant Physiol. 49:146-154.
10. Harper J.E. 1971. Seasonal nutrient uptake and accumulation patterns in soybeans. Crop Sci. 11:347-350.
11. Harrison, M.A. and D.C. Walton. 1975. Abscisic acid metabolism in water-stressed bean leaves. Plant Physiol. 56:250-254.
12. McMichael B.L. and B.W. Hanny. 1977. Endogenous levels of abscisic acid in water-stressed cotton leaves. Agronomy Journal. 69:979-982.
13. Michel B.E. and M.R. Kaufmann. 1973. The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. Pant Physiol. 51:914-916.
14. *Milborrow B.V. 1981. Abscisic acid and* other hormones. The physiology and biochemistry of drought resistance in plants. 347-388. Academic press.
15. Nicholas. J.C., J.E. Harper, and R.H. Hageman. 1976. Nitrate reductase activity in soybeans(Glycine max[L.]Merr.). Plant Physiol. 58:731-735.
16. Quarrie S.A. and H.G. Jones. 1977. Genotypic variation in leaf water potential, stomatal conductance and abscisic acid concentration in spring wheat subjected to artificial drought strees. Annual Botany. 44:323-332.
17. Sinha S.K. and D.J.D. Nicholas. 1981. Nitrate reductase. The physiology and biochemistry of drought resistance in plants. 145-169. Academic press.
18. Sionit, N. and P.J. Kramer. 1977. Effect of water stress during different stages of growth of soybean. Agronomy Journal. 69:274-278.
19. Walton, D.C. 1980. Biochemistry and physiology of abscisic acid, Ann. Rev. Plant Physiol. 31:453-489.
20. Werner, O., R.M.R. Espin, M. Bopp and R. Atzorn. 1991. Abscisic-acid-induced drought tolerance in Funaria hygrometrica Hedw. Planta. 186:99-103.