韓國作物學會誌 第24卷 第1號(1979)
J. Korean Soc. Crop Sci. Vol. 24. No. 1: 57~65

大·小麦에 있어서 低温 및 水分不足에 依한 遊離 Prolie의 蓄積

崔 元 烈* 돈 아스피날**
全南大学校 農科大学* · 濠州아데라이드大学校 農科大学**

THE ACCUMULATION OF FREE PROLINE AT LOW TEMPERATURES AND WATER STRESS IN BARLEY AND WHEAT.

WON- YUL CHOI AND DON ASPINALL***

* *COLLEGE OF AGRICULTURE, CHONNAM NATIONAL UNIVERSITY*
** *WAITE AGRICULTURAL RESEARCH INSTITUTE, THE UNIVERSITY OF ADELAIDE, AUSTRALIA.*

ABSTRACT

In order to find the physiology of responess

In order to find the physiology of responses and mechanisms of the accumlation of free proline at low temperatures and water stress, the temperature range, the effect of prolonged exposure to low temperatures, the light-dependence of proline accumulation in barle was significantly lower than in wheat. Proline accumulation at 5 C without water stress was shown to be light-dependent. Proline accumulation by water stress was not light-dependent at 20℃ but at 5℃.

緒 言

Draper,[6] Pauli · Mitchell[12], Srivastava · Fowden[17], Trione[21]은 植物이 低温에 処하면 全遊離 amino酸이 顯著히 增加된다고 하였다. 또한 Benko[2], Thomson · Zalik[20]은 低温에 依한 全遊離 amino酸의 增加는 主로 Imino-acid인 Proline의 蓄積이 主因이라고 하였다. Palfi et al[10], Singh et al[15]은 葉의 水分能力(ψ_w, Water potential)의 減少即, 水分이 不足됨에 따라 植物葉의 遊離 Proline 含量이 增加된다고 하였다. 그러나 Chu et al[4] 은 低温에 依한 Proline 蓄積은 葉의 ψ_w의 減少의 同時物 結果는 아니며 오히려 低温이 反応에 直接的인 影響을 준듯하다고 하였다. Benko[2]는 低温에 依한 植物組織内의 Proline 蓄積은 冷害抵抗性과 有関하다 하였고 Ostapljuk[24]는 Proline의 蓄積量은 品種間에 差異가 있음을 示唆하였다.

그러나 이러한 反応生理에 対한 基礎的인 究明이 未洽하기에 本 研究는 大·小麦을 中心으로 数種의 植物에 対한 Proline 蓄積의 温度範囲, 長期低温処理의 影響, 低温과 水分不足에 있어서 光依存性 與否 및 種間, 種内의 変異를 알고자 함이다.

材料 및 方法

大麦(Hordeum-distichum L., CV. Prior)과 小麦(Triticum aestivum L., CV. Gabo)을 直径 10cm인 plastic pot에 10日間 growth Chamber에서 生育시켜 材料植物로 使用하였다. 材料植物은 砂耕栽培로서 Hoagland 養分溶液을 1/2濃度로 毎日給與하였으며 生育初 10日間은 日長 16時間 (光度 : 4.1mWcm^{-2})으로서 晝間 21±1℃, 夜間 14±1℃로 維持시켰다.

低温処理는 生育初期의 生育環境에서 温度만 낮은 低温室에 全植物体를 옮기거나 低温暗室에 옮겼고, 標準이 되는 植物은 初期의 生育条件을 変更없이 持続시켰다. 水分不足処理는 polyethylene

glycol (P. E. G) 溶液(分子量 6.000, osmotic potential −20bars)으로 水分不足을 誘発시켰다.

葉切片組織에 対한 実験에서는 10日間 生育시킨 植物의 第一本葉을 1㎝길이로 切断한 葉切片을 蒸溜水나 P. E. G. 溶液에서 浸漬浮游시켰다.

完全植物体로 処理한 葉이나 葉切片은 採取·平量한 直后 液化窒素에 浸漬하여 分析時까지−20℃의 冷凍室에 保管하였다. proline 分析은 Troll & Lindsley[23] 方法을 使用하였고 葉 ψ_w 은 25℃에서 Spanner psychrometer로 測定하였다. Proline 分析過程을 간추리면 沸湯管에 1500㎎ 程度의 Permutit resin과 試料를 넣은 后 5㎖ M. C. W. (methanol : Chloroform : Water, 12 : 5 : 3 容積比)를 넣어 glass homogenizer로 磨砕한 다음 5分間 遠心分離(r. p. m. 2000), 上澄液을 boiling tube에 옮겨 5㎖ 氷酢酸과 5㎖ Ninhydrin 染色剤를 넣어 水槽에서 正確히 45分間 끓여 室温에서 식힌 다음 5㎖ Toluene을 添加攪伴하여 30分間 精置, spectrophotomer로 520㎜에서 測定하였다. 標準은 L-Proline을 使用하였다.

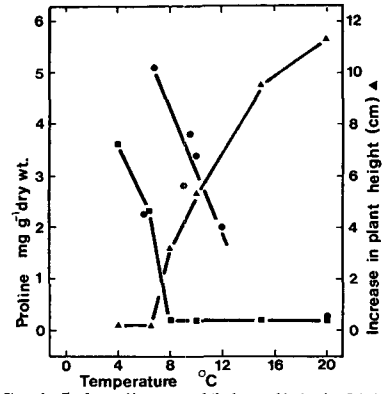

Figure 1. The free proline content of the leaves of barley (cv. Prior) and wheat (cv. Gabo) plants subjected to various temperatures for 72 hours. Barley, free proline content of first leaf, ■ Wheat, free proline content of first leaf, ● Barley, plant height, ▲

結　　果

1. Proline 蓄積의 温度範囲.

Chu et al[4]은 大麦(CV. Prior)과 순무(CV. White icicle)는 5℃에서 蓄積을 하였으나 20℃에서는 蓄積하지 않았다고 하였다. 이 境遇에도 Proline 蓄積限界温度를 明示하지 않았다. 그림 1과 같이 8℃ 或은 그 以上의 温度에서는 72時間이 経過하여도 全혀 蓄積하지 않았으나 4~6℃ 範囲에서는 蓄積이 뚜렷하였고, 그 以下의 低温일수록 蓄積이 急速하였다. 4~6℃의 低温에서는 処理 72時間까지는 蓄積이 顕著하나 그 以后 120時間까지도 蓄積率의 増加는 없었다.

그림 1의 結果로 보면 어떤 一定温度 以上이 되면 Proline 蓄積이 全혀 않되는 厳密한 限界温度가 있다는 것을 보여주고 있다. 또한 Proline 蓄積反応은 伸長과 密接하게 関聯을 맺고 있는데 여기에서 乾物重의 増加보다는 草長의 伸長과 比較한 것은 뚜렷한 対照를 보여주기 為함이다. Proline이 많이 蓄積되는 5℃範囲에서는 草長의 伸長은 거의 없었으나, 8℃ 以上에서는 Proline 蓄積이 거의 없는 皮麦의 境遇 草長은 相当한 伸長을 나타냈다. 그러므로 伸長抑制温度와 Proline을 蓄積하는 臨界温度는 正確하게 一致하지는 않으나 거의 비슷하다고 보여진다. 다른 温度에 依한 葉

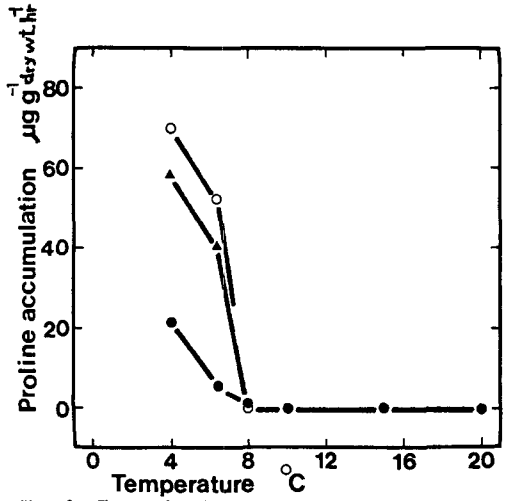

Figure 2. The rate of proline accumulation in the first leaf of barley (cv. Prior) subjected to various temperatures. ● 24 hrs, ▲ 24-72 hrs, ○ 72-120 hrs.

ψ_w의 어떤 変化에서도 蓄積은 되지 않았다. 表1과 같이 4~20℃ 温度範囲에 依한 葉 ψ_w은 多少差異가 있었고 Singh et al[14]은 이 温度範囲内의 어느 温度에서도 ψ_w은 −7 bars까지 내려가지 않으며 −7 bars의 ψ_w은 20℃에서 皮麦의 Proline 蓄積의 上限 ψ_w이라 하였다.

Table 1. Water potential (Ψw) of the first leaf of barley plants (CV. Prior) subjected to a range of low temperatures.

Time (days)	20℃	15℃	10℃	8℃	6℃	4℃
			Ψw (-bars)			
0	3.5	3.7	3.4	3.7	3.7	3.5
1	3.7	3.7	3.7	3.9	4.1	4.2
3	3.6	3.9	3.8	4.1	4.3	4.7
5	4.2	3.6	4.2	4.3	4.7	4.9

小麦에 対한 많은 資料와 皮麦에 対한 小数의 資料가 있지만 이런 資料에서 供試된 品種에 있어서 그림1과 같이 Proline 蓄積에 対한 最低温度가 더 높다는 것을 보여준다. 小麦은 12℃ 에서도 蓄積되는데 이 温度에서도 皮麦의 6.5℃와 같은 程度의 속도로 温度反応이 相異하다.

2. 低温에의 長期露出効果

皮麦을 20℃에서 10日間 生育시킨 后 供試植物의 半은 5℃에, 그리고 나머지 半은 20℃로 各各 維持시킨바, 20℃에 둔 植物의 第一本葉은 完全히 老衰하기까지 13日 밖에 生存하지 못하였는데 処理 7日까지는 遊離 Proline이 조금 増加(0日 −235 $\mu g\ g^{-1}$ Dwt. ~ 7日-411 $\mu g\ g^{-1}$ Dwt.) 되였으나 그 以后에는 急減(13日 −115$\mu g\ g^{-1}$ Dwt.) 하였다. 그러나 그림3의 低温에 依한 蓄積量과 対比하여 보면 差異는 極히 적었다. 20℃와는 다르게 5℃ 에 둔 것은 29日째까지 生存하였고 이 期間中 老衰하지도 않고 Proline의 蓄積은 顕著하였다. 即, 低温処理后 24時間은 蓄積이 微微하였으나 그 以后 11日째까지는 急増하였는데, 1~11日째 사이의 乾物 1g当 1日平均 Proline 蓄積量은 818μg 程度였으나, 11日 以后에는 280μg로 減少하였다. 그러나 実験이 終了되는 27日째까지 蓄積이 持続되었다. 29日째의 軽微한 減少는 統計的으로 有意性이 없었기에 葉生存時 蓄積의 커다란 減少는 없는 것으로 思料된다.

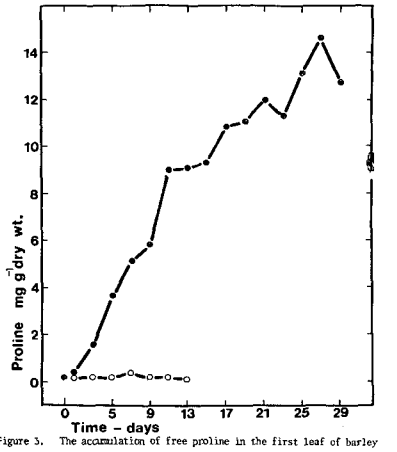

Figure 3. The accumulation of free proline in the first leaf of barley (cv. Prior) during prolonged exposure to low temperature. ● 5℃ ○ 20℃.

3. Proline 蓄積에 対한 光依存性.

Singh et al[16]은 皮麦葉切片을 20℃ 蒸溜水에 浮游시켰을 때 初期에는 Proline 蓄積이 遅延되였으나 后期에 蓄積된 것은 滲透圧不足 때문이라고 하였다. 本 実験에서는 5℃ 低温暗所에 둔 皮麦葉切片의 Proline 蓄積與否를 알고 저 하였으나 結果는 좋지 않았다. 그림4와 같이 完全植物体葉과 葉切片에 対한 光処理를 低温条件下에서 한 結果 Proline 이 蓄積된 것으로 미루어 보아 低温下에서의 Proline 蓄積은 光依存性임이 確実하다. 反面 5℃ 低温暗所에 둔 植物은 全혀 Proline을 蓄積하지 않았다. 水分不足의 境遇와 同様으로 葉切片 보다는 完全植物体葉에서 훨씬 많고 急速한 蓄積을 하였다. 그러나 低温処理한 것은 72時間内에 最少限 10倍 程度의 蓄積을 하였으나 対照的으로 暗所에 둔 完全植物이나 切片한 葉은 遊離 Proline 濃度가 当初보다 계속 減少하였다.

5℃의 低温暗所에서 Proline 蓄積이 되지않는 것이 Proline 生合性에 必要한 基質의 不足때문인가를 알기 為하여 葉切片을 Sucrose(0.5M)나 glutamate(0.1M), 또는 Sucrose와 glutamate 混合

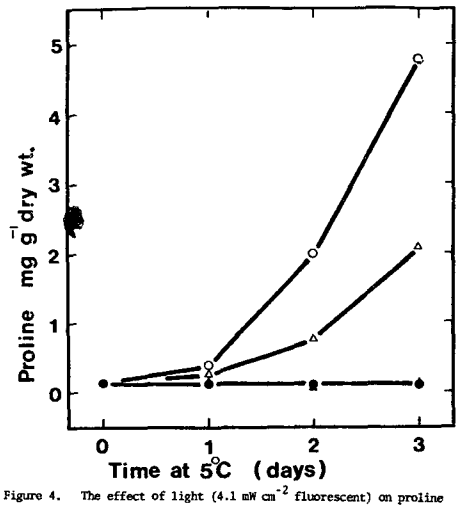

Figure 4. The effect of light (4.1 mW cm^{-2} fluorescent) on proline accumulation at 5°C in the first leaf of intact barley plants (cv. Prior) or in first leaf segments floating on distilled water. Light: ○ Intact leaves, △ excised leaves. Dark: ● Intact leaves, ▲ - excised leaves.

溶液에 20℃暗所에서 2時間半 동안 incubation 시킨 后 蒸溜水로 헹구어 낸 后 5℃의 暗所에 48時間 동안 두었다. 이 実験에서 水分不足이 5℃의 低温暗所에서 Proline이 蓄積되는가를 보기 위하여 P. E. G. 溶液(−20bars)에 葉切片을 incubation 시킨것이나 表2와 같이 sucrose나 glutamate 溶液에 pre-incubation 시킨것이나 P. E. G. 溶液에 incubation 시킨것이나, 共히 有意性있는 proline 은 蓄積되지 않았다. 故로 5℃의 低温暗所에서 蓄積이 거의 없는 것은 基質의 不足이나 缺乏때문은 아닌것 같다.

既히 얻어진 結果는 低温暗所에서의 水分不足은 Proline 蓄積에 効果가 없다는 것을 暗示하고 있다. 実로 P. E. G. 溶液에 incubation된 葉切片의 Proline 濃度는 時間이 経過함에 따라 減少하는 傾向이였다. 이런 暗示를 具体的으로 究明코저 葉切片을 5℃와 20℃의 暗所에서 蒸溜水와 P. E. G 溶液에 incubation시켰다. 그림5와 같이 5℃의 暗所에서는 두가지 어느 medium에서도 Proline은 蓄積되지 않았다. 그러나. 20℃의 暗所에서 어느 medium에 incubation시킨 것이거나 共히 뚜렷한 蓄積을 하였다. singh et al[16]이 指摘한바와 같이 蓄積率은 蒸溜水에서 보다 P. E. G 溶液에 incubation한 것이 훨씬 높았다. 小麦의 境遇에도 5℃의 暗所에서는 없었으나 20℃의 暗所에서는 Proline 蓄積이 되였다는 아주 類似한 資料들이 이 結果를 뒷받침 하여 주고있다. 皮麦葉切片을 蒸溜水와 P. E. G 溶液에 20℃의 暗所에서 24時間 浮游시킨 다음 50℃의 暗所에 옮겨 다시 24時間 浮游시킨 結

Table 2. The influence of sucrose and glutamic acid on the free proline content of excised barley leaf lamina sections floated on water or polyethylene glycol solution (PEG,-20 bars) at 5℃ in the dark. Leaf sections were incubated in the dark at 20℃ for 2½ hours on solutions of sucrose, glutamic acid or both, were then rinsed and transferred to distilled water or PEG solution at 5°C in the dark for up to 48 hours. The initial proline content of the leaf sections was 210 ug g^{-1} dry wt.

Pretreatment	Incubation medium	4 hr	24 hr	48 hr
		Free proline content (ug g^{-1} dry wt)		
Sucrose (0.5 M)	H_2O	260	230	310
	PEG	160	110	70
Glutamate (0.1 M)	H_2O	150	180	140
	PEG	120	80	60
Sucrose (0.5 M) + Glutamate (0.1 M)	H_2O	210	210	190
	PEG	160	150	80
Least Significant Difference (P=0.05)		110	120	200

果 Proline 蓄積이 곧 中止되었다는 것을 그림 6에서 보여준다. 어느 medium에 浮游시키든지 보다 높은 溫度에서 蓄積된 Proline 의 減小는 없었다. 処理順序를 前과 다르게 하면 即 葉切片을 5℃에 浮游시킨 后 20℃에 옮겨주면 処理直后·24時間內에 Proline 蓄積됨을 볼 수 있었다.

葉切片이 20℃에서 水分不足에 依하여 Proline이 蓄積될 때 光이 必須的이 아니라는 事実에 対한 確証을 얻기 為하여, 20℃의 暗所에서 水分不足反応에 対하여 完全植物体로서 逐行된 結果를 보면 처음 24時間 동안은 水分不足에 依하여 蓄積이 되였으나 그 以后에는 減少되었다. 그러므로 水分不足에 依한 Proline 蓄積은 光低存性이 아니다. 勿論 48時間以后의 濃度減少는 前駆物質에 該当할 수 있는 炭水化物의 漸進的인 不足과 呼吸作用中 Proline의 再利用에 起因한 것. 같다.

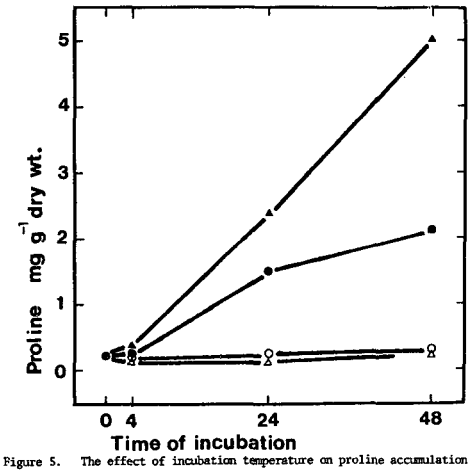

Figure 5. The effect of incubation temperature on proline accumulation in excised barley first leaf sections when floated on water or polyethylene glycol solution (osmotic potential -20 bars) in the dark. ● water, 20°C, ○ water, 5°C, ▲ PEG solution, 20°C, △ PEG solution, 5°C.

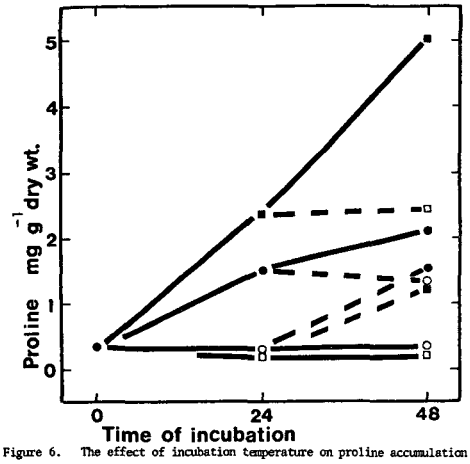

Figure 6. The effect of incubation temperature on proline accumulation in excised barley first leaf sections when floated on water or polyethylene glycol solution (osmotic potential -20 bars) in the dark. Sections were floated at 5°C or 20°C for the initial 24 hours when half the remaining cultures were transferred to the alternate temperature for a further 24 hours. ● water, 20°C, ○ water, 5°C, ■ PEG solution, 20°C, □ PEG solution, 5°C.

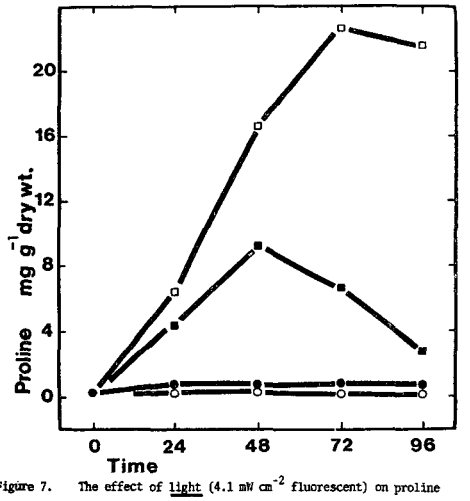

Figure 7. The effect of light (4.1 mW cm^{-2} fluorescent) on proline accumulation in the first leaf of intact barley plants at 20°C. ○ no water stress, light, ● no water stress, dark, □ water stress (-20 bar osmotic potential PEG in rooting medium), light, ■ water stress, dark.

4. 低温에 依한 Proline 蓄積의 遺伝的差異

温帶 및 亜熱帶植物을 포함하여 14種에 対한 低温에 依한 Proline의 蓄積程度를 調査하였다. 植物의 種에 따라 20℃ 或은 30℃에서 本葉 3~4枚 展開時까지 生育시킨 后 5日동안 10℃의 低温에 옮겨 놓았다. 試料採取는 低温処理直前과 直后에 하

였으며 Proline 含量과 葉 ψ_w 을 測定하였다. 表3과 같이 処理前에 比하여 処理直后에 Proline은 顯著하게 增加하였고 葉의 ψ_w 은 大体로 減少하였다. 特히 Stylasanthesis humilis, Gossypium hirsutum, Pharbitis nil, Lens esculenta, Chloris gayana 및 Nicotiana glutinssa는 ψ_w 이 크게 減少하였고 Proline 蓄積은 Nicotiana glutinosa는 葉 ψ_w의 減少가 随伴되면서 Proline이 顯著히 增加하였으나 Brassica napus는 低温에서 葉 ψ_w이 조금 增加되면서 Proline은 무려 10倍나 增加하였다. 種間의 Proline 蓄積은 어느 程度의 差異를 보였다.

低温에 依한 種内의 Proline 蓄積의 変異範囲를

Table 3. Free proline content and water potential (Ψw) of the leaves of a number of species growing at a high temperature (20° or 30°) or following 5 days growth at 10°.

Species	High temperature		Low temperature (10℃)	
	Ψ_w (-bar)	Proline (mg g^{-1} bry wt)	Ψ_w (-bar)	Proline (mg g^{-1} dry wt)
	30℃			
Gossypium hirsutum (cv. Delta Pine, Smooth Leaf)	1.3	0.3	14.8	1.0
Stylosanthes humilis (Townsville Stylo)	5.1	0.4	18.6	0.7
Helianthus annuus (Sunflower)	3.3	0.1	2.9	0.6
Chloris gayana (Rhodes grass)	10.2	0.2	11.8	0.8
Nicotiana glutinosa	1.5	0.2	7.6	3.3
	20℃			
Raphanus raphanistrum (cv. Long Scarlet)	1.4	0.3	3.1	1.4
Pisum sativum (cv. Maori King)	1.9	0.7	4.8	0.8
Pharbitis nil (cv. Violet)	4.5	0.1	7.0	0.3
Lens esculentum (Lentil)	4.4	0.3	9.1	0.8
Cucumis sativus (cv. Marketeer, Heinz Gherkin, Bishop Apple)	2.9 1.6 1.8	0.1 0.1 0.1	4.3 5.8 3.2	0.6 0.7 0.4
Brassica napus (Rape)	5.6	0.2	2.8	2.0
Trifolium subterraneum (cv. Yarloop, Dinninup, Bacchus Marsh)	3.7 2.2 0.5	0.2 0.4 0.2	5.9 4.7 3.7	0.3 0.6 0.2
Lactuca sativa (cv. Great Lakes)	5.2	0.2	4.3	0.4
Lolium rigidum (Wimmera ryegrass)	4.8	0.3	5.6	1.4

보기 為하여 皮麦 10品種을 調査하였다. singh et al[17]은 水分不足에 依한 品種間의 蓄積에 差異가 있음을 認定하고 있다. 表4와 같이 低温에 의한 品種間의 Proline 蓄積能力의 差異가 分明하기는 하지만, 水分不足에 依한 差異만큼 크지는 않았다. 그리고 低温에 依한 品種間蓄積傾向과 水分不

Table 4. Chilling stress and proline accumulation in the first leaves of 10 varieties of barley. Plants were transferred from 20℃ to 5℃ five days before sampling

Cultivar	Proline (mg g^{-1} Dwt.)			
	5℃	20℃	Water stress (Singh et al[14].)	Origin
Arivat	7.8	0.3	12.9	U. S. A.
B. R. 1239	7.4	0.3	14.1	Canada
Bankuti Korai	5.7	0.3	24.1	Hungary
Maraini	5.5	0.4	9.1	Italy
Proctor	5.2	0.3	9.0	U. K.
Excelsior	5.1	0.3	18.5	Central Asia
Princess	5.1	0.4	13.3	Sweden
CI. 3576	5.0	0.3	11.1	Egypt
Prior A	4.7	0.3	15.7	Australia
Velvon II	3.4	0.3	12.3	U. S. A.

足에 依한 蓄積과는 반듯이 相応한 傾向은 아니였다.

考 察

低温에 依한 Proline 蓄積에 対한 報告[1,4,22] 들은 大概 5℃ 또는 그 以后의 一定温度와 関聯된 것이다. 그림 1과 같이 皮麦의 Proline 蓄積의 最高限界温度는 6~8℃ 사이였고, 小麦은 12℃ 程度였다. 이러한 最高限界温度는 Proline 蓄積이 全 amino acid-pool에 있어서 温度에 依한 連続的 変化의 結果라기 보다는 오히려 一聯의 特異한 代射的 異変이라 할 수 있다. 그러므로 低温과 水分不足으로 因한 Proline 蓄積機作이 서로 類似한데 그 理由는 Boggess et al[3] 과 stewart et al[19]에 依하면 Proline 酸化의 抑制와 그 生合成의 増進이라 볼수 있다.

그림 1과 같이 伸張中止温度와 Proline 蓄積始作温度는 大端히 密接한 相応関係이며 Chu et al[4] 과 singh et al[15] 이 指摘하였듯이 Proline 蓄積은 生育阻害条件에 副応한다는 普遍性이 合当하다고 본다. 그러나 Chu et al[4]에 依한 Proline 濃度가 높으면 生育이 中止되고, 植物의 老衰와 크게 関聯되며 葉의 代謝作用의 分解的인 変化의 結果라는 것은 타당성이 缺如한 것 같다. 実로 그림 3과 같이 5℃에 長期로 露出시킨 皮麦第1本葉의 Proline 蓄積이 완만한 것은 葉老衰遅延과 関聯이 조금은 있을 수는 있으나 20℃에 둔 葉은 Proline 蓄積이 없고 단지 13日 生存하였으나 5℃에는 蓄積이 되면서 29日 生存하였다는 것으로 미루어 볼 수 있다. 勿論葉老衰后期에 蓄積質分解에 依하여 放出되기도 하며 그림 5와 같이 葉切片의 老衰期間에 蓄積된다. 그러나 低温과 水分不足에 依한 蓄積은 同一한 機作은 아니라 할 수 있다. 水分不足이 없는 20℃에 栽培한 것은 그림 3과 같이 잎이 노쇠하더라도 Proline 蓄積은 없었다. 이 期間 동안에 蛋白質로 부터 Proline이 생길수도 있겠으나 即時 体内의 어느 곳으로 転流·再利用될 수 있겠다.

5℃의 低温에 依한 Proline 蓄積은 低温自体에 対한 反応이거나 低温에 依한 多小間의 葉 Ψw의 減少이든간에 光에 対한 依存性임에 틀임없는 것 같다. 反面 20℃의 高温에서의 水分不足時의 蓄積은 光에 対한 依存性은 없었다. 5℃에서의 光合成率은 極히 적고 더구나 使用한 光度는 높지도 않은 것이다. 때문에 光合成的으로 誘導된 炭水化物인 前駆物質은 Proline 蓄積의 光依存性에 重要한 몫을 할수는 없다. 이것은 供給된 糖이나 더욱 直接的인 前駆物質인 glutamate에 対한 反応이 없고 葉切片을 20℃의 暗所에서 5℃의 暗所로 옮겼을 때 바로 蓄積하는 機作에 関與하고, 20℃ 에서 生成된 Proline이 5℃의 暗所에 浮游시키는 동안 減少되지 않았으므로 20℃에서는 光이 関與하지 않는 것으로 본다.

低温에 対한 反応을 보면 Apple[2], lolium perenne[6], picea glauca[7], rye embryo[20] 및 wheat[20,21]은 0℃에 가까운 温度에서 Proline이 蓄積되었다. 表3과 같이 10℃ 程度의 温度에서 蓄積하는 것은 흔하지는 않으며 pharbitis nil, cucumis sativus 그리고 Lactuca sativa는 거의 蓄積을 않았으나, Nicotiana glutinosa와 Brassica napus 는 10℃에서도 急速하게 蓄積한 例도 있다. 또한 耐冷性이 弱한 植物은 Proline을 蓄積할 程度의 葉 ψw 이 減少할지라도 蓄積能力이 地理的인 分布와 10℃의 低温에 対한 冷害의 感応度와 꼭 密接한 関係가 있다고 보기는 아직 어렵기는 하지만 어느 程度는 有関한 것으로 思料된다.

表4와 같이 皮麦의 5℃에서의 Proline 蓄積은 品種間에 2倍 以上의 差異가 있었고 ostapejuk[24]의 몇가지 品種에 対한 調査結果와 一致하고 있다.

摘　　要

大・小麦에 対한 遊離 Proline 蓄積의 温度範囲, 長期低温処理의 影響, 低温과 水分不足에 있어서 光依存性의 與否 및 数種의 植物에 対한 種間 및 種内의 変異 等 一聯의 反応生理와 蓄積機作에 対한 実験結果를 要約하면 다음과 같다.

1. 大麦은 8℃나 그 以下의 温度에서 蓄積되나 小麦은 12℃나 그 以下의 温度에서 Proline을 蓄積하였다.
2. 大・小麦에 있어서 伸長抑制温度와 Proline을 蓄積하기 始作하는 温度는 거의 一致하였다.
3. 葉切片을 5℃의 低温에 둔 것은 29日 生存하였으며 그 동안 Proline을 蓄積하였으나 20°C에 둔 것은 13日 밖에 生存하지 못하였으며 그 동안 蓄積은 없었다.
4. 完全植物体葉과 葉切片 共히 5℃의 低温에서의 蓄積은 光依存性이였다.
5. 光依存性은 Proline의 生合成을 위한 前駆物質의 給與로는 代替될 수 없었다.
6. 水分不足에 依한 Proline 蓄積은 20℃에서는 光依存性이 아니였으나 5℃에서는 光依存性이였다.
7. 低温과 水分不足에 対한 種間 및 種内의 蓄積変異는 높은 便이였다. 그러나 水分不足이 低温에 対한 変異보다 높았다.
8. 低温과 水分不足에 依한 Proline 蓄積의 機作은 相当히 相異한 것 같다.

引 用 文 献

1. Barrs, H. D. 1965 Comparison of water potentials in leaves as measured by two types of thermocouple psychrometer Aust. J. biol. Sci. 18. 36-52
2. Benko, B. 1968. The content of some amino acids in young apple shoots in relation to frost resitsance. – Biologia Pl. 11 : 334-337.
3. Boggess, S.F., Stewart, C.R., Aspinall, D. and Paleg, L. G. 1976. Effect of water stress on proline synthesis from radioactive precursors. – Plant Physiol. 58 : 398-401.
4. Chu, T. M., Aspinall, D. and Pale ,fL. G. 1974. Stress metabolism. VI. Temperature stress and the accumulation of proline in barley and radish. – Aust. J. Plant Physiol. 1 : 87-97.
5. Chu, T. M., Aspinall, D. and Paleg, L. G. 1976. Stress metabolism. VII. Salinity and proline accumulation in barley. – Aust. J. Plant Physiol 3 : 3 : 219-228.
6. Draper, S. R. 1972. Amino acid changes associated with low temperature treatment of Lolium. perenne. – Phytochem. 11 : 639-641.
7. Durzan, D. J. 1968. Nitrogen metabolism of Picea glauca I. Seasonal changes of free amino acids in buds, shoot apices and the metabolism of uniformly labeled ^{14}C-L-arginine by buds during the onset of dormancy. Can. J. Bot. 46 : 909-919.
8. Jones, R.A.D. and Weinberger, P. 1970. Changes in proteins, free amino acids and amides accompanying imbibition and vernalization of wheat grains. – Can. J. Bot. 48 : 1947-1956.
9. Levitt, J. 1972. Responses of Plants to Environmental Stresses. Academic Press, New York.
10. Palfi, G., Bito, M. and Palfi, Z. 1973. Free proline and water deficit in plant tissues. – Fiziol. Rast. 20 : 233-238.
11. Parker, J. 1958. Changes in sugars and nitrogenous compounds of tree barks from summer to

winter. – Naturwiss. 45 : 139.
12. Pauli, A. W. and Mitchell, H. L. 1960. Changes in certain nitrogenous constituents of wheat as related to cold hardiness. Plant Physiol. 25 :539 539-542.
13. Singh, T. N. 1970. Water Stress and Amino Acid Metabolism in Cereals.– Ph. D. thesis, University of Adelaide.
14. Singh, T.N., Aspinall, D. and Paleg, L. G. 1972. Proline accumulation and varietal adaptability to drought in barley : a potential metabolic measure of drought resistance. – Nature New Biol. 236 : 188-190.
15. Singh, T. N., Aspinall, D., Paleg, L. G. and Boggess, S. F. 1973a. Stress metabolism II Changes in proline concentration in excised plant tissues. – Aust. J. biol. Sci. 26 : 57-63.
16. Singh, T. N., Paleg, L. G. and Aspinall, D. 1973b. Stress metabolism I. Nitrogen metabolism and growth in the barley plant during water stress.– Aust. J. biol. Sci. 26 : 45-56.
17. Singh, T. N., Paleg, L. G. and Aspinall, D. 1973c. Stress metabolism. III. Variations in response to water deficit in the barley plant. – Aust. J. biol. Sci. 26 : 65-76.
18. Srivastava, G. C. and Fowden, L. 1972. The effect of growth temperature on enzyme and amino-acid levels in wheat plants. – J. exp. Bot. 23 : 921-929.
19. Stewart, C. R., Aspinall, D. and Paleg, L. G. 1977. Inhibition of proline oxidation by water stress. – Plant Physiol. 59 : 930-932.
20. Thomson, L. W. and Zalik, S. 1974. Free amino acids in rye seeding embryos during vernalization Can. J. Plant Sci. 54 : 35-42.
21. Trione, E. J. 1966. Metabolic changes associated with vernalization of wheat I. Carbohydrate and nitrogen patterns. – Plant Physiol. 41:277-281.
22. Trione, E. J., Young, L. and Yamamoto, M. 1966 Free amino acid changes associated with vernalization of wheat. Phytochem. 6:85-91.
23. Troll, W. and Lindsley , J. 1955. A photometric method for the determination of proline. J. biol. Chem. 215:655-660.
24. Ostapljuk, E. D. 1967. About the physiological characters of frost resistance of winter barley. – Rost iustojeivost rastenij. SVyp. 3. Naukova dumka, Kijev. 1967.

SUMMARY

This experiment was carried out to find the physiology of responses and mechanisms of the accumulation of free proline at low temperaturs and water-stress ; the temperature range for accumulation, the effect of prolonged exposure to low temperatures, the light-dependence of accumulation in barley and wheat, and the variation of inter-and intra-species.

1. In barley proline accumulated at 8℃ and lower temperatures, and in wheat proline accumulated at 12 ℃ and lower temperatures.

2. The threshhold temperatures for cessation of elongation and proline accumulation in barley and wheat were nearly identical.

3. In barley, the first leaves transferred at 5℃ surrvived for 29 days and continued to accumulate proline throughout this period. But the first leaves maintained at 20℃ survived for 13 days only and accumulated no proline.

4. Proline accumulation of intact plants and excised leaf sections maintained at 5℃ was shown to be light-dependent.

5. The light requirements for proline accumulation could not be replaced by supplying leaf segments with precursors of proline biosynthesis.

6. proline accumulation in response to water stress was not light-dependent 20℃ but at 5℃.

7. The variation of inter'-and intra-species in proline accumulation at low temperatures and water stress was considerablely great

8. The mechanisms of proline accumulation at low temperatures and water stress were significantly different.