[韓作誌(Korean J. Crop Sci.) 41(4) : 482~488(1996)]

강남콩 發芽中 幼苗 部位別 糖含量의 變化

金 鐘 震*

Variation of Sugar Content in Different Parts of Seedling during Germination in *Phaseolus vulgaris*

Jong Jin Kim*

ABSTRACT : The experiment was carried out to the find variation of the sugar contents in the tip and basal part of the cotyledon and remaining portion of embryos in *Phaseolus vulgaris* seeds during germination with HPLC analysis method. Water content in cotyledon of kidney bean seed was about 6.4~6.5 of fresh weight and incresed to 45.8~71.2% during germination showing that tip part of cotyledon has more water content by 1.1~3.8% compared to the lower part of it. Higher water onten was observed in the rest parts of the seed except cotyledon such as plumule, radicle and hypocotyl showing that it increased to 72.2~93.3% depending on the different tissue organs.

Main important sugars in kidney seeds during germination stages are; raffinose, sucrose, glucose and fructose, and the amount are differed with the kinds of embryo in kidney bean seed organs and stages of germination. Raffinose amount in kidney bean is increasing repeatly when seeds become wet but disappear it soon after seed have germinated especially in growing embryo parts. Raffinose in basal parts of cotyledons were still presented some an amount after germination. Sucrose is synthesized highly in plumule embryo at the beginning stage of germination but disappeared it from 5 days after seeding stages. Amount of sucrose in cotyledon of kidney seeds and seedlings increased continuously after germination. The amount of glucose and fructose in the cotyledons of kidney seeds during germination varied 5~10% or 5~15% but in the germinating and growing organs, plumule, they increased continuously after germination.

Key words : Kidney bean, Seed germination, Sugars in seed, Raffinose, Sucrose, Glucose, Fructose, Cotyledon, Tip part of cotyledon.

강남콩 종실에는 粗蛋白質 23~25%, 粗脂肪 1~1.5%, 可溶性 無窒素 55~58%, 粗纖類 3.5~4.5%가 含有되어 다른 豆科作物의 穀實에 비하여 蛋白質과 함께 전분이 많은 作物이다[15,16,17]. 穀實에서 抽出한 澱粉中의 粗蛋白質含量은 벼 2.65%, 메밀 2.97%, 녹두 0.83%, 강남콩 0.67%, 감자 0.37%, 고구마 0.67% 이며 이와 같은 蛋白質含量이 糊化 및 老化에 영향을 주며 특히 澱粉 gel 構造의 特性에 影響을 준다고 손 등은 報告하고 있다[13,14].

胚乳種子와 無胚乳의 子葉種子는 發芽時 胚가 發芽 發育하자면 貯藏養分의 加水分解 및 pho-

* 慶北大學校 農科大學(College of Agriculture, Kyungpook National University, Taegu, 702-701 Korea)

〈'96. 5. 29 接受〉

sphorylation에 의한 澱粉分解는 물론 貯藏 蛋白質, 貯藏 脂肪 등이 低分子로의 分解가 이루어져 energy가 胚部로 供給되어야 한다[1,12]. 이와 같은 代謝에는 amylase, protease, lipase 등의 enzyme이 關與되며 이의 活性化가 前提되어야 하겠다. 많은 벼科의 곡물 種子가 水分을 吸收하면 scutellum內의 abscisic acid는 減少되고 gibberellin이 活性化되어 aleurone layer로 移動하게 된다. 그 結果 種子내의 전분분해가 活潑하고 生成된 energy는 胚로 轉移 供給되어 發芽가 急速히 이루어지는 것으로 報告되고 있다[6].

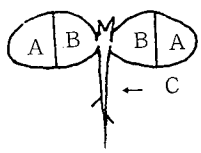
메밀의 澱粉은 糊化되지 않아도 쉽게 糖化되며 팥의 澱粉粒은 cellulose로 싸여 있어 amylase 등 enzyme의 接近이 困難하여 他 澱粉에 比해 消化가 多少 쉽지 않다. 豆科 作物의 팥, 녹두, 완두, 강남콩 등은 脂肪 및 蛋白質 種子인 大豆에 比해 種子 發芽時 子葉의 貯藏 澱粉이 胚 生長의 energy源으로 매우 主要하다.

同化物質의 轉移는 葉肉 → 葉脈 → 葉柄으로 轉移되어 다시 줄기의 phloem을 통하여 貯藏 器官으로 下降 내지는 移動이 이루어지게 된다. 種子 發芽時 양분 및 energy의 供給 經路는 보리, 밀, 옥수수 등은 胚乳의 澱粉 polymer가 작은 starch grain으로 粉碎되어 scutellum을 통해 胚部로 供給되는 것으로 報告되고 있고[7,8] 강남콩 등 子葉種子는 子葉의 貯藏養分이 發芽中 頂端에서 子葉軸으로 轉移하여 胚 生長部로 轉移된다고 한다.[5] Mcbee 등[9]은 HPLC을 利用하여 sorghum 中의 sucrose, glucose 및 fructose을 分析하였다.

筆者는 澱粉이 多少 많고 starch grain에 蛋白質 含量이 中程度이며 比較的 澱粉 分離가 容易한 강남콩을 供試하여 發芽時 子葉 內에서의 糖 轉移와 消長을 究明하고자 發芽 過程中 種子 및 幼植物을 經時的으로 部位別로 切取 HPLC로 分析하여 얻은 實驗의 結果를 報告하고자 한다.

材料 및 方法

'95年産 강남콩 1호 種子를 증류수로 洗滌한 후



A; Tip part of cotyledon
B; Basal part of cotyledon
C; Embryo (Plumule + Radicle +Hypocotyl)

Fig. 1. Sampling method of seedling.

15cm petri dish에 100粒씩 播種 20±1℃의 incubater에서 發芽, 每日 10個體씩 取하여 子葉은 橫으로 二分하여 子葉을 上半 部位와 下半 部位(胚軸에 가까운 部位)로 나누어 切取하고, 그 外 子葉을 除外한 胚部(幼芽 + 幼根 + 胚軸)를 各各 取하여 3個 部位別의 試料를 分析하였다(그림 1).

1. 發芽 및 生長調査

發芽率, 草長, 側根數, 總根長(100個體 平均値로), 切取 部位別의 生體重과 乾物重을(10個體의 合計値로) 每日 調査하여 乾物率로 換算하였다.

2. 糖分析

10個씩 試料를 매일 部位別로 切取한 직후 冷凍하여 前報와 같은 方法[7]으로 前處理하여 HPLC로 分析하였다.

結果 및 考察

1. 發芽 및 生長調査

강남콩 1호를 供試한 發芽狀態는 다음 사진과 같다. 發芽率 및 發芽된 幼植物의 生長相은 표 1과 같으며 經時的 部位別 乾物量은 표 2와 같다.

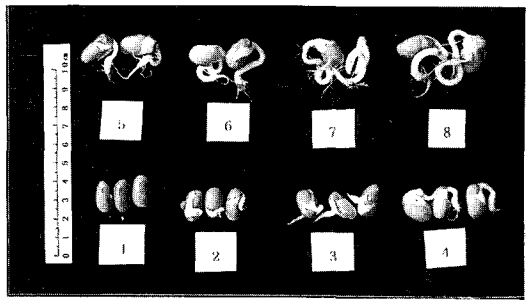


Table 1. Germination rate, plant height, total length and the number of lateral roots of kidney bean during the early stages of germination*

Contents	Days after seeding (days)						
	1	2	3	4	5	6	7
Germination rate (%)	−	11.7	83.3	96.7	97.5	98.2	98.2
Plant height (mm)	−	0.9	15.3	18.5	33.0	45.9	60.4
Lateral root No. per plant	−	−	−	0.6	3.5	6.4	8.4
Total root length (mm)	−	0.95	14.2	27.7	45.4	76.2	123.6

*; All data obtained average of 100 plants.

Table 2. Change of fresh and dry weight in the tip and basal parts of cotyledon, and also embryo of seedling of kidney bean during early stages of germination*

Days after seeding	Tip part of cotyledon			Basal part of cotyledon			Plumule + Radicle + Hypocotyl		
	Fresh wt	Dry wt	DM**	Fresh wt	Dry wt	DM**	Fresh wt	Dry wt	DM**
0	2.48g	2.32g	93.5%	2.36	2.21	93.6	0.05	0.05	100
1	4.41	2.39	54.2	4.83	2.51	52.0	0.18	0.05	27.8
2	4.82	2.42	50.2	4.75	2.23	46.0	0.64	0.09	14.1
3	4.58	1.80	39.3	4.40	1.67	38.0	1.30	0.15	11.5
4	4.52	1.72	38.1	4.36	1.56	35.8	2.35	0.25	10.6
5	4.49	1.61	35.9	4.31	1.47	34.1	3.55	0.29	8.2
6	4.46	1.51	33.9	4.33	1.42	32.8	5.26	0.41	7.8
7	4.62	1.47	31.8	4.58	1.37	29.9	6.53	0.47	7.2
8	4.70	1.43	30.4	4.55	1.31	28.8	8.20	0.55	6.7

*; All amounts obtained from ten seedlings. ** DM ; rate of dry matter

표 2의 乾物率에서 水分量을 換算하면 강남콩의 種子 子葉에는 元來 水分이 6.4~6.5%이던 것이 置床 1日 46~48%, 3日 60.7~62%, 5日 64.1~65.9%, 8日 69.6~71.2%의 水分을 吸收하며 子葉 下半部가 上半部보다 1.1~3.8% 吸水量이 많았다. 子葉을 除外한 胚部(幼芽 + 幼根 + 胚軸)에서는 子葉部보다 吸水가 빠르고 많아 種子때는 水分이 거의 없었으나 置床 1日 72.2%, 3日 88.5%, 5日 91.8%, 8日 93.3%의 水分을 吸收한 것으로 考察된다.

2. 發芽中 糖의 消長

發芽가 進行中에 있는 강남콩의 種子(幼植物)를 每日 10個體씩 器官別로 子葉 上, 下半部, 子葉을 除外한 幼植物體를 각각 sampling하여 HPLC로 糖類의 消長을 分析한 結果 發芽 過程中 강남콩 種子(幼植物體)의 糖類로서 檢出되는 것은 raffinose, sucrose, glucose, fructose였으며 그 結果는 표 3과 같고 糖 種類에 대한 經時的 消長을 graph로 그리면 그림 2, 3, 4, 5와 같다.

Daivid 등[2]과 Dey 등[3]이 報告한 바와 같이 강남콩 種子에는 胚乳種子에서 볼 수 없는 triose의 raffinose가 많았다. 發芽中 raffinose의 消長은 그림 2와 같이 發芽初 子葉中에 많고 子葉 下半部보다 子葉 上半部에 多少 더 많았다. 發芽 1日에는 子葉上 下半部에서 最高 40.5%와 35.4%의 retension area를 보였고 發芽가 完了된 3일부터는 急格히 減少되어 18.1, 16.1%, 4日 1.9, 0%, 5日 4.6, 5.5%, 6日 1.0, 1.3%로 거의 消盡되나 子葉 下半部만 7日 16.6%, 8일 8.8%로 다시 增加를 보였다. 發芽部位 및 生長部位인 plumule + radicle + hypocotyl에서는 種子 狀態로부터 初期까지는 子葉과 다소 같은 水準으로 4.5~30.1% 水準을 보였으나 發芽가 完了된 이후는 raffinose가 全혀 檢出되지 않았다.

Sucrose의 消長은 그림 3과 같이 子葉上, 下半

Table 3. Various sugars content according to the tip and basal part of cotyledon and remain portion of embryo in kidney bean during germination stages with HPLC analysis*

Days after seeding	Portion of embryos	Raffinose area (%)	Sucrose area (%)	Glucose area (%)	Mannose area (%)	Fructose area (%)
Seed	Cotyledon, Tip	18.1	31.8	6.6	4.1	4.4
	Cotyledon, Basal	8.8	14.4	9.2		20.2
	Pl + Ra + Hyp **	4.5	4.1	37.0		24.7
1	Cotyledon, Tip	40.5	24.4	3.9	2.6	4.4
	Cotyledon, Basal	35.4	19.3	10.8		5.2
	Pl + Ra + Hyp**	30.1	18.1	13.6		17.3
2	Cotyledon, Tip	30.2	12.7	7.0		7.3
	Cotyledon, Basal	27.5	16.0	8.6		6.2
	Pl + Ra + Hyp**	21.5	17.7	16.0		11.4
3	Codyledon, Tip	18.1	20.0	13.0		9.6
	Cotyledon, Basal	16.1	27.0	13.3		4.1
	Pl + Ra + Hyp**	18.8	28.0	5.9		14.3
4	Cotyledon, Tip	1.9	33.9	4.3		11.8
	Cotyledon, Basal		40.5	18.7		10.9
	Pl + Ra + Hyp**	5.0	10.5	19.7		20.4
5	Cotyledon, Tip	4.6	30.4	15.3		7.3
	Cotyledon, Basal	5.5	26.0	10.7		6.8
	Pl + Ra + Hyp**	1.2		46.7		33.7
6	Cotyledon, Tip	1.3	46.2	5.6		7.9
	Cotyledon, Basal	1.0	21.1	8.5		4.7
	Pl + Ra + Hyp**			42.2		40.6
7	Cotyledon, Tip		51.3	14.4		8.5
	Cotyledon, Basal	16.6	14.4	8.0		2.6
	Pl + Ra + Hyp**			24.7		46.4
8	Cotyledon, Tip	3.5	54.1	5.0		10.3
	Cotyledon, Basal	8.8	43.0	7.5		11.3
	Pl + Ra + Hyp**			36.2		28.8

* ; All detas obtained from 10 bodies, ** ; Plumule + Radicle + Hypocotyl

部에서 置床當時의 種子 31.8%, 14.4%. 1日 24. 4, 18.3%로 差가 많았고 특히 5~8日까지는 部位間 消長의 差異가 顯著하여 子葉의 上半部에서는 54%까지 增加하였다. 下半部에서는 5日부터 急히 減少하여 7日에는 14.4%까지 減少되다가 8日에는 43%로 增加되는 樣相을 보였다. 그러나 幼芽部位 및 生長部位인 plumule + radicle + hypocotyl에서는 種子에서 發芽 4일까지 4, 18, 18, 11% 등 낮은 消長을 보였고 5日부터는 전혀 검출되지 않았다.

강남콩 種子 發芽中 glucose의 經時的 變化는 그림 4와 같다. 發芽 過程中 胚芽의 養分 供給源인 子葉 上, 下半部는 多少의 差異는 있으나 上, 下半部가 같은 傾向으로 小幅의 消長을 보였으나 發芽 및 生長部位인 幼芽部는 發芽가 始作되는 3日까지는 急激한 減少를 (37 → 5.9%) 보였으나 發芽 4, 5日에는 많은 增加(19.7, 46.7%)를 보였고 그후는 6日 42.2%. 7日 24.7%, 8日 36.2%로 多少 減少되는 傾向을 보였다.

Fructose는 그림 5에서와 같이 發芽中 glucose

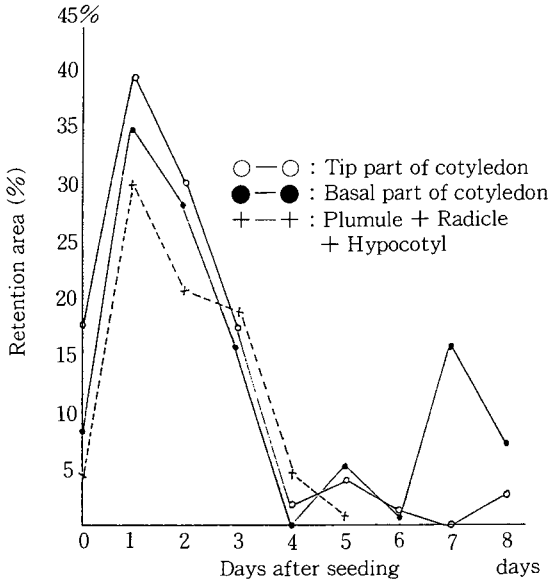


Fig. 2. Comparison of raffinose content in the tip and basal part of the cotyledon, and also in the embryoes of seedling of kidney bean according to the germination stages.

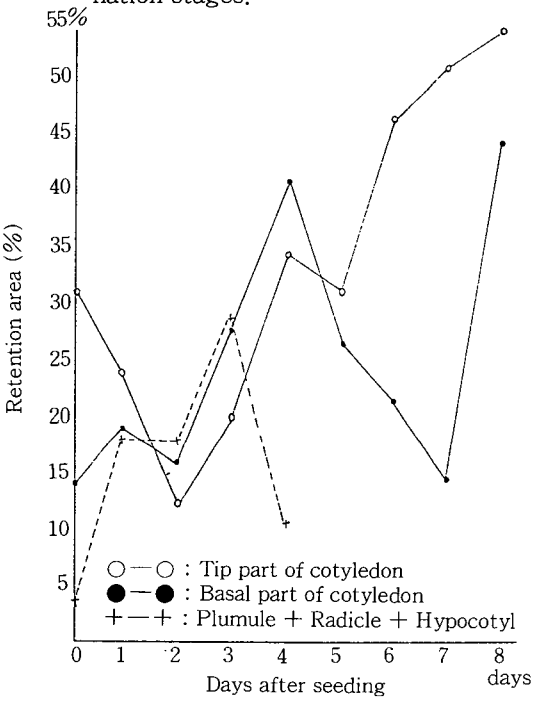


Fig. 3. Comparison of sucrose content in the tip and basal part of the cotyledon, and also in the embryoes of seedling of kidney bean according to the germination stages.

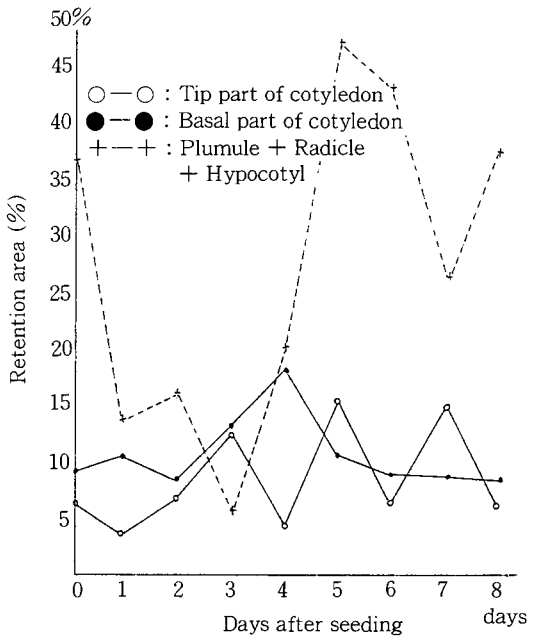


Fig. 4. Comparison of glucose contents in the tip and basal part of the cotyledon, and also in the embryoes of seedling of kidney bean according to the germination stages.

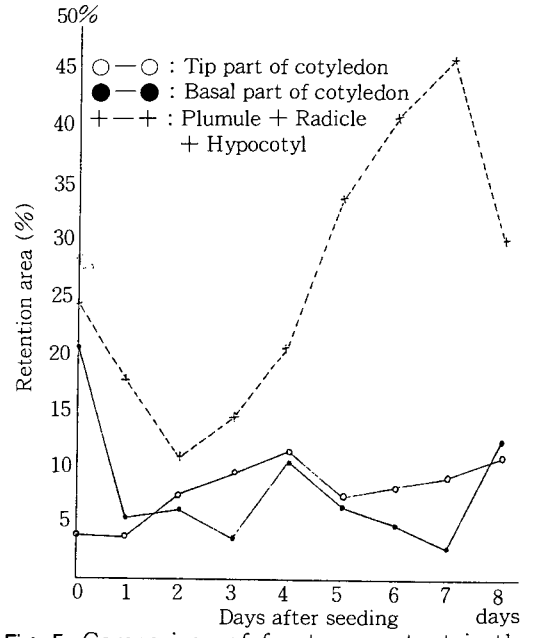


Fig. 5. Comparison of fructose content in the tip and basal part of the cotyledon, and also in the embryoes of seedling of kidney bean according to the germination stages.

와 같은 消長 傾向으로 子葉 上, 下半部 모두 經時的 變化가 크게 認定되지 않으나 發芽 및 生長部인 plumule + radicle + hypocotyl에서는 置床當時 25%였으나 發芽始인 2日까지 11%로 減少되다가 3日부터는 다시 fructose가 增加되어 14.3%로, 4日 20.4%로 緩慢한 增加를 보였다. 5日부터는 急激히 增加되어 5日 33.7%, 6日 40.6%, 7日 46.4%로 增加되었고 試驗 終日인 8日째에는 28.8%로 다시 減少되었다.

이를 考察하면 raffinose는 發芽가 完了되는 4~5日부터는 貯藏器官과 生長器官 모두 消盡되는 傾向이나 sucrose는 生長 器官에서는 發芽가 完了된 5日부터는 生成되지 않으나 貯藏器官인 子葉에서는 發芽후에도 계속 生成되어 一定期間 增加되는 것으로 생각되며 朴도 이와 같은 경향의 結果를[10] 報告한 바 있다.

Glucose와 fructose는 養分의 저장 器官인 子葉에서는 全 發芽期間中 5~15%와 5~10%의 範圍內 小幅의 變化를 보였으나 發芽 및 新生 조직이 形成된 plumule + radicle + hypocotyl에서는 發芽率이 83.3%인 3日째와 96.7%가 發芽된 4日째는 glucose와 fructose 共히 急激히 增加되며 特히 發芽가 完了된 후에도 繼續 增加되는 傾向을 보이는 것은 發芽된 幼芽의 生長 및 物質生産에 必要한 新生組織 細胞의 形成에 필요한 糖을 發芽 후에도 離乳期까지 繼續 供給받아 消耗하는 것으로 思料된다. 豆科作物인 강남콩의 子葉에는 triose인 raffinose가 많이 存在하며[4] 이것이 發芽時 mono + mono + mono, 또는 di + mono로 分解 代謝되어 fructose, glucose, galactose, mannose, sucrose 등이 限時的으로 一時 生成되는 것으로 생각된다. 이 實驗에서도 표 3과 같이 發芽初 一時的으로 子葉의 上半部에 小量의 mannose의 生成을 볼 수 있었는데 이는 Legume의 starch → raffinose → sucrose → mono saccharide로 代謝되는 것으로 報告된 것[4]과 같은 傾向인 것으로 생각된다.

發芽 生理的으로 보면 發芽初期의 子葉內에 內在된 澱粉, carbohydrade 등[11]에서 얻어지는 糖 energy는 發芽部位로 供給 轉移되어 發芽 energy로, 또는 生長部의 初期生長 energy로 活用하게 되는데 一定 期間이 經過되면 pool된 可動性 糖類가 子葉에서는 減少되어 消盡되는 反面, 生長部位는 生長을 위한 新生 細胞組織 形成에 더 많은 糖 energy가 所要되는 結果 發芽 後期에도 生長部位는 離乳期의 獨立營養期까지 子葉의 貯藏澱粉이 完全히 消盡될 때까지 供給을 받게 되어 增加하는 것으로 思料된다.

摘 要

非胚乳種子인 豆類는 發芽時 子葉內 澱粉 energy源이 어떻게 分解 轉移되어 胚芽部로 供給되는가를 究明하고자 子葉에 糖質이 많고 種子壽命이 긴 강남콩을 供試하여 發芽過程中 經時的으로 幼植物體를 部位別로 切取하여 乾物重과 糖類의 經時的 消長 및 移動을 HPLC로 分析한 結果 다음과 같은 結論을 얻었다.

1. 강남콩 種子에서 子葉 部位의 水分 含率은 6.4~6.5%이나 發芽 期間中(1~8日) 吸水率은 45.8~71.2%로 增加되며 子葉 下半部가 子葉 上半部보다 1.1~3.8% 높았다. 子葉을 除外한 胚部(幼芽 + 幼根 + 胚軸部)의 조직 器官에서는 더욱 많은 72.2~93.3%로 子葉組織보다 현저한 含水率을 보였다.
2. 發芽中 강남콩 種子의 主要 糖類는 raffinose, sucrose, glucose, fructose이며 經時的 糖類 消長이 部位別로 顯著한 差異를 보였다.
3. 種子가 播種 吸水되면 各 器官 조직에 raffinose가 急增하나 發芽가 完了되면 幼芽部에서는 消盡되고 子葉 下半部에서는 多少 殘存함을 알 수 있었다.
4. Sucrose는 發芽初 新生 幼芽部와 種子의 子葉에 많이 生成되나 發芽 후 幼芽部에서는 急減되고 子葉 組織에서는 계속 生成되어 增加됨을 알 수 있었다.
5. Glucose와 fructose는 種子의 子葉部에서는 發芽 期間中 5~10%와 5~15% 範圍의 적은 變化였으나 幼芽 및 生長部位에서는 發芽 初期부터 後期까지 顯著히 계속 增加됨을 認定할 수 있었다.

引用文獻

1. Ashford, A. E. and F. Gubler. 1984. Seed physiology, Germination and reserve mobilization, mobilization of Polysaccaride p145-153, Academic Press.
2. Bewley, J. B. and M. Black. 1978. Physiology and biochemistry of seeds, Development, germination and growth. Springer Verlag, New York. p245-263.
3. David, M. Saravitz, David M. Phark and Thomas E. Carter, Jr. 1987. Galactinol synthase activity and soluble sugars in developing seeds of four soybean genotypes. Plant Physiology 83: 185-189.
4. Dey, P. M. 1978. Mobilization of raffinose family in legumes. Advances in carbohydrate chemistry and biochemistry 35: 341-376.
5. Evan, L. T. 1975. Crop physiology, Pea. p191-224, Cambridge University Press, London.
6. 홍경식, 김범태. 1995. α-Amylase의 활성측정법을 이용한 GA류 및 ABA류의 생리활성 평가. Proceedings of the 3rd symposium on the biochemical methodology for the research & development of the bioactive substances. 357-365.
7. 金鐘震, 李英燦. 1995. 옥수수 發芽時 種子內 糖含量의 變化와 發芽 特性. 韓作誌 40 (6) : 768-774.
8. _____, _____, 金靜妍. 1990. GA와 BA 處理濃度가 옥수수의 發芽와 胚乳의 養分消長에 미치는 影響. 慶北大 農學誌 9 : 1-7.
9. Mcbee, G. G. and N. O. Maness. 1983. Determination of sucrose, glucose and fructose in plant tissue by high perfomance liquid chromatography. Journal of Chromatography 264: 474-478.
10. 朴相仁. 1975. 綠豆 發芽 幼植物의 炭水化物 代謝에 관한 硏究. 特히 부위별 糖類의 變異. 연세대학교 교육대학원 석사학위논문; 1-23.
11. Plate, J. S. and A. M. Flinn. 1973. Carbon and nitrogen transfer from vegetative organs to ripening seeds of field pea. J. of Exp. Bot. 30: 93-109.
12. Salisbury, F. B. and C. W. Ross. 1991. Plant Physiology 4th ed, p172-180 Wadsworth publishing Co., U. S. A.
13. 孫敬喜 外. 1994. 豆類澱粉 Gel의 이화학적 및 물성특성에 관한 硏究. 韓食文 硏論集 26 : 325-345.
14. _____. 1985. 각종 전분 Gel의 구조와 Rheology 특성에 관한 연구. 연세대학교 대학원 박사학위논문; 1-51.
15. 小山 八十八. 1961. 作物大系 豆類, 菜豆 p56 養賢堂 日本.
16. Summerfield, R. J. & E. H. Roberts. 1985. Grain Legume Crops. Common bean. p452-457 Collins Book Co., London.
17. Wilcox, J. R. 1987. Soybeans; Production and uses. 2nd ed, Carbohydrate composition; p660, Agronomy No. 16, ASA Inc. USA.