

콩의 生育, 根瘤形成, 窒素固定에 있어서 品種間 差異

III. 登熟期間中 植物體 各 器官 窒素含量의 經時的 變動과 窒素固定活性과의 關係

金東東* · 石塚潤爾** · 朴來敬*

Studies on Varietal Differences in Growth, Nodulation and Nitrogen Fixation in Soybeans, *Glycine max* (L.) Merrill.

III. Relationships between Nitrogen Fixation Activity and Nitrogen Content of Plant Organs during Grain Filling Period

Seok Dong Kim*, Junji Ishizuka** and Rae Kyeong Park*

ABSTRACT

Five soybean varieties of two early maturing : Karikei 73 and ss 79168, and three late maturing : Tohoku 76, Baegunkong and Jangbaegkong were used and evaluated in the study. Of the varieties examined, Karikei 73 was characterized by the delayed leaf senescence.

To investigate the periodical trends of nitrogen in plant organs and their roles to the nitrogen fixing activity of root nodules, the concentrations of nitrogen in plant organs during the grain filling period were measured.

High positive correlation was recognized between the amount of nitrogen in plant parts and p-ARA, suggesting the higher the activity of nitrogen fixation the greater the amount of nitrogen in plant. But the relationship between the concentration of nitrogen in plant and s-ARA was positive at R4, but negative at R6. This was inferred that the high concentration of nitrogen at R4 gave accelerating effects on s-ARA by increasing the activity of photosynthesis in leaf-blades, while the reduced activity of photosynthesis in leaf-blades at R6 resulted in continued degradation of nitrogenous compounds in plant, and then high concentration of nitrogen in plants brought reduced supply of sugars to nodules.

Egli et al. 1978, Zeiher et al. 1982).

Salado-Navarro et al. (1985)은 콩의 蛋白質 含量이 38~50% 範圍의 材料를 使用하여 體內에서 的 窒素의 配分과 移動에 對하여 檢討하였다. 그 結果로서 子實의 蛋白質 含量 增大와 榮養器官의 乾物 重 減少 間에는 密接한 關係가 있고, 또한 子實의 蛋白質 濃度와 登熟期間의 길이 및 子實收量 間에는

緒 言

콩의 子實 窒素濃度는 6~8%이고, 그 50~60%는 榮養器官으로부터 再 分配에 의한 것이며, 나머지는 根部에서 直接 轉流한 것이라고 報告되어 왔다 (Hammond et al. 1951, Hanway and Weber, 1971,

* 作物試驗場 (Crop Experiment Station, RDA, Suwon 440-100, Korea)

** 日本九州大學農學部 (Faculty of Agriculture, Kyushu University, Fukuoka 812, Japan) <88. 4. 16 接受>

質의 相關關係가 있음을 明確하게 報告하였다. 즉 高蛋白質品種은 짧은 登熟期間과 低收量이 特徵이고, 窒素의 配分과 子實 乾物重의 增大가 急速히 進行 完了한다.

Thibodeau and Jaworski (1975)는 登熟中 콩의 營養器官으로부터 莢實로의 窒素 再 移動은 窒素의 吸收, 硝酸還元 및 窒素固定活性的 低下와 隨伴하여 活性化하고, 登熟中期 以後의 窒素固定活性的 急速한 減退는 根部(根瘤包含)와 莢 사이의 同化產物에 대한 競合에 의한 것으로 推定하였다.

콩 葉의 老化에는 光合成活性的 低下와 葉의 可溶性 蛋白質 및 葉綠素 含量의 低下가 隨伴된다. (Mondal et al. 1978, Wittenbach, 1982). 또한 葉의 老化와 光合成活性的 關係가 摘莢處理 等 一連의 試驗에 의하여 檢討되어, 摘莢은 葉蛋白質 및 葉綠素 含量의 減少를 抑制함으로써 老化를 遲延시키지만, 光合成活性的 對照區와 같이 低下함으로써 摘莢이 葉의 機能低下를 遲延 또는 抑止한다고 하기 보다는 葉의 同化器官으로서의 機能을 貯藏器官의 性格으로 變化시키는 것으로 理解하였다.

한편 Abu-Shakra et al. (1978)은 葉과 根瘤의 老化가 遲延되는 特性(DLS)은 콩의 子實生産에 有利한 形質이라고 報告하고 있으며 Sheehy (1983)도 葉의 老化遲延은 子實生産의 增進을 促進하는 可能性이 있어 今後 檢討되어야 할 特性이라고 하였다. 이 老化遲延 特性은 窒素固定에 必要한 Energy 供給을 登熟末期까지 持續시켜 登熟末期의 窒素固定活性的 維持를 可能하게 한다.

이상에서와 같이 豆科作物의 窒素固定活性的 和 種實生産에는 光合成 產物의 生産量과 그 分配에 依하여 左右되는 側面이 있기 때문에 本 研究에서는 生態的 生理的 特性이 다른 콩 品種을 供試 登熟期間中 窒素固定活性的 和 植物體 各 器官의 體內成分濃度와의 關係를 밝히고자 한 實驗結果 中 그 一部인 植物體 各 器官 全窒素 濃度의 經時的 變動과 窒素固定活性的 和 相互關係를 報告코자 한다.

材料 및 方法

本 實驗의 實施 場所, 供試材料 및 遂行方法은 第 1報(韓作誌 32 (3) : 323~329)에 詳述되었다.

植物體內的 各 成分을 分析하기 위한 試料의 調製는 眞空凍結乾燥機로 45℃下에서 完全히 乾燥하였으며 이들 植物體 各 器官의 乾燥試料는 震動式 粉碎

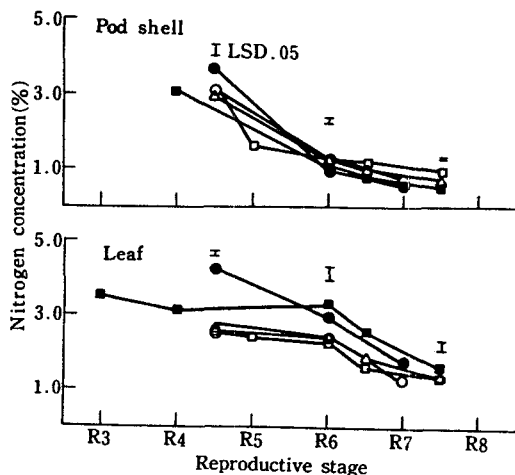
器를 利用하여 15 mesh 의 粉末로 만들었다.

全窒素濃度는 根瘤, 根, 葉, 莖(葉柄包含), 莢殼 및 子實의 全器官에 대하여 Kjeldahl 法으로 測定 (Yoshida, et al. 1976) 하였다. 全窒素濃度의 測定을 위한 試料調製는 一定量의 粉末試料(根瘤, 莖, 根 및 莢殼 - 150 mg, 子實과 葉 - 200 mg)를 100ml 의 Kjeldahl 후라스코에 넣은 뒤 대략 同量의 分解劑(K₂SO₄ 270g 과 CuSO₄ 30g 의 混合物)을 添加後, 5 ml 의 Conc. H₂SO₄를 넣고 加熱 分解液이 淸澄色으로 發色 될때까지(대체로 4時間 加熱) 分解하였다. 이 分解液을 一定量으로 稀釋하여 水蒸氣 蒸溜法으로 Ammonia 量을 定量하였다.

結 果

1. 莢, 葉 및 莖中 窒素含量의 變化

登熟期間中 莢殼과 葉의 窒素濃度 推移를 보면 그림 1과 같이 生育이 進行됨에 따라서 전체적으로 低下하고 있다. R 4.5 에서 莢殼中 窒素濃度는 早熟性 品種 刈系 73號가 他 品種보다 높았으나 R 6 이후는 SS79168 과 함께 가장 낮았다. 한편 葉中 窒素濃度는 莢殼에서 와는 달리 早熟種인 刈系 73號와 SS79168 이 全 期間에 걸쳐서 높게 經過하였다. 이와 같이 品種의 早晚에 의하여 莢과 葉에 있어서 窒素의 動態가 相異하고, 早熟種의 葉 窒素濃度가 登



Note, ○ : Tohoku 76 □ : Jangbaekgong
● : Karikei 73 ■ : SS 79168
△ : Baegunkong

Fig. 1. Changes in nitrogen concentrations of pod shell and leaf based on dry weight in soybeans.

熟全期間에 걸쳐서 높았던 것은 窒素의 供給能이 受容器官(莢)의 Sink 能을 超過하고 있다는 것을 나타내는 것으로 생각된다. 그리고 早熟種의 莢殼 窒素濃도가 낮게 經過한 것은 莢殼이 子實에 轉流하는 物質의 關門이기 때문에 Salado-Navarro et al.(1985)이 指摘하고 있는 바와 같이 窒素의 子實로의 移動이 早熟種에서 빠르기 때문이라고 생각되며, 晩熟種에 比하여 葉身의 老化가 進行되지 않는 가운데 登熟이 進行되고 있음을 나타낸 것으로 생각된다.

莖中 窒素濃度の 經時的 變化를 그림 2에 나타내었다. 莖에 있어서 窒素濃度の 推移에는 대체로 葉과 類似한 傾向이 認定되지만 早熟種에서 DLS 特性을 갖는 刈系 73 號에서는 R6 이후 窒素濃도가 增大하고, 生理的 成熟期(R7) 25 日後(開花後 69 日)의 測定值에서 3%에 가까운 高濃도로 되었다. 이것은 DLS 特性이 光合成과 窒素固定의 兩機能 維持에 크게 寄與한 때문으로 해석된다. 한편 莖中 窒素量의 經時的 變化는 早熟種에서는 登熟의 進行에 따른 變化는 작지만 晩熟種에서는 크게 減少하고 있다. 이것은 晩熟品種의 受容器官(莢實)의 Capacity가 큰데 비해 窒素固定活性이 相對的으로 작아 莖의 窒素 再分配가 早熟種에 比하여 컸기 때문이라고 볼 수 있다.

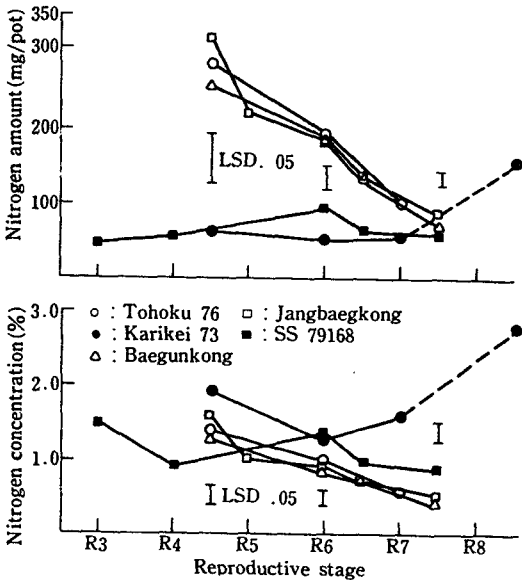


Fig. 2. Changes in nitrogen amount and concentration of stem based on dry weight in soybeans.

Note, Dotted line is drawn to the data from one pot which was harvested 69 days after flowering (oct, 5)

2. 根瘤와 根中 窒素含量의 變化

根瘤中 窒素量 및 濃度の 經時的 變化를 그림 3에 나타내었다. 窒素濃度の 變化는 早熟種 刈系 73 號와 SS 79168 에서는 R6 以後 晩熟種보다 높은 濃도를 維持하면서 서서히 減少하는 傾向을 보였으나 晩熟種에서는 R4 以後 直線的으로 減少하였다.

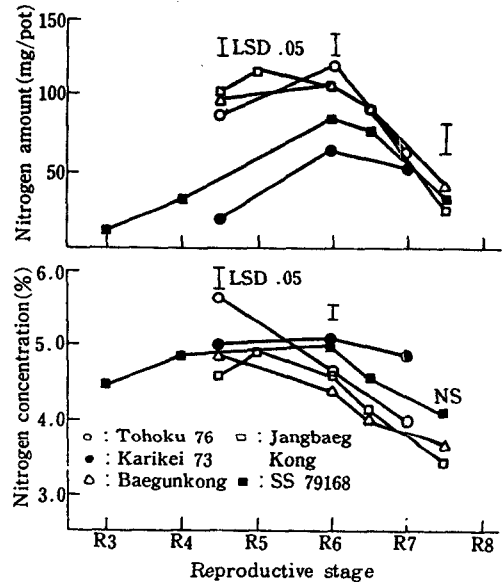


Fig. 3. Changes in nitrogen amount and concentration of nodule based on dry weight in soybeans.

여기에서도 DLS 特性을 지닌 刈系 73 號의 濃度 低下가 가장 적었는데, 이것은 R6 以後 窒素固定活性의 低下가 他 品種보다 遲延되었기 때문이라고 볼 수 있다.

한편 pot 當 根瘤의 窒素量은 根瘤重의 變化 Pattern 과 거의 一致하였다. 즉 根瘤重은 品種의 早晚에 의한 差異가 크고 熟기가 빠른 品種일수록 全窒素量이 적었다. 生理的 成熟期(R7) 以後는 根瘤가 老化되어 붕괴된 狀態에 있어 品種間의 量的 比較는 困難하였다.

根中 窒素濃度の 經時的 變化를 그림 4에 나타내었다. 根中 窒素濃度の 變化는 지금까지 記述한 植物體 各 器官에서와는 相異하여 R6까지는 全品種의 窒素濃도가 減少하는 傾向을 보였으나, 그 以後는 增加하였다. 特히 R6에서 p-ARA가 가장 높았던 白雲콩에서 그 傾向이 가장 明瞭하게 나타났다. 이와같은 現象은 根이 貯藏器官으로서의 機能을 갖고 있어 登熟이 急速하게 進行하는 R6까지 根中 窒素가 地上部の 受容器官에 迅速하게 轉流하고 그

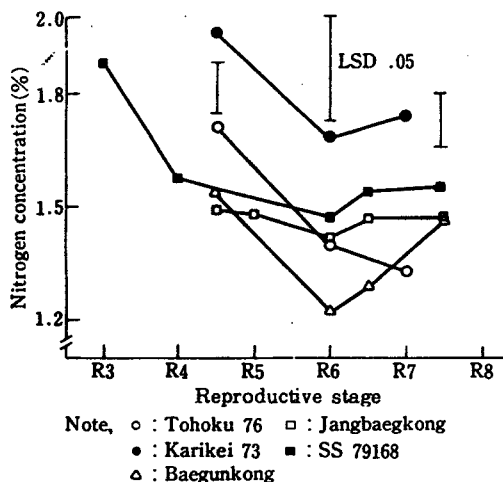


Fig. 4. Changes in nitrogen concentration of root based on dry weight in soybeans.

후는 登熟에 隨伴하는 窒素의 轉流가 純化됨에 따라 다시 貯藏되어 窒素濃度가 增大한 것이라고 推定된다.

3. 植物體 全 器官의 窒素含量 變化 및 分布

그림 5는 子實 以外 全器官(莢殼, 葉, 莖, 根, 根瘤)의 窒素濃度 平均値 推移를 品種別로 나타낸 것이다. 이에 의하면 全品種 모두 登熟의 進展에 따라

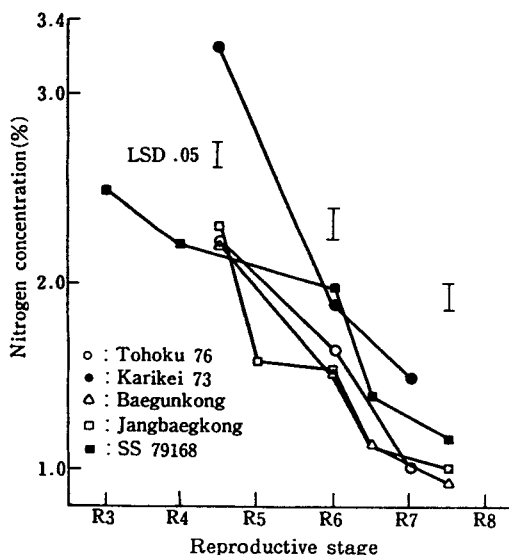


Fig. 5. Changes in the mean value of total nitrogen concentration for the whole plant organ except grain (pod+leaf+stem+root+nodule) in soybeans.

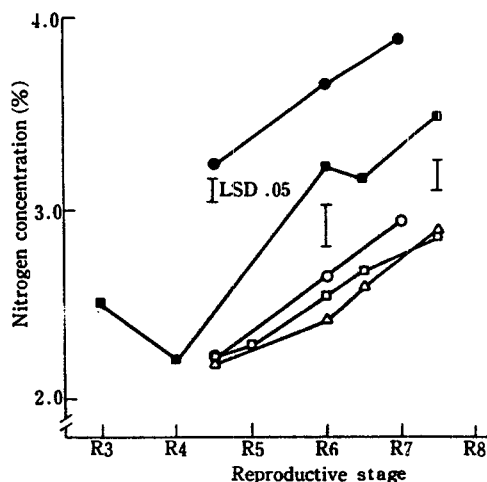
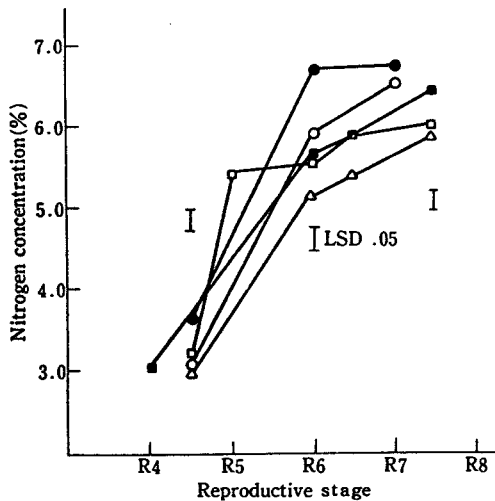


Fig. 6. Changes in the mean value of total nitrogen concentration for the whole plant (grain+pod+leaf+stem+root+nodule) in soybeans.

서 窒素濃度가 一樣으로 減少하고 있으며, 대체로 早熟種이 晩熟種에 比하여 높은 濃度를 維持하면서 低下하였다. 特히 系系 73 號는 다른 品種에 比하여 急速한 低下를 나타내면서도 登熟期間을 통하여 晩熟種보다 높았다. 이것은 Salado-Navarro et al. (1985)이 報告한 바와 같이 高蛋白 品種의 特徵인 동시에 DLS 特性을 保有한 結果로 地上部 乾物重에 對한 根瘤重 比率(韓作誌 32 (3) 第 1 報 表 2 參照, 325p)이 높았을 뿐만 아니라 相對的으로 窒素 固定活性이 높았던 理由 등의 相加的 效果가 나타난 때문으로 보여진다.

그림 6은 子實을 包含한 植物體 全器官의 平均 窒素濃度 推移를 品種別로 나타낸 것으로서 前記한 그림 5와는 逆으로 登熟이 進行됨에 따라 上昇하고 있다. 이것을 品種間에 比較하여 보면 早熟種에서 窒素濃度가 顯著히 높게 유지되어 變化한 推移를 보였다.

그림 7은 子實中 窒素濃度의 變化를 나타낸 것이다. 가장 早熟이고 낮은 收量을 보였던 系系 73 號가 最高의 窒素濃度를 나타내고, 晩熟性으로 子實 收量이 가장 높았던 白雲콩은 最低의 窒素濃度를 나타내었다. 이러한 結果는 收量性과 蛋白質 含量間에 負의 相關關係가 있다고 한 Salado-Navarro et al. (1985)의 說을 再確認하는 것이었다. 한편 Abu-



Note, ○ : Tohoku 76 □ : Jangbaegkong
● : Karikei 73 ■ : SS 79168
△ : Baegunkong

Fig. 7. Changes in nitrogen concentration of grain based on dry weight in soybeans.

*The data of R4-R4.5 are substituted with those of pod.

Shakra et al. (1978) 및 Sheehy (1983)가提示한 DLS 特性의 子實生産에 대한 有利性은 確認하기 어려웠으나 窒素固定活性을 登熟後期까지 높게 維

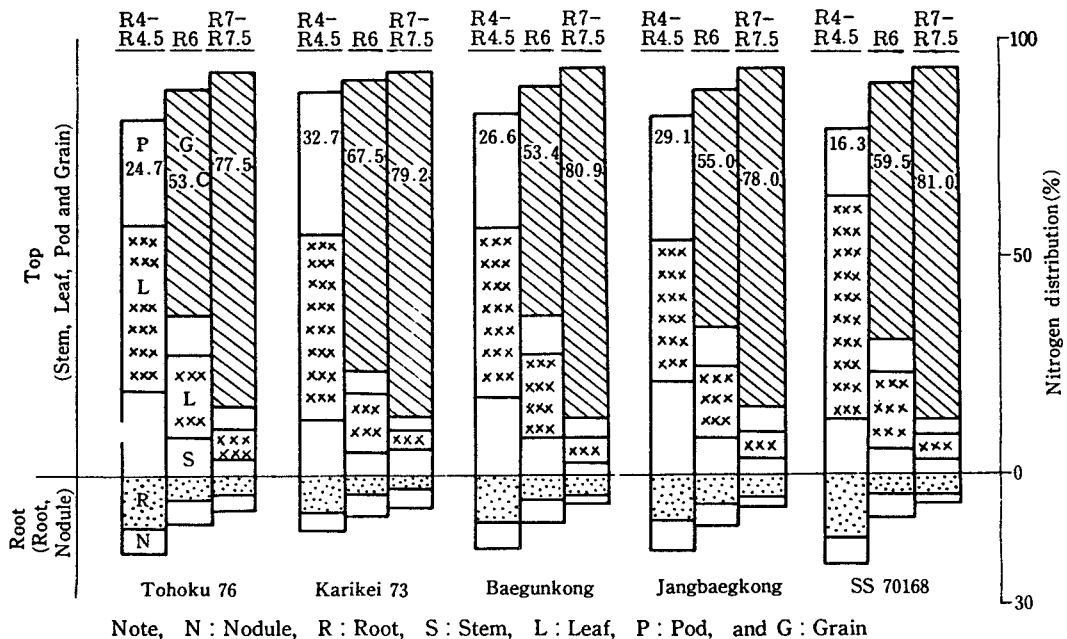
持하는 것에 의한 植物體 및 子實中 窒素濃度の 向上에 대한 寄與는 컸다고 보여진다.

그림 8은 登熟段階別로 窒素의 植物體內 分布를 나타낸 것이다. R4~R4.5에서는 全植物體 器官中 葉에 가장 많이 分布하고, 다음에 莢殼과 莖의 順이었다. R6에서는 全植物體 窒素의 53~68%가 子實에 分布하고, 子實 以外 各 植物體 器官의 窒素 分布가 急速히 減少하였다. R7~R7.5에서는 全植物體 窒素의 78~81%가 子實에 分布하여 登熟에 隨伴하여 榮養器官으로부터 窒素의 再分配가 顯著하게 일어나고 있음을 볼 수 있었다.

4. 植物體 各 器官의 窒素含量과 窒素固定活性과의 關係

植物體 各 器官의 窒素濃度 및 量과 窒素固定活性과의 相關係數를 表 1에 整理하였다.

各 器官의 窒素量과 p-ARA 와의 사이에는 높은 正의 相關關係가 認定되어 窒素固定活性이 높을수록 植物體 窒素量도 높게 나타났다. 그리고 p-ARA가 低下한 R7 以後 各 器官의 窒素量과의 사이에는 높은 負의 關係가 있었으나 이미 根瘤의 老化가 進行되어 있었기 때문에 合理的인 說明은 困難하다고 본다.



Note, N : Nodule, R : Root, S : Stem, L : Leaf, P : Pod, and G : Grain

Fig. 8. Changes in the distribution of total nitrogen in soybeans during reproductive stages, R4-R4.5, R6 and R7-R7.5.

Table 1. Relationships between specific acetylene reducing activity(s-ARA), and acetylene reducing activity per pot(p-ARA) and the concentration of, as well as the amounts of nitrogen in the plant organs and root nodules in soybeans.

Correlation between	Organ	Correlation coefficient 1/		
		R4-R4.5	R6	R7-R7.5
s-ARA - Nitrogen concentration in each organ	Nodule	0.098	-0.272	0.530*
	Root	0.489*	-0.092	0.388
	Stem	0.079	-0.379	0.622**
	Leaf	0.805***	-0.429	0.483*
	Pod	0.547*	-0.023	-0.443
	Grain	-	-0.031	0.533*
p-ARA - Nitrogen amount in each organ	Nodule	0.717***	0.708***	0.183
	Root	0.658**	0.633**	-0.825***
	Stem	0.575**	0.706***	-0.404
	Leaf	0.641**	0.779***	-0.719***
	Pod	0.598**	0.690***	-0.762***
	Grain	-	0.691***	-0.800***

1/ *, **and *** significant at 5%, 1% and 0.1% levels, respectively.

한편 植物體 各器官의 窒素濃도와 s-ARA와의 相關關係에는 R4~R4.5와 R7~R7.5에서 正의 相關關係, R6에서는 負의 相關關係가 認定되었다. 그런데 s-ARA와 宿主의 窒素濃도와의 關係를 左右하는 機構는 複雜하여, 窒素 施用量이 많고, 宿主體內의 窒素濃도가 높아지면 根瘤의 着生과 肥大가 抑制되어 s-ARA도 低下하지만, 逆으로 生育이 旺盛할 때 窒素의 供給이 不充分하게 되면 植物體 各器官의 窒素濃도가 一時的으로 低下하여 光合成活性이 抑制되고 窒素固定을 위한 Energy 供給 不足도 있어서 s-ARA도 低下하는 경우가 있을 수 있다. 이와 같은 條件下에서는 高窒素가 S-ARA를 높이기 때문에 兩者間에도 正의 相關을 볼 수 있다.

한편 成熟이 進行되고 窒素의 再分配가 旺盛하게 되면 營養器官의 蛋白質이나 Amino 酸이 分解되고 炭素源가 Energy 源으로서 消費되는 경우 窒素濃도의 低下는 顯著하지 않지만 根部에 炭水化合物의 供給 減退가 생기면 s-ARA가 低下하고, 窒素濃도와 s-ARA 사이에는 負의 相關關係가 나타날 可能性이 있다. 이와 같이 窒素濃도와 s-ARA와의 關係는 生育段階에 따라서 變化한다고 豫想된다. 따라서 R4에서는 高窒素濃도가 葉身의 光合成活性을 向上시키고 s-ARA에 促進의 作用하며, R6에서는 葉身의 光合成活性이 低下하여 窒素化合物의 分解가 進行되고 있는 時期로 負의 相關이 認定된 것이라고 생각된다.

考 察

콩에서는 登熟이 시작되면 下葉으로부터 老化가 시작되고 光合成作用의 低下가 일어난다. 光合成産物の 供給 不足은 根에서 가장 크게 發現되어 窒素 固定活性의 低下가 急速히 進行된다. 그 結果로서 생기는 子實形成을 위한 窒素供給의 不足은 葉身 등의 蛋白質 分解, 可溶性 窒素化合物의 莢에로의 再移動에 의하여 補充된다. 그 結果로서 더욱 더 葉의 老化, 光合成作用의 減退가 促進된다. 그림 5에서 보는 바와 같이 供試한 全品種의 窒素濃도가 登熟進展에 따라 一様의 減少하였으나 早熟種은 晩熟種에 比하여 높은 窒素濃도로 經過하였다. 이와 같이 營養器官의 蛋白質이 分解되어 生成된 窒素化合物이 莢으로 再移動하고 있는 것은(그림 6) 이제까지의 많은 報告(Sinclair and de Wit, 1975; Thibodeau and Jaworski, 1975; Boon-Long, 1980; Sessay and Shibles, 1980)에서도 밝혀진 바와 같다.

한편 DLS 特性의 系系 73 號는 R6以後 莖과 根의 窒素濃도가 增大하였고, 特히 莖에서는 生理的 成熟期로부터 25日 經過後의 測定値가 3%에 가까운 高濃도를 나타내었다(그림 2). 이것은 Abu-Shakra et al. (1978) 및 Sheehy (1983) 등이 提示한 바와 같이 葉 老化의 遲延이 登熟後期の 光合成活性과 窒素固定活性의 維持에 有利하게 作用하고, 植物體 및 子實의 窒素濃도를 높게 維持시킨 것으로 보

여진다. (그림 7) 그러나 DLS 特性의 子實生産에 대한 有利性은 本 實驗 結果만으로는 推論하기가 어려웠다.

摘 要

本 研究는 生態的 生理的 特性이 다른 5 가지 콩 品種, 즉 早熟性의 刈系 73 號, SS79168 및 晩熟性의 東北 76 號, 白雲콩, 長白콩을 供試하여 登熟期間中 體內成分의 變動 즉 植物體 各 器官 全 窒素의 經時的 變動과 品種間 差異가 登熟中期 以後의 窒素 固定活性의 急速한 減退와 어떤 關連性이 있는가를 究明하기 위하여 地上部 및 地下部 各 器官 全窒素 濃度를 經時的으로 調査함과 아울러 Acetylene 還元 能(ARA) 等 調査를 實施하였다. 特히 供試品種中 刈系 73 號는 老化가 遲延되는 特性(delayed leaf senescence, DLS)을 갖는 品種이다.

調査는 Fehr et al. (1977)의 콩生育段階의 區分에 따라서 莢伸長期(R4), 粒肥大期(R6), 成熟始期(R7) 等과 一部 品種은 着莢始(R3) 및 R4.5, R6.5, R7.5 와 같은 中間的 生育段階에도 補足的인 調査를 實施 하였는데, 얻어진 結果를 要約하면 다음과 같다.

1. 各器官 窒素量과 p-ARA間에는 正의 相關關係가 認定되어 窒素固定活性이 높을수록 窒素量은 많았다.

2. 各器官 窒素濃度와 s-ARA間的 相關은 R4 에서 正, R6에서 負의 相關을 보였다.

3. s-ARA와 宿主의 窒素濃度와의 關係에 있어서 登熟段階에 따라 달리 나타난 것은 宿主의 Age나 窒素 以外의 榮養條件 等 影響을 미치는 要因이 많아서, R4에서는 高窒素濃度가 葉身의 光合成 activity를 높여서 s-ARA에 促進的으로 作用하였고, R6에서는 葉身의 光合成 activity가 低下하고 窒素 化合物의 分解가 進行되고 있기 때문에 負의 關係가 認定된 것이라고 판단되었다.

引 用 文 獻

1. Abu-Shakra, S.S., D.A. Phillips and R.C. Huffaker. 1978. Nitrogen fixation and delayed leaf senescence in soybeans. *Science* 199, 973-975.
2. Boon-Long, P. 1980. The relationship between photosynthesis and nitrogenous components in soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) leaves during reproductive growth. Ph. D. Thesis. Univ. of Kentucky.
3. Egli, D.B., J.E. Leggett and W.G. Duncan. 1978. Influence on N stress on leaf senescence and N redistribution in soybeans. *Agron. J.* 70: 43-47.
4. Fehr, W.R. and C.E. Carviness. 1977. Stages of soybean development. Iowa State Agric. Exp. Stn. SR-80.
5. Hammond, L.C., C.A. Black and A.G. Norman. 1951. Nutrient uptake by soybeans on two Iowa soils. Iowa State Agric. Exp. Stn. Bull. 384.
6. Hanway, J.J. and C.R. Weber. 1971. Accumulation of N, P and K by soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) plants. *Agron. J.* 63: 406-408.
7. 金奭東·石塚潤爾·洪殷憲. 1987. 콩의 生育, 根瘤 形成, 窒素固定에 있어서 品種間 差異 I. 登熟段階別 各 器官 乾物重 및 窒素固定活性의 經時的 變化. 韓作誌 32(3): 323-329.
8. Mondal, M.H., W.A. Brun and M.L. Brenner. 1978. Effects of sink removal on photosynthesis and senescence in leaves of soybean (*Glycine max* L.) plants. *Plant Physiol.* 61: 394-397.
9. Salado-Navarro, L.R., K. Hinson and T. R. Sinclair. 1985. Nitrogen partitioning and dry matter allocation in soybeans with different seed protein concentration. *Crop Sci.* 25: 451-455.
10. Sesay, A. and R. Shibles. 1980. Mineral depletion and leaf senescence in soybean as influenced by foliar nutrient application during seed filling. *Ann. Bot.* 45: 47-55.
11. Sheehy, J.E. 1983. Relationships between senescence, photosynthesis, nitrogen fixation and seed filling in soya bean, *Glycine max*(L.) Merr. *Ann. Bot.* 51: 679-682.
12. Sinclair, T.R. and C.T. de Wit. 1975. Photosynthate and nitrogen requirements for seed production by various crops. *Science* 189: 565-567.
13. Thibodeau, P.S. and E.G. Jaworski. 1975. Patterns of nitrogen utilization in the soybean.

- Planta 127 : 133-147.
14. Wittenbach, V.A. 1982. Effect of pod removal on leaf senescence in soybeans. *Plant Physiol.* 70 : 1544-1548.
 15. Yoshida, S., D.A. Forno, J.H. Cock and K. A. Gomez. 1976. Laboratory manual for physiological studies of rice. The International Rice Research Institute, Philippines.
 16. Zeiher, C., D.B. Egli, J.E. Leggett, and D. A. Reicosky. 1982. Cultivar differences in N redistribution in soybeans. *Agron. J.* 74: 375-379.