

밀의 Glutamine Synthetase 活性도와 窒素含量 및 收量과의 關係

孫尙穆* · 에버하르트 체맥**

Relationship between Glutamine Synthetase Activity and Nitrogen Content and Grain Yield in Wheat

Sang Mok Sohn* and Eberhard Przemek**

ABSTRACT : To find out the basic data for the possibility of agricultural utilization for GSA (Glutamine Synthetase Activity), the effect of nitrogen on the GSA in wheat leaf discs, the variation of GSA after light treatment and the comparative activity of GS during preservation were studied. The result of this study suggested that GSA could play an important and direct regulatory role in the nitrogen assimilation by wheat. During the growth stage of wheat its integral activity was found to closely match the organic nitrogen content. GS may therefore be the rate limiting enzyme in inorganic N assimilation. Moreover, integral GSA was closely correlated with grain yield and grain nitrogen. GSA could be suitable to utilize as a parameter for super type selection and an indicator for optimum nitrogen fertilization. Throughout the experiment, the contents of NO_3^- were increased by N fertilization so that the NO_3^- content was not attributable to change in the level of GSA. At investigation during dark-light transition of culture, no change in the level of GSA was observed until after 8-14 hours in the light treatment. And the level of GSA in wheat leaf discs during preservation at refrigerated storage (-20°C) was stable until 12 weeks, when its leaf discs were sampled with liquid nitrogen.

현재 慣行的으로 이용되고 있는 고 수량성 신품종의 育種選拔作業은 생육특성조사와 수량조사 등을 토대로 이루어 지고 있으나 視覺的인 判斷에 의존하는데서 오는 不確實性 외에, 세대단축 방법을 동원해서도 생산력의 파악에 수년이 소요되는 등의 난점이 있어 시간, 勞力, 資金의 非效率性 등의 측면이 있고, 適定 窒素施肥의 決定方法 역시 植物體 및 土壤窒素 化學分析을 통한 시도에 많은 어려움이 아직 해결되지 않고 있어, 이에 代替할 수 있는 새로운 生化學的의 品種選拔基準 및 適定窒素施肥指標의 提示가 끊임없이 논의되고 있다.^{42,44)}

Enzyme이란, DNA의 遺傳情報가 mRNA-Protein으로 發顯된 이른바 각 作物체가 갖고 있는 遺傳情報의 直接的인 產物로서 enzyme 活

性度 水準은 genotype이 갖고 있는 物質代謝의 反應程度를 나타내는 것이며⁴⁴⁾, enzyme 활성도를 측정하는 것은 물질대사의 반응정도를 genotype의 遺傳的 產物(酵素)을 통해 確認하는 하나의 方法이라고 보고 있다.^{7,16)}

어떤 作物체가 多肥栽培時 어느정도의 nitrogen까지를 turnover 시킬수 있는 能力을 源泉的으로 所有하고 있는지를 究明하기 위해 각 作物체 DNA의 直接的 產物인 酵素중 N-assimilation에 關여하는 酵素들의 活性度를 측정한 연구는 최근 많았다.^{4,7,9,13,17,29,36,42,44)} 특히 NO_3^- -assimilation의 첫번째의 還元反應段階에 작용하는 nitrate reductase (NR) activity를 高收量性 品種選拔의 criterion으로 이용할 수 있는가에 關하여, 미국, 독일 등에서 꾸준히 연구되어 왔

* 檀國大學校 農科大學 (Coll. of Agriculture, Dan Kook University, 330-714 Cheon An, Korea)

** 獨逸 괴팅겐大學校 (Coll. of Agriculture, University of Göttingen, 3400 Göttingen, Germany)

本 研究은 1988-90年度 韓國科學財團 研究費에 의하여 修行된 것임.

<91. 6.27 接受>

으며, 여러사람에 의하여 그 사실이 인정되기도 했다.^{9,16,17)}

그러나 NR 活性도는 첫째, 단지 NO_3^- 反應速度만을 나타내고, 둘째, 전체의 實質인 窒素代謝過程인 NO_3^- -assimilation과 NH_4^+ -assimilation의 N-turnover capacity를 判定할 수 있는 criterion으로서 알맞는 indicator가 아니라는 지적이 있다.^{13,15,30)} NR는 NO_3^- -assimilation에만 작용하는 enzyme인데 반하여 Glutamine synthetase(GS)는 NH_4^+ -assimilation, NH_4^+ -reassimilation에 작용하며 더욱이 photorespiration을 통한 C-assimilation의 regulation에도 關聯되어 있다는 점^{12,15,22,31,43,37)} 외에, 光照射 후 NR는 12時間까지의 酵素 活性度 변이폭이 컸으나 GS는 아주 일정하다는 점 등 두 Enzyme의 Character를 비교할 때 GS가 NR보다 상기의 實際 利用目的을 前提하는 觀點에서 特性 8가지 모두가 越等히 優秀하다고 알려져 있다.³⁵⁾

本 研究는 NH_4^+ -assimilation에 關여하는 key enzyme인 glutamine synthetase의 酵素 活性도와 窒素施肥量과의 關係, 有機態 窒素含量과의 關係, 種實 蛋白質 含量과의 關係, 收量과의 關係, GSA의 日照變化 및 低溫貯藏時 GS의 安定的 保管性등을 究明함으로서, 實際 育種選拔 作業에 代替할 수 있는 高收量性 品種의 選拔指 標로서의 새로운 生化學的 選拔基準 및 適定 窒素施肥 指標로서의 提示 可能性을 檢討하기 위한

基礎資料를 얻고자 實施 되었다.

材料 및 方法

모래 3kg과 壤土(pH(CaCl₂) 7.8, T-N 0.01%, Humus 1.22%, P₂O₅(CAL) 4.54mg/100mg, K₂O 11.8mg/100g) 4kg에 인산 0.65g/pot을 Ca(H₂PO₄)₂·H₂O의 형태로 사용하고 표 1의 無機性分液을 Pot당 配合調劑하여 넣은 후 混合 充填하였다. 窒素는 基肥 0.5, 1.5g N/pot, 分藥肥 0, 0.5, 1.0g N/pot, 穗肥 0, 0.5g N/pot을 각각 分施하되 Ca(NO₃)₂의 形態로 施用하였다. 植物材料는 소맥을(Kolibri) 사용하였으며 栽培方法은 前報³⁷⁾와 같다.

試料는 生育基間중 9회에 걸쳐 採取하였는데(표 2), Glutamine synthetase 分析試料는 植物代謝生理의 均一性 및 酵素의 日周 週期性을 考慮하여 13-14시 사이에 채취하여 液體窒素를 이용하여 급속 동결시켰으며 -35℃에 일시 저장하였다가 이후 液體窒素를 넣은 막자사발을 이용하여 粉碎 均質化 시킨 다음, 孫^{36,37)}의 GS 分析試料의 前處理 및 分析方法에 준하여 hydroxylamine dependent synthetase reaction에 의한 γ -glutamylhydroxamate를 측정하여 specific activity를 算定하였으며, 積算 GS 活性도는 試料採取時期(ST)간의 日長時間에 GS 活性도를 積分하여 計算하였다. 한편, 채취시료중 일부는

Table 1. Basal fertilization at sowing in Mitscherlich pot.

Elements	g/pot	Chemical form	Elements	mg/pot	Chemical form
K	1.00	KCl	B	3.5	H ₃ BO ₃
Mg	0.12	MgSO ₄ ·7H ₂ O	Cu	0.5	CuSO ₄ ·5H ₂ O
Fe	10.3	FeCl ₂ ·6H ₂ O	Zn	0.2	ZnSO ₄ ·7H ₂ O
Mn	4.5	MnSO ₄ ·H ₂ O	Mo	1.1	(NH ₄) ₆ Mo ₇ O ₂₄ ·4H ₂ O
				68.9	EDTA

Table 2. Growth and Development stage at sampling time of wheat.

Sampling time	Growth and development stage	Zadok's scale ³⁷⁾
I	Main shoot and 2 tillers	22
II	1st node detectable	31
III	Flag leaf just visible	37
IV	1st spikelet of inflorescence just visible	51
V	Anthesis half-way	64/65
VI	Caryopsis water ripe	71/72
VII	Medium milk	75/76
VIII	Early dough	83
IX	Hard dough	87

drying Oven에서 乾燥시킨 후 NO_3^- -N 함량은 E.coli를 이용한 Kücke와 Przemeczek²¹⁾ 方法에 따라, 有機態 窒素含量은 Indophenol Blue Reaction를 이용한 Schrader³²⁾ 方法에 따라, 蛋白質含量 分析은 Kjeldahl법²²⁾에 따라 각각 分析하였다.

結果 및 考察

1. GS 活性度の 日周變化 및 GS 분석용 시료의 安定的 保管性

麥類葉에 있어서의 GS 活性度の 日周變化를 분석 검토한 결과 표 3에서 보는 바와 같이 인공 조명후 8-14시간에 變異가 거의 없어 上記 時間帶에 試料를 採取하는 것이 바람직 한것으로 판단되었다. 이는 照明/暗黑/照明 처리한 *Chlamydomonas*에서 照明初期에 GS 活性도가 높았다가 그후부터 일정한 活性度 水準을 유지하였다는 Cullimore와 Sims⁸⁾의 보고와 일치한다.

또한 GS 分析用 試料는 표 4에서 알수 있는 바와 같이 液體窒素를 이용하여 急速 凍結시켜 채취한 후 -20°C 의 低温 冷凍庫에서 密閉 保管할 경우 12주까지 약 4%의 活性度 低下만을 보임으로서 分析用 試料의 酵素 活性도에 대한 安定的 保管이 장기간 가능한것으로 나타나, GS 酵素의 保管性이 아주 좋았다는 Streit와 Feller³⁹⁾의 보고와 일치하는 경향을 나타냈다. 이에 비해 NR 活性度の 日周變化는 變異幅이 照明後 5-12시간에는 57%, 8-12시간에는 24%나 되어¹⁰⁾ 同一 植物體에서의 시료도 採取時間帶別로 活性度 差異가 클뿐만 아니라, 低温狀態 하에서의 試料保管性 역시 좋지 않은 것으로 알려져 있다.^{11,33)} 또한 氣溫의 變化에 따른 變異幅도 NR이 34%나 되는데 비해 GS는 變異幅이 2-7%이어서 氣溫에 影響을 받지 않는 극히 安定的인 活性도를 유지하고 있다.^{1,2,3)} 따라서 窒素同化作用의 enzyme system 중 NH_4^+ -assimilation의 key enzyme 인 GS가 NO_3^- -Reduction에 關與하는 NR보다 日周變化가 적고 氣溫에 대한 變異幅이 극히 낮을

Table 4. Variation of comparative activity of glutamine synthetase during preservation at refrigerated storage (-20°C).

Preservation time(weeks)				
0	4	8	12	16
%				
100±1.9	98±2.6	97±2.9	96±2.8	84±3.7

뿐만 아니라 試料의 安定的 貯藏性 역시 높아 農學的 實際利用을 目的하는 경우 훨씬 越等한 條件을 갖추고 있어 바람직 함을 알 수 있었다.

2. 葉中 NO_3^- 및 積算 GS 活性도와 植物體重, 有機態窒素含量, 收量, 種實蛋白質含量의 關係

NO_3^- 形態로 흡수되는 窒素는 細胞質內에서 NR에 의해 NO_2^- 로 還元되고 NO_2^- 는 葉綠體內에서 nitrite reductase(NiR)에 의해 觸媒되어 NH_4^+ 로 還元되며, NH_4^+ 는 GS에 의해 有機態 窒素化合物인 glutamine으로 合成된다.^{26,38)} 따라서 植物체포내 NO_3^- 와 GS 活性度 사이에 어떠한 相關關係가 있는가를 檢討한것이 그림 1이다.

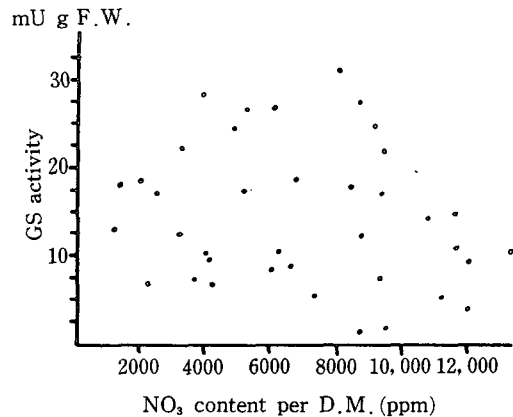


Fig. 1. Relationship between content of NO_3^- and specific activity of glutamine synthetase in all leaves of 12 N fertilizer treatments at 8 days after N-fertilization at active tillering stage.

Table 3. Variation of activity of glutamine synthetase by different artificial light duration.

	Artificial light duration (hrs)			
	5	8	11	14
GSA ($\text{mU}10^{-2}/\text{g FM}$)	72.1±1.3	67.7±2.0	68.3±1.8	67.5±2.5

GS가 NR 抑制를 통해 NO_3^- 同化作用의 制御에 중요한 역할을 擔當⁷⁾하고 있음에도 불구하고 小麥葉 세포내의 NO_3^- 含量과 生體重 1g당 GS 活性度(mU/g FW) 사이에는 아무런 定量的인 相關關係가 없었다. NO_3^- 가 窒素過多施用時 細胞內에 貯藏되는 reserve form이라는 Altay⁴⁾, Kücke²⁰⁾, Hartmann¹⁵⁾, Rabson²⁹⁾, Sohn³⁶⁾ 등의 보고와 같이 NO_3^- 는 질소사용량에 따라 증가 하였으나 GS 活性度は 질소사용량이 증가할 수록 증가하다가 어느 한도를 超過하는 窒素施肥水準에서는 NO_3^- 還元의 결과 過다하게 生成되는 NH_4^+ 에 의해 오히려 低下하였기 때문에^{35,36)}, 즉

作物體가 遺傳的으로 갖고 있는 N-turnover capacity를 超過하는 窒素過多 供給條件에서 過다하게 흡수된 NO_3^- 가 세포내에 그대로 集積되어²⁰⁾ reserve 된것으로 판단된다.

생육의 어느 일정 시기까지의 GSA의 總體的 potential capacity과 그때까지의 有機態 窒素化合物의 含量은 어떤 關係에 있는지를 檢討하기 위해 GS 積算 活性度を 계산하여 식물체내 유기태 질소화합물의 총량과의 상관關係를 나타낸 것이 표 5이다. 이는 Hartmann 등에 의하여 GS가 無機態窒素가 有機態窒素로 變換되는 NH_4^+ -assmilation의 key enzyme이라는 사실 때문이

Table 5. Relation between contents of organic nitrogen and integral GS capacity.

Nitrogen treatment (A-B-C)	Sampling time								
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
0.5-0-0	1250 (3.3)	2606 (12.5)	4656 (19.0)	6712 (14.2)	9702 (15.0)	10374 (21.5)	1018 (21.9)	10942 (28.4)	10996 (24.9)
0.5-0.5-0		2682 (14.1)	5052 (26.9)	8356 (21.7)	13690 (26.6)	14760 (35.7)	15672 (42.5)	16806 (56.1)	16994 (36.8)
0.5-1.0-0		2368 (12.3)	4488 (23.3)	7512 (27.6)	12686 (28.2)	14492 (29.4)	16428 (36.3)	17982 (68.6)	18718 (62.1)
0.5-0-0.5					10678 (22.2)	12518 (25.2)	14238 (31.4)	15400 (40.8)	15912 (55.9)
0.5-0.5-0.5					14808 (35.2)	17108 (32.6)	19100 (39.8)	20934 (64.8)	22054 (69.0)
0.5-1.0-0.5					12816 (27.0)	14476 (32.6)	16340 (39.8)	18574 (50.8)	19324 (57.1)
0.5-0-0	1228 (3.3)	2300 (13.9)	4020 (20.7)	7276 (24.3)	13296 (28.6)	15046 (30.3)	16614 (36.8)	18246 (58.0)	19352 (53.9)
0.5-0.5-0		2098 (13.5)	3538 (21.8)	6482 (20.7)	11942 (31.1)	13364 (39.9)	14564 (31.9)	16226 (55.1)	18242 (59.0)
0.5-1.5-0		1970 (8.4)	3060 (13.3)	4862 (15.9)	8674 (23.4)	10250 (28.1)	11786 (23.2)	13348 (44.7)	14678 (52.7)
0.5-0-0.5					12866 (29.3)	14252 (45.1)	15940 (42.0)	18412 (55.7)	20386 (57.6)
0.5-0.5-0.5					11410 (26.4)	12524 (41.4)	13852 (33.9)	15820 (48.5)	17466 (60.4)
0.5-1.0-0.5					8024 (18.8)	9026 (18.8)	10170 (23.3)	11802 (33.9)	12866 (40.8)
r		0.60	0.77**	0.61	0.82***	0.52**	0.84***	0.89***	0.83***

A : N-fertilization at sowing(g N/pot as $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$).

B : N-fertilization before active tillering stage(g N/pot as $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$).

C : N-fertilization before panicle initiation stage(g N/pot as $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$).

Value without parentheses : integral GS capacity [$\text{U}10^{-1} \times \text{time/plant}$]

Value with parenthese : contents of organic nitrogen(mg $\text{N}_{\text{org.}}/\text{plant}$).

다. 積算 GS 活性도와 有機態窒素含量은 모든 질소처리구에서 開花 이후부터(ET V) 고도의 상관관계를 나타냈다. 開化期 이전에도 상관계수는 높았으나($r>0.6$) 표본수가 적어도 통계적 유의성은 일정하게 인정되지 않았다.

全 植物體내 有機態窒素含量은 생육진전과 더불어 증가하였으나 開花後 7日, 15日傾에 일시 停滯 또는 下落 趨勢를 나타냈는데 이는 개화후 sink로의 저장양분의 이동과정에서 유리아미노산 등이 많이 생성되어²⁴⁾ 유기태질소화합물 분석시 포함되지 못한 때문²¹⁾으로 보인다. 完熟期경의 有機態窒素含量은 0.5-0.5-0.5 處理區에서 69.0 mg/Plant²¹⁾으로 가장 높았으며 0.5-0.0-0.0 處理區에서 24.9mg/Plant로 가장 낮았다(표 5 참조).

뿐만 아니라 積算 GS 活性도와 種實收量($r=0.97^{***}$), 積算 GS 活性도와 積算內 蛋白質含量($r=0.85^{***}$)과는 각각 고도의 정의 상관 관계가 있었다(표 6). 酵素 GS가 식물체내 窒素代謝過程에서 Key enzyme으로 作用한다는 점에서^{4,5,15,23,25,27,34)} 積算 GS 活性도가 높은 식물체가 有機態 窒素化合物의 함량 역시 많은 것은 일견 타당스러운 것으로 사료된다. 이 결과로 보아 무기태질소인 NH_4^+ 를 有機態 窒素인 Glutamine으로 合成하는 酵素인 GS의 活性도를 測定하는 것

은 각 作物體들이 遺傳的으로 가지고 있는 窒素의 turnover capacity를 정확히 把握할 수 있는 방법이 된다고 판단되며, 最適 窒素施肥量을 追跡해내는 것은 어떤 식물체에 주어진 栽培環境條件하에서 그 作物체가 DNA내에 갖고 있는 窒素의 turnover capacity가 窒素施用量에 의해 Inhibition되지 않는, 즉 GS 活性도가 최대가 되는 施用量을 찾아내는 作業이라고도 볼 수 있다.

한편 積算 GS 活性도와 植物體 地上部 乾物重간에 어떤 관계가 있는지를 검토한 것이 표 7이다. 止葉이 출현하는 시기(ST III)부터 完熟期(ST IX)까지 積算 GS 活性도와 植物體 乾物重간에 유의성이 인정되었으며 특히 開花期(ST V)이후 부터 고도의 유의성이 인정되었다. 한편, 분얼말기(ST II)까지도 상관계수는 0.72로 비교적 높은 편이나 유의성은 없었는데 이는 試料數가 적었기 때문으로 보인다. Takano와 Tsunoda⁴⁰⁾, Wong⁴³⁾, Lugg와 Sinclair²²⁾, Evans¹²⁾ 등이 適定值를 초과하는 NH_4^+ 은 Calvin 회로상의 CO_2 -assimilation을 방해한다고 하였던바 적정치를 넘는 過多한 窒素施肥條件에서 즉 NH_4^+ 과다시 GS 活性도 역시 低下 된 것은 GS 活性도와 CO_2 -assimilation간의 關係를 說明케 하는 것이다. 또한 窒素多肥로 인한 過多 NH_4^+ 集積時 GS-reaction의 低下로 아미노산

Table 6. Yield, grain nitrogen and integral GS capacity of wheat under different levels of nitrogen application.

Treatment (A-B-C)	N content of grain (%)	Grain yield/plant (g)	Integral GS capacity ($U10^{-1} \times \text{time/plant}$)
0.5-0-0	1.535	26.2	10996
0.5-0.5-0	2.575	37.1	16994
0.5-1.0-0	2.840	39.3	18718
0.5-0-0.5	2.395	33.0	15912
0.5-0.5-0.5	2.830	42.0	22054
0.5-1.0-0.5	3.320	39.3	19352
1.5-0-0	2.925	39.1	19352
1.5-0.5-0	2.970	35.6	18242
1.5-1.5-0	3.315	30.3	14678
1.5-0-0.5	2.910	41.1	20386
1.5-0.5-0.5	3.280	36.1	17466
1.5-1.0-0.5	3.200	27.3	12866
r	0.89***	0.97***	

A : N-fertilization at sowing(g N/pot as $Ca(NO_3)_2$).

B : N-fertilization before active tillering stage(g N/pot as $Ca(NO_3)_2$).

C : N-fertilization before panicle initiation stage(g N/pot as $Ca(NO_3)_2$).

Table 7. Relationship between integral GS capacity (X) and leaf dry matter (Y) from sampling time II to IX.

Sampling time	Regression equation (Y=)	Correlation coefficient (r=)
\int_{ST1}^{ST2}	0.0544+1.25 X	0.7204 (n= 6)
\int_{ST1}^{ST3}	0.166 +1.45 X	0.8337* (n= 6)
\int_{ST1}^{ST4}	0.009 +1.35 X	0.7977* (n= 6)
\int_{ST1}^{ST5}	0.474 +0.9 X	0.8321** (n=12)
\int_{ST1}^{ST6}	0.7596+0.95 X	0.9383*** (n=12)
\int_{ST1}^{ST7}	0.6323+0.1.1 X	0.9003*** (n=12)
\int_{ST1}^{ST8}	1.0576+0.95 X	0.8964*** (n=12)
\int_{ST1}^{ST9}	1.3583+1.0 X	0.8908*** (n=12)
Total	0.03362+1.6 X	0.9580*** (n=78)

合成에 쓰이는 α -oxoglutarate의 所要量 減少 및 이로 인해 크게 변화된 탄수화물 分配가 Calvin 회로상의 CO₂-assimilation를 feedback -inhibition에 의해 억제된 것으로 보이며 GS 活性度는 glutamine合成의 速度 뿐만 아니라 N-assimilation과 C-assimilation 사이에서 調整 역할을 擔當한다는 Keys et al¹⁸⁾, Rhodes and Sims³¹⁾, Hartman¹⁹⁾ 등의 報告는 이를 뒷받침 하고 있다.

積算 GS 活性度가 생육기간중의 植物體重, 種實收量, 總乾物重 등의 biomasse와 아주 밀접한 관계가 있다는 것은 GS-reaction의 주요한 機能의 하나가 C-assimilation과 N-assimilation을 接合시키는 것이라는 Beudeker and Tabita⁶⁾, Kanazaw¹⁹⁾, Mora et al²⁶⁾, Paul & Cooksey²⁷⁾, Platt et al²⁸⁾, Woo and Cavin⁴³⁾ 등의 主張과 一致하는 것이다.

이상의 결과를 토대로 첫째, GS 活性도가 N-turnover capacity를 정확히 나타내므로 GS 活性도를 多收穫系統의 選抜指標로서 活用 할 수 있다고 판단된다. 이 경우, 世代短縮方法 사용에서 요구되는 時間과 勞力의 節減, 재배 당시의 氣象 및 土壤條件과 栽培法 差異에 따른 收量變異의 문제점 해소, 그리고 多量을 동시에 檢定할 수 있다는 잇점이 있을 수 있다. 둘째, GS 活性도가 N-turnover capacity를 그대로 나타내므로 정확한 適定窒素施肥時期 및 施肥量의 判定을 위한 指標로 活用할 수 있다고 사료된다. 이 경

우, 品種 자체가 어느 시기에 어느정도의 窒素量을 Turnover시키는가를 추측함으로써 가능 할 것이다. 多收穫 品種選抜指標로서의 GS 活性度 利用 可能性에 대한 研究를 실시할 때에는, 1) NH₄⁺의 Km이 낮은 점³⁶⁾을 考慮하여 適定窒素 施肥量의 약 1/2量을 사용하여 대상작물을 재배 하고, 2) GS 活性도가 가장 높을 뿐만 아니라 GS-Inhibition이 나타나는 생식생장기^{36,37,41)}에 도달 하기전인 出穗期 직전에 測定하며, 3) 幼葉이나 老葉이 아닌 생리적으로 왕성한 대사작용중인 건 실한 成葉의 GS 活性도를 측정해야 한다³⁶⁾고 판단된다. 또한 適定窒素施肥量의 判定을 위한 指標로 GS 活性도를 측정 이용코자 할 경우에는, 1) 推薦施肥量을 基準으로 다수확 품종선발시 파악된 GS 活性度 水準을 감안한 예상시비량을 다 수선정 시비처리하여 대상작물을 재배하고, 2) 전 생육기간동안 GS 活性도를 측정하며, 3) 전 식물체를 分析試料로 삼아 GS 活性도를 측정해야 할 것이다. 그러나 이에 대해서는 앞으로 보다 進진된 연구를 통해 구체적인 檢定方法의 實證 實驗이 요구된다고 하겠다.

適 要

육종선발 基準 및 적정 질소시비의 새로운 生化學的 指標로서 GS 活性度 利用 可能性을 검토 하기 위한 基礎資料를 얻고자 小麥을 대상으로 Pot시험을 실시하여 *in vitro* 상태하의 活性도를

測定한 結果,

1. GS의 日周變化는 人工조명후 8-14 時間帶에 거의 안정적인 活性度 水準을 유지하였으며 液體窒素로 急速凍結시켜 -20°C에 密閉保管할 경우 12週까지 약 4% 내외의 活性度 低下만을 나타냈다.

2. 植物體내 NO₃⁻ 含量은 窒素施肥量の 增加에 따라 增加하였으나 GS 活性도와는 아무런 상관관계가 없었다.

3. 有機態窒素含量은 生育進展과 더불어 增加하였으나 개화후 一時 下落하였는데 完熟期の 有機態窒素含量은 0.5-0.5-0.5g N/Pot 처리구에서 69.0mg/Plant로 가장 높았고 0.5-0-0g N/Pot 처리구에서 24.9mg/Plant로 가장 낮았다.

4. GS 活性도는 窒素施肥量の 多少에 따라 크게 차이를 보였는데, 完熟期の 積算 GS 活性도는 0.5-0.5-0.5g N/Pot 처리구에서 222054 U10⁻⁴/Plant로 제일 높았고 0.5-0-0g N/Pot 처리구에서 10996 U10⁻⁴/Plant로 제일 낮았다. 積算 GS 活性도는 有機態質素化合物의 含量과 각각 開花期 이후부터 고도의 상관관계를 나타냈다.

5. 種實收量, 種實內 蛋白質含量, 總乾物重과 積算 GS 活性도와 각각 고도의 정의 상관관계를 나타냈다.

引用 文 獻

1. Alekhina, N.D. and Kenzhebaeva, S.S. 1978. Investigation of glutamine synthetase activity in plant roots in connection with the cultivation temperature. Sov. Plant Physiolo. (Engl. Transl. Fiziol. Rast.) 24 : 910-914.
2. Alekhina, N.D. and Klyuikova, A.I. 1980. Effects of low temperature on the activity of some enzymes of nitrogen assimilation in wheat roots., Sov. Plant Physiolo. (Engl. Transl. Eizio. Rast.) 27 : 652-657.
3. Amos, J.A. and Scholl, R.L. 1977. Effects of growth temperature on leaf nitrate reductase glutamine synthetase and NADH glutamate dehydrogenase of juvenile maize genotypes. Crop Sci. 17 : 445-448.
4. Altay, H. 1984. Morphophysiological untersuchung über den stickstoff-stoffwechsel der zuck-

- errübe in abhängigigkeit von der stickstoffdüngung. Dissertation. University of Göttingen, Germany.
5. Bergman, A., Gardestrom, P. and Ericson, I. 1981. Release and refixation of ammonia during photorespiration. Physiol. Plant. 53 : 528-532.
6. Beudeker, R.F. and Tabita, F.R. 1984. Glycolate metabolism is under nitrogen control in chlorella. Plant Physiol. 75 : 516-520.
7. Croy, L.I. and Hageman, R.H. 1970. Relationship of nitrate reductase activity to grain protein production in wheat. Crop Sci. 10 : 280-285.
8. Cullimore, J.V. and Sims, A.P. 1981. Glutamine synthetase of *chlamydomonas* : it's role in the control of nitrate assimilation. Planta 153 : 18-24.
9. Dalling, M.J. and Loyn, R.H. 1977. Level of activity of nitrate reduction at the seedling stage as a predictor of grain nitrogen yield in wheat (*Triticum aestivum* L.). Australian Journal of Agricultural Research 28 : 1-4.
10. Duke, S.H., Friedrich, J.W., Schrader, L.E. and Koukkari, W.L. 1978. Oscillations in the activities of enzymes nitrate reduction and ammonia assimilation in *Glycine max* and *Zea mays*. Physiol. Plant. 42 : 269-276.
11. Dusky, J.A. and Galitz, D.S. 1977. Nitrate reduction in different grass species. Physiol. Plant. 39 : 215-220.
12. Evans, J.R. 1983. Nitrogen and photosynthesis in the flag leaf of wheat (*Triticum aestivum* L.) plant Physiology 72 : 297-302.
13. Hageman, R.H. 1979. Integration of nitrogen assimilation in relation to yield. in, "Hewitt, E. J., and Cutting, C.V. (eds.), Nitrogen Assimilation of Plants, Academic Press. 591-611."
14. 한기학. 1988. 土壤化學分析法. 農業技術研究所, 57-60. 226.
15. Hartmann, T. 1982. Die Ammonium-Assimilation im N-Stoffwechsel der Pflanze. Biologie in unserer Zeit 12 : 9-19.
16. Jones, P.W. and Mhuimhneachain, M.N. 1985. The activity and stability of wheat nitrate reductase in vitro. Phytochemistry 24 : 385-392.
17. Jung, J., Dressel, J. and Umlauf, J. 1980. Nitratreduktaseaktivitaet als indikator fuer den

- stickstoffversorgunggrad der pflanzen. Landwirtschaftliche Forschung 33 : 136-143.
18. Keys, A.J., Bird, I.F., Cornelius, M.F., Lea, P.J., Wallsgrove, R.M. and Mifflin, B.J. 1978. Photorespiratory nitrogen cycle. Nature(London) 275 : 741-742.
 19. Kanazawa, T., Kanazawa, K., Kirk, M.R. and Bassham, J.A. 1972. Regulation effects of ammonia on carbon metabolism in *Chlorella pyrenoidosa* during Photosynthesis. Biochim Biophys. Acta 256 : 656-669.
 20. Kücke, M. 1985. Nitrat-reduktion und stickstoff-akkumulation im vegetations-ablauf von weizen als faktoren der N-versorgung des korns. Diss. University of Göttingen. FRG.
 21. Kücke, M. and Przemek, E. 1983. Ein mikrobiologischer nitratinachweis für serienuntersuchungen and pflanzenextrakte. Landwirtsch. Forschung 36 : 140-150.
 22. Lugg, D.G. and Singclair, T.R. 1981. Seasonal changes in photosynthesis of field grown soybean leaflets. II. Relation to nitrogen content. Photosynthetica 15 : 138-144.
 23. McMaster, B.J. and V.L. Dunham. 1981. Regulation of two forms of glutamine synthetase of soybean hypocotyls. Plant Sci. Letters 21 : 41-50.
 24. Mifflin, B.J. 1980. Nitrogen metabolism and amino acid biosynthesis in crop plants. In : The Biology of crop productivity. 255-295. ed. Carlson, P.S., Academic Press, New York. USA.
 25. Mifflin, B.J. and Lea, P.J. 1980. Ammonia assimilation. In "Mifflin, B.J.(ed). The Biochemistry of plants. Academic Press. Vol. 5 : 169-202.
 26. Mora, J. et al. 1980. Glutamine metabolism in *Neurospora crassa*. In : Glutamine ; metabolism, enzymology, and regulation. 185-211. eds. Mora, J. and Palacios, R., Academic Press, New York.
 27. Paul, J.H. and Cooksey, K.E. 1981. Regulation of asparaginase, glutamine synthetase, and glutamate dehydrogenase in response to medium nitrogen concentrations in a Euryhaline *Chlamydomonas* species. Plant Physiol. 68 : 1364-1368.
 28. Platt, S.G. and Bassham, J.A. 1977. Ammonia regulation of carbon metabolism in photosynthesizing leaf discs. Plant Physiol. 60 : 739-742.
 29. Rabson, R. 1976. Nitrate and nitrite reductase as factors limiting protein synthesis. In "Genetic improvement of seed proteins by national academy of sciences, Washington. 103-133."
 30. Rao, L.V.M., Rajasekhar, V.K., Sopory, S. K. and Guha-Mukherjee, S. 1981. Phytochrome regulation of nitrite reductase EC-1.7.7.1. A chloroplast enzyme in etiolated maize *Zea mays* leaves. Plant Cell Physiol. 22 : 577-582.
 31. Rhodes, D. and Sims, A.P. 1979. Glutamine synthetase an the control of nitrogen assimilation in *Lemna minor* L.. In "Nitrogen assimilation of plants. 501-520. eds. Hewitt, E.J. and C.V. Cutting, Academic Press, New York, USA."
 32. Schrader, B. 1976. Zur Wirkung derr manganversorgung auf die radikuläre N-assimilation aus nitrat sowie auf den akropetalen transport mineralischen und organischer N-verbindungen aus der wurzel. Diss. University of Göttingen. Germany.
 33. Schrader, L.E., Cataldo, D.A. and Peterson, D.M. 1974. Use of protein in extraction and stabilization of nitrate reduction. Plant Physiology 53 : 688-690.
 34. 손상목. 1985₁. Glutamine synthetase in higher plants. 在獨 科學技術者協會, 1985年度 Berlin 學術發表大會.
 35. 손상목. 1985₂. Characteristics of N-assimilation enzymes ; NR, GS, GOGAT, GDH. 在歐羅巴 科學技術者協會, 1985年度 Paris 學術發表大會.
 36. Sohn, S.M. 1986. Über die aktivität der glutaminsynthetase in den blättern von weizen in vegetationsverlauf und in abhängigkeit von der N-ernährung. Dissertation. University of Göttingen. Germany.
 37. 손상목. 1989. 소맥엽의 glutamine synthetase 活性도에 관한 研究. I. 葉別別 GS 活性도의 差異 및 出穗後 V 字型 變化現象. 한국작물학회지 34(1) : 98-105.
 38. Sohn, S.M. 1990. Bestimmung der

- glutaminesynthetase-aktivität. In "Biochemisches und ernährungsphysiologisches praktikum. ed. E. Przemek. Inst. für Agrikulturchemie. University of Göttingen. Germany"
39. Streit, L. and Feller, U. 1983. Nitrogen-metabolizing enzymes from bean leaves (*Phaseolus vulgaris* L.) : Stability in vitro and susceptibility to proteolysis. Zeitschrift für Pflanzenphysiologie 111 : 19-27.
 40. Takano, Y. and Tsunoda, S. 1971. Curvilinear regression of the leaf photosynthetic rate on nitrogen content among strains of *Oryza* species. Japan J. Breed. 21 : 69-76.
 41. Van Berkum, P and Sloger, C. 1981. Ontogenetic variation of nitrogenase, nitrate reductase, and glutamine synthetase activities in *Oryza sativa*. Plant Physiol. 68 : 722-726.
 42. Witt, H.H. and Jungk, A. 1973. Die nitratinduzierbare nitratreduktase aktivität als mass fuer die stickstoff-versorgung von pflanzen. Landwirtschaftliche Forschung. Sonderheft 30/2 : 1-9.
 43. Wong, S.C. 1979. Elevated atmospheric partial pressure of CO₂ and plant growth. I. Interaction of nitrogen nutrition and photosynthetic capacity in C₃, C₄ Plants. Oecologia 44 : 68-74.
 44. Woo, K.C. and Osmond, C.B. 1982. Evidence for the glutamine synthetase glutamate synthase pathway during photorespiratory nitrogen cycle in spinach leaves. Plant Physiol. 70 : 1514-1517.
 45. Zadoks, J.C., Chang, T.T. and Konzak, C.F. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. Weed Research(Oxford) 14 : 415-421.