

## 窒素量, 溫度, 水分포텐셜 調節에 따른 보리 幼苗의 窒素吸收 및 體內同化

金石東\* · 權容雄\*\* · 蘇昌鎬\*\*

### N Uptake and Assimilation of Barley Seedlings as Affected by N Availability, Temperature and Water Potential

Sok Dong Kim\* · Yong Woong Kwon\*\* and Chang Ho Soh\*\*

**ABSTRACT :** Water culture experiments were carried out to elucidate the effects of N availability, temperature and water potential of culture solution on the uptake and assimilation of N and dry matter accumulation by barley seedlings. N assimilation and dry matter accumulation at 3 to 4 leaves stage in barley plants were maximized at about 3.4% of N concentration in leaf. N assimilation by barley plants increased with increase of nitrate concentration up to 80ppm in the solution. Over this level nitrate began to accumulated in the leaves and stems proportionally to the N availability in culture solution. Nitrate reductase activity increased in parallel with the increase in the concentration of reduced N in leaves. N uptake by barley plants decreased markedly when water potential reduced below -2 bar or when temperature dropped below 5°C. These results suggest that the basal application rate of N, 60kg per hectare, for the barley crop needs to be re-examined under the concept of N use efficiency with taking into consideration of temperature and soil N availability because about a half of N accumulated in the leaves of barley plant before wintering is known to be lost by winter killing of above-ground part of the plant.

**Key word :** Nitrogen availability, Nitrate reductase, Temperature, Water potential, Barley

窒素는 植物體의 蛋白質, 核酸 및 各種 酶素와  
葉綠素의 構成成分으로서 物質生產의 根本인 光  
合成 및 蛋白質代謝에 關與하여 어느 養分要素보다  
作物의 生育과 生產性에 큰 影響을 미친다. 作物이 뿌리로부터 吸收하는 窒素는 主로  $\text{NH}_4^+$ 와  
 $\text{NO}_3^-$ 이며, 이들 可給態窒素의 含量은 作物의 窒  
素吸收量을 決定하게 되는데 麥類와 같은 田作物  
의 栽培圃場에서는 土壤이 酸化狀態에 있게 되므로

로 대부분의 可給態窒素는  $\text{NO}_3^-$ 形態가 된다<sup>1,16)</sup>.  
作物이 利用할 수 있는 可給態窒素의 含量이 不  
足하여 질소吸收量이 적으면 作物에는 소위 N-  
deficiency 또는 N-stress로 表현되는 窒素不足現  
象이 초래되어 葉中窒素濃度, 葉生長, 光合成作用  
및 建物生產量 等이 減退하게 된다<sup>5,6,8,10,21)</sup>. 作物體  
에吸收된  $\text{NO}_3^-$ 는 Nitrate reductase(NR)에 의해  
 $\text{NO}_2^-$ 로還元되고,  $\text{NO}_2^-$ 는 Nitrite reductase에 의해

\* 作物試驗場(Crop Experiment Station, RDA, Suwon 441-100, Korea)

\*\* 서울大學校 農業生命科學大學(Coll. of Agri. and Life Sciences, Seoul Nat'l Univ., Suwon 441-744, Korea) <'93年 8月 20日 接受>

해 암모니아로還元되어 단백질合成 과정을 거쳐 식물체에 同化 된다<sup>7,11,12,27</sup>. NR은 NO<sub>3</sub>의 同化作用에 必要한 다른 여러 酵素에 비하여活性이 낮아吸收窒素의 同化作用에서 첫번째의 制限要因으로 취급되며<sup>17</sup> NR活性度는 作物의 窒素要求度를 测定하는 指標로 利用되기도 한다<sup>12,14,26,27</sup>. 植物體의 NO<sub>3</sub>含量은 일차적으로 토양에서의 可給度가吸收量을 좌우하게 되고<sup>3,9</sup>, 光, 温度 및 土壤의 水分條件等이 關與하는 것으로 알려져 있다<sup>16,18,25</sup>. NO<sub>3</sub>의吸收와吸收한 NO<sub>3</sub>의同化作用은 光合成作用과 体内生理作用이活發할 때 왕성하며, 温度가 낮거나水分이不足한條件에서는 다른生理作用과 함께 NO<sub>3</sub>의吸收 및同化作用도 낮아지게 된다<sup>2,13,20</sup>. 根圈의 温度가 낮아지면 먼저 뿌리의水分吸收能이低下하며 窒素를 포함한 養分要素의吸收量도 적어지는데, Hale and Orcutt는<sup>13</sup> 根圈의 温度가 25°C에서 10°C로 떨어지면 보리의 NO<sub>3</sub>吸收量이 1/10로減少한다고 하였다.水分不足 狀態下에서는 窒素와 磷酸을 비롯한 養分要素의吸收가沮害됨이 많이 보고되어 있는데<sup>2</sup>, 磷酸의 경우水分포텐셜이 -2bar에 이르기까지는 그吸收量의減少가크지는 않으나 이보다 낮아지면直線으로減少하여 -10bar에서는 거의吸收되지 않는다고 한다. 보리는 -0.2bar程度의水分條件에서 최고의生育과收量生產이 이루어진다고 하며 그以下の水分포텐셜조건에서는 生長과收量이減少한다는報告도 있다<sup>19</sup>. 우리나라의降雨氣象環境으로 볼 때 밭작물에 있어서 3월 중하순부터 5月까지와 9月下旬부터 11月까지는作物의水分要求量보다降雨量이 적어 이期間中에栽培되는 밭작물의 경우에는灌溉를 하지 않는 한水分不足障礙를 받을 우려가 많은 것으로 보고되었다<sup>22</sup>.

本 실험에서는 養液栽培를 통하여 窒素可給度에 따른 보리의 窒素吸收量과 同化 및 生長量의變化를 調査하고 또, 温度와水分不足障礙程度를 달리하였을 때 보리의 窒素吸收量 및 生長量變化를 調査함으로써 窒素可給度, 温度 및水分不足障碍가보리의 窒素吸收 및 同化와 生長變化에 미치는影響을究明하고자하였다.

## 材料 및 方法

### 1. 窒素可給度에 따른 보리의 窒素吸收 및 同化와 生長量變化

올보리種子를催芽하여晝夜溫度가 20/15°C인硝子溫室에서表1과 같은 養液를 利用, 3葉期까지 5ppm의 窒素濃度로栽培하였다. 3葉期에生育이均一한個體들을內徑 41mm, 높이 85mm되는 원통 플라스틱容器에 3個體씩 심었으며, 植物體를支持하고 養液의水分증발을 막기 위하여 스티로폼(styrofoam)으로容器의 윗부분을 막았다. 養液의 窒素溫度는 KNO<sub>3</sub>를 써서 0, 20, 40, 80, 160ppm N(W/V)으로調節하고 각濃度別 4반복으로처

Table 1. Preparation of nutrient solution for barley plants

Element	Stock solution		Culture solution	
	Source	Preparation(g/l)	Conc. (ppm)	pH
N	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> , KNO <sub>3</sub>	adjusted to N treatments	adjusted to N treatments	6.5
P	NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O	40.3	20	
K	KNO <sub>3</sub> (K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )*	71.4	20	
Ca	CaCl <sub>2</sub>	88.6	40	
Mg	MgSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O	32	40	
Mn	MnCl <sub>2</sub> ·4H <sub>2</sub> O	1.5		
Mo	(NH <sub>4</sub> ) <sub>6</sub> Mo <sub>7</sub> O <sub>24</sub> ·4H <sub>2</sub> O	0.07	in 500ml of	
B	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	0.93	c-H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ,	
Zn	ZnSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O	0.04	and diluted	
Cu	CuSO <sub>4</sub> ·5H <sub>2</sub> O	0.03	to 1l	
Fe	FeCl <sub>3</sub> ·6H <sub>2</sub> O	7.7		
	Citric acid	11.9	20ml of stock solin. for 16 liters	

\* Source for K was selected according to the N treatments.

리하였으며, 養液은 이틀에 한번씩 갈아주었다. 硝子溫室에서 10日間 栽培한 다음, 光合性能, 葉面積, 葉錄素含量, 葉身의 Nitrate reductase activity (NRA), 水溶性蛋白質含量,  $\text{NO}_3^-$ -N, 全窒素含量, 그리고 乾物重을 調査하였다.

光合性能의 測定은 투명아크릴판으로 製作한 同化箱(195mmL×95mmW×300mmH)에 容器單位(3個體)로 넣고 光合成測定機(Li-Cor 6000, U.S.A)를 利用하여 測定하였다. 葉面積은 光合成能測定後 일을따서 自動葉面積계(AAM-7, Hayashi Denkoh Co. ctd., Tokyo)로 測定하였으며, 葉面積測定後 葉身을 2mm 폭으로 잘게 썰어 잘 섞은 다음 여기서 일정량씩 채취하여 葉錄素含量, NRA, 水溶性蛋白質含量 等의 分析에 쓰고, 남은 시료는 乾燥하여 乾物重 및  $\text{NO}_3^-$ -N과 全窒素含量 測定에 利用하였다. 葉錄素含量의 측정은 80% Acetone 抽出法<sup>28)</sup>, NRA分析은 Schrader等<sup>23,24)</sup>의 方法을 使用하였으며, 水溶性蛋白質은 Lowry法<sup>4)</sup>으로 定量하였다.  $\text{NO}_3^-$ -N의 측정은 Phenoldisulfonic acid 法<sup>15)</sup>으로 하고, Kjeldahl 장치를 이용하여 定量한 全窒素含量에서  $\text{NO}_3^-$ -N含量을 뺀 값으로 Reduced-N含量을 算定하였다.

## 2. 温度와 水分不足障礙가 보리의 窒素吸收 및 生長에 미치는 影響

율보리의 種子를 催芽하여 窒素濃度를 80ppm ( $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^- = 25/75$ )으로 調節한 養液(表1)으로 硝子溫室( $20/15^\circ\text{C}$ )에서 2葉期까지 栽培한 다음, 均一한 生育을 보이는 個體를 골라 위 1에서와 같은 容器에 3個體를 심되 植物體를 支持하고 養液의 水分蒸發을 막기 위하여 탈지면을 좁은 띠 모양으로 잘라 식물체의 뿌리 윗부분을 감싸도록 말아서 각 容器의 입구를 막았다.

養液은 2葉期까지의 것과 같은 養液을 쓰되 수분 부족 조건을 조성하기 위하여 Polyethylene glycol(MW=20,000)을 써서 Thermocouple hygrometer(Hr-33TR, Wescor, U.S.A)를 利用하여 水分 포텐셜이 -0.5, -2, -5, -10bar가 되도록 하고, 이들 養液에 심어진 보리를 각각 5, 10, 15°C되는 硝子生育箱에서 栽培하였다. 處理期間中에는 이들에 한번씩 水分포텐셜이 調節된 新로운 養液으로

갈아 주었다. 이와같이 温度와 水分포텐셜이 다른 條件에서 栽培하면서 4, 8, 14日 후에 식물체의 乾物重과 窒素吸收量을 調査하였고, 處理始作後 14日에는 試料採取前에 PAR383±26E/m<sup>2</sup>/sec, RH52±4.2%, 温度  $20\pm0.3^\circ\text{C}$ , CO<sub>2</sub>濃度  $362\pm8.8\text{ppm}$  條件에서 위 1에서와 같이 光合性能을 測定하였다.

## 結果 및 考察

### 1. 窒素可給度에 따른 보리의 窒素吸收 및 同化와 生長量 變化

#### 1) 窒素吸收量

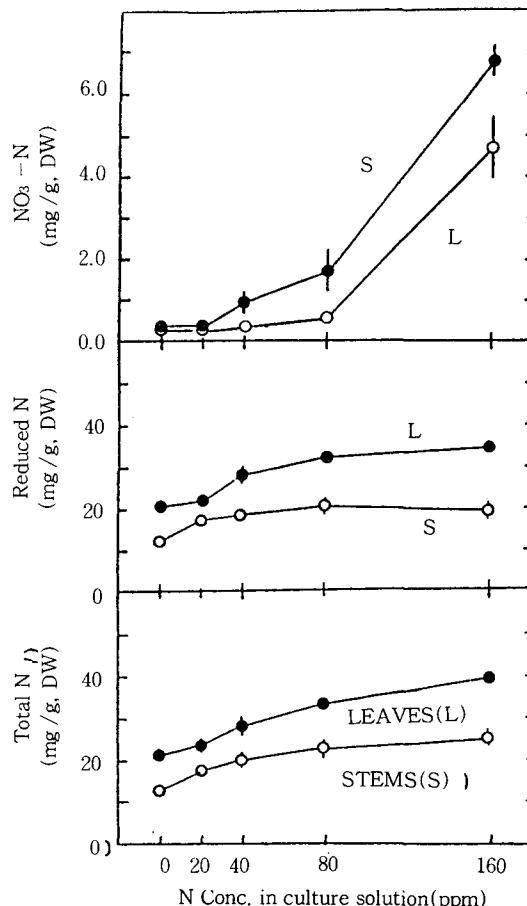


Fig. 1. Changes of  $\text{NO}_3^-$ -N, reduced-N and total N in leaves and stems of barley seedlings as affected by N concentration in culture solution.

養液의 窒素濃度가 增加함에 따라 그림1에서와 같이 莖葉의 全窒素濃度,  $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度 및 Reduced-N濃度가增加하였는데,  $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度는 養液의 窒素濃度를 80ppm으로 높일때까지 그增加程度가 완만하였으나 80ppm에서 160ppm으로 높아졌을때 莖葉의  $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度는 反對로 低에서보다 줄기에서 높았다. 이러한 結果는 低에는 葉錄素의 含量이 많고 光合成作用이 활발한 部位로서 뿐리로부터吸收·移動된  $\text{NO}_3\text{-N}$ 의 還元 및 同化作用이 더 큰 때문인 것으로 볼수 있고, 養液의 窒素濃度가 80ppm까지增加할 때보다 160 ppm에서는 莖葉 모두에서吸收된  $\text{NO}_3\text{-N}$ 의 同化比率이 떨어지고 蓄積量이 많아지는 것을 알 수 있다. 이러한 關係는 그림2에서 보는바와 같이 植物體의 窒素同

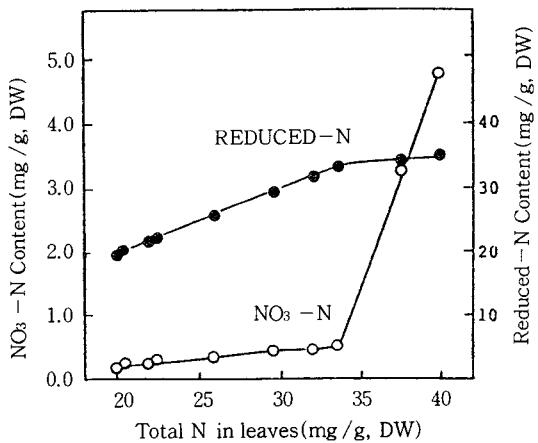


Fig. 2. Relationships between total N and  $\text{NO}_3\text{-N}$  or reduced-N in leaves of barley seedlings.

Table 2. Changes in leaf area, plant dry weight, chlorophyll(chl.), soluble protein,  $\text{CO}_2$  assimilation, and nitrate reductase activity(NRA) in leaves of barley seedlings, which were grown in different N concentrations for 10 days

N conc. (ppm)	Leaf area (cm <sup>2</sup> /plant)	Dry weight(g/plant)			Chl. (mg/gFW)	Souble protein (mg/gFW)	$\text{CO}_2$ assimilation ( $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{sec}$ )	NRA ( $\text{NO}_2$ formed, $\mu\text{moles}/\text{gFW}/\text{h}$ )
		Leaf	Stem+ root	Total				
0	78	0.20	0.43	0.63	2.7	98	144	0.69
20	88	0.21	0.45	0.66	3.0	109	267	3.03
40	106	0.24	0.42	0.66	3.2	117	360	6.56
80	140	0.34	0.43	0.77	3.7	126	340	7.65
160	158	0.38	0.41	0.79	4.1	142	434	7.70
LSD.05	53	0.12	0.10	0.15	0.3	13	86	2.57

化能이 거의 飽和狀態가 되는 80 ppm 水準에 이르면 莖中 窒素濃度는 3.4%에 이르고 그 以上의 窒素可給度에 놓일 경우에는 비록 莖中 窒素濃度가增加하더라도吸收된 窒素가 그만큼 同化되지 못하고 無機態 窒素로蓄積됨을 알 수 있다<sup>18)</sup>.

## 2) 葉面積, 乾物重, 葉錄素含量, 水溶性蛋白質含量, 光合成 및 NRA

表2는 窒素可給度를 0~160ppm으로 달리하였을 때 보리의 葉面積, 乾物重, 葉錄素含量, 水溶性蛋白質含量, 光合成能 그리고 NRA等의 變化를 나타낸 것이다. 80ppm까지는 養液의 窒素濃度가 증가함에 따라 葉面積과 葉乾物重이繼續增加하다가 養液의 농도를 160ppm으로 높였을 때는 그增加程度가 鈍化되는 傾向을 보였다. 다만 表2에서 窒素濃度處理區 乾物重에 差異가 없는 것으로 나타난 것은 供試된 보리의 生育시기가 3~4葉期에 있어 줄기의 生長은 微微하고 주로 葉의 分化와 生長이 活發하였던 때문인 것 같다. 葉錄素含量과 水溶性蛋白質含量의 變化도 葉面積과 乾物重의 變化와 같은 傾向을 보이고 있다. 이러한 結果는 養液의 窒素可給度 變化에 따른 NRA의 變化로서도 推定할 수 있다.

즉,  $\text{NO}_3\text{-N}$ 의吸收增加와 함께 NRA도 증가하여  $\text{NO}_3\text{-N}$ 의還元 및 同化量이增加하고 따라서蛋白質含量, 葉錄素含量의增加와 함께 生長量의增加로 이어지는 것을 알 수 있다. 이러한 關係에서 많은 研究者들이 식물체의 窒素狀態 또는 窒素要求度를推定하는 指標로서 NRA測定值을 利用<sup>12,14,26)</sup>하고 있다.

## 2. 温度와 水分不足障礙가 보리의 窒素吸收 및 生長에 미치는 影響

### 1) 窒素吸收量

窒素를 비롯한 養分要素를 고루 갖춘 養液에 水分포텐셜을  $-0.5$ ,  $-2$ ,  $-5$  및  $-10\text{bar}$ 로 調節하여 2葉期까지 正常生育을 한 보리를 심어 5, 10, 15°C의 温度條件에서 2週間 栽培하면서 經時的으로 調査한 보리의 窒素吸收量의 變化는 그림 3과 같다. 處理期間中 보리의 窒素吸收에 대한 温度의 影響을 보면, 5°C에서는 窒素吸收가 顯著하게 抑制되었고, 10°C와 15°C處理間에는 窒素吸收量의 差異가 크지 않았다.

水分포텐셜이 窒素吸收量에 미치는 영향을 處理後 14日의 調査에서 살펴보면, 어느 温度條件下에서나 水分포텐셜이 낮을수록 窒素吸收量이 적은 것으로 나타났다. 즉,  $-0.5\text{bar}$ 에서는 15°C에서吸收된 窒素量에 대하여 10°C에서 87.5%, 5°C에서는 41.7%의吸收量을 보였다. 15°C條件에서水分포тен셜別 보리의 窒素吸收量을 보면  $-0.5\text{ bar}$ 에서吸收된 窒素量에 비하여  $-2$ ,  $-5\text{bar}$ 에서는 각각 63.5%, 38.5%정도였다. 즉,  $-2\text{bar}$ 에서도  $-5\text{bar}$ 條件에 비하여 2週 동안에 窒素吸收量이 36.5%程度減少하는 것으로 나타났으며  $-10\text{bar}$ 에서는 全

體處理溫度 범위에 걸쳐서 거의吸收하지 못하는 것으로 나타났다.

한편, 温度와 水分不足障碍의 程度가 보리의 窒素吸收에 미친相互作用效果를 살펴보기 위하여各處理溫度에서  $-0.5\text{bar}$ 를 基準하여  $-2$ ,  $-5\text{bar}$ 에서의 窒素吸收量의 비율을 比較해 보면 15°C에서는 각각 63.5%, 38.5%였고, 10°C에서는 각각 75.0%, 40%였으며, 5°C에서는 각각 80.0%, 45.0%로 나타남으로써水分不足에 따른 보리의 窒素吸收障礙程度는 生長이 旺盛한 高溫에서 더 크게 일어남을 알 수 있다.

### 2) 乾物重

溫度 및水分不足障碍 處理가 끝난 直後 處理別로 测定한 乾物重은 表 3에서와 같다. 乾物重은 處理溫度가 높았던 것일수록 커졌으며, 養液의水分포тен셜이 增加할 수록 乾物重도 增加한 傾向을 보였다. 이러한 結果는 温度와水分포тен셜에 따른 窒素吸收量, 葉面積, 葉綠素含量 및 生長量의 差異等에 起因하는 것으로 볼수 있다.

處理別 乾物重의 差異는 窒素吸收量의 差異에서와 비슷한 傾向을 보였는데, 適濕條件인  $-0.5\text{bar}$ 의 경우에서 보면, 10°C, 5°C에서의 乾物重은 각각 15°C에서의 乾物重의 85.1%, 42.1%로 나타났다.

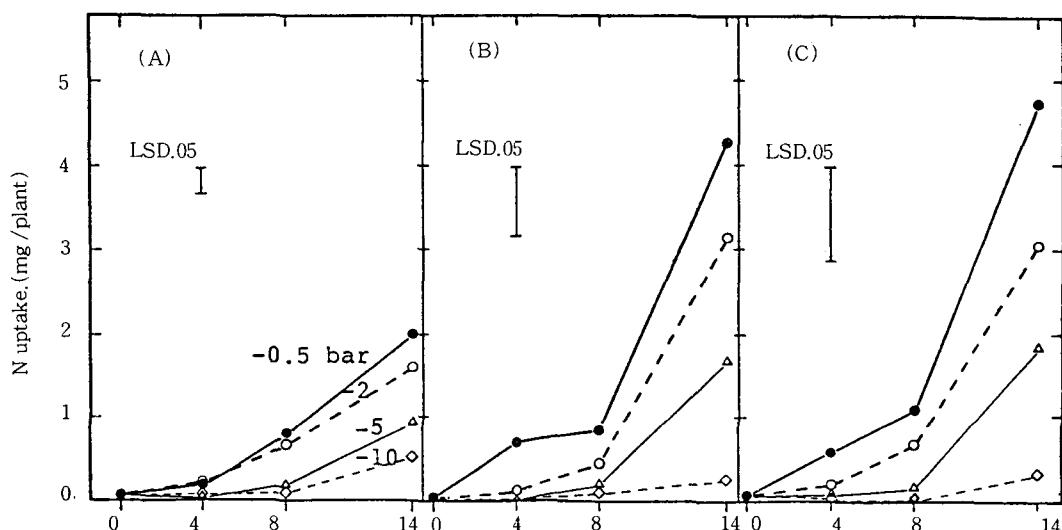
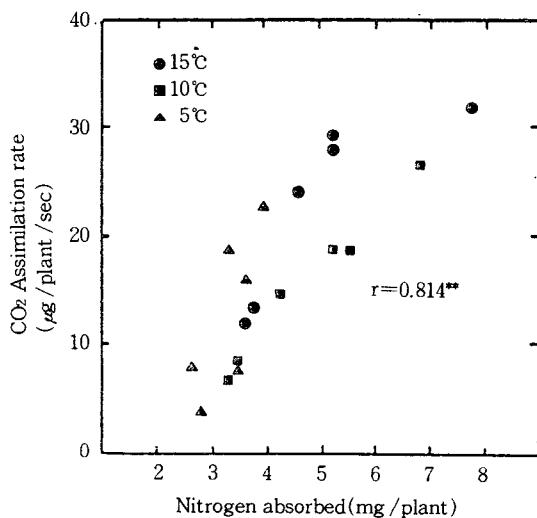


Fig. 3. Changes of N uptake by barley seedlings for two weeks grown in the culture solutions under three temperatures: 5°C (A), 10°C (B), 15°C and four water potentials:  $-0.5(\bullet)$ ,  $-2(\circ)$ ,  $-5(\triangle)$ ,  $-10(\diamond)$  bar.

**Table 3.** Changes in N uptake, photosynthesis, and plant dry weight accumulation due to varying temperature and water potential of the culture solutions at 14 days after treatment in barley seedlings

Temp. (°C)	Water potential (-bars)	Amount of N-uptake (mg /plant)	Photosynthesis (CO <sub>2</sub> $\mu$ g /plant /sec)	Plant dry weight (mg /plant)
5	0.5	2.78 cd	2.05 c	98.9 c-e
	2.0	2.39 cd	1.35 de	97.2 de
	5.0	1.73 d	0.65 f	73.5 e
10	0.5	5.08 ab	2.28 bc	199.8 ab
	2.0	3.96 bc	1.71 cd	137.7 cd
	5.0	2.37 cd	0.82 ef	87.0 de
15	0.5	5.54 a	3.10 a	234.8 a
	2.0	3.87 bc	2.67 ab	150.9 bc
	5.0	2.66 cd	1.31 de	101.3 c-e
LSD.05		0.54	0.53	50.0

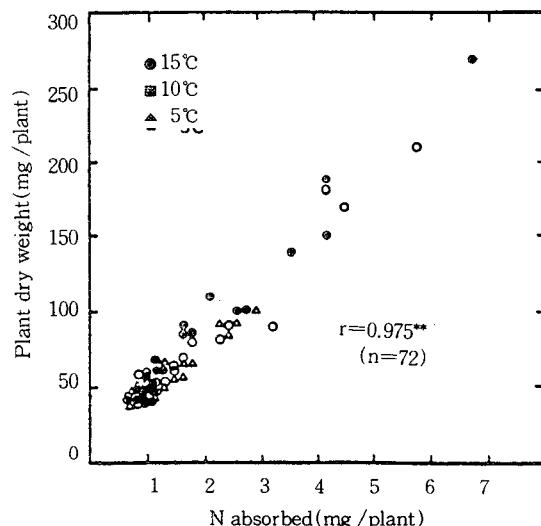
Means followed by a common letter in a column are not significantly different at 5% level by DMRT.



**Fig. 4.** Relationship between N absorbed and CO<sub>2</sub> assimilation rate of barley seedlings grown under different conditions as in Fig.3.

또한, 수분포텐셜에 따른 乾物重의 差異를 15°C條件에서 살펴보면 -2, -5bar에서는 -0.5bar에서의 乾物重의 64.3%, 43.1%程度로 나타났다. 이와 같은結果를 앞에서 살펴 본 窓素吸收量의 差異와 비교해 볼 때 水分不足에 의한 障碍는 乾物重보다 窓素吸收에서 그 程度가 더 크게 나타나는 것을 알 수 있다.

### 3) 窓素吸收量과 光合成 및 乾物重의 相互關係



**Fig. 5.** Relationship between N absorbed and dry weight of barley seedlings grown under different conditions as in Fig.3.

그림 4, 5에서는 全體 溫度 및 水分不足處理에 걸쳐서 各各 處理期間中 보리가 吸收한 窓素量과 光合성능 및 乾物重의 關係를 보여주고 있다. 窓素吸收量과 光合성능 및 乾物重間에는 正相關( $r=0.814^{**}$  및  $r=0.975^{**}$ )을 나타냈다. 이와 같은 關係는 葉身의 75%는 葉綠體에 있고 RuBPcase는 葉育細胞가 함유하는 窓素의 22%程度를 차지하는 것으로서 알려져<sup>25)</sup> 窓素吸收量의 增加는 葉身의 葉綠素含量, RuBPcase의 活性 等을 增加시키고 光合

成量 및 乾物重의 增加로 이어진 것으로 推定된다. 以上에서 살펴 본 結果를 綜合하여 보면 生育이旺盛한 時期인 3~4葉期에도 보리가 要求하는 窒素의 可給度는 80ppm 以下인 것을 알 수 있고, 이 때의 葉中全窒素濃度는 約 3.4% 程度임을 알 수 있었다. 또한, 窒素 可給度가 80ppm 以上되면 吸收한 窒素의 同化比率이 떨어져  $\text{NO}_3$ 狀態로 體內에 蕊積되며 光合成 및 生長量의 增加도 鈍化됨을 알 수 있었다. 다만 實際圃場條件에서는 光·溫度, 水分 等 環境要因이 크게 作用하고, 또 土壤中의 窒素可給性은 土壤의 種類와 有機物, 關與 微生物 等의 影響에 의하여 窒素의 吸收量 뿐만 아니라 光合成과 乾物生產의 樣相이 달라질 것이므로 이에 대한 追試가 要求된다 할 것이다. 한편, 우리나라의 氣象環境으로 보아 秋播麥類栽培期間에는 要水量에 비하여 降雨量이 적어 土壤水分不足障礙의 豪蘆가 常存하고 있다. 本研究에서 살펴 본 바 溫度와 水分條件으로 보면 10~15°C에 비하여 5°C에서는 供給되는 窒素 및 水分의 制限을 받지 않아도 窒素吸收는 顯著히 減少하고, 또 溫度가 10~15°C 일 때에는 供給되는 窒素가 充分한 條件일 경우에도 水分 포텐셜이 -2bar 이하로 떨어지면 窒素吸收低下와 함께 生長이 크게 鈍化되는 것으로 나타났다. 따라서 生育初期의 가을 보리에 대한 窒素肥料의 施用效率을 評價하는데 있어서는 이와 같은 溫度와 水分環境의 影響이 同時に 고려되어야 할 것이다.

## 摘 要

養液栽培를 통하여 窒素可給度와 溫度 및 水分不足 條件에 따른 幼苗期 보리의 窒素吸收 및 同化와 生長의 變化를 調査하였던 바, 그 結果를 要約하면 다음과 같다.

- 보리의 窒素吸收量은 養液의 窒素可給度가 160ppm까지 높아질수록 增加하였으나吸收된 窒素의 同化는 80ppm에서 最高에 달하였고, 이보다 높아졌을 때에는 體內에 無機態窒素로 蕊積되었다.

- 幼苗期(3~4葉期) 보리의 窒素同化 및 乾物生產은 葉中 窒素濃度가 約 3.4%일 때 最高에 달하였다.
- 幼苗期 보리의 窒素吸收는 -2bar 以下의 水分포тен셜 條件 또는 5°C 以下의 溫度條件에서 顯著히 減少하였다.

## 引用文獻

- Alexander, M. 1977. Introduction to soil microbiology, John Wiley & Sons. pp. 222-305.
- Begg, J. E. and N. C. Turner. 1976. Crop water deficits. Adv. Agron. 28 : 161-217.
- Carpenter, R. W., H. J. Haas, and E. F. Miles. 1952. Nitrogen uptake by wheat in relation to nitrogen content of soil. Agron. J. 44 : 420-423.
- Cooper, T. G. 1977. The tools of biochemistry. John-wiley & Sons. 55-55p.
- Dalling, M. J. 1985. The physiological basis of nitrogen redistribution during in cereals. in Exploitation of physiological and genetic Variability to enhance crop productivity(J. E. Harper, L. E. Schrader, R. W. Howell eds.). American Society of Plant Physiologists. pp. 55-71
- Dalling, M. J., G. M. Halloran, and J. H. Wilson. 1975. The relation between nitrate reductase activity and grain nitrogen productivity in wheat. Aust. J. Agric. Res. 26 : 1-10.
- Eilrich, G. L. and R. H. Haeman. 1973. Nitrate reductase activity and its relationship to accumulation of vegetative and grain nitrogen in wheat. Crop Sci. 13 : 59-65.
- Evans, J. R. 1983. Nitrogen and photosynthesis in the flag leaf of wheat (*Triticum aestivum* L.). Plant Physiol. 72 : 277-302.

9. Geist, J. M., J. O. Reuss, and D. D. Johnson. 1970. Prediction of nitrogen fertilizer requirements of field crops. II. Application of theoretical models to malting barley. *Agron. J.* 62 : 385-389.
10. Greenwood, E. A. N. 1976. Nitrogen stress in plants. *Adv. Agron.* 28 : 1-35.
11. Guerrero, M. G., J. M. Vega, and M. Losada. 1981. The assimilatory nitrate reducing system and its regulation. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 32 : 169-204.
12. Hageman, R. H. and D. Flesher. 1960. Nitrate reductase activity in corn seedlings as affected by light and nitrate content of nutrient media. *Plant Physiol.* 35 : 700-708.
13. Hale, M. G. and D. M. Orcutt. 1987. The physiology of plants stress. John-wiley and Sons. pp. 55-56.
14. Johnson, C. B., W. J. Whittington, and G. C. Blackwood. 1976. Nitrate reductase as a possible predictive test of crop yield. *Nature* 262 : 133-134.
15. Johnson, C. M. and A. Ulrich. 1950. Determination of nitrate in plant material. *Anal. Chem.* 22 : 1526-1529.
16. Lorenz, O. A. 1978. Potential nitrate levels in edible plant parts. in D. R. Nielsen, and J. G Mac Konald eds. Nitrogen in the environment. Academic Press Vol. 2 pp. 201-219.
17. Klepper, L., D. Flesher, and R.H.Hageman. 1971. Generation of reduced nicotinamide adenine dinucleotide for nitrate reduction of green leaves. *Plant Physiol.* 48 : 580-590.
18. Maynard, K. W., A. V. Barker, P. L. Minotti, and N. H. Peck. 1976. Nitrate accumulation in vegetables. *Adv. Agron.* 28 : 71-118.
19. 박무언, 하용웅. 1985. 토양수분조건이 맥류의 생육 및 수량에 미치는 영향. 맥류연구보고서. pp. 415-420.
20. Power, J. E. 1971. Evaluation of water and nitrogen stress on bromegrass growth. *Agron. J.* 63 : 726-728.
21. Rao, K. P. and K. W. Rains. 1976. Nitrogen absorption by barley. *Plant Physiol.* 57 : 55-58.
22. Ryu, K. S. and K. T. Um. 1986. Irrigation and water requirement in Korea. In Proceedings of seminar on efficient use of water for upland crops. RDA & FFTC / ASPAC 4. 1-14.
23. Schrader, L. E., K. A. Catala, and D. M. Peterson. 1974. Use of protein in extraction and stabilization of nitrate reductase. *Plant Physiol.* 53 : 688-690.
24. Schrader, L. E., G. L. Ritenour, G. L. Eilrich, and R. H. Hageman. 1968. Some characteristics of nitrate reductase from higher plants. *Plant Physiol.* 43 : 930-940.
25. Smika, D. E., H. J. Haas, and J. E. Power. 1965. Effects of moisture and nitrogen fertilizer on growth and water use by native grass. *Agron. J.* 57 : 483-486.
26. Sylvester-Bradley, R., P.A.J.Barnard, and P.F.W.Hart. 1984. An assessment of nitrate reductase activity as a predictor of nitrogen requirement of winter cereals. in The nitrogen requirement of cereals. HMSO, London. pp. 233-238.
27. Warner, R. L. and A. Kleinhofs 1974. Relationships between nitrate reductase, nitrite reductase and ribulose diphosphate carboxylase activities in chlorophyll deficient mutants of barley. *Crop Sci.* 14 : 654-658.
28. Yoshida, S. D., A. Forno, H. Cook, and K. A. Gomez. 1976. Laboratory manual for physiological studies of rice. International Rice Research Institute : pp. 43-45.