

大麥의 登熟期間中 葉身の 老化와 同化産物の 轉流와의 關係

南潤一* · 具本哲* · 延圭復* · 孟敦在**

Relationship between Leaf Senescence and Photosynthate Translocation during Grain filling in Barley

Yooun Il Nam*, Bon Cheol Koo*, Kyu Bok Youn* and Don Jae Maeng**

ABSTRACT

ABSTRACT : The study aimed to investigate the relationship between the rates of leaf senescence and photosynthate translocation at post-anthesis. Seven barley varieties were observed at Suweon in 1988-89.

The varieties differed significantly in the number of leaves survived and the rate of photosynthate translocation with the progress of grain filling. The rate of grain filling was higher in the fast leaf senescencing varieties than the slow senescencing ones. There was a close coincidence between the rates of grain filling and ¹⁴C translocation into grains. Photosynthesis was higher in the fast leaf senescencing varieties at early stage of grain filling, but the reverse phenomenon was observed at the late stage of grain filling. The grain yield of fast senescencing varieties was higher than that of slow ones.

우리나라의 麥類 登熟期間中 氣象은 麥類 主要生産國에 비해 溫度가 높고 降雨도 많아 登熟에 不利하며, 이로 인해 品質은 물론 收量도 크게 떨어져 있다. 예를 들어 프랑스, 이태리 등 유럽의 大麥 登熟期間은 55~60 日程度인데 비해 우리나라는 登熟期間이 平均 33 日程度 밖에 되지 않고 있으며, 收量도 이들 유럽國은 農家 平均 收量이 ha 當 5 噸程度를 生産하고 있으나 우리나라는 2.5 噸程度로 切半水準에 머무르는 實情이다. 물론 우리나라에서도 作付體系上 問題만 없다면 登熟期間을 現在보다는 더 延長할 수도 있으며 收量性도 어느程度는 더 높일 수 있을 것으로 생각은 된다. 그러나 現實的으로는 作付體系上 現在의 보리 熟期보다도 더 빠른 極早熟인 品種이 要求되고 있는 實情이다. 熟期를 앞당기기 위해서는 出穗期가 빠른 品種을 育成하거나, 登熟期間이 짧은 品種을 育成하는 방법을 생각할 수 있으나, 실제로는 出穗期가 빨라져도 出穗期의 低溫으로 開花가 늦어 登熟期間이 길어지므로 熟期 短縮의 效果가 적을 뿐만 아니라, 營養生長期間 短縮으로 穗數 및 粒數의 減少와 出穗期の 低溫 障害 등으로 오히려 收量減少 可能性이 더 크기 때

문에 出穗早期化에 따른 熟期 短縮은 限界가 있음을 關聯研究者들이 보고하고 있다.^{1,3,6,15)} 또 한가지 방법인 開花期부터 成熟期까지 登熟期間이 짧은 短期登熟性 品種 育成을 考慮할 수 있다. 그러나 이 방법도 現在로는 登熟期間 短縮에 따른 粒重減少로 收量性이 低下되고 있어 많은 研究에도 不拘하고 뚜렷한 成果를 보이지 못하고 있는 實情이다.^{3,4,6)}

麥類에 있어서 同化産物の 種實蓄積에 대한 寄與度는, 開花期 以前에는 莖葉에 貯藏되어 있던 物質이 이삭으로 轉流되는 比率은 밀이 5~10%, 보리 20%程度⁸⁾ 이고 나머지는 開花期 以後에 光合成에 의해 合成 蓄積되는 것으로 보고 있기 때문에 登熟期間의 長短은 收量性 增加에 매우 重要하다고 볼 수 있다.

그러나 우리나라에서 麥類의 登熟期間은 溫度가 適溫보다 높을 뿐만 아니라 土壤水分의 過不足 때문에 Wiegand 等¹³⁾ 많은 研究報告者들^{2,9,10,16)} 이指摘한 바와 같이 登熟期間이 짧고 粒重도 크게 떨어져 있고 있어, 이런 氣候條件에 適應하는 劃期的인 새로운 品種의 育成이 要望되고 있다. 一般적으로 는 보리의 登熟期間이 길어질수록 收量이 높고 粒

* 麥類研究所 (Wheat & Barley Research Institute, Suwon 441-440, Korea)

** 中央大學校産業大學 (College of Industry, Jungang Univ., Ansung 456-756, Korea) <90. 10. 21 接受>

重 增加도 커지지만, Nass and Reiser¹²⁾에 의하면
登熟期間에 高溫 등으로 登熟期間이 짧은 地域에서
는 小麥의 境遇에 높은 收量性を 나타내는 品種들은
登熟期間이 짧은 대신 登熟率이 높은 品種이라고 報
告하기도 하였다. 따라서 本 試驗은 보리 登熟期間
中 葉身の 老化速度와 同化産物の 轉流特性과의 關
係를 究明하여 우리나라 氣候에 適合한 短期 登熟
性 品種 育成의 選拔指標로 提供코져 遂行하였다.

材料 및 方法

本 試驗은 1988년부터 1989년까지 2 個年間 麥
類研究所 試驗 圃場과 팻트를 利用 實施하였으며,
供試品種은 葉身の 老化速度가 다른 두루보리의 6
個 品種(系統)을 使用하였는데 年次間에 1~2 品
種을 交替, 遂行하였다.

圃場試驗은 畦幅 40 cm 播幅 18 cm의 狹幅播로
하고 播種量은 13 kg/10 a로 하였다. 施肥量은 10
a當 基肥는 窒素 6 kg, 磷酸 9 kg, 加里 7 kg을
施用하였으며, 追肥로 窒素 6 kg을 生育再生期에 施
用하였다. 팻트試驗은 炭水化物的 轉流를 調查하기
위하여 1/5,000 a의 와그너팻트에 6粒을 播種하여
施肥量은 圃場과 같은 水準으로 하여 栽培하였다.
¹⁴C處理는 出穗後 7日, 14日, 21日에 自然光下
에서 實施하였는데 處理方法은 다음과 같다. 有效穗
數를 팻트當 4本씩 同一하게 調節한 後 이삭에서
¹⁴C 物質의 吸收를 防止하기 위하여 이삭마다 폴
리에틸렌필름으로 封한 後 1.0 m × 1.0 m × 1.3 m 크
기의 大型아크릴 箱子를 씌운 後 Ba¹⁴CO₃를 팻트
당 100μci씩 계산해서 100 ml 비카에 取하여 箱子
內에 놓고 깔대기를 통하여 箱子外部에서 0.1N-HCl
을 添加하여 ¹⁴CO₂ 가스를 發生시켰다. 箱子
内部에 設置한 小型 fan으로 상자내의 空氣를 循
環시켜 주었다. 1時間後 箱子를 除去하였으며 즉시

팻트當 2 이삭씩을 試料로 採取하고 24時間後에
나머지 2 이삭을 採取 部位別로 分類하여 80℃에서
48時間 乾燥시켰다. ¹⁴C 分析은 곱게 粉碎된 試
料 0.4 g을 50 ml用 試驗管에 넣고 0.7 N-HCl 25
ml을 添加한 後 冷却管을 附着하여 100℃ 水槽에
서 2.5時間 維持하였다. 加水分解된 試料液은 50
ml로 定容하고 40℃에서 5分間 放置 No.5 濾過
紙로 濾過 色素를 除去하였다. 濾液 1ml을 Scin-
tillation Vial에 취하고 Scintillation Cocktail
(ppo: 4g, popop: 0.1g, Biosol: 160 ml, Tol-
uene: 840 ml) 100 ml를 加해서 Liquid Scintil-
lation Counter(Beckman Ls 100 C)로 測定하였
다. 光合成 測定은 LI-COR社의 LI-6,000으로
測定하였다.

結果 및 考察

1. 生葉數 및 葉身老化指數의 品種間 差異

出穗後 登熟日數에 따른 品種(系統)別 主稈의 生
葉數를 比較해 보면 表 1에서와 같다.

葉身の 老化速度가 빠른 三興, 두루보리와 水原
202號는 出穗後 25日頃의 生葉數가 1.0~1.8매
程度이나 老化가 느린 品種은 같은 時期에 2.9~4.2
枚로 品種間에 큰 差異를 나타냈다. 또한 出穗日數
에 따른 老化指數도 같은 傾向으로 表 2에서 보는
바와 같이 葉身老化가 빠른 品種群은 出穗後 20日
에 18.6~31.4%인 反面 느린 品種群은 40.2~64.5
%로 큰 差異가 있음을 알 수 있었다. 老化指數를
年差間에 比較해 보아도 그림 1에서 보는 바와 같
이 年差間에 指數의 差異는 있으나, 品種別 老化指
數는 거의 一定한 傾向이었다. '89年度와 '88年間
에 指數上 差異가 있는 것은 '89年度가 '88年에
比해 出穗後 登熟期間中 平均氣溫이 0.4℃ 높았으
며 降水量도 40mm程度가 많아 延¹⁶⁾이 보고한 바

Table 1. Varietal differences in the number of survival leaves of main culm during the grain filling period in barley.

Degree of Senescence	Variety	Days after heading				
		5	10	15	20	25
Fast	Sam heung	3.1	2.3	2.1	2.0	1.8
	Duru-bori	3.3	3.1	2.2	1.7	1.3
	Suweon 202	3.0	2.3	1.6	1.3	1.0
Slow	Bozu	4.7	4.7	4.6	4.3	4.2
	Bengeiomugi/Ginomeo	4.6	4.0	3.9	3.5	2.9
	Gangbori/Sam36/Bonibyg	5.0	4.7	4.6	3.9	3.6

Table 2. Varietal differences of leaf senescence index during the grain filling period in barley

(unit : %)

Degree of Senescence	Variety	Days after heading					
		15	20	25	30	35	40
Fast	Duru-bori	58.3	55.9	49.1	31.4	16.1	0
	Suweon 202	62.6	45.9	42.3	18.6	0	0
	SB 81029-GB-30	38.2	30.3	29.6	29.5	0	0
Slow	Bozu	55.3	47.7	46.7	43.8	26.7	0
	Bengeiomugi/Ginomeo	57.2	54.8	51.4	40.2	19.5	0
	Gangbori/Sam36/Bonibyg	73.2	69.1	68.9	64.5	15.5	0
	Suweon 216	74.5	72.0	60.3	47.1	10.1	0

*Leaf senescence index = $\frac{\text{Mean chlorophyll content of 2nd, 3rd and 4th leaf}}{\text{Chlorophyll content of flag leaf}} \times 100$

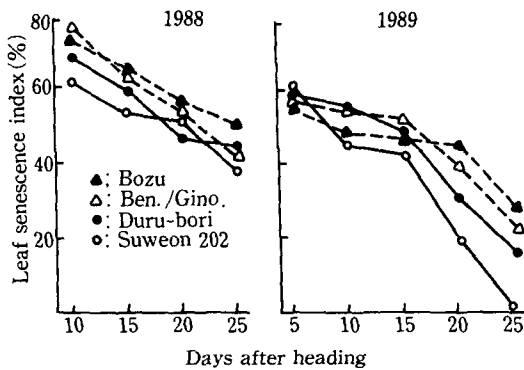


Fig 1. Varietal differences of leaf senescence index during the grain filling in two years.

와 같이 뿌리의 노화가 더 빨리 진행되었기 때문에 생각된다. 위와 같은 결과는 노화노화에 있어서 유전의 변이가 크다는 것을 보여주는 결과라 생각된다.

2. 粒充墳 및 同化物質 轉流速度의 品種間 差異

品種別로 出穂後 日數에 따른 粒充墳率(登熟率)을 보면 表 3에서와 같다. 葉身의 노화가 빠른 두

루보리, 水原 202號 等 品種은 出穂後 25日에 粒充墳率이 82~84%가 되었으며 出穂後 30日에는 品種에 따라 92~100%의 充墳率을 보인 反面, 葉身의 노화가 느린 品種群은 出穂後 25日에 69~72%로 노화가 빠른 品種群에 비해 같은 期間 동안에 粒充墳率이 10%程度 떨어지는 것으로 나타났다. 또한 年差間에 品種別 粒充墳率을 比較해 보아도 그림 2에서 보는 바와 같이 거의 같은 樣相을 나타내고 있기 때문에 葉身의 노화가 빠른 品種群들이 늦은 品種群에 비해 登熟速度가 빠른 것으로 생각되었다. 한편 同化物質의 轉移率 즉 地上部 總 乾物重에 대한 이삭重의 比率을 經時的으로 보더라도 表 4에서와 같이, 葉身의 노화가 빠른 品種들이 늦은 品種에 비해 轉移率이 높아서 出穂後 10日에 이미 穗重의 比率이 總體重의 26~33%를 나타내고 있으며 出穂後 20日에는 品種에 따라 47~61%를 점하고 있는 反面, 葉身노화가 느린 品種群은 出穂後 10日에 20~24%, 出穂後 20日에 32~40%로 큰 差異가 있어, 葉身의 노화가 빠른 品種이 느린 品種들에 비해 莖葉에 貯藏된 貯藏物質이 이삭으로

Table 3. Varietal differences of grain filling rate during the grain filling period in barley.

(unit : %)

Degree of Senescence	Variety	Days after heading					
		15	20	25	30	35	40
Fast	Duru bori	51.6	71.5	84.0	100	100	100
	Suweon 202	37.7	66.2	81.9	94.7	98.7	100
	SB 81029-GB-30	46.7	70.5	84.1	92.1	100	100
Slow	Bozu	35.6	55.4	72.2	90.4	97.4	100
	Bengeiomugi/Ginomeo	47.3	55.2	69.0	91.5	99.3	100
	Gangbori/Sam36/Bonibyg	32.1	52.6	70.4	96.5	100	100
	Suweon 216	40.2	49.8	66.8	83.6	96.3	100

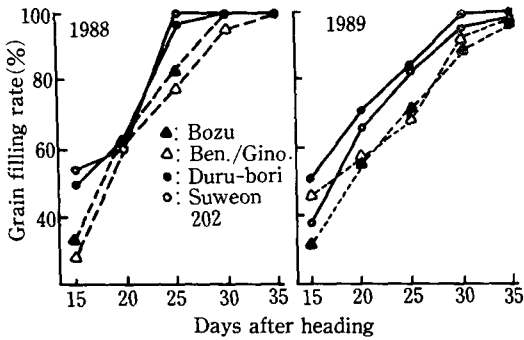


Fig 2. Comparison of the grain filling rate during the grain filling period of barley in two years.

轉移가 빨리 이루어 지는 것으로 생각되었다. Johnson 等¹¹⁾은 水分障害를 받은 小麥은 正常的으로 生育한 小麥에 비해 莖葉에서 種實로의 ¹⁴C 分配率 이 높다고 하였는데 이와 같이 作物이 障害를 받게 되거나 또는 生理的으로 不利한 條件下에 놓이게 되면 生理的으로 莖葉에 貯藏된 物質들의 移轉으로의 轉移가 빨라지는 것이 아닌가 생각되었다.

3. 登熟期間中 同化產物(¹⁴C)의 轉流 特性

葉身の 老化速度 早晚에 따른 同化產物의 轉流 速度를 標識炭素인 ¹⁴C을 利用하여 部位別 轉流比를 調査한 結果 表 5에서 보는 바와 같다. 器官別 即

Table 4. Varietal differences of photosynthate translocation rate during the grain filling in barley.

(unit : %)

Degree of Senescence	Variety	Days after heading		
		10	20	30
Fast	Samheung	33.0	51.7	64.7
	Duru-bori	26.2	47.3	60.0
	Suweon 202	32.2	60.6	69.9
Slow	Bozu	23.1	40.0	56.5
	Bengeiomugi/Ginomeo	23.8	43.6	61.4
	Gangbori/Sam36/Bonibyg	20.0	32.4	49.4

$$\text{*Photosynthate translocation rate} = \frac{\text{Dry weight of spike}}{\text{Total dry weight of plant}} \times 100$$

Table 5. The partition of ¹⁴C assimilated in various part of barley plant.

(unit : %)

Variety	Organ	7 day after heading		14 day after heading		21 day after heading	
		Imme- diately	After 24hrs	Imme- diately	After 24hrs	Imme- diately	After 24hrs
Duru-bori	Spike	6.4	48.0	10.2	39.5	5.6	33.5
	Culm	10.9	10.6	11.8	9.6	19.8	12.2
	upper leaves*	43.2	25.4	65.8	35.3	73.3	29.1
	lower leaves**	39.2	16.0	11.1	15.1	0.7	8.8
Suweon 202	Spike	31.3	47.1	17.5	42.0	2.2	30.2
	Culm	24.7	7.3	16.2	9.7	30.7	26.0
	upper leaves	18.0	27.7	52.8	45.5	65.6	39.3
	lower leaves	26.0	16.1	12.5	2.7	1.1	4.4
Bengei- omugi/ Ginomeo	Spike	1.6	25.3	5.8	31.4	3.0	33.0
	Culm	15.5	29.4	9.1	5.4	11.8	18.8
	upper leaves	37.3	25.9	44.5	41.5	81.9	36.8
	lower leaves	44.5	20.4	39.0	17.4	3.2	10.4
Gangbori/ Sam 36/ Bonibyg	Spike	2.1	20.0	7.2	13.8	2.8	24.3
	Culm	14.5	29.1	10.2	14.4	16.0	17.5
	upper leaves	44.3	24.1	45.7	31.0	75.4	52.7
	lower leaves	38.5	26.2	34.8	17.7	5.8	5.4

*upper leaves : flag, 2nd leaf, **lower leaves : 3rd, 4th, and 5th leaf from flag leaf

이삭, 줄기 및 上位葉(止葉, 2葉)과 그 下位 3, 4, 5葉을 分離하여 ^{14}C 을 吸收시킨 直後の 器官別 ^{14}C 과 24時間 放置後 測定된 ^{14}C 은 表에서 보는 바와 같이 處理直後 ^{14}C 의 分布比率은 出穗後 7日에 處理時는 上位葉> 下位葉> 줄기> 이삭의 順으로 많이 分布하고 있으나 出穗後 21日處理에서는 上位葉> 줄기> 下位葉 이삭의 順으로 分布하였고, 處理後 24時間에서는 出穗後 14日 處理時까지는 이삭 또는 上位葉> 下位葉> 줄기의 順으로 分布를 하는 傾向이었다. 出穗後 21日 處理에서는 上位葉> 이삭> 줄기> 下位葉의 順으로, 出穗後 21日頃에는 下位 3, 4, 5葉에서의 同化能力은 매우 낮은 것으로 나타났다. 品種別로 ^{14}C 의 分布比率을 보면 葉身の 老化速度가 빠른 두루보리나, 水原202號는 出穗後 7日 處理時, 處理後 24時間에 測定한 結果 이삭내의 ^{14}C 分布比率이 47~48% 정도 되고 上位葉과 下位葉에 16~28%가 分布되어 있는 反面, 줄기에는 7~11%程度만이 分布하고 있는데, 老化가 느린 品種들은 이삭, 줄기, 葉身に 모두가 고르게 分布되고 있는 것으로 볼 때 老化가 빠른 品種들에서는 24時間 동안에 줄기나 葉身に 分布된 ^{14}C 의 상당량이 轉流된 것으로 보인다. 出穗後 14日 處理時에도 出穗後 7日과 類似한 傾向을 나타내고 있으나 老化速度가 빠른 品種은 下位葉의 同化機能이 急激히 떨어지고 相對적으로 上位葉의 能力이 커지는 것으로 나타났다. 이와같이 品種別로 葉身の 老化速度 早晚에 따라 ^{14}C 의 轉流比率이 다르게 나타나고 있는데, 이를 그림으로 나타내면 다음과 같다. 그림 3에서 보는 바와 같이 葉身の 老化速度가 빠른 品種은 ^{14}C 이 이삭으로 轉流되는 程

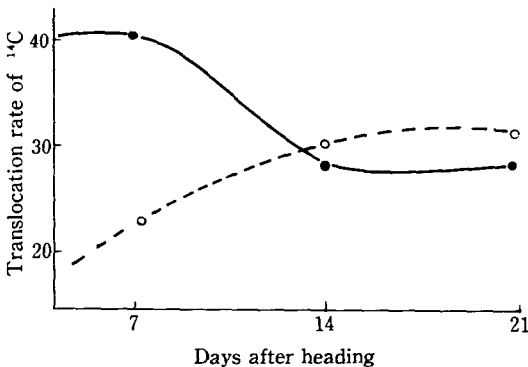


Fig 3. Changes in translocation rate of ^{14}C to grain during grain filling period. ●—●; Fast senescence variety group, ○---○; Slow senescence variety group

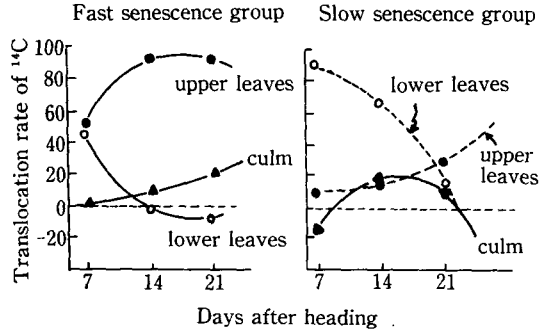


Fig 4. Changes in translocation rate of ^{14}C in various parts of barley plant during the grain filling period.

度가 登熟初期에 越等히 높으나 登熟後期로 갈수록 낮아지는 反面, 老化速度가 느린 品種群들은 登熟初期에는 매우 낮으나 中後期로 갈수록 緩慢한 增加를 나타내었다. 葉位 및 器官別로 ^{14}C 의 轉流樣相을 보면 그림 4에서와 같이 登熟初期(出穗後 7日)에는 老化가 빠른 品種群은 上位葉과 下位葉에 吸收된 ^{14}C 의 量이 이삭으로 轉流되는 比率이 비슷하였으나 登熟이 進展되면서 上位葉에 吸收된 ^{14}C 은 急激히 轉流되나 下位葉은 反대의 傾向을 나타내었고, 老化가 늦은 品種群은 登熟初期에는 下位葉의 轉流

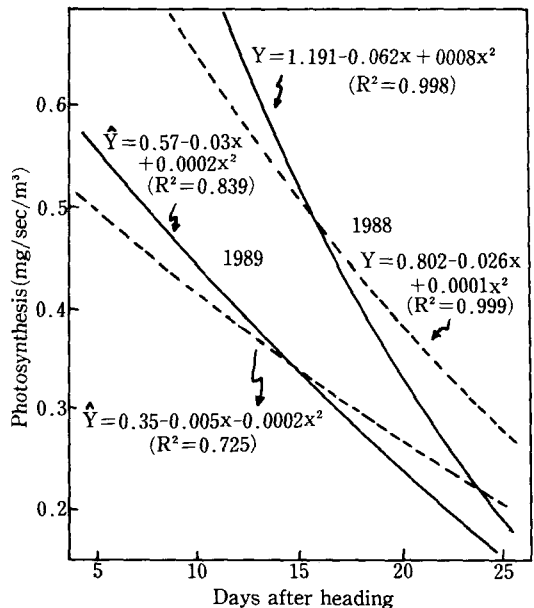


Fig 5. Changes in photosynthesis of barley varieties during the grain filling period.—; Fast leaf senescence variety group, ---; slow leaf senescence variety group.

량이 越等히 많았고 上位葉은 낮으나 登熟이 進展되면서 反對의 樣相을 나타내는 등 品種群에 따라 매우 다른 轉流樣相을 나타내었다. 以上の 結果에서 보듯이 葉身의 老化가 빠른 品種群이 늦은 品種群에 비해 粒充塡率이 높다는 結果는 ^{14}C 의 轉流樣相과도 一致하는 傾向이었다. 한편 이들 品種들에 대해서 登熟時期別로 光合成量을 測定한 結果 그림 5에서 보는 바와 같이, 葉身의 老化가 빠른 品種群은 登熟中期 즉 出穗後 15日頃까지는 光合成量이 老化가 늦은 品種群에 비해 높은 것으로 나타났으나 中期以後에는 反對의 傾向을 나타내었다. 以上の 結果는 葉身의 老化가 빠른 品種群이 登熟初期 光合成이 높으므로 同化物質의 轉流를 促進시키는데 큰 役割을 하는 것으로 思料되었다.

4. 收量性

最大の 種實收量을 期待하기 위해서는 最適葉面積 指數(optimum LAI)나 最適葉面積 維持期間(optimum LAD)를 維持시키는 것이 重要한데, 지금까지 一般의인 理論은 禾本科 作物에서는 가능한 LAD를 增加시켜 成熟期까지 綠葉을 많이 維持하는 것이 多收穫의 理論이며 實際적으로 여러 研究에서 證明되고 있다.¹⁴⁾ Evans 등⁷⁾은 여러 學者들의 結果를 綜合한 結果 小麥에서는 가능한 한 LAD를 增加시키는 것이 收量을 增加시키는 지름길이라고 報告하고 있는데, 물론 우리나라에서도 麥類의 登熟期間 동안에 溫度에 대한 障害만 없다면 이와 같은 論理는 극히 妥當하리라고 믿는다. 다만 우리나라와 같은 氣象條件에서도 遺傳적으로 大麥의 LAD를 길게 維持시켜야 하는가는 本 試驗 結果나 Nass and Reiser¹²⁾의 結果로 볼 때 疑問이 생키

게 된다. 本 試驗의 結果에서 보면 登熟期間中 供試品種에 對한 收量性은 生葉數 또는 老化指數가 낮은 品種群이 收量성이 多少 높은 것으로 나타났는데 이와 같은 結果는 좀 더 檢討되어야 할 것으로 생각된다.

摘 要

本 試驗은 大麥 登熟期間中 急速한 溫度上昇과 高溫乾燥 및 過濕 등 不良環境으로 麥體가 急激히 老化되어 充分히 登熟되지 않은 狀態에서 成熟이 이루어 지기 때문에 우리나라의 大麥은 品質이 不良할 뿐만 아니라 收量性도 外國에 비해 떨어지고 있는 實情이다. 따라서 登熟期의 葉身老化和 同化產物의 轉流特性과의 關係를 究明하여 登熟向上을 위한 品種 育成 選拔의 基礎 資料로 利用코자 實施하였던 바, 結果를 要約하면 다음과 같다.

1. 登熟日數 經過에 따른 葉身의 生葉數 및 老化速度는 品種에 따라 큰 差異가 있었다.
2. 粒充塡 및 同化物質의 轉流速度는 葉身의 老化가 빠른 品種群이 늦은 品種群에 비해 빠른 것으로 나타났.
3. 葉位 및 器官別로 ^{14}C 物質의 轉流 樣相을 본 結果, 登熟初期에는 老化가 빠른 品種群은 上位葉(止葉, 2葉)과 下位葉(3, 4, 5葉)에 吸收된 ^{14}C 의 量이 이삭으로 轉流되는 比率이 비슷하였으나 登熟이 進展되면서 上位葉에 吸收된 ^{14}C 은 轉流가 急激히 이루어지나 下位葉은 反對의 傾向이고, 老化가 늦은 品種群은 登熟初期에는 下位葉의 轉流速度가 越等히 높고 上位葉은 낮으나 登熟이 進展되면서 반대의 樣相으로 나타났.

Table 6. Comparison of yield and yield components of barley varieties

Degree of Senescence	Variety	No. of grains per spike	No. of spikes per m ²	1000 grains weight	Yield (kg/10a)
Fast	Duru-bori	40	742	29.7	658
	Suweon 202	42	863	32.1	658
	SB 81029-GB-30	36	773	33.1	552
Slow	Bozu	45	613	32.5	545
	Bengeiomugi/Ginomeo	40	735	31.1	529
	Gangbori/Sam36/Bonibyg	41	637	33.9	520
	Suweon 216	49	628	33.8	639

L.S.D. (5%)

85**

4. 莖葉에 吸收된 ^{14}C 이 種實로 轉流되는 樣相과 粒充填速度가 葉身의 老化速度 早晚 品種群別로 一致하는 傾向이었다.
5. 光合成 速度는 登熟中期까지는 葉身老化가 빠른 品種이 높았으나 中期以後는 낮았다.
6. 種實收量은 葉身의 老化速度가 빠른 品種群이 다소 높은 傾向이었다.

引 用 文 獻

1. Asana R.D. and R.F. Williams. 1965. The effect of temperature stress on grain development in wheat. *Aust. J. Agric. Res.* 16 : 1-3
2. Chowdhury, S.I. and I.F. Wardlaw. 1978. The effect of temperature on kernel development in cereals. *Aust. J. Agric. Res.* 29 : 205-223
3. 曹章煥 · 安完植 · 南重鉉. 1985. 小麥과 大麥의 出穗期 및 成熟期 差異에 關한 研究. *韓育誌* 17(2) : 158-164
4. 曹章煥 · 金鳳九 · 南重鉉 · 鄭吉雄. 1981. 小麥의 出穗期에 關係하는 生理的 要因 및 遺傳機構와 選拔效果. *韓育誌* 12(1) : 1-13
5. 千鍾殷 · 李殷燮 · 李弘祐. 1982. 大麥의 成熟日數와 收量構成 要素와의 關係에 對한 遺傳研究 第1報 大麥의 生理的 成熟期 基準設定. *韓作誌* 27(1) : 49-54
6. 千鍾殷 · 李弘祐. 1983. 大麥의 栽培環境에 따른 登熟日數의 品種間 差異. *韓作誌* 28(2) : 202-210
7. Evans, L.J., I.F. Wardlaw and R.A. Fischer. 1975. *Crop physiology (wheat)*. Cambridge university press 101-150
8. Evans, L.T. and I.F. Wardlaw. 1976. Aspects of the comparative physiology of grain yield in cereals. *Adv. Agron.* 28 : 301-359.
9. Ford M.A., I. Pearman and G.N. Thorne. 1976. Effect of variation in ear temperature on growth and yield in spring wheat. *Ann. Appl. Biol.* 82 : 317-333
10. 河龍雄 · 柳龍煥 · 延圭復 · 金奭東. 1983. 麥類 登熟向上에 關한 研究 第2報 溫度 및 土壤水分 差異가 小麥의 生育 및 登熟에 미치는 影響. *韓作誌* 28(4) : 439-444
11. Johnson, R.R., N. Dale Moss. 1976. Effect of water stress on $^{14}\text{CO}_2$ fixation and translocation in wheat during grain filling. *Crop Sci.* 16 : 679-701
12. Nass, H.G. and B. Reiser. 1975. Grain filling period and grain yield relationship in spring wheat. *Can. J. Plant Sci.* 55 : 673-678
13. Wiegand and J.A. Cuellar. 1981. Duration of grain filling and kernel weight of wheat as affected by temperature. *Crop Sci.* 21 : 95-101
14. Watson, D.J. 1947. Comparative physiological studies on the growth of field crop. I. Variation in net assimilation rate and leaf area between species and varieties and within and between years. *Ann. Bot. N.S.* 11 : 41-76
15. 安田昭三 · 赤木溫郎. 1959. 大麥における 出穗から開花まごの期間の長と溫度との關係. *農學研究* 46(4) : 193-197
16. 延圭復. 1980. 水稻 및 小麥葉의 葉綠素 含量과 根의 生理的 活力과의 關聯性에 關한 研究. *農試報告* 22(作物) : 1-44.