

育成年代가 다른 보리 品種의 形態 와 生理的 特性 및 收量性 比較

南 潤 一* · 河 龍 雄*

Comparison of Morphological and Physiological Traits of Barley Varieties Bred Different Year

Yooun Il Nam* and Yong Woong Ha*

ABSTRACT

Two fertilizer levels were treated to the nine barley varieties developed at different years to investigate the morphological and physiological traits related to grain yields. Recently developed varieties were higher in amounts of chlorophyll and nitrogen content of leaf, root activity, root weight and specific leaf weight as compared with older varieties. Dry matter production was closely related to NAR rather than LAI in new varieties, but indicating the reverse results in older varieties. They showed higher NAR and light transmission rate in new varieties but higher LAI in older varieties. Leaves in new varieties were distributed uniformly according to its position on culm. However, leaves in older varieties arranged irregularly showing more distribution at the upper and middle positions on culm. The factors which showed high correlations with grain yield were chlorophyll content, root activity, NAR, and nitrogen content of leaf of which stepwise multiple regression with grain yield indicated that 90% of total variance was occupied by chlorophyll content, root activity and dry matter.

緒 言

作物의 收量을 增加시키기 爲하여는 同化産物을 供給하는 同化器官과 이를 受容하는 受容器官의 量·質的인 面 모두를 적절히 調節하여 나가면서 이들 相互間에 均衡을 유지시켜 주는 것이 매우 重要하다. 그러나 同化器官中에서 葉面積, 葉厚, 葉綠素含量 및 葉身의 窒素含量 等の 形質들과 光合成率 또는 物質生産量과의 關連性에 對하여는 많은 研究報告^{1,3,10,14}가 있으나, 이들 要因들과 物質生産性과의 關連性은 물론 光合成系中 이들의 作用性이 完全히 獨立的인 경우가 드물다. 또한 이들 要因들은 作物에 따라서 作用效果가 다르고 物質生産에 對한 寄與率도 각기 다르다. 그러나 一般的으로 作物의 生長과 收量에 關與하는 要因을 크게 나누어 본다면 葉面

積指數와 純同化率의 積으로 表示할 수 있는데, 이들의 概念을 導入한 最適葉面積指數의 유지, 即 葉面積當 光合成 速度를 높이고 葉面積을 增大시키며 光利用效率을 極大化시킬 수 있는 草型과 전체 呼吸量을 줄일 수 있는 方向으로 育種이나 栽培를 하여 나가는 것이 收量增大를 爲한 지름길이 될 것이다. 또한, 地上部의 同化器官 뿐만 아니라, 地上部에 養水分을 供給하는 뿌리 部分도 物質生産面에서 매우 重要한데 延¹⁴⁾에 依하면 水稻와 小麥에서 登熟期間中의 뿌리의 活力과 葉의 老化程度와는 密接한 關係가 있으며 登熟比率과도 높은 正의 相關係가 있다고 하였으며, Weaver 等¹²⁾도 地上部의 乾物生産量은 地下部의 生育에 따라 크게 달라진다고 하였다. 宋 等⁸⁾에 依하면 近年에 育成된 小麥의 多收性 品種들은 過去에 育成된 低收量性 品種들에 比하여 葉綠素含量이 높고 純同化率은 높은 反面 葉面

* 麥類研究所(Wheat & Barley Research Institute, Suwon, Korea) (1985. 10. 30 接受)

積指數는 낮았다고 하였다. Stoy⁷⁾, Thorone 등⁹⁾은 收量은 出穗後의 葉面積 持續期間과 密接한 關係가 있다고 하였다.

以上과 같이 收量을 增加시키키 爲하여는 同化器官의 量的, 質的인 機能을 增大시키는 것이 重要한데 本 研究에서는 施肥水準이 다른 條件下에서 育成年代가 다른 보리 品種들이 生理, 形態의인 面에서 質的, 量的으로 어떤 差異가 있는지와 이들 形質들과 收量性과의 關連性 等を 比較, 檢討하여 多收性 品種 育成 및 栽培法 改善의 基礎資料로 利用하고져 試驗하였던 바 몇가지 結果를 얻었기에 이에 報告하는 바이다.

材料 및 方法

本 試驗은 1984年 麥類研究所의 試驗圃場에서 遂行하였으며 供試品種은 育成年代가 다른 보리 9個 品種을 使用하였다. 播種量은 10a當 13kg으로 畦幅 40cm, 播幅 18cm인 狹幅播栽培로 하였고 施肥量은 成分量으로 10a當 普肥區는 窒素 12kg, 磷酸 9kg, 加里 7kg을, 多肥는 窒素 18.5kg, 磷酸 13.5kg, 加里 10.5kg의 2 水準으로 하였다. 施肥方法은 窒素는 基·追肥 比率을 50 : 50으로 하여 分施하였으며 磷酸과 加里는 全量 基肥로 施用하였다. 試驗區配置는 分割區配置 3 反復으로 하였다. 葉綠素含量은 ethylalcohol로 加溫抽出하는 Osborne and Mecalla法(1961)에 依하여 定量하였으며 뿌리의 活力은 α -Naphthylamine에 依한 뿌리의 酸化力을 山田¹³⁾의 方法으로 測定하였다. 相對透光率은 光電

池照度計를 使用하여 草冠內 相對照度를 測定하고 層位別로 刈取하여 生産構造를 作成하였다. 純同化率(NAR), 個體群生長率(CGR)等 生長解析과 其他의 모든 計算은 農村振興廳 電子計算機를 利用하였다.

結果 및 考察

1. 葉身, 稈 및 根의 品種間 特性比較

出穗期에 있어서 止葉의 葉綠素含量, 窒素含量 및 比葉重(SLW) 等を 品種間에 比較하여 보면 表 1과 같다. 葉綠素含量과 窒素含量은 過去에 育成된 品種인 水原 18號, 부흥, 향미, 여기에 比하여 近年에 育成된 品種들이 높았으며 品種中에서는 담골보리, 울보리 등이 特히 높은 傾向이었다. 또한 比葉重(SLW)도 近年에 育成된 品種들이 높은 傾向을 보였으나 單位面積當 氣孔數는 反對의 傾向이었다.

다음은 稈의 形態的 特性의 品種間 差異를 살펴보면 表 2에서와 같이 抽穗度는 近年에 育成된 品種들이 다소 긴 傾向을 보여주고 있으나 稈徑 및 稈壁 等は 品種間에 큰 差異가 認定되지 않았다. 한편, 各 品種들의 節間長 및 稈長을 比較하여 보면 表 3에서와 같이 普肥水準에서 稈長은 過去에 育成된 부흥이 가장 커서 105cm이었고, 其他의 品種은 70~90cm로 비슷한 傾向이었다. 그러나 이들을 各 節位別로 比較하여 보면 稈長이 비슷한 水準에서도 最近에 育成된 品種일수록 下位節間이 짧아지는 傾向이었다.

多肥條件에서는 稈長과 節間長이 普肥條件에서 보

Table 1. Varietal differences in chlorophyll content, nitrogen content, specific leaf weight and stomatal frequency in flag leaf.

Varieties	Released year	Chl. content (mg/g)		N content (%)		SLW (mg/cm ²)		Stomatal frequency (no./mm ²)	
		*A	*B	A	B	A	B	A	B
Suwon # 18	1932	3.53	4.44	4.2	4.5	4.4	4.3	85	95
Buheung	1963	4.29	4.91	4.3	4.3	4.5	4.4	78	72
Hangmi	1967	3.08	4.65	4.2	4.2	4.2	4.1	73	89
Yeugi	1967	3.56	4.69	4.0	4.2	4.5	4.1	80	82
Olbori	1973	4.24	5.13	4.6	4.9	4.6	4.5	56	55
Milyang # 6	1974	4.27	5.02	4.3	4.7	4.4	4.4	67	66
Gangbori	1976	3.41	4.38	4.6	4.8	4.3	4.6	64	66
Jogangbori	1980	4.12	5.09	4.3	4.5	4.6	4.5	71	72
Tabgolbori	1981	4.43	5.10	4.7	4.9	4.4	4.2	62	74

* Fertilizer levels (N-P₂O₅-K₂O) : A : 12-9-7, B : 18-13.5-10.5 (kg/10a)

Table 2. Varietal differences in distance from flag leaf to spike, culm diameter and culm thickness.

Varieties	Distance from flag to spike (cm)		Culm diameter (mm)		Culm thickness (mm)	
	A	B	A	B	A	B
Suwon# 18	14	15	5.0	4.6	0.6	0.5
Buheung	23	25	4.9	4.5	0.6	0.5
Hangmi	13	13	5.0	4.5	0.6	0.5
Yeugi	17	18	4.0	4.3	0.7	0.5
Olbori	19	20	4.8	4.4	0.5	0.6
Milyang # 6	22	22	4.5	4.2	0.6	0.6
Gangbori	15	16	5.6	5.2	0.7	0.7
Jogangbori	20	21	4.1	3.8	0.4	0.4
Tabgolbori	17	19	3.8	4.0	0.5	0.5

Table 3. Length of internodes of 9 barley cultivars at two different fertilizer levels.

Varieties	12-9-7 (A)						18-13.5-10.5 (B)					
	Length of internodes(cm)						*% length of internodes					
	1st	2nd	3rd	4th	5th	Total	1st	2nd	3rd	4th	5th	Total
Suwon# 18	31	17	13	8	5	74	102	93	104	104	154	111
Buheung	43	23	19	13	7	105	111	106	100	106	112	107
Hangmi	29	17	12	7	5	69	98	106	101	116	150	114
Yeugi	32	16	11	9	7	75	102	103	112	107	110	107
Olbori	39	21	13	9	4	85	102	101	111	110	116	108
Milyang # 6	40	20	13	10	6	90	100	94	101	104	107	101
Gangbori	36	18	13	10	5	82	100	106	109	114	173	120
Jogangbori	37	18	12	9	4	80	101	102	103	118	133	111
Tabgolbori	34	18	10	6	3	71	105	106	116	139	165	126

* : Percent length of internodes compared to that at 12-9-7 kg/10a.

도의 正相關이 있다고 하였는데, 本 試驗의 結果에서 보면 近年에 育成된 品種이 收量性이 높은 要因中에 하나는 根의 活力이나 根重 등이 크게 증가했기 때문인 것으로 추정된다.

2. 出穂前, 後의 乾物生産

最高分蘗期에서 出穂期까지의 20日間과 出穂期부터 出穂後 10日까지의 乾物生産 增加量과 葉面積指數(LAI), 純同化率(NAR)과의 相關關係를 보면 그림 2와 같다. 出穂前의 乾物生産量(ΔW_1)과 LAI와의 사이에는 相關이 매우 낮았으나 NAR과는 비교적 높은 相關($r = 0.631$)關係가 있었다. 또한 出穂後 10日間の 乾物生産量(ΔW_2)도 出穂前과 비슷한 傾向을 나타내었다. 그러나, 이들 相關關係를 品

種別로 分折해 보면 上位節보다는 下位節의 伸長이 뚜렷하였다. 이와 같이 增施에 依하여 下位節間의 伸長이 현저하다는 것은 水稻에서도 報告된 바 있다.⁵⁾

다음은 根의 活力과 根重을 比較하여 보면 그림 1에서와 같이 根의 活力은 品種間에 현저한 差異가 있어 近年에 育成된 品種들은 過去에 育成된 品種들에 比하여 거의 2倍 程度가 높았으며, 品種中에서는 올보리와 강보리가 가장 높았다. 根重도 近年에 育成된 品種일수록 높아져 담골보리는 향미나여기 品種에 比하여 1.4~1.8倍 程度가 높았다. 李⁴⁾, 延等¹⁴⁾에 依하면 麥類의 경우 根의 活力과 止葉의 下垂程度, 葉綠素含量 및 枯死程度와의 사이에는 高

種別로 나누어 보면 近年에 育成된 品種들은 出穂前이나 出穂後 모두 LAI와 乾物生産量間에는 密接한 關係가 있는데 反하여 過去에 育成된 品種들은 相關이 거의 없는 것으로 나타났다. 그런데, NAR과 乾物生産量間에는 LAI와는 反對의 傾向을 나타내었다. 即, 葉面積指數가 낮은 最近 育成品種들에서는 乾物生産이 LAI에 依해서 크게 支配를 받는 反面, LAI가 높은 過去 育成品種들은 NAR에 依해서 크게 支配받는 것으로 생각된다. 表 4는 出穂期의 品種間 葉面積指數(LAI), 純同化率(NAR) 및 透光率(LTR)을 比較한 것이다. 葉面積指數는 普肥보다 多肥條件에서 크며 品種中에서는 향미, 여기等 過去에 育成된 品種들이 큰 傾向이며, 純同化率は 反對로 近年에 育成된 品種들이 훨씬 높은 水準을 나타내었다.

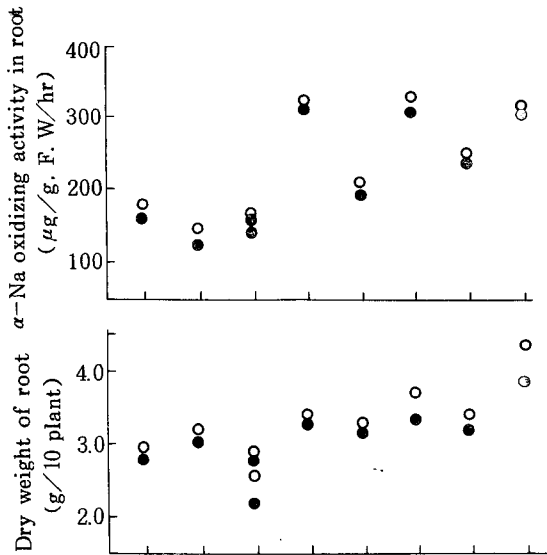


Fig. 1. Changes in the α -Na oxidizing activity and dry weight of root according to the two different fertilizer levels.

● : Normal fertilizer
○ : 50% increased fertilizer

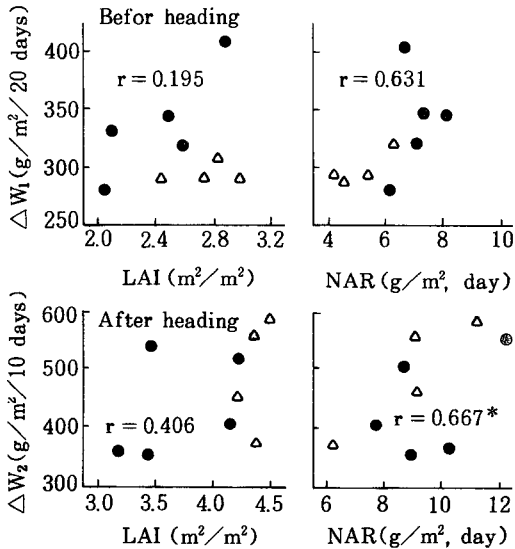


Fig. 2. Relationship between leaf area index(LAI) and net assimilation rate(NAR) with dry matter production of 9 barley cultivars.

● : New cultivars, Δ : Old cultivars

透光率(LTR)은 葉面積이 비슷한 條件下에서도 올보리나 탐골보리 等 近年에 育成된 品種들이 높았는데

Table 4. Leaf area index(LAI) net assimilation rate(NAR) and light transmission rate(LTR) of 9 barley cultivars at two different fertilizer levels.

Varieties	LAI (m ² /m ²)		NAR(g/m ² , day)		LTR(%)	
	A	B	A	B	A	B
Suwon#18	4.4	6.0	3.34	5.32	10.1	8.8
Buheung	5.3	6.1	4.15	5.75	6.5	4.1
Hangmi	5.6	5.8	4.24	5.22	8.2	6.4
Yeugi	5.7	6.3	4.59	5.07	10.3	7.6
Olbori	5.2	5.4	7.14	7.58	16.3	13.2
Milyang#6	4.2	4.5	7.03	7.14	11.0	8.2
Gangbori	5.7	5.7	7.05	7.65	11.2	10.0
Jogangbori	2.8	3.5	6.02	6.44	11.7	9.8
Tabgolbori	4.1	5.3	7.19	7.65	16.6	12.4

이는 近年에 育成된 品種들이 過去에 育成된 品種들에 비해 잎이 直立이고 葉層의 分布가 光을 利用하기 좋은 狀態로 配置되어 있기 때문에 생각된다.

3. 生産構造의 品種間 差異

出穂後 15日의 生産構造를 그림 3에서 보면 탐골보리, 올보리 等 近年에 育成된 品種들은 同化器官인 葉身量에 比하여 非同化器官인 稈重의 比率이 높은데 反하여 항미, 수원18호 等 過去에 育成된 品

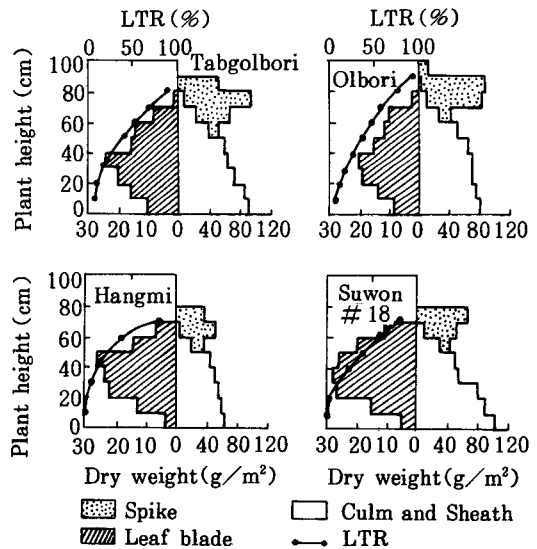


Fig. 3. Productive structure of four barley varieties Tabgolbori, Olbori, Hangmi and Suwon#18 at 15 days after heading stage.

種들은 반대의 傾向을 나타내었다. 葉層의 分布는 밭골보리나 울보리 등 近年에 育成된 品種들은 葉身이 上下部에 比較的 高르게 分布되어 있고 上位葉이 비교적 짧고 直立되어 있기 때문에 上位 活動葉이 40% 以上の 受光率을 보인 反面 過去에 育成된 항미나 水原 18號 品種은 葉身이 中上部에 많아 上位의 一部 葉身만이 充分한 受光을 하고 있을 뿐 많은 葉身이 位置하는 群落下層部에는 透光率이 매우 낮아 地面위 20cm 部近에서 透光率은 거의 0%에 가까웠다. 그런데, 이와 같은 生産構造는 水稻에서 多收系品種의 生産構造와는 相異한 점이 많은데, 金²⁾에 依하면 日本型 品種인 振興에 比해서 多收系品種은 同化器官인 葉身이 占하는 部分이 많고 短稈이며, 葉身이 中上部에 集中되어 있으나 葉身이 直立이고 上位葉이 짧아 透光에 有利하다고 하였다. 따라서 以上の 結果로 보아 麥類에서도 水稻와 類似한 生産構造를 갖는 品種이 乾物生産面에서 반드시 有利하다고 보기는 어려울 것으로 생각된다.

4. 收量構成要素 및 收量

育成年代에 따른 生産能力의 差異를 보면 그림 4에서와 같다.

收量은 最近에 育成된 品種일수록 增加하는 傾向이나 1973년에 育成된 울보리가 가장 多收性으로 나타났으며, 다음은 밭골보리이었다.

收量構成要素를 그림 5에서 보면 單位面積當穗數는 最近에 育成된 品種일수록 增加되어 生産性向上에 크게 기여한 것으로 나타났으며 穗當粒數는 減少하는 傾向이며, 千粒重은 最近에 育成된 조강보리나 밭골보리는 例外的으로 가벼우나 其他供試品種은 最

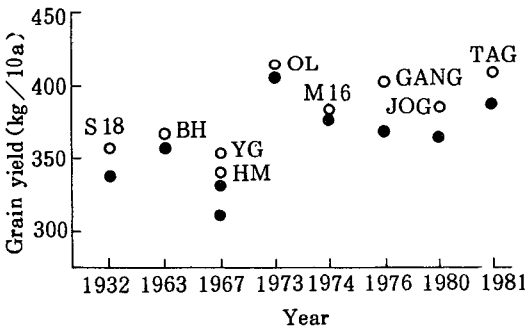


Fig. 4. Progressive changes in Korean barley varieties released from 1932 to 1981 in yielding capacity.

- : Normal fertilizer,
- : 50% increased fertilizer

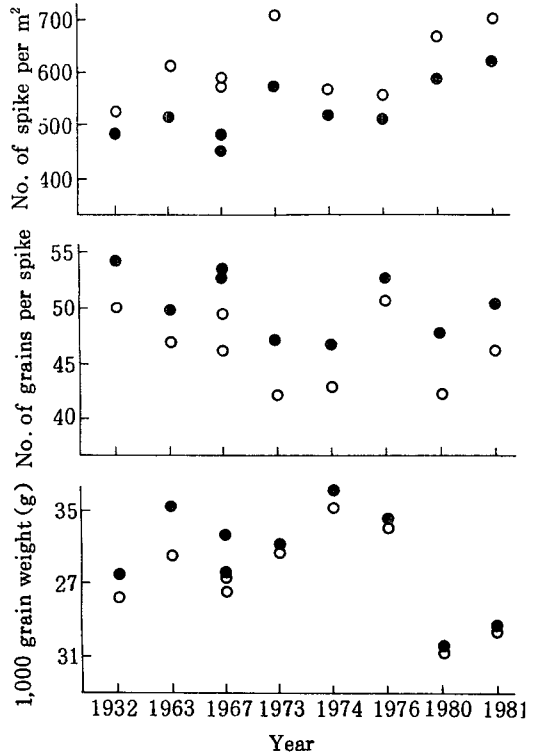


Fig. 5. Progressive changes in Korean barley varieties released from 1932 to 1981 in yield components.

近에 育成된 品種일수록 增加되는 傾向이었다. 以上の 結果를 보면 m^2 當穗數, 穗當粒數, 千粒重이 모두 增加하여야 收量이 增加되는 데, 어느 一定水準 以上の 收量에서는 收量構成要素들 相互間에 相補性이 있으므로 品種의 生理·形態의 인 特性改良에 의한 物質生産性向上과 光energy의 利用効率의 提高에 의한 多收品種을 追求해야 할 것으로 생각된다.

5. Stepwise multiple regression에 의한 收量關連 形質의 分析

品種의 主要 生理·形態의 要因과 收量과의 相關關係를 보면 表 5와 같다. 普肥條件下에서는 透光率, 葉綠素含量, 根活力, 純同化率, 葉身の 窒素含量과 收量과는 有意的인 正의 相關關係를 보였으나, 葉積比(LAR), 氣孔數 등과는 否의 相關을 보였으며, 多肥條件下에서도 普肥條件과 비슷한 傾向을 나타내었다.

따라서, 生産性을 向上시키기 위하여는 葉綠素含量, 草型改善에 의한 透光率增大, 根活力, 純同化率

Table 5. Correlation coefficients between grain yield and other agronomic traits in 9 barley cultivars.

Agronomic traits	A	B
Top dry weight (TDW)	0.452	0.479
Leaf area index (LAI)	-0.136	-0.313
Light transmission rate (LTR)	0.667*	0.789*
Chlorophyll content (CHL)	0.757*	0.381
Specific leaf weight (SLW)	0.525	0.421
Root activity (RA)	0.679*	0.927**
Root weight (RW)	0.624	0.724*
Crop growth rate (CGR)	0.571	0.533
Relative growth rate (RGR)	0.365	0.612
Net assimilation rate (NAR)	0.731*	0.903**
Leaf area ratio (LAR)	-0.703*	-0.858**
Nitrogen content (N)	0.708*	0.898**
Stomatal frequency (SF)	-0.684*	-0.790*

Table 6. Summary of stepwise multiple regression analysis of yield and related traits in 9 barley cultivars.

Step number	Traits		R		R ²		Regression equation
	A	B	A	B	A	B	
1 (X ₁)	CHL	RA	0.757	0.927	0.57	0.86	
2 (X ₂)	TDW	TDW	0.930	0.962	0.86	0.93	A : CHL ; Y= 163.301+9.631 X
3 (X ₃)	RA	N	0.947	0.977	0.90	0.95	CHL, TDW ; Y=1.502+ 56.283 X+0.387 X ²
4 (X ₄)	SLW	LTR	0.956	0.988	0.91	0.98	
5 (X ₅)	LTR	RW	0.970	0.996	0.94	0.99	B : RA ; Y=310.023+0.296 X
6 (X ₆)	RW	SLW	0.973	0.998	0.95	0.99	RA, TDW ; Y=268.91+0.169 X
7 (X ₇)	N	NAR	0.981	0.999	0.96		+0.157 X ²
8 (X ₈)	NAR	CHL	0.990		0.98		

관측치를 대입하면 普肥條件에서는 86%, 多肥條件에서는 93% 適中率을 나타낼 것으로 기대된다.

그러나, 本試驗의 結果에서 보면 收量에 關與하는 重要度가 普肥와 多肥條件에서 多少 相異하게 나타나고 있기 때문에 실제 育種面에서 利用되려면 이들 各 形質에 대한 研究가 더욱 많은 品種에 대해 分析·檢討되어야 할 것으로 판단된다. 그러나, 이들 要因들과 收量과의 關連性이나 기여도로 보아 葉綠素含量, 根活力, 地上部乾物重, 透光率 및 純同化率 등을 높이는 方向으로 育種을 하여 나간다면 보다 效果的일 것으로 생각된다.

摘 要

育成年代가 다른 보리品種의 生理, 形態의 特性變化和 收量性과의 關係를 究明하여 育種 및 栽培法

및 葉身에 窒素含量이 높은 品種의 選拔이 必要한 것으로 생각되어진다.

다음은 이들 各 形質로부터 收量에의 기여도가 높은 順을 Stepwise multiple regression 分析으로 구한 값을 보면 表 6 과 같다. 普肥條件에서는 收量에 크게 기여한 順位는 葉綠素含量(X₁), 地上部乾物重(X₂), 根活力(X₃), 比葉重(X₄), 透光率(X₅)의 順이었으며, 多肥條件에서는 根活力(X₁), 地上部乾物重(X₂), 葉身窒素含量(X₃), 透光率(X₄)의 順이었다.

이와 같이 X₁, X₂가 Regression equation 에 들어 갔을 때, 普肥條件에서는 分散의 86%, 多肥條件에서는 93%가 이들 2個 形質의 關與에 의한 것이었다. 따라서, 收量(Y)는 普肥條件에서는 Y=1.502+56.283 X+0.387 X² 이 되며, 多肥에서는 Y=268.910+0.169 X+0.157 X² 이 되어 여기에 X₁, X₂의

改善의 基礎資料로 삼고져 보리 9品種을 2施肥水準에서 栽培하여 調査, 分析한 結果는 다음과 같다.

1. 近年에 育成된 品種들은 過去에 育成된 品種들에 比하여 葉綠素含量, 葉身窒素含量, 根活力, 根重, 比葉重(SLW) 및 純同化率이 높은 반면 葉面積指數는 낮았다.

2. 近年에 育成된 品種의 乾物生産은 NAR 보다 LAI 와 밀접한 關係가 있었으나 過去에 育成된 品種은 反對의 傾向이었다.

3. 葉層의 分布가 新品種들은 上下部에 고르게 分布되어 있으나 過去에 育成된 品種은 中上部에 集中되어 있었다.

4. 收量과 相關이 높았던 要因들은 葉綠素含量, 根活力, 純同化率, 葉身窒素含量 등이었으며, Stepwise multiple regression 分析에서 葉綠素含量, 根活力, 地上部乾物重이 回歸式에 들어갔을 때 分散의 90%

程度가 되었다.

引用文獻

1. Biscoe, P. N., J. N. Gallagher, E. J. Littleton, J. L. Monteith and R. K. Scott. 1975. Barley and its environment. IV. Sources of assimilate for the grain. *Jour. Applied Ecology* 12: 259-318.
2. 金文憲. 1979. 韓國에 있어서 水稻新品種의 特性과 그 普及이 農業生産에 미치는 効果에 對하여 農試報告(作物) 21: 1-35.
3. Nevins, D. J and R. S. Loomis. 1970. Nitrogen nutrition and photosynthesis in sugar beet. *Crop Sci.* 10: 21-25.
4. 李鍾薰・太田保夫. 1970. 水稻根의 形態および機能と地上部 諸形質との關連について. 農技研報 D 24: 61-105.
5. 吳潤鎮・姜永吉・李錫淳. 1979. 普及年代가 다른 水稻品種의 形態 및 生理的 特性과 그 收量性에 關한 研究. 農試報告 21 (作物): 37-43.
6. Pearce, R. B., G. E. Carson., D. K. Barnes., R. H. Hart and O. H. Hanson. 1969. Specific leaf weight and photosynthesis in alfalfa. *Crop Sci.* 9(4): 423-426.
7. Stoy, V. 1965. Photosynthesis, respiration and carbohydrate accumulation in spring wheat in relation to yield. *Physiol. Planta Supplem.* 4: 1-125.
8. 宋隆男・李基誼・曹章煥・孟敦在・南重鉉. 1982. 理想型 小麦品種 育成을 위한 生理生態的 形質構成에 關한 研究. 韓作誌 14(2): 125-138.
9. Thorne, G. N. 1966. Physiological aspects of grain yield in cereals. In the growth of cereals and grasses. Edited by Milthorpe & Iuins Mutterworth, London: 88-105.
10. Takano, Y. and S. Tsunoda. 1971. Curvilinear regression of leaf photosynthesis rate on leaf nitrogen content among strains of *Oryza* species. *Japan J. Breed.* 2: 69-76.
11. Watson, D. J. 1965. In "The growth of leaves" edited by Milthorpe. Mutterworth Scient. Pubs. London: 178-191.
12. Weaver, J. E., J. Kramer and M. Reed. 1926. Development of root and varieties and winter wheat under field environment. *Ecology* 5: 26-50.
13. 山田登・太田保夫・中村拓. 1961. α -ナフチルアミンによる水稻根の活力診斷. 農及園 36: 1938-1985.
14. 延圭復. 1980. 水稻 및 小麦葉의 葉綠素含量과 根의 生理的 活力과의 關連性에 關한 研究. 農試報告 22 (作物): 1-44.