

麥酒麥(*Hordeum distichum*, L.)의 優良品種 育成에 있어서 粒形質의 選拔에 關한 統計遺傳學的 研究

李 奉 鎬 · 李 寅 杰
慶北大學校 農科大學

Statistical Genetic Studies on the Selection for Grain Characteristics of Malting Barley (*Hordeum distichum* L.)

Bong Ho Lee, In Gul Lee
College of agriculture, Kyungpook National
University, Taegu, KOREA.

ABSTRACT

This study was carried out to attain the selection information on grain characters of malting barley. Indirect selection, making use of information on grain thickness, seemed to be an effective method for the selection of 1,000 grain weight, grain hull and grain yield which were directly affected by grain thickness.

Grain yield which had a direct effect on grain, meal and protein content seemed to be an effective selection indicator for them, however, a better method is expected upon improvement of indirect effects of hull and grain yield.

緒 言

우리나라의 麥酒麥自給率은 15%程度이며 年平均 26%의 消費增加趨勢를 보이고 있다.

이러한 關係로 政府에서는 國產原麥의 自給度를 增進시키기 爲하여 多方面으로 努力을 기울이고 있으며 1974년에는 自給率이 19%程度로 增加 하였으나 消費增加趨勢에 미치지 못하는 實情이며 現在 우리나라 南部地方에서 栽培되고 있는 麥酒麥 品種들의 大部分이 日本이나 西歐에서 育成된 것 들이기 때문에 耐寒性이 弱하고 收量性이 낮으며 質의인 面에 있어서도 氣候나 土壤等에 依한 環境變異가 크므로 麥酒麥을 自給하기 爲하여서는 우리나라의 栽培環境에 適合한 良質, 多收性 新品種의 育成이 時急한 課題이다.

그러나 麥酒麥은 그 目的이 釀造原料로 利用하는데 있으므로 質의인 面이 先行되어야 하는데 이러한 形質들은 大部分 直接選拔하기가 難易하기에 이들 形質과 關連된 다른 形態의 形質을 究明하여 間接選拔을 試圖하는 것이 有利할 것으로 생각되나 現今까지 이에 關해서는 거의 報告된 바가 없기에 本人等은 麥酒의 品質에 影響을 미치는 몇가지 粒形質의 選拔에 關하여 統計遺傳學的으로 檢討하고 이들 形質의 效率의인 選拔資料를 얻고자 本 試驗을 實施하였던 바 몇가지 結果를 얻었으므로 이에 報告하는 바이다.

끝으로 本 研究를 遂行함에 있어서 여러가지로 協助하여 주신 嶺南作物試驗場의 여러분들에게 深甚한 謝意를 表하는 바이다.

研 究 史

Mather²⁰⁾가 量的形質의 Polygene說을 報告한 以來 지금까지 많은 學者 4,5,8,9,10,21,22,23,28,30)들이 여러가지 作物을 對象으로 遺傳力을 推定하여 遺傳力이 높은 形質을 選拔의 對象으로 할 것을 주장하여 왔으며 麥酒麥에 對하여는 Foster et al.¹³⁾이 malting quality에 影響을 미치는 몇가지 要因에 對하여 遺傳力을 推定하고 extract 收得量은 遺傳力이 높고 穀粒의 nitrogen 含量 및 糖化力과 負의 關係에 있다고 하였으며 Day et al.¹¹⁾은 F₃系統을 材料로 하여 Protein과 diastatic power에 對한 遺傳力을 推定하고 diastatic power에 對한 廣義의 遺傳力은 protein에 比하여 높은 0.32程度로서 初期世代에 選拔하여도 相當한 效果를 期待할 수 있을 것이라고 하였다.

Baker et al.¹¹⁾은 malting quality의 初期世代遺傳에 關하여 檢討하고 穀粒의 nitrogen含量과 beta-amylase의 遺傳力은 높고 이들은 各各 0.76 및 0.94 程度로서 初期世代의[選抜이 可能할 것이며 이들 相互間에는 正의 關係를 맺고 있다고 하였으며 Borthakur et al.¹³⁾은 千粒重에 있어서 廣義의 遺傳力은 0.253~0.259의 範圍에 있으며 期待되는 遺傳的 進展效率은 6.5%~14.2%程度라고 報告하였다.

Rutger et al.³⁵⁾은 F₄系統을 材料로 하여 몇가지 形質에 對한 遺傳力을 推定하고 malting quality는 agronomic trait에 比하여 遺傳力이 높은 傾向이고 收量의 遺傳力은 0.48程度라고 推定하였으며 Frey et al.¹⁵⁾은 收量의 遺傳力은 0.59라고 報告하였다.

Johnson & Frey²¹⁾는 燕麥에서 磷酸의 增施에 따라 收量構成 形質의 遺傳力이 多少 增加하고 窒素肥料의 增施에 따라 減少하는 傾向을 보아 遺傳力은 環境에 依하여 多少 變動할수 있다는 것을 報告하였다.

量의 形質의 選抜에 關하여 張^{4,7)}, Wallace et al.³⁷⁾, Johnson et al.¹⁹⁾, 桐山·小西²²⁾ 등은 選抜指數에 依한 選抜이 効率的이라고 하였으며 李²⁶⁾는 maker gene을 利用하면 選抜效率을 높일 수 있을 것이라고 假定하였다.

Robinson et al.³³⁾, Johnson et al.²⁰⁾, 桐山·小西²³⁾ 등은 形質間의 遺傳相關을 推定하여 이것을 選抜에 利用하는 것이 効果的이라고 하였으며 이에 따라 많은 研究者들이 遺傳相關을 推定하여 왔다.

그러나, Wright^{38,39)}는 어떤 形質들 間의 相關關係는 전혀 相關이 없는 境遇를 除外하고는 여러가지 形質들間의 複合的인 關係에 依하여 이루어진 것이기 때문에 그들 間의 遺傳相關을 直接效果와 間接效果로 區分할 것을 主張하여 徑路係數分析法을 提示하였으며, 이 方法에 따라 Dwey & Lu¹²⁾는 crested wheatgrass의 種子收量과 收量構成要素와의 關係를 分析하여 收量에 對한 直接效果가 큰 形質은 植物體의 크기와 稔實率이며 이것을 指標로 選抜하면 種子의 多收性系統을 얻을 수 있을 것이라고 報告하였다.

Bhmanchant et al.²⁾은 燕麥의 耐倒伏性과 몇가지 形質의 形質들과의 關連을 分析함에 있어서 徑路分析法을 利用하여 育種에 有効하였다고 報告하였으며 Rodrigo et al.³⁴⁾, 張⁷⁾, 金²⁵⁾, 許¹⁷⁾, 李²⁸⁾ 등도 이 方法에 따라 大豆, 무우, 煙草, 小麥 등을 材料로하여 研究 報告한 바 있다.

材料 및 方法

供試材料는 麥酒用 2條大麥 Kanto nakade golden 외 9品種(Table 1)을 使用하였으며, 實驗材料는 1974

年 10月 14日에 嶺南作物試驗場 田作圃場에서 畦幅 60 cm에 2列씩 株間 10cm間隔으로 3粒씩 點播하고 發芽後에 生育旺盛한 1本씩을 維持하였으며, 施肥量은 10a當 N-P₂O₅-K₂O-堆肥=6-4-4-1000kg의 比率로 하되, N의 2/3는 追肥로서 越冬後 3月 10日에 施用하

Table 1. Applied varieties.

Variety	Heading date	Culm length (cm)	Source
Kanto nakade golden	April, 30	87.4	Japan
Kanto bansei golden	May, 2	99.8	"
Kairyō nizyoshu	May, 1	86.9	"
Kaneko golden	April, 25	93.5	"
Hyogo golden	May, 1	76.1	"
Aichi zyosei golden	April, 29	95.0	"
Nissei	May, 2	95.0	"
Colmar	May, 4	107.3	France
Ackermanns donaria	May, 3	103.9	Germany
Svan hals	May, 3	97.2	Sweden

였다. 各 品種은 亂塊法 3反覆으로 配置하였고, 區當 40個體를 栽植하여 個體別로 成熟期를 調査한 後 生育中庸한 10個體를 收穫하여 이들을 混合하고 穀粒長, 穀粒幅 등 10個形質을 調査하였으며 이들의 調査方法은 穀粒長, 穀粒幅, 穀粒厚는 0.01mm測定用 Dial guage로 反覆當 30粒씩 3回 調査하였고, 穀粒形成比率는 穀粒長을 穀粒幅으로 나누었으며 選粒比率는 2.5mm의 sieve로 選別하여, 2.5mm 以上の 選粒重÷選粒揃의 麥重×100으로 하고, 穀皮率은 選粒種子 50粒에 5%의 Ammonia水 10cc를 加하여 80°C에 約3時間 處理한後 穀皮를 分離하고 100°C에 2~3時間 乾燥後 秤量하여 重量比를 求하였으며, 粉狀質은 選粒한 種子를 24時間 浸種, 乾燥後 觀察하여 硝子質面積 70%以上을 硝子質, 30%~70%는 中間質, 30% 以下는 粉狀質로하여 (粉狀質粒數×1)÷(中間質粒數×0.5) 算出하였다. 粗蛋白 含有率은 選粒種子를 粉碎後 試料 1gr을 取하여 Kjeldahl method에 依하여 窒素를 分析하고 全窒素 含有率×6.25로 하였으며, 遺傳力, 遺傳相關 등은 各 品種들의 平均値를 利用하여 分散分析 및 共分散分析法에 依하여 다음 式으로 算出하였다.

$$\text{遺傳力}(H) = \frac{\delta^2 g}{\delta^2 g + \delta^2 e}$$

$$\text{遺傳的 獲得量}(G_s) = K(\delta A) \frac{\delta^2 a}{\delta^2 A}$$

(K; Selection differential 5%, 2.06)

$$\text{期待되는 選抜效率}(\%) = \frac{G_s}{M} \times 100$$

$$\text{遺傳相關}(rg) = \frac{\delta_{gij}}{\sqrt{\delta^2_{gi} \times \delta^2_{gj}}}$$

徑路係數 分析은 石丸, 宮川¹⁸⁾의 方法에 依하였다.

結果 및 考察

1. 遺傳力

遺傳力의 推定은 Table 2를 材料로 하였으며 그 結果는 Table 3과 같고, 이것은 非相加의 部分이 包含

된 廣義의 遺傳力이므로 大部分 높은 값을 보였는데 穀皮, 粉狀質, 穀粒形成比率의 遺傳力은 0.886~0.823으로 높은 傾向이었고, 千粒重, 穀粒厚, 選粒率, 穀粒長의 遺傳力은 0.764~0.674로 中間程度였으며 protein, 收量, 穀粒幅의 傳遺力은 0.612~0.420으로 比較的 낮은 傾向이었다. 收量의 遺傳力은 Frey & Horner¹⁵⁾의 結果와 비슷한 傾向을 보였으며 千

Table 2. Mean values of grain characters measured from 10 malting barley varieties.

Characters	Grain length (mm)	Grain width (mm)	Grain thickness (mm)	Grain shape ratio (%)	Complete grain (%)	1000 grain weight (g)	Grain hull (%)	Grain meal (%)	Crude protein (%)	Grain yield (g/10 plants)
Kanto nakade golden	9.64	3.61	2.87	2.68	84.70	47.2	6.05	75.67	10.36	205.3
Kanto bansei golden	9.74	3.83	2.98	2.54	87.00	46.9	8.87	60.00	9.63	204.7
Kairyō nizoshu	9.44	3.75	2.91	2.52	74.70	45.3	9.10	78.83	9.04	176.0
Kaneko golden	9.70	3.87	3.14	2.51	95.00	50.4	5.69	50.67	12.40	206.0
Hyogo golden	9.53	3.76	2.76	2.54	73.33	45.2	4.84	57.00	9.70	167.3
Aichi zyosei golden	9.16	3.76	3.01	2.44	95.33	43.5	9.79	75.33	10.00	197.7
Nissei	8.69	3.80	2.93	2.29	87.70	41.8	6.20	77.67	10.43	208.7
Colmar	10.02	3.43	2.57	2.92	57.33	47.7	11.60	81.17	10.28	205.7
Ackermanns donaria	9.33	3.71	2.76	2.52	78.70	40.0	6.15	51.00	11.09	188.7
Svan hals	9.02	3.68	2.94	2.34	85.70	4.50	9.12	73.00	9.62	211.0

粒重의 遺傳力은 0.764로서 Rutger et al.³⁵⁾의 0.89에 比하여 多少 낮은 傾向值였으나 Borthakur & Poehlman³⁾의 0.26에 比하여는 높은 값을 보였다. protein의 遺傳力은 研究者에 따라 差異를 보였는데 Day et al.¹¹⁾은 0.23 Rasmusson et al.³²⁾은 0.08의 結果를 얻었으나, 本 試驗에서는 0.612로 이들의 結果에 比하면 相當히 높은 값을 보였다.

賈⁹⁾의 報告에 依하면 Ulonska는 Protein에 對한 遺傳의 影響은 매우 낮아서 불과 7%~11%에 該當하는

데 環境의 影響은 거의 80%에 達하며 여기에 影響하는 環境의 要件中에서 가장 重要한 것은 窒素可溶物의 含量이라고 指摘한 結果에서도 Protein은 環境에 따라 當相한 變異를 보이고 本 試驗에서도 40%程度는 環境에 依하여 變動하는 結果를 보였으며 그外에도 Johnson & Frey²¹⁾, 張^{4,5,8)}, Frey¹⁴⁾ 등은 環境에 依하여 遺傳力이 多少變한다는 것을 檢討하여 왔다.

以上에서 檢討한 本 試驗의 結果로 보아 麥酒의 品質에 影響을 미치는 實用 形質들 中에서 穀皮, 粉狀

Table 3. Heritability, expected genetic advance and relative efficiency.

Characters	Mean	Standard deviation	Heritability	Expected genetic advance	Relative efficiency
Grain length	9.43	0.4283	0.674	0.59	6.26
Grain width	3.74	0.1667	0.420	0.14	3.74
Grain thickness	2.89	0.173	0.707	0.25	8.65
Grain shape ratio	2.53	0.1836	0.823	0.31	12.25
Complete grain	81.93	12.9666	0.707	18.88	23.04
1000 grain weight	45.31	3.1773	0.764	5.00	11.04
Grain hull	7.74	2.2366	0.886	4.08	52.71
Grain meal	68.03	12.3714	0.848	21.61	31.77
Crude protein	10.25	1.0811	0.612	1.36	13.27
Grain yield	19.71	1.8204	0.526	1.97	10.00

質, 千粒重等 遺傳力이 높은 形質들은 實際 育種面에서 選拔의 對象으로 檢討해 볼 價値가 充分할 것으로 생각된다.

2. 遺傳的 獲得量 및 選拔效率

어떤 形質을 實際 育種面에서 利用하기 爲하여는 무엇보다도 選拔對象形質의 遺傳力과 遺傳的 獲得量 및 選拔效率이 높을 것이 期待되는데 本 試驗에서도 各 形質들의 期待되는 遺傳的 獲得량과 그 效率을 推定하였던 바 Table 3과 같다.

위의 表에서 보는 바와 같이 穀皮는 遺傳的 獲得량이 4.08로 約 53%의 選拔效率을 期待할 수 있었으며 粉狀質, 選粒率等은 各各 32% 및 23%程度의 選拔效率이 期待되고 protein, 收量, 千粒重等은 13%~11%로 中間程度를 보였으며 穀粒長, 穀粒幅 穀粒厚等의 選拔效率은 比較的 낮은 4%~8%의 範圍에 있었다.

張⁸⁾, 鄭¹⁰⁾은 選拔指數를 利用한 遺傳的 獲得량과 效率을 分析한 結果에서 可能한 限 여러가지 形質을

組合하여 選拔指數를 作成하는 것이 選拔效率을 높일 수 있을 것이라고 하였으며 Borthakur et al⁹⁾은 大麥의 千粒重에 對한 遺傳的 獲得량과 效率을 推定한 結果에서 이의 選拔效率은 6.5%~14.2%라고 하였는데 本 試驗의 結果도 이와 비슷한 傾向을 보였다.

이상을 綜合하여 粳麥酒의 品質에 關係되는 主要形質들은 遺傳力이 比較的 높은 便이며 期待되는 遺傳的 獲得량과 選拔效率이 높아서 이들 形質의 選拔은 有效할 것으로 보인다.

3. 相關關係

調査된 形質들 間의 相關關係는 Table 4와 같았으며 여기서 穀粒長과 穀粒形成比率($r=0.8310^{**}$), 穀粒長과 千粒重($r=0.6143^{**}$), 穀粒幅과 穀粒厚($r=0.7809^{**}$), 穀粒幅과 選粒率($r=0.6040^{**}$), 穀粒厚와 選粒率($r=0.7536^{**}$), 穀粒形成比率과 千粒重($r=0.4175^*$), 穀皮와 粉狀質($r=0.5259^{**}$) 間에는 正의 相關關係가 있었고 穀粒幅과 穀粒形成比率 ($r=-$

Table 4. Phenotypic and genotypic correlations among the grain characters.

Characters	(1) Grain length	(2) Grain width	(3) Grain thickness	(4) Grain shape ratio	(5) Complete grain	(6) 1000 grain weight	(7) Grain hull	(8) Grain meal	(9) Crude protein	(10) Grain yield
(1)	—	-0.2199	-0.2068	0.8310 ^{**}	-0.3283	0.6143 ^{**}	0.2185	-0.1799	0.2091	-0.0782
(2)	-0.8225	—	0.7809 ^{**}	-0.6867 ^{**}	0.6040 ^{**}	0.0125	-0.2906	-0.2785	-0.0294	0.1054
(3)	-0.4082	0.8208	—	-0.5918 ^{**}	0.7536 ^{**}	0.2163	-0.1990	-0.2081	0.2029	0.1664
(4)	90.026	-1.1445	-0.7102	—	-0.5884 ^{**}	0.4175 [*]	0.3539	0.0983	0.1708	-0.0721
(5)	-0.5784	0.9316	1.0184	-0.7895	—	-0.0154	-0.2604	-0.1449	0.1760	0.3012
(6)	0.7683	-0.1869	0.2174	0.5011	-0.0249	—	0.0794	-0.0358	0.2134	0.3099
(7)	0.2056	-0.4759	-0.2585	0.3463	-0.3863	0.1526	—	0.5259 ^{**}	-0.3000	0.1724
(8)	-0.2149	-0.5595	-0.2554	0.1469	-0.3094	-0.0417	0.6370	—	-0.4912 ^{**}	0.1274
(9)	0.0958	0.1439	0.2968	-0.0200	0.3633	0.2404	-0.5144	-0.5999	—	0.1758
(10)	-0.1210	-0.0662	0.3694	-0.0391	0.4223	0.1884	0.3475	0.3300	0.4667	—

Note: Phenotypic and genotypic correlations are shown on the right and the left side of diagonal, respectively.

* Significant at the 5% level.

** Significant at the 1% level.

0.6867^{**}), 穀粒厚와 穀粒形成比率($r=-0.5918^{**}$), 穀粒形成比率과 選粒率($r=-0.5884^{**}$), 粉狀質과 protein($r=-0.4912^{**}$)間에는 負의 相關關係가 있어서 大部分 穀粒의 形態의 形質들 間에 相關이 높고 麥酒의 品質을 爲하여 選拔의 對象이되는 實用形質들 間에는 有意性있는 相關關係가 적었고 特히 穀粒形質과 收量 間에는 有意性이 있는 相關關係를 찾아 볼 수 없

었으나 이들의 遺傳相關係數는 表現型 相關係數에 비하여 大部分 높은 값을 보였다.

Table 4에서 穀粒幅과 穀粒形成比率($rg=-1.1445$), 穀粒厚와 選粒率($rg=1.0184$)間의 遺傳相關係數는 異常值를 보였는데 이와같은 結果는 張⁸⁾, 李²³⁾, Gotoh¹⁶⁾ 등의 報告에서도 찾아볼 수 있으며 穀粒長과 穀粒幅($r=-0.2199$)間의 表現型 相關係數에 비하여 遺傳相

關係數($rg=-0.8225$)는 큰 差異를 보였는데 이러한 것은 穀粒幅의 遺傳力($H=0.420$)이 낮고 環境變異가 큰데 原因이 있었던 것으로 생각할 수 있을 것이다.

上記한 여러가지 形質들간의 相關關係中 特히 穀皮와 粉狀質($r=0.5259^{**}$)간의 正의 相關關係는 農經研³¹⁾, 李²⁷⁾ 金²⁴⁾ 등의 粉狀質이 많고 穀皮가 얇은 것이 麥酒의 品質에 좋은 影響을 미친다는 結果를 비추어 볼 때 不利한 相關關係에 있었으며 曾我·片山³⁶⁾ 등은 穀皮와 粉狀質, 穀皮와 protein間에 正의 相關關係가 있었던 것을 보아 本試驗의 結果는 이들의 結果와 달랐고 粉狀質과 protein間的 負의 相關關係

는 이들과 같은 結果를 얻었는데 이러한 差異는 供試品種 및 環境의 差에 의한 것으로 생각된다.

4. 千粒重에 對한 各 形質들의 直接效果와 間接效果

Wright³⁰⁾, Dewey & Lu¹²⁾ Bhamanchant²⁾ 등의 報告와 같이 本試驗에 있어서도 各 形質들간의 遺傳 相關을 直接效果와 間接效果로 分割하여 各 形質들이 千粒重에 미치는 影響을 分析코자 하였으며 이들의 成績은 Table 5와 같다. 表에서 보는 바와 같이 相關關係는 各 形質들과 千粒重間的 遺傳相關係數인 同時에 各 形質들이 千粒重에 미치는 直接效果와 다

Table 5. Direct and indirect effects of each character for 1000 grain weight.

Characters	Grain length	Grain width	Grain thickness	Grain shape ratio	Complete grain
	X 1	X 2	X 3	X 4	X 5
X 1	<u>(0.53801)</u>	1.23048	-2.20348	-1.85548	2.20541
X 2	-0.44251	<u>(-1.49603)</u>	4.43071	2.35276	-3.55214
X 3	-0.21962	-1.22794	<u>(5.39804)</u>	1.45997	-3.88311
X 4	0.48561	1.71221	-3.83369	<u>(-2.05571)</u>	3.01032
X 5	-0.3118	-1.39370	5.49736	1.62298	<u>(-3.81295)</u>
X 6	0.11061	0.71196	-1.39539	-0.71189	1.47294
X 7	-0.11562	0.83703	-1.37866	-0.30198	1.17973
X 8	0.05154	-0.21528	1.60214	0.04111	-1.38524
X 9	-0.06510	0.09904	1.99404	0.08038	-1.61021

Characters	Grain hull.	Grain meal	Crude protein	Grain yield	Total
	X 6	X 7	X 8	X 9	Correlation
X 1	0.44897	-0.52755	0.44324	0.48859	0.7683
X 2	-0.03924	-1.37348	0.66378	0.26731	-0.1869
X 3	-0.56449	-0.62697	1.37320	-1.49161	0.2174
X 4	0.75623	0.36062	-0.09253	0.13788	0.5011
X 5	-0.84357	-0.75953	1.68087	-1.70522	-0.0249
X 6	<u>(2.18373)</u>	1.56373	-2.37996	-1.40318	0.1526
X 7	1.39104	<u>(2.45484)</u>	-2.77555	-1.33252	-0.0417
X 8	-1.12331	-1.47266	<u>(4.62668)</u>	-1.88450	0.2404
X 9	0.75885	0.81010	2.15927	<u>(-4.03793)</u>	0.1884

Note: Direct effects are presented in parentheses underlined along the diagonal.
Total: Genetic correlation coefficients.

른 形質들과의 相互作用에 의한 間接效果를 合한 값이다. 即 穀粒長과 千粒重과의 遺傳相關係數($rg=0.7683$)는 穀粒長이 千粒重에 미치는 直接效果 $X_1=0.53801$ 과 穀粒長이 穀粒幅, 穀粒厚 등과 關連하여 千粒重에 影響을 미치는 間接效果 $X_1X_2=1.23048$, $X_1X_3=-2.20348$ 등을 合한 값이며 이러한 것은 穀粒長이 千粒重과 $rg=0.7683$ 의 높은 遺傳相關關係에 있으나 直接的으로는 $X_1=0.53801$ 의 關係에 있으며 나

머지($0.7683-0.5381$)는 다른 形質들과의 間接作用에 의하여 關係를 맺고있는 것으로 생각할 수 있을 것이며 本試驗에서 千粒重에 對한 直接效果가 큰 形質은 穀粒厚, 穀粒長 등의 順으로 相關關係에서와는 다른 傾向을 보였으며 穀粒形成比率는 千粒重과의 遺傳相關이 높았으나 直接的으로는 오히려 負의 方向으로 影響을 미치고 다른 形質들과의 間接的인 效果가 큰 傾向이었다.

Table 5에서 千粒重에 對한 直接效果가 큰 穀粒厚를 選拔하였다고 假定할 境遇에 穀粒厚가 다른 形質들과의 關連에 依하여 千粒重에 미치는 間接效果를 檢討하여 보면 選粒率, 穀粒幅, protein, 收量等에 正의 方向으로 作用하였고 穀粒長 穀粒形成比率, 穀皮, 粉狀質 等에는 負의 方向으로 影響을 미치는 것으로 보이며 이러한 結果로 보아 千粒重의 選拔은 여기에 對하여 直接效果가 큰 穀粒厚에 依한 間接選拔이 効

果의 일 것으로 期待된다.

5. 穀皮에 對한 各 形質들의 直接效果와 間接效果
各 形質들이 穀皮에 미치는 直接效果와 間接效果를 Table 6에서 檢討하여 보면 穀粒厚, protein, 收量等의 直接效果가 크며 收量의 直接效果는 正의 方向이었으나 穀粒厚 및 protein의 直接效果는 負의 方向이었으며 遺傳相關이 높았던 粉狀質은 直接效果가 相當히 낮은 傾向이고 遺傳相關에서와는 달리 負의 方向

Table 6. Direct and indirect effects of each character for grain hull.

Characters	Grain length	Grain width	Grain thickness	Grain shape ratio	Complete grain
	X 1	X 2	X 3	X 4	X 5
X 1	<u>(1.12842)</u>	-0.45029	0.62708	-0.76793	-0.20597
X 2	-0.92813	<u>(0.54747)</u>	-0.26091	0.97374	0.33175
X 3	-0.46062	0.44936	<u>(-1.53620)</u>	0.60424	0.36266
X 4	1.01851	-0.62658	1.09101	<u>(-0.85080)</u>	-0.28115
X 5	-0.65268	0.51003	-1.56447	0.67171	<u>(0.35611)</u>
X 6	0.86697	-0.10232	-0.33397	-0.42634	-0.00887
X 7	-0.24250	-0.30631	0.39235	-0.12498	-0.11018
X 8	0.10810	0.07878	-0.45594	0.01702	0.12937
X 9	-0.13654	-0.03624	-0.56747	0.03327	0.15039

Characters	1000 grain weight	Grain meal	Crude protein	Grain yield	Total
	X 6	X 7	X 8	X 9	Correlation
X 1	0.13276	0.08027	0.13737	-0.20134	0.2056
X 2	-0.03230	0.20897	-0.20634	-0.11016	-0.4759
X 3	0.03757	0.09539	-0.42559	0.61468	-0.2585
X 4	0.08659	-0.05487	0.02868	-0.06506	0.3463
X 5	-0.00430	0.11556	-0.52095	0.70270	-0.3863
X 6	<u>(0.17280)</u>	0.01557	-0.34472	0.31350	0.1526
X 7	-0.00721	<u>(-0.37350)</u>	0.86021	0.54912	0.6370
X 8	0.04154	0.22406	<u>(-1.43393)</u>	0.77658	-0.5144
X 9	0.03256	-0.12326	-0.66922	<u>(1.66399)</u>	0.3475

Note: Direct effects are presented in parentheses underlined along the diagonal.
Total: Genetic correlation coefficients

이었다. 여기서 各 形質들의 直接效果는 李²⁸⁾, 張⁷⁾ 등의 結果에서와 같이 對數變換을 하지 않고 그들의 因果關係만을 檢討코자 하였으며 農經研³¹⁾, 李²⁷⁾, 金²⁴⁾等에 依하면 穀皮는 얇고 주름살이 있으며 色澤이 좋은 것이 良質의 麥酒를 얻을 수 있다고 하였는데 이들의 報告와 같이 穀皮가 얇은 것을 選拔하자면 穀皮에 對하여 負의 直接效果가 큰 穀粒厚($X_3 = -1.53620$)를 對象으로 한 間接選拔이 有効할 것으로 期待되며, 이는 또한 收量과의 間接效果($X_3X_6 = 0.61468$)가 크기 때문에 多收性 品種을 爲해서도 좋은 結果가 될 것으로 생각된다.

6. 粉狀質에 對한 各 形質들의 直接效果와 間接效果

各 形質들이 粉狀質에 미치는 直接效果와 間接效果를 分析하여 본바 Table 7과 같았다. 表에서 보는 바와 같이 粉狀質에 對하여 直接效果가 큰 形質은 穀粒厚, protein, 收量等이고 穀粒厚와 protein은 負의 方向으로 作用하였으나 收量은 正의 方向으로 作用하였으며 粉狀質에 對한 選拔은 이에 對하여 直接效果가 큰 收量を 主로 하여 選拔하는 것이 効率的이었으나 收量은 量의 形質이기 때문에 選拔의 材料로 利用하기가 困難하다.

Table 7. Direct and indirect effects of each character for grain meal.

Characters	Grain length	Grain width	Grain thickness	Grain shape ratio	Complete grain
	X 1	X 2	X 3	X 4	X 5
X 1	<u>(0.63226)</u>	-1.06515	1.49631	-0.34258	-0.65339
X 2	-0.52003	<u>(1.29501)</u>	-3.00875	0.43439	1.05238
X 3	-0.25809	1.06294	<u>(-3.66563)</u>	0.26956	1.15044
X 4	0.57068	-1.48214	2.60333	<u>(-0.37955)</u>	-0.89186
X 5	-0.36570	1.20643	-3.73308	0.29965	<u>(1.12965)</u>
X 6	0.48577	-0.24204	-0.79691	-0.19019	-0.02813
X 7	0.12999	-0.61630	0.94757	-0.13144	-0.43638
X 8	0.06057	0.18635	-1.08796	0.00759	0.41040
X 9	-0.07650	-0.08573	-1.35408	0.01484	0.47705

Characters	1000 grain weight	Grain hull	Crude protein	Grain yield	Total
	X 6	X 7	X 8	X 9	Correlation
X 1	0.94622	-0.48706	-0.31838	-0.42308	-0.2149
X 2	-0.23018	1.12738	-0.47823	-0.23147	-0.5595
X 3	0.26774	0.61237	-0.98636	1.29163	-0.2554
X 4	0.61714	-0.82037	0.06647	-0.13672	0.1469
X 5	-0.03067	0.91513	-1.20737	1.47659	-0.3094
X 6	<u>(1.23157)</u>	-0.36150	-0.79893	0.65875	-0.0417
X 7	0.18794	<u>(-2.36895)</u>	1.70952	1.21505	0.6370
X 8	0.29607	1.21859	<u>(-3.32333)</u>	1.63184	-0.5999
X 9	0.23203	-0.82321	-1.55100	<u>(3.49655)</u>	0.3300

Note: Direct effects are presented in parentheses underlined along the diagonal

Total: Genetic correlation coefficients

그러나 收量은 粉狀質과 正의 遺傳相關關係에 있으며 直接效果가 間接效果에 比하여 크기 때문에 穀粒厚, 穀皮, protein等과 收量間의 負의 間接效果를 改善하여 粉狀質에 對한 收量의 直接效果를 더욱 增加시키는 것이 有利할 것으로 推測된다.

7. Protein에 對한 各 形質들의 直接效果와 間接效果

各 形質들이 protein에 미치는 直接效果와 間接效果를 分析하여 본 결과는 Table 8과 같다. 表에서 보는 바와 같이 穀粒厚와 收量은 protein에 對한 直接效果가 크고 이들은 各各($X_3 = -1.14031$), ($X_9 = 1.15308$)로서 影響을 미치는 方向이 달랐으며 다른 形質들은 大部分 間接效果가 큰 傾向이었다.

protein과 遺傳相關이 높았던 粉狀質($rg = -0.5999$)은 直接效果($X_6 = -0.26596$)가 낮았는데 이는 穀皮($X_7X_6 = -0.46365$), 穀粒長($X_1X_6 = -0.14326$)等과의 間接效果에 依하여 높은 遺傳相關을 맺고 있었던 것으로 思料되며 이들間의 負의 遺傳相關을 改善하기 爲하여는 收量($X_8X_6 = 0.38052$), 穀粒厚($X_3X_6 =$

0.29124)等과의 間接效果를 增加시킬 것이 期待된다.

Nilan²⁰⁾, 曾我·片山²⁰⁾等은 protein과 收量間에 負의 相關關係가 存在한다고 하였으나 本 試驗의 結果는 이들과 다른 傾向을 보였으며 이는 高蛋白 多收性品種의 育成을 爲한 努力에 依하여 이들의 關係가 多少 改善된 것으로 생각되며 冨²¹⁾의 報告에 依하면 Nikitenko는 U.S.S.R과 外國에서 導入한 品種中 500餘 組合의 雜種으로 品質分析을 한 結果 穀粒中의 protein과 收量間의 負의 相關을 除去할 수 있었고 釀造用과 主食用으로 區別할 수 있는 粒의 film(%)과 protein間에는 正의 相關 ($r = 0.81$)을 나타내고 있다고 하였다.

以上の 關係에서 본 바와 같이 protein의 選拔을 爲해서는 여기에 對하여 直接效果가 큰 收量($X_9 = 1.15308$)을 主로 하여 選拔하는 것이 가장 有利할 것으로 보여지나 收量은 polygene에 依하여 作用을 받는 量的 形質이기 때문에 이것을 選拔材料로 하기는 困難하며 穀粒厚($X_3X_9 = -0.42123$), 穀皮($X_7X_9 = -0.25293$)等과 收量間의 負의 間接效果를 改善하여 收

Table 8. Direct and indirect effects of each character for crude protein.

Characters	Grain length	Grain width	Grain thickness	Grain shape ratio	Complete grain
	X 1	X 2	X 3	X 4	X 5
X 1	<u>(0.66664)</u>	-0.33091	0.46547	-0.43982	-0.17636
X 2	-0.54831	<u>(0.40232)</u>	-0.93597	0.55769	0.28405
X 3	-0.27212	0.33022	<u>(-1.14031)</u>	0.34607	0.31052
X 4	0.60171	-0.46046	0.80985	<u>(-0.48728)</u>	-0.24073
X 5	-0.38558	0.37480	-1.16129	0.38471	<u>(0.30491)</u>
X 6	0.51218	-0.07519	-0.24790	-0.24418	-0.00759
X 7	0.13706	-0.19146	0.29477	-0.16875	-0.11779
X 8	-0.14326	-0.22510	0.29124	-0.07158	-0.09434
X 9	-0.08066	-0.02663	-0.42123	0.01905	0.12876

Characters	1000 grain weight	Grain hull	Grain meal	Grain yield	Total
	X 6	X 7	X 8	X 9	Correlation
X 1	0.14279	-0.14965	0.05715	-0.13952	0.0958
X 2	-0.03474	0.34639	0.14880	-0.07633	0.1439
X 3	0.04040	0.18815	0.06793	0.42595	0.2968
X 4	0.09313	-0.25206	-0.03907	-0.04509	-0.0200
X 5	-0.00463	0.28118	0.08229	0.48695	0.3633
X 6	<u>(0.18585)</u>	-0.11107	0.01109	0.21724	0.2404
X 7	-0.02836	<u>(-0.72787)</u>	-0.16942	0.40070	-0.5144
X 8	-0.00775	-0.46365	<u>(-0.26596)</u>	0.38052	-0.5999
X 9	0.03501	-0.25293	-0.08777	<u>(1.15308)</u>	0.4667

Note: Direct effects are presented in parentheses underlined along the diagonal.
 Total: Genetic correlation coefficients.

량의 直接效果를 增加시키는 同時에는 다른 形質들과의 間接效果를 期待하는것이 有利할 것으로 생각된다.

9. 收量에 對한 各 形質들의 直接效果와 間接效果

各 形質들이 收量에 미치는 影響을 Table 9에서 檢討하여 보면 直接效果는 穀粒厚($X_3=0.94112$), protein($X_9=0.88560$), 穀皮($X_7=0.64869$) 등의 順으로 높았으며 穀粒厚와 收量間의 遺傳相關은 낮았으나 直接效果는 가장 컸는데 이것은 穀粒幅($X_2X_3=-.27085$), 穀粒形成比率($X_3X_4=-0.33895$), 選粒比率($X_3X_5=-0.24139$) 등의 負의 間接效果에 依하여 遺傳相關이 낮았던 것으로 生覺되며 多收性 品種을 選拔하기 爲해서는 收量에 對하여 直接效果가 큰 穀粒厚를 材料로한 間接選拔이 有效할 것으로 보여 지는데 收量を 選拔하기 爲한 穀粒厚의 間接選拔은 또한 穀粒幅 穀粒形成比率, 選粒率, 穀皮等과의 間接效果에 依하여 收量에 負의 影響을 미치게 하는 結果가 되나 protein, 穀粒長等과 間接적으로 正의 影響을 미치며

또 이것은 直接效果가 크기 때문에 이들 負의 效果를 補完하는 結果가 되어 結果적으로는 多收性 品種의 選拔이 될 것으로 보인다.

收量은 大部分의 作物에서 育種의 目標가 되기 때문에 張⁷⁾, 李²⁸⁾等 많은 研究者들이 이 方法을 利用하여 選拔試驗을 하여 왔는데 曠⁹⁾의 報告에 依하던 India의 Tewari는 大麥 60品種을 利用하여 收量에 對한 關係를 보고자 徑路分析을 한 結果 穗長, 粒數, 千粒重이 收量에 對하여 正의 直接效果를 나타내었다고 하였으며 李²⁸⁾도 小麥을 材料로 한 結果에서 千粒重의 直接效果가 크다고 하였다. 그러나 本 試驗에서는 千粒重의 穀皮 등의 直比較的 낮은 傾向이고 穀粒厚, protein, 直接效果는 接效果가 큰 傾向을 보였는데 이러한 것은 調查形質의 差에 起因하는 것으로 생각되며 Table 5의 千粒重에 對한 直接效果는 穀粒厚가 가장 컸으며 收量에 對한 直接效果도 穀粒厚가 가장 큰 것을 關連시켜 보면 千粒重은 穀粒厚에 依하여 크게 作用을 받았던 것으로 보아 收量과 千粒重間의 關係를 찾아 볼 수 있을 것으로 생각된다.

Table 9. Direct and indirect effect of each characters for grain yield.

Characters	Grain length	Grain width	Grain thickness	Grain shape ratio	Complete grain
	X 1	X 2	X 3	X 4	X 5
X 1	<u>(-0.65240)</u>	0.27141	-0.38417	0.43077	-0.13710
X 2	0.53660	<u>(-0.32998)</u>	0.77247	-0.54622	-0.22082
X 3	0.26631	-0.27085	<u>(0.94112)</u>	-0.33895	-0.24139
X 4	-0.58886	0.37766	-0.66838	<u>(0.47726)</u>	0.18714
X 5	0.37735	-0.30741	0.95844	-0.37680	<u>(-0.23703)</u>
X 6	-0.50124	0.06167	0.20460	0.23915	0.00590
X 7	-0.13413	0.15704	-0.24328	0.16528	0.06156
X 8	0.41020	0.18462	-0.24036	0.07011	0.07334
X 9	-0.06250	-0.04748	0.27932	-0.00955	-0.08611

Characters	1000 grain weight	Grain hull	Grain meal	Crude protein	Total
	X 6	X 7	X 8	X 9	Correlation
X 1	-0.09575	0.13337	-0.04619	0.08484	-0.1210
X 2	0.02329	-0.20871	-0.12026	0.12744	-0.0662
X 3	-0.02709	-0.16769	-0.05490	0.26285	0.3694
X 4	-0.06245	0.22464	0.03158	-0.01771	-0.0391
X 5	0.00310	-0.25059	-0.06651	0.32174	0.4223
X 6	<u>(-0.12463)</u>	0.09899	-0.00896	0.21290	0.1884
X 7	-0.01902	<u>(0.64869)</u>	0.13692	-0.45555	0.3475
X 8	0.00520	0.41322	<u>(0.21495)</u>	-0.53127	0.3300
X 9	-0.02996	-0.33369	-0.12895	<u>(0.88560)</u>	0.4667

Note: Direct effects are presented in parentheses underlined along the diagonal
 Total: Genetic correlation coefficients

摘 要

麥酒麥의 育種에 있어서 穀粒形質의 效率的인 選拔資料를 얻고자 2條大麥 10品種을 供試하여 穀粒形質의 遺傳力, 遺傳的 獲得量, 相關關係, 徑路係數等을 統計 遺傳學的으로 分析한 結果를 要約하면 다음과 같다.

1. 穀粒形質들 중에서 穀皮(H=0.886), 粉狀質(H=0.848), 穀粒形成比率(H=0.823) 등은 遺傳力이 높고, 收量(H=0.526), 穀粒幅(H=0.420) 등은 遺傳力이 比較的 낮았다.

2. 期待되는 選拔效率은 穀皮(52.7%), 粉狀質(31.8%), 選粒率(23.0%), 등이 높고, 穀粒長(6.2%), 穀粒幅(3.7%), 穀粒厚(8.7%) 등이 낮았다.

3. 麥酒의 品質을 爲하여 選拔의 對象이되는 實用形質中 千粒重, 粉狀質 Protein間的 相關關係는 多少 有意性이 있었으나 穀粒形質과 收量間的 相關關係는 有意性이 없었다.

4. 千粒重, 穀皮 및 收量の 選拔은 이들에 對하여

直接效果가 큰 穀粒厚를 利用하여 間接的으로 選拔하는 것이 效率的인 것으로 보였다.

5. 粉狀質 및 Protein을 爲한 選拔은 穀粒厚, 穀皮等과 收量間的 負의 間接效果를 改善하고 收量の 直接效果를 向上시키는 것이 有利할 것으로 보였다.

引 用 文 獻

- 1) Baker, R.T., Bendelow, V.M., and Buchannon, K.W. 1968. Early generation inheritance of malting quality characters in a barley cross. *Crop Sci.* 8(4):446.
- 2) Bhamanchant, P., and Patterson, F.L. 1964. Association of morphological characters and lodging resistance in a cross involving Milford-type Oats. *Crop Sci.* 4:48-51.
- 3) Borthakur, D.N., and Poehlman, J.M. 1970. Heritability and genetic advance for kernel weight in barley. *Crop Sci.* 10(4):452.
- 4) 張 權烈. 1964. 大豆 育種에 있어서 選拔에 관한

- 實驗的研究. 晉州農大 研究論文集 3:1-26.
- 5) 張權烈·韓鏡秀·高美錫 1968. 高추의 優良系統 選拔에 關한 研究. 晉州農大 農業研究所報. 2:1-4.
 - 6) 張權烈·韓鏡秀·高美錫 1968. 高추의 優良系統 選拔에 關한 研究 II. 諸 形質間的 遺傳相關 晉州農大 農業研究所報. 2:5-8.
 - 7) 張權烈 1969. 大豆形質 相互間的 相關關係와 徑路係數 分析에 關한 研究. 晉州農大 農業研究所報 3:69-74.
 - 8) 張權烈 1969. 大豆 育種에 있어서 各 形質의 遺傳的 進展과 選拔效率. 晉州農大 農業研究所報, 3:75-82.
 - 9) 曹章煥 1975. 第3次 國際 大麥遺傳 symposium 概要. 農振廳 作物試驗場(海外學會參席歸國報告書).
 - 10) 鄭奎鎔 1975. 纖維用 亞麻(Linum Usitatissimum L.)의 育種에 關한 基礎的 研究. 韓作誌 19:95-96.
 - 11) Day, A.D., Dickson, A.D., Down, E.E., and Frey, K. J. 1955. Association between diastatic power and certain visible characteristics and heritability of diastatic power in barley. Agron. J. 47:163-165.
 - 12) Dewey, K.R., and Lu, K.H. 1959. A correlation and path-coefficient analysis of components of crested wheatgrass seed production. Agron. J. 51:515-519.
 - 13) Foster, A.E., Peterson, G.A., and Banasik, O.J. 1967. Heritability of factors affecting malting quality of barley, *Hordeum vulgare* L., emend Lam. Crop Sci. 7(6):611-612.
 - 14) Frey, K.J. 1954. Inheritance and heritability of heading date in barley. Agron. J. 46(5):226-228.
 - 15) Frey, K.J., and Horner, T. 1955. Comparison of actual and predicted gains in barley selection experiments. Agron. J. 47:186-188.
 - 16) Gotoh, K. 1963. Type inheritance and its implications in selection practices in soybeans. Japan, Breeding J. 13(2):69-75.
 - 17) 許溢, 1972. 일담배의 種類別 生態的 變異에 關한 研究, 韓作誌. 11(1):4-21.
 - 18) 石丸治登·宮川敏男. 1967. 徑路分析の方法. 九州 農試作況研究室.
 - 19) Johnson, H.W., Robinson, H.F., and Comstock, R.E. 1955. Estimate of genetic and environmental variability in soybeans. Agron. J. 47(7):314-318.
 - 20) Johnson, H.W., Robinson, H.F., and Comstock, R.E. 1955. Genetic and phenotypic correlation in soybeans and their implications in selection. Agron. J. 47(10):477-483.
 - 21) Johnson, G.R., and Frey, K.J. 1967. Heritabilities of quantitative attributes of Oats (*Avena* sp.) at varying level of environmental stress. Crop Sci. 7(1):43-47.
 - 22) 桐山毅·小西猛朗. 1956. 大麥の育種における 選拔效果に關する研究. I. 實用形質の遺傳力. 九州農試 彙報 4(2):219-224.
 - 23) 桐山毅·小西猛朗. 1957. 大麥の育種における 選拔效果に關する研究. II. 主要形質の遺傳力と遺傳相關およびそれらの育種への應用九州農試 彙報. 4(3):329-341.
 - 24) 金浩植. 1971. 醱酵工學. 鄉文社.
 - 25) 金垠椿. 1973. 무우의 種子 生産機構 分析. 慶北大 論文集. 17:27-29.
 - 26) 李正行. 1962. 참깨의 育種에 關한 基礎的 研究. 農事試驗 研報. 5:1-26.
 - 27) 李東佑 1971. 麥酒麥과 호프栽培. 화학사.
 - 28) 李東佑 1974. 小麥育種에 있어서 收量 및 收量構成形質의 選拔을 爲한 基礎的 研究. 韓作誌. 15:33-59.
 - 29) Mather, K. 1949. Biometrical genetics. Methuen and Co. Ltd. London
 - 30) Nilan, R.A. 1964. The cytology and genetics of barley 1951-1962. Monograph Suppl. No. 3, Washington Sta. Univ.
 - 31) 農林部 農業經營研究所 1972. 麥酒麥의 生産擴大可能性에 關한 檢討. 農業經濟 研究資料 第27號.
 - 32) Rasmusson, D.C., and Glass, R.L. 1965. Effectiveness of early generation selection for four quality characters in barley. Crop Sci. 5:389-391.
 - 33) Robinson, E.R, Comstock, R.E., and Harvey, P.H. 1951. Genotypic and phenotypic correlations in corn and their implications in selection. Agron. J. 43:282-287.
 - 34) Rodrigo, A.D., and Adams, M.W. 1972. A Path-coefficient analysis of some yield component interrelations in field beans. Crop Sci. 5:579-582.

- 35) Rutger, J.N., Schaller, C.W., Dickson, A.D., and Williams, J.C. 1966. Variation and covariation in agronomic and malting quality characters in barley. *Crop Sci.* 6(3):231-234.
- 36) 曾我義雄・片山正・1967. 暖地におけるビール麥の品質について. *四國農試 研報* 17:17-71.
- 37) Wallace, A.T., Middleton, G.K., Comstock, R. E., and Robinson, H.F. 1954. Genotypic variances and covariances of six quantitative characters in Oats. *Agron. J.* 46:484-488.
- 38) Wright, S. 1921. Correlation and causation. *Jour. Agr. Res.* 20(7)557-585.
- 39) Wright, S. 1960. Path coefficients and path regressions; alternative or complementary concepts. *Biometrics* 16:189-202.
1. Heritability estimates of grain hull, grain meal and grain shape ratio were 0.886, 0.848 and 0.823, respectively, showing higher values compared with those of grain yield, 0.526 and grain width, 0.420.
 2. Expected selection efficiencies of grain hull, grain meal, and complete grain were 52.7%, 31.8% and 23.0%, respectively, showing higher efficiency compared with those of grain length, 6.2%, grain width, 3.7% and grain thickness 8.7%.
 3. Significant correlations were to some extent observed among desirable characters closely associated with beer quality improvement, however correlations between grain yield and other characters were non-significant.
 4. Indirect selection, making use of grain thickness, seemed to be an effective method for 1,000 grain weight, grain hull and grain yield which were directly affected by grain thickness.
 5. Grain yield which had a direct effect on grain meal and protein content seemed to be an effective selection indicator for them, however a better method is expected upon improvement of indirect effects of grain hull and grain yield.

Summary

The study was conducted to attain the selection information on grain characters of malting barley. Heritability, expected genetic advances, correlations of each character, and path-coefficients of some important characters were estimated by the statistical genetic method. The results obtained are summarized as follows;