

## 보리 蛋白質의 特性和 地域間 變異

南重鉉\* · 李殷燮\* · 洪丙憲\* · 金基駿\*

### Quantity and Quality of Seed Protein and Its Regional Variation in Barley

Jung Hyun Nam\*, Eun Sup Lee\*, Byung Hee Hong\*\* and Ki Joon Kim\*\*\*

**ABSTRACT :** To breed good quality and high yielding varieties, and to evaluate quantity and quality of seed protein in barley, protein content of 139 cultivars, amino acid (AA) composition of 6 cultivars were analyzed.

Total protein contents of cultivars tested showed variation from 12.0 to 15.7% in covered barley, 9.2 to 15.4% in hulless barley and 11.4 to 15.9% in malting barley. Varietal mean protein contents of covered barley were higher than any other barley. Barley grains harvested from northern area showed higher protein contents than those from southern area. Relationship between protein content and heading date showed negative correlation in covered barley and no significantly different in malting and hulless barley.

Total amino acid (AA) showed variation from 9.51 to 11.47%, also essential amino acid (EAA) was 2.81 to 3.25%. Comparatively, percent of EAA was higher in hulless barley, but lower in covered barley. First limiting EAA was lysine, and other limiting EAAs were threonine and methionine in 6 barley cultivars tested.

보리는 주로 食糧으로 利用되던 것이 最近에는 食用, 酒精用, 麥芽用, 加工用 및 飼料用으로 用途가 多樣化되고 있다. 이에 따라 育種目標가 점차 多様な 用途에 適合한 良質 多收性 品種의 育成이 要求되고 있다.

보리에서 蛋白質은 다른 作物에서 보다 重要な 役割을 할 뿐만 아니라 近年에는 穀類品質 向上의 重要性이 강조됨에 따라 보리 蛋白質의 質과 量에 대한 研究가 主要 育種目標가 되고 있다.<sup>20</sup> 酒精用과 麥芽用, 加工用은 蛋白質 含量이 적어야 하고, 食用과 飼料用은 많아야 한다. 또한 麥芽用과 食用 飼料用에서는 質의인 面, 即 아미노酸 構成이 고려되어야 한다. 따라서 用途에 따른 蛋白質 量과 質에 對한 研究가 계속 수행되지 않으면 안된다.

보리에서 蛋白質 含量은 品種 및 栽培環境에 따른 變異를 보이는데<sup>16,25</sup> 캐나다에서는 8.0~18.4%의 品種間 變異와 11.6~14.9%의 地域間 變異가 있음을 報告하였다.<sup>4)</sup>

또한 必須 아미노酸 含量이 蛋白質의 質을 決定하

는 重要的 要因이 되고 있는데 이 또한 作物의 種類와 遺傳子型에 따라 큰 差異가 있음을 報告하였다.<sup>3,8,11)</sup>

蛋白質 含量에 대한 遺傳力은 Baker 등<sup>2)</sup>은 0.76으로 높다고 하였으나 Rutger 등<sup>22)</sup>은 0.38, Rasmusson 등<sup>21)</sup>은 0.00~0.23으로 遺傳力이 낮아 選拔效果가 적다고 하였고, Foster 등<sup>10)</sup>도 diallel cross 에 의한 分析에서 遺傳力이 0.02~0.27로 낮아 初期世代에서의 選拔效果가 적은 것으로 報告하였다.

高蛋白·高 lysine 品種育成을 爲한 試圖로서 美國 Washington 大學研究팀은 1970年 以來 蛋白質과 lysine 含量 增大를 위하여 Hiplory 品種과 高蛋白 品種 Risø 7로부터 high lysine 遺傳子를 有望品種에 導入코자 하였는 바 高蛋白 高 lysine 系統을 얻을 수 있었으나 普及品種을 얻는 데는 失敗하였는데 이들 遺傳子 導入의 難點은 이들 遺傳子 導入時 다른 農業形質에 바람직하지 못한 影響이 있음을 報告하였다.<sup>28)</sup> Tallberg<sup>27)</sup>, Walther<sup>29)</sup>

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

\*\* 高麗大學校 (Korea University, Seoul 136-701, Korea)

\*\*\* 建國大學校 (Konkuk University, Seoul 133-701, Korea)

은 高 lysine 또는 高蛋白과 shrunken endosperm 胚乳 또는 低收量성과 連關이 되어 있으며 이들 遺傳子들은 完全히 分離되지 않는다 고 하였다.

보리에서 高 lysine 은 劣性單因子에 의해 支配되며 高蛋白도 完全히 遺傳的이며<sup>13)</sup>, high lysine 變異體는 적어도 8개의 다른 遺傳子座에 의해 支配되며 染色體 1, 5, 6, 7番에 各各 2個의 座에 位置함을 報告하였다.

보리의 蛋白質 含量과 收量성과는 負의 相關이 있으며,<sup>14,30)</sup> 蛋白質 含量과 千粒重과도 負의 相關이 있음을 報告한 바 있다.<sup>12,22)</sup>

用途別 蛋白質 含量에 對하여 Welch (1981)<sup>30)</sup>는 世界 보리 生産의 50%가 飼料用으로 利用되므로 이때 重要한 것이 蛋白質 含量이나 뚜렷한 高蛋白 品種이 未開發되었음을 指摘하였다. 또한 麥酒麥에서는 蛋白質 含量이 높으면 原麥의 浸麥時間이 길어지고 Extract도 減少하며 麥芽의 分解가 不均一하므로 全體的인 麥芽品質을 低下시킨다 고 하였으며<sup>14)</sup> 麥芽와 麥酒의 質에도 影響하므로 가장 重要視됨을 強調하였다.<sup>15)</sup> Ablett<sup>1)</sup>은 캐나다에서 原麥은 蛋白質 含量이 13.5% 以下, 美國에서는 6條 大麥은 13.5%, 2條 大麥은 13.0% 以下로 規定하고 가장 바람직한 범위는 6條 大麥 10.0~12.5%, 2條 大麥 9.0~12.0%라고 하였다.

窒素와 品質과의 關係를 보면 窒素의 增施에 따라 蛋白質 含量은 增加되며 Extract 量을 減少시키므로써 어느 水準 以上の 窒素供給은 原麥品質을 低下시키는 데,<sup>33)</sup> 이때 hordein의 增加比率이 높아지고 其他 蛋白質의 增加는 낮다 고 하였다.<sup>7)</sup> 張<sup>5)</sup>은 原麥의 總蛋白質에서 hordein C는 26~33%, hordein B는 10~12%라 하였는데 總蛋白質이 增加함에 따라 hordein C는 直線的으로 增加하나 hordein B는 거의 一定하다고 하였다.

本 研究은 보리品種에 對한 種實 蛋白質의 變異, 品種別 氨基酸 組成 및 蛋白質 含量의 地域의 變異와 農業形質과의 關係를 檢討하여 그 結果를 報告한다.

### 材料 및 方法

本 研究은 蛋白質 含量의 品種間 變異와 農業形質과의 關係를 究明하기 爲하여 보리 139 品種 및 系統을 1989年 栽培 收穫하여 蛋白質 含量을 調査하였다. 또한 蛋白質 含量의 地域間 變異를 究明하기

爲하여 겉보리는 울보리와 水原 238號를 水原, 淸州, 大田, 晉州에서, 쌀보리는 늘쌀보리와 水原 236號를 水原, 大田, 裡里, 晉州, 光州에서, 麥酒보리는 泗川6號와 水原 246號를 水原, 晉州, 光州, 濟州에서 各 地方의 標準栽培法으로 栽培 收穫한 種實이고, 氨基酸 組成은 겉보리, 쌀보리, 麥酒보리 모두 晉州에서 收穫한 種實을 使用하였다.

蛋白質 含量 分析에는 Near infrared spectrophotometer를 利用하였으며 氨基酸 定量은 乾燥된 粉末試料 30mg을 試驗管에 넣고 6N HCl을 混合한 後 眞空狀態로 만들어 밀봉하여 110℃에서 24時間 加水分解시킨 후 rotary evaporator를 利用하여 減壓 乾燥시킨 것을 sodium citrate buffer로 溶解하여 氨基酸 分析器로 定量하였다.

農業形質의 調査는 農事試驗研究 調査基準에 따라 調査하였다.

## 結果 및 考察

### 1. 蛋白質 含量의 品種間 差異

本 研究에서 調査한 蛋白質 含量은 그림 1에서와 같이 겉보리는 12.0~15.9%, 쌀보리는 9.2~15.4%, 麥酒보리는 11.4~15.9% 범위를 보였다. 이는 보리 種實 蛋白質 含量의 品種間 差異가 크다는 것을 뜻하며 既存의 報告<sup>4, 16, 25, 26)</sup>와 一致하였다.

蛋白質 含量을 平均으로 보면 겉보리 品種들이 쌀보리나 麥酒보리 品種들 보다 높았고 麥酒보리 品種들이 13.6%로 가장 낮았는데 이는 麥酒보리의

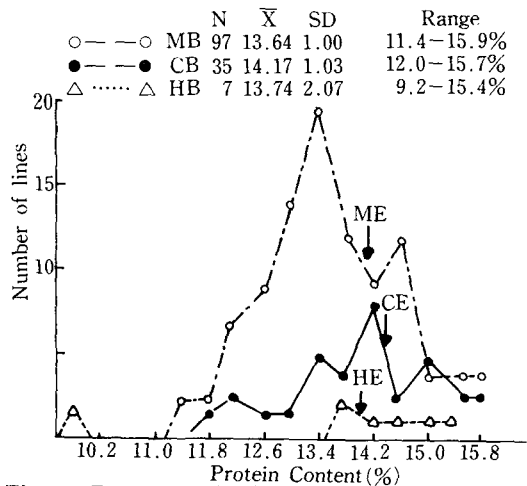


Fig. 1. Frequency distribution of protein content on covered (CB), hullless (HB), and malting (MB) barleys (Suwon 1989).

蛋白質含量이 낮은 것이 浸麥時間도 짧고 extract도 좋으며 麥芽分解가 均一하여 좋다는 報告<sup>6,14)</sup>에 依하면 他麥種보다 蛋白質含量이 낮은 것이 麥芽用으로 利用時 有利한 것으로 判斷된다.

## 2. 栽培地域에 따른 蛋白質 含量의 變異

麥種別 栽培地域에 따른 蛋白質 含量의 變異는 表 1에서와 같다.

供試된 3麥種 모두 同一한 品種이라 하더라도 栽培地域에 따라 蛋白質 含量은 큰 變異를 보여 鷓보리는 10.2~14.4%, 粟보리는 10.4~15.1%, 麥酒보리는 9.3~14.3%의 變異를 보였다.

全體의으로 3麥種에서 麥種內 品種間 差異보다도 地域間 變異가 컸는데 北部地方에서 栽培된 것의 蛋白質 含量이 南部地方에서 栽培된 것보다 높았으며 이러한 傾向은 麥酒보리와 粟보리에서 水原과 南部地方에서 差異가 크게 나타났다. 粟보리중 光州에서 栽培된 品種의 蛋白質 含量의 大田, 裡里, 晉州에서 生産된 品種의 것보다 높았는데 이는 좀더 면밀한 檢討가 必要하다고 判斷된다. 또한 蛋白質 含量의 地域에 따른 變異는 登熟期의 溫度條件이 큰 影響을 미치며 溫度 以外에도 施肥法, 土壤肥沃度 및 栽培方法 等の 差異에 依하여 나타날 수 있는 것으로 생각되며 表 1에서 나타난 地域間 蛋白質 含量의 變異는 栽培環境의 綜合的인 差異에 起因된 것이라고 보는 것이 合理的이다. 以上에서 蛋白質 含量의 品種 및 栽培環境에 의한 變異는 앞서 研究된 Konzak 등<sup>16)</sup>, Shrewry 등<sup>25)</sup>의 報告와 一致하였다. 또한 蛋白質 含量이 낮은 것이 麥芽로 活用時 有利한 麥酒보리가 南部地方에서 栽培되고 있는 것은 多幸한 栽培的 措處라 할 수 있다.

## 3. 아미노酸 組成의 麥種 및 品種間 差異

보리의 麥種 및 品種間 아미노酸 組成을 알아보기 위하여 1989년 晉州에서 栽培된 鷓보리, 粟보리, 맥주보리 각 2品種씩을 供試한 아미노酸 分析結果는 表 2와 같다.

鷓보리인 울보리와 水原 238號, 粟보리인 늘쌀보리와 水原 243號는 同一 麥種內에서 總아미노酸 含量과 必須아미노酸 含量 및 組成의 差異가 적었으며 麥酒보리에서는 컸다. 總아미노酸 含量과 必須아미노酸 含量은 亦是 맥주보리인 水原 246號가 各各 11.5%와 32%로 많았고 泗川6號가 各各 9.2와 2.9%로 가장 적었는데 蛋白質 含量은 水原 243號 10.4%, 늘쌀보리 9.9%, 泗川6號 10.5%, 水原 246號가 10.6% 順이었던 것과는 對照를 보였다. 아미노酸 組成에서도 品種에 따라서 glutamic acid가 全體 아미노酸의 24~31%를 차지해 가장 많았고 methionine이 가장 적었다. 必須아미노酸比率에서는 水原 246號는 30.5%, 泗川6號는 24.4%로 麥酒보리에서 品種間 차이가 컸다. 必須아미노산의 標準構成에 比하여 크게 不足되는 制限아미노산<sup>9)</sup>은 品種에 따라서 약간의 變異가 있긴 하지만 lysine, methionine, threonine 等이었다. 이와같은 結果는 國內 既存報告<sup>17,20)</sup>와 대체적으로 일치되는 것인데 맥주보리의 아미노酸 組成이 鷓보리나 粟보리보다 더 좋은 편에 屬했다는 것이 本 研究의 特異한 結果라 할 수 있다.

## 4. 蛋白質含量과 農業形態과의 關係

蛋白質 含量과 農業形質間의 關係는 表 3에서 보는 바와 같다. 蛋白質 含量과 出穗期 또는 穗當粒數와는 鷓보리 品種들에서는 負의 相關이 認定되었으나 粟보리와 맥주보리에서는 有意성이 없었다. Liter重 및 收量과는 3麥種 모두 一樣성이 없었으

Table 1. Regional variations of the protein content on barley cultivars.

Classification	Cultivar	Suwon	Cheongju	Taejeon	Iri	Jinju	Kwangju	Jeju
Covered barley	Olbori	12.6	12.3	10.6		10.7		
	SW 238	14.4	11.6	11.3		10.2		
	$\bar{X}$	13.5	11.9	11.0		10.5		
Hulless barley	Neulssal			11.5	11.0	9.9	12.6	
	SW 243	15.1		11.7	11.9	10.4	12.8	
	$\bar{X}$	15.1		11.7	11.8	10.2	12.7	
Malting barley	Sacheon6	14.3				10.5	9.9	9.3
	SW 246					10.3	9.7	8.0
	$\bar{X}$	14.3				10.4	9.8	8.7

**Table 2.** Amino acid (AA) composition of barley grains of six cultivars

Amino acid	Amino acid g/100g sample					
	Covered barley		Hulless barley		Malting barley	
	Olbori	SW238	Neussal	SW243	Sacheon 6	SW246
Threonine	0.28	0.29	0.29	0.31	0.27	0.29
Valine	0.55	0.54	0.57	0.63	0.62	0.62
Methionine	0.12	0.12	0.14	0.13	0.08	0.14
Isoleucine	0.27	0.27	0.32	0.29	0.31	0.34
Leucine	0.82	0.77	0.83	0.89	0.75	0.83
Phenylalanine	0.51	0.53	0.59	0.60	0.55	0.63
Lysin	0.26	0.29	0.34	0.40	0.30	0.36
Aspartic acid	0.59	0.57	0.69	0.62	0.56	0.63
Serine	0.16	0.18	0.15	0.20	0.16	0.17
Glutamic acid	2.61	2.71	3.30	3.02	2.24	3.50
Proline	0.88	0.80	1.18	1.04	0.82	1.13
Glycine	0.35	0.32	0.42	0.40	0.34	0.41
Alanine	0.18	0.20	0.21	0.21	0.19	0.26
Tyrosine	0.24	0.26	0.28	0.28	0.27	0.28
Histidine	0.12	0.15	0.14	0.19	0.13	0.15
Arginine	0.62	0.65	0.63	0.70	0.62	0.65
Ammonia	0.95	0.93	1.01	1.01	0.95	1.06
Total	9.51	9.58	11.09	10.97	9.16	11.47
Essential AA	2.81	2.81	3.08	3.25	2.88	3.21
% essential AA	29.5	29.3	27.8	29.6	31.4	28.0

※ SW : Suwon

**Table 3.** Correlation coefficients estimated between protein and agronomic characters.

Correlation coefficients	Covered barley	Hulless barley	Malting barley
Protein content between			
Heading date	-0.405*	0.002	0.002
No. of spikes per m <sup>2</sup>	0.099	-0.302	-0.146
No. of kernels per spike	-0.259	-0.529*	0.379
Weight of kernels on the 2.0mm screen	-0.497*	-0.232	0.054
Liter weight	0.216	-0.247	-0.109
1,000 grain weight	0.393	0.460*	0.186
Yield	-0.104	0.043	0.039

며, 千粒重과는 正의 相關을 보였는데 특히 쌀보리에서는 有意性이 認定되었다.

Persson<sup>19)</sup> 및 Welch<sup>30)</sup> 등은 蛋白質 含量과 收量과는 負의 相關을 나타낸다고 하였으나 본 結果

에서는 뚜렷한 傾向을 確認할 수 없었으며 蛋白質 含量과 千粒重과의 關係에서 Johnson 등<sup>12)</sup>, Rutter 등<sup>21)</sup>의 結果와 一致하지는 않았는데 이는 地域의인 條件 即 土壤 肥沃度 氣象 및 栽培法에 起因

**Table 4.** Variation of protein contents in isogenic lines for maturity of Calbori and Dongbori 1

(Suwon : 1989)

Cultivar	Protein content in isogenic lines for maturity (%)		
	Early	Medium	Late
Calbori	15.5	15.7	13.5
Dongbori 1	15.7	15.6	15.7

된 것으로 생각된다.

또한 걸보리인 찰보리와 동보리 1호에서 選拔한 早熟, 中熟, 晩熟인 isogenic line 들의 熟期에 따른 蛋白質 含量의 變異는 表 4에서 보는 바와 같다. 찰보리는 早熟系統이 晩熟系統에 비해 蛋白質이 낮았는데 동보리 1號는 그와 同一하지는 않았는데 이는 이미 說明한 表 3에서 蛋白質 含量과 出穗期와의 相關이 負의 有意性(-0.405\*)이 있음을 再確認할 수 있었다.

以上的 結果에서 蛋白質의 量과 質은 品種間 地域間 變異가 크므로 良質 多收性 品種育成<sup>13, 16)</sup>을 위하여는 用途(麥酒用-低蛋白, 食用, 飼料用 및 加工用-高蛋白 및 高必須아미노酸)에 따른 蛋白質의 量과 質을 規定하여 育種目標에 맞는 育種的 努力과 栽培適地를 選定하여 育種 및 栽培의 措置를 취함으로써 良質 多收性 品種의 育成이 可能하다 하겠다.

### 摘 要

보리 良質 多收性品種 育成을 위하여 蛋白質 含量의 品種別, 地域別 變異, 品種別 아미노산組成 및 蛋白質 含量과 農業形質과의 關係를 究明하여 蛋白質이 量과 質을 改善할 수 있는 基礎資料를 얻고자 遂行한 研究結果를 要約하면 다음과 같다.

1. 보리의 蛋白質 含量은 걸보리 12.0~15.7%, 쌀보리 9.2~15.4%, 맥주보리 11.4~15.9% 範圍의 變異를 보이고, 걸보리 品種이 맥주보리나 쌀보리 品種들 보다 높았다.
2. 보리중 必須아미노酸 含量은 쌀보리가 麥酒보리, 걸보리에 비해 높았다.
3. 蛋白質 含量은 栽培地域에 따라 큰 變異를 보였는데 3麥種 모두 中部地方에서 生産한 것이 南部地方에서 生産한 것보다 높았다.
4. 蛋白質 含量과 出穗期와의 關係는 걸보리에서는 有意性 있는 負의 相關을 보였으나 쌀보리, 맥주보리에서는 뚜렷한 傾向이 없었다.
5. 찰보리 및 동보리 1호의 속기 isogenic line을 이용하여 熟期에 따른 蛋白質 含量의 變異를 調査한 結果 早熟이 晩熟보다 蛋白質 含量이 높은 便이었다.

### 引 用 文 獻

1. Ablett, G.R. 1983. Breeding for malting quality in barley (*Hordeum vulgare*). Colloquium in Genetics, Cytogenetics and Plant Breeding 29-625.
2. Baker, R.J., V.M. Bendelow, and K.W. Buchannon. 1968. Early generation inheritance of malting quality characters in a barley cross. *Crop Sci.* : 446-448.
3. Bates, L.S. and E.G. Heyne. 1980. Proteins in food and feed grain crops. *Crop Quality, Storage, and Utilization* : 95-111, ASA.
4. Canadian barley. 1981. Canadian Grain Commission Grain Research Laboratory. *Crop Bulletin* 152 1-14.
5. Chang, H.S. 1986. Influence of  $\beta$ -glucan and hordein protein content on the malt quality of malting barley. M.S. Thesis Kyungbuk Nat'l Univ 1-25.
6. Cho, C.H., J.H. Nam, E.S. Lee, and B.H. Hong. 1982. Comparison of growth, yield and malting quality characters of two row and six row barley. *Korean J. Crop Sci.* 27(1) : 41-48.
7. Doekes, G.J. and L.M. J. Wennekes. 1982. Effect of nitrogen fertilization on quality and composition of wheat flour protein. *Cereal Chem.* 59(4) : 276-278.
8. Eggum, B.O. 1984. Evaluation of the protein quality of cereal mutants. *Cereal grain protein improvement* : 347-355.
9. FAO/WHO. 1973. Energy and Protein requirements. Report of a joint FAO/WHO ad hoc expert committee, FAO. Rome.
10. Foster, A.E., G.A. Peterson, O.J. Banasik. 1967. Heritability of factors affecting malting quality of barley. *Crop Sci.* 7 : 611-613.
11. Harpstead, D.D. 1983. Breeding for improved nutritional quantity of Crops. *Crop Breeding* : 255-270. ASA.
12. Johnson, L.P.V. and R. Aksel. 1964. The inheritance of malting quality and agronomic characters in a diallel cross of barley. *Can. J. Genet.*

- Cytol. 6 : 178-200.
13. 하용웅 · 이은섭 · 남중현 · 송현숙 · 홍병희 · 조장환. 1988. 맥류품질연구 현황과 전망. 한작지 33(별호) : 18-38.
  14. Hockett, E.A. and D.M. Wesenfero 1979. Response of agronomic and barley quality traits to nitrogen fertilizer, Can. J. Plant Sci., 59 : 831-837.
  15. Hunter, H. 1962. The science of malting barley production. In "Barley and Malt : Biology, Biochemistry, Technology." (A.H. Cook ed.) pp. 25-44.
  16. Konzak, C.F. and G.L. Rubenthaler. 1984. Breeding high yielding, high protein spring wheats. Cereal grain protein improvement : 129-144.
  17. 이종숙 · 김성근 · 김춘수 · 조만희. 1983. 겉보리 및 살보리의 무기질과 아미노산 함량. 한국식품과학회지 15(1) : 90-92.
  18. 이홍석 · 이용호. 1977. 보리의 품질 및 식미개선에 관한 연구. 1보. 단백질 함량의 품종간 차이와 그의 변이. 한작지 22(1) : 1-6.
  19. Persson, G. 1989. Methods for the genetic improvement of quality and quantity in barley. IAEA. Cereal Grain Protein Improvement. 105-110.
  20. 박훈 · 양차범. 1976. 피맥품종별 정맥중 아미노산 조성. 한국식품과학회지 8(3) : 129-135.
  21. Rasmusson, D.C., and R.L. Glass. 1965. Effectiveness of early generation selections for four quality characters in barley. Crop Sci. 5 : 389-391.
  22. Rutger, J.N., C.W. Schaller and A.D. Dickson. 1967. Variation and Covariation in agronomic and malting quality characters in barley. I. Heritability estimates. Crop sci. 6 : 231-34.
  23. Reisenauer, H.M., and A.D. Dickson. 1961. Effects of nitrogen and sulfur fertilization on yield and malting quality of barley. Agronomy Journal Vol 53-2 : 192-195.
  24. Scholz, F. 1984. Some results with cross-bred descendants of induced high protein mutants in barley. IAEA. Cereal grain protein improvement. 111-116.
  25. Shewry, P.R., S.W.J. Bright, S.R. Burgess, and B.J. Mifflin. 1984. Approaches to improving the nutritional quality of barley seed proteinins. Cereal grain protein improvement : 227-239.
  26. 신현국 · 김영상 · 배성호 · 김재욱. 1980. 한국산 맥주맥의 품질특성에 관한 연구. 한농화지 23(3) : 150-155.
  27. Tallberg, A. 1984. Biochemical and genetic characterization of lysine genes and their utilization in breeding barley for improved grain protein. IAEA. Cereal Grain Protein Improvement. 205-214.
  28. Ullrich, S.E., A. Kleinhofs, C.N. Coon., and R.A. Nilan. 1984. Breeding for improved protein in barley. IAEA. Cereal Grain Protein Improvement. 93-104.
  29. Walther, H. 1984. Advances in protein improvement of spring barley by mutation breeding based on a quantitative genetic approach with integrated selection for protein content, lysine content and grain yield. IAEA. Cereal Grain Protein Improvement. 37-58.
  30. Welch, R.W., K.Njoroge. and R.M. Habogood. 1981. Selection for increased grain protein production in barley. Barley Genetics IV. 271-277.