

氣象要素에 따른 호프(*Humulus lupulus* L.)의 收量 및 α -Acid 含量 豫測 模型에 關한 研究

II. α -Acid 含量 豫測 模型

朴 景 烈*

Modeling for Predicting Yield and α -Acid Content in Hop (*Humulus lupulus* L.) from Meteorological Elements

II. A Model for Predicting α -Acid Content

Kyeong Yeol Park*

ABSTRACT

The hop alpha-acid content prediction model developed with meteorological elements in Hoeongseong was $\hat{Y} = 28.369 - 0.003X_1 + 1.588X_2 - 1.953X_3 - 0.335X_4 - 0.003X_5 - 0.119X_6$, with MSEp of 0.004, Rp² of 0.9987, Rap² of 0.9949 and Cp of 7.00.

The total sunshine hours(X_1), the maximum temperature(X_3) and the total precipitation(X_5) at flowering stage, the maximum temperature at flower bud differentiation stage(X_4) and the maximum temperature at cone ripening stage(X_6) influenced on hop alpha-acid content as decrement weather elements. The maximum temperature at cone development stage(X_2) effected on α -acid content as increment weather element.

緒 言

麥酒는 香이 진하고 상쾌하며 부드러운 맛을 내는 aroma 系統과 香은 比較的 낮은 쓴맛이 強하게 持續되는 bitter 系統이 있는데 現在 우리 나라에서는 外國과 技術提携로 生産되는 것 外에는 모두 bitter 系統이다. bitter 系 麥酒는 대체로 α -acid 含量으로 釀造의 質을 調節하므로 호프 乾花의 生産量에 따른 α -acid 含量은 매우 重要하다.

Keller et al.¹²⁾은 軟樹脂 含量으로 호프를 評價하였으며 釀造價値는 lupulin 의 量과 質에 있다고 하였고, α -acid 含量과 β -acid 含量, 總 軟樹脂 含量과의 關係에 대하여 Keller & Magee¹³⁾는 서로

相關이 낮고 有意성이 없으며 同一 品種의 個體間에 收量差가 있을 경우라도 主要 化學的 品質 特性의 變異는 없다고 하였다. 그러나 Likens et al.¹⁵⁾은 雌雄 호프 腺의 α -acid 含量과 β -acid 含量間에는 負의 相關이 있으며 α -acid 含量은 毬花의 lupulin 量과 質에 關係가 깊다고 하였으며, Brooks⁴⁾는 total hop acid 와 α -acid 및 β -acid 含量間에는 有意한 正 相關이 있고 β -acid 含量은 毬花 重과 正의 相關이 있으며 腺의 數는 開花日과 關係가 깊다고 하였다. Lyashenko¹⁶⁾도 total resin 과 α -acid 含量은 正의 相關이 있다고 하였다.

호프의 品質은 品種에 따라 差異가 크나^{5, 9, 20, 22, 23)} 同一 品種으로 同一 土壤條件과 栽培方法으로 栽培한다 하더라도 氣象條件의 變化에 따라 品質이

* 京畿道 農村振興院(Kyonggi Provincial Rural Development Administration, Hwasong 445-970, Korea)

<88. 5. 2. 接受>

다르게 나타나고 있다. 16, 20, 24, 26, 27, 29)

朴等²⁰⁾은栽培地標高에 따른 α -acid 含量的의 差異는 없었으나栽培年度에 따른 年次間差異는 크다고 報告하였다. 그러므로 호프 發育期間 동안 氣象要素의 變化에 따른 α -acid 含量 變化의 豫測模型을 作成하므로써 호프 需給政策의 基礎資料로 提供하고, α -acid 生成에 關與하는 發育段階의 氣象要素를 究明하고자 本 研究를 遂行하였다. 끝으로 農家收買 호프의 α -acid 分析資料를 提供하여준 斗山農産株式會社에 감사드리는 바이다.

材料 및 方法

本 研究는 1978年부터 1986年까지 江原道 橫城地域의 農家에서 生産된 호프의 α -acid 含量을 중심으로 檢討하였다.

供試 品種은 Hallertau 이며 栽植密度는 3.6m × 1.5m (185 株 / 10a), 10a 當 施肥量은 N-P₂O₅-K₂O를 29-32-37 kg 施用하였으며 其他는 호프 栽培指導指針에 따라 栽培되었다.

α -acid 含量은 收買時 需要會社가 試料를 採取 分析한 成績의 年平均值를 利用하였으며, 分析은 Spectrophotometric methods에 準據하여 乾穗花 試料中 α -acid 를 benzene 으로 抽出하여 Spectromic 21 UVD型(Bausch & Lomb社 製品) Spectrophotometer로 吸光度를 測定하였다.

氣象資料는 橫城에 隣接한 中央 氣象台 原州 測候所의 資料를 利用하여 表 1과 같이 호프의 發育段階를 區分한 後 生育段階의 最高氣溫, 最低氣溫, 氣溫日較差는 日平均值, 日照時數와 降水量은 合計值를 使用하였다.

豫測模型의 作成은 α -acid 含量과 各 發育段階別 氣象要素를 AGRISP (VAX 11/785)로 分析하였다.

Table 1. Growth and developmental stage of hop.

Period	Growth and developmental stage
May 21 through June 20	Flower bud differentiation
June 11 through July 10	Flowering
July 1 through July 31	Cone development
July 21 through August 20	Cone ripening

變數의 選擇은 α -acid 含量을 從屬變量 Y로 하고 Y에 影響을 미치는 호프 發育期의 各 氣象要素를 獨立變量 X로 하여 20個의 獨立變量 가운데 P個를 選擇하여 Y의 變化를 重回歸式으로 表現하여 說明하고자 stepwise 方法을 利用하여 6個의 變量을 選擇한 後 ALLREG 方法에 再入力 處理하여 變數選擇의 判定基準인 MSEp^{1,6,11,14)}, Rp^{2 21)}, Rap^{2 19,21)}, Cp^{2,3,10,17,28)}를 利用하여 α -acid 含量 豫測의 最適 Model을 作成하였다.

結果 및 考察

1. 最適 回歸模型 作成

호프 α -acid 含量에 影響하는 發育段階別 氣象要素를 究明하고 이들 氣象要素의 變化에 따른 α -acid 含量을 豫測하고자 花芽分化期부터 穗花成熟期까지 4段階의 生育期에 대하여 各 生育段階別 最高氣溫, 最低氣溫, 氣溫日較差, 日照時數 그리고 降水量 등 5個의 氣象要素를 適用 20個의 獨立變量을 說定 stepwise 方法으로 變數를 選擇하였던 바 6段階에서 花芽分化期의 最高氣溫, 開花期의 最高氣溫, 日照時數 그리고 降水量, 穗花形成期의 最高氣溫, 穗花成熟期의 最高氣溫 등 6個의 氣象要素가 호프의 α -acid 含量에 影響을 크게 미치는 氣象要素로 選擇되었다.

stepwise에서 選擇된 獨立變量을 “모든 可能한 回歸(all possible regression; ALLREG)” 方法에 入力 處理하여 最適 回歸模型 判定基準을 檢討한 結果는 表 2와 같다.

MSEp와 Cp의 값이 가장 적고 Rp²과 Rap²이 가장 큰 값은 獨立變數 p=1의 경우는 開花期의 日照時數, p=2의 경우는 穗花形成期의 最高氣溫과 開花期의 最高氣溫, p=3의 경우는 穗花形成期의 最高氣溫, 開花期의 最高氣溫 그리고 花芽分化期의 最高氣溫, p=4의 경우는 前述한 p=3의 경우와 開花期의 降水量, p=5의 경우는 前述한 p=4의 경우와 開花期의 日照時數, p=6의 경우는 前述한 p=5의 경우와 穗花成熟期의 最高氣溫을 選擇할 수 있었는데, 以上の 獨立變數 p=1에서 p=6까지에서는 p=6의 獨立變數를 選擇하는 것이 MSEp=0.004, Cp=7.0으로 어느 境遇보다 가장 낮고 Rp²=0.9987, Rap²=0.9949로 가장 높으므로 最適回歸로 判定되었다.

Table 2. All possible regression analysis for predicting α -acid content in hop from meteorological element.

R SQUARE	ADJ. R SQUARE	MSE	Cp VALUE	PSS	EQUATION*
0.1853	0.0689	0.668	1.281.375	6.736	Y = F(1)
0.1037	-0.0243	0.735	1.410.162	8.662	Y = F(2)
0.0023	-0.1402	0.818	1.570.304	8.822	Y = F(3)
0.1330	0.0091	0.711	1.363.977	9.083	Y = F(4)
0.0030	-0.1395	0.818	1.569.276	8.968	Y = F(5)
0.0309	-0.1075	0.795	1.525.097	13.504	Y = F(6)
0.4845	0.3126	0.493	810.995	4.694	Y = F(1, 2)
0.2645	0.0193	0.704	1.158.383	8.395	Y = F(1, 3)
0.3158	0.0877	0.655	1.077.388	8.856	Y = F(1, 4)
0.1859	-0.0854	0.779	1.282.376	9.618	Y = F(1, 5)
0.2724	0.0298	0.696	1.145.894	7.873	Y = F(1, 6)
0.6389	0.5186	0.346	567.125	5.131	Y = F(2, 3)
0.2456	-0.0058	0.722	1.188.087	10.133	Y = F(2, 4)
0.1055	-0.1926	0.856	1.409.336	18.170	Y = F(2, 5)
0.1085	-0.1886	0.853	1.404.574	23.232	Y = F(2, 6)
0.1361	-0.1518	0.827	1.360.999	11.002	Y = F(3, 4)
0.0056	-0.3259	0.952	1.567.123	12.704	Y = F(3, 5)
0.0582	-0.2558	0.901	1.484.119	16.555	Y = F(3, 6)
0.1587	-0.1218	0.805	1.325.428	13.087	Y = F(4, 5)
0.2264	-0.0314	0.740	1.218.441	12.617	Y = F(4, 6)
0.0310	-0.2921	0.927	1.527.056	17.143	Y = F(5, 6)
0.6828	0.4925	0.364	499.819	7.739	Y = F(1, 2, 3)
0.6300	0.4079	0.425	583.277	5.052	Y = F(1, 2, 4)
0.5170	0.2272	0.555	761.677	9.794	Y = F(1, 2, 5)
0.4946	0.1914	0.580	796.999	10.284	Y = F(1, 2, 6)
0.3881	0.0209	0.703	965.220	9.939	Y = F(1, 3, 4)
0.2646	-0.1767	0.845	1.160.177	12.683	Y = F(1, 3, 5)
0.2974	-0.1242	0.807	1.108.420	21.142	Y = F(1, 3, 6)
0.3325	-0.0680	0.767	1.052.955	13.891	Y = F(1, 4, 5)
0.5046	0.2074	0.569	781.132	12.545	Y = F(1, 4, 6)
0.2803	-0.1515	0.827	1.135.332	15.792	Y = F(1, 5, 6)
0.8579	0.7727	0.163	223.312	3.407	Y = F(2, 3, 4)
0.8252	0.7203	0.201	274.977	2.188	Y = F(2, 3, 5)
0.7293	0.5669	0.311	426.388	12.078	Y = F(2, 3, 6)
0.2497	-0.2005	0.862	1.183.656	20.825	Y = F(2, 4, 5)
0.2536	-0.1939	0.857	1.177.200	22.985	Y = F(2, 4, 6)
0.1094	-0.4249	1.023	1.405.189	34.747	Y = F(2, 5, 6)
0.1632	-0.3389	0.961	1.320.316	16.261	Y = F(3, 4, 5)
0.3019	-0.1169	0.802	1.101.212	14.062	Y = F(3, 4, 6)
0.0590	-0.5055	1.081	1.484.728	22.257	Y = F(3, 5, 6)
0.2327	-0.2276	0.881	1.210.474	19.279	Y = F(4, 5, 6)
0.8869	0.7738	0.162	179.606	3.578	Y = F(1, 2, 3, 4)
0.8530	0.7059	0.211	233.178	3.196	Y = F(1, 2, 3, 5)
0.7545	0.5089	0.352	388.698	25.714	Y = F(1, 2, 3, 6)
0.6358	0.2716	0.523	576.044	11.529	Y = F(1, 2, 4, 5)
0.6334	0.2667	0.526	579.919	14.920	Y = F(1, 2, 4, 6)
0.5217	0.0433	0.687	756.257	14.468	Y = F(1, 2, 5, 6)
0.3964	-0.2072	0.866	954.029	15.553	Y = F(1, 3, 4, 5)
0.5070	0.0139	0.708	779.473	32.816	Y = F(1, 3, 4, 6)
0.3038	-0.3925	0.999	1.100.317	31.033	Y = F(1, 3, 5, 6)
0.5047	0.0093	0.711	783.113	34.303	Y = F(1, 4, 5, 6)
0.9636	0.9273	0.052	58.411	1.060	Y = F(2, 3, 4, 5)
0.8746	0.7493	0.180	198.947	6.305	Y = F(2, 3, 4, 6)
0.9005	0.8009	0.143	158.161	4.861	Y = F(2, 3, 5, 6)
0.2569	-0.4862	1.067	1.174.275	37.921	Y = F(2, 4, 5, 6)
0.3044	-0.3911	0.999	1.099.271	21.004	Y = F(3, 4, 5, 6)
0.9843	0.9580	0.030	27.846	1.305	Y = F(1, 2, 3, 4, 5)
0.8976	0.7270	0.196	164.627	12.270	Y = F(1, 2, 3, 4, 6)
0.9151	0.7736	0.163	137.057	11.861	Y = F(1, 2, 3, 5, 6)
0.6400	0.0400	0.689	571.436	48.135	Y = F(1, 2, 4, 5, 6)
0.5070	-0.3147	0.944	781.462	66.226	Y = F(1, 3, 4, 5, 6)
0.9838	0.9567	0.031	28.615	1.087	Y = F(2, 3, 4, 5, 6)
0.9987	0.9949	0.004	7.000	0.238	Y = F(1, 2, 3, 4, 5, 6)

*1: Total sunshine hours at flowering stage.

2: Mean maximum air temperature at cone development stage.

3: Mean maximum air temperature at flowering stage.

4: Mean maximum air temperature at flower bud differentiation stage.

5: Total precipitation at flowering stage.

6: Mean maximum air temperature at cone ripening stage.

2. α -acid 含量 豫測模型의 評價

發育期間中の 氣象要素 變化에 따른 α -acid 含量 豫測模型式과 各 獨立變數의 t 값은 表 3 과 같다. 最適 回歸式은 $\hat{Y} = 28.369 - 0.003 X_1 + 1.588 X_2 - 1.953 X_3 - 0.335 X_4 - 0.003 X_5 - 0.119 X_6$ 으로 X_1 은 開花期의 日照時數, X_2 는 毬花形成期의 最高氣溫, X_3 은 開花期의 最高氣溫, X_4 는 花芽分化期의 最高氣溫, X_5 는 開花期의 降水量, X_6 은 毬花成熟期의 最高氣溫으로 各 獨立變數의 回歸에 대한 t 값은 X_1 과 X_6 은 5%, X_2, X_3, X_4 그리고 X_5 는 1%의 有意性이 認定되었다.

1978년부터 1986년까지의 年平均 α -acid 含量 範圍는 5.13~7.52% 이었고 9個年 平均値는 6.44%이었으며 標準偏差는 0.847 이었다.

橫城地域 호프의 年平均 α -acid 含量의 實測値와 豫測模型에 依하여 算出된 豫測値 및 그 殘差는 表 4 와 같다. 實測値에 대한 異常値를 스트르트化 殘差와 標準化 殘差로 檢定한 結果 $t(1; 0.025) = 12.706$ 보다 큰 값이 없었으므로 異常値는 없었다.

Table 3. The estimates of parameter obtained from ALLREG for predicting hop α -acid content.

Variable*	Regression coefficient	Standard error	95% confidence limits		T value
			Lower	Upper	
Intercept	28.369	1.256	22.966	33.772	22.594**
X_1	-0.003	0.001	-0.006	0.000	-4.860*
X_2	1.588	0.057	1.343	1.833	27.865**
X_3	-1.953	0.082	-2.306	-1.600	-23.800**
X_4	-0.335	0.029	-0.460	-0.209	-11.492**
X_5	-0.003	0.000	-0.004	-0.002	-12.634**
X_6	-0.119	0.025	-0.226	-0.012	-4.780*

* X_1 : Total sunshine hours at flowering stage.

X_2 : Mean maximum air temperature at cone development stage.

X_3 : Mean maximum air temperature at flowering stage.

X_4 : Mean maximum air temperature at flower bud differentiation stage.

X_5 : Total precipitation at flowering stage.

X_6 : Mean maximum air temperature at cone ripening stage.

Table 4. Residual analysis of the actual and predicted hop α -acid content in Hoengseong, Korea.

Year	α -acid content(%)			Studentized residual	Standardized residual	Cooks D(i)
	Actual	Predict	Residual			
1978	5.7800	5.8260	-0.0460	-0.7620	-1.4118	0.6925
1979	6.2100	6.2041	0.0059	0.0985	0.3137	0.1285
1980	5.7000	5.6856	0.0144	0.2388	1.1309	3.9135
1981	7.3500	7.3249	0.0251	0.4164	0.6126	0.0624
1982	6.0900	6.0705	0.0195	0.3299	0.9215	0.8668
1983	5.1300	5.1330	-0.0030	-0.0503	-0.4421	2.1273
1984	7.1300	7.0945	0.0355	0.5880	0.7872	0.0702
1985	7.5200	7.5714	-0.0514	-0.8524	-1.3807	0.4420
1986	7.0700	7.0700	0.0000	0.0002	0.0011	0.0000

또한 本 回歸에 影響을 크게 준 測定値는 Cooks⁸⁾ 統計量을 利用하여 檢定한 結果 $D(i) \geq F(k+1, n-k-1; 0.05)$ 로 $F(7, 2; 0.05) = 4.74$ 이므로 $D(i)$ 値가 4.74 보다 크거나 같은 값이 없었으므로 α -acid 含量 豫測模型式에 있어서 影響을 크게 준 測定値는 없었다. 1978년부터 1986년까지 9個年 동안의 α -acid 含量 豫測模型式은 不偏性에 準하여 實測値와 豫測値가 거의 一致되어 殘差의 範圍는 -0.0514~0.0355로 매우 적었으며 그 가운데 殘差가 가장 컸던 年度는 1985年 이었으며, 回歸 方程式의 F 檢定値는 $F = 262.824$ 로 高度의 有意性이 있었다.

3. α -acid 含量과 氣象要素 解析

回歸에 選擇된 氣象要素를 호프의 生育段階別로 分析하여 보면 橫城 地域의 氣象은 花芽分化期인 5月 21日부터 6月 20日까지의 最高氣溫은 낮아야 하고, 開花期인 6月 11日부터 7月 10日까지는 最高氣溫이 낮고 日照時數와 降水量은 적어야 하며,

穂花形成期인 7월 1일부터 7월 31일까지의 최고氣溫은 높고, 穂花成熟期인 7월 21일부터 8월 20일까지의 최고氣溫이 낮을 때 α -acid 含量이 높아지는 것으로 나타났다.

Thomas²⁵⁾는 遮光하면 α -acid 含量이 減少된다고 하였고, Meneret & Svinareff¹⁸⁾는 穂花成熟期の日照時數는 重要하나 地域에 따라서는 降水量이 많을 때 α -acid 含量이 높아진다고 하였다. Thomas & Farrar²⁷⁾도 乾燥하고 가물은 해는 適當한 土壤水分이 最大의 α -acid 를 生成한다고 하여 日照時數와 土壤水分의 重要性을 指摘하였고, Lyashenko¹⁶⁾는 穂花形成期和 穂花成熟期 中間의 降水量과 平均氣溫이 苦味物質과 化學成分의 蓄積에 多少 影響이 있다고 하였다.

그런데 Thomas²⁶⁾는 α -acid 含量이 5월 24일에서 6월 21일까지의 平均氣溫과 高度의 正 相關이 있으며 8월의 穂花成熟期 中間 氣溫과 日照時數는 두번째로 重要하다고 하였으나 Burgess⁷⁾는 8월의 氣溫이 α -acid 含量 增加에 影響이 크다고 하였고, 朴 等²⁰⁾은 α -acid 含量과 旬別 氣象要素間에는 7월 下旬의 平均氣溫, 最高氣溫 그리고 日照時數와는 正 相關이 있고 降水量과는 負의 相關이 있다고 하였지만 Smith²⁴⁾는 8월의 溫度가 α -acid 含量 生成에 重要한 要素이나 호프의 品種은 各 最適溫度가 있고 이보다 높거나 낮으면 α -acid 含量이 減少된다고 報告하므로써 α -acid 含量에 대한 8월의 溫度 重要도를 달리하고 있으며 品種間 溫度 反應의 相異性을 示唆하였다.

以上에서와 같이 α -acid 含量에 影響하는 時期別 氣象要素가 報告者에 따라 相異하게 나타나고 있는 것은 品種이나 그들 品種이 栽培되고 있는 地域의 氣象 環境 差異에 起因된 것으로 보이며 本研究의 α -acid 含量 豫測模型으로 볼 때 우리 나라는 대체로 7월을 除外한 호프 發育期間 中間의 最高氣溫이 높을수록 α -acid 含量의 減少는 크게 나타나므로 이 期間의 最高氣溫이 낮은 해 일수록 α -acid 含量은 增加될 것으로 생각된다.

摘 要

本 研究는 호프 主産地인 江原道 橫城에서 호프 發育期 中間의 氣象要素 變化에 따른 α -acid 含量 豫測模型을 作成하고, α -acid 生成에 關與하는 氣象要素를 究明하고자 1978년부터 1986년까지 9個

年 間의 年平均 α -acid 含量과 發育段階別 氣象要素를 分析 檢討한 結果는 다음과 같다.

1. α -acid 含量 豫測을 위하여 選擇된 氣象要素는 花芽分化期(5월 21일~6월 20일)의 最高氣溫, 開花期(6월 11일~7월 10일)의 最高氣溫, 日照時數 그리고 降水量, 穂花形成期(7월 1일~7월 31일)의 最高氣溫, 穂花成熟期(7월 21일~8월 20일)의 最高氣溫이었다.

2. 開花期의 日照時數(X_1), 開花期의 最高氣溫(X_3), 花芽分化期の 最高氣溫(X_4), 開花期의 降水量(X_5), 그리고 穂花成熟期の 最高氣溫(X_6)은 α -acid 含量의 減少에 影響을 주었고, 穂花形成期の 最高氣溫(X_2)은 α -acid 含量 增加에 影響을 주었다.

3. α -acid 含量 豫測의 重線型 回歸模型은 $\hat{Y} = 28.369 - 0.003 X_1 + 1.588 X_2 - 1.953 X_3 - 0.335 X_4 - 0.003 X_5 - 0.119 X_6$ 로 $MSE_p = 0.004$, $R_p^2 = 0.9987$, $Rap^2 = 0.9949$, $C_p = 7.00$ 이었다.

引 用 文 獻

1. Allen, D.M. 1971. Mean square error of prediction as a criterion for selecting variables. *Technometrics* 13(3) : 469-495.
2. Atkinson, A.C. 1981. A comparison of two criteria for the design of experiments for discriminating between models. *Technometrics* 23(3) : 301-305.
3. Barkerville, J.C. and J.H. Toogood. 1982. Guided regression modeling for prediction and exploration of structure with many explanatory variables. *Technometrics* 24(1) : 9-17.
4. Brooks, S.N. 1962. Association of quality characters in flowers of male hops. *Crop Sci.* 2 : 192-196.
5. _____, C.E. Horner, S.T. Likens and C.E. Zimmermann. 1972. Registration of Cascade hop. *Crop. Sci.* 12 : 394.
6. Bunke, O. and B. Droge. 1984. Estimators of the mean squared error of prediction in linear regression. *Technometrics* 26(2) : 145-155.
7. Burgess, A.H. 1964. Hop. botany, cultivation and utilization. *World Crop Books*. Leonard Hill, London. 300p.

8. Cook, R. Dennis. 1977. Detection of influential observation in linear regression. *Technometrics* 19(1) : 15-18.
9. Haunold, A., G.B. Nickerson and S.T. Likens. 1983. Yield and quality potential of hop, *Humulus lupulus* L. *ASBC J.* 41(2) : 60-63.
10. Hocking, R.R. 1976. The analysis and selection of variables in linear regression. *Biometrics* 32 : 1-49.
11. _____ and R.N. Leslie. 1967. Selection of the best subset in regression analysis. *Technometrics* 9(4) : 531-540.
12. Keller, K.R., D.E. Bullis and R.A. Magee. 1950. The use of soft resin content for evaluating hops, *Humulus lupulus* L. *Agron. J.* 42 : 492-494.
13. _____ and R.A. Magee. 1954. The Effect of application rates of nitrogen, phosphorus, and potash on some chemical constituents in two varieties of hops. *Agron. J.* 46 : 388-391.
14. LaMotte, L.R. and R.R. Hocking. 1970. Computational efficiency in the selection of regression variables. *Technometrics* 12(1) : 83-93.
15. Likens, S.T., G.B. Nickerson, A. Haunold, and C.E. Zimmermann. 1978. Relationship between alpha acid, beta acids, and lupulin content of hops. *Crop Sci.* 18 : 380-386.
16. Lyashenko, N.I. 1980. Biochemical changes in hop cones during formation and ripening. *Hort. Abs.* 50(5) : 308.
17. Mallows, C.L. 1973. Some comments on Cp. *Technometrics* 15(4) : 661-675.
18. Meneret, G. and Svinareff. 1956. Les houblons de la recolte 1955. *Brasserie* 119 : 205-216.
19. Montgomery, D.C. and E.A. Peck. 1982. Introduction to linear regression analysis. John Wiley & Sons, New York. 504p.
20. 朴景烈·李東右·閔仁基. 1987. 홉프의 栽培 環境과 開化後 日數에 따른 α -acid 含量變化. *韓作誌* 32(1) : 97-102.
21. 朴聖炫. 1981. 回歸分析. 大英社. 서울 654p.
22. Roberts, D.D., W.E. Kronstad and A. Haunold. 1980. Genetic variability and association of maturity, yield, and quality characteristics of female hops. *Crop Sci.* 20 : 523-527.
23. Romanko, R.R., Joy Jaeger, Gail B. Nickerson and C.E. Zimmermann. 1979. Registration of Galena hop. *Crop Sci.* 19 : 563.
24. Smith, L.P. 1970. The effect of temperature on the quality of hops. Department of Hop Research, Wye College. Annual Report for 1969 : 47-60.
25. Thomas, G.G. 1977. Crop physiology. The years work. Department of Hop Research, Wye College. Annual Report for 1976 : 18-21.
26. _____. 1980. Weather factors controlling the alpha-acid content of hops(*Humulus lupulus* L.) *Journal of Horticultural Sci.* 55(1) : 71-77.
27. _____. and R.F. Farrar. 1977. Field experimentation. The year's work. Department of Hop Research, Wye College. Annual Report for 1976 : 10-17.
28. Young, A.S. 1982. The bivar criterion for selecting regressions. *Technometrics* 24(3) : 181-189.
29. Zattler, F. and J. Jehl. 1962. On the influence of atmospheric conditions on yield and quality of the hops in the Hallertau in the period 1926-1961. *Hopfen-Rubdschau* 13(5) : 61-64.