

主成分分析을 利用한 水稻의 生長解析

韓元植*·蔡永岩**

Principal Component Analysis for the Growth Data of Rice

Weon Sik Hahn* and Yeong Am Chae**

ABSTRACT

Principal component analysis was used for analyzing growth data to know the relationship between growth characteristics and yield as well as its components. The first principal component accounted for average time of the specific leaf area sampled, leaf area index, and dry weight, and the second component for the position of the changing point of growth characteristics. The component scores were more affected by the nitrogen level than variety. Yield were affected by fertility ratio and number of spikelets per hill which have close relation with the component score of leaf area index and dry weight per hill.

緒 言

水稻의 收量과 收量을 構成하는 要素들은 그 品種이 가지는 遺傳의 特性과 栽培環境 및 이들 相互作用에 依하여 決定되며 특히 生長過程의 生育特性과 密接한 關係가 있다고 할 것이다.

그러나 植物體 生長過程의 時系列의 生育特性들은 大部分 生體의 파괴에 依해서만 測定이 可能하므로 變異가 甚하고 標本數의 擴大가 어려워서 統計的 方法으로 여러가지 生育特性들과 이들의 綜合產物인 收量 및 收量構成要素와의 關係를 統計的 方法으로 解析하는데 많은 어려움이 있다. 또한 그간 生長解析에 關한 數理, 統計의 應用도 大部分 生長모델과 生長率의 比較에 關한 것이 大部分 이며^{3,6,8,11)} 生長特性과 收量 및 收量構成要素와의 關係를 分析한 것은 거의 없는 實情이다. 따라서 本 研究에서는 生長過程에서 생기는 時系列 데이터를 主成分 分析을 利

用하여 生長特性에 대한 綜合特性值을 求하고⁹⁾ 이들과 收量 및 收量構成要素와의 關係를 求하여 보다 明確한 相互間의 關係를 究明하고자 하였다.

材料 및 方法

本 研究에서는 1979 年에 서울大學校 農村大學에서 遂行한 水稻의 生長解析試驗의 데이터를 使用하였는데⁹⁾ 供試品種은 日本型品種인 早神力, 八達, 振興과 遠緣交雜種인 統一, 密陽 23 等 5 品種을 10 a 當 窒素水準 0, 12, 18 kg 水準에서 亂塊法으로 栽培하여 6 月 21 日로부터 1 週 間隔으로 葉厚(Specific Leaf Area; SLA), 葉面積指數(Leaf Area Index; LAI), 株當乾物重(Total Dry Weight; TDW) 등 生長特性을 反復當 3 株씩 2 反復에서 總 6 株의 平均을 調査하였으며 株當穗數(Number of Panicles per Hill; NPH), 穗當粒數(Number of Grains per panicle; NGP), 稔實比率(Fertility Ratio; FER), 正租

* 農村振興廳(Rural Development Administration)

** 서울大學校 農科大學(Dept. Agronomy, College of Agriculture, Seoul National University, Suwon 170, Korea) <1986. 2.22. 接受>

1,000粒重(1,000 Grain Weight; GRW) 등 收量構成要素 및 收量(株當正粗重)(Grain Yield per Hill; YLD)은 反復當 18株로 하여 36株의 平均을 調査하였다. 統計分析은 主成分分析法을 使用하여 時期를 變量으로 보고 生長特性에 對한 綜合特性值를 導出한 후 이들과 收量 및 收量構成要素와의 關係를 分析하였다.

結果 및 考察

1. 主成分의 導出

主成分分析法을 使用하여 時期를 變量으로 보고 主成分을 導出하였는데 第3主成分까지의 分析結果를 보면(表 1, 表 2) 葉厚에서는 第3主成分까지 總情報의 65.2%, 葉面積指數에서는 第3主成分까지 89.9%, 株當乾物重에서는 第3主成分까지 90.5%의 情報를 나타내었다. 各 生育特性別로 보면 葉厚에서 第1主成分은 全期間 特히 第4~11週까지의 벡터 및 相關係數가 正方形으로 크게 나타난 것으

Table 1. Eigen vector and value of each growth characteristics.

Week	SLA			LAI			TDW		
	Z1	Z2	Z3	Z1	Z2	Z3	Z1	Z2	Z3
1	0.278	-0.267	-0.148	0.249	-0.263	-0.417	0.244	-0.502	-0.056
2	0.067	-0.292	0.293	0.261	-0.275	-0.277	0.253	-0.316	-0.263
3	0.087	-0.519	0.009	0.272	-0.083	-0.103	0.266	-0.134	-0.114
4	0.201	-0.519	0.088	0.278	-0.186	0.064	0.281	0.048	-0.199
5	0.279	-0.180	-0.114	0.285	-0.124	0.106	0.285	-0.034	-0.003
6	0.391	-0.002	0.059	0.261	-0.340	0.155	0.269	0.072	-0.110
7	0.352	-0.032	0.191	0.271	-0.242	0.195	0.275	0.170	-0.225
8	0.314	-0.044	-0.278	0.279	0.016	0.165	0.278	0.154	0.004
9	0.292	0.232	0.319	0.268	0.053	-0.112	0.268	-0.169	0.002
0	0.304	0.221	-0.147	0.271	0.088	0.010	0.255	-0.028	0.440
11	0.276	0.347	0.018	0.250	0.143	0.415	0.231	0.415	-0.225
12	0.048	0.063	0.614	0.253	0.179	-0.170	0.255	0.050	-0.226
13	0.321	0.203	-0.030	0.249	0.329	0.331	0.248	0.368	0.335
14	0.235	-0.019	-0.051	0.195	0.413	-0.556	0.219	-0.417	0.336
15	0.057	0.048	-0.500	0.217	0.531	1.047	0.236	0.179	0.552
Eigen value	5.329	2.605	1.849	11.468	1.119	0.902	11.764	1.055	0.770
Contribution	35.523	17.370	12.323	76.452	7.459	6.016	78.425	7.030	5.006
Cumulative contribution	35.523	52.893	65.216	76.452	83.911	89.927	78.425	85.455	90.552

Table 2. Correlation between variable and component.

Week	SLA			LAI			TDW		
	Z1	Z2	Z3	Z1	Z2	Z3	Z1	Z2	Z3
1	0.643	-0.431	-0.201	0.841	-0.278	0.396	0.836	-0.515	-0.048
2	0.155	-0.472	0.298	0.883	-0.291	0.263	0.868	-0.325	-0.230
3	0.201	-0.837	0.012	0.922	-0.087	0.098	0.913	-0.138	-0.099
4	0.463	-0.837	0.119	0.943	-0.198	0.061	0.964	0.049	-0.174
5	0.645	-0.290	-0.157	0.964	-0.131	0.100	0.978	-0.035	-0.020
6	0.902	-0.003	0.080	0.883	-0.360	0.147	0.923	0.177	-0.157
7	0.812	0.051	0.260	0.918	-0.256	0.185	0.943	0.174	-0.196
8	0.726	-0.070	-0.379	0.943	0.016	0.157	0.953	0.158	0.073
9	0.673	0.374	0.434	0.908	0.056	0.107	0.919	-0.173	0.010
10	0.702	0.356	-0.200	0.917	0.093	0.010	0.874	-0.028	0.349
11	0.638	0.560	0.025	0.845	0.151	0.394	0.793	0.426	-0.223
12	0.110	0.102	0.835	0.857	0.190	0.161	0.876	0.051	-0.223
13	0.740	0.327	-0.041	0.842	0.348	0.315	0.850	0.378	0.292
14	0.541	-0.031	-0.070	0.662	0.437	0.528	0.751	-0.429	0.301
15	0.131	0.077	-0.680	0.734	0.561	0.044	0.808	0.183	0.446

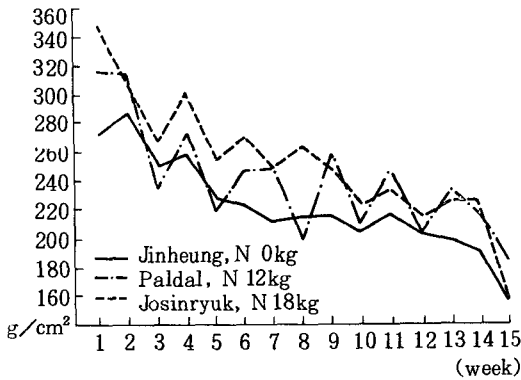


Fig. 1. Change of specific leaf area with time.

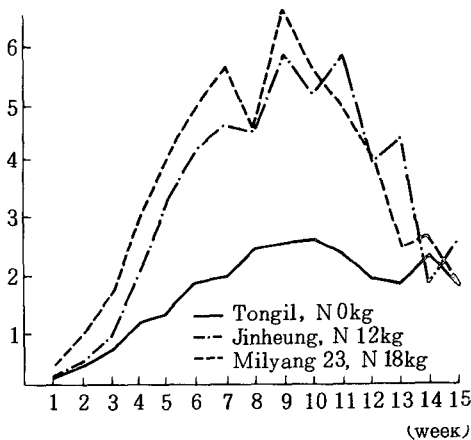


Fig. 2. Change of leaf area index with time.

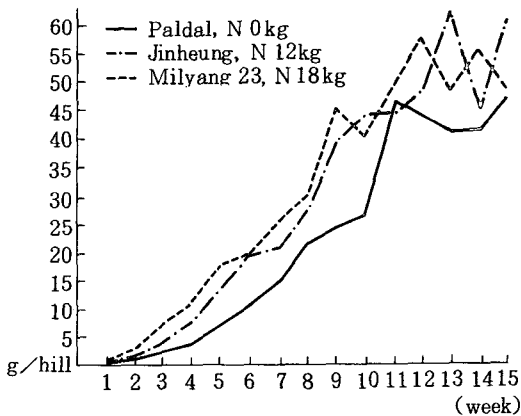


Fig. 3. Change of total dry weight with time.

로 보아 全期間 特히 生育中期의 葉厚의 平均的 大小를 表示한다고 할 수 있고(그림 1) 第2主成分은 第1~4週의 벡터와 9~13週의 벡터 및 相關係數

가 比較的 크나 그 부호가 반대이므로 葉厚의 變化의 位置를 表示한다고 할 수 있을 것이다. 한편 第3主成分은 부호와 계수의 크기에 一定한 경향이 없어 特性을 解析하는데 明確하지 않고 그 寄與率도 낮았다. 또 葉面積指數를 보면 第1主成分은 全期間의 平均的 葉面積指數를 表示한다고 할 수 있고 第2主成分은 1~7週는 負, 8~15週는 正으로 부호가 역시 반대인 것으로 보아 最大 葉面積指數의 位置를 表示한다고 볼 수 있겠다. 그리고 第3主成分은 역시 一定한 경향이 없어 特性을 해석하기는 어려웠고 寄與率도 6%로서 대단히 낮았다. 다음으로 株當乾物重을 보면 第1主成分은 벡터 및 相關係數가 역시 全期間 비슷하여 葉厚 및 葉面積指數에서와 같이 全期間에 걸친 平均的 乾物重의 大小를 表示한다고 볼 수 있다. 第2主成分은 1~2週의 係數가 相對的으로 커서 生育初期의 生長特性을 表示한다고 할 수 있으며 第3主成分은 10~15週의 係數가 큰 것으로 보아 生育後期の 特性과 함께 變化의 位置를 表示한다고 볼 수 있다. 그러나 第2, 第3主成分의 寄與率은 各各 7.0, 5.1%로서 葉面積指數에서와 같이 역시 낮았다.

2. 生育特性에 對한 主成分스코아

各 要因의 水準에 對한 生育特性을 表示하기 爲하여 分析한 主成分스코아 및 이들의 平均과 分散分析 結果를 보면(表 3, 表 4, 表 5) 葉厚의 第1主成分에서는 窒素水準間 差異는 없었고 品種間 差異만 有意성이 있는 것으로 나타났는데 早神力이 主成分스코아가 컸고 振興이 제일 작았다. 이는 그림 1에서 볼 수 있듯이 生育中期(4~11週)에 있어서 早神力이 振興(N 0 kg)에 비하여 平均的 葉厚가 큼을 나타낸다고 할 수 있다. 品種別 平均을 보면 振興과 統一이 스코아가 작고 早神力, 八達, 密陽 23號는 스코아가 커서 平均的 葉厚가 큼을 알 수 있었다. 또 生育葉厚變化의 位置를 表示하는 第2主成分에서는 品種 및 窒素水準間의 差異가 모두 有意하였는데 品種別로는 振興이 가장 컸고 早神力이 가장 작아서 역시 相反된 生育特性을 나타내었다. 이를 綜合하면 葉厚의 平均的 大小는 品種間 差異에 따라 달라지며 變化의 位置는 品種과 窒素水準 모두에 依하여 영향을 받는 것으로 解析할 수 있을 것이다. 또 葉面積指數의 分析結果를 보면 第1, 第2主成分에서 窒素水準間 差異만 有意하게 나타났는데 이는 全期間에

결친 葉面積指數의 大小나 最大 葉面積指數의 位置가 供試된 品種間 差異보다도 窒素 施肥量의 영향을 많이 받는 것으로 解析할 수 있을 것이다.

品種別로 보면 第1主成分에서 統一이나 密陽 23 號 等 遠緣交雜種이 日本型品種에 比하여 主成分스코아가 높아서 全期間의 平均的 葉面積이 큰 生育特性을 나타내었고 最大 葉面積指數의 位置를 表示하는 第2主成分에서는 窒素水準이 높을수록 스코아가 작아짐으로서 窒素施用의 增加에 따라 最大 葉面積

이 큰 生育特性을 나타내었고 最大 葉面積指數의 位置를 表示하는 第2主成分에서는 窒素水準이 높아질수록 스코아가 작아 짐으로서 窒素施用의 增加에 따라 最大 葉面積指數 도달 期間이 단축된다는 것을 알 수 있었는데 그 程度는 統一과 密陽 23 號 等 遠緣交雜種이 日本型 品種보다 대체적으로 큰 것으로 나타났다. 株當 乾物重을 보면 平均的 乾物重의 大小를 表示하는 第1主成分스코아는 역시 窒素水準의 有意差異만 나타나서 窒素施肥量의 影響을 많이

Table 3. Component score of each treatment level.

Nitrogen level	Variety	SLA			LAI			TDW		
		Z1	Z2	Z3	Z1	Z2	Z3	Z1	Z2	Z3
0 kg	Josinryuk	0.229	-1.350	0.280	-0.617	1.534	0.240	-0.633	0.514	1.439
	Paldal	0.275	-0.552	-0.503	-0.670	1.738	0.624	-0.695	0.964	1.503
	Jinheung	-0.967	0.930	-0.247	-0.709	1.815	0.163	-0.643	0.318	1.393
	Tongil	-0.715	0.035	0.297	-0.724	1.898	0.103	-0.678	0.503	1.569
	Milyang 23	0.109	-0.958	-0.245	-0.638	1.633	0.104	-0.675	0.555	1.454
12 kg	Josinryuk	0.821	-1.001	0.547	0.338	-0.936	0.555	0.215	0.539	-0.548
	Paldal	-0.090	0.577	0.440	0.200	-0.428	-0.166	0.156	-0.447	-0.110
	Jinheung	-0.540	1.247	-0.362	-0.168	0.438	0.583	-0.059	0.408	0.201
	Tongil	-0.009	0.763	0.040	0.545	-1.511	-1.116	0.628	-0.510	-1.352
	Milyang 23	0.415	-0.338	-0.043	0.479	-1.321	-0.205	0.380	-1.145	-1.015
18 kg	Josinryuk	0.843	-1.025	0.263	0.362	-1.033	0.171	0.288	0.140	-0.684
	Paldal	0.424	0.113	0.047	0.440	-1.200	-0.455	0.382	-0.693	-0.893
	Jinheung	-0.516	1.019	-0.373	0.201	-0.481	-0.189	0.305	-0.434	-0.699
	Tongil	-0.387	0.608	-0.096	0.422	-1.041	-0.473	0.534	-0.696	-1.140
	Milyang 23	0.108	-0.068	-0.046	0.542	-1.106	0.063	0.496	-0.026	-1.119

Table 4. Analysis of variance for the component score.

SV	df	SLA			LAI			TDW		
		Z1	Z2	Z3	Z1	Z2	Z3	Z1	Z2	Z3
Nitrogen	2	0.172	0.557**	0.060	1.709**	11.202**	0.242	1.681**	1238**	8.268**
Variety	4	0.807**	2.122**	0.194	0.056	0.367	0.288	0.039	0.382	0.201
Error	8	0.059	0.046	0.062	0.021	0.174	0.165	0.019	0.247	0.128
Total	14									

** , * Significant at 1 %, 5 %, level respectively.

Table 5. Mean of the component score of each factor.

Factor	Level	SLA			LAI			TDW		
		Z1	Z2	Z3	Z1	Z2	Z3	Z1	Z2	Z3
Variety	Josinryk	0.631	-1.125	0.363	0.027	-0.145	0.322	-0.043	0.397	0.069
	Paldal	0.203	0.046	-0.005	-0.010	0.037	0.001	-0.052	-0.055	0.166
	Jinheung	-0.674	1.065	-0.327	-0.225	0.590	0.186	-0.132	0.097	0.298
	Tongil	-0.370	0.469	-0.080	0.081	-0.218	-0.495	0.161	-0.567	-0.308
	Milyang 23	0.211	-0.455	-0.111	0.128	-0.265	-0.013	0.067	0.128	-0.227
Nitrogen	0 kg	-0.213	-0.379	-0.084	-0.672	1.723	0.247	-0.665	0.571	1.472
	12 kg	0.119	0.249	-0.041	0.279	-0.752	-0.069	0.264	-0.229	-0.565
	18 kg	0.094	0.129	0.124	0.393	-0.972	-0.177	0.401	-0.342	-0.907

받고 供試된 品種間에는 有意差가 없는 것으로 나타났다.

한편 第2, 第3 主成分도 窒素水準間 差異만 있었고 品種間 差異는 有意하지 않는 것으로 나타났는데 第2主成分에서는 질소 12kg 에서의 統一이 제일 작았고 질소 0kg 에서의 八達이 제일 컸으며 第2主成分은 질소 12kg 에서 統一이 제일 컸고 질소 0kg 수준에서는 各 品種 供히 비슷하였다. 이상으로 보아 질소 水準 增加에 따라 最大 乾物重의 도달시간은 有意性 있게 단축되며 이러한 結果는 질소 0kg 水準에서는 별로 차이가 없으나 12kg, 18kg으로 増施함에 따라 品種間 差異가 현저하게 나타나는 것으로 解析할 수 있을 것이다.

3. 主成分스코아와 收量 및 收量構成要素와의 關係

生育特性을 表示하는 主成分스코아와 收量 및 收量構成要素와의 關係를 보면(表 6) 株當穗數는 葉厚의 主成分과는 正의 相關을 보였으나 그 有意性은 認定되지 아니하였고 葉面積指數의 第1主成分과는 有意性있는 正의 相關을 第2主成分과는 有意性있는 負의 相關을 보였고 株當乾物重의 第1, 第3 主成分과도 역시 有意性있는 相關을 보였다. 이로 보아 平

均의 葉面積指數가 클수록, 最大葉面積 到達日數가 빠를수록, 株當平均의 乾物重이 클수록 株當穗數도 크다는 것을 알 수 있으며 葉厚는 株當穗數와는 별로 關係가 없음을 알 수 있었다. 또 穗當粒數는 葉厚의 第3主成分과 有意性있는 相關을 보여 崔¹⁾가 報告한 바와 같이 穗當粒數와 葉厚가 關聯이 있는 것으로 생각되나 앞에서 葉厚의 第3主成分의 解析이 어려운 것으로 보아 解析에는 어려운 점이 있다고 하겠다.

그밖의 다른 主成分들과의 相關은 大部分 有意하지 않은 것으로 보아 穗當粒數와 그밖의 다른 生長特性과는 關係가 적은 것으로 생각된다.

임실비율은 特히 生長特性과의 相關이 높아서 葉面積指數 및 株當乾物重의 第1, 第2, 第3 主成分과 모두 높은 相關關係를 보였는데 이는 崔¹⁾의 報告와도 일치한다. 반면에 正租 1,000粒重은 生長特性과의 關係가 없었으며 收量도 葉厚의 第2主成分을 除하고는 直接的으로 有意性있는 相關을 안 보였다.

이를 綜合하면 收量과 가장 關係가 깊은 것은 株當穗數, 株當粒數, 稔實比率, 正租 1,000粒重의 順序이나(表 7) 生長特性과 가장 關係가 있는 것은 株當穗數 및 稔實比率로서 收량이 生長特性들의 影響을 받는 것은 株當穗數 및 稔實比率를 통해서 인데

Table 6. Simple correlation coefficient between component score and yield and its component.

Yield and its Component	SLA			LAI			TDW		
	Z1	Z2	Z3	Z1	Z2	Z3	Z1	Z2	Z3
NPH	0.307	0.250	0.402	0.748**	-0.754**	-0.220	0.755**	-0.500	-0.723**
NGP	-0.294	0.232	-0.515*	0.008	0.044	-0.062	-0.006	0.024	-0.019
FER	-0.129	-0.397	-0.143	0.732**	0.739**	0.632*	-0.755**	0.760**	0.742**
GRW	-0.386	0.361	-0.457	0.364	0.361	0.467	-0.302	0.352	0.312
YLD	-0.130	0.514*	-0.263	0.473	-0.444	0.011	0.504	-0.212	-0.494

Table 7. Multiple regression coefficient of yield component on yield.

Yield	Constant	NPH	NGP	FER	GRW	F	R
YLD	-66.19	2.44** (1.16)	0.23** (0.91)	42.29** (0.43)	0.20** (0.24)	51.78**	0.97

이들과 關係가 깊은 生長特性은 葉面積指數 및 株當乾物重으로서 이들 生長特性은 品種間差異보다도 窒素施用量에 더욱 影響을 받는 것으로 解析이 可能하다고 보겠다.

摘 要

1979년에 早神力, 八達, 振興, 統一, 密陽23號等 5品種을 供試하여 窒素水準을 0kg, 12kg, 18kg/10a에서 栽培하여 15회에 걸쳐 調査한 葉厚, 葉面積指數, 株當乾物重과 收量 및 收量構成要素와의 關係를 主成分分析을 利用하여 分析한 結果는 다음과 같다.

1. 葉厚, 葉面積指數, 株當乾物重의 時系列데이터

의 주성분분석에서 第1主成分은 全期間의 平均의 크기의 大小를 表示하는 特性으로, 第2主成分은 葉厚, 葉面積指數에서는 變代의 位置, 株當乾物重에서는 生育初期의 特性을 表示하는 綜合特性值로 導出할 수 있었다.

2. 生長特性을 表示하는 綜合特性值(主成分스코아)의 葉厚는 品種間 差異가 葉面積指數 및 株當乾物重은 窒素水準間 差異가 認定되었다.

3. 收量 및 收量構成要素와의 關係에서 稔實比率과 株當穗數가 葉面積 및 株當乾物重의 스코아와 關係가 깊었고 葉厚와는 거의 關係가 없었으며 收量에 미치는 영향도 稔實比率과 株當穗數를 통해서라는 것을 알 수 있었다.

引用文獻

1. 崔海春. 1985. 水稻에 있어서 source 및 sink 關聯形質의 遺傳과 選拔에 관한 研究. 農試論文集(作物) 27(1): 50-82.
2. Evans, G. C. 1971. The quantitative analysis of plant growth.
3. 韓元植. 1981. 窒素施用水準에 따른 水稻品種別 生長特性 變化와 收量 및 收量構成要素와의 關係. 서울대 農學碩士學位論文.
4. IRRI. 1978. Growth rate and plant characteristics of rice varieties in relation to their response to nitrogen. IRRI Annual Report : 18-28.
5. IRRI. 1972. Photosynthesis, Crop Growth rate, and respiration. IRRI Annual Report : 53-55.
6. 金浩烈·安承烈. 1975. 水稻品種의 物質生産과 生長解析에 관한 研究. 韓作誌 20 : 74-86.
7. 李主烈. 1976. 水稻生育後期 光合成能力과 營養環境이 乾物生産과 收量構成要素에 미치는 影響. 韓作誌 21(2): 187-202.
8. Nelder, J. A. 1961. The fitting of a generalization of logistic curve. Biometrics : 89-110.
9. 奥野忠一 等. 1978. 應用統計ハンドブック.
10. 武田友四郎·玖村敦彦. 1960. 水稻における收量成立過程の解析. 日作記 29 : 31-33.
11. Tanaka, A. 1976. Comparison of rice growth in different environment. Proceedings of the symposium on climate and rice : 429-448.
12. 和田源亡·松島者三. 1969. 水稻收量の成立原理とその應用に關する作物學的研究. 日作記 38 : 294-298.