

水稻作 生産豫測시스템 開發

朴 世 權*

徐 輔 環**

- I. 序 論
- II. 水稻作 收量豫測 시스템의 現況과 問題點
- III. 水稻作 收量構成 要素에 따른 變數의 選擇
- IV. 水稻作 收量豫測 모델의 構成
- V. 水稻作 收量豫測의 正確度 提高를 위한 方案

數의 算定을 가능케 하고 이를 政策情報로 활용 가능토록 하였다.

情報를 생산하기 위하여, 水稻作 生産 영향 변수의 조사에 따라 指標를 설정하고, 氣象 및 收量 構成要素의 관련성에 대한 실증적 분석에 의하여 현실에 맞는 收量豫測 模型을 개발하였다.

I. 序 論

農産物 需要分析에 대한 實證的 研究는 많이 이루어지고 있으나 生産豫測 분야에 대해서는 농업 관측을 제외하면 실증적 연구가 많지 않다. 이는 생산 분야의 예측을 하기 위해서는 農産物의 作物學的 성격을 잘 파악하여야 할 뿐 아니라, 지역적으로 광범위한 데이터가 필요함과 동시에 여러 社會經濟 요인과 자연조건 등을 잘 감안하여야 하기 때문이다. 本研究에서는 農業의 불확실성 극복을 위한 生産豫測의 實證的 研究의 일환으로 우리나라의 主穀인 米穀에 관한 生産量 정보를 收量 構成要素와 기상요인으로 事前豫測함으로써 보다 객관적이고 精確한 作況指

II. 水稻作 收量豫測 시스템의 現況과 問題點

1. 農業觀測事業의 目的

農業觀測의 구체적인 目標는 국가에 따라, 그리고 그 시대적 배경에 따라 약간씩 차이가 있으나 일반적으로 다음과 같다. 첫째, 營農計劃 수립 및 조정에 필요한 觀測情報를 제공함으로써 農業生産의 불안정을 완화하고 둘째, 농가의 市場出荷 조절과 流通機構의 마케팅活動을 위한 市場情報를 제공함으로써 農産物價格의 안정을 도모하며 셋째, 政府의 需給 및 價格對策, 長期 農業開發施策樹立 등을 위한 政策指針을 제공함

* 首席研究員.

** 責任研究員.

으로써 農家所得의 안정과 향상은 물론 國家的으로 資源의 最適配分을 도모하는데 農業觀測事業의 目的이 있다고 할 수 있다. 調査는 현재 農林水産部 農業統計官室에서 담당하고 있다.

2. 水稻作生産 統計 現況

분류	내	容
연혁	<ul style="list-style-type: none"> 1964년까지 모든 지방 행정기관을 통한 행정통계 작성 1965년 쌀 10a당 수량조사가 표본통계로 대체 	
조사대상	<ul style="list-style-type: none"> 작 況 : 1m²당 포기數, 포기당 줄기數 豫想量 : 포기당 이삭數, 이삭당 낱알數 實收量 : 포기당 이삭數(有效, 無效), 이삭당 낱알數(完全, 不稔), 10a당 收量 	
조사방법	<ul style="list-style-type: none"> 작 況 : 1m²당 포기數 調査 1m²당 포기數 = $\frac{10,000\text{cm}^2}{\text{가로 1 포기간격이} \times \text{세로 1 포기간격이}}$ - 포기당 줄기數 實收穫量調査 : 10a당 收量調査(刈取, 脫穀, 精選, 乾燥, 製玄, 玄米選別, 水分測定, 千粒重) 	
실계근거	<ul style="list-style-type: none"> 標本單位區抽出 : 面積調査單位區를 對象으로 컴퓨터로 (1次抽出) 系統抽出 標本筆地抽出 : 抽出된 標本單位區에서 2個의 筆地 (2次抽出) 를 任意系統 抽出 標本圃區選定 : 抽出된 標本筆地에서 2個 圃區選定 (3次抽出) 	
조사시기	<ul style="list-style-type: none"> 作況調査 : 8.10~8.15(조사 즉시) 調査項目 : 관개시설, 경지정리, 재토, 모내기(방법, 월일), 피해상황, 포기간(주간) 길이, 1m²당 포기수(주수), 포기당 줄기수(주당경수) 豫想量調査 : 9.10~9.15(조사 즉시) 調査項目 : 포기당 이삭수(주당수수), 이삭당 낱알수(수당입수), 피해 상황, 예측예정일 實收穫量調査 : 收穫期(11.10以前) (") 調査項目 <ul style="list-style-type: none"> 1차 : 3m²당 예취길이, 3m²당 예취포기수, 품종명, 피해상황, 예취 월일, 6m²당 중량(생벼, 생벼집) 2차 : 6m²당 1/8 중량(생벼, 진조벼, 현미담별), 현미칩립중, 수분함량 	
추계방법	<ul style="list-style-type: none"> 生産量 = 植付面積 × 10a당 收量 10a당 조곡수량 = $\frac{6\text{m}^2\text{당 } 1/8 \text{ 진조 벼중량} \times 8 \times 1000}{6 \times 1000}$ (kg) × $\frac{100 - \text{조사수분 함량}}{100 - \text{기준수분 함량}}$ 10a당 현미수량 = $\frac{6\text{m}^2\text{당 } 1/8 \text{ 현미중량} \times 8 \times 1000}{6 \times 1000}$ × 10a당 백미수량 = 10a당 현미수량 × 현백률(92.9%) (kg) 	

3. 水稻作生産量 豫測 現況

가. 國內現況

① 作況指數

당년 예상작황과 평년수량과의 비례로 나타내므로 作況을 숫자로 손쉽게 파악할 수 있으나 현재 이 개념을 적용하지 않고 있다.

$$\text{作況指數} = \frac{\text{當年作況(豫想量)}}{\text{平年收量(기준 수확량)}} \times 100$$

② 平年收量

平年收量의 개념은 作物을 실제 수확하기 전이라도 현재의 農業栽培技術 수준을 감안하고, 기상 상태 및 生育 여건이 平年 수준일 것으로 예상하여 추정된 收量이다.

현재 우리나라에서의 적용은 최근 5개년 동안의 10a당 수량 중에서 最高, 最低의 2개년을 제외한 3개년 동안의 10a당 收量의 算術 平均을 平年收量으로 사용하고 있다.

③ 豫測收量

이삭수, 낱알수, 등숙율, 천립중을 시기별로 조사하고 있으나 收量豫測에는 적용하지 않고 있으며 平年收量概念과 區分없이 使用하고 있다.

나. 國外現況(日本)

① 作況指數

作況指數의 算出 범위는 全國 및 各道, 府, 현별로 5회에 걸쳐 조사하여 산출하고 있다. 作況指數의 判斷基準은 <表1>과 같다.

② 10a당 平年收量

현재의 定義에 의한 10a당 平年收量의 概念은

表 1 作況指數 判斷基準(日本)

算出指數	判斷基準
106 以上	良好
102~105	약간良好
99~101	平年水準
95~98	약간不良
91~94	不良
90 以下	아주不良

1952년 農林省에 의해 최초로 규정된 후 현재까지 계속 사용되어 오고 있으며 과거 平年收量의 定義에 관한 연혁은 다음과 같다.

- ① 최근 7개년간의 收量中 最高·最低 2개년 值를 제외한 5개년간의 平均收量을 사용(1917년).
- ② 최근 5개년간의 10a당 平均收量(1921년).
- ③ 과거 7개년 또는 5개년의 10a당 收量중 최근 3개년 值에 2배의 加중치를 주어 10개의 數值 또는 8개의 數值를 平均한 收量
- ④ 直線回歸方程式을 사용하여 계산한 10a당 收量($Y = \alpha + \beta X$, 但 X 는 年次)
- ⑤ 平方根回歸方程式을 사용하여 계산한 10a당 收量, ($Y = \alpha + \beta \sqrt{X}$, 但, X 는 年次).
- ⑥ 平方根 回歸方程式을 사용하여 계산한 10a당 수량($Y = a + b\sqrt{X} + cz$, 但, X 는 年次, Z 는 被害率).

현재는 平方根 重回歸方程式의 平年收量計算式으로 사용되고 있으나, ①~⑤까지의 각종 計算方式도 參考資料 또는 計算結果의 타당성을 검증하기 위하여 쓰이고 있다.

㉓ 10a당 豫想收量

1) 統計事務所(10a당 豫想數量)

10a당 收量構成 요소중 調查 시점에서 조사가 가능한 요소는 調查實測值를 이용하고 調查가 불

가능한 未調査要素는 과거의 資料, 그 해의 기상, 피해, 試驗成績 등을 참고하여 추정하고 있다.

2) 本部(重回歸方程式에 의한 10a당 豫想收量의 推計)

各事務所 단위의 出穗期 전후의 收量構成要素 氣象條件 및 栽培 상황과 10a당 收量과의 상관 관계를 수집년의 資料를 이용하여 도출한다.

重回歸方程式은 各事務所마다 地域別 특성이 다르므로 獨立 변수가 달라 方程式 자체도 각각 상이하다.

4. 收量豫測 및 集計上의 問題點

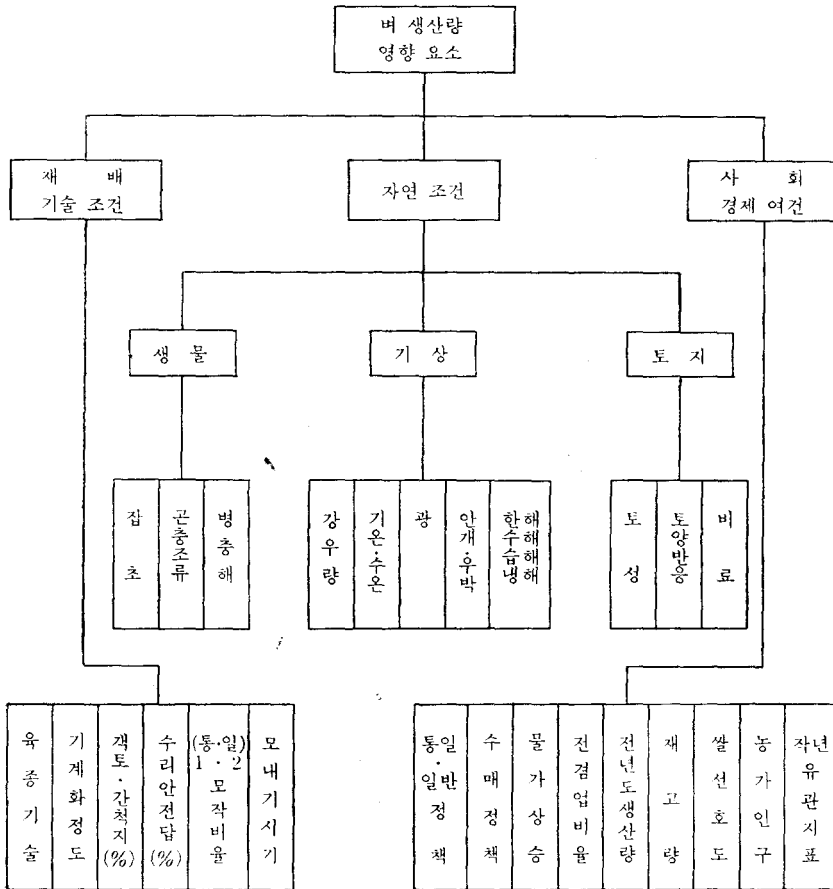
문 제 점	해 결 방 법
<ul style="list-style-type: none"> ○ 現在의 Mooring Average 方法에 의한 平년 수량 산출로는 精確한 平년 흉년의 程度 곤란 ○ 現在는 표본에 의한 實測 調査만 실시하고 있으므로, 한가지 方法에 의해서는 그 精確도의 검증이 곤란함. ○ 중앙 집중식 집계 方法에 의한 수량 예측은 현장감이 다소 결여됨. ○ 지역별 예측 方法의 결여 및 데이터 축적의 미비 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 중회귀분석 모형을 使用하여 平年收量을 산출한 후 作況指數개념을 도입 ○ 自計申告조사, 순회조사, 정 보수집 등. 여러가지 方法에 의한 상호 보완 조사가 必要함. ○ 여러 代案으로 산출한 예측치를 現場 통계 사무소장과 협의하여 최종 결정하는 것이 바람직 함. ○ 平年收量이나 收量 예측 方法이 지역별 실정에 맞게 추정되어서 계속적으로 年次的 update 必要(시계열 데이터의 일관성 유지 必要)

Ⅲ. 水稻作 收量構成 要素에 따른 變數의 選擇

1. 水稻作 收量影響 要素

水稻作의 收量에 영향을 미치는 요소는 크게 自然條件, 栽培技術條件, 社會經濟 與件의 3가

그림 1 水稻生産量 영향 요소의 區分



지로 나눌 수 있으며 自然條件은 다시 生物, 氣象, 土地로 구분할 수 있다. 上記 영향 요소중 栽培技術이나 社會經濟與件, 土地條件 등은 지역적으로 特定 形態를 유지하고, 年次적으로 다소 변화가 있다 하더라도 그 특징을 크게 벗어나는 것은 아니다. 쌀의 栽培는 1차적으로 이러한 환경 요인을 전제로 성립되는 것이므로 本 研究에서는 이러한 基本環境에 비하여 增減되는 변화(年次效果)를 감안함으로써 收量豫測에 環境 요인이 반영되도록 하였다.

그러나 生物과 氣象 여건은 事前推定 및 통계가 곤란하며 여러가지 요인에 의하여 地域別,

品種別로 크게 달라질 수 있으므로 微視的인 분석이 필요한 요소이다. 本 研究에서 특히 水稻는 여러 단계의 發育 과정을 거치므로, 發育段階別로 收量에 正·負의 영향을 미치는 요인을 추출하고 이들의 영향을 계량화함으로써 水稻作 收量의 豫測을 가능케 하였다. <그림 1>은 이러한 영향을 계층별로 구분한 것이다.

2. 水稻作 收量構成 要素

收量에 미치는 構成 要素의 영향력을 정량적인 방법으로 표현할 수 있다면 水稻收量 성립의 地域性을 객관적으로 판단하는데 주요한 指標가

될 것이며 品種改良 및 재배법 개선의 기초자료가 될 것이다. 또한 生育時期別로 收量構成 요소에 미치는 諸氣象 요인의 영향력을 定量的으로 나타낼 수 있다면 기상 요인의 영향력에 의하여 作況豫測의 說明變數 設定에 중요한 자료가 될 것이다.

이러한 전제에 입각하여 실험포장에서의 實驗結果를 데이터로 사용하여 문제 해결을 시도한 몇 가지 報告書가 있으나 아직 전국적인 표본데이터를 가지고 실제의 문제 해결을 시도한 적은 없는 실정이다. 本究研에서는 收量構成 요소에 미치는 영향을 불확실성의 주요 인자인 기상 요인으로 추정함에 있어서 전국적인 標本데이터를 사용하였으며, 水稻의 收量은 이삭수, 낱알수, 등숙율, 천립중으로 구성되며 이들 4가지 요소의 相乘積에 의하여 결정된다고 보았다. 水稻收量の 計算式은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} & \text{m}^2\text{당 收量} \\ & = \frac{\text{m}^2\text{당이삭수} \times \text{이삭당낱알수} \times \text{등숙율} \times \text{천립중}}{1000} \end{aligned}$$

3. 變數의 選擇(回歸模型)

가. 變數決定

① 變數의 數

模型에 포함시키는 變數의 수는 分析對象의 作物學的 요인과 分析 目的에 따라 차이가 있지만 통상 가장 중요한 영향을 미치는 變數 3~5개를 說明變數로 모형에 포함시키도록 하였다. 이외에 비교적 영향을 적게 미치는 變數들은 그들이 종속변수에 주는 영향력을 총체적으로 반영할 수 있는 확률변수인 잔차(RESIDUAL)와 DUMMY 變數를 이용하여 模型에 반영하였다.

② 計量不可能 變數의 處理

水稻作收量を 豫測함에 있어서 模型에 커다란 영향을 미치는 計量不可能 變數들도 많이 있다 예를 들면 종속변수에 영향을 미치는 栽培技術 여건, 社會經濟 여건, 時間 요인, 地域 요인, 계층 요인 등이다. 本究研에서는 이들의 영향이 비교적 안정적이고, 주요 分析對象인 氣象 요인과는 비교적 독립적인 성격을 가짐으로 인하여, 模型設定時 그러한 요인들의 영향력함이 地域別, 品種別로 안정적 인 연차 변수에 의하여 설명 가능하다고 가정하였다.

나. 水稻作 生産豫測에서의 變數選擇

① 平年收量の 變數選擇

平年收量에 대한 變數選定은 地域別로 약간의 차이는 있으나 대부분 지역은 日照時間, 강수량 최저기온, 평균습도에 크게 영향을 받는 것으로 보인다.

1) 日照時間

벼는 全生育期間을 통해서 일조량이 많을수록 유리하다. 차광시험 성적에 의하면 생식세포 감수분열기와 출수 후 4~20일(쌀알의 중량변화가 가장 심한 시기) 사이의 日照不足이 가장 좋지 않은 영향을 미친다. 따라서 출수기를 중심으로 본다면 출수전 약 2주전과 출수후 약 3주간 사이의 日照量은 收量에 크게 영향을 미친다고 할 수 있다.

2) 降水量

벼는 물을 대주며 栽培하는 作物이므로 물이 부족하면 生育에 장애를 받는다. 그러나 관개수가 충분하면 降雨은 거의 없는 것이 벼 生育에 좋고 降雨이 잦으면 온도를 낮게 하여 日照를沮害하고 濕度를 높여 光力을 약화시키는 등 오히

表 2 平年收量의 變數選擇

	통 일 계 통	일 반 계 통
日 照 時 間	8. 1~9. 20	8. 11~9. 30
강 수 량	5. 21~6. 20	5. 21~6. 30
최 저 기 온	5. 21~6. 10	5. 21~6. 20
平 均 濕 度	5. 21~9. 30	5. 21~9. 30

려 벼 生育에 나쁜 영향을 준다. 특히 이앙기의 강수량과 收量은 밀접한 관계가 있다.

3) 最低氣溫

移秧후부터 出穗까지의 사이는 뿌리의 성장분얼, 줄기의 신장, 이삭의 형성 등 왕성한 生育을 하는 시기이므로 좋은 氣候條件이 필요하다.

특히 출수전 20~11일경은 영화분화기로부터 생식세포 감수분열기에 해당하는데 이 시기의 이상 저온은(17°C 이하) 被害가 크다.

4) 平均濕度

공기습도가 높으면 植物體의 증산작용이 억제되고 體內에서의 물의 순환이 쇠퇴하며 흡수가 감소하여 탄소동화작용이 미약해진다. 그리하여 植物體는 웃자라고, 組織이 연약하게 되어 평균의 번식을 조장한다. 이와같이 日照時間, 강수량, 最低氣溫, 平均濕度 등의 氣象 요인이 收量에 미치는 영향을 고려하여 品種別, 旬期別로 기간을 구분하면 <表 2>와 같다.

② 收量構成 要素 豫測의 變數選擇

收量構成 요소에 대한 氣象因子의 영향 요건은 生育期間別로 서로 상이할 것이다. 收量構成各要素가 어느 시기에 결정되며 또한 그에 영향을 주는 條件이 무엇인가에 대한 細部 내용은 다음 장에서 언급하였다. 收量構成 요소에 미치는 氣象因子와 그 기간에 대한 分析 結果는 <表 3>으로 요약되어진다.

Ⅳ. 水稻作 收量豫測 모델의 構成

1. 使用데이터 및 모델構成 方法

本研究에 사용한 水稻作生産 데이터는 1977년부터 1986년까지 10년간에 걸쳐서 農林生産部에서 標本設計에 의해 地域別, 品種別로 조사한 내용이다. 그리고 氣象데이터는 中央氣象臺에서 발간한 氣象月報를 참조하여 10년간의 과거 데이터를 旬期別로 작성하였다.

豫測技法은 回歸分析을 사용하였으며 變數 선택은 STEPWISE REGRESSION을 이용하였다.

2. 平年收量 豫測모델 構成

이미 언급한 바와 같이 우리나라의 경우에는 아직까지 平年收量의 概念을 많이 사용하지 않고 있으나 日本의 경우는 被害率과 年次를 감안

表 3 收量構成要素의 기상영향인자

수량구성요소	기 상 영 향 인 자	품 종	
		통 일 계 통	일 반 계 통
이 사 수	일조시간, 강우량, 최저기온	5월하순~7월초순	6월초순~7월중순
날 알 수	일조시간, 평균습도, 최고기온, 평균기온, 최저기온	6월중순~7월하순	6월하순~8월하순
등 숙 율	일조시간, 평균습도, 평균기온	7월중순~9월초순	7월하순~9월중순
천 럽 중	일조시간, 평균습도, 평균기온, 최저기온	7월중순~9월초순	7월하순~9월중순

表 4 평년수량(통일系) 統計值

	MSE	F	PROB F	R ²	변수 구분		intercept	일조시간	강수량	평균습도	최저기온	√년차	DUMMY
					계수	t 값							
경기	474.618	16.360	0.0091	0.9534	계수		1,052.740	0.1867		-10.6753	2.3157	54.7674	107.501
					t 값		2.389	1.017		-2.098	0.414	4.459	3.615
강원	2720.363	7.108	0.0403	0.8988	계수		-825.484	0.0719		8.0159	18.6526	101.897	247.74
					t 값		-0.939	0.158		0.780	1.358	2.505	4.985
충북	144.965	88.946	0.0003	0.9911	계수		87.9840	0.4360	0.0882		2.7613	54.0760	151.884
					t 값		0.901	3.381	1.089		0.888	6.429	8.281
충남	1,089.306	7.675	0.0354	0.9056	계수		243.517	0.1006	0.1384		6.6254	40.8675	148.789
					t 값		1.133	0.348	0.476		0.747	1.703	4.845
전북	196.826	21,202	0.0056	0.9636	계수		896.565	0.3545		-4.9183	-9.3260	21.7567	69.9231
					t 값		3.387	2.896		-1.533	-2.280	2.519	4.801
전남	368.215	15.817	0.0097	0.9519	계수		570.693	-0.0694		-6.0939	15.2423	41.1021	101.248
					t 값		2.102	-0.274		-1.710	1.506	2.039	4.669
경북	882.851	25.818	0.0038	0.9699	계수		288.831	0.6127	0.0256		-9.7503	57.4842	172.598
					t 값		1.458	1.224	0.152		-0.707	1.606	3.110
경남	1,363.038	8.904	0.0273	0.9176	계수		1,673.355	1.4228		-21.0021	-10.0734	63.1519	-9.1408
					t 값		1.667	1.627		-1.674	-0.908	1.431	-0.101
제주	2,055.561	3.522	0.2332	0.8757	계수		-1457.318	0.5801		19.7632	3.8886		52.2956
					t 값		-0.525	1.157		0.693	0.154		0.557
전국	420.698	21.026	0.0057	0.9633	계수		97.3422	0.5654	0.2143		1.9978	36.2719	107.033
					t 값		0.908	1.833	1.285		0.299	2.273	3.271

한 평방근 重回歸方程式을 사용하고 있다.

가. 통일계통

平年收量의 추정시 氣象變數는 變數 선택에서 본바와 같이 日照時間, 강수량, 平均濕度, 最低氣溫을 택하였으며 이외에 環境技術 요인 등을 감안한 年次를 사용하였다. 1977년이나 1980년 등과 같이 기상변수의 설명 범위를 벗어날 정도의 대풍이나 홍작의 경우에는 DUMMY 變數를 사용하였다. 回歸分析 結果, 全國모델에서는 96%의 설명력을 나타냈고 지역별로 제주만이 88%로 나타났으며 나머지 지역은 90% 이상을 상회하였다. <表 4>는 통일계 전국 및 각도별 平年收

量 豫測方程式을 요약한 表이다.

平年收量 豫측방정식을 개발함에 있어서 독립변수의 수를 STEPWISE/MAXR 方法을 사용하여 年次, DUMMY를 포함 평균 5개 정도로 조정하였다. 그 결과 日照時間과 最低氣溫은 모든 지역에 포함되었고 강수량과 平均濕度는 지역에 따라 선택되어졌다.

<表 4>를 이용하여 統一系 全國平年收量의 豫測方程式을 구하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned}
 Y = & 97.342 + 0.565x_1 + 0.214x_2 + 1.997x_3 \\
 & (1.833) \quad (1.285) \quad (0.299) \\
 & + 36.272\sqrt{\text{YEAR}} \\
 & (2.273)
 \end{aligned}$$

$$(R^2=0.9633)$$

Y=10a當 平年收量(kg)
 x_1 =平均 日照時間(時間)
 x_2 =平均 강우량(mm)
 x_3 =最低氣溫(°C)

나. 일반계통

選擇變數는 통일벼와 같으나 기간은 일조시간 (7月21日~9月20日), 강수량(5月21日~6月30日), 최저기온(7月1日~8月10日), 平均 濕度(5月21日~9月30日)를 사용하였다. 回歸分析 結果, 一般系 全國 平年收量의 豫測方程式은 다음과 같다.

$$Y=118.315+0.1168x_1+0.424x_2+4.964x_3$$

(0.196) (2.085) (0.496)

$$+43.169\sqrt{YE\bar{A}R}$$

(2.586)

(R²=0.8753)

Y=10a當 平年收量(kg)
 x_1 =平均 日照時間(時間)
 x_2 =平均강우량(mm)
 x_3 =最低氣溫

3. 豫想收穫量 模型

가. 收量에 대한 收量構成要素의 回歸

收量에 대한 收量構成 4 요소의 回歸를 분석한 結果는 <表 5>와 같다. 實驗圃場에서의 實驗 結果를 가지고 행한 收量構成 4 요소의 回歸를 살펴보면, 實收量과 相乘積에 의하여 추정된 收量差의 散布度는 매우 크지만 對數變換에 의하여 추정된 수량은 그 散布度가 적어지며 비교적 높은 精度로 收量推定이 가능 하다고 하였다.

本研究에서는 全國의 標本農家の 實際栽培值를 가지고 對數變換을 하여 收量을 추정함에 있어서 시험과 유사한 結果를 얻어낼 수가 있었다

統一系の 收量推定에 있어서는 全國平均 結定 計數가(R²) 89.9%로 나타났으며, 충북, 충남, 전북, 경북, 경남 등은 90%를 상회하고 전남과 제주만이 70%대로 나타났다. 따라서 收量構成 요소로 설명할 수 있는 정도는 90% 이상이라고 말할 수 있으므로 모델의 신뢰도가 매우 높다고 할 수 있겠다.

一般系の 경우 統一系보다 높은 91.5%(R²)로 나타났으며 강원, 충남, 경남, 제주 등은 90%를 상회하고, 전남과 전북은 각각 67%, 71%로 낮게 나타났으나, 전체적으로는 설명력이 높다고 할 수 있겠다. 回歸分析結果를 통하여 전국 的 收量豫測方程式을 나타내면 다음식과 같다.

<統一系 全國收量豫測方程式>

$$\ln Y = -5.5050 + 1.0854 \ln x_1 + 0.8108 \ln x_2$$

(3.641) (3.197)

$$+ 0.7599 \ln x_3 + 0.5769 \ln x_4$$

(2.453) (2.112)

(R²=0.8993)

<一般系 全國收量豫測方程式>

$$\ln Y = -5.1205 + 0.7546 \ln x_1 + 0.7009 \ln x_2$$

(4.068) (2.501)

$$+ 0.7927 \ln x_3 + 1.2517 \ln x_4$$

(5.172) (2.687)

(R²=0.9150)

Y=10a當 收量(kg)
 x_1 =이삭수/m²
 x_2 =넉알수/이삭
 x_3 =등숙율(%)
 x_4 =천립중(g)

<그림 2>는 收量豫測모델의 豫測值(*)와 實收量(A)의 차이를 표시한 것으로써 收量豫測 모델이 매우 높은 설명력을 가지고 있음을 보여 주고 있다.

表 5 도별 10a當 생산량 회귀분석 결과(통일계)

	MSE	F	PROB F	R ²	변수		intercept	이삭수/m ²	남알수/이삭	등숙율	천립중
					계수	T값					
경기	0.001496577	7.626	0.0372	0.8841	계수	-2.545142	0.936491	0.641813	0.658137	0.151291	
					T값	-0.972	3.614	3.089	2.172	0.492	
강원	0.006244072	4.775	0.0796	0.8268	계수	-2.956445	0.556077	0.711832	0.748976	0.934206	
					T값	-0.603	0.657	1.844	1.084	1.152	
충북	0.00135917	10.971	0.0198	0.9165	계수	-4.852760	1.049981	0.591929	0.569858	0.729498	
					T값	-1.136	2.968	1.554	2.109	1.740	
충남	0.00054759	22.459	0.0053	0.9574	계수	-4.206767	0.986214	0.788675	0.757728	0.387257	
					T값	-2.061	4.911	4.691	3.650	1.918	
전북	0.0003507	15.235	0.0109	0.9385	계수	4.530896	0.231571	0.033506	0.947828	0.130426	
					T값	2.244	1.165	0.196	6.828	1.462	
전남	0.0032858	2.662	0.1830	0.7269	계수	1.982266	0.192651	0.353902	0.704772	0.546212	
					T값	0.423	0.401	0.843	1.905	1.316	
경북	0.0008624	7.863	0.0609	0.9129	계수	-7.927779	1.248131	0.887753	0.567495	0.927788	
					T값	-1.667	4.124	3.449	0.933	1.151	
경남	0.0011387	23.020	0.0051	0.9584	계수	-5.359499	1.358418	0.591894	1.212501	0.368194	
					T값	-1.149	3.485	1.996	3.905	0.863	
제주	0.070401	0.591	0.7367	0.7028	계수	-3.470196	1.232375	1.098143	1.137682	-0.914365	
					T값	-0.275	0.436	1.122	0.957	-0.281	
전국	0.0009420	8.930	0.0284	0.899	계수	-5.504951	1.085398	0.810788	0.759894	0.576851	
					T값	-1.746	3.641	3.197	2.453	2.112	

〈表 6〉은 통일계 전국 수량을 收量構成要素 실제데이터의 回歸分析에 의한 豫測値와 收量構成要素 예측 결과를 回歸方程式에 대입하여 구해진 豫測値를 비교한 것으로써 收量構成要素 豫測을 통한 收量豫測値의 높은 精度를 보여 주고 있다.

바와 같이, 作物成長 여건을 고려하여 5월말~7월초로 하여 回歸分析을 한 결과 9개 도 가운데 8개 도의 결정계수가 90% 이상을 상회하였으며 충북만이 86%로 說明力이 가장 낮은 것으로 나타났다. 통일계 전국의 이삭수 예측方程式은 다음과 같다.

$$Y = 246.75 + 0.2231x_1 - 0.025x_2 + 6.127x_3$$

(1.537) (-0.655) (1.492)

$$+ 5.085\sqrt{\text{YEAR}} + 30.792D_1 (R^2 = 0.9687)$$

(1.018) (3.921)

나. 收量 構成要素에 미치는 氣象 영향도

□ 이삭수에 미치는 氣象 영향도

1) 統一계통

이삭수의 추정시 氣象變數는 變數 선발에서 본

Y = 이삭수/m²
 x₁ = 일조시간(時間)
 x₂ = 강우량(mm)

그림 2 예상 수확량 모델의 실제치(A)와 예측치(*) : 전국 통일계

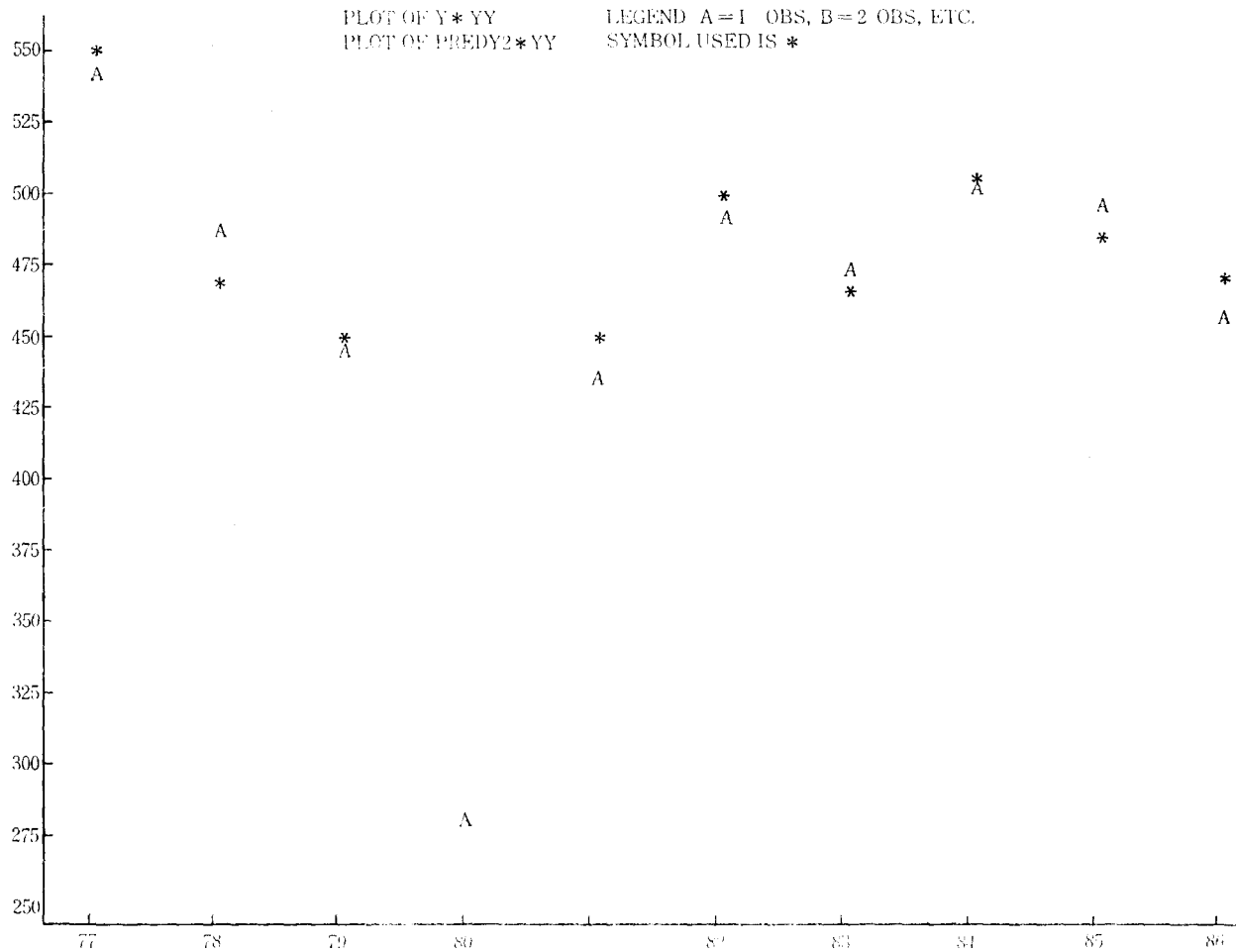


表 6 통일계 전국 수량예측 대비표

항목	구분	연도									
		1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986
이삭	실제치	385.012	371.582	362.237	388.325	364.478	431.583	436.025	411.381	396.751	402.851
	예측치	381.571	375.499	360.395	394.592	362.403	436.005	427.446	408.233	397.948	406.131
날알	실제치	96.2100	96.7305	93.8938	82.2021	94.7858	82.2178	76.3540	92.8582	92.0769	92.0729
	예측치	94.933	95.238	89.695	83.908	96.575	81.922	78.439	93.143	96.544	89.005
등숙	실제치	0.864495	0.766931	0.769815	0.600463	0.772625	0.770955	0.800023	0.781658	0.814557	0.769582
	예측치	0.8708	0.7794	0.7746	0.6068	0.7715	0.7510	0.7795	0.7940	0.8074	0.7762
천립	실제치	21.3340	19.8942	20.2756	.	19.4884	20.8090	19.4085	19.3055	18.8584	18.6725
	예측치	21.362	19.853	20.061	18.937	19.871	20.579	19.451	19.539	18.618	18.711
수량	실제치	546.567	487.069	450.134	280.931	436.706	493.561	472.010	508.438	498.459	460.285
	예측치 I	552.194	467.984	450.547	.	447.979	497.213	467.815	504.150	490.062	474.463
	예측치 II	544.365	472.610	431.130	.	456.607	489.248	459.631	510.741	503.764	469.283
회귀방정식		ln 수량 = -5.504951 + 1.085398lnX ₁ + 0.810788lnX ₂ + 0.759894lnX ₃ + 0.576851lnX ₄									

예측치 I : 수량구성 요소 실제데이터의 회귀분석 결과

예측치 II : 수량구성 요소 예측 결과를 회귀방정식에 대입한 예측치

x_3 = 최저기온(°C)

D_1 = DUMMY 변수

x_3 = 最低氣溫(°C)

D_1 = DUMMY 변수

2) 일반계통

個別氣象變數와 이삭수의 상관관계를 살펴보면 지역별로는 충남과 전북은日照時間과 깊은 관계가 있고 강원과 경북은 最低氣溫과의 상관관계가 비교적 높게 나타났으며 경기, 충남지방은 강우량과 높은 負의 相關關係가 있는 것으로 나타났다.

일반계통 전국의 이삭수 豫測方程式은 다음과 같다.

$$Y = 341.65 + 0.214x_1 + 0.046x_2 + 1.725x_3$$

(1.369) (-0.986) (0.282)

$$+ 15.396\sqrt{YEAR} + 26.069D_1$$

(2.169) (1.573)

(R² = 0.8942)

Y = 이삭수/m²

x_1 =日照時間(時間)

x_2 =降雨量(mm)

② 날알에 미치는 기상영향요소

일반적으로 1穗穎花數는 분화된 영화수와 퇴화된 영화수의 차이에 의해서 결정된다.

즉 분화영화수는 이삭목 분화기로부터 영향을 받기 시작하여 제 2차 지경분화기에 강하게 영향을 받으며 영화분화기 이후에는 거의 영향을 받지 않고 있다. 한편 本研究의 결과를 통일계통과 일반계통으로 나누어 살펴보면 다음과 같다.

1) 통일계통

氣象變數는日照時間, 平均濕度, 最高氣溫, 最低氣溫을 사용하였고, 使用期間은 6월 중순 ~ 7월 하순으로 하였다. 回歸分析結果 全國 平均 結定計數가 96%로 나타났으며 個別氣象 요소 중에서는 平均 氣溫이 가장 영향력이 높은 것으로 나타났다. 回歸分析 결과 통일계 전국의 날알수 豫測方程式은 다음과 같다.

$$Y = -84.139 + 0.249x_1 + 2.735x_2 + 5.899x_3$$

(1.186) (1.164) (1.458)

$$- 16.079x_4 + 5.095x_5 + 9.890D_1$$

(-1.199) (1.318) (1.693)

(R²=0.8622)

Y=날알/이삭수
 x₁=日照時間(時間)
 x₂=平均濕度(%)
 x₃=最高氣溫(°C)
 x₄=平均氣溫(°C)
 x₅=最低氣溫(°C)
 D₁=DUMMY 변수

2) 일반계통

變數는 통일계통과 동일하며 氣象데이터 使用 기간은 6월말~8월초로 하였다.

回歸分析 推定結果 전국 평균 결과 계수가 96%로 나타났으며 각도 공히 90% 이상의 說明力을 보여 주고 있다.

한편 일반계 전국의 이삭당 낱알수 豫測方程式은 다음과 같다.

$$Y = 95.96 + 0.371x_1 - 0.126x_2 + 0.243x_3$$

(1.199) (-0.422) (0.229)

$$- 1.952x_4 + 0.643x_5 + 5.612D_1$$

(-0.648) (0.640) (3.327)

(R²=0.9556)

Y=날알수
 x₁=日照時間(時間)
 x₂=平均濕度(%)
 x₃=最高氣溫(°C)
 x₄=平均氣溫(°C)
 x₅=最低氣溫(°C)
 D₁=DUMMY 변수

㉓ 등숙비율에 미치는 氣象영향요소

보통 不登熟粒 중에는 不受精粒과 發育停止粒이 포함되어 있다. 등숙율은 주로 유수분화기로부터 영향을 받게 되며 감수분열기 및 등숙기, 특히 등숙성기에 가장 영향이 크고 출수기 후 35일이 지나면 거의 영향을 받지 않게 된다. 따라

서 출수기 전후의 풍수해, 냉해, 한해 등은 不受精粒을 많게 하여 등숙율을 저하시키며 이삭도 열병 또는 이화명나방의 피해도 이와 같은 현상을 보이게 된다. 또 發育停止粒의 발생은 출수 후 대략 28일 이내 특히 출수후 빠른 시일내에 일어나는 풍수해와 도복의 해, 냉해 등에 의해 나타나서 등숙율을 크게 저하시킨다.

本研究에서 나온 結果를 통일과 일반으로 나누어 살펴보면 다음과 같다.

1) 통일계통

回歸分析 결과 결정계수를 보면 전국 평균 97%로 나타났으며, 모든 地域이 90% 이상의 說明力을 나타내었다 등숙율과 氣象 요소와의 個別 상관 관계에서는 日照時間이 가장 영향력이 높은 것으로 나타났다.

한편 통일계 전국의 등숙비율 예측방정식은 다음과 같다.

$$Y = -0.6961 + 0.0008x_1 + 0.0166x_2 + 0.0054x_3$$

(1.766) (1.803) (-0.322)

$$+ 0.1307D_1$$

(5.771) (R²=0.9673)

Y=등숙비(%)
 x₁=日照時間(時間)
 x₂=平均濕度(%)
 x₃=平均氣溫(°C)
 D₁=DUMMY 변수

2) 일반계통

回歸分析 결과 전국 평균 結定係數는 90%의 설명력을 나타냈으며 지역별로는 경기도 87%, 전북이 83% 나머지는 전부 90% 이상을 나타냈다 등숙율과 기상 요소와의 개별 상관관계를 살펴보면 통일계와 마찬가지로 日照時間이 가장 영향력이 높은 것으로 나타났다.

한편 일반계 전국의 등숙비율 예측방정식은 다음과 같다.

$$Y = 2.5689 - 0.0015x_1 - 0.0307x_2 + 0.0497x_3$$

(-1.430) (-2.401) (2.445)

$$+ 0.0970D_1 \quad (R^2 = 0.8819)$$

(3.492)

Y = 등숙비 (%)
 x_1 = 日照時間(時間)
 x_2 = 平均濕度(%)
 x_3 = 平均氣溫(°C)
 D_1 = DUMMY 變數

$$- 0.3977x_4 + 0.2589D_1 \quad (R^2 = 0.9419)$$

(-1.341) (0.527)

Y = 千립중(g)
 x_1 = 日照時間(時間)
 x_2 = 平均濕度(%)
 x_3 = 平均氣溫(°C)
 x_4 = 最低氣溫(°C)
 D_1 = DUMMY 變數

④ 千粒重에 미치는 氣象영향요소

粒重은 먼저 출수 전에 만들어지는 왕겨의 크기에 의하여 1차적으로 규제되고 출수 후에는 그 왕겨내에 어느 정도로 쌀알이 충만되느냐에 따라서 2차적으로 규제되는 것이다. 왕겨를 크게 하여 쌀알을 담는 그릇을 크게 하려면 제 2차 지경분화기경부터 영화분화기 및 감수분열기에 걸쳐 환경을 좋게 해 주어야 하며 그후에는 이것을 조절할 수 없고 결정된 크기의 내외영내에 어느 정도로 玄米알을 충만시키는 작용 이외에는 적극적인 收量 대책은 없다.

本研究의 結果를 통일계와 일반계통으로 나누어 살펴보면 다음과 같다.

1) 통일계통

氣象變數는 日照時間, 平均濕度, 平均氣溫, 最低氣溫을 사용하였고, 期間은 7월 중순~9월 초순으로 하였다. 전국 모델은 94%의 설명력을 나타냈으며 全地域의 결정계수가 92%를 상회하였다.

個別상관 관계를 살펴보면 日照時間, 平均濕度, 最低氣溫 등이 높은 상관관계를 가지고 있는 것으로 나타났다.

回歸分析 結果 통일계 전국의 千립중 예측방정식은 다음과 같다.

$$Y = 30.5564 - 0.0156x_1 - 0.2646x_2 + 0.9226x_3$$

(-1.113) (-1.109) (1.297)

2) 일반계통

變數는 통일과 동일하며 기간은 7월 하순~9월 중순으로 사용하였다. 回歸分析 結果 전국 모델은 88%의 說明力을 나타냈으며 충북이 86%, 전북이 87%로 나타났으며 나머지 도는 90% 이상으로 나타났다. 개별상관 관계에서는 日照時間이 높은 상관관계를 보여 주고 있다.

한편 전국의 일반계 千립중 예측방정식은 다음과 같다.

$$Y = 13.4279 + 0.0155x_1 + 0.0652x_2 - 0.2034x_3$$

(3.018) (1.384) (-1.549)

$$+ 0.0734x_4 + 0.4048D_1$$

(1.583) (4.773)

Y = 千립중(g)
 x_1 = 日照時間(時間)
 x_2 = 平均濕度(%)
 x_3 = 平均氣溫(°C)
 x_4 = 最低氣溫(°C)
 D_1 = DUMMY 變數

V. 水稻作 收量豫測의 正確度 提高를 위한 方案

1. 水稻作 收量豫測의 設定 및 改良

가. 水稻作 收量豫測 函數의 構成

農業生産에 있어서 社會, 經濟, 技術역전은 매

表 7 본연구의 회귀변수선택 요약표

종속변수	독립변수	통일 계통	일반 계통	비 고
평년수량	일조시간	7월 초순~9월 초순	7월 중순~9월 중순	중회귀분석. 년차의 평방근 사용.
	강수량	5월 하순~6월 중순	5월 하순~6월 중순	
	최저기온	7월 초순~7월 하순	7월 초순~8월 초순	
	평균습도	5월 하순~9월 하순	5월 하순~9월 하순	
예측수량	이삭	5월 하순~7월 초순	6월 초순~7월 중순	log-log 使用
	남알	6월 중순~7월 하순	6월 하순~8월 초순	
	등숙	7월 중순~9월 초순	7월 하순~9월 중순	
	천립	7월 중순~9월 초순	7월 하순~9월 중순	
이삭수	일조시간	5월 하순~7월 초순	6월 초순~7월 중순	중회귀분석. 년차의 평방근 사용 Dummy 변수 사용.
	강수량	"	"	
	최저기온	"	"	
남알수	일조시간	6월 중순~7월 하순	6월 하순~8월 하순	Dummy 변수 사용
	평균습도	"	"	
	최고기온	"	"	
	평균기온	"	"	
	최저기온	"	"	
등숙율	일조시간	7월 중순~9월 초순	7월 하순~9월 중순	Dummy 변수 사용
	평균습도	"	"	
	평균기온	"	"	
천립중	일조시간	7월 중순~9월 초순	7월 하순~9월 중순	Dummy 변수 사용
	평균습도	"	"	
	평균기온	"	"	
	최저기온	"	"	

년 안정적인 변화를 보이는 편이고, 기상에 의해 생산력이 많이 좌우된다고 볼 수 있으므로 기후 요소로 생산력을 표시할 수 있다. 특히 기후 요소중 특정 시기에 특정 요소에 의한 영향의 정도는 地域別, 品種別로 매우 다를 수 있으므로 기후變數의 선택을 유효 적절히 하여야 한다. 주요한 기후 요소로는 日照時間, 강수량, 平均濕度, 最低氣溫, 最高氣溫 등을 들 수 있으며, 이와 같이 논벼生産에 영향을 미치는 결정 요인을 포함한 生産函數를 일반적인 모형으로 표시

하면 다음과 같고,

$$Q=f(\text{SUN}, \text{RA}, \text{LT}, \text{HT}, \text{AH})$$

- SUN : 日照時間
- RA : 강수량
- LT : 最低氣溫
- AH : 平均濕度

本研究에서 선택된 변수와 時期를 요약하면 <表7>과 같다.

나. 豫測回歸式의 改良方案

本研究에서 作物學的인 氣象 요인을 제외한 社會, 經濟 요인 등은 年次의 平均근으로 반영하였으나 향후 이러한 요인들을 개별로 분리하여 독립변수에 반영하여야 할 것이다.

특히 미곡은 우리나라의 주곡이므로 정책적인 배려가 있어야 할 뿐 아니라 규모별, 관계시설별, 모작별, 피해상황 등을 고려하는 미시적인 연구가 보완되어 모델에 포함시킬 수 있는 방안이 마련되어야 할 것이며, 아울러 回歸모델에 있어서도 변수상호간의 多重共線性(Multicollinearity)이 充分히 고려되고 Partial 계수에 대한 分析이 補完되어져서 現實性을 提高시켜야 할 것이다.

지역 상호간의 기상 효과가 서로 상반되게 나타난 것도 보다 긴 기간의 시계열 데이터를 축적 사용함으로써, 使用독립 변수의 적합성 여부를 검정할 수 있을 것이며 나아가 DUMMY 변수의 사용도 피해율 등의 조사로 지역별로 대체할 수 있을 것이다.

2. 收量豫測의 正確度를 위한 改善方案

標本에 의한 실측조사 1 가지만으로는 精確한

生産豫測을 할 수 없으므로 自計申告調査, 巡廻調査, 情報수집 등 다양한 방법에 의한 相互補完 작업이 필요하다. 즉, 여러 代案으로 산출한 豫測値는 生産量 관련 전문가의 판단을 위한 基礎資料로 쓰여질 뿐, 이것이 곧 豫測値를 의미할 수는 없는 것이다. 平均收量이나, 實收穫量 豫測方程式이 계속적으로 地域別 설정에 맞도록 하기 위해서는 관련정보의 年次적 UPDATE 가 필요하며 장기적으로 專門家의 판단을 대체할 수 있을 수준까지 보완되어야 할 것이다.

參 考 文 獻

朴錫洪, 「水稲收量構成 要素에 미치는 氣象影響의 解析的 研究」, 農村振興廳, 1975.
 農林水産部, 「農水産統計 海外研修 歸國報告書(水稲生産量豫測)」, 1985.
 李殷雄, 「稻作」, 1984, 通信大.
 農村振興廳, 「農業試驗研究의 指導를 위한 統計的 方法 및 電算利用」, 1987.
 韓國産業經濟研究院, 「畜産物 需要豫測에 관한 實證的 研究」, 1986.
 李正烈, 「시스템 시뮬레이션을 利用한 生産量 豫測 모델에 관한 研究」, 1985.