

## 시기별 기상값 활용 피복재배 감자 상서수량 예측

이안수<sup>1,†</sup> · 최성진<sup>1</sup> · 전신재<sup>1</sup> · 맹진희<sup>1</sup> · 김종환<sup>1</sup> · 김인종<sup>1</sup>

### Estimating the Yield of Marketable Potato of Mulch Culture using Climatic Elements

An-Soo Lee<sup>1,†</sup>, Seong-Jin Choi<sup>1</sup>, Shin-Jae Jeon<sup>1</sup>, Jin-Hee Maeng<sup>1</sup>, Jong-Hwan Kim<sup>1</sup>, and In-Jong Kim<sup>1</sup>

**ABSTRACT** The object of this study was to evaluate the effects of climatic elements on potato yield and create a model for estimating the potato yield. We used 35 yield data of Sumi variety produced in mulching cultivation from 17 regions over 11 years. According to the results, some climatic elements showed significant level of correlation coefficient with marketable yield of potato. Totally 22 items of climatic elements appeared to be significant. Especially precipitation for 20 days after planting (Prec\_1 & 2), relative humidity during 11~20 days after planting (RH\_2), precipitation for 20 days before harvest (Prec\_9 & 10), sunshine hours during 50~41 days before harvest (SH\_6) and 20 days before harvest (SH\_9 & 10), and days of rain during 10 days before harvest (DR\_10) were highly significant in quadratic regression analysis. 22 items of predicted yield ( $Y_i = aX_i^2 + bX_i + c$ ) were induced from the 22 items of climatic elements (step 1). The correlations between the predicted yields and marketable yield were stepwisely using SPSS, statistical program, and we selected a model (step 2), in which 4 items of independent variables ( $Y_i$ ) were used. Subsequently the  $Y_i$  were replaced with the equation in step 1,  $aX_i^2 + bX_i + c$ . Finally we derived the model to predict the marketable yield of potato as below.

$$Y = -336 \times DR_{10}^2 + 854 \times DR_{10} - 0.422 \times Prec_{9}^2 + 43.3 \times Prec_{9} - 0.0414 \times RH_{2}^2 + 46.2 \times RH_{2} - 0.0102 \times Prec_{2}^2 - 7.00 \times Prec_{2} - 10039$$

**Keywords** : Climatic elements, Marketable yield, Modeling correlation coefficient, Mulching, Potato, Quadratic regression

**감자**는 세계적인 주요 식량작물로서 단위면적 및 단위시간당 열량 생산이 높을 뿐만 아니라 단백질 및 각종 비타민류와 무기염류가 풍부하기 때문에 식품적 가치도 높다(Burton, 1966). 1824년에 만주로부터 국내에 도입된 이래, 식량이 부족하던 시절 배고픔을 달래주던 구황작물 역할을 수행하였고, 1970년대 본격적인 식량증산 정책이 시행되면서 1980년대 이후에는 부식작물로 역할이 변화하였으며, 최근에는 패스트푸드 산업이 발달하면서 가공원료 이용비율이 급속히 증가(Jeong *et al.*, 2003)되고 있다.

우리나라의 기상조건은 감자재배에 매우 불리하다. 봄감자 수확기인 6, 7월에 장마가 시작되어 강우량이 많고 기온도 높아져서 기형서 발생 및 품질저하 우려가 높다. 가을감자는 강원도 동해안지역의 경우 여름 고온기를 지나 기온이 떨어지기 시작하는 8월 초순경에 파종하여 서리가 내리

기 전인 10월 하순경이나 11월 초에 수확하는데 파종전후 고온으로 인하여 종서가 썩기 쉽고 10월에 저온이 빨리 찾아오는 해에는 수량이 크게 떨어지며, 평년기상 하에서도 생육기간이 충분히 확보되지 않아 봄 감자에 비하여 수량이 떨어진다.

감자는 동일한 품종일지라도 재배지역에 따른 생육이나 품질이 매우 다르게 나타나는, 즉 기상요인에 아주 민감한 작물로 알려져 있다(Agblor *et al.*, 2002). 이에 따라 감자 생육 및 수확량에 대한 기상요인의 영향 분석연구가 필요하다. 최근 들어 토양이나 기상환경 등의 요인을 분석하여 작물의 생육, 수량 및 품질 등을 예측하기 위한 연구(Ahn *et al.*, 1996; Chloupek *et al.*, 2003; Van Delden *et al.*, 2003; Lee *et al.*, 2014)들이 시도되었다. Ahn *et al.* (1996)은 감자 수량형성에 영향을 미치는 기상요소는 남작의 경우 일조시수,

<sup>1</sup>강원도농업기술원 특화작물연구소 (Specialty Crops Research Institute, Gangwon ARES, Gangneung 210-851)

<sup>†</sup>Corresponding author: An-Soo Lee; (Phone) +82-33-610-8762; (E-mail) las9642@korea.kr

<Received 20 April, 2015; Revised 16 July, 2015; Accepted 16 July, 2015>

평균기온 및 일사량, 수미의 경우에는 일사량과 일조시수라고 하였다. Jeong *et al.* (2003)은 최저온도와 일조시수가 감자 가공품질의 주요소인 건물함량 및 칩색도와 높은 상관계수를 보여주었고 특히 수확일 기준 30일 전부터 10일 전까지의 결과에서 이러한 경향이 뚜렷하였다고 하였다. 온도는 감자의 광합성과 호흡에 직접적인 영향을 주며 15~20°C가 대부분의 품종에 최적 형성 및 생육 최적온도라고 알려져 있다(Bodlaender, 1963). 망실재배시 노지에 비해 감자 생육기간중 온도는 약 1.8~2.8°C 높았고, 광의 강도는 5,000~12,000Lux 낮아 경장과 경엽중이 증가하는 등 최적의 형성과 비대에 불리한 환경이라고 사료된다(Kim *et al.*, 1992).

지금까지 기상요소가 감자수량에 미치는 영향에 대한 국내 연구는 많지 않았다. Lee *et al.* (2014)이 감자 지역적응시험 상서수량과 지역 및 연도별 기상요소를 이용하여 무피복재배 수미 감자의 상서수량에 대한 예측모형을 제안하였다. 본 연구에서는 피복재배시 수미 감자의 상서수량과 기상요소간의 상관도를 살펴보고 상서수량에 대한 예측모형을 얻고자 하였다.

## 재료 및 방법

1980년부터 2012년까지 연도별 전국 92개소의 일별 기상요소가 정리된 Excel 파일자료를 입수하였다. 수집된 기상요소는 연도 및 지역별 일평균기온, 최저기온, 최고기온, 강수량, 풍속, 상대습도 및 일조시간 등이었다. 여기에 5 mm 이상의 강수량을 기록한 일수를 강수일수로 추가하였다. 감자의 상서울 및 상서수량 성적은 농촌진흥청 농업과학도서관에서 전국의 감자 우량계통 지역적응시험 성적을 수집하였다. 이 중에서 분석에 이용한 성적은 7개 연도, 9개소의 35개 성적이었는데(Table 1), 그 이유는 대상품종은 수미, 피복 또는 멀칭재배로 명시된 성적만을 이용하였기 때문이었다. 일부 보고서에서 총서수량, 상서울 및 상서수량 중 2항목이 빠져있는 경우에는 상서울을 평균값으로 대체하여 이용하였다. Lee *et al.* (2014)에 따르면 총서수량보다는 상서수량이 기상요인의 영향을 많이 받는다고 하여 본 연구에서도 총서수량은 분석대상에서 제외하였다. 또한 감자의 수량에 영향을 미칠 수 있는 기타의 요인은 토양, 재

**Table 1.** Number of analyzed years, regions and yield data, and ranges of plant and harvest date and the yield characteristics.

Years	Regions	No. of Data	Date of planting	Date of harvest	Rate of marketable yield	Marketable yield
7	9	35	2.23~3.29	5.24~7.4	48.6~96.0	1069~5059

**Table 2.** Ranges of the sum of climatic element for every 10 days after planting.

D.A.P.	T_ave (°C)	T_min (°C)	T_max (°C)	Prec. (mm)	W.V. (m/sec)	R.H. (%)	S.H. (hrs)	D.R. (days)
0~10	38.5~121.3	-12.9~78.3	86.3~170.4	0~78.1	13.4~48.5	400~749	41~93	0~4
11~20	44.9~141.8	-11.4~88.2	86.2~209.3	0~201.0	13.1~42.0	401~729	27~89	0~6
21~30	62.9~162.4	20.8~112.2	108.7~245.7	0~92.2	14.6~45.0	465~748	22~89	0~4
31~40	92.3~194.7	38.4~131.1	135.6~264.3	0~98.0	15.2~49.6	403~793	32~94	0~4
41~50	101.5~203.3	49.5~156.6	152.4~256.8	0~119.0	14.4~44.5	398~764	37~108	0~4

Abbreviations : DAP for days after planting, Tave for average air temperature, Tmin for minimum air temperature, Tmax for maximum air temperature, Prec. for precipitation, WV : wind velocity, RH : relative humidity, SH : sunshine hours, DR for days of rain over 5 mm

**Table 3.** Ranges of the sum of climatic elements for every 10 days before harvest.

D.B.H.	Tave (°C)	Tmin (°C)	Tmax (°C)	Prec. (mm)	W.V. (m/sec)	R.H. (%)	S.H. (hrs)	D.R. (days)
50~41	122.9~203.6	64.1~156.6	166.9~282.1	0~157.0	13.9~46.4	398~782	35~106	0~3
40~31	126.9~214.0	78.7~162.7	177.2~280.1	0~155.9	11.3~42.4	463~802	34~103	0~5
30~21	148.7~225.4	84.5~178.7	193.8~291.3	0~161.8	13.1~33.6	524~862	37~107	0~3
20~11	159.2~230.4	108.5~192.2	200.3~285.3	0~108.0	10.2~35.8	545~846	26~96	0~4
10~0	173.8~246.8	124.5~203.1	219.0~302.2	0~146.2	12.5~36.7	552~889	22~93	0~4

Abbreviations : D.B.H. for days before harvest

식거리, 비료 및 퇴비 사용량 등이 있겠으나 본 연구에서는 제외하였다.

감자의 지상부 생육기를 파종 후 50일까지로 하고, 10일 간격으로 5단계로 나누었고 괴경비대기는 수확 전 50일부터 보고, 역시 10일 간격으로 5단계로 나누어 감자생육기를 총 10단계로 나누었다. 모든 기상데이터는 분석 대상 기간 동안의 일기상요소의 합계를 이용하였다. Table 2와 3에 본 연구에 이용된 각 기간 중 일기상요소 합 의 범위를 나타내었다.

각 기상요소의 데이터와 수미감자의 상서수량 성적간의 2차 회귀 상관계수와 회귀곡선은 EXCEL (version 2007, microsoft)을 이용하여 구하였다. 이중 상관계수가 높은 기상요소의 회귀식들을 이용하여 기상요소별로 각 기상값 ( $X_i$ )을 이용한 감자수량 1단계 예측치들( $Y_i=aX_i^2+bX_i+c$ ,  $i$ 는 1~35)을 얻었다. 이들 예측치( $Y_i$ )들과 지적시험 상서수량 조사치에 대하여 통계프로그램(SPSS 12.0KO for windows)

을 이용하여 선형 회귀분석하여 2단계 수량예측모델을 얻었다. 마지막으로 수량예측모델식의  $Y_i$  대신  $aX_i^2+bX_i+c$  (각 시기별 기상요소를 활용한 감자수량 예측공식)을 대입하여 최종적으로 기상요소를 이용한 감자수량예측 모형을 완성할 수 있었다.

## 결과 및 고찰

### 기상요소와 수량특성간 상관 분석

연도 및 지역별 수미 감자의 상서율 및 상서수량 성적과 기상요소간의 상관계수를 분석하였다(Table 4 & 5).

감자의 상서율은 파종 후 50일 동안보다는 수확 전 50일간의 기상영향을 더 많이 받는 것으로 나타났다(Table 4, 5). 특히 수확전 50~41일 사이의 일조시간 60~80시간 구간에서 상관도가 매우 높게 나타났고(Fig. 1), 수확전 20일부터 수확기까지는 60시간 부근에서 상관성이 나타났으며(Fig.

**Table 4.** Correlation coefficients between yield characteristics of potato and climatic elements for 50 days after planting.

Yields	D.A.P.	Tave (°C)	Tmin (°C)	Tmax (°C)	Tm-m (°C)	Prec. (mm)	W.V. (m/sec)	R.H. (%)	S.H. (hrs)	D.R. (days)
Rate_mar.y.	0~10	0.043	0.040	0.068	0.053	0.097	0.015	0.064	0.004	0.060
	11~20	0.024	0.010	0.030	0.022	0.096	0.020	0.161*	0.012	0.110*
	21~30	0.022	0.045	0.006	0.023	0.006	0.022	0.033	0.028	0.039
	31~40	0.036	0.026	0.008	0.115*	0.111*	0.004	0.096	0.145*	0.019
	41~50	0.140*	0.107	0.114 *	0.014	0.019	0.021	0.059	0.026	0.001
Y_mar.	0~10	0.035	0.007	0.006	0.082	0.199**	0.051	0.001	0.025	0.104
	11~20	0.145*	0.085	0.156*	0.069	0.128*	0.068	0.184**	0.026	0.105
	21~30	0.103	0.067	0.062	0.038	0.008	0.173*	0.036	0.099	0.006
	31~40	0.048	0.035	0.037	0.071	0.075	0.026	0.152*	0.060	0.061
	41~50	0.108	0.114*	0.080	0.034	0.058	0.024	0.017	0.077	0.001

**Table 5.** Correlation coefficients between yield characteristics of potato and climatic elements for 50 days before harvest.

Yields	D.B.H.	Tave (°C)	Tmin (°C)	Tmax (°C)	Tm-m (°C)	Prec. (mm)	W.V. (m/sec)	R.H. (%)	S.H. (hrs)	D.R. (days)
Rate_mar.y.	50~41	0.070	0.102	0.035	0.004	0.016	0.018	0.069	0.243**	0.017
	40~31	0.005	0.020	0.056	0.021	0.031	0.000	0.064	0.073	0.045
	30~21	0.007	0.005	0.008	0.095	0.007	0.115*	0.167*	0.015	0.005
	20~11	0.001	0.013	0.037	0.035	0.042	0.006	0.072	0.145*	0.065
	10~0	0.025	0.115*	0.045	0.060	0.096	0.032	0.166*	0.112*	0.313**
Y_mar.	50~41	0.184*	0.149*	0.141*	0.031	0.047	0.121*	0.104	0.198**	0.096
	40~31	0.005	0.006	0.032	0.027	0.045	0.069	0.080	0.035	0.039
	30~21	0.071	0.035	0.060	0.056	0.073	0.049	0.160*	0.016	0.055
	20~11	0.036	0.068	0.007	0.111*	0.193**	0.062	0.066	0.199**	0.088
	10~0	0.004	0.127*	0.001	0.100	0.128*	0.051	0.114*	0.142*	0.296**

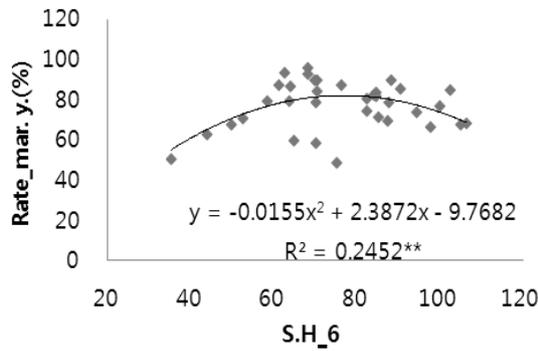


Fig. 1. Correlations between rates of marketable yield and sunshine hours during DBH 50~41.

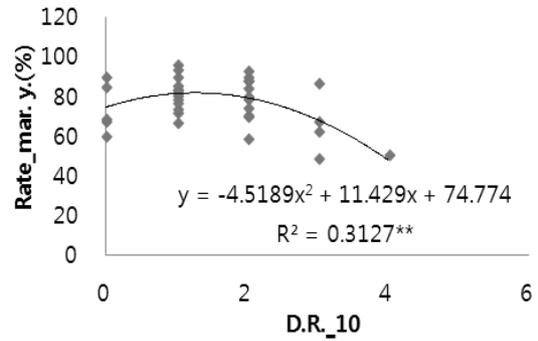


Fig. 4. Correlations between rates of marketable yield and days of rain during DBH 10~1.

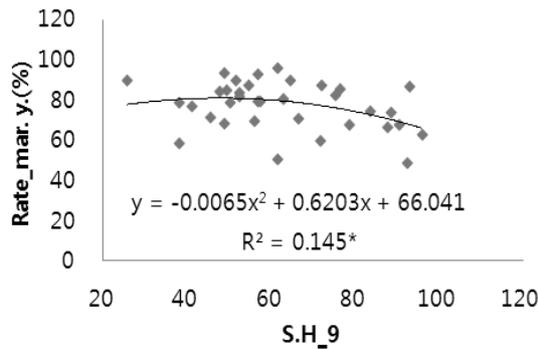


Fig. 2. Correlations between rates of marketable yield and days of rain during DBH 20~11.

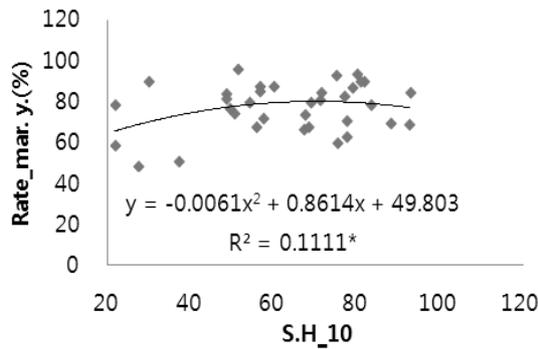


Fig. 3. Correlations between rates of marketable yield and sunshine hours during DBH 10~1.

2 & 3), 수확전 10일간 5 mm 이상의 강우일수 1~2일 구간에서는 가장 높은 상관관계를 보여(Fig. 4) 이 시기에 적당량의 강우가 상서율을 높이는 효과가 있는 것으로 보였다.

감자의 상서율은 Lee *et al.* (2014)에 따르면 무피복재배 감자의 경우에 파종 후 50일간의 일평균기온, 일최고기온 및 기온일교차의 영향을, 수확전 50일간의 평균기온, 최저

기온 및 최고기온의 영향을 크게 받는다고 보고하였으나, 본 연구에서는 기온의 영향은 미미하게 나타났다. 그 원인은 피복여부에 있었던 것으로 보였는데, 피복재배가 지상부와 지하부를 차단하여 기온이 감자의 지하부에 미치는 영향이 줄어든 것으로 추정되었다.

상서수량은 시기별 기상값과의 상관도가 상서울보다 좀 더 다양하게 나타났다. 상서울은 기상값과의 총 90개 결정계수 중에서 15개에서 상관관계가 나타났고, 그 중에서 2개만이 높은 상관관계를 보인 반면, 상서수량은 22개의 상관관계가 나타났고, 그 중에서 6개가 높은 상관관계를 보였다. 이 결과는 상서수량이 상서울에 비하여 기상값의 영향을 더 많이 받는다는 것을 의미한다. 감자의 상서수량은 파종후 20일간의 강수량, 파종후 11~20일의 상대습도, 수확전 20일부터의 강수량, 수확전 50~41일 및 20일전부터의 일조시간, 그리고 수확전 10일간의 5 mm 이상 강수일수의 영향이 큰 것으로 나타났다(Table 4 & 5). 파종후 10일간 강수량이 20 mm 이하로 적을 경우에 상서수량이 적은 것으로 나타났는데 (Fig. 5), 이 시기에 강수량이 적을 경우 관수를 고려해 볼 수도 있을 것이다. 파종 후 21~30일에는 상대습도 60% 부근에서 상서수량이 높아지는 것으로 나타났고(Fig. 6), 수확전 50~41일에는 일조시간 80시간 부근에서 수확량이 많았고 이보다 일조시간이 많거나 적은 경우 수확량 감소가 현저하게 나타났다(Fig. 7). 수확전 20~11일의 강수량 50 mm 부근과 일조시간 50시간 부근에서도 상서수량이 높게 나타났다(Fig. 8 & 9). 이 시기는 괴경이 비대가 빠른 것으로 보이므로 일조시간이 많을수록 수확량이 많을 것으로 기대하였으나 오히려 반대의 결과를 얻었다. 그 원인이 연구된 바 없으나, 수확기가 다가옴에 따라 잎의 활력 떨어져 광합성을 통한 물질생성이 적어져 광 요구량은 적어진 상황에서 일조시간이 길어지면 호흡량만 많아져 결국 괴경비대 감소

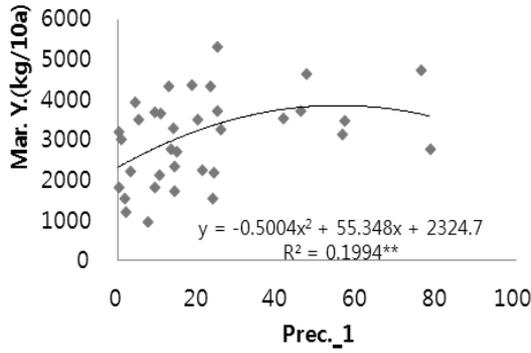


Fig. 5. Correlations between marketable yields and precipitation during DAP 1~10.

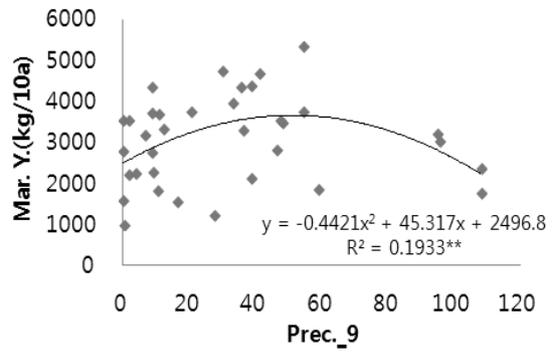


Fig. 8. Correlations between marketable yields and precipitation during DBH 20~11.

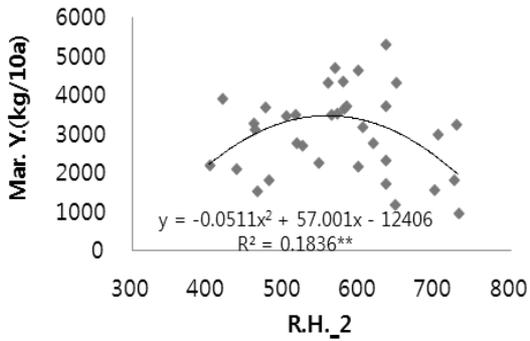


Fig. 6. Correlations between marketable yields and relative humidity during DAP 11~20.

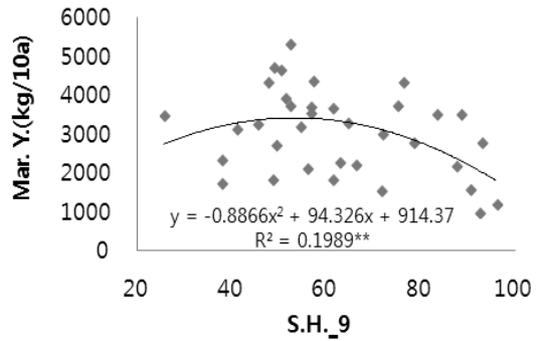


Fig. 9. Correlations between marketable yields and sunshine hours during DBH 20~11.

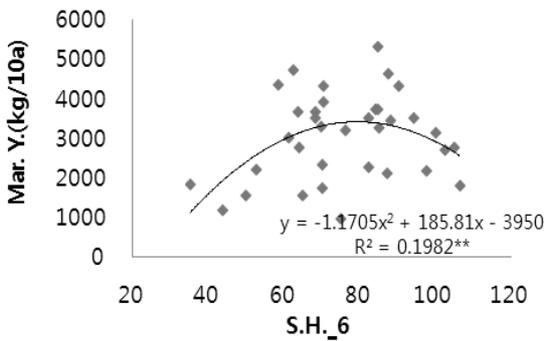


Fig. 7. Correlations between marketable yields and sunshine hours during DBH 50~41.

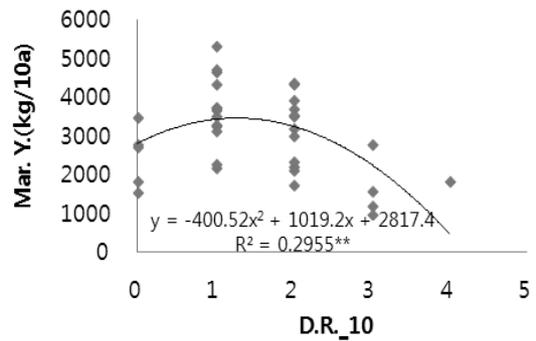


Fig. 10. Correlations between marketable yields and sunshine hours during DBH 10~1.

로 이어지는 것으로 추정하였다. 수확 10일전부터 5 mm 이상 강수일수가 1일 정도에서 수확량이 가장 높은 것으로 나타났는데, 괴경비대가 완성되어가는 10일간의 강수일수 차이가 Fig. 10과 같은 큰 수량 차이를 만든다는 것은 상식적으로 납득하기 어려웠다. 다만, 이 시기에 고온다습한 환경이 되면 감자는 병해충의 피해를 입기 쉽다는 점과 다른

생육단계의 기상요소들간에도 높은 상관성이 존재한다는 점을 감안하면 수확전 10일보다 이전의 기상요소들이 수량에 영향을 미친 것이 수확전 10일간의 강수일수와 맞아떨어진 것이 아닌가 추정될 뿐이다. 본 연구에서 활용한 시기별 기상요소 90개 중 DR\_10과 고도의 상관성을 보인 것만 Tmax\_6, Prec\_1, Prec\_10 및 S.H.\_6 등 4개였다.

**감자의 상서수량 예측모형**

앞서 Table 4, 5에서 지적시험 수량조사치와 상관을 보인 기상값과 그 회귀공식은 Table 6과 같았다.

Table 6의 기상요소 및 시기별 공식을 이용한 예측수량 (Y<sub>i</sub>)을 구하고, 이 예측수량을 독립변수로 두고 지적시험 조사수량을 종속변수로 하여 선형회귀분석을 한 결과는 Table 7, 8과 같았다. 모형 1~4 중에서 모형 4가 잔차평균 제곱이 가장 작고 F값은 가장 커서 실제수량에 대한 예측력이 가장 높을 것으로 보였다.

Table 8에 따라서 기상요소별 수량예측치(Y<sub>i</sub>)를 이용한 감자수량 예측모형 4는 아래와 같다.

$$Y = 0.838 \times Y_{22} + 0.955 \times Y_{11} + 0.811 \times Y_{15} + 0.883 \times Y_{10} - 7635.282$$

이 수량예측모형에서 Y<sub>i</sub>에 Table 6의 모델식 4개를 대입 하면 수량예측모형이 아래와 같이 만들어진다.

$$Y = -336 \times DR_{10}^2 + 854 \times DR_{10} - 0.422 \times Prec_9^2 + 43.3 \times Prec_9 - 0.0414 \times RH_2^2 + 46.2 \times RH_2 - 0.0102 \times Prec_2^2 - 7.00 \times Prec_2 - 10039$$

이렇게 얻어진 감자수량 예측모형을 이용하여 얻은 수량 예측치와 지적시험의 수량조사치간의 회귀직선을 그려본 결과는 Fig. 11과 같았다. 회귀직선은 기울기 1, y축의 절대값은 0에 가깝고 결정계수는 0.6933으로 높았다. Lee *et al.* (2014)이 무피복 재배 수미감자 상서수량 86개와 기상요소간의 1차 회귀를 이용하여 예측모형을 만들었는데 그 결과 보다는 예측력이 크게 높아진 것으로 보였다. 이것은 조사 대상 샘플수가 적었던 것도 영향이 있었겠지만 본 연구에서 사용한 2차 회귀의 영향이 컸던 것으로 판단된다. Fig. 1~10은 상서수량과 시기별 기상값과의 2차 회귀에서 높은 상관을 보여주지만, 이중 다수는 1차 회귀에서는 상관도가 낮거나 나타나지 않을 수 있을 것이다.

감자는 품종마다 기상에 대한 반응이 다르고(Ahn *et al.*, 1996),

**Table 6.** Models and its r<sup>2</sup> for predicting marketable yield using each climatic element.

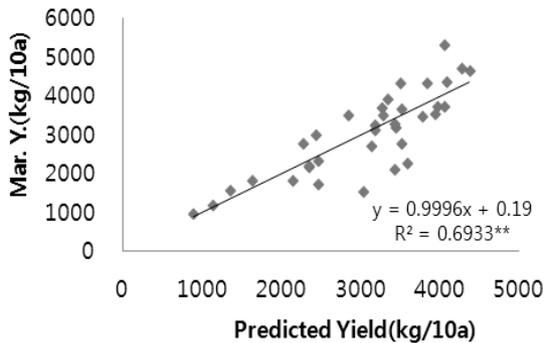
No.	Climatic elements	Steps for analysis	Models	r <sup>2</sup>
1	Tave_2	DAP 11~20	Y <sub>1</sub> = 0.3812*Tave_2 <sup>2</sup> - 84.971*Tave_2 + 7478.3	0.1445*
2	Tave_6	DBH 50~41	Y <sub>2</sub> = -0.239*Tave_6 <sup>2</sup> + 98.94*Tave_6 - 6636.1	0.1835*
3	Tmin_5	DAP 41~50	Y <sub>3</sub> = 0.4573*Tmin_5 <sup>2</sup> - 90.041*Tmin_5 + 7243.7	0.1139*
4	Tmin_6	DBH 50~41	Y <sub>4</sub> = 0.0982*Tmin_6 <sup>2</sup> - 2.7129*Tmin_6 + 2032.1	0.1488*
5	Tmin_10	DBH 10~ 1	Y <sub>5</sub> = -0.896*Tmin_10 <sup>2</sup> + 306.37*Tmin_10 - 22809	0.1266*
6	Tmax_2	DAP 11~20	Y <sub>6</sub> = 0.1732*Tmax_2 <sup>2</sup> - 62.84*Tmax_2 + 8388	0.1555*
7	Tmax_6	DBH 50~41	Y <sub>7</sub> = -0.236*Tmax_6 <sup>2</sup> + 116.46*Tmax_6 - 10976	0.1405*
8	Tm-m_9	DBH 20~11	Y <sub>8</sub> = -0.9896*Tm-m_9 <sup>2</sup> + 160.43*Tm-m_9 - 3117.4	0.1106*
9	Prec_1	DAP 1~10	Y <sub>9</sub> = -0.5004*Prec_1 <sup>2</sup> + 55.348*Prec_1 + 2324.7	0.1994**
10	Prec_2	DAP 11~20	Y <sub>10</sub> = -0.0116*Prec_2 <sup>2</sup> - 7.9329*Prec_2 + 3297.7	0.1276*
11	Prec_9	DBH 20~11	Y <sub>11</sub> = -0.4421*Prec_9 <sup>2</sup> + 45.317*Prec_9 + 2496.8	0.1933**
12	Prec_10	DBH 10~ 1	Y <sub>12</sub> = -0.2001*Prec_10 <sup>2</sup> + 22.007*Prec_10 + 2823.2	0.1283*
13	WV_3	DAP 21~30	Y <sub>13</sub> = -6.7275*WV_3 <sup>2</sup> + 383.67*WV_3 - 2023.5	0.1728*
14	WV_6	DBH 50~41	Y <sub>14</sub> = -5.1203*WV_6 <sup>2</sup> + 276.35*WV_6 - 337.37	0.1212*
15	RH_2	DAP 11~20	Y <sub>15</sub> = -0.0511*RH_2 <sup>2</sup> + 57.001*RH_2 - 12406	0.1836**
16	RH_4	DAP 31~40	Y <sub>16</sub> = -0.0155*RH_4 <sup>2</sup> + 14.008*RH_4 + 342.61	0.1520*
17	RH_8	DBH 30~21	Y <sub>17</sub> = -0.0479*RH_8 <sup>2</sup> + 61.794*RH_8 - 16571	0.1597*
18	RH_10	DBH 10~ 1	Y <sub>18</sub> = -0.044*RH_10 <sup>2</sup> + 59.732*RH_10 - 16980	0.1141*
19	SH_6	DBH 50~41	Y <sub>19</sub> = -1.1705*SH_6 <sup>2</sup> + 185.81*SH_6 - 3950	0.1982**
20	SH_9	DBH 20~11	Y <sub>20</sub> = -0.8866*SH_9 <sup>2</sup> + 94.326*SH_9 + 914.37	0.1989**
21	SH_10	DBH 10~ 1	Y <sub>21</sub> = -0.9715*SH_10 <sup>2</sup> + 115.73*SH_10 - 14.725	0.1417*
22	DR_10	DBH 10~ 1	Y <sub>22</sub> = -400.52*DR_10 <sup>2</sup> + 1019.2*DR_10 + 2817.4	0.2955**

**Table 7.** Analysis of variance.

	Model	Sum of square	Degree of freedom	Mean square	F	P value
1	Linear regression	11703350	1	11703350	13.841	.001 <sup>a</sup>
	Residual	27903775	33	845568.932		
	Sum	39607125	34			
2	Linear regression	20000110	2	10000055	16.321	.000 <sup>b</sup>
	Residual	19607014	32	612719.201		
	Sum	39607125	34			
3	Linear regression	23661412	3	7887137.3	15.333	.000 <sup>c</sup>
	Residual	15945713	31	514377.825		
	Sum	39607125	34			
4	Linear regression	27461496	4	6865374.0	16.958	.000 <sup>d</sup>
	Residual	12145629	30	404854.289		
	Sum	39607125	34			

**Table 8.** Unified models for predicting marketable yield of potato.

Model	Non-standardized coefficient		Standardized coefficient	t	P value	
	B	Standard error	Beta			
1	(Constant)	-.298	839.145		.000	1.000
	Y <sub>22</sub>	1.000	.269	.544	3.720	.001
2	(Constant)	-3279.673	1142.131		-2.872	.007
	Y <sub>22</sub>	1.028	.229	.559	4.488	.000
	Y <sub>11</sub>	1.041	.283	.458	3.680	.001
3	(Constant)	-5019.031	1232.937		-4.071	.000
	Y <sub>22</sub>	.936	.213	.509	4.405	.000
	Y <sub>11</sub>	.974	.261	.428	3.737	.001
	Y <sub>15</sub>	.724	.271	.309	2.668	.012
4	(Constant)	-7635.282	1387.692		-5.502	.000
	Y <sub>22</sub>	.838	.191	.455	4.380	.000
	Y <sub>11</sub>	.955	.231	.420	4.129	.000
	Y <sub>15</sub>	.811	.242	.347	3.346	.002
	Y <sub>10</sub>	.883	.288	.316	3.064	.005



**Fig. 11.** Correlations between the real marketable yield and the predicted yield.

기상 이외에도 토양, 비료, 재배방법 등 여러가지 가능한 요인들이 존재하는데, 지역적응시험 성적들은 이화학적 성질이 전혀 다른 토양에서 도출되므로 수량 예측력이 낮아질 수 밖에 없지만, 역으로 본 모형이 다양한 토양조건에 적용가능하다는 장점도 있을 것으로 판단된다. 본 연구결과의 모형으로 우리나라 지역별 감자수량을 정확히 예측할 수는 없으나, 대략적인 경향치는 얻을 수 있을 것으로 생각되며 토양의 이화학적 특성이 추가된다면 수량에 대한 예측력은 더욱 높아질 것이다.

**적 요**

피복재배 수미감자를 대상으로 7개 연도에 전국 9개소에

서 수행되었던 35개 지역적응시험 성적과 해당지역의 시기별 기상요소들간 상관도를 검정한 결과, 감자의 상서율은 지상부 생육기보다는 괴경 비대기의 기상영향을 더 많이 받는 것으로 나타났는데, 특히 수확전 50~41일과 수확전 20일간의 일조시간, 수확전 10일간의 5 mm 이상 강우일수의 영향을 크게 받는 것으로 나타났다. 감자의 상서수량에 영향을 미치는 기상요인은 파종후 20일간의 강수량, 파종후 11~20일의 상대습도, 수확전 20일부터의 강수량, 수확전 50~41일 및 20일전부터의 일조시간, 그리고 수확전 10일간의 5 mm 이상 강우일수 등이었다. 2차 회귀에서 상서수량과 상관성이 나타난 각각의 기상값을 이용하여 계산한 수량예측치들( $Y_i = aX_i^2 + bX_i + c$ )과 상서수량(Y)간에 선형회귀분석을 통하여 4개의 상서수량 예측모형을 만들었고 그중에서 4개의 기상요소가 활용되었고, 수량예측력이 가장 높을 것으로 보이는 모형 4를 선택하였다. 여기에 각 기상요소별 수량예측치 모델식들( $aX_i^2 + bX_i + c$ )을 대입하여 얻은 최종 수량예측모형은 아래와 같았다.

$$Y = -336*DR_{10}^2 + 854*DR_{10} - 0.422*Prec_9^2 + 43.3*Prec_9 - 0.0414*RH_2^2 + 46.2*RH_2 - 0.0102*Prec_2^2 - 7.00*Prec_2 - 10039$$

이 모형은 잔차평균제곱이 작고 F값이 높으며 결정계수는 0.693으로 높게 나타나 감자상서수량의 예측력이 높을 것으로 판단된다.

## 인용문헌(REFERENCES)

- Agblor, A. and M. G. Scanlon. 2002. Effect of storage period, cultivar and two growing locations on the processing quality of french fried potatoes, *Amer.J.ofPotatoRes.* 79 : 167-172.
- Ahn, J. H., J. M. Lee, J. I. Yun, Y. I. Hahm, and K. Y. Shin. 1996. Modeling of potato growth and yield based on meteorological information II. Statistical modeling. RDA. J. Agri. Sci. 38(2) : 345-352.
- Bodlaender, K. B. A. 1963. Influence of temperature, radiation and photoperiod on development and yield in the growth of the potato Ed. J. K Ivimns and F. L. Milthorpe, Butterworths. London : 199-210.
- Burton, W. G. 1966. The potato-A survey of its history and of factors influencing its yield, nutritive value, quality and storage. 2nd ed. Veenman an Zonen. Wageningen, Holland : 51-81.
- Chloupek, O., P. Hrstkova, and Schweigert. 2003. Yield and its stability, crop diversity, adaptability and response to climate change, weather and fertilization over 75 years in the Czech Republic on comparison to some European countries, *Field Crop Res* (inpress).
- Jeong, J. C., Y. H. Yun, D. C. Chang, C. S. Park, and S. Y. Kim. 2003. Processing quality of potato(*Solanum tuberosum* L.) tubers as influenced by soil and climatic conditions. *Korean. J. of Environ. Agric.* 22(4) : 261-265.
- Kim, S. I., K. Y. Shin, S. J. Hwang, Y. I. Hahm, C. S. Park, B. D. Kim, J. K. Kim, W. H. Ryu, K. S. Choi, B. H. Hahn, and K. S. Ho. 1992. Effect of the types of cultivation and time of vine kill on potato yield and virus disease. Res. Rept. RDA 34(2) : 33-40.
- Lee, A. S., S. J. Choi, S. J. Jeon, J. H. Maeng, and I. J. Kim. 2014. Estimating the yield of mulched potato using climatic elements. *Korean J. Crop Sci.* 59(1) : 89-96.
- Van Delden, A., J. J. Schroder, M. J. Kropff, C. Grashoff, and R. Booi. 2003. Simulated potato yield, and crop and soil nitrogen dynamics under different organic nitrogen management strategies in The Netherlands, *Agri.Eco.&Environ.* 96 : 77-95.