

## 氣溫과 日長에 따른 油菜의 發育程度와 生育段階 豫測

李定澤\* · 尹成浩\* · 朴武彥\* · 尹進一\*\*

### Estimation of Growth Development Stages and Development Rate in Rape Plant by Air Temperature and Daylength

Jeong-Taek Lee\*, Seong-Ho Yun\*, Moo-Eon Park\* and Jin-il Yun\*\*

#### Abstract

This study was conducted to estimate the growth stages(DVS) and plant developmental rate (DVR) of rape by using climatic data. Daily average air temperature and day length were analyzed in correspond to growth stages of rape. Each growth stage was clasified by seeding, heading, flowering maturing stage respectively. Growing days of each stage were closely related with average air temperature and accumulated air temperature. Plant development rate increased fastly in condition on high tempreature and long day length. Especially winter season the DVR increased li-neary. DVR fluctuated from 0 to 0.026 upto heading date.

In stages from heading to flowering, and to maturing DVR showed in range 0.018-0.048 and 0.005-0.018 respectively. Prediction of plant growth stage has high correlation with obserbed value,  $r=0.772-0.948$ , most highest of them were from heading to maturing.

#### 서 언

우리 나라에서 유채는 1960년대부터 재배면적이 증가되기 시작하여 1971년에는 28,724 ha까지 증가된 적이 있었으나 최근에는 가격의 불안정 등으로 생

산이 점차 줄어들고 있다.<sup>1)</sup>

유채는 지력을 증진시키는 작물이므로 척박한 토양에서 재배가 가능하고, 병충해에도 강하여 생력재배에 알맞은 작목이다. 또한 수입에 의존하는 샐러드유의 자급화와 아울러 월동 답리작 재배로 토지

\*農業技術研究所(Agricultural Science Institute, Suwon 441-707 Korea)

\*\*慶熙大學校 産業大學 農學科(Agronomy Dept. Kung Hee University, Yongin 449-701, Kyunggi, Korea)

이용을 증대시킬 수 있는 작물이다. 그러나 현재 우리나라에서 유채는 생산량의 90%가 제주도에서 생산되고 있으며, 제주지역에서는 최근 밀원과 관광 농업 작물로서 중요성이 높아지고 있다.<sup>2,3)</sup>

유채는 동작물로서 겨울동안의 지상부 생육은 거의 정지되지만, 겨울철이 따뜻할 때는 춘파성이 높은 품종은 이른봄에 장다리가 나오고(추대), 개화하게 되는데 봄추위가 심할 때는 결실에 장애를 받기 쉽다. 성숙기에는 따뜻하고 건조한 날씨가 좋지만 지나치게 건조하면 종자의 충실도가 떨어지는 것으로 알려져 있다.<sup>4,5)</sup>

기상과 작물의 수량과의 관계에 관하여 벼, 옥수수, 콩 등 여러작물에서 연구되어 왔고, 유채에서는 유지작물로서 지방산의 조성 등 종실유의 성분에 대해서 주로 연구되었으며,<sup>6,7,8,9)</sup> 기상환경과 관련하여 유채의 수량에 미치는 영향에 대하여 연구한 결과는 있으나<sup>10,11,12,13,14,15,16)</sup> 생육시기별로 기상환경에 따른 생육관계를 연구한 결과는 드물다.

본 연구는 유채의 기상환경에 대한 생육반응을 이해하기 위한 기초자료를 얻고자 자연조건하에서의 온도와 일장에 따른 유채의 발육단계 및 발육속도를 추정하는 예측모형을 만들고 그 모형에 기상 자료를 입력하여 실제 농업기상정보를 산출시켜 영농에 이용하고자 하였다.

### 재료 및 방법

본 시험은 1982~'83년 간에 제주도농촌진흥원에서 실시한 유채 신품종 재배법 확립 시험<sup>17)</sup>과 1982~'88년에 실시한 유채작황시험 성적의 파종기, 추대기, 개화기 및 성숙기 등의 생육시기와 기상청 제주기상대에서 측정한 일평균기온과 제주시의 일장을 분석하였다.

생육시기 예측모형 작성에 사용된 자료는 영산유채를 공시하여 '82년과 '83년에 실시된 재배시기 시험성적으로 파종기는 '82년(10월 10일, 10월 25일, 11월 10일)과 '83년(9월 25일, 10월 10일, 10월 25일, 11월 10일)이었다. 파종량은 500g/10a이었고, 시비

량은 N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O=12-8-8 kg/10a이었다.

발육속도(Development rate; DVR)의 추정식은 각 생육시기의 평균기온과 평균일장을 평균 발육속도와의 관계를 회귀식으로 만들었으며, 그 식은 다음과 같다.

○ 일발육속도 (DVR) :

$$DVR = ax_1 + bx_2 + c \dots\dots\dots (1)$$

여기서  $\chi_1$ 은 평균기온,  $\chi_2$ 는 일장이며 a, b, c는 계수이다.

일 DVR의 적산치로 발육단계(Development stage;DVS)를 추정하는데, 그 적산치가 1이 되면 일정 생육단계에 도달한 것을 나타낸다.

○ 발육단계 (DVS) :

$$DVS = \sum DVR_i \dots\dots\dots (2)$$

발육단계는 파종기 ↔ 성숙기, 개화기 ↔ 성숙기로 구분하여 분석하였다.

### 결과 및 고찰

#### 1. 파종기에 따른 생육기간의 차이

제주도에서 유채를 직파재배 할 때 파종기는 10월 하순경인데, 파종기가 이보다 이르거나 늦어지면 적기 파종과 달리 생육시기별로 온도나 일장조건이 다른 환경에 처해 지게 되어 생육상의 진전 상태도 달라지게 된다. 파종기에 따른 각 생육단계에 도달하는 소요일수를 보면 그림 1과 같다. 파종기에서 추대기까지는 9월 25일 파종의 경우 생육기간이 107 일 정도로 짧았으나 10월 상중순에는 140~150 일로 차이가 크지않았고, 10월 중하순 이후에는 파종기가 늦어지면 생육기간이 뚜렷하게 짧아지는 경향을 보였는데, 파종기가 1 일 정도 늦어지면 파종에서 추대기까지의 생육기간이 2~3 일 정도 짧아지는 것으로 나타났다.

파종기가 늦어질수록 추대기에서 개화기까지의 생육기간이 짧아졌으나 10월 25일 전후하여 파종한

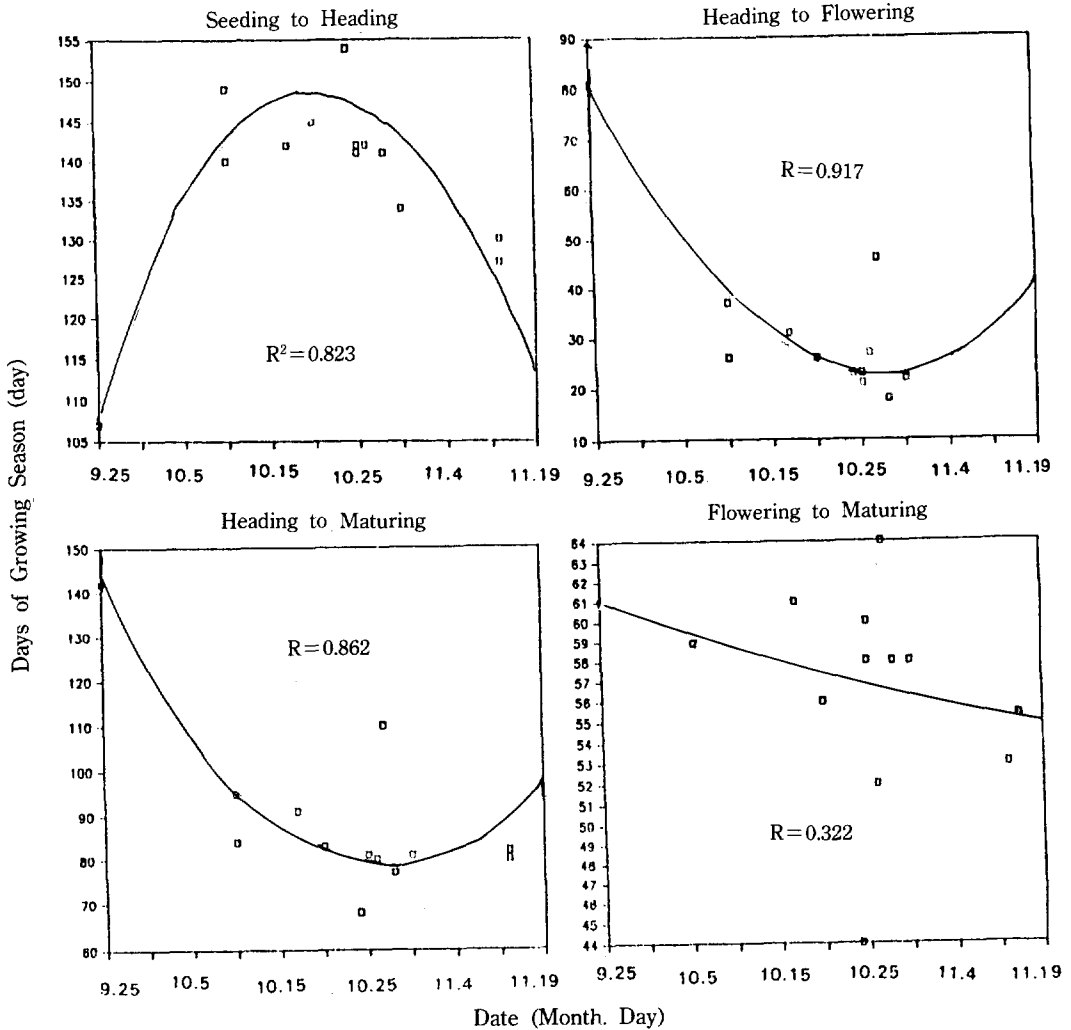


Fig. 1. Days of growing season under the different growth stages in Cheju ('82-'88)

것은 생육기간의 큰 변화가 없었다.

추대에서 성숙기까지와 개화기에서 성숙기까지의 생육기간도 파종기가 늦어질 수록 생육기간이 단축되는 결과를 보였으나 개화기에서 성숙기까지의 일수는 파종기와 상관계수가 0.322로 낮았다. 이러한 결과는 파종기가 늦어질 수록 추대일수와 개화일수가 달라진다는 보고와 일치하였다.<sup>8)</sup>

## 2. 기상환경에 따른 생육기간의 차이

생육기간중의 평균기온의 차이는 생육기간의 변

화와 밀접한 관계가 있는 것으로 각 생육단계별 평균기온과 생육일수와의 관계를 보면 그림 2와 같다. 파종기에서 추대기까지 평균기온과 생육일수는 평균기온이 높아 질수록 생육일수는 짧아지는 경향을 보였으나 상관계수는  $-0.46$ 으로 낮았다.

추대에서 개화기까지의 생육기간은 평균기온이 높아 질수록 짧아지는 경향을 보였는데 그 변화는 1차함수 보다는 2차함수에 접근하였다. 상관계수도 단순상관계수  $-0.830$ 보다 중상관계수가  $0.971$ 로 높았다. 평균기온 변화에 따른 생육일수의 변화는 대

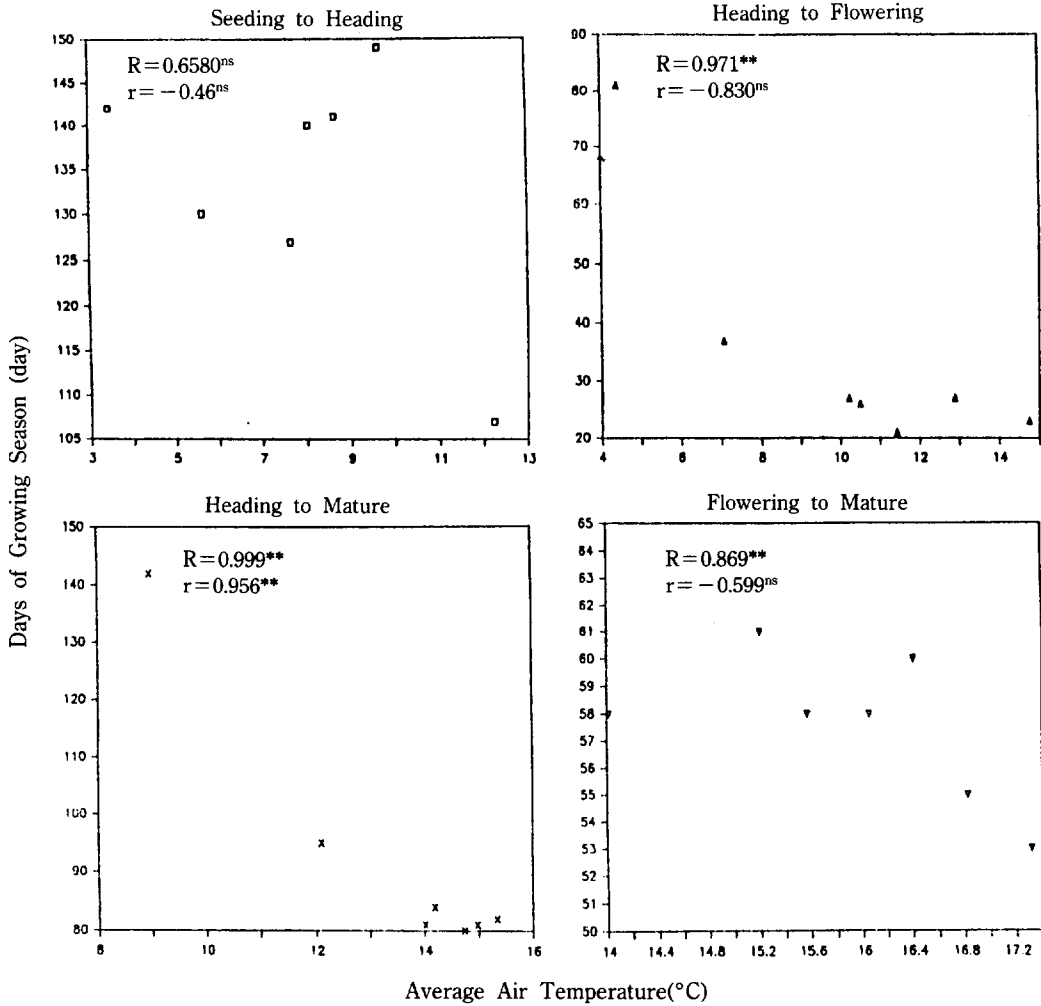


Fig. 2. Changes in days of growing season under the different average air temperature in each growth stage in Cheju (1982-83)

체적으로 평균기온이 1°C 높아짐에 따라 생육기간은 2일정도 단축되는 것으로 나타났다.

추대에서 성숙기까지는 80~90일 정도 소요되나 온도가 낮을 경우에는 140일까지 늘어날 수 있으며, 평균기온에 따른 생육일수의 변화가 다른 생육기간에 비하여 변이가 작은 것으로 나타났다. 이 기간에는 평균기온 1°C 높아짐에 따라 생육기간이 약 10일간 단축되어 기온변화에 대한 생육기간의 변화가 민감하게 나타났다.

개화기에서 성숙기까지 생육기간은 50~60 일 정도로 크지 않았다. 이 기간에도 평균기온이 1°C 낮아지면 생육기간이 3 일 정도 짧아지는 결과를 보였다.

각 생육기간중의 적산온도와 생육일수와의 관계를 보면 그림 3과 같다. 과종기에서 추대기까지의 평균적산온도는 900°C 전후이며 생육기간은 130일 전후였으나 적산온도와 생육일수간 관계는 밀접하지 않았다.

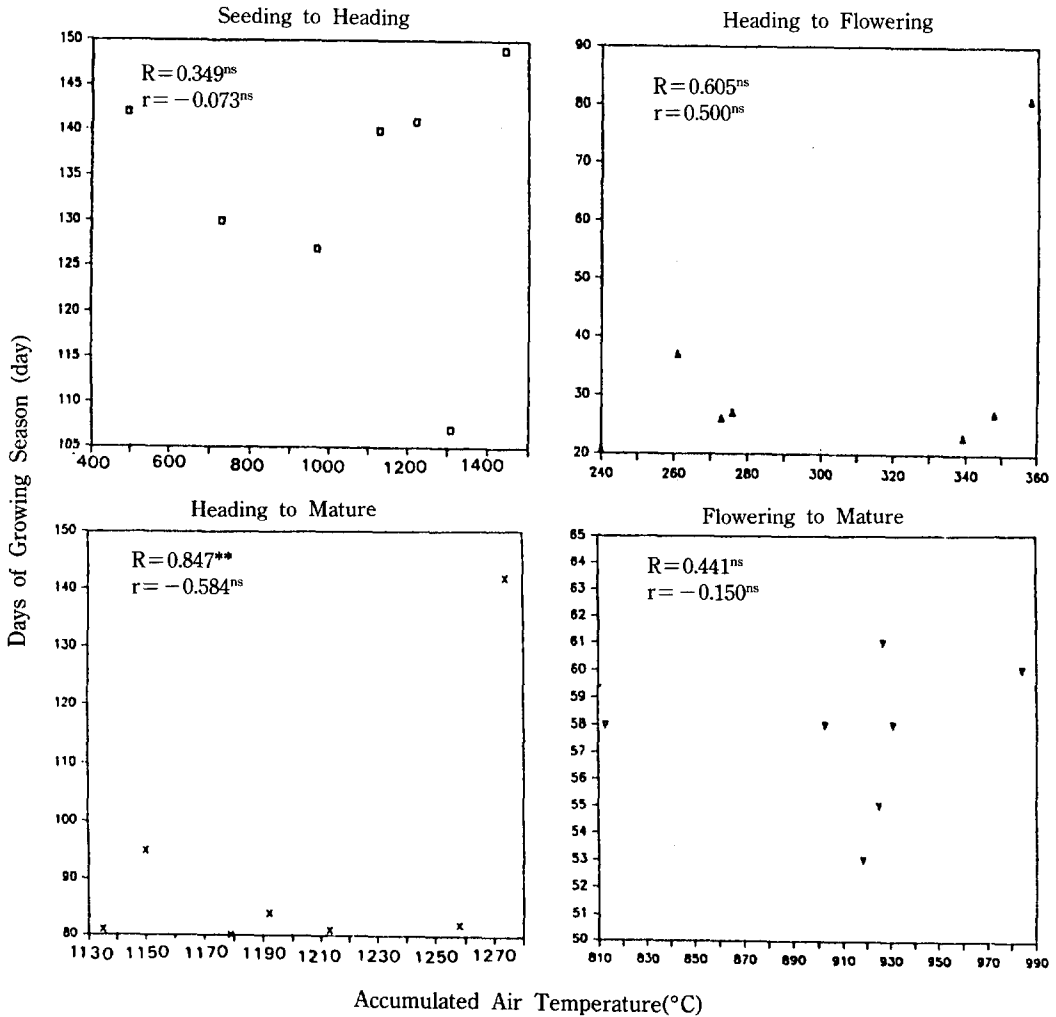


Fig. 3. Changes in days of growing season under the different accumulated air temperature in each growth stage in Cheju ('82-'83)

추대기에서 개화기까지는 생육일수가 20~40일 정도 되었으며, 적산온도 300°C 전후로 그 기간중의 적산온도가 높아질 때는 생육일수가 길어지는 결과를 나타내었다. 이러한 경향은 다른 작물에서 생육 기간중 저온 경과일수가 많아 생육진전이 늦을 때 생육기간이 늘어나고, 그 기간중의 적산온도도 높아지는 결과와 같은 경향을 나타내었다.

생육진전에는 기온이 중요한 역할을 하지만, 전형

적인 장일성 작물인 유채에서는 일장이 생육상의 전환에 크게 기여하게 된다. 일장과 각 생육단계의 생육일수와의 관계를 보면 그림 4와 같다.

과종기에서 추대기까지의 일장의 평균은 10.6시간 전후이며, 평균일장이 1시간 길어짐에 따라 생육일수는 20일 정도 빨라지는 결과를 나타내었으며 상관계수는 0.83이상으로 높았다. 그러나 일장이 12.5 시간 이상에서는 일장이 더 길어져도 생육기간에는

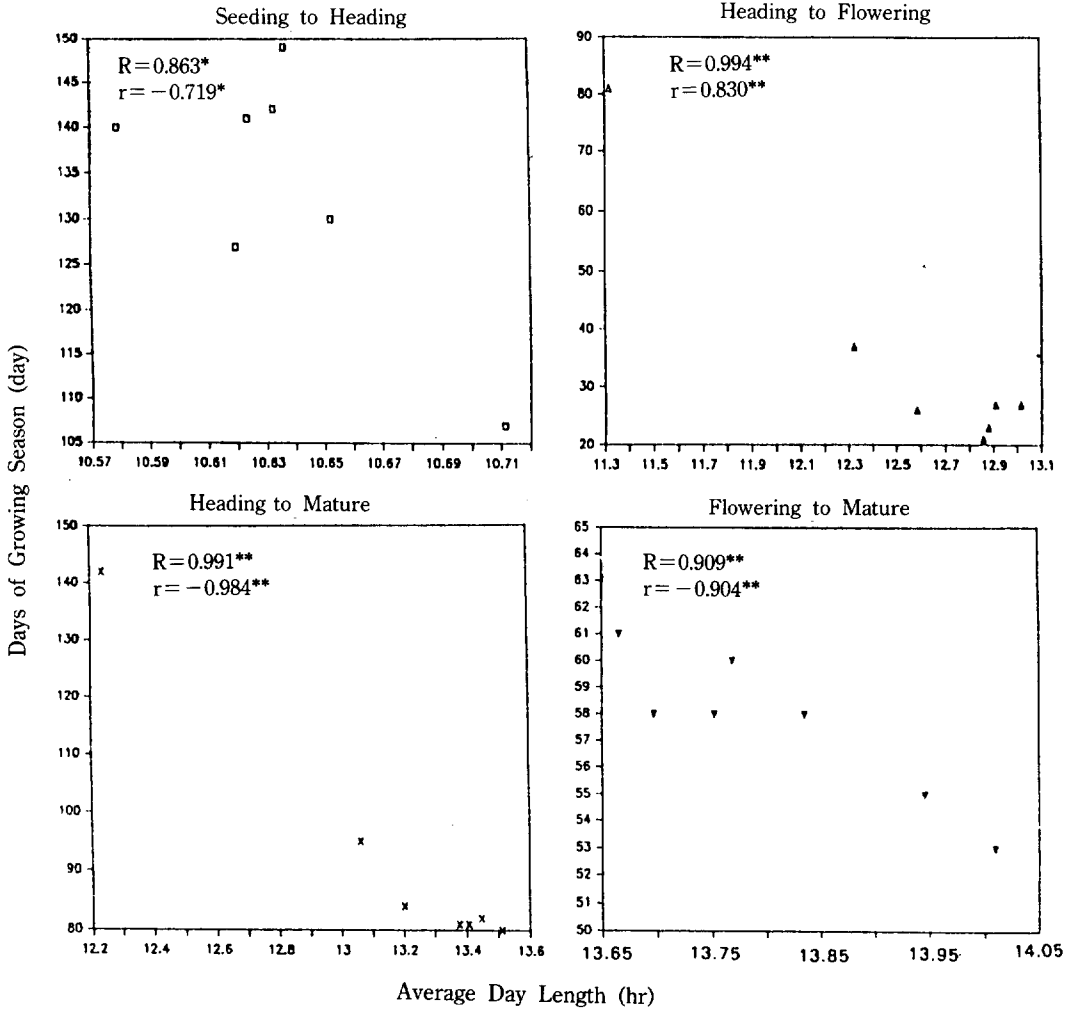


Fig. 4. Changes in days of growing season under the different average day length in Cheju ('82-'83)

변화가 거의 없었다. 대체로 추대기에서 성숙기까지의 일장은 12.2~13.5시간의 범위로 분포되었다.

앞서 논한 바와 같이 유체의 발육은 온도와 일장의 영향을 크게 받는 것으로 온도가 높고 일장이 길어지면 발육속도가 빨라져 다음 생육상으로 신속하게 진행된다. 발육속도를 산출할 때 한 생육단계에서 다음 생육단계에 이를 때까지를 1로 정하고 매일의 발육속도를 1에 대한 비율로 나타내었다. 우선 평균기온에 따른 일 발육속도와의 관계를 보면

그림 5와 같다.

파종기에서 추대기까지는 평균기온과 일 발육속도와의 상관은 비교적 낮았으며, 저온과 고온의 온도단계에 따라서 큰 변화를 나타내었다. 생육기간중 평균기온이 3°C 정도일 때는 일 발육속도가 0.007 정도로 아주 낮았으며, 6~10°C 범위에서는 일 발육속도가 0.0068~0.008 정도로 변화폭이 컸다. 그리고 평균기온이 12°C 정도로 높아지면 일 발육속도가 0.009 정도로 빨랐다. 이러한 큰 변화폭을 보이는 것

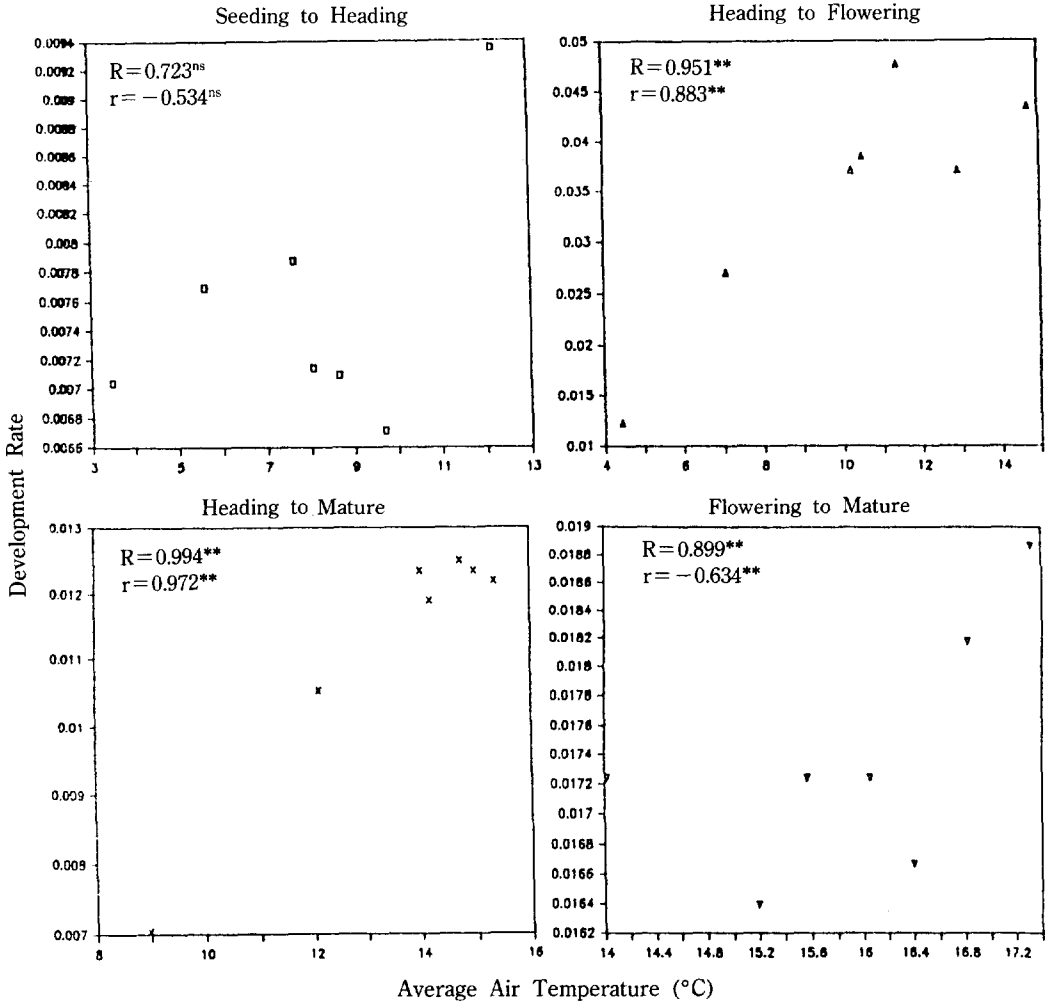


Fig. 5. Relationship between Average air temperature and development rate in Cheju ('82-'83)

은 추파한 유채는 월동 중에 기온이 낮아서 생육을 정지하게 되는 까닭으로 판단된다.

추대기에서 개화기, 추대기에서 성숙기, 개화기에서 성숙기 등에서는 평균기온이 높아지면 일 발육속도가 빨라졌다. 그 중에서도 추대기에서 성숙기가 평균기온과 일 발육속도와와의 상관( $r=0.972$ )이 가장 높았다.

각 생육기간중의 일장과 발육속도와와의 관계를 보면 그림 6과 같다. 파종기를 달리하였을 때 생육시

기별로 각각 일장조건이 달라지는데 파종기에서 추대기까지의 평균일장은 10.6~10.7 시간 정도의 분포를 보였으며, 일장이 길어지면 일 발육속도도 빨라지는 경향이었으나 상관계수는 비교적 낮았다.

추대기에서 개화기까지의 기간에는 파종기별로 일장은 11.3~13.0 시간 범위에서 변화가 있었고, 그에 따라서 발육속도도 0.01~0.05까지 변화되었다. 일장이 1 시간 길어지면 발육속도는 0.025까지 증가되었으며, 상관계수도  $r=0.912$ 로 높았다.

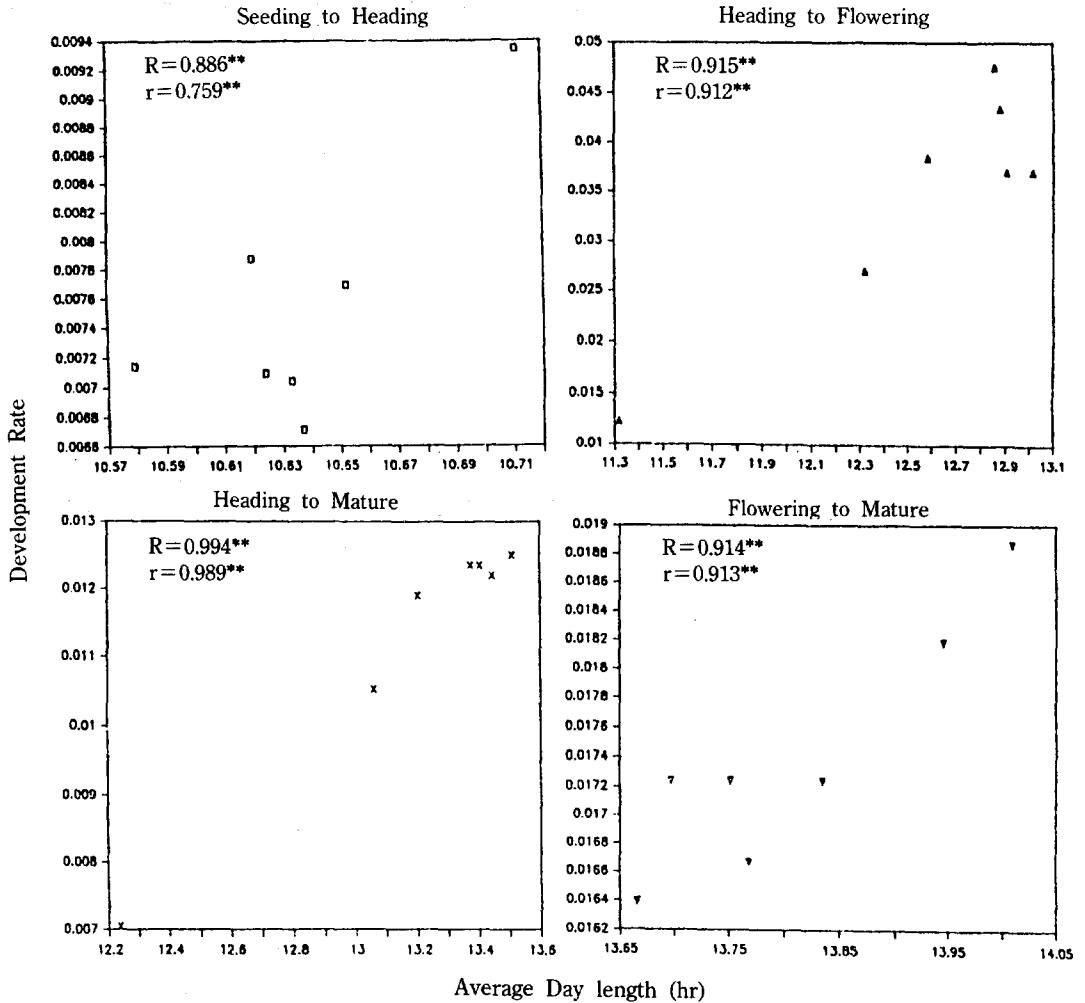


Fig. 6. Relationship between average possible sunshine duration and development rate in Cheju ('82-'83)

Table 1. Estimation model for daily plant development rate(DVR) and its parameter in each growth stages.

Growth stages	Parameter			Regression Coefficient
	a	b	c	
Seeding-Heading	0.000073	0.01483	-0.1508	0.792**
Heading-Flowering	0.001270	0.01165	-0.1245	0.932**
Heading-Maturing	0.000235	0.00328	-0.0352	0.992**
Flowering-Maturing	0.005552	0/00016	-0.0618	0.937**

Model :  $Y = ax_1 + bx_2 + c$

where  $x_1$  : average air temperature,  $x_2$  is daylength.



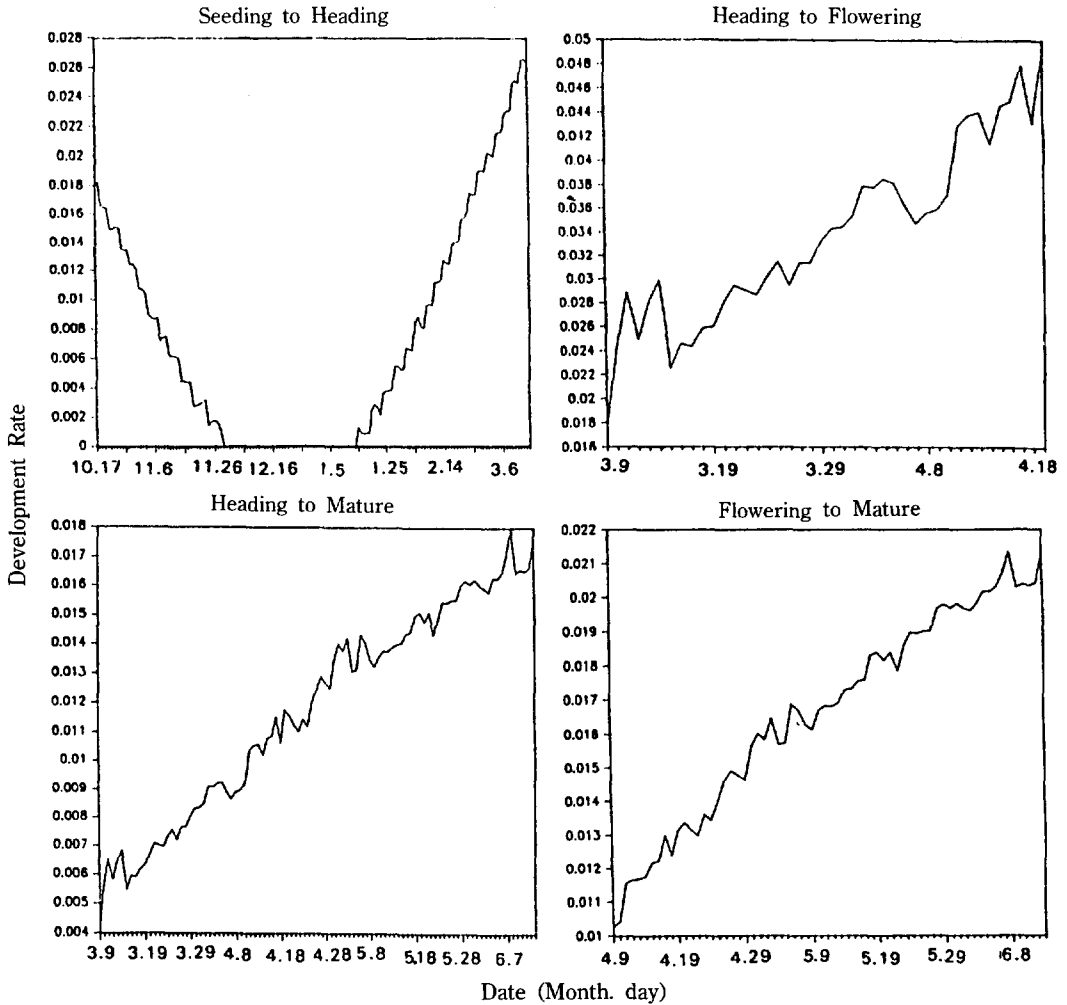


Fig. 7. Changes in development rate in each growth stages at Cheju ('88)

추대기에서 성숙기까지는 파종기에 따라 일장이 12.2~13.5 시간 범위내에서 차이를 보였으며, 일 발육속도도 0.007~0.013까지 변화를 보였다. 이 기간에는 다른 기간에 비하여 일장과 일 발육속도와의 상관성이 가장 높았으며, 일장이 1 시간 증가함에 따라 일 발육속도는 0.005정도 빨라졌다.

개화기에서 성숙기까지의 기간에서도 다른 시기와 마찬가지로 일장이 증가함에 따라 일 발육속도도 빨라졌는데, 특히 일장 13.8 시간 이하에서는 일 발육속도의 변화가 심하였다.

이러한 결과는 각 생육시기별 기상요소와 발육속도 및 생육 소요일수와의 관계는 월동기간의 기상 환경에 크게 영향을 받으므로, 단지 작물 생육기간만의 기상요소에 따른 생장속도의 예측은 적중에 부족한 점이 있다.

발육속도와 관련이 깊은 기상요소중 평균기온과 일장을 이용하여 각 생육단계별 발육속도를 추정하는 생육단계 예측모형을 만들었다. 각 모형의 계수와 상관계수는 표 1과 같다.

예측모형은 통계적으로 회귀분석을하여 중회귀식

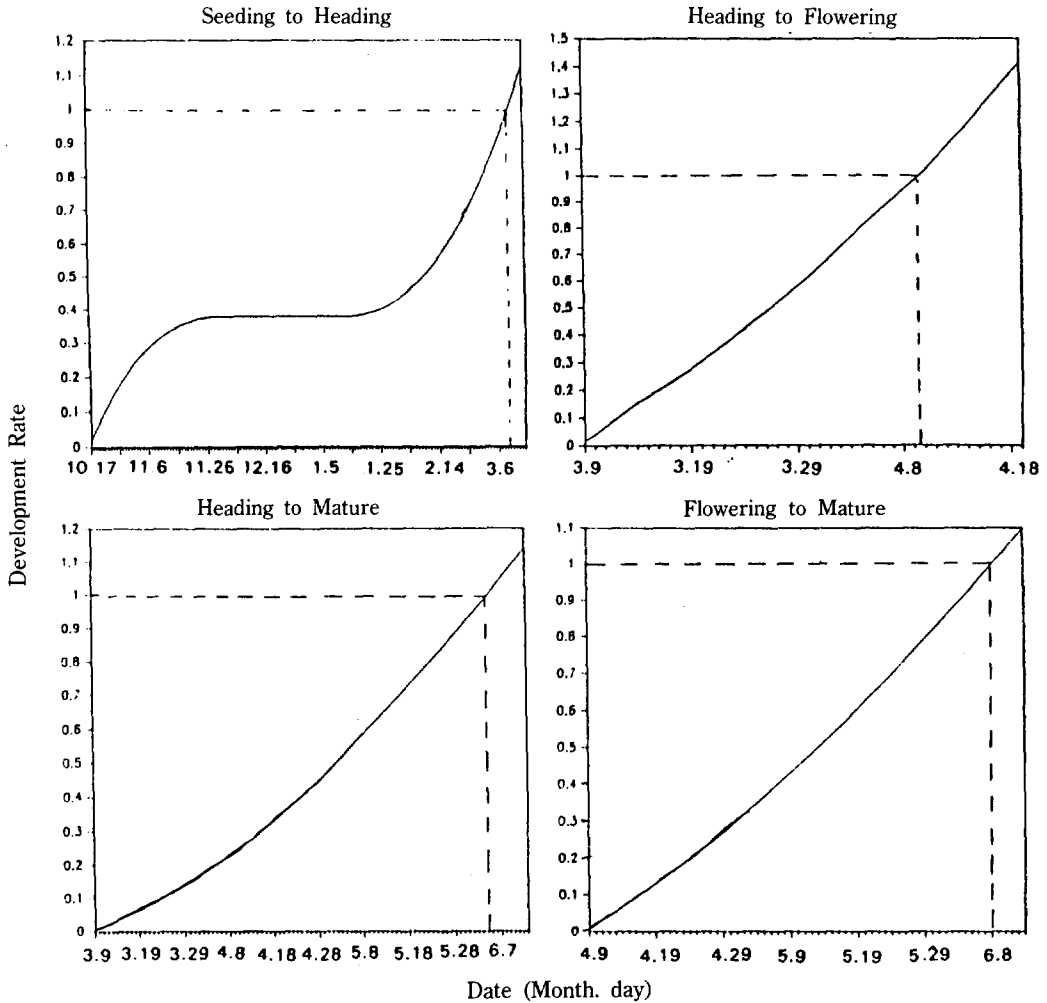


Fig. 8. Changes in Development stage in each growth stage at Cheju ('88)

$y = ax_1 + bx_2 + c$ 로 이루어져 있다. 이들 모형중에서 상관계수가 가장 높은 것은 추대기에서 성숙기까지의 일 발육속도 예측모형이었고, 가장 상관계수가 낮은 것은 파종기에서 추대기 예측모형이었다. 그러나 전체적으로 각 시기별 생육예측모형은 상관계수가 0.79~0.99이상으로 유의성이 높은 것으로 나타났다.

생육시기 예측모형을 이용하여 '88년도의 각 생육시기별 유체의 일별 발육속도를 분석해보면 그림 7과 같다. 파종기에서 추대기까지의 발육속도를 보면

10월 17일 파종의 경우 일 발육속도는 0.018로 비교적 높았으나 그 이후는 계속 기온이 내려가고 일장이 짧아짐으로 일 발육속도는 줄어들었다. 11월 28일에서 다음해 1월 14일까지는 일 생장속도가 0으로 생장이 정지된 것으로 나타났으며, 그 이후는 계속 증가되는 경향이였다.

추대기에서 개화기까지의 생육기간중, 3월 중순경에는 일 발육속도가 0.018~0.033까지 기록이 심하였으나 3월말에서 4월 상순까지는 일 발육속도가 0.44까지 점진적으로 증가하였으며 개화기인 4월 9일

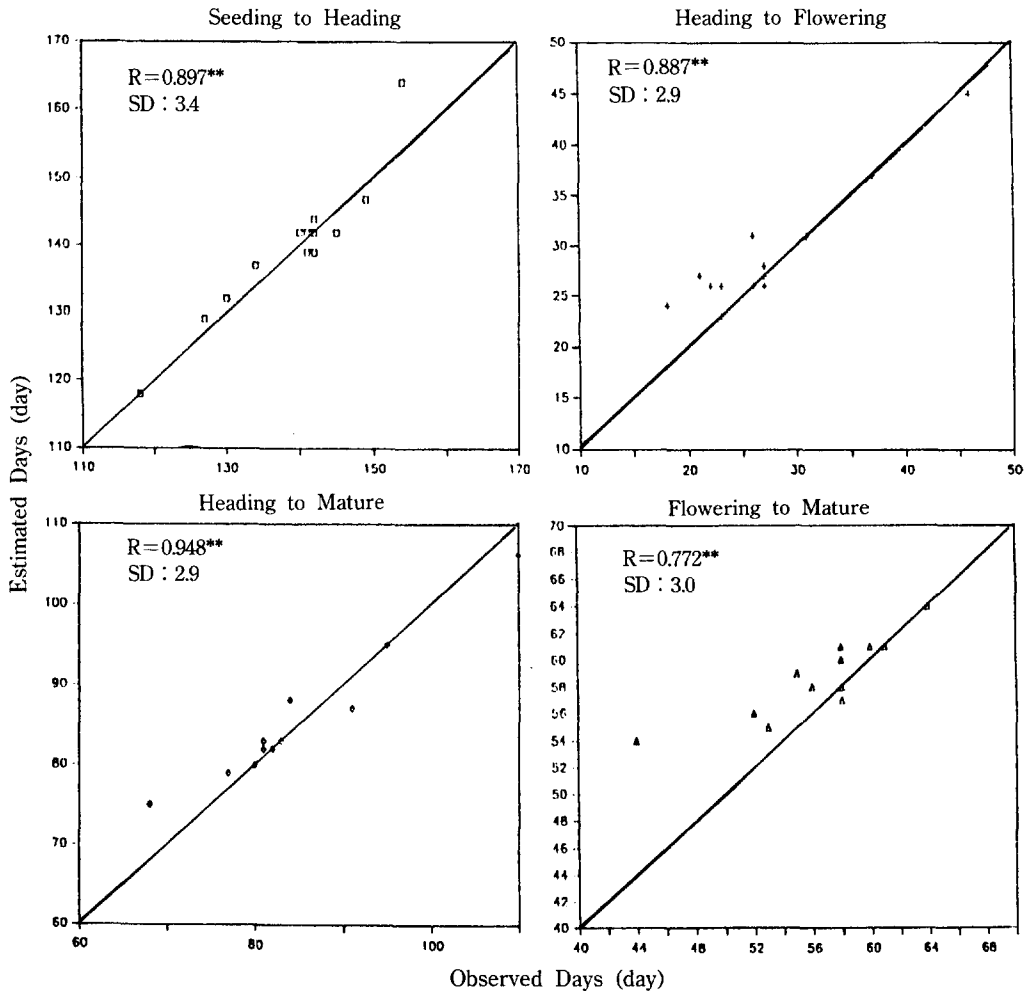


Fig. 9. Comparison between estimated and observed growth duration of each growth stages in Cheju ('82-'88)

에는 0.036 정도로 낮아졌다.

추대기에서 성숙기까지의 일 성장속도는 추대기에 0.005 정도로 낮았으나 점진적으로 증가하였고 날자에 따라서 기복이 있었다. 성숙기인 6월 9일경의 일 발육속도는 0.017 정도까지 높아진 것으로 추대기에서 성숙기까지는 계속 일장이 길어지고 기온이 높은 시기로서 일 발육속도는 여름작물과는 달리 직선적인 경향으로 증가하였다.

개화기에서 성숙기까지의 일 발육속도는 개화기인 4월 9일에서 성숙기인 6월 9일까지 약 2 개월

간에 일 발육속도는 0.01~0.021까지 증가하는 경향이였다. 발육단계는 일 발육속도의 적산치가 1이 될 경우에 발육단계가 완료되었다고 보아 각 발육단계를 구하고 그 적산치로서 발육단계를 추정할 수 있다. 1988년 유채의 각 생육시기별 발육단계 추정치의 일변화를 보면 그림 8과 같다.

파종기에서 추대기까지의 발육단계의 변화는 10월 17일에 파종한 경우 11월 26일경까지는 월동기간으로 생육이 정지된 상태를 보였고, 2월 14일 이후부터는 급속히 생육을 하여 3월 10일에 추대한

것으로 추정되어 실측치(3월 9일)에 비하여 1일 정도 늦었다.

추대기에서 개화기까지의 발육단계는 3월 9일 추대한 유채는 일 발육속도가 직선적으로 증가하여 개화기가 4월 9일로 추정되어 실측치(4월 9일)와 일치하였다. 추대에서 성숙기까지는 생육초기에 발육속도가 늦었으나 4월 중순이후 급격히 증가하여 6월 5일경에 성숙되는 것으로 추정되어 실측치(6월 4일)보다 1일정도 늦었다.

개화기에서 성숙기까지 발육단계 추정은 4월 9일에 개화된 것은 6월 9일에 성숙하는 것으로 나타나 예측의 적중정도가 가장 낮았다. 1982~1988년간의 발육단계의 추정으로 각 생육시기별 생육 소요일수를 추정치와 실측치를 비교해 보면 그림 9와 같다.

파종기에서 추대기까지의 기간은 120~160 일 범위에 분포되었고, 추정치와 실측치 사이에는 1:1 선상에 접근하여 나타났고, 상관계수는 0.897로 비교적 높았으며, 표준편차는 3.4 일이었다.

추대기에서 개화기 및 추대기에서 성숙기에서는 추정치와 실측치와의 상관계수가 각각 0.887, 0.948로 높았으며 표준편차도 2.9 일로 같았다. 두 시기 모두 생육일수가 짧아질 때 즉 발육속도가 빠를 때는 발육단계가 약간 늦게 추정되고, 생육일수가 상당히 늘어날 때는 조금 이르게 추정되는 것으로 나타났다.

개화기에서 성숙기까지는 추정치와 실측치간의 상관계수가 0.772로 다른 시기에 비하여 낮고 표준편차가 3일로 높았다. 그러나 이 기간중의 생육일수가 55~65 일의 범위일 때는 추정치와 실측치가 거의 일치하는 경향이였다.

## 요 약

유채재배시 기상조건에 의하여 유채의 발육속도 및 발육단계의 예측을 위하여 제주도 농촌진흥원에서 7년간(1982~1988년) 실시한 유채 재배시기시험 및 작황시험성적을 분석하였다. 유채의 생육단계를 파종기, 추대기, 개화기, 성숙기로 나누어서 각 생육

단계별로 온도와 일장의 함수로서 일 발육속도(DVR)를 구하고 그 적산치로서 발육단계(DVS)를 추정하여 실제 관측치와 추정치를 비교검토한 결과 다음과 같다.

1) 생육단계별 생육일수는 그 기간의 적산온도보다는 평균기온과의 상관성이 높았다.

2) 생육단계별 구분없이 온도가 높고 일장이 길어지면 일 발육속도는 빨라지는 경향이였다.

3) 유채는 월동 후 기온이 높아지고 일장이 길어짐에 따라 생육이 활발해지며 일 발육속도는 경과일수에 따라 직선적으로 증가하는 경향을 보였다.

4) 파종기부터 추대기까지의 일 발육속도는 0~0.026으로 시기별로 변화폭이 컸다.

5) 추대기에서 개화기까지의 일 발육속도는 0.018~0.048까지의 변화를 보였다.

6) 추대기에서 성숙기까지의 일 발육속도는 0.005~0.018까지의 변화를 보였다.

7) 각 생육시기별 발육단계 예측치는 실측치와 거의 일치하였으며, 상관계수는  $r=0.772 \sim r=0.948$ 이었으며, 그 중 추대기에서 성숙기까지가 가장 높았다.

## 參 考 文 獻

1. 農村振興廳, 作物試驗場, 農業技術研究所 (1990) : 作物生産과 研究의 國內外動向(下)-特用作物編, 116-147.
2. 趙齋英, 李殷雄, 金基駿, 金榮鎮 (1971) : 作物學概要, 鄉文社, 199-201.
3. 金熙泰, 朴贊浩, 孫世鎬 (1980) : 新稿 工藝作物學, 鄉文社, 191-203.
4. 戶邇義次, 野考己(1954) : 溫度及び 日長による採種の 抽苔促進とろの 機能 關東東山, 農試報告, 5, 20-27.
5. 菅野考己, 米元孝一, 五島康 (1955) : 採種の 萎縮及び不稔性障害に 關する 研究, 日本作物學會紀事, 24(1), 20-26.
6. 李正日, 方鎮淇, 權炳善, 閔康洙 (1984) : 油菜粕

- 飼料化를 위한 有害成分 改良育種에 관한 연구. 第 1 報 導入地域에 따른 油菜品種의 Glucosinolate 含量差異. 韓國育種誌. **16(2)**, 171-179.
7. 方鎮淇, 李正日, 鄭東熙, 金基駿 (1990) : 油菜의 蛋白質含量과 아미노산 造成의 品種間 差異. 韓國作物學會誌. **35(5)**, 464-475.
  8. 李正日, 權炳善, 方鎮淇, 金祥坤 (1983) : 油菜脂肪酸 組成 改良育種에 관한 研究. 14. 成分改良 育成系統들의 春播時期 移動에 따른 實用形質의 變化. 農事試驗研究報告. **25(作物編)**. 210-218.
  9. 李正日, 方鎮淇, 權炳善, 姜光熙 (1988) : 油菜品種研究現況과 問題點 및 方向. 韓國作物學會誌. **33권 별호** 98-114.
  10. 金一海, 權炳善, 李正日, 柳益相, 金俊基, 李龍保 (1977) : 油菜의 耐寒性에 관한 研究. 韓國作物學會誌. **22(1)**, 26-34.
  11. 權炳善, 李正日, 金一海 (1977) : 油菜秋苗春植의 播種時期와 定植期가 收量과 收量形質에 미치는 影響. 韓國作物學會誌. **22(2)**, 35-40.
  12. 李正日, 丁東秀 (1975) : 油菜播性的 分類와 生態變異에 관한 研究. 1 報 油菜의 春播性程度 分類와 春播時期에 따른 生態變異. 韓國育種誌. **7(2)**, 71-82.
  13. 權炳善, 李正日, 朴熙眞 (1986) : 氣象要因이 油菜收量에 미치는 影響. 韓國作物學會誌. **31(3)**, 383-386.
  14. 朴基勳, 金宗太, 吳閔燮, 申萬均, 梁昌然 (1989) : 油菜耐寒性 檢定을 위한 Tetrazolium Chloride 利用에 관한 研究. 農事試驗研究論文集 (田·特作編). **31(1)**, 36-42.
  15. 桂鳳明 (1975) : 油菜品種의 春播性程度와 主要特性間의 相關關係, 農事試驗研究報告, **17(C)**, 77-84.
  16. 李正日, 權炳善, 金一海, 咸泳秀 (1981) : 油菜良質油量粒 耐寒多收性 新品種 “榮山油菜, 農事試驗研究報告. **23(C)**, 183-187.
  17. 김창신, 송덕희, 문재현 (1983) : 유채 신품종재 배법 확립시험, 제주도 농촌진흥원. 시험연구보고서. **1983년편**. 153-161.