

단수 시기가 홍화의 생육과 수량에 미치는 영향

김세종^{1*} · 박준홍¹ · 김재철¹ · 박소득¹ · 송관철²

¹경북농업기술원 신물질연구소, ²농업과학기술원

Influence of Water Stress on Growth and Yield in Safflower(*Carthamus tinctorius* L.)

Se-Jong Kim^{1*}, Jun-Hong Park¹, Jae-Chul Kim¹, So-Deuk Park¹ and Kwan-Chul Song²

¹Research Institute of Natural Product, Kyoungbuk Agriculture Technology Administration, Uisung 769-803, Korea.*

²NIAS, RDA, Suwon 441-707, Korea

This experiment was investigated the influence of water stress in growth and yields of safflower. The water stress treatment was early growth stage(Mar. 20~Apr. 18), middle growth stage(Apr. 29~May 28) and last growth stage(Jun. 8~Jul. 7) for 30 days, respectively. Stem length of plant was 127 cm in normal irrigation(control) state and that of growth middle stage at drought state was 96 cm, to be shorted more 31 cm than that of normal irrigation state, also other growth rate of plant was decreased, relatively. Number of effective flower bud per m² was 224 ea in normal irrigation state, 114 ea in growth middle stage at drought state. Yield of seed at drought state decreased 37% and 13% in growth middle stage(222 kg/10a) and last stage(307 kg/10a) than 353 kg/10a in normal irrigation state. According to the result, it could be estimated that optimum irrigation time(0.05 MPa) was 23days after non-rainfall at early growth stage(from sowing seed time to 30 days after sowing seed), 10 days in middle growth stage(41-70 days after sowing seed) and 9 days in last growth stage(81-110 days after sowing seed), to prevent the damage of drought.

Key words : Safflower, Water stress, Growth, Yield, Irrigation

서 언

홍화(*Carthamus tinctorius* L.)는 국화과에 속하는 일년생 초본으로서 원산지는 이집트이며 중국, 일본, 인도, 한국 등지에서 재배되고 있다(농촌진흥청, 1990; 최, 1992). 경장은 110 cm 내외이고 꽃은 6월 중순에서 7월 초순경에 피며 가시가 있는 것과 없는 것이 있다. 홍화 꽃잎은 약용으로 사용되어 왔으나 최근에는 종실이 건강 보조 식품으로 널리 이용되고 있으며 그 수요가 급증하고 있는 실정이다. 홍화는 물 빠짐이 좋은 토양이면 잘 자라는 반면 사양토 등의 토양에서는 한발시 가뭄해를 입을 가능성도 있다. 최근에는 심한 가뭄이나 홍수 등의 기상 이변이 자주 발생해 많은 작물에 피해가 일어나고 있는데 우리나라에서의 한발은 평균 2.7년 마다 1회씩 일어나고 있어(농촌진흥청, 1995) 발생 빈도가 높은 편이다. 더군다나 홍화는 광엽 식물이고 식물체내에 수분을 다량

함유하고 있으므로 다른 작물에 비해 한발 피해를 입기 쉽다. 최근 홍화에 대한 연구는 재배 기술과 성분 분석에 관한 연구는 일부 이루어졌으나 한발에 관한 연구는 전무한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 우리나라 기상 여건상 한발이 자주 발생하는 시기 및 생육단계별로 일정기간 토양 수분 부족이 홍화의 생육 및 수량에 미치는 영향을 구명하고 장기간 한발시 적정 관수 시기를 예측하고자 시험을 수행 하였던바 그 결과를 보고하는 바이다.

재료 및 방법

본 시험은 의성약초시험장 시험 포장의 비가림 하우스내에서 수행하였다. 공시 토양은 사양토이며 본토양의 수분 특성 곡선은 press-plate를 이용해 구했는데 토양 수분 장력 0.01 MPa는 수분 함량 22.3%, 0.05 MPa는 15.5%, 0.1 MPa는 13.1%로서 수분 특성 곡선 식은 Fig. 1과 같다. 공시 품종은 청수 홍화로 3월 20일 파종하였으며 재식 거리는 30 cm × 10 cm였고 피복하지 않고 재배 하였다. 처리 내용은 인위적으로

접수 : 2006. 3. 7 수리 : 2006. 9. 18

*연락처 : Phone: +82533200224,

E-mail: kimsejong@hanmail.net

한발을 주기 위해 단수 시기를 생육시기별로 봄철 가뭄기인 생육 초기(3월 20일~4월 18일), 생육 중기(4월 29일~5월 28일), 그리고 생육 후기(6월 8일~7월 7일)에 각각 30일씩 처리하였고 대조구인 정상 관수구는 전 생육기간동안 토양 수분 장력을 0.05 MPa 이하로 유지하였으며 시험구 배치는 난괴법 3반복으로 하였다. 처리간 및 시험구 외부와의 수분 이동에 대한 영향을 최소화하기 위하여 시험구별 49 m²의 크기에 선라이트를 지하 40 cm 깊이로 묻었으며 비가림 하우스 측창은 1 m 높이로 열어 놓았고 비가 올 때는 내려 놓았다. 처리기간외의 토양 수분 조절은 점적 관수 시설을 설치하여 텐시오미터를 지하 20 cm 깊이에 묻어 매일 측정하면서 수분 장력 0.05 MPa를 관수 시점으로 하였고 토양 수분 측정은 auger를 이용하여 토양 20 cm 깊이의 토양을 일주일에 2회 채취하여 건토 중량법으로 계산한 후 $y = 78.054e^{-0.3132x}$ 의 식에 의해 토양 수분 장력(MPa)을 구하였다. 홍화생육 조사는 농촌진흥청 조사 기준에 의해 실시하였으며 내용은 생육 조사, 수량 및 수량구성요소, 토양 수분 함량, 관수 예측 시기 등을 조사하였다.

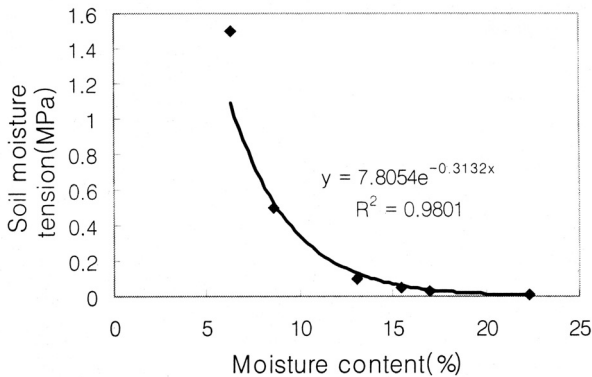


Fig 1. Soil moisture characteristic curve of experiment field.

결과 및 고찰

생육 시기별 토양 수분 장력의 변화 생육 시기별 단수시 토양 수분 장력의 변화는 Fig. 2에서 보는 바와 같이 처리전 적습 상태(0.05 MPa이하)에서 생육 초기인 3월 20일~4월 18일 처리구에서는 토양 수분 장력이 서서히 증가하여 단수 처리후 30일째인 4월 18일에는 0.07 MPa로서 토양 수분 장력별 토양 상태가 0.01 MPa 이하는 과습 상태, 0.01 MPa ~ 0.05 MPa 사이는 적습 상태, 0.05 MPa ~ 0.1 MPa 사이는 약간 건조, 0.1 MPa ~ 0.5 MPa 사이는 건조 상태, 0.5 MPa ~ 1.5 MPa 사이는 매우 건조한 상태라는 보고를(임, 1984) 보았을때, 한발에 의해 작물에 영향을 줄만한 토양 수분 장력은 아니었으며, 생육 중

기인 4월 29일~5월 28일 처리구와 6월 8일~7월 7일 처리구에서는 토양 수분 장력이 급격히 증가하기 시작하여 처리 후 30일째인 5월 28일과 7월 7일에는 각각 토양 수분 장력이 0.51 MPa 와 0.54 MPa 까지 올라가 홍화의 생육에 영향을 미쳤을 것으로 사료되었다.

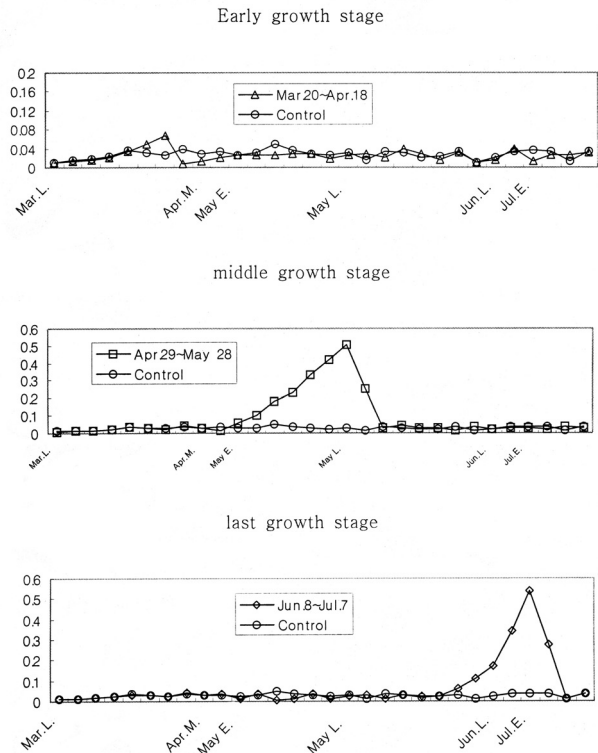


Fig. 2. Change of soil moisture tension of during growth period after water stress treatment.

단수 처리 시기에 따른 생육 및 수량 구성 요소 단수 처리 시기에 따른 생육 특성을 Table 1에서 보면 개화기에 있어서 생육 초기, 생육 후기 단수 및 정상 관수는 각각 6월 14일이었으나 생육 중기 단수는 6월 12일로 2일 정도 빨랐는데 이는 4월 29일~5월 28일 사이는 영양 생장을 가장 많이 할 시기인데 단수에 의해 수분 부족으로 영양 생장을 충분히 못하고 생식 생장으로 일찍 전환되어 개화기가 앞당겨진 것으로 판단된다. 또한 경장과 경태도 정상 관수구가 각각 127 cm, 12.4 mm인데 비해 생육 초기나 생육 후기 단수 처리구의 경장은 같거나 다소 작았으며 경태는 가늘었으나 생육 중기 단수 처리구는 경장이 96 cm, 경태가 9.7 mm로 각각 31 cm, 2.8 mm나 작거나 가늘어 정상 관수구에 비해 생육이 크게 억제되었다. 분지수, 분지수, 유효 분지수도 같은 경향이었으며 10주의 건물중도 정상 관수구는 346 g이었으나 생육 중기 단수구는 172 g 으로 건물 생산량이 거의 1/2정도에 불과하였다. 이는 생육 초기 이후 영양 성장 속도가

가 가장 빠른 생육 중기에 수분이 부족함으로서 한발에 의한 생육 장애로 충분한 영양 성장을 하지 못하였기 때문인 것으로 생각된다. 이는 Kim et al.(2001)이 작약에서 지상부 생육 최성기인 4월~5월에 단수를 했을 때 한발에 의해 지상부 생육이 가장 저조하였다고 한 결과와 비슷한 경향이였다.

Table 2에서 수량 구성 요소를 보면 주당 화두수는 정상 관수구가 12개인데 비해 생육 초기나 생육 후기 단수구는 비슷하지만 생육 중기 단수구는 6.3개로서 5.7개나 적었으며 수량에 직접적인 영향을 주는 m당 유효 화두수는 정상 관수구는 244개인데 비해 생육 중기 관수구는 144개로 100개나 적었다. 등숙 립수는 1차분지에서 정상 관수구는 화두당 46.9개 인데 비해 생육 중기 단수구는 43.3개, 생육 후기 단수구는 41.6개로서 각각 3.6개, 5.3개 적었으며 등숙 비율도 1차분지에서 정상 관수구가 64.6%인데 비해 생육 후기 단수구는 60.1%로서 가장 낮았고 백립중은 1차 분지에서 정상 관수구가 4.65 g인데 비해 생육 후기 단수구는 4.51 g으로서 가장 적었다. 이는 화두수와 유효 화두수는 지상부 생육 최성기인 생육 중기 때 영양 성장을 충분히 못하여 생식 생장으로의 전환 시 화두수의 결정에 영향을 주었으며 등숙 립수, 등숙 비율, 백

립중은 생육 후기 때 단수 시 개화기 및 등숙기에 해당 되는데 이시기에 토양 중에 충분한 수분이 있어야 정상적인 생육으로 수분 및 배유의 발달로 등숙이 잘 이루어질 수 있으나 단수에 의해 수분 스트레스로 생육에 영향을 주었다고 생각된다. 수량에 있어서는 정상 관수구가 ha당 3,530 kg인데 비해 생육 초기 단수구는 유의성이 없었으나 생육 중기 단수구는 2,220 kg으로서 37%나 감소되었고, 생육 후기 단수구는 3,070 kg으로서 13% 감소 되었다. 이와같은 결과는 생육 초기에는 한발이 오더라도 식물체가 작아 수분 소모량도 적을뿐더러 증발량이 적기 때문에 생육에 큰 영향을 받지 않아 생육중·후기에 회복을 하였다고 생각되며 생육 최성기인 생육 중기는 생식 생장에 필요한 충분한 영양 성장을 못하였으므로 분지수 및 유효 화두수가 적기 때문에 수량 감소가 가장 컸던 것으로 판단된다. Kim and Ko(1997)는 콩에서 착협시부터 30일간 단수 시 개체당 협수, 개체당 립중의 감소율이 가장 컸다고 하였으며 Choi et al.(1997)은 보리에서 출수 10일간 즉 생식 생장기에 한발 처리시 간장, 주당 수수, 립수, 천립중, 수량 등의 감소가 가장 컸다고 하여 비슷한 경향이였다.

Table 1. Growth characteristics affected by water stress at different growth stage in safflower.

Treatment period	Flowering time	Stem length (cm)	Stem diameter (mm)	No. of leaves (/plant)	Branch length (cm)		No. of branch (ea/plant)		No. of effective branch (ea/plant)	Dry weight (g/10plant)
					1st	2nd	1st	2nd		
Mar.20~Apr.18	6.14	123ab [†]	11.7a	38	62a	23a	7.8	5.1	11.7a	330ab
Apr.29~May 28	6.12	96c	9.6b	33	35b	5c	5.5	1.0	6.2b	172c
Jun.8~Jul. 7	6.14	118b	11.1ab	36	58a	17b	8.1	3.2	10.7a	314b
Control	6.14	127a	12.4a	40	65	22ab	8.5	4.1	11.5a	346a

[†] The same letters in a column are not significantly different at the 5% level by DMRT.

Table 2. Comparison of yield and yield components of affected by water stress at different growth stage in safflower.

Treatment period	No. of head (ea/plant)			No. of effective head (ea/m ²)	No. of ripened grain (ea/heads)			Percent ripened grain (%)			Weight of 100grains (g)			Yield	
	1st	2nd	Total		Main stem	1st	2nd	Main stem	1st	2nd	Main stem	1st	2nd	kg/ha	Yield Index (%)
Mar.20~Apr.18	7.1	5.1	12.2	252a [†]	23.9	46.4	25.9	62.6	65.9	49.2	5.71	4.64ab	4.41	3,440a	97
Apr.29~May 28	5.3	1.0	6.3	144b	28.8	43.3	24.9	56.7	64.5	57.4	6.40	4.78a	4.41	2,220c	63
Jun.8~Jul. 7	7.8	5.0	13.0	226ab	23.1	41.6	15.0	45.0	60.1	44.5	6.38	4.51b	4.03	3,070b	87
Control	8.0	4.0	12.0	244a	24.4	46.9	20.4	58.0	64.6	58.0	5.55	4.65ab	4.08	3,530a	100

[†] The same letters in a column are not significantly different at the 5% level by DMRT.

Table 3. Estimate of irrigation time by regression equation between drought and soil moisture tension during growth period in safflower

Drought period	Regression		Estimate of irrigation time after treatment(days)	
	Equation	R ²	0.05MPa [†]	0.1MPa
Mar. 20~Apr. 18	$y = 0.068e^{0.0872x}$	0.9762	23	31
Apr. 29~May 28	$y = 0.1259e^{0.1399x}$	0.934	10	15
Jun. 8~Jul. 7	$y = 0.1115e^{0.1591x}$	0.9665	9	14

[†] 0.05MPa : Optimum irrigation time

한발 시기별 관수 시기 예측 Table 3은 단수 처리 후 경과 일수와 토양 수분 장력과의 관계를 회귀식으로 나타내어 관수 시기를 예측한 것으로서 생육 시기별 장기간 한발 시 토양 수분 장력 0.05 MPa 를 관수 시점으로 했을 때 관수 시기는 생육 초기(3월 20일~4월 18일)는 단수후 23일, 생육 중기(4월 29일~5월 28일)는 10일 그리고 생육 후기(6월 8일~7월 7일)는 9일째가 각각 관수 시기로 예측되었다. 그러나 이런 결과는 단수 시기별로 관수 예측 시기가 상이한데 이는 홍화 생육 단계 및 시기별로 수분의 흡수량과 기상 환경이 상이하기 때문인 것으로 생각되며, 특히 관수 예측 시기는 동일한 토양이라도 해마다 변하는 기상에 매우 민감한 것이므로 이를 고려해 분석해야 한다. 즉 본 결과는 올해의 기상에만 국한되어야 하며 일반화를 위해서는 30년 평년 기상 자료와 증발산량에 관한 분석이 필요하다.

Kim et al(1996)은 토천궁에 대한 포장 용수량 수준의 토양 수분 조건에서 유효 수분 지속일은 토양 20 cm 깊이의 경우 유식물기에는 23일 정도, 개화기에는 10일정도, 근경 비대기에는 13일 정도라고 하여 본 연구 결과와 비슷하거나 다소 상이하였으며 Yoo (1993)는 우리나라 밭 토양에서 20 cm 깊이의 유효 수분 지속일은 약 20일이라고 하였는데 생육 시기와 기상, 토양 및 작물에 따라 차이가 있을 것으로 추측된다.

적 요

홍화 생육중 한발이 생육과 수량에 미치는 영향을 구명하기 위해 시험을 수행한 결과는 다음과 같다.

경장은 정상 관수구가 127 cm인데 비해 토양 수분 장력이 5월초부터 증가하기 시작해 0.5 MPa까지 도달한 생육 중기 단수시는 96 cm로서 31 cm적었으며 경태, 엽수, 분지수 등의 생육도 생육 중기 단수시가 가장 저조하였다. m²당 유효 화두수는 정상 관수구가 244개인데 비해 생육 중기 단수시는 144개로 매우 적

었다. 종실 수량은 정상 관수구가 10a당 353 kg인데 비해 생육 중기 단수시는 222 kg, 토양 수분 장력이 0.54 MPa까지 도달한 생육 후기 단수시는 307 kg으로서 각각 37%, 13% 감소되었다. 홍화 생육중 한발에 따른 피해를 방지하기 위한 적정 관수 시기(0.05 MPa)는 생육 초기(파종시~파종후 30일)는 무강우 후 23일, 생육 중기(파종후 41~70일)는 10일, 생육 후기(파종후 81~110일)는 9일로 예측되었으나, 이 결과는 당년의 기상에만 국한된다는 것을 염두에 두어야 한다. 위와 같은 결과에 대한 일반화는 축적된 기상 자료와 증발산량 자료 등에 대한 해석이 있는 추후 연구가 필요하다.

인 용 문 헌

- 최영진. 1992. 향료, 약미, 향신료, 식물백과. 오성출판사. p261~266.
- Choi, W. C, Y. W. Kwon and J. H. Park. 1997. Grain yield and physiological responses of water stress at reproductive stage in Barley. Korean J. Crop Sci. 42(3) : 263~269.
- Kim, C. G., B. H. Kang, M. H. Koh, D. H. Jung, J. H. Seo. 1996. Effects of water stress on growth of *Ligusticum chuanxiong* Hort. Korean J. Medicinal Crop Sci.4(4) : 301~307.
- Kim, C. G, M. H. Koh. 1997. Effect of drought stress at various growth stages on soybean growth and yield. Korean J. Crop Sci. 42(1) : 89~94.
- Kim, S. J., J. H. Park, D. S. Oh, K. C. Song. 2001. Effects of water stress on growth and yield of *Paeonia lactiflora* Pallas. J. Korean Soc. Soil Sci. Fert. 34(3) : 199~204.
- 임선욱. 1984. 토양학통론. p83~106.
- 농촌진흥청. 2003. 농업과학기술 연구조사 분석기준. p372~374
- 농촌진흥청. 1990. 원색도감. 한국의 자생식물(초본류). p50~51.
- 농촌진흥청. 1995. '94 한발과 고온 장애 분석 보고서. p229.
- Yoo, S. H. 1993. Soil physical properties of upland soil in relation to soil moisture. J. Korean Soc. Soil Sci. Fert. 6 : 61~65.