

취나물류의 물질생산과 광합성특성에 관한 연구

Ⅱ. 수분스트레스하에서 고온 및 저온처리가 취나물류의 광합성속도에 미치는 영향

조동하, 신상은, 허 권, 유창연
강원대학교 농업생명과학대학 식물응용과학부

Study on Matter Production and Photosynthetic Characteristics in Wild Vegetable(Chwinamul)

Ⅱ. Effects of High and Low Temperature under Water Stress on Photosynthetic Rate in Wild Vegetable(Chwinamul)

Dong Ha Cho, Sang Eun Shin, Kweon Heo, Chang Yeon Yu
College of Agriculture and Life Sciences, Kangwon National University, Chunchon, 200-701 Korea

ABSTRACT

The response of water stress under high and low temperatures, was shown differently according to the longer the suspension period of water supply. Leaf photosynthetic rate(LPS), leaf water potential(WP), relative leaf water content and relative soil water content were lower. At the higher temperatures, the percentage of reduction in LPS and WP was greater than at low temperatures. It is suggested that evaporation rate should be higher in the high temperature than the lower temperature. Also leaf water potential was lower at high temperature than at low temperature. After the 9th day of treatment, LPS was remarkably reduced at high temperature, but the reduction of LPS was not significant at low temperature. *Solidago virga-aurea* var. asiatic that maintained LPS of 3rd day after treatment was more strong than other varieties at low temperatures. The wilting and curling of leaves were observed symptoms of stress on the 9th day at the both temperatures. The leaves of *Aster scaber* and *Ligularia fischeri* turned red on the 9th day after treatment at low temperature.

Key words: water stress, photosynthesis, temperature, Chwinamal

서론

식물의 광합성은 생물계에서 에너지를 유입시키는 유일한 과정으로서 광합성은 식물의 엽록체에서 광에너지를 이용한 물의 산화와 이산화탄소의 환원 과정이다. 이러한 식물의 광합성은 식물의 유전적 형질과 외부환경요인에 따라 크게 좌우된다. 산채는 대체로 음지 또는 반음지식물이 많은데 이는 포장재배

시 여러 환경요인, 즉 온도, 광, 수분에 의한 광합성율에 변화가 많이 나타날 수 있음을 시사한다. 식물의 생장은 주위온도에 의해 크게 영향을 받는데 취나물류의 포장재배시 온도가 자생지에 비해 높게 나타난다.

그러나 취나물류의 재배에 있어서 수분과 온도에 의한 스트레스 및 그외의 여러 환경조건에 의한 생리적 변화에 대한 연구가 거의 이루어져 있지 않으며 이러한 이유로 산채와 같은 자생식물의 작물화가

어렵다. 따라서 취나물류의 최적 재배조건을 구명하는 것만큼 취나물류의 생리적 특성과 환경조건의 변화가 취나물류에 미치는 영향에 대한 연구도 시급히 수행되어야 할 필요성이 있다.

본 연구는 수분스트레스하에서 고온과 저온에 의한 취나물의 광합성 속도변화를 구명하여 취나물 재배기술을 개선하기 위한 것이다.

재료 및 방법

공시재료로는 96년도에 강원대학교 구내 포장에서 재배한 미역취, 참취, 곰취의 세 종류로 종자를 Pot에 파종하여 온실에서 차광재배하였다.

1) 수분 스트레스

수분스트레스는 고온과 저온으로 나누어 실시하였는데, 식물체가 잎이 46엽정도 자란 후 원예용 상토를 담은 pot에 이식하여 수분을 충분히 공급하면서 2주일간의 적응 기간을 두었다. 고온처리 온실에서 광이 20050 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 가 되도록 차광하였으며 온

도는 주간 35°C, 야간 30°C가 되도록 야간에는 유리온실로 옮겨 주었다. 저온처리 온실에서는 주간 15°C, 야간 10°C, 광조건은 고온처리 때와 같은 20010 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 가 되도록 텡스텐 할로젠 등을 이용하여 조절하였다. 수분스트레스는 단수기간을 무처리에서, 1일, 3일, 9일, 15일, 그리고 위조점까지 하였다.

2) 수분 Potential 과 광합성속도

광합성속도(LPS: Leaf photosynthetic rate)와 기공전도도(Gs:stomatal conductance), 엽육전도도(Gm:mesophyll conductance)는 휴대용 광합성 측정 장치인 LCA-4를 이용하여 측정하였으며, 잎의 수분포텐셜은 잎을 상, 중, 하 3부분을 punch로 지름이 5mm의 leaf disc로 자른 후 C52 sample(Wescor, INC. USA)에 넣고 수분포텐셜 측정기(HR-33T Dew point Microvoltmeter, Wescor, INC. USA)에 연결시켜 안정화시킨 후 측정하였다. 잎의 상대수분 함량과 토양의 상대수분 함량을 측정하고, 시료를 채취하여 chlorophyll a 와 b, free amino acid, free carbohydrate 함량을 측정하여 스트레스에

Table 1. Change in photosynthetic rates(LPS), stomatal conductance(Gs) and mesophyll conductance(Gm) during differenct desication with high temperature in three wild vegeables.

Treatment	LPS $\mu\text{molCO}_2/\text{m}^2/\text{s}$	Gs $\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$	Gm $\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$
<i>Ligularia fischeri</i>			
control	10.49(100)±1.93	0.88(100)±0.09	0.08(100)±0.02
1st	10.13(96)±1.52	0.49(56)±0.09	0.08(104)±0.02
3rd	9.01(86)±1.13	0.75(85)±0.19	0.07(86)±0.01
9th	4.37(42)±0.28	0.38(43)±0.12	0.03(42)±0.0
15th	3.6(34)±0.55	0.22(25)±0.06	0.03(35)±0.0
wither	0.52(5)±0.28	0.032(4)±0.01	0.004(5)±0.0
<i>Aster scaber</i>			
control	10.03(100)±0.36	0.39(100)±0.2	0.09(100)±0.05
1st	10.95(109)±2.13	0.59(151)±0.06	0.09(103)±0.02
3rd	8.58(85)±0.28	0.74(190)±0.18	0.07(76)±0.0
9th	4.28(43)±0.33	0.49(126)±0.29	0.03(37)±0.0
15th	2.73(27)±1.54	0.09(24)±0.05	0.02(28)±0.02
wither	0.49(5)±0.53	0.007(2)±0.01	0.007(8)±0.0
<i>Solidago virga-aurea</i> var. <i>asiatic</i>			
control	6.33(100)±0.6	0.27(100)±0.09	0.054(100)±0.0
1st	9.75(154)±1.27	0.36(133)±0.02	0.09(159)±0.01
3rd	7.63(120)±0.84	0.39(144)±0.14	0.06(117)±0.01
9th	3.45(54)±0.05	0.26(94)±0.0	0.03(50)±0.0
15th	1.71(27)±0.33	0.11(41)±0.08	0.01(25)±0.01
wither	0.64*±0.19	0.02(7)±0.0	0.006(11)±0.0

Temperature:35/30°C, light conductance:200±50 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$, *:respiration

따른 변화를 생화학적인 측면에서 살펴 보았다. 잎의 상대수분함량(RWC : leaf relative water content)은 이 (1994)등의 방법에 따라 아래의 식을 이용하여 구하였다

$$RWC = (FW - DW) \times 100 / (WSM - DW)$$

여기서 FW은 생엽중, DW은 건물중, WSM(water-saturated mass:10cm²)은 생엽을 5℃의 저온고에서 수돗물에 24시간 담근 후 흡습지로 수분을 제거한 후 칭량하였으며, 토양수분함량은 광합성 측정전에 pot의 무게를 칭량하여 계산하였다.

3) 스트레스처리에 따른 엽록소 함량

스트레스에 따른 엽록소 함량을 측정하였다. 엽록소 함량은 80% acetone 추출법으로 추출하여 Amon(1949)과 Hiscox(1979)의 방법으로 엽록소 함량을 계산하였다.

결과 및 고찰

1) 수분 potential과 광합성속도

수분스트레스는 고온과 저온처리의 두 처리로 실시하였다. 고온처리에 따른 광합성속도의 측정 결과는 표1과 같다. 광합성속도(LPS:leaf photosynthetic rate)는 control에 비해서 단수기간이 길어질수록 감소하였다. 최대 광합성속도를 보이는 시기에서는 다소 종간에 차이를 보이고 있는데, 품치는 control (10.49μmol/m²/s), 참취(10.95μmol/m²/s), 미역취(9.75μmol/m²/s)는 단수 1일일 때였다. 광합성속도는 단수 9일째에 급격히 떨어졌으며 육안으로도 잎이 약간씩 시들어감을 관찰할 수 있었다. 기공전도도(Gs:stomatal conductance)와 엽육전도도(Gm:mesophyll. conductance)에서도 광합성속도와 동일한 경향을 보였다. 단수 15일째에는 거의 생육이 정지되었으며, 잎 가장자리에 서부터 말리는 증상이 나타났다. 광합성속도와 기공전도도와는 서로 높은 상관관계(이 등, 1994; 이, 1995)가 있었으며, 이것은 이전의 연구(Claudia와 Peter, 1996a; Claudia와 Peter, 1996b)들과 일치하고 있음을 알 수 있다. 수분 potential과 광합성속도와는 높은 정의 상관이 있었다. 즉 광합성속도가 높을수록 수분 potential은 증가하고 광합성속도가 감소할수록 수분

Table 2. Changes in water potential(MPa), relative leaf water content(%) and relative soil water content(%) at high temperature treatment under water stress in wild vegetables.

Treatment	<i>Ligularia fischeri</i>	<i>Aster scaber</i>	<i>Solidago virga-aurea</i>
Water potential(MPa)			
Control	-0.84	-0.78	-0.65
1st	-0.84(100)	-0.78(100)	-0.65(100)
3rd	-1.2(143)	-0.95(122)	-1.64(252)
9th	-1.55(185)	-1.23(158)	-2.06(317)
15th	-2.11(252)	-2.62(336)	-2.38(366)
wither	-2.34(279)	-2.97(381)	-2.63(405)
Relative leaf water content(%)			
Control	95.8(100)	98.3(100)	94.4(100)
1st	92(96)	88.8(90)	90.4(96)
3rd	90.8(95)	85.2(87)	89.0(94)
9th	72.4(76)	72.4(74)	75.7(80)
15th	69.0(72)	68.7(70)	65.9(69)
wither	65.5(68)	65.0(66)	59.3(63)
Relative soil water content(%)			
Control	100	100	100
1st	75.8	77.9	77.0
3rd	66.6	68.2	67.4
9th	51.0	49.9	51.5
15th	45.2	41.7	44.2
wither	34.5	33.6	33.4

Temperature:35/30° C, light conduction:200±50μmol/m²/s

potential 은 감소하였다. 이는 수분 부족이 광합성속도의 저하를 야기시킨 결과라고 할 수 있다.

표2는 고온처리에 따른 수분 potential과 잎의 상대수분함량, 토양의 상대수분함량을 측정된 결과이다. 일반적인 환경하에서 수분공급을 잘 받은 잎의 수분 potential 은 -0.2~0.6MPa 수준이다. 본 실험에서 고품취의 control의 수분 potential은 0.84, 참취는 0.78, 미역취는 0.65MPa이었다. 하지만 스트레스가 진행됨에 따라 수분 potential은 급격히 감소하였으며, 미역취의 경우엔 단수 3일째부터 급격한 감소를 보였고, 참취와 고품취는 위조점에 이르기까지 점진적으로 감소하였다. 고품취와 참취는 단수 15일째에 각각 2.11(251% 감소)MPa, -2.62(335% 감소)MPa이었으며, 미역취는 단수 9일째에 2.06(316% 감소)MPa을 보였다. 그리고 고품취, 참취, 미역취의 위조점은 각각 2.34, -2.97, -2.63MPa로 나타났다. 식물의 수분 potential이 2.0MPa 이하로 감소하면 식물체는 정상적인 생장이 어려우며, 세포분열의 억제, 세포벽과 단백질 합성의 억제, 용질의 축

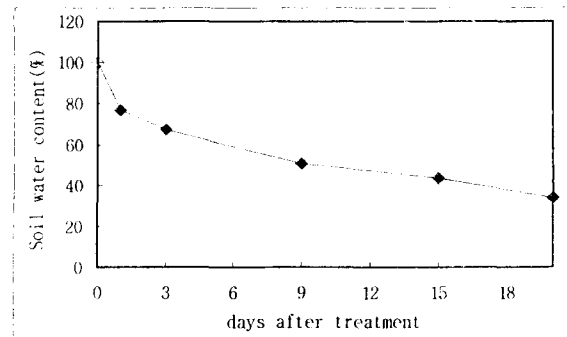


Fig. 1. The moisture content of soil during water stress treatment.

적, 기공의 닫힘과 광합성의 억제를 일으키며, 더욱 심해지면 결국엔 고사한다. 이러한 잎의 수분 potential은 잎의 상대수분함량과도 밀접하며(유 등, 1996), 수분 potential의 감소는 곧 상대수분함량의 감소와 일치하였다. 식물의 생육에 있어서 최소 상대수분함량은 60~70%이며, 그 이하의 함량에서는 고사(유 등,

Table 3. Change in leaf photosynthetic rate(LPS), stomatal conductance(Gs) and mesophyll conductance under water stress at low temperature in three wild vegetables.

Treatment	LPS $\mu\text{molCO}_2/\text{m}^2/\text{s}$	Gs $\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$	Gm $\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$
<i>Ligularia fischeri</i>			
control	11.08(100)±0.87	0.52(100)±0.30	0.10(100)±0.03
1st	10.97(99)±1.04	0.61(117)±0.33	0.10(100)±0.03
3rd	7.82(71)±0.17	0.25(48)±0.02	0.07(70)±0.0
5rd	7.89(71)±0.17	0.25(15)±0.02	0.07(40)±0.0
9th	5.31(48)±1.99	0.10(19)±0.02	0.07(70)±0.04
15th	2.48(22)±0.48	0.05(10)±0.03	0.03(30)±0.0
wither	0.5(5)±1.86	0.03(6)±0.02	0.01(10)±0.02
<i>Aster scaber</i>			
control	10.42(100)±0.58	0.43(100)±0.35	0.10(100)±0.03
1st	9.83(94)±1.48	0.30(70)±0.13	0.10(100)±0.03
3rd	7.38(71)±1.66	0.31(72)±0.0	0.06(60)±0.02
5th	8.04(77)±0.87	0.39(91)±0.24	0.07(70)±0.01
9th	5.89(57)±1.38	0.09(20)±0.03	0.08(80)±0.03
15th	3.31(32)±1.54	0.11(26)±0.06	0.03(30)±0.01
wither	0.13(1)±1.96	0.03(7)±0.02	0.00(0)±0.01
<i>Solidago virga-aurea</i> var. <i>asiatic</i>			
control	7.90(100)±0.21	0.15(100)±0.00	0.08(100)±0.01
1st	6.68(85)±0.81	0.11(73)±0.05	0.09(112)±0.02
3rd	0.03(38)±0.36	0.07(47)±0.0	0.03(38)±0.01
5th	4.55(58)±0.80	0.17(113)±0.04	0.04(50)±0.01
9th	4.46(57)±0.30	0.08(53)±0.00	0.05(63)±0.00
15th	3.10(39)±0.90	0.06(40)±0.02	0.04(50)±0.02
wither	-	-	-

Temperature:35/30° C, light conduction:200±50 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$

1996)하고 만다. 위조점에서 나타난 상대수분함량을 살펴보면 곰취, 참취, 미역취 각각은 65.5, 65, 60%의 상대수분함량으로 이를 증명하고 있음을 알 수 있다. 또한 표2와 그림 1에서 수분 potential 과 토양수분과의 관계를 알 수 있다.

단수기간이 길어질수록 토양의 수분함량이 감소하고 이것이 식물의 상대수분함량과 수분 potential 유지에 필요한 수분의 공급을 원활히 수행할 수 없도록 하여 결국 식물의 고사를 유도시키는 것으로 생각된다. 표3은 저온처리에 따른 광합성속도를 측정한 결과이다. 광합성속도는 단수일수가 증가할수록 감소하였으며, 품종별로 최대 광합성속도는 control이 가장 높았는데 곰취에서 $11.08\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$, 참취에서 $10.42\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$, 미역취에서 $7.90\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 로 나타났다. 고온처리와는 달리 광합성속도는 어느 시기에 갑자기 감소하지 않고 단수기간이 증가함에 따라 점진적으로 감소하였으며, 기공전도도와 엽육전도도에서도 동일한 경향을 나타내었고 위조점에서는 고온처리와 마찬가지로 생육이 거의 정지되었다. 하지만 단수 3일째의 광합성속도가 단수 5일째보다 낮고, 다소 다른 양상을 보였는데 이것은 단수 5일째에

수분스트레스와 저온처리에 대한 적용이 이루어진 것으로 생각된다. 하지만 단수 9일째에 이르러서는 참취와 곰취의 잎에서 붉은 반점이 나타나는 증상이 보이기 시작하였으며, 단수 15일 이후에는 잎에 전체적으로 변했다. 이러한 증상은 고온의 수분스트레스에서는 나타나지 않았다. Aoki(1986) 등의 연구에 따르면, 식물체 저온시 광선에 노출된 잎은 잎표면이 붉은 색 또는 노란색으로 변한다고 하였으며 다른 잎에 의해 차광된 잎에서는 초록색을 유지하고 있음을 관찰함으로써 이것을 뒷받침하고 있다. 광합성속도와 기공전도도는 온도에 상관없이 높은 정의 상관을 보이고 있음을 알 수 있다. 이러한 경향은 이(1994)와 유(1996) 등의 콩과 인삼의 광합성과 수분 potential에 대한 연구결과와도 유사하였다.

저온에 따른 수분 potential의 변화를 나타낸 것이 표4이다. 고온처리와 비교해 볼 때 control의 수분 potential이 높게 나타났다. 또한 단수기간이 길어짐에 따라 수분 potential의 감소 정도에서는 고온처리에 비하여 낮았다. 이것은 수분 potential에 미치는 영향이 저온처리보다는 고온처리에서 크다는 것을 시사한다.

Table 4. Changes in water potential(MPa), relative leaf water content(%) and relative soil water content(%) at low temperature treatment under water stress in three wild vegetables.

Treatment	<i>Ligularia fischeri</i>	<i>Aster scaber</i>	<i>Solidago virga-aurea</i>
Water potential(MPa)			
Control	-0.48(100)	-0.65(100)	-0.62(100)
1st	-0.71(148)	-0.93(143)	-0.91(147)
3rd	-0.99(206)	-1.30(200)	-1.29(208)
9th	-1.67(348)	-1.64(252)	-1.83(295)
14th	-2.24(467)	-2.03(312)	-2.33(376)
wither	-2.88(600)	-2.56(394)	-
Relative leaf water content(%)			
Control	90.0(100)	84.0(100)	89.3(100)
1st	91.0(101)	93.6(111)	95.4(107)
3rd	86.1(96)	91.1(108)	92.5(104)
9th	83.6(92)	76.3(91)	80.8(91)
14th	67.3(75)	74.6(89)	74.3(83)
wither	58.6(65)	47.4(56)	-
Relative soil water content(%)			
Control	100	100	100
1st	91.5	94.3	92.2
3rd	85.5	86.4	84.8
9th	68.6	73.1	78.1
14th	52.1	54.8	63.8
wither	35.7	31.3	-

잎의 상대수분함량과 토양의 상대수분함량은 고온처리에서와 비슷한 경향을 보였으며, 감소정도에서 약간 낮았다. 위조점에서 상대수분함량을 비교해 볼 때 저온처리가 고온처리보다 높았으며, 토양수

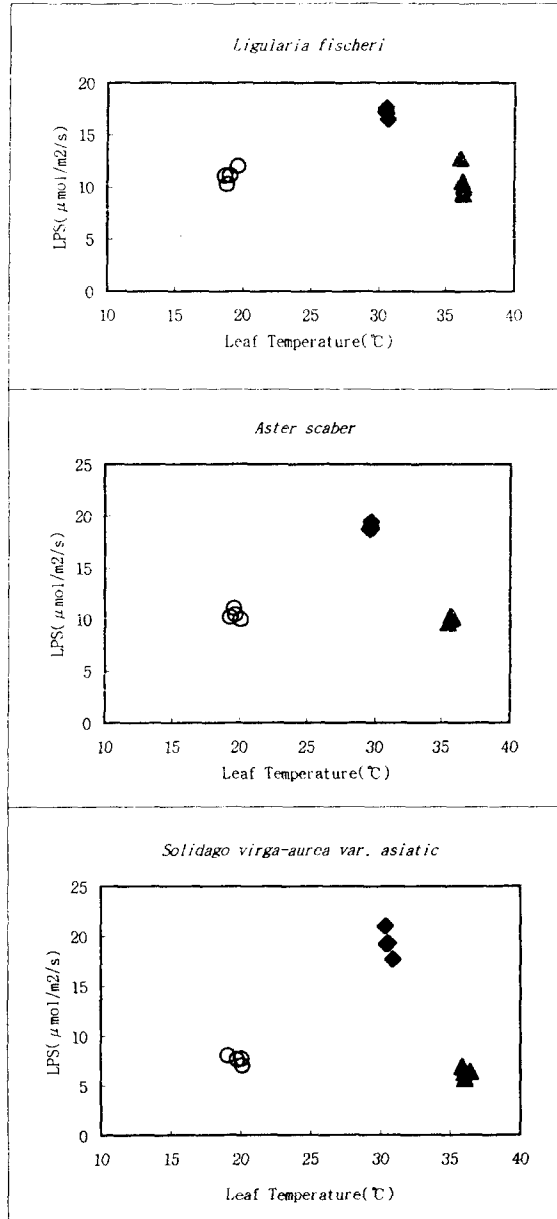


Figure 2. Relationship between temperature and leaf photosynthetic rate in three wild vegetables. (○:low tem., ◆:control, ▲:high tem.)

분함량에서는 큰 차이를 보이지 않았다. 다만 위조점이 나타난 시기가 고온처리가 약 20 ± 2 일정도였으며, 저온처리에서는 그보다 약 7일정도 늦게 나타났다. 즉 수분 스트레스는 고온처리에서 더욱 심하게 나타나는데 이것은 고온으로 인한 토양 및 식물체의 수분 potential의 감소, 식물의 증산율의 증가로 인한 결과로 여겨진다. 그림 2는 온도에 따른 광합성율을 비교한 것이다. 곰취, 참취의 경우 고온과 저온에서 광합성속도에 큰 차이를 보이지 않았으며, 미역취는 온도에 따른 광합성속도의 변화가 상대적으로 큰 것을 알 수 있었다.

최(1995)등은 온도, 광도 및 CO_2 의 농도가 고추냉이의 광합성과 호흡에 미치는 영향에 관한 연구에서 광도 $1000 \mu E/m^2/s$ 에서 온도에 따른 외견상 광합성의 변화를 보면 $15^\circ C$ 에서는 $9.9 mg CO_2/dm^2/hr$ 이었으며, $17^\circ C$ 까지 온도가 높아짐에 따라 약간 증가하였고, $17^\circ C$ 에서 $20^\circ C$ 까지는 $10.4 mg/dm^2/hr$ 로 별다른 변화를 보이지 않았으나 $20^\circ C$ 이상에서는 급속히 감소하였는데, 이것은 인삼(이등, 1994)과 쥐오줌풀(이, 1995a; 이, 1995b)의 광합성 특성과 유사하며 반음지형 식물의 특성을 나타내는 결과라고 보고하였다. 대기 CO_2 농도의 증가가 대기온도의 상승을 야기하기 때문에 온도와 CO_2 농도의 증가가 식물에 미치는 영향에 대한 연구(Claudaia와 Peter, 1996; Rowan 등, 1989; Vu 등, 1997)가 많이 진행되었으며, CO_2 의 증가는 다른 환경 조건이 양호하다면 광합성율이 증대한다. Vu(1997) 등에 따르면, 고온과 CO_2 농도의 증가는 광합성효소인 Rubisco의 활성화를 크게 감소시키지만 고온과 CO_2 증가를 함께 처리할 때 고온에 의한 Rubisco의 불활성화 및 광합성율의 저하는 증가된 CO_2 농도에 의해 억제할 수 있다고 하였다. 고온스트레스(Claudaia와 Peter 1996a, 1996b)는 주로 강광이나 수분스트레스와 병행하여 이루어지기 때문에 복합적으로 조사되어야 할 필요가 있다.

식물은 광합성을 영위하기 위하여 기공을 열어야 하며, 이러한 과정에서 정도의 차이는 있으나 식물체의 수분스트레스가 필연적이라고 할 수 있다. 기공의 개폐작용은 효율적인 수분 확보 및 세포내에 가능한 많은 CO_2 를 확보(Vu 등, 1997)하는데 그 중요성이 있다. 식물의 수분은 수분 potential에 의해 조절되며, 수분은 수분 potential 이 높은 곳에서 낮은 곳으로 이

동한다. 수분 스트레스를 받으면 식물의 수분 potential이 감소하고, 토양의 수분 potential이 식물의 그것보다 더욱 작아지게 되면 수분이 토양으로 유출이 되는데 이때 식물은 세포내의 삼투압을 조절하여 수분의 손실을 막는다. 삼투조절 물질로는 Proline(Aspinall과 Palege, 1981; Cecil, 1978; Cecil, 1981) 등이 있으며 식물이 수분 스트레스를 받으면 세포내에 축적되어 삼투압을 조절한다. 일반작물과 약용작물(진 등, 1996; 최 등, 1994; 이 등, 1994; 유 등, 1996)에 대해 수분 potential과 광합성 및 대사기작의 변화(Cecil, 1978), proline의 조절과 역할(Aspinall과 Palege, 1981; Cecil, 1978; Cecil, 1981), 유리 아미노산과 유리당의 함량변화(Christine, 1996; Irigoyen, 1992) 등 다양한 연구결과가 보고되었다.

2) 스트레스에 의한 엽록소 함량의 변화

스트레스에 따른 생화학적인 변화를 살펴보기 위해 엽록소 함량과 유리아미노산, 유리당의 함량을 비교하였으며 표 5는 엽록소의 함량을 나타낸 것이다.

엽록소 함량은 두 온도조건에서 수분스트레스를 처리한 후 단수 15일째에 측정하였는데, 저온과 고온 처리 모두에서 현저한 감소를 보였으며, 무처리에서 엽록소a, b는 약 3:1의 비를 보이고 있는데 이것은 곱취, 참취, 미역취가 양치식물임을 시사하고 있으며, 이러한 경향은 스트레스처리에 대해서도 동일한 결과를 보였다. 스트레스에 따른 차이를 보면, 고온에 의한 감소보다는 저온에 의한 감소가 더욱 크게 나타났다으며, 이것은 저온 처리시 광에 의해 잎이 적색으로 변한 것과 관계가 있는 것으로 생각된다. 종별

Table 5. Effects of high- and low-temperature in chlorophyll content of *Aster scaber*, *Ligularia fischer* and *solidago virgaurea* var. asiatic grown under stress.

Treatment	Species	Chla	chl b	chl(a+b)
control	<i>Ligularia fischeri</i>	6.47	2.36	8.82
	<i>Aster scaber</i>	7.81	2.07	9.88
	<i>Solidago virga-aurea</i>	9.16	3.74	12.89
high-tem.	<i>Ligularia fischeri</i>	2.11	0.70	2.82
	<i>Aster scaber</i>	2.01	0.82	2.83
	<i>Solidago virga-aurea</i>	1.79	0.95	2.73
low-tem.	<i>Ligularia fischeri</i>	0.81	0.23	1.03
	<i>Aster scaber</i>	1.12	0.55	1.67
	<i>Solidago virga-aurea</i>	1.31	0.81	2.12

(content:mg/g)

로 비교해 보면 미역취는 9.16mg/g로 가장 높은 엽록소 함량을 나타냈으며, 그 다음이 참취, 곱취가 각각 7.81mg/g, 6.47mg/g이었다.

적 요

수분 스트레스하에서 고온과 저온에 의한 취나물의 광합성속도 변화를 살펴본 결과는 다음과 같다.

1. 곱취, 참취, 미역취 세 품종 모두에서 단수기간에 따라 광합성속도, 기공전도도, 엽육전도도가 감소하였으며, 저온보다 고온처리때 감소정도가 더욱 크게 나타났다.
2. 온도처리별로 위조점을 보인 시기는 고온의 경우 단수 15일 정도였으며, 저온에서는 그보다 7일정도 늦게 나타났다. 곱취는 고온에, 미역취는 저온에서 다소 강한 특성을 보였으며, 참취의 경우 저온처리에서 단수 10일째부터 잎이 적색으로 변화되었다.
3. 광합성속도와 수분포텐셜과는 밀접한 관계를 맺고 있으며, 온도보다는 수분 스트레스에 의한 광합성속도의 감소가 더욱 큰 것으로 나타났다.
4. 곱취, 미역취, 참취를 포장재배할 때 수분처리가 가장 중요하며 적어도 2일에 한 번정도 충분한 관수가 필요하며, 온도는 25°C~30°C 정도에서 가장 활발한 생육을 보였다.

인 용 문 헌

- Archie R. P. Jr. 1992. Regulation of Ribulose-1,5-Bisphosphate Carboxylase/Oxygenase activity. Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. 43:415-437 .
- Aspinall D. and L.G. Paleg.1981. Proline accumulation : Biochemical aspects. Physiology and Biochemistry. Academic Press Australia. p 205-241.
- Boese S. R., D. W. Wolfe and J. J. Melkonian. 1997. Elevated CO₂ mitigates chilling-induced water stress and photosynthetic reduction during chilling. Plant, Cell and Environment. 20:625-632.
- Cecil R. S. 1978. Role of carbohydrates in proline accumulation in wilted Barley leaves. Plant Physiol. 61:775-778.
- Cecil R. S. 1981. Proline accumulation : Biochemical aspects.

- Physiology and Biochemistry. Academic Press Australia. P 243-259.
- 조재성, 원준연, 목성균. 고려인삼의 광합성능력에 관한 연구. 한국작물학회지. 31(4):408-415.
- 최선영, 이강수, 은정선. 1995. 온도, 광도 및 CO₂의 농도가 고추냉이의 광합성과 호흡에 미치는 영향. 한국약용작물학회지. 3(3):181-186.
- Christine G. 1996. Water deficit-induced changes in concentrations in proline and some other amino acids in the phloem sap of alfalfa. Plant Physiol. 111: 109-113.
- Claudia P. and H. Peter. 1996. Effect of high temperature on photosynthesis in Beans. Plant. Physiol. 112: 1245-1251.
- Claudia P. and H. Peter. 1996. Effect of high temperature on photosynthesis in Beans. Plant. Physiol. 112:1253-1260.
- Daniel I. A. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. Plant Physiol. 24(1):1-15.
- Hiscox J. D. and G. F. Israelstam. 1979. A method for the extraction of chlorophyll from leaf tissue without maceration. Can. J. Bot. 57:1332-1334.
- Irigoyen J. J., D.W. Emerich and M. Sanchez-Diaz. 1992. Water stress induced changes in concentrations of proline and total soluble sugars in nodulated alfalfa (*Medicago sativa*) plants. Physiol. Planta. 84:55-60.
- Katsuhiko W., H. Tadashi and I. Kuni. 1996. Analysis of photosynthesis depression under low leaf water potential by comparison of CO₂ exchange and O₂ Evolution rates. J. J. Crop Sci. 65(4):590-598.
- 이강수, 오상선, 최선영, 유점호. 1994. 인삼잎의 수분 Potential과 광합성. 한국약용작물학회지. 2(1): 86-94.
- 이종길. 1995. 온도가 한국산 쥐오줌풀의 생육에 미치는 영향. 한국약용작물학회지. 3(2):77-80.
- 이종길. 1995. 토양수분이 한국산 쥐오줌풀의 생육에 미치는 영향. 한국약용작물학회지. 3(2):81-83.
- Rowan G. S., D. S. Thomas. and R. S. Jeffrey. 1989. Acclimation of photosynthesis to elevated CO₂ in five C3 species. Plant Physiol. 89:590-596.
- 유병열, 이정식. 1993. 생장조절제 처리가 애기개미취(*Aster tataricus* L. var. Minor M.)의 생장과 개화에 미치는 영향. 한국원예학회지. 34(2):120-128.
- 유용환, 이석하, 김석동, M. Kokubun. 1996. 토양수분이 콩의 수분포텐셜 및 광합성에 미치는 영향. 한국작물학회지. 41(2):168-172.
- Salisbury and Rose. 1991. Plant physiology. Wadsworth Publishing Company.
- Aoki S. 1986. Interaction of light and low temperature in depression of photosynthesis in Tea leaves. J. J. Crop Sci. 55(4):496-503.
- Vu J. C. V., L.H. Allen JR and R. J. Boote , G. Bowes. 1997. Effects of elevated CO₂ and temperature on photosynthesis and Rubisco in rice and soybean. Plant, Cell and Environment. 20:68-76.