

환경정화 자원식물 개발*

- 양마의 CO₂ 흡수 및 생육반응 -

윤성탁**

Development of Plant Resources for the Control of Environmental Pollution*

- CO₂ Absorption and Growth Response to CO₂ in Kenaf(*Hibiscus cannabinus* L.) -

Yoon, Seong-Tak**

〈 목 차 〉

ABSTRACT

I. 서 언

II. 재료 및 방법

III. 결과 및 고찰

IV. 적 요

참고문헌

ABSTRACT

In order to investigate the possibility for use to control environmental pollution, Kenaf(*Hibiscus cannabinus* L.) was used to obtain information of their growth and CO₂ response under different temperatures and CO₂ concentration. The highest percentage of germination and aboveground dry mass of Kenaf were found at 30°C and 35°C by 89.0% and 3.2g, respectively under different temperatures. The amount of CO₂ absorption and aboveground dry mass production of Kenaf were higher than those of maize during the

* 이 연구는 2003학년도 단국대학교 대학연구비의 지원으로 연구되었음.

** 단국대학교 생명자원과학대학 교수

whole growing period and the last sampling of aboveground dry mass of Kenaf and maize were 252.9g and 200.8g, respectively. The highest plant height was found at 400ppm by 131.0cm and the next was in the order of 600ppm by 129.3cm, and 800ppm by 108.8cm. Leaf area was higher in the order of 400ppm > 600ppm > 800ppm, whereas leaf dry mass was in the order of 800ppm > 600ppm > 400ppm under different CO₂ concentration, showing that leaf became thicker as CO₂ concentration was increased. Days from seeding to flowering became shorter by 13 days in 35/25°C compared with 25/15°C between two temperature regimes and they also became shorter as CO₂ concentration was increased. Aboveground dry mass was higher in 35/25°C than that of 25/15°C between two temperature regimes, while it was increased in the order of 800ppm > 600ppm > 400ppm as CO₂ concentration was increased. Temporal changes of leaf dry mass during growth period showed no difference between CO₂ concentration in 25/15°C, but the highest of it was found at 800ppm in 35/25°C. The highest temporal increase of root dry mass was found at 800ppm in 25/15°C, but 35/25°C showed no difference between different CO₂ concentration.

Key Words : Kenaf, *Hibiscus cannabinus* L. Growth, CO₂ Absorption, Environmental pollution

I. 서 언

18세기 산업혁명 이후 현재까지 대기 중의 이산화탄소 농도는 280ppm에서 365ppm으로 증가하였고, 현재도 매년 약 1.8ppm이 증가하고 있다(Keeling & Whorf, 2000 ; Etheridge et al, 1996 ; Mendelsohn & Rosenberg, 1994). 이는 산업시대 이전의 농도보다 34.4% 높아진 농도이다. 이산화탄소는 석유, 석탄 등 화석연료의 사용증가와 삼림파괴 등으로 대기로 배출되는데, 이중 약 48%가 대기에 축적되고 있다. 이러한 추세로 이산화탄소를 계속 배출할 경우 21세기 말, 대기 중의 이산화탄소 농도는 600~1,000ppm으로 증가할 것으로 예상하고 있다(Cox et al, 2000).

양마(*Hibiscus cannabinus* L.)는 1년생 초본식물로서 내수성이 강하고 척박한 토양에서도 적응력이 클 뿐만 아니라 단위시간당 생장률이 상당히 커, 대기 중의 CO₂ 흡수량이

큰 식물이다(조 등, 2001). 양마는 오래 전부터 세계 여러나라에서 섬유생산을 목적으로 재배되어 왔으나, 이산화탄소 흡수력과 질소, 인산 등 비료흡수력이 매우 강한 것으로 알려져 있다. 이에 따라 최근 환경오염문제가 21C의 커다란 지구촌 문제로 부각됨에 따라 온난화 억제를 위한 이산화탄소 흡수 및 수질정화를 위한 환경정화 자원식물로의 개발에 관한 연구가 수행되고 있다(Miyazaki et al, 1995 ; Song et al, 1995).

따라서 본 시험은 양마의 환경정화식물로서의 이용성 검토를 위하여 양마의 생육, 이산화탄소 흡수 및 반응특성을 조사하였던 바 이에 보고하는 바이다.

II. 재료 및 방법

1. 밭아 및 유묘생장

온도에 따른 밭아 및 유묘생장 특성은 2001~2002년에 걸쳐서 단국대 환경생태학 실험실에서 growth chamber(KG-8407-800, vision scientific co.)을 이용하여 실시하였다. 온도는 25, 30, 35℃로, 일장은 13/11(주/야)시간으로 하였으며, 광도는 15,000lux로 하여 난괴법 3반복으로 실시하였다. 품종은 일본으로부터 도입된 Kenaf(Evergradies 71)를 이용하였으며, 파종은 부엽 : 모래 : 상토 = 1 : 1 : 1 :로 하여 2001년 5월4일 포트(8×8 원형) 당 3립을 파종한 후 밭아 후 충실한 유묘 1주를 남겨 시험재료로 이용하였다. 시비는 하지 않았으며, 수분이 충분하도록 관수하였다. 조사항목은 출현 후 3주에 밭아율, 초장, 엽수, 마디수, 근장, 지상부 건물중, 지하부 건물중을 각각 조사하였다.

2. CO₂ 흡수 및 乾物생산

양마의 CO₂ 흡수능 및 건물생산량 측정은 2001년 4월 20일 온실에 양마와 옥수수를 포트(8×8 원형)에 파종·관리후 5월 7일 본포에 이식하였다. 품종은 양마는 일본으로부터 도입된 Kenaf(Evergradies 71)로 하였으며, 옥수수는 '광안옥'을 작물시험장으로부터 분양받아 공시하였다. 재식밀도는 양마, 옥수수 모두 70×20cm로 하였다. 시험구 면적은 6㎡로 하였으며, 시험구배치는 난괴법 3반복으로 하였다.

시비는 N-P₂O₅-K₂O = 18-15-15kg/10a로 하여 질소는 50%는 기비로 나머지 50%는 이식후 40일에 각각 추비로 하였고, 인산과 가리는 전량 기비로 하였다. 양마의 하루 중 CO₂ 흡수량의 변화는 옥수수를 비교 대상식물로 하여 광합성측정기(LCA-2, ADC co.)를 이용

하여 측정하였다. 6월 초순 맑은 날을 택하여 5회(6월 2일, 6월 3일, 6월 5일, 6월 7일, 6월 8일) 실시, 이들의 평균치를 사용하였다.

이식 후 양마와 옥수수의 경시적 성장량은 이식 후 1주일 간격으로 지상부를 잘라 건조기에 말려 건물중을 측정하였다. 기타 재배관리는 농진청 농사시험연구 조사기준에 준하였다.

3. 온도 및 CO₂ 농도증가에 대한 생육반응

양마의 온도 및 CO₂ 농도증가에 따른 생육반응은 미국 조지아대학(university of Georgia)의 농업환경과학대학 인공환경실(Envirotron)의 6개 growth chamber를 이용하여 실시하였다. 처리는 온도는 주/야 2수준(25/15°C와 35/25°C)으로, CO₂ 농도는 3수준(400, 600, 800ppm)으로 4반복으로 하였다.

일장은 13/11(주/야)시간으로, 광도는 753.7 μ moles/m²/sec으로 하였다. 품종은 일본으로부터 도입된 Kenaf(Evergradies 71)로 하여 플라스틱 포트(가로×세로×높이=30×30×50cm)를 이용하여 포트당 깨끗하게 씻은 미사토를 넣고 무게를 22kg으로 균일하게 한 후 2002년 9월 5일 포트당 5립을 파종하여 출현 후 충실한 1개체만 남기고 나머지는 제거하였다.

Growth chamber의 면적은 6.64m², 높이 2.2m로서 각각의 growth chamber는 CMP4030의 자동조절장치를 이용하여 온도 및 CO₂ 농도가 조절되도록 하였으며, 각 성장상의 CO₂ 농도 모니터링은 LICOR infrared gas analyzer(LI-800 GasHound CO₂ Analyzer, LI-COR, NE, USA)를 이용하였다.

시비는 Hoagland solution(Downs와 Lellmers, 1975)을 1배 희석한(half-strength) 용액을 1주일에 1~2회 관수하여 식물양분이 부족하지 않도록 하였으며, 토양내 수분상태가 적절하도록 자동관수장치를 이용하여 관수하였다. 온도 및 CO₂ 농도에 따른 양마의 경시적 건물(乾物)생산량 측정을 위한 식물체 sampling은 출현 후 1주일 간격으로 9회 채취하여 엽건중, 근건중 및 지상부 건물중을 조사하였다.

Degree days는 기본온도를 15°C로 하여 일평균기온과의 차이를 합계한 값으로 하였다. 출현 후 10주 후에는 시험재료 모두를 채취하여 초장, 엽수, 엽면적, 근장, 엽건중, 간건중, 근건중, specific leaf area, leaf mass ratio, aboveground dry mass를 측정하였다.

II. 결과 및 고찰

1. 발아 및 유묘생장

양마의 발아 및 유묘생장 특성은 Table 1에서와 같다. 발아율은 25℃에서 73.0%로 가장 낮았으며, 35℃에서 89.0%로 가장 높았다. 초장은 30℃와 35℃ 처리구가 각각 10.3, 10.4cm로 35℃ 처리구가 가장 컸으며, 25℃ 처리구에서 7.3cm로 가장 작았다. 엽수 및 마디수도 30℃ 처리구에서 각각 4.8엽, 4.7마디로서 가장 컸으나, 35℃ 처리구와 통계적 차이는 인정되지 않았다. 근장은 25℃, 30℃, 그리고 35℃ 처리에서 각각 10.6cm, 11.7cm, 12.4cm로서 대차 없었다. 지상부 건물중은 30℃에서 3.2g으로 가장 높았으며, 다음은 35℃로 2.9g이었다. 지하부 건물중도 30℃ 처리구에서 1.2g으로 35℃ 처리구의 1.0g보다 높았다. 이상의 결과로 보아 양마의 발아 및 생육적온은 30℃ 정도로 판단된다.

Table 1. Germination and seedling characteristics of Kenaf under different temperatures at 3 weeks after emergence.

Temperature	Germination percentage(%)	Plant height(cm)	No. of leaves	No. of nodes	Root length(cm)	Aboveground dry mass(%)	Root dry mass(%)
25℃	73.0	7.3	2.5	2.9	10.6	1.90	0.40
30℃	87.0	10.3	4.8	4.7	11.7	3.20	1.23
35℃	89.0	10.4	4.3	4.3	12.4	2.90	1.00
LSD(0.05%)	13.07	2.40	1.16	1.25	NS	1.14	0.78

2. CO₂ 흡수 및 乾物생산

양마와 옥수수 of 일 중 CO₂ 흡수량 비교는 Fig. 1에서와 같다.

일 중 기온은 06 : 45시에 21.2℃를 시작으로 08 : 00시에 24.0℃, 정오에 35.0℃를 나타내었으며, 최고기온은 14 : 00시에 39.6℃를 나타내었다가 이후 서서히 낮아지기 시작하였다. 양마 및 옥수수의 CO₂ 흡수량을 비교해 보면 양마는 새벽 06 : 45시에 2.4μmoles/6.25cm²/sec의 CO₂ 흡수량을 나타내었으나, 옥수수는 -1μmoles/6.25cm²/sec을 나타내어 이 시각에는 옥수수의 경우 호흡량이 광합성량을 능가하였는 바, 양마는 옥수수에 비해 광보상점이 낮은 것으로 생각되었다.

09 : 00시에는 양마, 옥수수가 각각 36.0, 29.6μmoles/6.25cm²/sec로서 양마가 6.4μmoles

흡수량이 많았다. 정오에는 양마, 옥수수 각각 78.4, 72.0 μ moles/6.25cm²/sec로 양마가 6.4 μ moles CO₂ 흡수량이 많았다. 기온이 가장 높은 14 : 00시에도 역시 양마의 CO₂ 흡수량이 높았으며, 16 : 00시, 17 : 00시에도 양마가 옥수수에 비해 각각 8.8, 3.2 μ moles/6.25cm²/sec 높아 옥수수에 비해 양마의 CO₂ 흡수량이 높음을 알 수 있었다.

또한 총 측정횟수 45회를 평균한 평균 CO₂ 흡수량은 양마가 57.1 μ moles/6.25cm²/sec, 옥수수가 51.0 μ moles/6.25cm²/sec로서 양마의 CO₂ 흡수능이 옥수수에 비해 큼을 알 수 있어 지구온난화 억제는 물론 도시 내 CO₂ 농도증대 억제를 위한 환경정화식물로서의 가치가 있어 많은 연구·검토가 필요하리라 생각된다.

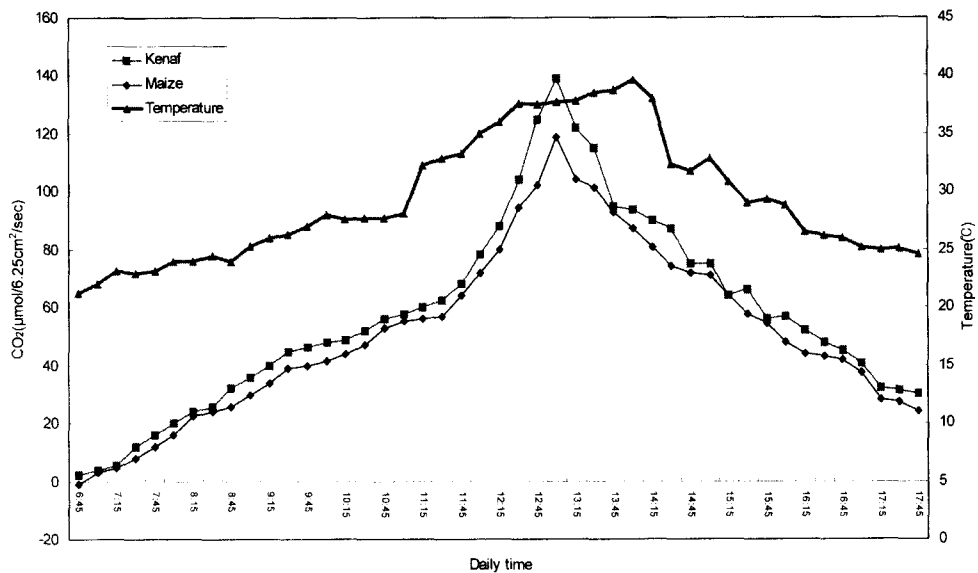


Fig.1. Daily changes of CO₂ absorption in kenaf and maize.

Fig. 2는 양마와 옥수수의 생육기간 중 건물생산능력 비교를 위하여 이들 건물(乾物)생산의 경시적 변화를 나타낸 것이다.

이 두 식물의 지상부 건물중의 증가양상을 보면 이식 후 1일 양마 및 옥수수의 건물중은 각각 개체당 3g, 4g으로 큰 차이가 없었으며, 이식 후 14일(5월 21일)에도 양마 및 옥수수 각각 4.8g, 4.7g으로 대차 없었다.

그러나 이식 후 28일(6월 14일)부터는 양마의 건물중이 옥수수를 크게 능가하여 옥수수 5.2g에 비해 4g이나 높았다. 그러나 이식 후 63일인 7월 23일에는 옥수수가 고온과 더불어 성장량이 급격히 커져 양마와 옥수수가 각각 59.3g, 59.1g으로 큰 차이는 나타나지 않았으

나, 이식 후 77일(7월 30일)부터는 양마의 생육량이 커지기 시작하여 두 식물체간의 건물 생산량은 이식 후 84일(8월 6일)에는 양마가 99.4g으로 옥수수 74.2g에 비해 25.2g이나 높았으며, 이식 후 98일(8월 20일)에는 양마 및 옥수수가 각각 215.1g, 153.8g으로 양마가 61.3g이나 높았다.

옥수수의 성숙기인 이식 후 112일(9월 3일)의 최종 조사기에는 옥수수 200.8g에 비해 양마가 252.9g으로 양마가 약 26% 건물중 생산량이 많았다. 이로서 양마의 제1차 순생산량이 C₄ 식물인 옥수수에 비해 큼을 알 수 있었던 바 CO₂ 흡수능이 상대적으로 큰 식물로 판단되었다.

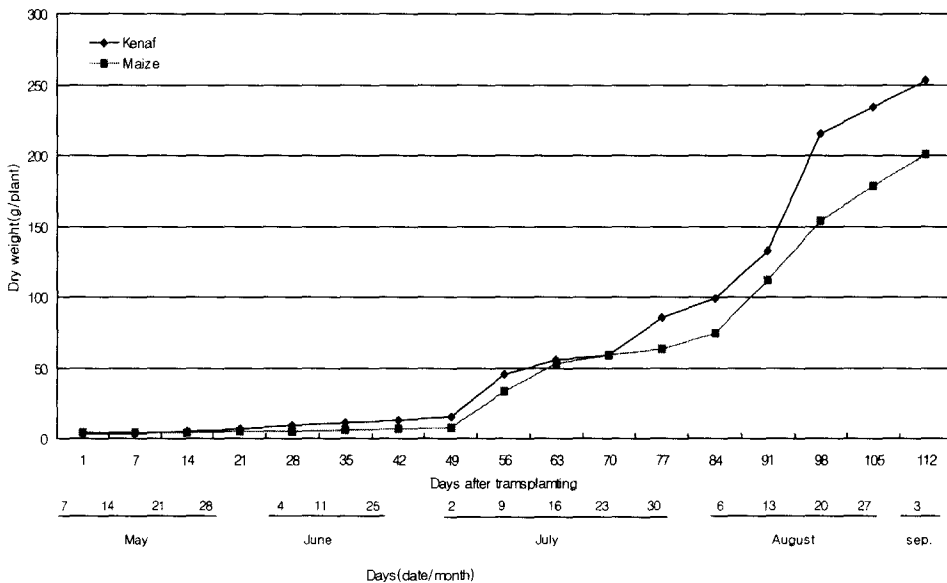


Fig. 2. Temporal changes of aboveground dry weight in Kenaf and maize.

3. 온도 및 CO₂ 농도증가에 대한 생육반응

온도 및 CO₂ 농도에 대한 양마의 생육반응을 보면 Table 2에서와 같다. 초장은 35/25 °C(주/야) 처리가 142.2cm로서 25/15 °C의 103.8cm에 비해 38.4cm가 컸다. CO₂ 농도에 따른 차이를 보면 400ppm이 평균 131.0cm, 600ppm이 129.3cm 그리고 800ppm이 108.8cm로 400ppm 처리구에서 초장이 가장 컸다.

엽수는 35/25 °C 처리에서 69.2엽으로 25/15 °C의 34.0엽에 비해 두배 이상이 많았다. 개

채당 엽면적 역시 35/25℃ 처리구에서 높았으며, CO₂ 농도에 따른 엽면적은 400ppm이 평균 5088.8cm², 600ppm이 4984.1cm² 그리고 800ppm이 4640.9cm²로 엽면적 역시 400ppm 처리구에서 가장 높았다. 파종후 개화소요일수는 35/25℃ 처리구가 25/15℃ 처리구에 비해 약 13일 빨랐으며, CO₂ 농도별 개화소요일수는 400ppm이 평균 74.0일, 600ppm이 69.0일, 800ppm이 66.5일로 CO₂ 농도가 높을수록 개화가 빨라짐을 알 수 있었다.

Table 2. Response of growing characteristics to temperature and CO₂ enrichment under two temperature regimes in Kenaf at 10 weeks after emergence.

Temperature (Day/night)	CO ₂ (ppm)	Growth characteristics at 10 weeks after emergence										
		Plant height (cm)	Stem diameter (cm)	Stem weight (g)	Stem length (cm)	Stem diameter (cm)	Stem weight (g)	Stem length (cm)	Stem diameter (cm)	Stem weight (g)	Stem length (cm)	Stem diameter (cm)
25/15℃	400ppm	107.4	31.7	1626.3	80.0	47.3	11.1	14.1	4.1	147.3	0.41	27.4
	600ppm	127.3	37.3	1993.2	74.0	49.2	18.6	25.0	8.5	107.9	0.38	48.8
	800ppm	76.8	33.0	1766.4	74.0	56.3	17.6	22.9	21.9	101.5	0.40	71.9
	Mean	103.8	34.0	1795.3	76.0	50.9	15.8	20.7	11.5	118.9	0.40	49.4
35/25℃	400ppm	154.5	72.0	8551.3	68.0	67.0	59.9	71.3	92.4	143.3	0.38	155.1
	600ppm	131.3	67.7	7974.9	64.0	56.3	63.6	80.8	56.0	125.3	0.40	158.7
	800ppm	140.8	68.0	7515.4	59.0	60.0	77.8	74.4	69.0	97.0	0.46	167.0
	Mean	142.2	69.2	8013.9	63.7	61.1	67.1	75.5	72.5	121.9	0.41	160.3
LSD(0.05%) between CO ₂ conc.		20.4	4.5	767.9	1.6	7.1	6.2	6.3	18.1	19.2	0.04	8.2
LSD(0.05%) between temp.		16.6	3.7	626.9	1.3	5.8	5.0	5.1	14.8	15.7	0.03	6.7

^{a1} : Days from seeding to flowering

근장은 35/25℃ 처리구가 25/15℃ 처리구에 비해 길었으며, CO₂ 농도별로 보면 800ppm 처리구가 평균 58.2cm로 600ppm의 52.8cm보다는 길었으나, 400ppm구와는 대차 없었다. 온도별, CO₂ 농도별 개체당 엽건중은 35/25℃ 처리구가 67.1g으로 25/15℃ 처리구의 15.8g보다 51.3g이나 높았다.

CO₂ 농도별 엽건중은 엽면적과 달리 800ppm에서 평균 47.7g, 600ppm에서 41.1g, 400ppm이 35.5g으로 엽면적은 400ppm > 600ppm > 800ppm 농도순으로 높았으나, 엽건중은 800ppm > 600ppm > 400ppm의 순으로 높아 CO₂ 농도가 비엽면적에 영향을 줌을 알 수 있었다.

근건중은 처리온도간에 상당한 차이를 보여 25/15℃ 처리구의 평균 11.5g에 비해 35/25

℃ 처리구가 72.5g으로 고온처리구가 무려 61g이나 높았다. CO₂ 농도별로는 400ppm이 평균 48.3g으로 600ppm의 32.3g, 800ppm의 45.5g에 비해 가장 높았다.

비엽면적은 35/25℃ 처리구가 121.9, 25/15℃ 처리구가 118.9로 25/15℃ 처리구에 비해 35/25℃ 처리구의 잎이 두꺼운 경향을 나타내었으며, CO₂ 농도에 따른 비엽면적은 400ppm이 평균 145.3, 600ppm이 116.6, 800ppm이 99.3으로 400ppm이 가장 컸고, 800ppm이 가장 낮아 CO₂ 농도가 높을수록 엽의 비후도가 커짐을 알 수 있었다.

엽중비율은 35/25℃ 처리구가 0.41, 25/15℃ 처리구가 0.40으로 엽건중이 차지하는 비율이 저온구에서 높았으며, CO₂ 농도간에는 800ppm이 0.43으로 가장 컸으며, 600ppm이 0.39로 가장 적어 지상부 건물중 중 엽건중이 차지하는 비율이 800ppm 처리구에서 가장 높았다. 지상부 건물중은 25/15℃ 처리구의 49.4g에 비해 35/25℃ 처리구가 160.3g으로 110.9g이나 더 높았다.

CO₂ 농도간에는 800ppm이, 105.8g, 600ppm이 103.8g 그리고 400ppm이 91.3g으로 800ppm > 600ppm > 400ppm 농도의 순으로 CO₂ 농도가 높을수록 지상부 건물중이 증가하는 경향을 보였다.

Fig. 3은 출현 후 10주간 1주 간격으로 식물체를 sampling하여 엽건중, 근건중 및 지상부 건물중을 측정하여 출현 후 Degree days에 따른 이들 성장량의 경시적 변화를 나타낸 것이다.

온도별 엽건중의 경시적 증가는 35/25℃ 처리구가 25/15℃ 처리구에 비해 성장량 증가가 훨씬 높았으며, CO₂ 농도에 따른 엽건중의 성장량은 25/15℃ 처리구에서는 400ppm이 성장량이 작았으며, 600ppm, 800ppm에서는 비슷한 성장양상을 보였다. 그러나 35/25℃ 처리구에서의 엽건중의 경시적 성장증가량은 800ppm 처리구에서 가장 높아 온도 및 CO₂ 농도조건에 따라 엽건중의 성장량 증가반응이 다름을 알 수 있었다.

근건중은 25/15℃에서는 800ppm 처리구에서 가장 높았으나, 35/25℃에서는 400ppm 처리구에서 성장량 증가가 컸다.

따라서 온도 및 CO₂ 농도에 따라 뿌리의 성장증가 양상이 다름을 알 수 있었다. 지상부 건물중의 성장추이는 25/15℃ 처리구에서는 400ppm에서 성장량 증가가 컸으나, 35/25℃에서는 400ppm, 600ppm, 800ppm 처리구 모두에서 대차 없었다.

이와 같이 식물의 제 1차 생산성 중 주요특성인 엽건중, 근건중 그리고 지상부 건물중의 경시적 성장량 증가는 온도조건에 따라, CO₂ 농도에 따라 반응 양상이 다름을 알 수 있었다.

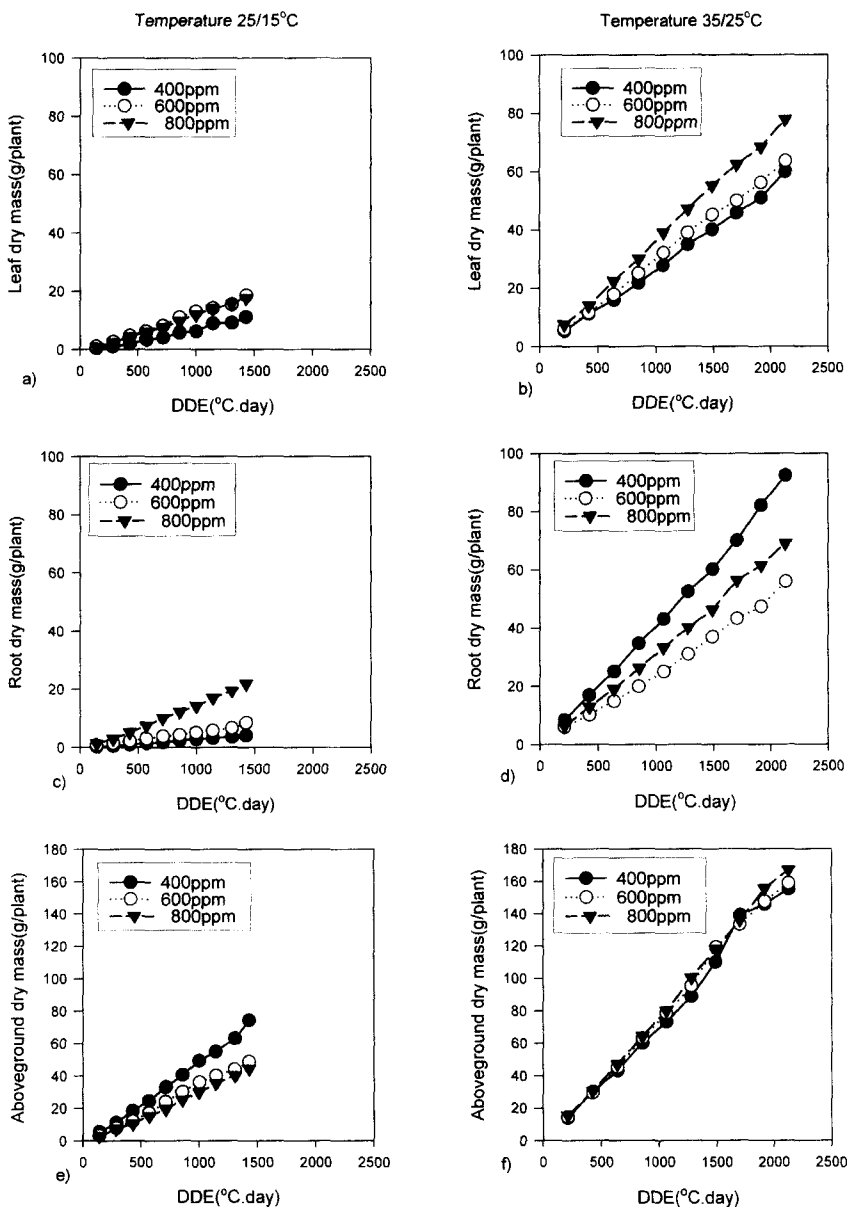


Fig. 3. Leaf dry mass(a,b), root dry mass(c,d), and above dry mass(e,f) at three levels of CO₂ concentration as function of degree days after emergence(DDE) under two temperature regimes in *Hibiscus cannabinus* L.

이상의 결과로 보아 양마의 생육적온은 30℃ 정도로 판단된다.

또한 양마는 제1차 생산성이 다른 어떤 식물에 비해 크고, 이산화탄소 흡수력 또한 크다는 것을 알 수 있었다. 온도에 대한 반응도 고온구(35/25℃)에서 엽면적, 지상부 건물중이 높았던 점, 이산화탄소 농도에 대한 반응도 이산화탄소농도가 높은 처리구(800ppm)에서 엽면적, 지상부 건물중이 높았던 점을 감안하면 양마는 고온 적응성이 크고 이산화탄소 흡수능도 커, 앞으로 지구온난화 억제를 위한 대도시의 정원, 가로 및 녹지대 등에 또는 이산화탄소 농도가 높은 대형빌딩 등에 탄산가스 흡수를 위한 환경정화식물로서 개발 가치가 있다고 판단된다.

또한 정 등(1995)은 양마가 질소 및 인산흡수율이 높아 수질정화나 토양개량 및 사막녹화용으로의 이용가치가 높다고 하였는데, 본 시험에서는 양마의 흡비력 및 토양·수질 정화능에 대한 검토를 하지 못하였으나, 금후 좀더 많은 검토가 있어야 할 것으로 판단되지만, 환경정화를 위한 자원식물로 이용가치가 있을 것으로 사료된다.

IV. 적 요

양마는 오래 전부터 세계 여러 나라에서 섬유생산을 목적으로 재배되어 왔으나, 이산화탄소 흡수력과 질소, 인산 등 비료흡수력이 매우 강한 것으로 알려져 있다. 이에 따라 지구온난화 억제를 위한 이산화탄소 흡수 및 토양·수질정화를 위한 환경정화식물로의 개발 가능성을 검토코자 양마의 생육, 이산화탄소 흡수 및 반응을 조사하였던 바 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 온도에 따른 발아율은 35℃에서 89.0%로 가장 높았으나, 지상부 건물중은 30℃에서 3.2g으로 가장 높았다.
2. 양마의 CO₂ 흡수량 및 건물생산성은 옥수수에 비해 양마가 전 생육기간을 통하여 높았으며, 최종 건물생산량은 옥수수의 200.8g에 비해 양마가 252.9g으로 양마가 옥수수에 비해 약 26% 건물중 생산량이 많았다.
3. CO₂ 농도에 따른 초장은 400ppm이 평균 131.0cm, 600ppm이 129.3cm 그리고 800ppm이 108.8cm로 400ppm 처리구에서 가장 컸다.
4. CO₂ 농도에 따른 엽면적은 400ppm > 600ppm > 800ppm 농도순으로 높았으나, 엽면적은 오히려 800ppm > 600ppm > 400ppm의 순으로 높아 CO₂ 농도가 증대할수록 엽의 비후도가 커짐을 알 수 있었다.

5. 파종후 개화소요일수는 35/25℃ 처리구가 25/15℃ 처리구에 비해 약 13일 빨랐으며, CO₂ 농도별로는 400ppm이 평균 74.0일, 600ppm이 69.0일, 800ppm이 66.5일로 CO₂ 농도가 높을수록 개화소요일수가 짧아졌다.
6. 온도에 따른 지상부 건물중은 25/15℃ 처리구의 49.4g에 비해 35/25℃ 처리구가 160.3g으로 고온구에서 높았으며, CO₂ 농도에 따라서는 800ppm이, 105.8g, 600ppm이 103.8g 그리고 400ppm이 91.3g으로 800ppm > 600ppm > 400ppm의 순으로 CO₂ 농도가 높을수록 지상부 건물중이 증가하였다.
7. CO₂ 농도에 따른 엽건중의 경시적 성장증가량은 25/15℃ 처리구에서는 뚜렷한 경향이 없었으나, 35/25℃ 처리구에서는 800ppm에서 증가량이 컸다.
8. CO₂ 농도에 따른 근건중의 경시적 성장증가량은 25/15℃에서는 800ppm 처리에서 가장 증가량이 컸으나, 35/25℃에서는 뚜렷한 경향이 없었다.

참고문헌

1. 정승근 · 조동삼 · 조남식. 1995. 지구온난화 방지 및 농촌소득 증대를 위한 새로운 속성 섬유자원개발. I. 속성섬유자원 양파와 어저귀의 건물생산성. 대산논집 3 : 174-176.
2. 조남기 · 송창길 · 강봉균 · 조영일 · 고지병. 2001. 제주지역에서 재식밀도에 따른 양파의 생육특성, 수량 및 조성분 변화. 동물자원지 43(5) : 755-762.
3. Cox, P. M., R. A. Betts, C. D. Jones, S. A. Spall and I. J. Totterdell. 2000. Acceleration of global warming due to carbon-cycle feedbacks in a coupled climatic model. *Nature* 408 : 184-187.
4. Etheridge, D. M., Steele, L. P., Langenfelds, R. L., Francey, R. J., Barnola, J. M., Morgan, V. A. 1996. Natural and anthropogenic changes in atmospheric CO₂ over the last 1000 years from air in Antarctic ice and firn. *J. Geophys. Res.* 101, 4115-4128.
5. Keeling, C. D. and Whorf, T. P. 2000. Atmospheric CO₂ records from the SIO air sampling network. In : *Trends : A Compendium of Data on Global Change. Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, TN.*
6. Mendelsohn, R. and Rosenberg, N. J. 1994. Framework for integrated assessments of global warming impacts. *Climatic Change*, 28 : 15-44.

7. Miyazaki, A., Agata, W., Kubota, F., Matsuda, Y. and Song, X. 1995 Bio-production and water cleaning by plant growth with floating culture system. II. Water cleaning effects by the growth of several plant species. 6th International conference of the conservation and management of Lakes Kasumigaura. 95(1) : 560-563.
8. Song, X., Agata, W., Zou, G., Wu, W., Yin, H., Yu, Q., Huang, Y., Kubota, F. and Muramoto, S. 1995. Bio-production and water cleaning by plant growth with floating culture system. I. Effects of floating culture area of rice plants on water quality criteria and bio-production. 6th International conference of the conservation and management of Lakes Kasumigaura. 95(1) : 426-429.