

물달개비 莖葉의 沈水與否에 따른 生長, 養分吸收 및 光合成 比較

蘇昌鎬¹ · 梁奎承² · 權容雄³

Effect of Submergence and Air Exposure of the Shoot on Growth, Nutrient Uptake and Photosynthesis in *Monochoria vaginalis* Presl.

C.H. Soh¹, K.S. Yang² and Y.W. Kwon³

ABSTRACT

Growth, nutrient uptake and photosynthesis as affected by submersion of shoot in pickernel weed (*Monochoria vaginalis* Presl.) were determined. The shoots of pickernel weeds in hydroponic culture were subjected to the submerged or emerged condition at 3- or 5-leaf stage for 8 or 10 days. Under submerged condition, growth in plant height was enhanced, but leaf number, leaf area, fresh and dry weight were reduced compared to those under the emerged condition. Similar responses in growth to submergence were obtained with the pickernel weeds rooted in the soil. Under submergence, chlorophyll content increased during the first 2 days, but thereafter remarkably decreased at 3-leaf stage and after the first 4 days at 5-leaf stage. Compared to the emerged condition, uptakes of $\text{NH}_4^+\text{-N}$, $\text{NO}_3^-\text{-N}$, P_2O_5 and K^+ were reduced, but uptakes of Ca^{++} and Mg^{++} increased under the submerged condition. Photosynthetic rate of shoot under water, measured by CO_2 electrode, showed the maximum by 210 $\mu\text{moles HCO}_3^-/\text{g F.W.}$ at the 8th day after submergence(DAS) at 3-leaf stage and 320 $\mu\text{moles HCO}_3^-/\text{g F.W.}$ at 6 DAS at 5-leaf stage. These results indicate that pickernel weeds grow much better when the shoot is air-exposed and are less tolerable to submergence at 3 leaf-stage than at 5-leaf stage.

Key words: *Monochoria vaginalis*, submergence, underwater, growth, nutrient uptake, photosynthesis.

緒 言

물달개비(*Monochoria vaginalis* Presl.)는 부레옥잠과에 속하는 1년생잡초로서 보통 씨레질 후

10일을 전후하여 발생하며 葉의 형태에 따른 분류는 벗풀과 같이 전형적인 heterophyllous amphibious 植物群에 속하여 어릴 때의 子葉은 沈水下에서 긴 線形葉이나 본엽 1~4엽기에는 넓은 선형엽이 나타나며, 본엽 5~8엽기에는

¹ 慶熙大學校 食糧資源開發研究所(Institute of Food Resources Development, Kyung Hee Univ., Suwon 449-701, Korea)

² 진진산업(주) 龍仁研究所(Yongin Institute, Chun Jin Industry Co., Yongin 449-860, Korea)

³ 서울大學校 農學科(Dept. of Agronomy, Seoul National Univ., Suwon 441-744, Korea) <1996. 1. 26 접수>

물 표면위로 잎이 노출되며 심장형의 잎을 지닌다⁵⁾. 물달개비는 水中 및 淡水下 土中에서 발아하며 초기에는 생육속도가 느리지만 上位葉이 대기중으로 출현된 후에는 급속히 성장하는 특성을 보인다. 그러나 물달개비를 비롯한 수륙양서형 식물들이 이들 식물체의 莖葉이 대기중에 있을 때와 수중에 있을 때 광합성 및 성장속도에 관한 것이나 수중에 잠긴 경엽부위가 수중에 용존된 무기양분을 얼마나 흡수하는가에 대한 연구는 거의 이루어지지 않았다.

Ridge(1987)는 沈水時 식물체의 성장특성을 분석한 결과 침수시 최대생장에 도달하는 시간이 짧고(3~10일) 水中에서의 성장량이 大氣中에서의 성장량보다 큰(400% 이상) “A group”과 최대생장에 도달하는 시간이 길고(12~30일) 수중생장량이 상대적으로 적은(300% 이하) “B group”이라 하여 2개 群으로 구분하였다. “A group”은 주로 *Regnellidium diphyllum*과 노란어린연꽃과 같은 floating leaved plant(부유형)가 있고 “B group”은 얇은 물이나 늪지에서 일반적으로 서식하는 식물로 질경이택사, 기는미나리아재비 등이 속한다. *Heterophyllus amphibious* 식물은 氣中에서와 水中에서의 잎의 형태가 변하게 되는데^{1,14)}, 이는 日長과 溫度^{3,4,10)}의 영향을 받기도 한다. 水陸兩棲型 식물이 침수되면 CO₂ 흡수가 저하되고 광합성율이 낮아지게 되는데^{9,13)}, 이는 엽록소함량의 감소와 광합성에 관련된 효소의 활성이 저하되기 때문인 것으로 알려지고 있다¹¹⁾. 한편 수중에서는 물표면의 빛의 반사와 水深에 따른 光吸收로 광의 이용율이 낮아지고, CO₂의 확산계수가 공기에 비해 1/10⁴ 정도로 낮아지며 수중광합성에 이용되는 탄소는 식물에 따라 HCO₃⁻를 이용하는 것과 이용하지 못하는 것으로 나눌 수 있다¹⁵⁾.

물달개비는 제초제 종류에 따라 防除價가 다르고, 그간 논에 사용되는 제초제의 종류가 변화함에 따라 논 잡초로서 우점도가 변하여 왔으나⁶⁾ 아직도 문제잡초임에는 변함이 없으며, 벼 재배시 물관리 여하에 따라 물달개비의 초기 생육이 크게 영향을 받기 때문에 방제면

에서도 氣中에서와 水中에서의 성장특성을 파악하는 것이 중요하다고 할 수 있다. 따라서 본 연구는 물달개비의 초생엽(장선형엽) 및 본엽(넓은 선형~심장형엽)이 출현 한 후 경엽의 침수여부에 따른 경엽부의 성장, 식물체의 無機養分 흡수 및 氣中光合成과 水中光合成을 비교하여 침수여부에 따른 물달개비의 초기 성장 반응을 밝히고자 수행하였다.

材料 및 方法

1. 물달개비의 莖葉部の 沈水處理

土耕栽培하여 沈水 처리를 한 경우에는 물달개비 종자를 채종, 휴면타파하여 논토양을 채운 10개의 와그너포트(1/5,000a)에 파종한 후 2엽기까지 키운 후 균일한 5개체를 남기고 나머지는 제거하고 3엽기가 되었을 때 침수처리를 하였다. 침수처리는 90×60×40(높이)cm의 플라스틱통에 와그너포트를 5개 넣은 후 물달개비가 물에 잠기도록 물을 가하였다. 나머지 5개의 와그너포트는 약 1cm 수심이 되도록 하여 莖葉이 노출되도록 하였다.

수경재배시 沈水處理는 1엽기까지 토양에서 키운 물달개비를 선별하여 수경액이 담긴 stainless steel mesh에 이식하여 키우면서 2엽기와 4엽기에 달하였을 때 플라스틱용기(지름 12cm, 높이 20cm)에 10cm높이로 설치한 stainless steel mesh위에 5개체씩 다시 이식하여 수경재배하였다. 경엽부 침수처리는 3엽기, 또는 5엽기에 경엽부가 잠기도록 水耕液(수경재배의 경우) 또는 물(토양재배의 경우)을 넣었으며, 경엽부가 대기중에 노출되는 것은 수경액을 mesh위로 약 1cm 정도까지 채웠다. 수경액은 2일마다 교환하여 주었으며, 수경액은 IRRI의 벼 재배를 위한 수경액의 조성중 규소를 제외하고 조제하였다.

2. 물달개비의 生長 및 無機養分 흡수

3엽기와 5엽기에 8일간 침수처리를 한 것과 하지 않은 물달개비의 성장 조사는 草長, 葉數, 葉面積, 生體重과 乾物重을 대상으로 5개

체씩 5반복으로 하였다. 葉綠素含量은 수경재배로 키운 물달개비를 3엽기와 5엽기에 침수처리하여 처리 후 0, 2, 4, 6, 8일에 상위엽, 중위엽 및 하위엽으로 구분하고 각 葉의 중앙부위를 SPAD 502(Minolta Co., 일본)로 5개체씩 측정 후 환산하였다.

무기양분의 흡수는 수경재배로 키운 물달개비가 3엽기와 5엽기가 되었을 때 수경액의 양이 일정하게 유지하도록 하면서 침수처리를 한 것과 침수처리를 하지 않은 상태로 8일간 키우면서 처리 후 2일부터 4일까지의 흡수량과 6일부터 8일까지의 흡수량을 각각 3반복으로 분석하였다. NH_4^+ , NO_3^- 및 P_2O_5 는 발색법²⁾에 의하여 측정하였고, K^+ Ca^{++} Mg^{++} 은 원자흡광분석기(Perkin-Elmer 2380, 미국)로 분석하였으며, 흡수량은 식물체 전체 生體重當으로 산출하였다.

3. 莖葉의 氣中光合成 및 水中光合成

기중광합성은 수경재배로 키운 물달개비가 3엽기와 5엽기가 되었을 때부터 경엽부가 대기중에 노출되도록 하여 처리한 후 0, 2, 4, 6, 8, 10일에 휴대용 광합성측정기(LI-6000, Li-Cor Co., 미국)로 측정하였다. 측정은 오후 2시부터 상위엽의 중앙부위를 36개체씩 하였다.

수중광합성은 3엽기 또는 5엽기에 침수처리를 한 후 2, 4, 6, 8, 10일에 측정하였다. 침수처

리시 水耕液量을 일정하게 하고 여기에 HCO_3^- 의 농도가 0.5mM 되도록 $NaHCO_3$ 를 가하였다. 수경액은 매 2일마다 교환하였고 CO_2 電極(본체: Model 95-02, Orion Co., 미국)으로 분석하여 수경액중의 농도 차이를 수중광합성량으로 환산하였다. 根部의 호흡에 따른 수경액의 CO_2 농도를 보정하기 위하여 근부만 침수된 처리를 blank로 하였다.

結果 및 考察

1. 경엽의 沈水與否에 따른 물달개비의 生長

물달개비를 3엽기(장선형엽) 또는 5엽기(넓은 선형엽~심장형엽)까지 균일하게 키운 후 경엽부가 침수되도록 한 것과 대기중에 노출되도록 하는 2종의 처리를 8일간 한 다음 초장, 엽수, 엽면적 및 생체중과 건물중을 조사하여 表 1에 나타내었다. 3엽기의 물달개비 경엽부가 대기중에 노출된 상태로 자란 경우 토양에서 자란 물달개비가 수경재배의 경우에 비하여 초장은 약간 작았으나 葉數와 생체중 및 건물중은 현저한 차이를 나타내 토양에서 건실하게 성장하였음을 알 수 있었다. 그러나 경엽부가 침수되어 물달개비 식물체 전체가 水中에 있을 경우 초장의 신장이 뚜렷하였는데, 특히 5엽기의 경우 경엽부가 대기중에 노출되었던 것은 9.4cm인데 비하여 침수되었을

Table 1. Plant height, leaf number, leaf area, fresh and dry weight of pickerel weeds grown under emerged and submerged growth condition for 8 days.

Culture condition	Leaf stage	Treatment	Plant height (cm)	Leaf number	Leaf area (cm ²)	Fresh weight (mg/plant)	Dry weight (mg/plant)
Soil	3	Emerged ¹⁾	4.7	8.2	26.0	421 ± 12.8	39 ± 3.2
		Submerged	6.7	5.0	17.0	320 ± 10.1	13 ± 0.9
Hydroponic	3	Emerged	5.8	6.0	27.6	261 ± 13.1	21 ± 0.9
		Submerged	4.9	5.0	18.0	120 ± 9.6	11 ± 0.6
	5	Emerged	9.4	10.0	36.1	620 ± 13.4	71 ± 3.6
		Submerged	12.2	7.4	32.7	721 ± 14.8	22 ± 2.1

¹⁾ Emerged: the shoots of plants were emerged and roots were submerged in nutrient solution or rooted in soil.

Submerged: the shoots of plants were submerged in nutrient solution (hydroponic culture) or in tap water(soil culture).

때 12.2cm로 현저하게 초장이 신장하였다. 일반적으로 沈水時에 溶存酸素의 감소로 식물체 내의 에틸렌함량의 증가와 더불어 세포의 수와 길이생장이 이루어져 초장의 신장이 이루어지는 것으로 알려져 있다⁸⁾. 한편 生體重은 침수되었을 경우에 노출되었을 경우보다 적었는데 5엽기의 경우는 반대로 침수시에 721mg으로 노출되었을 때의 620mg보다 많았다. 건물중은 엽기에 관계없이 침수시에 감소하였는데 건물중에 대한 생체중의 비율은 5엽기의 경우 3%로 가장 적었는데 이는 초장이 신장되

고 水中에서 수분의 흡수가 많아 생체중은 많았으나, 體內 蓄積物의 생성량이 적었기 때문에 생각되었다. 한편, 엽수와 개체당 엽면적은 침수되었을 경우 감소하였는데, 沈水期間이 길어짐에 따라 하위엽부터 점차 黃變 또는 褐變되면서 잎이 탈락하여 엽수의 감소는 물론 엽면적의 감소를 초래하였다. 한편, 침수기간에 따른 葉綠素含量을 葉位別로 측정된 결과를 그림 1에 제시하였다. 3엽기 및 5엽기 모두 처리일이 길어질수록 엽록소함량이 뚜렷하게 감소하였다. 3엽기의 경우 상위엽과 중위엽은 처리 후 2일에 最大값을 보이다가 그 후 급격하게 감소하였는데 하위엽은 거의 일정한 수준을 유지하였다. 5엽기의 경우 상위엽과 하위엽은 처리 후 4일까지는 증가하다가 그 후 급격하게 감소한 반면 중위엽은 처리 후 8일까지 증가하였다. 이러한 것은 5엽기의 물달개비가 3엽기의 물달개비보다 침수시 견디는 능력이 크다는 것을 의미한다고 생각한다.

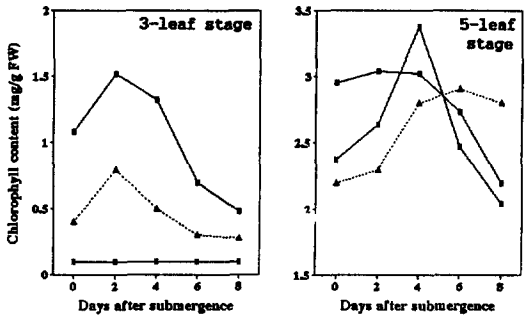


Fig. 1. Changes in chlorophyll content of the pickerel weeds at submergence.
 —■—: upper part of pickerel weed,
 ...▲...: middle part, -×-: lower part

2. 물달개비 莖葉의 沈水與否에 따른 無機養分 흡수

물달개비의 경엽이 침수되었을 경우와 대기

Table 2. Effect of submergence on the nutrient uptake of pickerel weeds growing in hydroponic culture.

Leaf stage	Treatment	Days after treatment	Nutrient uptake (umoles/g F.W.) ¹⁾					
			NH ₄ ⁺	NO ₃	P ₂ O ₅	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺
3	Shoot-	4 ²⁾	2.64	1.17	0.25	0.26	0.13	0.24
	Emerged	8	2.06	0.93	0.20	0.21	0.18	0.33
	Shoot-	4	0.67	0.29	0.06	0.09	0.06	0.18
	Submerged	8	1.14	0.50	0.10	0.15	0.10	0.41
	LSD _{.05}		0.73	0.26	0.07	0.05	0.05	0.09
5	Shoot-	4	8.69	3.21	0.92	0.74	0.98	0.68
	Emerged	8	6.34	2.42	0.68	0.61	0.77	0.86
	Shoot-	4	6.13	2.53	0.68	0.46	0.96	1.16
	Submerged	8	4.81	2.03	0.57	0.36	0.80	1.70
	LSD _{.05}		1.03	0.85	0.21	0.13	0.07	0.21

¹⁾ The nutrient uptaken by 5 plants for 2 days divided by the total fresh weight of the 5 plants; 5 times replicated.

²⁾ 4: uptake amount during 2 days (from 2 to 4 days after treatment).
 8: uptake amount during 2 days (from 6 to 8 days after treatment).

중에 노출되었을 경우에 무기양분의 흡수량을 측정하기 위하여 수경액을 2일마다 교환하면서 처리 후 2일에서 4일까지(처리 후 4일로 표현함)의 흡수량과 6일에서 8일까지(처리 후 8일로 표현함) 흡수한 양을 측정한 결과는 表 2와 같다. 3엽기에 처리를 한 경우 경엽부가 大氣中에 노출된 상태로 성장한 것은 처리 후 일수에 따른 양분 흡수의 차이가 거의 없었으나, 경엽부를 침수시켰을 때에는 처리 후 4일보다는 8일의 흡수량이 약간씩 증가하였다. 그러나 경엽부가 沈水되었을 때 흡수량은 노출되었을 경우보다 NH_4^+ , NO_3^- 및 P_2O_5 은 현저하게 감소하였으나, K^+ , Ca^{++} 및 Mg^{++} 은 감소 정도가 심하지 않았다. 5엽기에 처리를 시작하였을 경우 3엽기에 비하여 吸收量 자체가 많았으며 처리 후 4일보다는 8일의 흡수량이 감소하였는데, 이는 생체중의 증가로 인하여 생체중당 흡수량이 감소한 것으로 생각되었다. 그러나 Ca^{++} 과 Mg^{++} 은 경엽이 침수되었을 때 흡수량이 많았던 적은 양분의 종류에 따라 경엽 부위로부터도 흡수될 수 있다는 것을 시사한다.

3. 물달개비의 氣中光合成과 水中光合成

물달개비의 광합성능력을 경엽부가 대기중에 노출된 경우에는 氣中光合成으로, 沈水되었을 경우에는 수중광합성으로 하여 측정한 결과를 그림 2와 3에 나타내었다. 기중광합성은 日數가 경과함에 따라 증가하였는데 증가폭은 3엽기보다 5엽기가 현저하였다. 일반적으로 수중광합성은 기중광합성에 비하여 광도가 낮을 뿐만 아니라 CO_2 의 확산계수가 낮아 光合成能 이 감소하는 것으로 알려져 있다⁷⁾. 水中에서 無機態 炭素는 CO_2 , HCO_3^- 및 CO_3^{2-} 의 형태로 존재하고 alkalinity와 pH에 의하여 구성비가 달라지며, 쌍자엽식물의 경우 14종을 조사한 결과 43% 정도가 HCO_3^- 를 이용할 수 있다고 하였다¹⁵⁾. 일반적으로 水中光合成은 HCO_3^- 를 첨가한 후 CO_2 電極을 이용하여 HCO_3^- 의 농도 변화를 측정하여 산출하는데, 본 실험에서는 HCO_3^- 의 농도를 0.5, 1.0 및 1.5mM의 3수준으로 하여 예비실험을 한 결과 0.5mM 수준에서

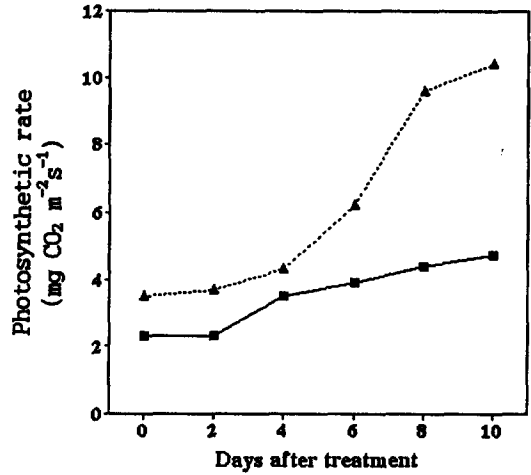


Fig. 2. Photosynthetic rate of pickerel weeds at 3- (■) and 5-leaf stage(▲) grown under shoot-emerged condition.

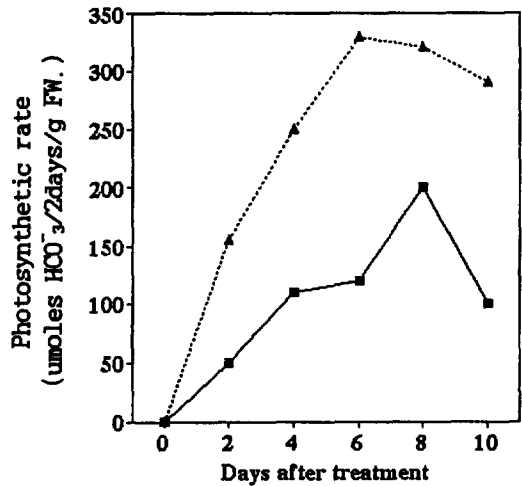


Fig. 3. Under water photosynthetic rate of pickerel weeds at submergence treatment at 3-(■) and 5-leaf stage(▲).(Submerged in water containing 0.5mM NaHCO_3)

가장 좋은 결과를 얻었기 때문에 이 농도를 선택하였다. 물달개비의 경엽부까지 완전히 침수시켜 2일마다 수경액속의 HCO_3^- 의 농도를 측정하여 감소된 양을 수중광합성으로 산출, 환산하였다. 수중광합성은 3엽기의 경우 침수 처리 후 8일까지는 증가하다가 그 이후에는 감소하였고, 5엽기의 경우 처리 후 증가하여 6

일과 8일에 최대치를 보인 후 減少하였다. 광합성의 증가는 생장량의 증가에 기인한 것으로 특히 氣中光合成의 경우 3엽기보다 5엽기의 경우 광합성의 증가가 현저하였던 것은 생장량과 밀접한 관계가 있었다. 한편, 水中光合成의 경우 침수처리 초기에는 광합성이 증가하였는데 3엽기보다 5엽기의 증가폭이 더 컸는데 이는 기중광합성의 경우와 같이 생장량의 증가에 따른 것으로 생각되었다. 그러나 沈水處理日數가 경과함에 따라 수중광합성이 증가하다가 감소하는 것은 水中에서 물달개비의 適應力이 떨어지면서 생장이 둔화되고, 엽록소 함량과 광합성에 관련된 효소들의 활성이 저하되었기 때문인 것으로 생각되었다. 水中에서 엽록소함량의 감소와 광합성에 관련된 효소 활성의 저하에 의한 광합성의 감소는 Nielson과 Sand-Jensen(1989)¹¹⁾의 결과에서 잘 나타나 있다. 氣中光合成과 水中光合成은 대기중과 수중의 無機態 炭素源의 종류와 量, 光量 등 환경의 차이를 배제하기 어려울 뿐더러 측정 방법의 차이로 인하여 직접 비교하기에는 여러 가지 문제점이 있으나 대략적인 비교를 해 보았다. 즉, 기중광합성의 엽면적을 생체중으로 환산하고 측정시간을 수중광합성의 측정단위로 일치시킨 후 기중광합성과 수중광합성을 비교해본 결과, 5엽기의 경우 처리 후 6일에 수중광합성이 $320 \mu \text{ moles HCO}_3^-/\text{g F.W./2days}$ 으로 최대에 달하였을 때 기중광합성은 $1260 \mu \text{ moles HCO}_3^-/\text{g F.W./2days}$ 으로 水中光合成은 氣中光合成의 25% 정도를 나타내었다. 그러나 이러한 비교는 간접적이고 개략적인 것으로 기중광합성과 수중광합성을 보다 정확하게 비교할 수 있게 된다면 水陸兩棲型 식물의 수중에서의 생태를 밝히는 데 커다란 도움이 되리라 사료된다.

물달개비의 생육초기에 경엽부가 침수되었을 경우 초장의 신장이 신속하게 이루어져 침수상태에서 벗어나려는 노력이 이루어지지만 침수기간이 경과될수록 생장이 둔화되고 활력이 저하되어 감을 알 수 있었다. 또한 3엽기보다는 5엽기에 침수되었을 때 適應力이 보다

큰 것으로 나타나 버 재배시 물달개비 방제에는 初期 물관리가 중요하다고 할 수 있다.

摘 要

물달개비는 논에서 자라는 水陸兩棲型 잡초로 水中 및 土中에서 발아하여 초기에는 생장속도가 늦지만 경엽이 대기중으로 노출되면 생장속도가 빨라져 경엽부의 침수여부에 따라 생장의 차이를 보이는 잡초이다. 본 실험은 莖葉部가 沈水되었을 경우와 대기중에 노출되었을 경우 生長量과 無機養分の 흡수량을 비교하고 氣中光合成과 水中光合成을 비교하여 물달개비의 생태적 특성을 구명하고자 하였다.

물달개비를 3엽기 또는 5엽기까지 水耕栽培로 균일하게 키운 다음 수정액으로 경엽부가 침수되도록 한 침수처리와 根部만 수정액을 공급한 처리를 하여 조사 및 측정을 하였다. 생장량은 草長, 葉數, 葉面積 및 生體重과 乾物重을 처리 후 8일에 조사하였고, 엽록소함량과 무기양분은 2일마다 8일간 조사하였다. 光合成은 2일간격으로 10일동안 측정하였는데, 기중광합성은 휴대용광합성측정기(LI-6000)로, 水中光合成은 CO_2 電極으로 측정하였다.

1. 침수조건하에서 물달개비의 草長은 伸長되었으나, 엽수, 엽면적 및 생체중과 건물중은 減少하였다. 초장은 3엽기에 처리한 것보다 5엽기에 처리한 것이 신장속도가 빨랐다.
2. 엽록소함량은 沈水處理 초기에는 증가하였으나, 3엽기의 경우 처리 2일 이후에, 5엽기의 경우 4일 이후에 급격히 감소하였다.
3. 경엽부의 침수에 따른 無機養分の 흡수량은 NH_4^+ , NO_3^- 및 P_2O_5 은 3엽기 및 5엽기 침수시 모두 현저하게 감소하였으며, K^+ , Ca^{++} 및 Mg^{++} 은 3엽기에는 큰 차이를 보이지 않았으나 5엽기의 경우 Ca^{++} 과 Mg^{++} 은 침수처리시 흡수량이 약간 증가하였다.
4. 氣中光合成은 생장이 진전됨에 따라 증가하였으나, 水中光合成은 3엽기 및 5엽기 모두 침수처리 초기에는 증가하였으나 8일 이후

에는 뚜렷이 감소하였다.

引用文獻

1. Beer, S. and K. Sand-Jensen. 1991. The carboxylase activity of Rubisco and the photosynthetic performance in aquatic plants. *Oecologia*. 87: 429-434.
2. 作物分析法委員會編. 栽培植物分析測定法. 1976. 養賢堂.
3. Davis, G.J. 1967. *Proserpinaca*: photoperiodic and chemical differentiation of leaf development and flowering. *Plant Physiol*. 42: 667-668.
4. Kane, M.E. and L.S. Albert. 1982. Environment and growth regulation effects on heterophyll and growth of *Proserpinaca intermedia*. *Aquatic Botany*. 13: 73-85.
5. 權容雄 外. 1987. 한국의 논잡초. 농촌진흥청.
6. 權容雄 · 權五硯 · 강병화. 1993. 한국의 논과 밭에 있어서 除草劑의 이용과 雜草防除與件의 변화. 제11회 韓日臺 3國 農藥工業協會 講演會. pp.17-45.
7. Lubigan, R. and M. Vega. 1971. The effect of different densities and durations of competition of *Echinochloa crus-galli* and *Monochoria vaginalis* on the yield of lowland rice. In *Weed Science Report*, Dept. of Agricultural Botany, Univ. of Phillipines. pp.19-23.
8. Malone, M. and I. Ridge. 1983. Ethyleneinduced growth and proton excretion in the aquatic plant *Nymphoides peltata*. *Planta*. 157: 71-73.
9. Maberly, S.C. and D.H.N. Spence. 1989. Photosynthesis and photorespiration in fresh water organisms: amphibious plants. *Aquatic Botany*. 34: 267-286.
10. Nielson, S.L. 1993. A comparison of aerial and submerged photosynthesis in some Danish amphibious plants. *Aquatic Botany*. 45: 27-40.
11. Nielson, N.L. and K. Sand-Jensen. 1989. Regulation of photosynthetic rates of submerged rooted macrophytes. *Oecologia*. 81: 364-368.
12. Ridge, I. 1987. Ethylene and growth control in amphibious plants. In *Plant Life in Aquatic and Amphibious Habitats*. pp. 63-65.
13. Salvacci, M.X. and G. Bowes. 1982. Photosynthetic and photorespiratory responses of the aerial and submerged leaves of *Myiophyllum brasiliense*. *Aquatic Botany*. 13: 147-164.
14. Sculthrope, C.D. 1967. *The Biology of Aquatic Vascular Plants*. Edward Arnold, London. p.610.
15. Spence, D.H.N. and S.C. Marberly. 1985. Occurrence and ecological importance of HCO_3^- use among aquatic higher plants. In. N.J. Lucas and J.A. Berry(eds). *Inorganic Carbon Uptake by Aquatic Photosynthetic Organisms*. Waverly Press. pp.125-143.