

정원 연못내 가시연꽃(*Euryale ferox* Salisbury)

도입을 위한 기초연구 II

- 토양과 수환경을 중심으로 -

이석우* · 노재현** · 박재철** · 김화옥***

* 기전대학교 허브조경과 · ** 우석대학교 조경도시디자인학과 · *** 전북대학교 생태조경디자인학과

A Basic Study on the *Euryale ferox* Salisbury for Introduction in Garden Pond(II)

- Focusing with Soil and Water Conditions -

Lee, Suk-Woo* · Rho, Jae-Hyun** · Park, Jae-Cheol** · Kim, Hwa-Ok***

* Dept. of Landscape Architecture and Herbs, Kijeon University

** Dept. of Landscape Architecture and Urban Design, Woosuk University

*** Dept. of Ecology Landscape Architecture Design, Chonbuk National University

ABSTRACT

Through the research and analysis on the hydrological environment and soil environment of habitats through documentary and field studies over 14 habitats of *Euryale ferox* Salisb. within Jeollabukdo, with the objective of acquiring the basic data for forming an environment based on plantation of reservoirs that are composed with *Euryale ferox*, the following results were obtained.

As a result of analyzing the construction period of the habitats of *Euryale ferox* from a total of 14 places, the average period of duration after construction of all subject reservoirs appeared to be 71.8 years. Moreover, when examining the relationship between the age of reservoirs and eutrophication, it could be judged that at least the eutrophication of subsoil and water environment is not an obstacle to the growth of *Euryale ferox* grows in habitats that have a reservoir age of approximately 70 years or more.

As a result of analyzing the gardening of soil sediment of the *Euryale ferox* habitats, the component ingredients appeared to be composed of 80.2% of clay, 16.7% of silt and 3.1% of sand, and the soil class pursuant to such was classified as 'heavy clay'.

The organic matter contents of soil sediment appeared to be an average of 36g/kg, and there appeared to be no noticeable difference between the habitats and non-habitats of *Euryale ferox*. The water quality environment of *Euryale ferox* habitat appeared to be pH 6.5~7.9, concentration of dissolved oxygen to be 1.8~8.8mg/ℓ, concentration of COD to be 6.8~74mg/ℓ, floating materials to be 2.0~213mg/ℓ, total nitrogen to be 0.422~10.723mg/ℓ, and phosphate to be 0.003~0.126mg/ℓ. The average DO concentration of Aedang Reservoir at Jeongeup, Daejeong Reservoir at Imsil, and Myeongdeokji at Gimje with high vitality and green coverage ratio of *Euryale ferox* appeared to be 3.5mg/ℓ, total nitrogen to be 1.33mg/ℓ, and concentration of phosphorus-phosphate to be 0.061mg/ℓ. When comparing such with the entire average value, the DO and total nitrogen concentration appeared to be rather low, and the phosphorus-phosphate concentration appeared to be higher by two times or more, thus, an in-depth study on the correlation of the vitality of *Euryale ferox* Salisb. and concentration of phosphate-phosphorus will be needed in the future.

Key words: Euryale ferox, Habitats, Hydrological Environment, Nutritive Salts

† **Corresponding Author** : Rho, Jae-Hyun, Dept. of Landscape Architecture and Urban Design, Woosuk University, Wanju 565-701, Korea, Tel.: +82-63-290-1494, E-mail: orchid@woosuk.ac.kr

국문초록

본 연구는 연못내 가시연꽃 도입을 위한 일련의 연구로, ‘식물상과 식생환경’에 이어 ‘토양과 수환경’ 기초자료 획득을 목적으로 한 후속연구이다. 전라북도 내의 가시연꽃 자생지 14곳에 대한 문헌 및 현장조사를 통해 자생지의 토양환경과 수문환경에 대한 분석을 통해 얻은 결과는 다음과 같다.

최소한 저토와 수환경의 부영양화는 가시연꽃 생육의 장애가 되지는 않다고 판단되며 약 70년 이상의 지령(池齡)을 갖는 서식지에서 가시연꽃 생육이 왕성한 것으로 파악된다. 가시연꽃 생육지의 토성은 점토 80.2%, 미사 16.7%, 모래 3.1%로 ‘중식토(重植土)’로 분류된다. 토양(저니)의 유기물 함량은 평균 36g/kg으로 가시연꽃 생육지와 비생육지 사이에 주목할 만한 차이는 없었다. 한편 가시연꽃 자생지의 수질 환경은 pH 6.5~7.9, 용존산소 농도 1.8~8.8mg/l, COD 농도 6.8~74mg/l, 부유물질 2.0~213mg/l, 총질소 0.422~10.723mg/l, 인산염 인 0.003~0.126mg/l로 나타났다. 가시연꽃의 녹피울과 활력도가 높은 김제 명덕지, 임실 대정저수지 그리고 정읍 애당저수지의 평균 용존산소(DO) 농도는 3.5mg/l, 총질소 농도 1.33mg/l, 인산염 인 0.06mg/l로 조사되었다. 이를 전체 평균값과 비교해보면 DO농도와 총질소 농도는 다소 낮고 인산염 인의 농도는 2배 이상 높은 것으로 추후 인산염 인의 농도와 가시연의 활력도의 상관관계에 대한 심도 있는 연구가 필요하다. 지금까지 확인된 본 연구 결과를 가시연꽃 관상을 목적으로 하는 정원 연못 조성의 기초자료로 제시한다.

주제어: 가시연꽃, 서식처, 수 환경, 영양염류

1. 서론

가시연꽃(*Euryale ferox* Salisbury)은 우리나라를 비롯한 동아시아지역에 분포하는 1년생 부엽식물로 화려한 꽃과 특징적인 형태로 관상가치가 매우 높다. 급속한 수질오염, 개간사업 및 타 식물과의 경합에 따른 도태 등으로 군락지가 점점 줄어들고 있는 실정인데다 자연발아율 또한 매우 낮아[1], Ministry of environment(2012)에서 멸종위기야생동식물 II급으로 지정된 희귀식물이다[2]. 우리나라에서는 Zyukiti Siraga에 의해 1938년에 대구에서 처음 채집되었다[3]. 가시연 종자는 검실(檢實) 또는 검식자(檢食子)라고 부르며 강장제, 신장염 등에 사용하고 잎과 줄기는 사료로 쓰이는 자원식물이다[4][5]. 선행연구에 의하면 가시연꽃의 분포는 수질과 토양적인 원인에 의해서 분포에 제한을 받으며, 지령(地齡)이 오래되어 유기물이 많은 곳에 생육하는 것으로 판단하고 있다[6]. 가시연꽃은 발아조건이나 생육환경의 범위가 다른 수생식물에 비해 극히 제한되어 있고[7][8][9], 환경조건에 따라 해거리(alternate year bearing, 隔年結果) 현상이 매우 심하며, 자생지가 많지 않고 접근이 용이하지 못한 점 등으로 인해 분포지의 생육환경 등이 명백하게 밝혀진 바는 없다[10].

농촌의 마을방죽과 저수지 그리고 도심 내 연못은 친수환경의 경관연출과 위락공간을 조성할 수 있는 기회요소이자 농촌 어머니티 활성화를 위한 중요 자원이다[11]. 특히 마을 방죽을 구성하고 있는 자연 및 문화적 요소들은 마을 공동체적 커뮤니티의 장(場)이자 인문생태학적 역할을 수행해 온 마을의 중심 시설로써 그 자체가 문화이며 역사문화경관이다. 또한 연못은

정원시설로서 매우 중요하고 의미있는 공간으로 조성되고 또 향유되어 왔다. 그러나 최근 조성된 연못에 이용된 식물은 연과 수련 등이 우위를 차지하고 있는데, 특히 부엽식물인 수련이 차지하는 비율이 높다. 가시연은 부엽식물로 앞서 기술한 바와 같이 여러 방면에 활용도가 높은 식물이며, 가시가 빼곡한 넓은 잎과 그 속에 피어난 작은 꽃은 연못의 운치와 격을 높이는 경물로 생각된다. 단조로운 수 공간(연못)에 다양한 부엽식물의 도입을 고려한다면 가시연꽃의 도입도 검토되어야 할 시점으로 판단된다. 연못을 조성하는 것은 인공생태계를 조성하는 것이므로 자연 발생적인 형성과정을 통해 스스로 형성된 자연에서 그 생태적 원형을 찾아 복원하거나 재생해야 한다.

따라서 본 연구는 가시연꽃 자생지의 식물상과 식생 연구[12]에 이은 후속 연구로서 가시연꽃을 중요 식재 종으로 활용하기 위한 정원 연못의 토양 및 수 환경을 구명하고자 한다.

II. 연구방법 및 내용

1. 대상지 개요

본 연구 대상인 가시연꽃 자생지에 대해 전라북도 전체 14개 시·군과 관련된 문헌 및 인터넷 그리고 탐문조사를 통해 가시연꽃의 자생지로 알려진 모든 저수지, 늪, 소택지 그리고 하천을 대상으로 한 현지조사 결과, 총 34개소의 가시연꽃 자생지가 확인되었다. 이 중 2012년을 기점으로 하여 개화가 확인된 곳 14개소를 최종 연구대상지로 하였다. 선정된 가시연꽃 자생지는 남원시, 정읍시, 고창군이 각각 3개소, 군산 2개소

그리고 익산시·김제시·임실군이 각 1개소이다(Table 1).

조사대상지로 선정된 저수지의 관리주체는 해당 시군 9곳과 농어촌공사 5곳으로 대부분 지자체에서 책임관리하고 있다. 저수지의 조성시기가 가장 오래된 곳은 정읍 한성지로 축조된 지 120여년이 되었으며, 가장 최근에 조성된 곳은 고창 궁동저수지로 40여년이 경과되어 저토환경에 많은 차이점이 있을 것으로 생각된다. 가시연꽃은 대체로 저수지 가장자리를 중심으로 분포하고 있다. 전라북도 지역(전주)의 최근 15년간(2000-2014)의 통계청 기상자료에 의하면 연평균기온 12.75℃, 연강수량은 1,348.8mm로 우리나라의 일반적인 기후유형에 속한다[13].



Figure 1. Location of reservoirs surveyed.

2. 조사 및 분석방법

가시연꽃(*Euryale ferox* Salisbury) 자생지의 기반환경에 따른 생육 특성을 파악하기 위하여 14개 대상지별로 동일 서식지에서 가시연꽃이 생육하고 있는 곳(생육지)과 가시연꽃이 없는 곳(비생육지)으로 구분하여 비교하였다(Table 1). 각 대상지별로 연구대상 호소를 1/1,000의 축적 도면을 만들어 사방 40m 간격의 방안도(mesh map)를 구축하여 수질과 저토환경요인의 분석을 위한 시료채취 지점을 선정하였다. 현장에서 측정 가능한 수온, 수심, pH, DO, EC 등은 이동식 계측장비(Horiba, UI0)를 이용하여 표층수(수심 30cm 이내)와 수심 1m에서 측정된 값을 기록하고 연구실에서 정리하였다.

토양 시료는 각 대상지별로 3반복의 무작위로 구경 5cm의 PVC파이프로 제작된 채니기를 이용하여 0~15cm 깊이에서 채집하였다. 채취한 토양은 균일하게 섞은 후 4분법에 의해 전체 시료 중 1/4를 취해 비닐 팩에 넣어, 실험실로 이동한 후 깨끗한 비닐 위에 얇게 펴 25~35℃, 습도 20~60%의 조건으로 실내에서 3~4일 정도 풍건하였다. 건조된 시료는 고무망치를 이용하여 분쇄한 후 2mm체에 통과시켜 최종 분석시료로 취하였다. 분석은 토양 및 식물체분석법에 따라 수행하였다(Table 2) [14]. 수질분석을 위한 시료는 2L 플라스틱 용기를 정수로 3번 세척한 후 3반복으로 채수하여 냉장보관 상태로 실험실로 운반한 후 수질오염공정시험방법에 의거한 각 항목별 분석법에 따랐다[15]. 수심·수온조사는 2014년 3월 10일 자생지 수온조사를 시작으로 9월 30일까지 7개월 간의 조사 자료를 중심으로 분석하였다. 시료 채취는 2014년 8월 1일부터 9일까지이며 각 항목별 분석방법은 Table 2와 같다.

Table 1. Status of research site

	Location	Habitat name	Construction periods	Mark	No.
Namwon-si	Jusaengmyeon jecheon-ri	Jecheon2 reservoir	1920	Nj01	1
	Jusaengmyeon nakdong-ri	Wang reservoir	1940	Nw02	2
	Geonjimyeon ipam-ri	Gamdong reservoir	1941	Ng03	3
Imsil-gun	Jusaengmyeon daejeong-ri	Daejeong reservoir	1943	Id04	4
Jeongeup-si	Soseongmyeon gogyu-ri	Hanseong reservoir	1897	Jh05	5
		Aedang reservoir	1971	Ja06	6
	Sintaeneup yuk-ri	Yukri reservoir	1933	Jy07	7
Gochang-gun	Mujangmyeon goheung-ri	Gungdong reservoir	1974	Gg08	8
	Jangmyeon dogok-ri	Yanggok reservoir	1930	Gy09	9
	Sanghameon yongdae-ri	Suknam reservoir	1945	GS10	10
Gimje-si	Myeongdeokdong	Myeongdeok reservoir	1945	KM11	11
Gunsan-si	Okgueup sangpyeong-ri	Sangpyeong reservoir	1945	Ks12	12
	Hoehyeonmyeon hakdang-ri	Daewi reservoir	1962	Kd13	13
Iksan-si	Yongdongmyeon daejeo-ri	Dangha reservoir	1945	Ih14	14

Table 2. Methods and items of analysis

	Item	Unit	Methods
General item	Water level	m	Staff & tapeline
	Temperature	℃	-100~300℃ Waterproof thermometer
	pH(Hydrogen ion concentration)	-	Glass electrode method
	EC(Electric Conductivity)	ms/cm	Diaphragm electrode process
Soil	OM(Organic material)	g/kg	Tyurin method
	T-N(Total nitrogen)	mg/kg	Kjeldahl method
	NH ₄ -N(Ammonium nitrogen)	mg/kg	Colorimetric method
	P ₂ O ₅ (Phosphorus)	mg/kg	Lancaster method
	Cation(Ca ²⁺ , Mg ²⁺ , K ⁺ , Na ⁺)	cmol/kg	EDTA Titration method
Water quality	COD(Chemical oxygen demand)	mg/ℓ	Permanganate volumetric method
	SS(Suspended solid)	mg/ℓ	Glass fiber (GF/C) method
	T-N(Total nitrogen)	mg/ℓ	UV-Visible spectroscopy
	PO ₄ -P(Phosphorus-phosphate)	mg/ℓ	UV-Visible spectroscopy

III. 결과 및 고찰

1. 토양환경

총 14개소의 가시연꽃 생육지의 축조(築造) 시기를 분석한 결과, 축조시기가 가장 이른 곳은 1897년 조성된 정읍 한성제로 117년이 경과되었으며, 반면 경과기간이 짧은 곳은 40년이 경과된 궁동수지로 평균 축조 경과기간은 71.8년으로 밝혀졌다. 지령(池齡)과 부영양화의 관계를 살펴볼 때 최소한 저토와 수환경의 부영양화는 가시연꽃 생육의 장애가 되지 않는다고 판단되며, 본 연구대상지로 한정하여 볼 때, 자연적으로 가시연꽃이 서식하려면 저수지의 지령이 최소 40년 정도는 되어야 하는 것으로 나타났다.

한편 연구대상지 14개 생육지의 토양입경 분포를 조사한 결과 평균 토성은 점토 80.2%, 미사 16.7%, 모래 3.1%로 '중식토(重埴土)'로 분류된다. Cho, K. H.(1992)와 Ju, E. J.과 Kim, J. G.(2009)의 연구에 따르면 습지토양의 토성과 적정 토성범위는 지역마다 차이가 있고, 토성은 종자의 보유 개체수를 결정 짓는 인자라고 한다[16][17].

가시연꽃 생육지 토양의 이화학적 특성은 Table 3과 같이 분석되었다. 14개 조사 대상지의 pH는 4.1~6.3의 범위로 평균 pH 5.1로 대체로 약산성을 띠었다. Bae, J. J. etc.(2003)의 연구에 의하면 일반적인 습지의 pH는 5~7 범위 내에 해당하며[18], 인공습지에서 수생식물의 식재 기반 조성 기준을 연구한 Kim, H. Q.(1999)는 pH 5.5~7.0를 제시한 바 있다[19]. 본 연구에서는 pH 5.0 이하인 곳 7개 지점, pH6 이상인 곳은 두 곳에 불과하여, 가시연꽃 생육지의 토양 pH의 편차가 크게 나타났다. 대상지의 pH가 약산성을 띠는 것은 pH 5.6 이하의 강우가 집중되고 오랜 기간 정체되어 토양의 산성화에 기여하는 것으로 추측된다.

다. Son, J. K.(2013)은 저수지 조성 후 경과년수가 길수록 토양 pH가 낮아진다는 회귀식의 모형을 유의수준 99% 이내에서 확인한 바 있다[20]. 그리고 Lee, J. H.(2006)에 의한 낙동강 유역 습지의 가시연꽃 생육지의 수소이온농도는 6.3~9.87로 알칼리성으로 분석되어[21], 이 또한 본 연구 결과와 부합하지 않는다. 따라서 연못형 습지는 오래될수록 토양이 산성화 된다고 할 수 있는데, 본 대상지 중 가장 낮은 곳은 pH 4.2로 조성 경과년도가 84년 된 고창 양곡저수지(Figure 2)이며, 지령이 가장 오래된 정읍 한성지(117년 경과)의 pH 5.0보다 수소이온 농도 값이 6배 높게 나타났다. 이는 저수지 준설여부와 주변 오염인자 그리고 시료채취 지점 등이 다르기 때문인 것으로 판단되나 보다 광범위하고 심층적인 연구가 필요한 것으로 보인다.

습지식물은 저토에 뿌리를 내려 영양분을 흡수하므로 유기물함량이 중요하다. 저토의 유기물함량은 10.9~88.1g/kg의 범위로 평균 36g/kg으로 나타났다(Table 3). 이는 Kim, H. Q.(1999)가 제시한 14~29g/kg의 적정 범위를[19] 상회하는 결과로 유기물함량이 가장 낮은 곳은 양곡저수지(고창)이고 가장 높은 곳은 대위저수지(군산)이다. 퇴적물에서 미생물에 의해 주도되는 혐기성 유기물 분해는 식생과 저서동물에 의한 생물교란 등에 매우 큰 영향을 받는다[22][23]. 특히 식물 뿌리를 통한 산소 공급이 퇴적물-수층-대기의 산소교환의 10~50%를 담당하는 것으로 알려져 있으며[24], 저서 동물의 활동이 퇴적물 내 산소와 유기물 공급을 증가시킨다는 보고도 있다[25]. 또한 선행연구에 따르면 가시연꽃군집의 밀도가 높을수록 유기물함량이 많은 것으로 보고된 바 있다[21].

전체 대상지 14지점의 총 질소는 0.14~0.7%의 범위를 보였다(Table 3). 가장 높은 농도는 군산 대위저수지이며 가장 낮은 곳은 고창 양곡저수지로 나타났다. 전질소의 함량은 평균 0.32%로 Kim, H. Q.(1999)가 제시한 기준인 0.1~0.16%에 두 배 이상의 수치이며[19], 전체 조사대상 중 정읍 한성지와 고

Table 3. Bottom deposit quality of research site in *Euryale ferox* Salisbury habitat

Site	Soil characteristics								
	pH	OM (g/kg)	EC (ds/m)	T-N (%)	P ₂ O ₅ (mg/kg)	Ca (cmol/kg)	Mg (cmol/kg)	Na (cmol/kg)	K (cmol/kg)
Nj01	5.3	32.7	1.73	0.3	72	4.0	1.0	0.24	0.31
Nw02	5.2	13.0	0.54	0.18	21	2.8	0.8	0.18	0.26
Ng03	5.3	21.6	1.05	0.21	37	5.5	1.7	0.23	0.44
Id04	4.9	20.7	1.33	0.21	25	2.4	0.7	0.29	0.28
Jh05	5.0	10.9	0.40	0.15	50	1.3	0.4	0.13	0.07
Ja06	4.8	40.4	2.59	0.34	44	4.5	1.2	0.19	0.42
Jy07	5.2	27.5	0.84	0.22	30	5.5	1.4	0.36	0.18
Gg08	6.0	53.5	1.28	0.41	79	8.9	2.1	0.31	0.50
Gy09	4.2	6.6	6.45	0.14	30	9.9	3.6	0.88	0.90
Gs10	5.7	61.5	0.84	0.54	37	5.8	1.8	0.27	0.85
Km11	4.6	54.5	2.37	0.38	48	3.6	4.0	0.51	0.36
Ks12	4.7	51.0	7.04	0.39	46	6.5	1.2	0.39	0.27
Kd13	6.3	88.1	0.19	0.70	11	1.7	0.9	0.14	0.09
Ih14	4.1	34.4	5.28	0.32	25	8.3	2.7	0.54	0.61
Mean	5.09	36.89	2.28	0.32	39.64	5.05	1.68	0.33	0.40

〈Note〉 Nj01: Jecheon2 reservoir, Nw02: Whang reservoir, Ng03: Kamdong reservoir, Id04: Daejung reservoir, Jh05: Hansung-ji, Ja06: Aeadang reservoir, Jy07: Yukri reservoir, Jy08: Gungdong reservoir, Gy09: Yanggok reservoir, Gs10: Suknam reservoir, Km11: Myungduk-ji, Ks12: Sangpyung reservoir, Kd13: Daewyi reservoir, Ih14: Dangha-ji

창 양곡저수지를 제외한 지역들은 모두 최대 기준 0.16%를 초과하였다. 따라서 기준지에 비해 초과 및 미달되는 상황이므로 습지식물의 제거 및 방치로 적정 수준을 유지시킬 수 있다는 Bae, J. J.(2003)의 견해를 상기할 필요가 있다[18]. 또한 질소는 유기물이 공급원이므로 유기물 함량과의 관계를 알아보고 자 두 성분의 생육지별 경향을 Figure 2에 나타내었다.

가시연꽃 생육지점의 토양(저니) 질소량과 탄소량의 분포는 Figure 2에서 보는 것처럼 유사한 경향을 나타내었다. 그러나 이들 두 성분 사이의 정량적으로 유의미한 관계가 성립된다고 단정할 수는 없으나, 저니 속의 질소는 일정 부분 유기물로부터 기인한다는 점 또한 분명하다. 또한 수질 환경 기준과 달리 토양 중의 질소성분은 식물 생장에 필수원소이며 비료로 작용하기 때문에 농도가 높다고 해서 나쁜 환경이라고 단정 지을 수 없다.

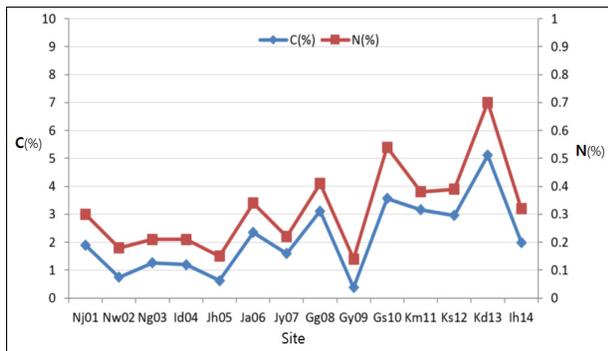


Figure 2. Distribution of nitrogen and carbon in habitat soil

동일한 조사 대상지에서 가시연꽃 비생육지점 토양(저니)의 이화학적 분석결과를 Table 4에 나타내었다. 비 생육지점의 pH는 3.8~6.5 범위이고, 평균 pH 5.0으로 생육지의 결과와 크게 다르지 않았다. 유기물 농도는 9.3~65g/kg으로 평균 31.1g/kg의 범위를 보여 생육지보다 다소 낮게 나타났다. Choi, K. S.(2013)는 수생식물에 의해 생산된 유기물의 32%가 습지 내에 퇴적되는 것으로 추정된 바 있다[26]. 이는 수생식물에 의한 유기물 및 영양염류 제거 기작이 식물의 성장에 따른 생체량(Biomass)으로 축적되어 제거되기 보다는 침전에 의한 물리적 제거 기작이 우세하기 때문으로 생각된다. 따라서 저토환경은 수생식물의 생육지가 비생육지보다 부영양상태일 가능성이 크며, 상대적으로 수질은 더 좋을 것으로 추측된다. 이후 이에 대한 보다 세밀한 연구가 필요하다.

비 생육지점의 유효인산의 농도는 12~77mg/kg, 평균 농도 33mg/kg으로 고창 공동저수지가 가장 높고 다음은 남원 제천2 저수지, 정읍 한성지 순이며 군산 대위저수지가 가장 낮았다 (Table 4). 조사 지점별로 생육지와 비 생육지의 유효인산 농도 분포는 대체로 유사하게 나타났는데 비생육지 농도가 약간 높다. 수생 식물을 이용한 영양염류의 제거 기작에 대한 연구에 의하면 식생이 있는 곳이 대조구에 비해 제거율이 높은 것으로 알려져 있다[27][28][29]. 이들 연구에 의하면 가시연 생육지의 영양염류 농도가 낮아야 하나 본 연구에서는 이와 같은 결과가 도출되지 않았다. 이는 연구 목적과 방법이 다르기 때문으로 이들 연구에서는 주로 식물의 생체 축적량 변화와 수질을 측정된 결과에 기인한 것으로 추측된다.

Table 4. Quality of sediments in *Euryale ferox* Salisbury non habitat soil

Site	Characteristics of soil								
	pH	OM (g/kg)	EC (ds/m)	T-N (%)	P ₂ O ₅ (mg/kg)	Ca (cmol/kg)	Mg (cmol/kg)	Na (cmol/kg)	K (cmol/kg)
Nj01	5.4	31	1.4	0.27	77	4.6	1.13	0.24	0.3
Nw02	5.6	12	0.5	0.16	21	2.7	0.77	0.19	0.23
Ng03	6.5	9.3	1.1	0.16	36	3.3	0.84	0.09	0.11
Id04	4.9	25	1.7	0.20	20	2.3	0.62	0.23	0.22
Jh05	5.0	13	0.3	0.16	45	1.2	0.37	0.11	0.10
Ja06	4.8	52	2.9	0.40	40	6.7	2.55	0.31	0.63
Jy07	5.4	62	0.8	0.47	19	4.9	0.86	0.27	0.08
Gg08	5.6	44	0.5	0.34	55	3.6	0.69	0.16	0.21
Gy09	4.2	14	3.3	0.17	31	3.2	0.97	0.27	0.25
Gs10	4.7	65	1.4	0.51	20	4.4	1.11	0.31	0.54
Km11	3.8	29	8.3	0.29	44	7.4	3.98	0.61	0.51
Ks12	4.8	25	6.6	0.22	35	6.7	1.65	0.31	0.27
Kd13	5.3	28	0.4	0.24	12	1.8	0.61	0.15	0.12
Ih14	4.1	27	4.2	0.22	16	7.4	2.56	0.45	0.57
Mean	5.0	31	2.4	0.27	33	4.3	1.3	0.26	0.29

2. 수문환경

1) 수온 및 수심

3월에서 9월까지 7개월 간 매월 10일, 20일 그리고 30일 등 3회에 걸쳐 총 21회 측정된 14개 가시연꽃 자생지의 수온과 대기온도 측정 결과는 Table 5와 같다. 가시연꽃 발아기인 4월의 평균 수온 범위는 10.3~15°C로 평균 11.7°C이며, 대기 평균온도 범위는 13~14.3°C, 평균 14°C로 수온과 대기온도의 차가 2.3°C로 나타났다. 5월의 평균 수온은 16.7~24°C 범위로 자생지 위치에 따라 7.3°C의 온도차를 보였으며, 평균 온도는 20°C이며, 대기온도는 17.7~22.3°C 범위로, 평균 20.6°C를 나타내어 수온과 비슷하였다. Lee, C. H.(2006)의 연구에 의하면 가시연꽃 종자의 발아는 12~18°C의 조건에서는 전혀 일어나지 않았으며, 24°C에서 가장 양호한 발아율을 나타내는 것으로 보고한 바 있다[30]. 이로 미루어 볼 때 5월 중순부터는 남원과 임실 그리고 정읍 일부지역을 제외한 자생지에서 가시연꽃의 발아가 일어날 수 있을 것으로 생각된다. 6월의 평균 수온은 19~25.7°C, 평균 24°C이며, 외기 온도는 21~24°C, 평균 23.2°C로 수온이 약간 높다. 7월의 평균 수온은 23.7~29.3°C, 평균 27°C이며, 외기 온도는 25.3~27.7°C, 평균 27°C로 같다. 9월의 평균 수온은 19.7~23°C, 평균 21°C이며, 외기 온도는 18.0~20.3°C, 평균 19.5°C로 평균 수온이 더 높았다. 이른 봄인 3월부터 초가을 9월까지 수온과 외기온도와의 관계는 4월만 외기온도가 약간 높고, 나머지 기간은 모두 수온이 더 높게 나타났다. 이를 비교해 보면 대체로 수온이 1~2°C 높음을 알 수 있다(Figure 3).

수온조사와 동일한 조사 시기에 측정된 14개 가시연꽃 자생

지의 수심은 최소 30cm부터 최대 203cm이다. 특히 5월과 6월은 가시연꽃의 종자가 발아할 수 있는 온도 조건이 갖추어지는 시기로 이때 수심이 중요하다. 이 시기의 수심은 30~110cm로 평균 44.6~75.4cm이며, 특히 가시연꽃이 발아하는데 적정온도로 알려진 24°C를 보이는 6월의 경우 전체 대상지의 평균 수심이 30~60cm 범위를 보였다. 이는 Koh, J. K.(1996)의 연구결과, 즉 가시연꽃 발아시점의 수심이 50cm 내외가 되어야 한다는 주장과 유사한 결과이다[10]. 개화기인 7~8월의 경우의 수심은 30~203cm 범위로 평균 84.7cm와 130cm로 각 자생지별로 변동 폭이 컸으며, 특히 남원 왕저수지의 평균 수심이 약 2m로 가시연꽃 생육적지에서 요구되는 1m 보다 2배나 높아, 세심한 수심관리가 요구된다. 비생육지의 경우 최하 수심 60cm부터 최대 282cm로, 평균 수심은 95~179cm였다.

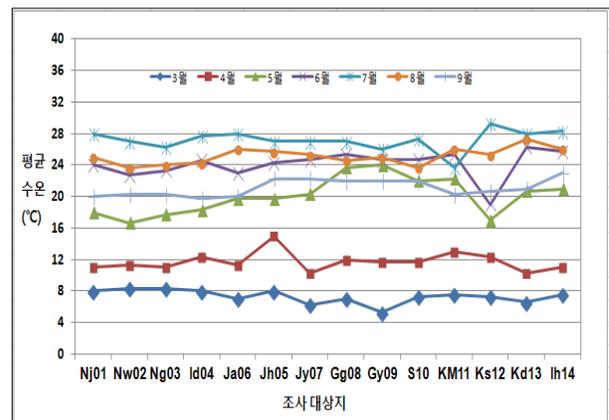


Figure 3. Water temperature of *Euryale ferox* Salisbury habitat (March~September)

Table 5. Analysis result of water quality on the research subjects

Site	Water quality						
	Temp (°C)	pH	DO (mg/ℓ)	COD (mg/ℓ)	SS (mg/ℓ)	T-N (mg/ℓ)	PO ₄ -P (mg/ℓ)
Nj01	25.0	7.8	3.3	20.1	19.2	1.301	0.009
Nw02	23.7	7.5	2.8	9.2	5.2	0.568	0.009
Ng03	24.0	7.1	2.9	9.6	8.8	1.104	0.017
Id04	24.3	7.1	3.4	15.0	7.2	1.348	0.012
Jh05	26.0	6.8	2.8	10.8	9.2	0.681	0.042
Ja06	25.7	7.0	2.2	19.3	18.8	2.225	0.045
Jy07	25.3	6.5	1.8	16.8	18.4	10.723	0.036
Gg08	24.6	7.9	4.1	7.7	8.4	0.983	0.003
Gy09	25.0	7.6	4.3	6.8	2.0	1.311	-
Gs10	23.7	6.6	8.8	8.8	5.6	0.663	0.012
Km11	26.0	6.7	5.0	23.6	19.0	0.422	0.126
Ks12	25.3	6.8	6.5	9.0	6.4	0.864	0.019
Kd13	27.3	7.6	7.6	8.3	2.4	0.633	0.010
Ih14	26.0	6.7	5.1	74.0	213.0	5.038	0.122
Mean	25.14	7.12	4.33	17.07	24.54	1.99	0.03

2) 수질

조사대상지의 수온(°C), pH(Hydrogen exponent), DO(Dissolved Oxygen), COD(Chemical Oxygen Demand), SS(Suspended Solid), T-N(Total Nitrogen), PO₄-P(Phosphorus Phosphate)의 측정 결과를 Table 5와 Figure 4에 종합하였다. 시료 채취시기의 평균 수온은 25°C, pH 6.5~7.9, 용존산소 농도 1.8~8.8mg/ℓ, COD 농도 6.8~74mg/ℓ, 부유물질 2.0~213mg/ℓ, 총질소 0.422~10.723mg/ℓ, 인산염 인 0.003~0.126mg/ℓ 농도 범위로 측정되었다. 전체 대상지의 pH는 평균 7.12로 환경정책기본법 호소의 수질환경기준인 6.0~8.5의 범위와 비교하였을 때 모두 만족시켰다[15]. 반면에 Koh, J. K.(1996)가 경북 경산시 소재 당음지, 상촌지 그리고 대풍지 등 3개 가시연 자생지를 대상으로 한 연구에서 평균 pH가 7.89~7.92로 자생지에 따른 pH 변화가 거의 없었던 것과 비교하면 다소 변화폭이 크다[10].

조사대상지 별 용존산소 농도는 1.8~8.8mg/ℓ의 범위로 평균 농도 4.3mg/ℓ이다. 가시연꽃 생육지의 DO농도는 고창 석남저수지> 군산 대위지> 군산 상평저수지> 익산 당하지> 김제 명덕지> 고창 양곡저수지> 고창 궁동저수지> 임실 대정저수지 순으로 높게 나타났다. 특히 고창 석남저수지와 군산 대위저수지는 호소생활기준은 '매우 좋음'에 해당 기준 7.5mg/ℓ 보다 높은 용존산소 농도가 검출된다(Figure 5). 화학적 산소요구량(COD)은 6.8~74.0mg/ℓ 범위이며 평균 17.0mg/ℓ로 최소 농도 검출 지역과 최대 지역의 농도가 10배 이상 차이가 난다. 가장 높은 곳은 익산 당하지> 김제 명덕지> 남원 제천 2저수지> 정읍 애당저수지> 정읍 옥리저수지> 임실 대정저수지 순이다. COD 8mg/ℓ 이하가 농업용수 기준인데 이

보다 9배 이상 높은 곳도 있으며 양곡, 궁동저수지만 COD값이 기준치 이하인 것으로 나타났다. 그 외에는 상당히 높아져 전반적으로 저수지내 유기물부하가 높은 것으로 확인된다. 영양염류의 농도는 호소의 환경오염 상태를 알 수 있게 하는 지표로 암모니아성 질소와 용해성 인의 농도에 따라 추후 일어날 수 있는 부영양화를 예측할 수 있다. Yu, Y. H.(2010)의 연구에 따르면 수질의 부영양화는 가시연꽃의 생육을 촉진하는 것으로 밝혀진 바 있다[31].

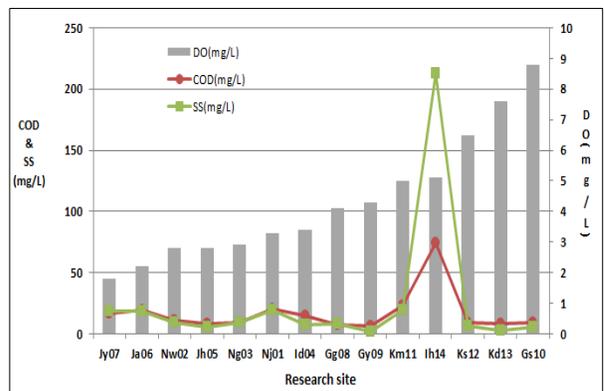


Figure 4. Concentration distribution of DO, COD, SS on *Euryale ferox* habitats

전체 조사 대상지의 총 질소 농도는 0.422~10.723mg/ℓ의 범위로 평균 농도는 2mg/ℓ로 분석되었다. 정읍 옥리저수지> 익산 당하지> 정읍 애당저수지는 수질생활 기준 매우 나쁨에 해당하는 1.5mg/ℓ를 상회하였다. 임실 대정저수지> 고창 양곡저수지> 남원 제천2저수지> 남원 감동저수지는 '약간 나쁨'에

해당하는 1mg/ℓ를 초과하였고, 그 외 지역에서는 '약간 좋음'에 해당하는 농도(0.4mg/ℓ)가 검출되었다. 또한 농업용수 기준인 1mg/ℓ보다 약 2배 높은 농도를 보여 대부분 대상지가 부영양화 상태일 것으로 생각된다.

인산염 인의 경우 전혀 검출이 안 된 지역부터 최고 0.126mg/ℓ까지 분석되었으며 평균 농도는 0.33mg/ℓ이다. 가장 높은 농도를 보인 지역은 김제 명덕지이고 그 다음은 익산 당하지 > 정읍 애당저수지 > 정읍 한성지 순이며, 고창 양곡 저수지에서는 전혀 검출되지 않았다(Figure 5). 인산염 인의 농도 범위는 호소 수질기준상 약간 좋음에 해당하며 김제 명덕지와 익산 당하지는 0.1mg/ℓ 이상으로 매우 나쁜 상태로 평가된다. 그러나 앞에서 기술한 대로 수질 환경 기준으로 '매우 나쁨'으로 판정되더라도 식물의 성장과 발육에 있어서 인은 대단히 중요한 원소이다. 특히 생육 초기에 인이 결핍되면 뿌리의 발육이 나빠지고 잎이 누렇게 되는 등의 피해를 입힌다[24]. 따라서 토양(저니)에 인 성분이 일정량 이상 존재한다는 것은 식물 생육에 좋은 환경으로 볼 수 있다. 본 연구 대상지에서 수질 환경이 가장 나쁜 두 지역(Ih14과 Ja06)에서도 가시연꽃이 무성하게 자라는 것이 확인되므로 가시연꽃을 도입하면 수질 정화와 멸종위기 식물 보호 그리고 아름다운 경관 연출 등의 효과를 얻을 수 있다.

조사대상지에 따른 총질소와 인산염 인의 농도 사이에 뚜렷한 경향은 확인되지 않았으며, 정읍 육리저수지의 경우 총질소 농도는 전체 대상지 중 가장 높게 검출되었으나 인산염인의 농도는 크게 높지 않고, 김제 명덕지의 경우 총질소 농도는 가장 낮았으나 인산염 인 농도는 가장 높다. 따라서 총질소와 인산염 인 농도에 따른 가시연꽃의 생육환경 사이의 상관관계를 밝혀야 하는 과제를 남긴다.

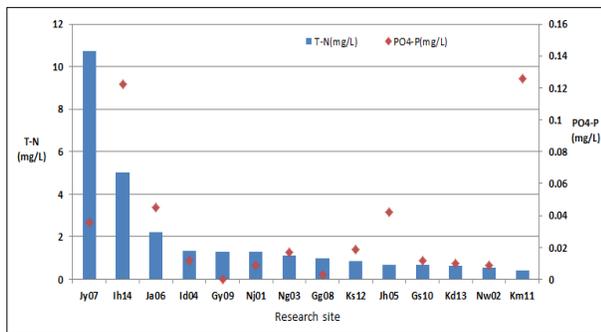


Figure 5. Concentration distribution of T-N & PO₄-P on research site

3) 종합고찰

지금까지 논의한 바와 같이 대부분의 가시연꽃 생육지는 낙시터로 이용되고 있는데 이로 인해 가시연꽃 잎의 의도적 제거와 쓰레기, 오물, 떡밥 등에 의한 자생지 훼손 우려가 큰 편이

다. 또 다양한 수생식물(수련, 연, 마름, 갈대, 부들, 줄 등)이 가시연과 서식처를 공유하고 있는데 특히 연과 마름에 의해 피압되어 생육이 불량한 개체가 다수 확인되었다. 또 배수로 주변에 위치한 가시연꽃 개체는 종자 형성이나 유묘로 성장할 때 유실의 우려가 큰 것으로 판단된다.

가시연꽃 생육에 영향을 미치는 중요 변수로는 높은 강수량에 낮은 일조량, 깊은 수심, 마름 등 경쟁 부유식물의 상대적 우점 등을 들 수 있다. 따라서 수문 및 토양환경과 가시연꽃의 피도나 빈도 또는 활력도와의 상호 관련성 분석이 매우 중요하다. 가시연꽃의 생육이 가장 활발한 시기인 7월을 기준으로 한 가시연꽃 생육지점 14곳의 생육환경과 수질 및 토양환경 그리고 우점 군락에 대해 Table 6에 나타내었다. 연구 대상지 중 가시연꽃의 생육면적이 50백㎡ 이상, 녹피율 25% 이상인 지역은 임실 대정저수지, 정읍 애당저수지 그리고 김제 명덕지 등 3곳이다. 이 세 곳의 수심은 90cm 이하, 잎의 체장은 121cm 이상, 수온 24℃, 용존산소 2.2mg/L 이상, 토양의 유기물 농도 20.7~54.5g/kg 그리고 T-N 0.21~0.34% 등이다(Figure 7). 여기에서 녹피율은 저수지 수 면적에 대한 가시연꽃 피복율을 뜻하고 서식 면적은 단순히 생육하고 있는 면적을 말한다.

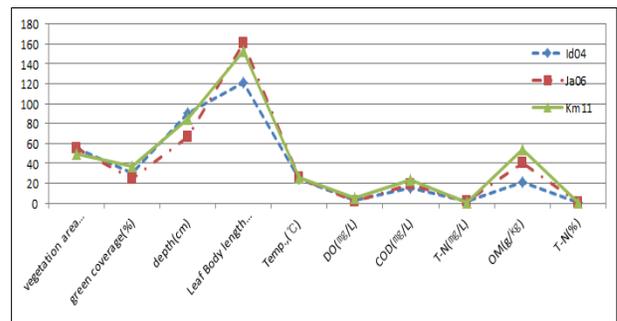


Figure 6. Environment & growth condition of *Euryale ferox* habitats at Daejung reservoir, Aeadang reservoir & Myungduk-ji

V. 결론

본 연구는 가시연꽃(*Euryale ferox* Salisb.)을 구성종으로 하는 연못의 식재기반 환경조성을 위한 기초자료 획득을 목적으로 예비조사 과정을 거쳐 최종 선정된 전라북도 내의 가시연꽃 자생지 14곳에 대한 문헌 및 현장조사를 통해 자생지의 토양환경과 수온, 수심, 수질 등의 수문환경에 대한 조사 및 분석 결과는 다음과 같다.

1. 최소한 저토와 수환경의 부영양화는 가시연꽃 생육의 장애가 되지는 않다고 판단되며 약 70년 이상의 지령(池齡)을 갖는 서식지에서 가시연꽃의 생육이 활발한 것으로 판

Table 6. Environment of *Euryale ferox* habitats

Site	Vegetation area (100m ²)	Ratio of green coverage (%)	Depth (cm)	Body length of Leaf (cm)	Water quality				Sediment		Dominance community
					Temp. (°C)	DO (mg/L)	COD (mg/L)	T-N (mg/L)	OM (g/kg)	T-N (%)	
Nj01	0.3	1.43	113	131	25	3.3	20.1	1.3	32.7	0.3	<i>Trapa japonica</i> community
Nw02	0.8	0.66	120	53	23.7	2.8	9.2	0.5	13	0.18	<i>Trapa japonica</i> community
Ng03	0.9	3.46	127	50	24	2.9	9.6	1.1	21.6	0.21	<i>Nymphoides indica</i> + <i>Typha orientalis</i> community
Id04	55	30.56	90	121	24	3.4	15	1.3	20.7	0.21	<i>Euryale ferox</i> community
Jh05	7.5	2.78	65	128	26	2.8	10.8	0.6	10.9	0.15	<i>Nelumbo nucifera</i> community
Ja06	55	25.00	67	161	25.7	2.2	19.3	2.2	40.4	0.34	<i>Leersia japonica</i> community
Jy07	16	2.87	113	38	25	1.8	16.8	10.7	27.5	0.22	<i>Zizania latifera</i> community
Gg08	14	16.47	80	143	24.6	4.1	7.7	0.9	53.5	0.41	<i>Zizania latifera</i> community
Gy09	12	16.00	72	153	25	4.3	6.8	1.3	6.6	0.14	<i>Leersia japonica</i> community
Gs10	35	0.51	68	85	23.7	8.8	8.8	0.6	61.5	0.54	<i>Nelumbo nucifera</i> community
Km11	50	36.50	85	153	26	5.0	23.6	0.4	54.5	0.38	<i>Euryale ferox</i> community
Ks12	0.5	0.59	83	146	25	6.5	9.0	0.8	51	0.39	<i>Leersia japonica</i> community+ <i>Paspalum distichum</i> var. <i>indutum</i> community
Kd13	0.5	0.03	30	163	27	7.6	8.3	0.6	88.1	0.70	<i>Nelumbo nucifera</i> community
lh14	250	0.76	73	143	26	5.1	74	5.0	34.4	0.32	<i>Phragmites communis</i> community
Mean	35.5	9.8	84.7	119	24.9	4.3	17	1.9	36.8	0.32	

단된다. 가시연꽃 생육지의 토성은 점토 80.2%, 미사 16.7%, 모래 3.1%로 '중식토(重植土)'로 분류된다.

2. 토양(저니)의 유기물 함량은 평균 36g/kg으로 가시연꽃 생육지와 비생육지 간의 주목할 만한 차이점은 없다. 식물의 생장·개화·결실을 지배하는 총 질소와 인의 평균 농도는 각각 0.32%와 39.6mg/kg로 나타났는데, 이는 선형연구에 비해 높은 값이며, 이들 영양염류가 풍부한 곳에서 가시연꽃의 생육이 활발한 것이 확인된다.
3. 발아기인 5~6월의 자생지 평균 수심은 30~110cm로 평균 44.6~75.4cm이다. 특히 발아 적정 온도인 24°C를 보이는 6월의 전체 평균 수심이 기존 연구결과인 50cm와 유사한 30~60cm 범위였다. 또한 생육절정기이자 개화기인 7~8월의 수심은 30~203cm로 자생지에 따라 변화가 크고, 각각의 평균 수심은 84.7cm와 130cm이다.
4. 수온의 경우 5월 평균 20°C, 평균 대기온도는 20.6°C이며, 6월 평균 수온 24°C, 대기온도 23.2°C이며, 7월은 평균 수온과 외기온도가 27°C 동일하며, 9월의 평균 수온은 21°C, 평균 대기온도는 19.5°C로 수온이 1.5°C 더 높다. 따라서 정원내 연못 등 가시연꽃의 생육환경을 조성할 때에는 최소 수심 30cm에서 최대 60cm, 수온 20~27°C의 범위를 지표로 사용할 수 있다.
5. 가시연꽃 자생지의 수질 환경은 pH 6.5~7.9, 용존산소 농도 1.8~8.8mg/l, COD 농도 6.8~74mg/l, 부유물질 2.0~213mg/l, 총질소 0.422~10.723mg/l, 인산염 인 0.003~0.126mg/l이다. 가시연꽃의 녹피울과 활력도가 높은 김제 명덕지, 임실 대정저수지 그리고 정읍 애당저

수지의 수질환경을 전체 조사지의 평균값과 비교해 보면 용존산소와 총질소 농도는 다소 낮고 인산염인의 농도는 2배 이상 높다. 따라서 추후 인산염 인의 농도에 따른 가시연꽃의 생육에 대한 상관관계를 규명하기 위한 심층적 연구가 요구된다.

이상 밝혀진 바와 같이 정원 등 연못에 가시연꽃을 관상 재배하기 위해서 가시연 생육지의 환경조건을 참고하여 인공 식지를 조성할 수 있다고 판단된다.

본 연구의 한계로는 가시연꽃의 생육 특성상 해거리 현상과 비정상적인 생육으로 인해 3여 년간의 관찰과 조사로도 부족함이 있다. 또한 지령과 생육지점의 물과 토양에 대한 화학적 특징 등의 관계는 보다 세밀하고 심층적인 연구가 필요한 부분이며 기존 연구 결과와의 상충되는 결과가 있는 점에 유의하여 지속적인 조사 및 모니터링이 필요하다. 세부 조사 항목에 따른 결과의 차이는 조사 방법론적 오차로 여겨지지만, 아직 명백히 밝혀지지 못한 가시연꽃 생육의 한계요인이 있을 수 있다는 점을 간과할 수 없다. 향후 비교연구의 관점에서 본 연구가 가시연꽃에 대한 관심과 생육환경 등에 대한 보존과 관리를 촉발시키는 계기가 되기를 희망한다.

REFERENCES

[1] Kim, J. J., Kim, H. H., and Lee, C. H. (2000). Effects of Temperature, Priming and Seed Coating Treatment on Seed Germination of *Euryale Ferox* Salisb, Korean Journal of Horticultural Science &

- Technology, 18(1): 718.
- [2] Ministry of Environment, (C)KAECI.(2012). Conservation of Endangered Wild Animal and Plants, Design Maru. Seoul.
- [3] Nakai, T.(1938). Notulae as Plants Asia Orientals(V). Jour. Jap. Bot. 14(10): 745-747.
- [4] Jeong, W. G.(1993). Introduction on the *Euryale ferox* Salisbury in Paksil Swamp, Conservation of Nature, 84: 46-50.
- [5] Lee, Y. R.(1990). Field Survey of Red List Category for Endangered and Rare in the Korea, 10: p209.
- [6] Choi, H. G.(1986). A Flora Aquatic Vascular Bundle of Korea. Doctorate thesis of Seoul National University. Seoul, Korea.
- [7] Okada, Y.(1926). On the Northern Limit of the Distribution of *Euryale ferox*. Bot. Mag. Tokyo. 40: 423-424.
- [8] Rim, K. H.(1962). On Water Plants of Manshuricum. Journal of Kor. Pharm. Assoc., 3: 44-46.
- [9] Yang, I. S.(1975). On the Distribution of the *Euryale ferox* Salisb. J. Kor. Pl. Tax. 6: 31.
- [10] Koh, J. K.(1996). Ecological Study on *Euryale ferox*: on the Some Aquatic Environments in Devil Lotus(*E. ferox*) Habits, Collocation of Dissertations of kyungsan University. 14: 105-106.
- [11] An, B. C.(2009). A Study on the Holistic Value Analysis and Efficient use of Korean Traditional Village Bangjuk[dike]. Doctorate thesis of Korea University. Seoul, Korea.: 256.
- [12] Lee, S. W., Rho, J. H., and Oh, H. K.(2016). A Basic Study on the *Euryale ferox* Salisbury for Introduction in Garden Pond(focusing on the flora and vegetation). Journal of Korean Institute of Traditional Landscape Architecture, 34(1): 83-96.
- [13] <http://kostat.go.kr>
- [14] National Institute of Agriculture Science(2000). Analytical Methods for Soils and Plants.
- [15] Ministry of Environment(2013). Standard Method(water pollution).
- [16] Cho, K. H.(1992). Matter Production & Cycles of Nitrogen & phosphorus by Aquatic Microphytes in Lake Paldangho. Doctor's thesis, Seoul National University.
- [17] Ju, E. J. and Kim, J. G.(2009). The Analysis of Soil Seed Bank Major Wetlands in Nakdong river basin & central Korea, J. Korean Env. Res. Tech. 12(5): 77-91.
- [18] Bae, J. J., Choo, Y. S., and Song, S. D.(2003). The Patterns of Inorganic Cation, Nitrogen and Phosphorus of Plants in Moojechi Moor on Mt. Jeongjok. Journal of Ecology and Environment, 26(3): 109-114.
- [19] Kim, H. Q.(1998). (A) the Criteria of Planting Substrate for Hydrophytes in Creating Man-made Wet-land. Master's thesis. Seoul National University.
- [20] Son, J. K.(2013). The Study on the Environment Factors Affecting Biodiversity at Pond Wetland in Rural Area. Doctor's thesis. Dankook University.
- [21] Lee, J. H., Moon, S. G., and Jang, H. D.(2006). A Study of Ecological for *Euryale ferox* Salisbury Conservation. Proceedings of Environmental Science International, 15(1): 446-447.
- [22] Griblt, B., and E. Kristensen.(2003). Benthic Metabolism and Sulfur Cycling along and Inundation in a Tidal *Spartina anglica* Salt Marsh. Limnol. Oceanogr., 48(6): 2151-2162.
- [23] Kim, S. H.(2007). Anaerobic Mineralization of Organic Matter and Pathway at Ganghwa Intertidal Flat and Sihwa Constructed Wet Land. Master's thesis. Inha University.
- [24] Holmer M., B. Gribshot, and E. Kristensen.(2002). Effects of Sea Level Rise on Growth of *Spartina anglica* and Oxygen Dynamics in Rhizosphere and Saltmarsh Sediments, Mar. Ecol. Prog. Ser., 225: 197-204.
- [25] Aller, R. C.(1994). Bioturbation and Remineralization of Sedimentary Organic Matter: Effects of Redox Oscillation, Chemical Geology, 114: 331-345.
- [26] Choi, K. S., Kim, H. J., Kim, D. S., and Cho, K. H.(2013). Primary Production and Litter Decompositon of Macrophytes in the Sihwa Constructed Wetlands. Journal of Wetland Research, 15(3): 347-356.
- [27] Choi, S. M.(2003). A Study on the Nutrient Removal Capacity of Nitrogen and Phosphorus of Waterways Soil using of *Salix Gracilistyla* and *Iris psedoacorus*. Master's thesis. Chonbuk National University.
- [28] Lee, Y. Y.(2004). Study on the Removal of Nitrogen Phosphorus using Aquatic Plant. Master's thesis. Chonbuk National University.
- [29] Seo, B. S. and Park, J. M.(2005). Removal Effect of Nitrogen and Phosphorus of *Acorus cazamus* var. *angustatus* oil Its Growth Stage and Water-Storage Time. Korea journal of Environment and Ecology, 19(1): 1-8.
- [30] Lee, C. H., Yoo, B. R., and Hwang, J. K.(2006). Effects of Temperature, Priming and Seed Coating Treatment on Seed Germination of *Euryale Ferox* Salisb. Flower Research Journal, 14(2): 111-115.
- [31] Yu, Y. H. and Kim, H. R.(2010). Key Factors Causing the *Euryale ferox* Endangered Hydrophyte in Korea and Management Strategies for Conservation. Journal of Wetland Society, 12(2): 49-56.
- [32] Chae, J. C., Park, S. J., Kang, B. H., and Kim, S. H.(2016). Principles of Crop Cultivation. Hyangmunsa Press. Seoul. p.133.

원 고 접 수 일: 2016년 05월 16일
 심 사 일: 2016년 06월 02일 (1차)
 : 2016년 09월 12일 (2차)
 계 재 확 정 일: 2016년 09월 21일
 3인 익명 심사필, 1인 영문 abstract 교정필