

Research Article

Open Access

우리나라에서 휴경기간에 따른 묵논의 군락분류 및 특성

심인수,¹ 김종봉,¹ 조광진^{2*}

¹대구가톨릭대학교 의생명과학과, ²농촌진흥청 국립농업과학원

Syntaxonomical Characteristics of Abandoned Paddy Fields by Seral Stages in South Korea

In-Su Shim,¹ Hong-Bong Kim,¹ Kwang-jin Cho^{2*} (¹Dept. of Biomedical Science, Catholic University of Daegu, Daegu, 712-702, ²National Academy of Agricultural Science, RDA, Suwon, 441-707, Korea)

Received: 27 July 2013 / Revised: 2 September 2013 / Accepted: 7 September 2013

© 2013 The Korean Society of Environmental Agriculture

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Abstract

BACKGROUND: As a result of rural exodus, aging of rural population, development of high-yield rice varieties and so on, abandoned paddy fields of South Korea have generally increased. The phytosociological studies are needed to recommend the effective vegetation management methods of abandoned paddy fields. The current study performed an analysis of vegetation characteristics by classifying plant communities for abandoned paddy fields in South Korea.

METHODS AND RESULTS: A comparative analysis of syntaxonomy, synecology, and syndynamics was performed by using the Z.-M. method of phytosociology and vegetation survey which was obtained from an enumeration district of total 203 phytosociological relevés of 5 regions in Gangwon-do, 5 regions in Gyeonggi-do, 2 regions in Chungcheong-do, 18 regions in Gyeongsang-do, and 10 regions in Jeolla-do. *Alopecurus aequalis* community, *Juncus effusus* var. *decipiens* community and *Salix koreensis* community were, respectively, identified as successional plant communities of the early stage, the middle stage, and the late stage in the vegetation of

abandoned paddy field. Sere of abandoned paddy field can be classified, developmentally, into annual plant stage, perennial plant stage, shrub plant stage, and forest tree stage. Several kinds of dominant species rather than a distinct species were found in the middle stage of abandoned paddy field.

CONCLUSION(S): In this study, changing pattern in vegetational communities of abandoned paddy field were understood. These results will provide important information for restoring and conserving the ecology of fallow ground.

Key Words: Abandoned paddy fields, Successional plant community, Vegetation characteristic

서론

묵논(abandoned paddy field)은 오래 내버려 두어 거칠어진 밭을 묵밭으로 정의한 데 대한 대비 개념으로 사회·경제적 여건으로 인하여 의도적 또는 일시적으로 휴경상태에 있거나 경작을 포기한 논을 일컫는다(Gu, 2003). 우리나라는 쌀을 주식으로 하고 있으나 농경기술의 발달과 대체 주식원이 풍부한 현대에는 쌀 공급량이 필요량을 초과하고 있어 생산부가가치의 저하와 농경인구의 이동화 등의 농촌 생산환경의 변화로 인해 논생태계의 생산활동이 위축되고 있다. 또한 논은

*교신저자(Corresponding author)

Phone: +82-31-290-0234; Fax: +82-31-290-0206;

E-mail: 4233125@hanmail.net

도시지역 내 개발 여건이 포화되어 아직 미개발지로 남아 있는 농촌지역으로 도시화가 확장되는 과정에서 도로의 개설, 산업시설의 설치, 문화시설의 확충 등 다양한 개발 활동으로 경작지의 타용도 전환이 빈번하게 이루어지고 있는 실정이다. 농지를 휴경하는 주된 이유는 노동력부족, 영농조건 불량, 부채지주 소유 등이었으며, 각종 개발 사업으로 인한 형질변경도 주된 원인이 되고 있다(KREI Report, 2005).

목논은 담수기능을 오랫동안 유지하다가 경작을 중단한 이후에도 지속적으로 물을 저장하거나 빈번한 유입과 배수에 따라 자연스럽게 습지화가 진행되며, 습지화 된 목논은 이러한 새로운 환경을 기반으로 다양한 식물군락의 발달과정을 거치게 된다. 목논의 식생천이모델은 천이 초기단계인 경작식생 조건일 때는 주기적이거나 비주기적인 교란에 노출된 불안정한 상태의 습생조건으로 진행되며, 휴경초기 초본식생위주의 식생에서 초본류와 관목류가 혼재된 휴경중기 식생을 거쳐 최종적으로 교목 등 목본위주의 후기식생으로 발달한다. Lee 등(2002)은 경작중인 논, 휴경 후 3년(초기목논), 7년(중기목논), 10년(후기목논) 및 목논에 인접한 계곡림(극상림)의 5단계로 구분하고 각 단계별 천이계열은 뚝새풀군락→사마귀풀군락→갯버들군락→오리나무군락의 순서로 나타나는 것으로 보고하고 있다.

목논식생에 대한 연구는 주로 재경작을 목적으로 하는 목논의 잡초 방제 연구에 치중되었는데 주로 5년 이하의 초중기 목논에 대하여 토양환경에 미치는 영향 등 체조 및 관리 방법을 모색하기 위한 연구가 주류를 이루어 왔다(Lee *et al.*, 2005, Lee *et al.*, 2006, Kuk *et al.*, 2002, Han *et al.*, 1998, Kang *et al.*, 2005, Oh *et al.*, 2010). 하지만, 우리나라 전역의 기후적, 지역적인 특성을 고려한 목논의 식물군락에 대한 연구는 아직 이루어진 바가 없다. 따라서 본 연구의 목적은 우리나라 전역에서 휴경상태의 목논을 대상으로 식물군락의 분류를 통하여 목논의 식생형 및 군락구조, 군락형태, 군락생태, 군락동태 등을 분석하고, 시기별, 지역별 천이에 대한 식생변화 양상을 파악하는데 있다.

재료 및 방법

연구대상지역은 북위 34°49' - 37°74', 동경 126°42' - 129°27'의 범위로 강원·경기 5개 권역, 충청남·북도 2개 권역, 경상남·북도 18개 권역, 전라남·북도 10개 권역 등 총 35개 권역의 목논을 대상으로 총 203개의 방형구를 조사하였다(Fig. 1).

현지식생조사는 식물의 생활환 및 계절성, 생육상태 등을 고려하여 2009년부터 2012년까지 5월-10월중에 이루어졌으며, 휴경기간에 따라 초기, 중기, 후기로 세분하여 조사하였다. 해당 목논의 휴경연령은 해당지역의 주민을 대상으로 직접 탐문하여 확인하거나 구글어스 및 국내 위성지도(다음지도 및 네이버지도)의 연차별 위성촬영시기 분석, 목본식물 등 다년생 식물의 성장 단계, 해당지역 개발사업의 시행시기 확인 등으로 추정하였다. 휴경연령의 구분은 휴경초기-5년 미만

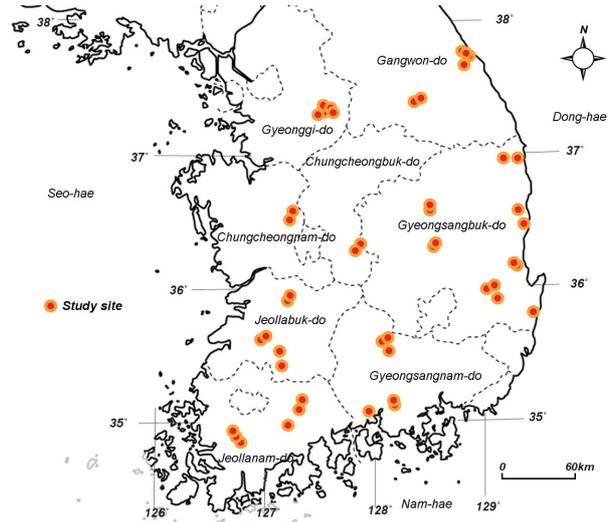


Fig. 1. Map of the study sites in South Korea.

까지를 초기목논, 휴경 후 5년부터 10년 미만까지를 중기목논, 그리고 10년 이상의 목논을 후기목논으로 구분하였다. 휴경 연령의 구분은 휴경 후 3년째 목논을 초기, 7년째 목논을 중기, 10년째 목논을 후기로 구분한 연구가 있으나(Lee *et al.*, 2002), 삼림 내 목논에서 휴경 후 5년까지는 초기 출현종의 중요치가 높으며, 휴경 후 9년 이후부터 목본류의 중요치가 증가한다는 보고를 고려하여 단계별 기간을 설정하였다.

식생조사는 식물사회의 종조성을 강조하는 Zürich-Montpellier School(Z.-M. 학파)의 전통적 식생단위 추출방법에 의해 수행되었으며, 균질한 지소를 선택하여 관찰 가능한 모든 환경요소(위도, 경도, 해발고도, 사면방위, 사면경사, 조사구 면적, 식피율, 인접식생형)를 기록하였다. 조사구 내의 식물종은 9계급의 변환통합우점도(combined cover degree; Westhoff and van der Maarel, 1973)로 기록하였다.

식생단위의 추출은 Z.-M. 학파의 전통적 분류방법(classical handsorting method; Becking 1957, Braun-Blanquet 1964)과 수치통계적 분류방법(numerical syntaxonomy)을 동시에 고려한 통합분류 방법(hybrid sorting method)을 이용하였다. 또한 컴퓨터프로그램(Ms-Excel, 한컴오피스)을 이용하여 식생자료를 모듈화 하였으며, 일차적인 상관식생형별 모듈화 과정을 거친 후, 각 식물의 우점도 및 상재도(constancy degree : $CD(\%) = (ni/N) 100$; N은 전체조사구 수, ni는 i종이 출현한 조사구 수) 등급(I: 20% 이하, II: 21-40%, III: 41-60%, IV: 61-80%, V: 81-100%)에 따라 군락표를 완성하였다. 식물명은 국립수목원의 국가표준식물목록을 활용하였다.

결과 및 고찰

목논을 연령별로 초기, 중기, 후기로 구분하여 강원·경기 5개 권역에서 33개, 충청남·북 2개 권역에서 9개, 전라남·북 10개 권역에서 53개, 경상남·북 18개 권역에서 108개 등

Table 1. Synthetic table of abandoned paddy field communities (value : constancy degree (combined cover degree Min.-Max.))

Seral stage Running No. No. of relevé Average No. species Sum No. species Mean coverage(%)	Early stage				Middle stage				Late stage	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Differential species :										
<i>Alopecurus aequalis</i> 뚝새풀	V(6-9)	II(1-8)		I(3)	II(2-6)	II(2-6)	I(2-3)	II(2-6)	I(4)	II(3)
<i>Stellaria alsine</i> var. <i>undulata</i> 벼룩나물	III(2-7)	I(5)	I(5)	I(3)	I(3)	I(3-5)	I(5)	I(3-5)	I(2)	
<i>Bidens frondosa</i> 미국가막사리	II(1-4)	V(4-7)	I(1)	II(3-6)	I(3)	I(5-7)	I(5)	I(5-7)		
<i>Digitaria ciliaris</i> 바랭이		I(3)	V(4-8)	IV(2-6)			I(4)	I(3)		
<i>Persicaria longiseta</i> 개여뀌	I(1-7)	I(6)	IV(1-6)	II(4-6)	I(5-7)	I(5)				
<i>Echinochloa crusgalli</i> var. <i>crusgalli</i> 돌피	I(2)		III(4-6)	I(5)						
<i>Cyperus iria</i> 참방동사니	I(2)	II(3-5)	II(2-6)		I(4)	I(4)				
<i>Fimbristylis miliacea</i> 바람하늘지기	I(3)	I(8)	II(1-4)	III(4-8)						
<i>Cyperus difformis</i> 알방동사니			I(2)	II(3-6)						
<i>Juncus effusus</i> var. <i>decipiens</i> 골풀	II(2-9)	III(5-9)			V(6-9)	III(3-9)	III(3-8)	III(2-9)	II(2-7)	II(4)
<i>Persicaria thunbergii</i> 고마리	I(1-9)	II(6-7)	II(5-7)	I(3)	IV(2-8)	V(6-9)	II(3-8)	IV(3-8)	III(2-9)	V(3-5)
<i>Phragmites communis</i> 갈대		I(3)		I(3)	I(2-9)	II(1-9)	V(6-9)	III(2-9)	III(2-9)	II(5)
<i>Equisetum arvense</i> 쇠뜨기	I(4)				III(1-6)	IV(2-8)	IV(1-9)	V(6-9)	IV(2-9)	V(3-8)
<i>Salix koreensis</i> 버드나무					II(6-9)	II(5-9)	II(1-9)	III(1-9)	V(7-9)	IV(6-7)
<i>Alnus japonica</i> 오리나무					I(1-3)	I(1)	I(1)	I(3)	I(1-5)	V(5-8)
<i>Oplismenus undulatifolius</i> var. <i>undulatifolius</i> 주름조개풀									I(7-8)	IV(2-6)
<i>Isodon inflexus</i> 산박하									I(2-3)	IV(2-5)
Companions :										
<i>Artemisia princeps</i> 쑥	I(1-3)	IV(1-6)	I(5)	III(2-5)	III(1-6)	II(2-7)	III(2-7)	III(2-7)	III(2-7)	IV(4-5)
<i>Glycine soja</i> 돌콩	I(1-7)	II(3-7)	II(2)	I(2)	III(1-5)	II(2-5)	IV(1-4)	III(2-5)	II(2-4)	II(3)
<i>Stellaria aquatica</i> 쇠별꽃	I(1)	II(3-4)		I(4)	I(3)	I(2-4)	I(2)	I(2)	I(2-4)	III(2)
<i>Humulus japonicus</i> 환삼덩굴	I(1-2)		II(3-4)	I(3)	I(2)	I(2)	II(1-6)	I(2-6)	II(2-9)	II(6)
<i>Oenanthe javanica</i> 미나리	II(1-7)	II(3)	I(1)	I(3)	III(3-6)	III(3-8)	III(1-6)	III(3-6)	I(4-8)	
<i>Erigeron annuus</i> 개망초	II(1-3)	I(2)			II(1-3)	II(1-6)	II(1-6)	III(1-8)	I(1-3)	II(2)
<i>Agropyron ciliare</i> 속털개밀	I(6)	I(6)	I(4)		I(1-6)	I(1-8)	I(1-2)	I(1-2)		
<i>Conyza canadensis</i> 망초	I(1-3)	I(2)	II(1-3)		I(2)	I(2)	I(2)			
<i>Salix koriyanagi</i> for. <i>koriyanagi</i> 키버들	I(1-5)	I(3)			I(2-7)	I(3)	II(1-8)	I(3-6)		
<i>Capsella bursapastoris</i> 냉이	I(1-8)		I(2)	I(1)	I(3)	I(3)		I(5)		
<i>Aneilema keisak</i> 사마귀풀	I(2-6)	II(7-8)		I(5)	I(1-4)	I(2-6)		I(6)		
<i>Miscanthus sinensis</i> var. <i>purpurascens</i> 억새		I(1)	I(2)		II(1-8)	I(1-3)	I(6-7)	I(2-3)		
<i>Lycopus lucidus</i> 헛싸리					I(1-6)	I(2-3)	I(7)	I(3-6)	I(2-5)	II(5)
<i>Rosa multiflora</i> var. <i>multiflora</i> 찔레꽃					I(2)	I(2-3)	I(2-3)	I(1-3)	III(1-6)	II(2)
<i>Salix gracilistyla</i> 갯버들	I(2)	I(3)			I(1-8)	I(1-4)	II(1-4)	II(1)	I(2-3)	
<i>Hololeion maximowiczii</i> 깨묵	I(1)		I(1)		I(2)	I(2)	I(2)	I(2)		
<i>Cardamine lyrata</i> 논냉이	I(2)	I(1)			I(1-2)	I(2)	I(1)			
<i>Ludwigia prostrata</i> 여뀌바늘	II(1-8)	I(2)			I(2-5)	I(5)	I(5)			
<i>Spiraea prunifolia</i> for. <i>simpliciflora</i> 조팝나무					I(1)	I(1)		I(1)	I(2-4)	II(2)
<i>Typha orientalis</i> 부들					II(1-8)	II(1-8)	II(1-5)	I(1-5)	I(7)	
<i>Oryza sativa</i> var. <i>sativa</i> 벼	I(1)	I(3)	II(1-4)	II(2-4)						
<i>Carex dickinsii</i> 도깨비사초	I(3)	I(3)							I(1)	II(2)
<i>Carex jaluensis</i> 참삿갓사초	I(3)	II(3-6)							I(3-7)	II(7)
<i>Salix chaenomeloides</i> 왕버들					I(1-2)	I(2)	I(1-6)	I(2-6)		
<i>Carex dispalata</i> var. <i>dispalata</i> 삿갓사초					I(1-7)	I(2-7)		I(7)	I(4-8)	
<i>Artemisia selengensis</i> 풀쭉					I(2)	I(1-2)	I(2-5)	I(2)		
<i>Pueraria lobata</i> 쑥					I(2)		I(2)	I(2)	II(1-2)	
<i>Leersia sayanuka</i> 겨풀					I(3)	I(4-7)	I(2)	I(7)		
<i>Eleocharis tetraquetra</i> 네모풀					I(5)	I(5)	I(5)	I(5)		
<i>Scirpus karuzawensis</i> 솔방울고랭이					II(1-4)	I(1-4)	II(1-4)	I(1-2)		
<i>Elymus mollis</i> 갯그렁	I(1-2)	I(1)	I(3)							
<i>Lindernia procumbens</i> 발뚱외풀	II(1-5)	II(1-5)		I(6)						
<i>Echinochloa crusgalli</i> var. <i>oryzicola</i> 물피		I(1)	III(2-6)	II(1-4)						
<i>Setaria viridis</i> var. <i>viridis</i> 강아지풀		I(2)	II(2-3)	I(3)						
<i>Robinia pseudoacacia</i> 아까시나무					I(1)	I(1)		I(2)		
<i>Beckmannia syzigachne</i> 개피					I(1)	I(1-2)		I(3)		
<i>Fallopia dumetorum</i> 닭의덩굴					I(1)	I(1-3)	I(3)			
<i>Penthorum chinense</i> 낙지다리					I(1)	I(2)	I(1)			
<i>Potentilla freyniana</i> 세잎양지꽃					I(1)		I(1)	I(1)		
<i>Typha angustifolia</i> 애기부들					I(1-3)	I(3)	I(1-2)			
<i>Ranunculus sceleratus</i> 개구리자리					I(1-6)	I(1-6)	I(1)			
<i>Phalaris arundinacea</i> 갈풀					I(1-8)		I(1-5)	I(7)		

Running No. 1 : *Alopecurus aequalis* community, 2 : *Bidens frondosa* community, 3 : *Digitaria ciliaris* community, 4 : *Cyperus iria* community, 5 : *Juncus* var. *decipiens* community, 6 : *Persicaria thunbergii* community, 7 : *Phragmites communis* community, 8 : *Equisetum arvense* community, 9 : *Salix koreensis* community, 10 : *Alnus japonica* community. For lack of space, the other species(almost accidental species) were omitted by author.

총 203개의 식생조사표(초기 62개, 중기 88개, 후기 53개)를 획득하였고 이를 활용해 군락분류를 실시하였다. 그 결과, 초기 목논에서 4개 식물군락(뚝새풀군락, 미국가막사리군락, 바랭이군락, 참방동사니군락), 중기목논에서 4개 식물군락(골풀군락, 고마리군락, 갈대군락, 쇠뜨기군락), 후기 목논에서 2개 식물군락(버드나무군락, 오리나무군락)이 구분되었다(Table 1).

초기(early stage) 목논식생

뚝새풀군락(*Alopecurus aequalis* community)

뚝새풀군락은 모내기 전까지 휴경작 상태에서 발달하는 춘계형 논외의 전형적인 일년생 호질소성 1년생 초본식물군락으로 뚝새풀의 우점과 벼류나물의 높은 상대도에 의해 특징지어진다(Kim and Nam, 1998). 본 군락은 주로 휴경 후 1-2년된 초기목논에서 8월 이전에 전 조사지역에서 매우 높은 피도로 우점하는 군락이었다(Fig. 2a). 26개 조사구에서 총 49종이 출현하였으며, 조사구 당 평균 출현종수는 6종이었다. 군락구조는 대부분 단층으로 뚝새풀이 단순우점(평균피도 91.5%)하며, 지칭개, 개망초, 개여뀌, 미국가막사리 등의 키 큰 초본식물들이 혼생하는 2층 구조도 관찰되었다. 2-3년의 천이가 진행된 지역에서는 갯버들, 키버들과 같은 관목식물의 다층구조로 발달한 경우도 있으나 상대도가 I 등급으로 매우 낮은 출현빈도를 나타내었다.

뚝새풀군락은 경작 중 추수이후에서 이듬해 모내기 전까지의 일시적 휴경기의 논이나 초기단계의 목논과 같이 논외의 형태가 거의 온전하게 유지되고 있는 천이초기단계의 목논에서 발달한다. 대체로 논이 건답화되기 전의 조건에서 발달하며 물의 양이 많은 과습한 초기목논에서는 고마리 등의 습지성 식물종에게 우점 지위를 내어주는 것으로 조사되었다. 본 군락에서는 벼류나물, 발뚝외풀 등이 높은 출현빈도를 나타내었으며, 습한 지역의 초기목논에서는 미나리도 높은 우점도를 나타내었다.

미국가막사리군락(*Bidens frondosa* community)

미국가막사리는 북아메리카 원산의 귀화식물로 각지의 논이나 구릉지의 습지에 많이 퍼져서 군락을 이루는 종이다(Fig. 2b). 미국가막사리군락은 휴경 후 1-2년까지에서 중기목논에 접어드는 5년 동안 발생하는 특이성이 있다(Kuk *et al.*, 2002). 본 연구에서는 강원지역, 경상지역, 전라지역, 충청지역 등 총 8개 조사구에서 관찰되었으며, 총 34종이 출현하였다. 조사구 당 평균 출현종수는 8종이었다. 군락구조는 평균피도 56.9%의 20-40cm 정도의 중장경 초본식물이 혼생하는 단층구조를 나타내었으며, 3년 이상의 목논에서는 갯버들 등의 관목식물의 출현으로 인해 2층 구조를 나타내기도 하였다. 미국가막사리군락은 미국가막사리, 쑥, 골풀, 미나리, 뚝새풀, 돌콩 등의 출현빈도가 높았으며, 뚝새풀군락과 같이 휴경초기에 발달하는 군락으로 휴경년차가 증가할수록 먼저 골풀 등의 다년생초본식물이 공간을 점유하고 점차 망초, 강

아지풀, 바랭이 등과 같은 밭잡초의 유입으로 이어진다(Han *et al.*, 1998).

바랭이군락(*Digitaria ciliaris* community)

바랭이는 벼과의 일년생 초본식물로 건조한 토양조건에서 주로 출현하는 종으로 우리나라의 과수원에서 우점하는 잡초이며(Park *et al.*, 2005), 목밭의 식생천이 단계의 초기목밭 단계(0-1년차)에서 여뀌류, 닭의장풀 등과 함께 우점하는 종으로 알려져 있다(Kim and Lee, 1995). 본 연구에서 분류된 바랭이군락은 경기지역, 전라지역, 경상지역, 강원지역의 목밭과 유사한 토양조건을 보이는 건조한 목논에서 발달하고 있었으며(Fig. 1c), 총 9개 조사구에서 총 35종이 출현하였고 조사구 당 평균 출현종수는 8종이었다. 바랭이군락의 구조는 평균피도 67.9%로서 대체로 중장경 초본식물이 혼생하는 단층구조이며, 군락 내에서 다른 식물종의 생육이 현저히 제한되는 경우가 많았으나 돌피, 물피 등의 벼과 식물은 비교적 높은 피도로 혼생하는 경우가 많았다. 군락 내에서 상대도는 바랭이, 개여뀌, 돌피, 물피, 참방동사니, 고마리 순으로 높았다. 본 군락의 형성입지는 주변에 밭이 인접해 있거나 도로공사 등이 이루어지고 있어 타지역으로부터 유입된 토양의 영향을 받고 있는 곳이었다. 이로 미루어 볼 때, 바랭이군락은 밭밭 입지가 밭경작지와 같이 건조한 토양조건으로 변화하였거나, 목논 주변에 밭경작지가 인접해 있어 침입이 용이하거나, 목논에 타지역으로부터 유입된 토양의 메토종자에 의해 발달하는 것으로 판단되었다.

참방동사니군락(*Cyperus iria* community)

참방동사니군락은 투수성이 불량한 토지적 조건을 갖춘 초기목논의 여름에서 가을에 걸쳐 발달하는 군락으로 군락의 구분종으로 참방동사니, 바람하늘지기, 알방동사니 등 방동사니류의 사초과 식물종으로 알려져 있다(Kim and Nam, 1998). 본 연구에서 참방동사니군락은 과습한 초기목논에서 바람하늘지기, 알방동사니 등과 함께 출현하였으며, 건조한 지역에서는 바랭이, 미국가막사리 등과 군락을 이루고 있었다(Fig. 2c).

참방동사니군락은 총 6개 조사구에서 총 33종이 출현하였으며, 조사구 당 평균 출현종수는 9종이었다. 군락구조는 평균피도 59.3%로서 바람하늘지기, 발뚝외풀, 물달개비, 사마귀풀 등과 같은 키 낮은 식물종과 물피, 가막사리류 등의 키 큰 식물종이 혼재하는 구조를 보였다. 참방동사니군락은 목논발달의 초기 단계로 버드나무류의 목본식물의 출현은 보이지 않았다. 군락 내 상대도는 참방동사니, 바람하늘지기, 바랭이, 쑥, 개여뀌, 미국가막사리, 알방동사니 순으로 높게 나타났으며, 참방동사니군락에는 다른 초기목논 군락의 구성종들이 높은 상대도로 출현하고 있어 종조성에 따른 군락구분에 어려움이 있었다. 이러한 타식물과의 혼생양상은 초기목논 습지의 토지적 특성에 따라 군락발달의 시기적, 입지적 조건이 유사하여 발생하는 결과인 것으로 생각되었다.

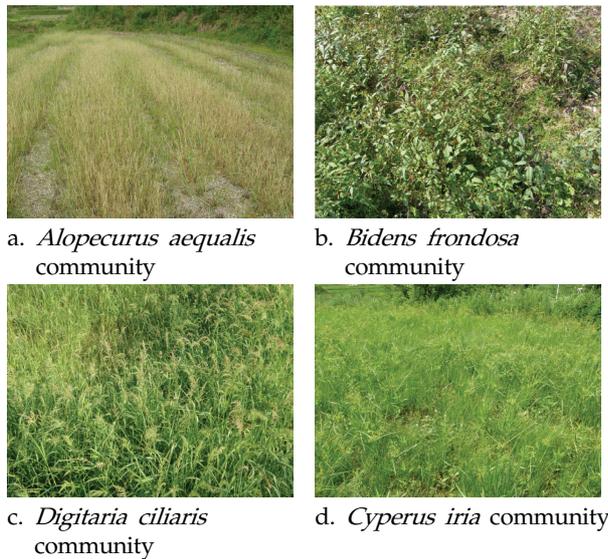


Fig. 2. Plant communities of abandoned paddy fields in the early stage.

중기(middle stage) 묵논식생

골풀군락(*Juncus effusus* var. *decepiens* community)

중기묵논의 우점종인 골풀은 골풀과의 다년생 초본식물로서, 초기묵논에서 처음 출현하여, 중기묵논에서 가장 높은 우점도를 나타내고, 후기묵논에서 우점도가 감소하는 종이다 (Lee *et al.*, 2002). 골풀군락은 다습한 논이나 농수로변과 같은 투수성이 불량한 점토질 토양의 토지와 묵논 등 인위적인 영향이 적은 지역에서 발달한다(Fig. 3a). 또한, 골풀군락은 부영양 입지에서 발달하는 미국가막사리와 혼생하기도 하고, 돌피-벼군단의 주요 진단종을 포함하기도 한다(Oh *et al.*, 2010).

본 연구에서 골풀군락은 32개 조사구에서 총 89종이 출현하였으며, 조사구 당 평균 출현종수는 10종이었다. 골풀군락은 골풀에 의해 패치형의 점 분포로 일정한 간격을 두고 군락을 이루는 것이 특징이며, 단일종이 단순우점하는 지역과 고마리, 미나리 등과 유사한 피도로 혼생하는 지역으로 구분되었다. 또한, 골풀군락은 중기에서 출현빈도가 증가하는 버드나무류의 목본식물과 다층구조를 이루기도 하였다. 골풀군락은 주기적인 담수의 순환이 이루어지는 중기묵논에서 생육하는 전형적인 식물종으로 과습 입지에서 골풀, 애기고추나물, 선버들에 의해 특징지어지며, 5년 이상 경과된 묵논 입지에서 발달하는 전형적인 식분으로 판단되었다.

고마리군락(*Persicaria thunbergii* community)

고마리군락은 애기부들 등에 비해 천이단계에서 선구식물군락에 해당한다(Oh *et al.*, 2010). 고마리는 휴경한 논이 습하고 부영양화가 심할수록 더욱 많은 개체로 큰 군락을 이루며, 생육특성상 답압이 심하지 않은 곳에 흔히 분포하고 물의 높이가 높지 않고 흐르지 않는 곳에 선구적으로 정착하였다.

또한 골풀과 마찬가지로 묵논의 초기단계에서 낮은 빈도로 출현하였다가 중기묵논에 접어들면서 우점도가 증가하였으며, 후기묵논에서 높은 우점도를 나타내었다.

고마리군락은 32개 조사구에서 총 71종이 출현하였으며, 조사구 당 평균 출현종수는 8종이었다. 고마리군락은 습한 지역에서 피도가 매우 높게 발달하여 평균출현종수 이하의 식물종과 혼생하는 경향이 있었으며(Fig. 3b), 골풀과 혼생하는 지역에서는 구성종이 12종까지 다양하게 출현하는 경향을 보였다. 고마리군락의 평균피도는 77.8%이며, 고마리, 골풀, 쇠뜨기, 미나리, 버드나무, 부들, 갈대 등이 높은 출현빈도를 나타내었다.

갈대군락(*Phragmites communis* community)

우리나라 전국 각지의 하천, 저수지, 갯벌이나 하구연 등 수변지역에서 무리지어 군락을 이루는 갈대는 온대, 한대, 아한대 지역 전반에 널리 분포하는 식물종이다. 또한, 갈대는 묵논에서 주로 척박한 환경의 4-5년 이상의 중기단계에서 발달하며, 고마리, 썩싸리 등과 함께 출현하나 갈대가 우점하는 식분에서는 단순군락으로 발달한다(Oh *et al.*, 2010).

본 연구에서 갈대군락은 18개 조사구에서 총 57종이 출현하였으며, 조사구 당 평균 출현종수는 10종이었다. 본 갈대군락에서 쇠뜨기가 높은 상대도로 출현하고 있어 구조상 키 큰 갈대와 키 작은 식물종의 2층 구조를 이루고 있으며, 버드나무류와 혼생하는 군락에서는 관목 또는 고목식물과 함께 다층구조를 이루고 있었다(Fig. 3c). 본 군락의 평균피도는 90.7%로 매우 높게 나타났으며, 갈대, 쇠뜨기, 골풀, 썩, 돌콩, 고마리, 미나리, 버드나무 등의 출현빈도가 높았다. 본 군락에서 돌콩은 줄기를 감고 오르며 성장하는 습성으로 갈대군락 내에서 비교적 높은 상대도(IV)를 나타내고 있는 것이 특징적이었다.

쇠뜨기군락(*Equisetum arvense* community)

쇠뜨기는 다년생식물로서 묵논의 식생천이계열에서 초기에는 출현빈도가 높지 않은 종이나 중기묵논을 거쳐 후기묵논으로 진행할수록 출현빈도가 증가하는 종으로 확인되었다. 즉, 묵논의 식생 천이과정에서 초기단계에서 상대도 I에서 중기단계에서 III, 후기단계에서 V를 보이다가 극상단계에서 다시 등급 I로 감소한다(Lee *et al.*, 2002).

본 연구에서 쇠뜨기군락은 17개 조사구에서 총 64종이 출현하였으며, 조사구 당 평균 출현종수는 10종이었다. 쇠뜨기는 갈대군락, 버드나무군락 등에서 높은 빈도로 혼생하는 종으로 단일구성종으로 초본층을 완전히 우점하는 경우가 많으며(Fig. 3d), 다른 구성종과 혼생하는 경우에는 피도가 낮게 나타난다. 쇠뜨기는 광조건이 좋은 지역은 물론 갈대, 버드나무류 등의 아래에서와 같이 광조건이 불리한 환경에서도 우점하는 경향성을 보였다.

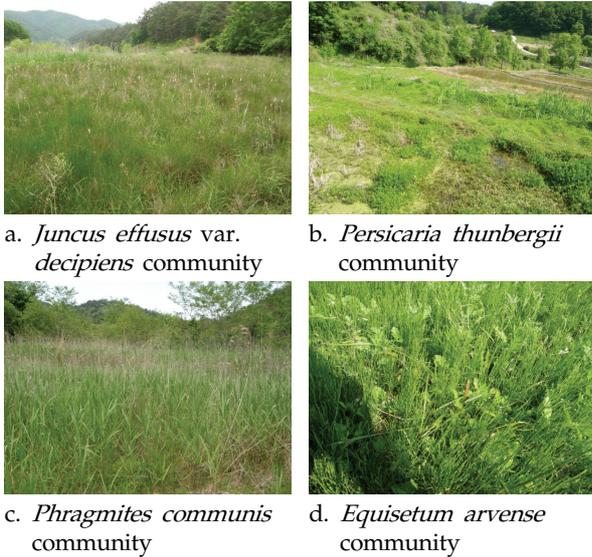


Fig. 3. Plant communities of abandoned paddy fields in the middle stage.

후기(late stage) 목논식생

버드나무군락(*Salix koreensis* community)

우리나라에 자생하는 버드나무종류는 약 35종(능수버들, 왕버들, 쪽버들, 개수양버들, 용버들, 여우버들 등)이며, 종자가 실같이 가느다란 솜에 싸여 바람에 의해 전파된다. 버드나무는 휴경 후 2-3년인 초기목논에서도 낮은 빈도로 출현하여, 중기목논에서 피도가 증가하며, 후기목논에서 우점종으로 발달한다. 버드나무군락은 습한 토양에서 전형적인 후기천이양상을 나타낸다(Kang *et al.*, 2003).

본 연구에서 버드나무군락은 27개 조사구에서 총 94종이 출현하였으며, 조사구 당 평균 출현종수는 11종이었다. 버드나무군락은 교목, 관목, 초본식물종로 이루어진 안정된 다층구조를 나타내고 있었다(Fig 4a). 본 군락은 초기목논에서 키버들, 갯버들 등 관목류의 출현으로 시작하여 중기목논에서 선버들, 버드나무 등의 교목류로의 천이과정을 거치며 군락을 발달시킨다. 버드나무군락의 평균피도는 90.1%로 버드나무, 쇠뜨기, 고마리, 갈대, 쭉, 짚레꽃, 환삼덩굴 등의 출현빈도가 높았다.

오리나무군락(*Alnus japonica* community)

오리나무는 성장속도가 빠르고 습하고 비옥한 토양에서 잘 자라며 척박한 토양에서도 잘 견디는 종으로, 우리나라 중부 이북의 산허리 아래 골짜기 또는 습기있는 곳 해발 100-1,100m 사이에서 생육한다. 오리나무군락은 후기목논과 산지 계곡에서 버드나무류와 함께 출현하며 목논의 잠재자연식생으로 천이가 진행되는 것으로 알려져 있다(Lee *et al.*, 2002). 조사지역에서 오리나무군락은 삼림지역의 계곡과 인접한 최소 20년 이상의 목논에서 확인되었는데 영덕군 영해면와 울진군 서면에서 오리나무군락지가 확인되었다(Fig. 4b).

본 연구에서 오리나무군락은 4개 조사구에서 총 39종이 출현하였으며, 조사구 당 평균 출현종수는 15종이었다. 30년 이상의 천이가 진행된 오리나무군락에서는 오리나무 이외의 종이 교목층에 거의 출현하지 않았으며, 관목층을 구성하는 종 또한 생강나무 등 소수종에 불과하였다. 초본식물종은 쇠뜨기, 고마리 등의 우점도가 높으나 산박하, 십자고사리 등 삼림 내의 종이 침입하여 생육하고 있다. 한편 10-20년 정도의 목논에서는 버드나무의 출현빈도가 오리나무에 비해 상대적으로 높게 나타나 오리나무와 후기목논 습지의 서식처를 두고 공생경쟁하고 있으나 시간이 경과함에 따라 점차 오리나무가 군락의 최우점종으로 생육발달할 것으로 판단된다. 오리나무군락에서는 오리나무, 쇠뜨기, 고마리, 버드나무, 쭉, 주름조개풀, 산박하, 생강나무, 사위질빵 등이 고빈도로 출현하였다.

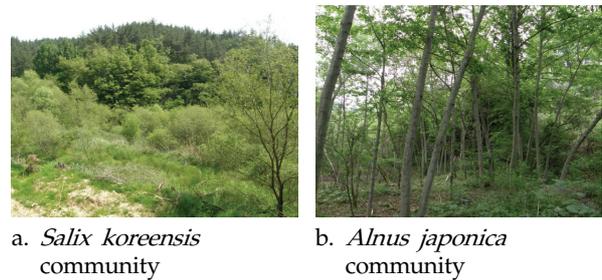


Fig. 4. Plant communities of abandoned paddy fields in the late stage.

목논식생과 천이

본 연구에서 다양한 연차별, 입지적 요인을 적용하여 식물군락 현황을 조사한 결과, 휴경후 5년까지의 초기목논은 뚝새풀군락, 5년후 10년까지의 중기목논은 골풀군락, 10년 이후의 후기목논은 버드나무군락으로 특징지어지는 것으로 나타났다. 본 연구에서 조사지역 전체 초기목논에서는 뚝새풀군락이 가장 우위를 나타내며, 미국가막사리군락, 바랭이군락, 참방동사니군락 등이 입지적 환경조건에 따라 군락을 형성하는 것으로 조사되었다. 뚝새풀군락과 미국가막사리군락은 논의 유기질성분과 질소성분이 잔재하는 휴경초기의 목논에서 발달하는 초기식물군락이며, 바랭이군락은 목밭과 같이 목논이 급속하게 건조한 토양 등으로 변화된 환경에서 특징적으로 발달하는 군락이었다. 그리고 참방동사니군락은 바람하늘지기 등과 함께 물을 충분히 함유한 목논의 초기환경에서 하절기에 우점하는 군락이었다. 이들 초기목논의 군락들은 연차가 증가할수록 다년생에게 생태적 우위를 넘겨주는 선구군락으로 평가할 수 있다. 중기목논의 골풀군락은 고마리군락과 뚜렷한 구분을 짓지 못하고 혼생하여 발달하는 경향을 보였다. 골풀과 고마리는 중기목논의 전체 조사구 88개소 중 각각 50개 조사구, 45개 조사구에서 출현하는 종으로 상재도 III(51-56%)등급을 나타내고 있었다. 이들 종의 출현시기는 초기목논에서 시작하여 중기목논에서 가장 발달하며, 후기목논에서도 높은 출현빈도를 나타내는 종으로 확인되었다. 한

편, 쇠뜨기는 중기목논과 후기목논에서 유사한 출현빈도를 나타내는 종으로 안정화가 되어가는 천이단계에서 생육조건이 맞으면 쉽게 군락으로 발달하는 종으로 판단된다. 또한 갈대 군락은 5년 이상의 중기목논에서 순군락으로 발달하였다. 후기목논은 버드나무군락이 가장 활발하게 군락을 형성하였다. 버드나무군락의 발달은 휴경상태가 장기화될수록 교란주기가 길어지고, 지하수위가 낮아질수록 강한 뿌리성장에 유리한 목본류가 우점하게 된다는 것(Lee *et al.*, 2002)과 연관이 있는 것으로 사료된다. 오리나무군락은 남한 지역의 목논 중에서 삼림과 인접하여 있어 계곡림에 가까운 환경에서 군락을 형성하였다. 오리나무군락은 일단 군락으로 안정화되면 중기목논부터 우점하였던 버드나무류를 대체하는 목본식생의 자연잠재식생으로 입지의 장기적인 건조화가 진행되는 과정에서 종국적으로 발달할 것으로 사료된다.

목본식생의 종 특성

우리나라 목논에서 가장 높은 다양성을 나타내는 과는 벼과(33종)로 나타났으며, 그외 국화과(21종), 사초과(18종), 콩과(13종), 장미과(10종), 마디풀과(9종), 버드나무과(7종)의 순으로 나타났(Table 2). 천이단계별로는 초기목논에서는 벼과(20종), 국화과(16종), 사초과(12종), 마디풀과(8종), 콩과(8종), 버드나무과(4종), 장미과(1종)의 순이었으며, 중기목논에서는 벼과(24종), 국화과(17종), 사초과(13종), 콩과(11종), 장미과(8종), 마디풀과(7종), 버드나무과(6종)의 순이었으며, 후기목논에서는 벼과(25종), 국화과(11종), 사초과(10종), 장미과(10종), 콩과(9종), 버드나무과(7종), 마디풀과(7종)의 순으로 나타났.

Table 2. Analysis of the families according to the fallow period in abandoned paddy fields

Family	Early stage	Middle stage	Late stage	Total
Compositae	16	17	11	21
Polygonaceae	8	7	7	9
Gramineae	20	24	25	33
Cyperaceae	12	13	10	18
Rosaceae	1	8	10	10
Leguminosae	8	11	9	13
Salicaceae	4	6	7	7

초기목논에서 우점하는 벼과의 식물종이 중기, 후기목논에서도 우점하는 것은 이들 종이 짧은 기간에 수많은 종자를 생산하고 오랫동안 생존력이 유지되는 종이기 때문이다(Guh, 1994). 국화과는 배수가 양호한 지역에서 우점하며, 배수가 약한 곳은 목본류가 우점하는 경향이 있는데(NIAST Report, 1997), 본 연구에서 후기목논으로 천이가 진행될수록 건답화되거나 배수가 불량해져, 국화과식물의 출현이 감소하고 버드나무류의 목본식물이 우점하게 되는 것과 일치하는 것으로

나타났다.

전체 출현종의 생활형 분류를 라운키에르 생활형 구분방식에 따라 분석한 결과, 초기목논에서는 일년생식물(Therophytes)이 가장 많은 출현을 보였으며, 반지중식물(Hemicryptophytes)이 다음으로 많이 출현하였다. 일년생식물의 경우 초기목논에서 중기-후기로 천이단계가 진행될수록 점차 출현종수가 감소하였으며, 다년생초본식물은 중기단계에서 출현종수가 증가하였다가 후기에 줄어드는 경향을 보였다. 그리고 교목(Mesophanerophyte) 및 관목(Nanophanerophytes) 식물은 초기목논에서 중기-후기로 천이단계가 진행될수록 출현종수가 증가하였다(Fig. 5). 이러한 특성은 목논의 휴경 상태가 계속됨에 따라 목논의 조건이 건답상태로 변화될 가능성이 커지기 때문에 혐기성발아식물종보다는 호기성식물종과 생육활력이 비교적 왕성한 종들이 우점하게 될 가능성이 커지기 때문이다(Kuk *et al.*, 2002). 또한 일년생식물과 다년생초본식물은 상반된 출현패턴을 나타내었다. 일년생식물은 교란된입지에 가장 먼저 침입해 발달하는 속성을 지닌 선구종이며, 이와 반대로 다년생초본식물은 천이가 진행됨에 따라 입지의 안정화로 인해 일년생식물을 대신하여 군락의 주요 구성종으로 기여하기 때문으로 생각된다.

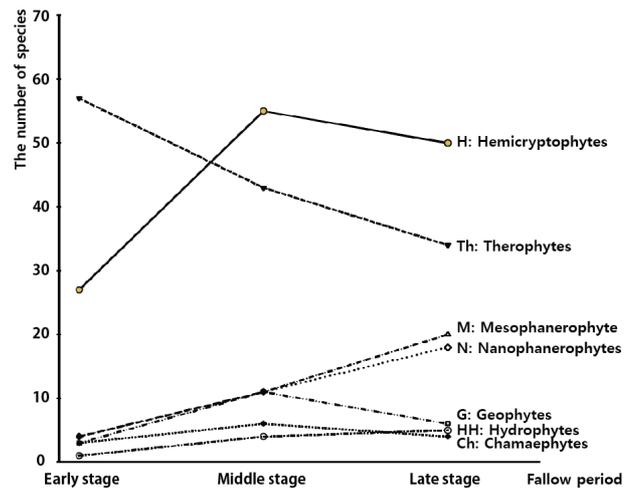


Fig. 5. The changes of Raunkiaerian life form according to the fallow period in abandoned paddy fields

요약

농촌인구의 감소와 잉여생산작물로 변화된 쌀의 수요에 대비해 최근 20-30년간 휴경논, 즉 목논이 증가하여 왔으나, 새로운 작물재배지로의 전환 또는 용도지역 변경으로 인한 형질변경이 수반되지 않는 오지의 목논은 점차 식물생태복원의 주요한 입지로 새롭게 부각되고 있다. 목논의 입지적, 수리적 여건상 목밭에 비해 식물의 천이가 활발하고, 습지로서의 기능과 다양한 생물 서식지로서의 기능 등 생태적으로 긍정적인 역할을 담당하게 될 목논은 연차별로 식물군락의 변화양상이 달라진다.

본 연구에서는 우리나라 전역에 분포하는 목논을 대상으

로 초기, 중기, 후기목논으로 구분짓고, 각 시기별 식물군락의 변화양상에 대한 식물사회학적 연구가 수행되었다. 강원·경기 5개 권역, 충청남·북 2개 권역, 경상남·북 18개 권역, 전라남·북 10개 권역 등 총 35개 권역을 대상으로 총 203개소의 조사구에서 획득한 식생조사표를 이용하여 군락분류, 군락생태, 군락동태에 대한 비교분석이 이루어졌다.

본 연구를 통해 우리나라 초기, 중기, 후기의 천이단계별 식물군락은 각각 독새풀군락, 골풀군락, 버드나무군락으로 특징지어졌으며, 삼림 내 목논 일부 지역에서 드물게 후기천이 단계에서 오리나무군락이 분포하는 것으로 확인되었다. 이러한 군락의 발달은 대기후적, 지리적 조건과 관계없이 유사한 패턴을 보였다. 목논식생의 천이단계는 일년생식물기-다년생식물기-관목식물기-교목림기로 발달해가는 천이단계로 구분할 수 있으나 중기목논에서는 단계별 우점종이 뚜렷이 구분되지 않고 여러 종이 유사한 우점도로 혼생하였다.

군락분류를 통한 우리나라의 연차별 목논의 식생특성을 분석한 결과, 새로운 생태복원모델로 관심이 높아지는 목논식생의 변화양상을 파악하였으며, 이러한 결과는 휴경지의 생태복원 및 보전을 위한 기초 자료로써 매우 유효한 정보를 제공하게 될 것으로 기대된다.

참고문헌

- Becking, R.W., 1957. The Zurich-Montpellier School of phytosociology, *Bot. Rev.* 23, 411-488.
- Braun-Blanquet, J., 1964. *Pflanzensoziologie*, p. 631, third ed. Springer, Wien-New York.
- Gu, B.H., 2003. Wetland type classification and functional assessment of an abandoned rice paddy Ja-un wetland, *J. Korean Env. Res. Tech.* 6, 65-70.
- Guh, J.O., 1994. Problems and countermeasures of naturalized weed species, *Life Agri. Pestic.* 15(5), 26-30.
- Han, S.U., Chung, G.C., Chon, S.U., Lee, H.J. Guh, J.O., 1998. Changes of physico-chemical soil properties, major soil nutrient contents, and weed vegetation in paddy fields during fallow, *Korean J. Environ. Agric.* 17, 211-214.
- Kang, B.H., Shim, S.I., Ma, K.H., 2003. Floristic composition of plant community in set-aside fields with regard to seral stages, *Korean J. Environ. Agric.* 22, 53-59.
- Kang, J.G., Im, I.B., Kim S., Kim, B.S., Lee, S.B., Kim, J.D., 2005. Yearly changes in vegetation in fallow paddy fields, *Kor. J. Weed Sci.* 25, 137-141.
- Kim, J.W., Nam, H.K., 1998. Syntaxonomical and synecological characteristics of rice field vegetation, *Korean J. Ecol.* 21, 203-215.
- Kim, J.H., Lee, K.S., 1995. Seral changes in floristic composition during abandoned field succession after shifting cultivation, *Korean J. Ecol.* 18, 275-283.
- Kuk, Y.I., Park, T.D., Kwon, O.D., 2002. Changes of ecological traits of weed species as affected by fallow period in paddy fields, *Kor. J. Weed Sci.* 22, 137-146.
- Lee, C.S., You, Y.H., Robinson, G.R., 2002. Secondary succession and natural habitat restoration in abandoned rice fields of Central Korea, *Res. Ecol.* 10, 306-314.
- Lee, I.Y., Kwon, O.S., Park, J.E., Lee, Y.K., Park, N.I., Ji, S.H., Lim, E.S., 2005. Weed management of fallow land and paddy-upland rotation on rice fields, *Kor. J. Weed Sci.* 25, 87-89.
- Lee, I.Y., Park, N.I., Kwon, O.S., Park, J.H., Lee, Y.K., Ji, S.H., Lim, E.S., Park, J.E., 2006. Fallow land and method of weed control in rice paddy field converted from fallow land, *Kor. J. Weed Sci.* 26, 108-114.
- Oh, Y.J., Lee, B.M., Sohn, S.I., Lee, Y.K., Nam, H.S., Lee, S.B., Kang, C.K., Jee, H.J., 2010. Vegetation types and soil environment as affected by fallow paddy, *Kor. J. Weed Sci.* 30, 405-411.
- Park, J.E., Lee, I.Y., Oh, S.M., Park, T.S., Kim, C.S., Moon, B.C., Cho, J.R., Lim, S.T., Im, I.B., Kang, J.G., Kim, S., Hwang, J.B., Song, S.B., Ji, S.H., Kang, D.S., Chung, K.R., 2005. Characteristics of weed flora and weed community on orchard field in the Korea, *Kor. J. Weed Sci.* 25, 267-274.
- Westhoff, V., van der Maarel, E., 1973. The Braun-Blanquet approach, in: Whittaker, R.H. (Eds.), *Ordination and classification of communities*, Dr. W Junk by publisher, Hague, Boston, London, pp. 167-726.