

공단지역에 우점하고 있는 덩굴식물류의 식생변화

박은희 · 김종갑*¹ · 이정환 · 조현서² · 민재기³

경상대학교 농업생명과학연구원, ¹경상대학교 산림과학부,
²진주산업대학교 산림자원학과, ³상주대학교 산림환경자원학과

적 요: 우리나라 공업단지 중 화학비료를 생산하고 있는 온산공단주변의 해송림이 쇠퇴된 이후 그곳에 덩굴식물류의 우점현상을 평가하기 위하여 식생조사를 실시하였다. 하층식생에 덩굴식물류의 중요치는 청미래덩굴(*Smilax china*)이 13.2로 가장 높았으며, 인동(*Lonicera japonica*)이 11.7, 계요등(*Paederia scandens*) 11.5, 땀땀이덩굴(*Cocculus trilobus*)이 7.7의 순으로 높아 대기오염으로 인한 생태계 훼손지역의 1차 식생으로 나타남을 알 수 있었다. 각 조사지별 목본류의 종수와 종다양도, 최대종다양도, 균재도, 우점도를 층위별로 나타낸 결과 상층, 중층 식생에서는 종수, 종다양도, 최대종다양도, 균재도, 우점도가 산림지역이 공단지역보다 높게 나타나 공단 주변 식생의 단순함을 보였으며, 하층 식생에서는 공단지역이 산림지역보다 높게 나타났는데 이는 덩굴식물이 차지하고 있는 비율이 높은 것이 원인인 것 같다. 초본류 조사에서는 총 59종이 출현하였으며, 고사리, 기름새, 닭의장풀, 미국자리공, 명석딸기, 억새, 실새풀 등에서 중요치가 높아 대기오염지역의 우점종으로 나타났으며, 종수, 종다양도, 최대종다양도, 균재도, 우점도에서는 지역간의 구분이 뚜렷하게 나타나지는 않았지만 공단지역이 산림지역보다는 덩굴식물의 분포가 높게 나타났다. 이는 인접한 경기화학의 영향으로 상층식생의 쇠퇴에 따른 광조건에 의하여 열대성 식물인 덩굴식물이 우점종으로 나타나 생태계의 교란으로 인한 사막화 현상에 응용할 수 있을 것으로 생각된다.

검색어: 대기오염, 덩굴식물, 온산공단, 중요치

서 론

덩굴식물(Liana, Vine)은 열대다우림의 특징을 가진 온대지역에 속하는, 생장속도가 빠르며 기공이 크고 밀도가 높은 식물로서(Putz, 1983), 용재 생산이나 유실수 조림지에서는 잡목으로 제벌의 대상이 되지만 암석지나 절개지, 각종 국토 손상지에는 좋은 피복녹화식물로 이용되며, 원생자연보존지(Wilderness)와 야생동물 보육지에서는 유용한 먹이 식물(food and foriages)로서 활용되고 있다(Putz, 1984).

김(1992)은 온산공단 주변의 대기오염이 삼림식생에 미치는 영향에서 해송을 중심으로 대기오염에 내성이 강한 수종 및 공단 주변의 토양 산성화의 심각성을 규명하였다. 김(1994)은 대기오염 물질이 공단 주변의 해송림에 미치는 가시적인 피해뿐만 아니라 엽록소, 무기성분의 감소현상 및 초본류와 목본류의 식생구조의 변화가 예상되어 대기오염에 대한 대책이 강구되어야 한다고 보고하였다. 김(1982) 등은 울산공단에서 오염원을 중심으로 거리별 산림식생의 오염에 의한 생태적 변화를 조사한 결과, 국소 오염원에 인접한 일부 산림에서는 환경오염에 의한 산성 토양에 내성이 강한 수종만이 생육할 정도로 피해가 심했음을 보고하였다. 또, 울산과 온산 지역의 녹지자연도, 식물

상, 현재식생, 잠재식생 및 식생의 변화에 대한 연구(강 1986)와 온산공단을 중심으로 오염물질 현황과 식물 군집 구조(한 등 1989)에 관한 보고가 있다.

이처럼 대기오염 물질에 의한 식물이나 산림 생태계의 패해에 대한 연구는 주로 공단 지역을 중심으로 활발한 연구가 수행되고 있지만, 생태계의 교란에 의한 사막화 현상에 대한 대책은 전무한 상태이다.

따라서, 본 연구는 기존에 해송림이 생육하고 있는 지역(김 1992)이 쇠퇴되어 상층식생이 없는 지역으로 10년이 지난 후 하층식생에 우점 현상을 보이고 있는 덩굴식물류의 생육 환경에 대하여 조사하였다. 이것을 기존의 산림식생과 비교함으로써 앞으로의 공단지역의 산림식생 변화를 예측할 수 있으며, 토양의 황폐화에 따른 대체식물 개발에 대한 기초자료를 제공하고자 한다.

재료 및 방법

조사지 개황

울산광역시 온산공단은 1980년 초부터 공장이 가동되기 시작하여 현재는 70여개의 큰 공장들이 가동 중인데 이들은 비료화학, 동 및 아연 제련소, 펄프제지, 정유 및 석유화학 공업단지가 주를 이루고 있는 우리나라 최대의 석유화학 공업단지이다.

* Corresponding author; Phone: 82-55-751-5492, e-mail: jkabk@nongae.gsnu.ac.kr

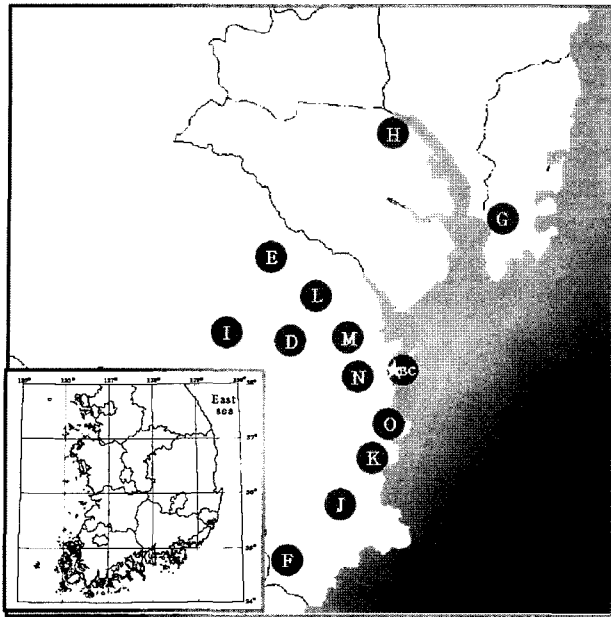


Fig. 1. The locations map of sampling sites. A : Kyunggi Chemical Co., Ltd, B : Kyunggi Chemical Co., Ltd, C : Kyunggi Chemical Co., Ltd, D : Mt. Oh, E : Mt. Dolbak, F : Mt. Taebong, G : Mt. Yeumpo, H : Mt. Docchil, I : Mt. Naego, J : Mt. Yonggok, K : Mt. Bonghwa, L : Mt. Geonam, M : Pungsan Metal Co., Ltd, N : Mt. Daeduk, O : Donghae Pulp Co., Ltd.

최근 이 지역은 SO_x, NO_x 등과 같은 1차 대기오염물질이 햇빛과 반응하여 2차 대기오염물질인 O₃, PAN, H₂O₂와 같은 광화학 산화물에 의한 산성화로 인하여 산림생태계에 많은 영향을 미치고 있는 곳이다.

본 조사지는 울산광역시 온산 공단 주변의 산림을 중심으로 총 15개 조사지를 선정하여 산림식생조사를 실시하였다.

조사방법

1. 목본류

경기화학에 인접한 산림지에서 상층식생이 없는 지역(A), 상층식생이 쇠퇴되고 있는 지역(B), 상층식생이 우점하고 있는 지역(C) 등 3개 조사구로 구분하였으며, 경기화학을 기점으로 1km, 3km, 5km, 7km 지점으로 구분하여 온산공단주변 전체에서 15개의 조사구를 선정하였다(Fig. 1).

한 조사지에서 각각 3개의 소 조사구로 총 45개의 소 조사구(15조사지 × 3조사구)를 설정하였으며, 표본추출방법은 상, 중층의 경우 10 × 10m, 하층식생은 5 × 5m의 방형구로 한 중첩법(Nested quadrat method)을 적용하였고, 수고 6m 이상의 수목군을 상층, 2m 이하의 수목군을 하층, 상층과 하층 사이의 수목군을 중층으로 하였으며, 덩굴식물은 하층식생에 포함시켜 피도로 분석하였다.

산림식생 구조분석을 위하여 소 조사구별로 상, 중층은 흉고

직경에 의한 기저면적을, 하층은 수관폭을 측정하여 수종별로 밀도와 빈도를 계산하였으며, 피도는 Braun-Blanquet(1932)의 피도-우점도 계급에 따라 식물의 종별 피도를 기록하였다. 그리고 각 조사구별로 구한 중요치를 이용하여 Shannon-Wiener의 종다양도지수, 최대종다양도지수, 균제도 및 우점도를 다음과 같은 식으로 각각 산정하였다(Curtis and McIntosh 1951, 이 등 1996).

- 중요치(Importance Value) : 상대밀도(R.D)+상대피도(R.C)+상대빈도(R.F) = 300/3
- 다양도지수(H') : $H' = (N \log N - \sum ni \log ni) / N$
N = total importance value
ni = importance value of *i*th species
- 최대다양도지수(Maximum H') : $H'_{max} = \log S$
S = number of species
- 균제도(Evenness) : $J' = H' / H'_{max}$.
- 우점도(Dominance) : $1 - J'$
- 군집유사도지수(CCs) = $2C / (S_1 + S_2)$
CCs = Sørensen community similarity index

2. 초본류

초본류의 분석은 상층식생 45개 조사지에서 소 조사구를 2개씩으로 한 총 90개(45조사지 × 2조사구)의 조사구를 설정하였으며, 각 조사구는 1m × 1m의 크기로 하여 출현종, 밀도, 피도, 빈도 등을 구하였으며, 이를 기초로 초본의 중요치를 구하였다.

초본층을 대상으로 한 중요치도 목본층의 계산식과 동일한 방법으로 하였다.

결과 및 고찰

온산공단 주변 15개 조사지에 대한 상층의 중요치를 분석한 결과(Table 1), 총 출현 종수는 13종으로 나타났으며, 경기화학 A지역은 과거 상층에 해송이 우점하고 있었지만, 지금은 대기오염에 의해 쇠퇴되어 나지화 된 지역이다. 경기화학 B지역과 경기화학 C지역은 상층에는 해송 1종이 출현하였으며, 온산(D)지역은 해송, 밤나무, 소나무, 아까시나무 등 4종이 출현하였고, 돌박산(E)지역은 해송, 소나무, 밤나무 등 3종이 출현하였다. 태봉산(F)지역은 해송과 소나무 2종이 출현하였으며, 염포산(G)지역은 해송, 사방오리나무, 리기다소나무, 소나무, 떡갈나무 등 5종이 출현하였고, 뚝질산(H)지역은 해송과 아까시나무 2종이 출현하여 산림지역이지만, 상층목의 단순함이 나타났다. 내고산(I)지역은 소나무, 해송, 굴참나무, 떡갈나무, 아까시나무 등 5종이 출현하였으며, 용곡산(J)지역은 해송, 소나무, 졸참나무 등 3종이 출현하였고, 봉화산(K)지역은 아까시나무, 해송, 소나무, 떡갈나무, 물박달나무 등 5종이 출현하였다. 거남산(L)지역은 해송, 박달나무, 소나무, 밤나무 등 4종이 출현하였으며, 대덕산(M)지역은 해송과 떡갈나무, 풍산금속(N)지역은 해송, 상수리나무, 신갈나무, 박달나무, 아까시나무, 밤나무, 떡갈나무 등 7종으로 가장

Table 1. Importance values of forest vegetation on upperstory at the investigated sites

Scientific name	Korea name	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
<i>Pinus thunbergii</i>	해송	-	100	100	66.3	82.9	78.6	33.5	43.3	22.9	75.8	24.4	41.2	86.8	36.8	73.0
<i>Pinus densiflora</i>	소나무	-			10.3	8.7	21.4	7.4		42.4	12.6	19.1	11.6			
<i>Quercus variabilis</i>	굴참나무	-								21.5						
<i>Quercus dentata</i>	떡갈나무	-						6.4		7.8		13.5		13.2	5.3	
<i>Pinus rigida</i>	리기다소나무	-						7.5								
<i>Betula davurica</i>	물박달나무	-										10.6				
<i>Betula schmidtii</i>	박달나무	-											39.2		6.0	
<i>Castanea crenata</i>	밤나무	-			16.5	8.4							7.5		5.4	
<i>Quercus acutissima</i>	상수리나무	-													33.4	
<i>Quercus mongolica</i>	신갈나무	-													6.9	
<i>Robinia pseudo-acacia</i>	아까시나무	-			6.9				56.7	5.3		32.5			6.0	
<i>Alnus firma</i>	사방오리나무	-						19.9								
<i>Quercus serrata</i>	졸참나무	-										11.5				27.0
Total		-	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

많이 출현하였고, 동해필프(O)지역은 해송과 사방오리나무 2종이 출현하여 가장 적은 빈도를 나타내고 있다. 조사지별 상층 수종의 출현종은 2~7종류로 나타나 상층 수종의 출현이 아주 빈약하였지만, 10년 전의 상층식생(김 1992)과 비교해 보면 활엽수인 졸참나무, 떡갈나무, 굴참나무 등의 출현이 높게 나타나 앞으로의 식생변화의 추이를 예측할 수 있다.

뚝질산(H)지역과 봉화산(K)지역에서는 아까시나무의 중요치가 높았으며, 대덕산(N)지역에서는 상수리나무의 중요치가 높게 나타났고, 그 외의 지역에서는 해송의 중요치가 높게 나타나 다른 수종에 비해 공단지역에서의 내성이 강한 수종으로 나타났다. 여천공단 인접지역의 상층에도 사방오리나무와 아까시나무가 출현율이 높게 나타나(김 1992), 이들 수종이 내성이 강한 것으로 사료되었다.

온산공단 주변의 중층의 15개 조사지에 대한 중요치를 분석한 결과(Table 2), 총 출현 종수는 30종으로 경기화학(A)지역은 과거 상층에 해송이 우점하고 있었지만, 지금은 대기오염에 의해 쇠퇴되어 나지화된 지역이다. 경기화학(B)지역은 졸참나무, 해송, 노린재나무 등 3종, 동해필프지역은 때죽나무, 두릅나무, 검양옻나무 등 3종으로 출현종이 가장 낮았으며, 염포산(G)지역은 졸참나무, 해송, 떡갈나무 등 12종이 출현하여 출현종이 가장 많았다. 경기화학b(B), 오산(D)지역, 염포산(G), 용곡산(J), 봉화산(K), 대덕산(N)지역에서 졸참나무의 중요치가 높았으며, 태봉산(F), 거남산(L), 풍산금속(M)지역에서는 개울나무, 경기화학c(C)과 뚝질산(H)지역에서는 노린재나무, 거남산(L)과 동해필프(O)지역에서는 때죽나무, 돌박산(E)지역에서는 산철쭉의 중요치

가 높은 값을 나타내었다. 해송은 상, 중층에서 모두 중요치가 높게 나타났으며, 중층에서는 개울나무, 때죽나무, 졸참나무의 중요치가 높게 나타나 대기오염지역의 내성이 강한 수종으로 나타났다. 이는 여천공단 주변지역의 식생조사(김 1988)에서 해송 이외에 노린재나무, 때죽나무, 개울나무가 우점한다는 연구결과와 유사한 경향으로 나타났다.

김(1992)의 연구결과에서도 참나무류는 공단주변의 조사지에서 우점치가 높았으며 특히 졸참나무는 오염원에서 가까운 지역에서 중요치가 높아 대기오염에 내성이 강함을 보고하였는데, 본 조사에서도 5개 지역(경기화학(A), 태봉산, 뚝질산, 풍산금속, 동해필프)을 제외한 모든 지역에서 출현하였으며, 또한 중요치가 높게 나타나 대기오염에 대한 내성이 강한 것으로 추정된다.

온산공단 주변의 15개 조사지에 대한 하층의 중요치를 분석한 결과(Table 3), 총 출현 수는 50종으로 경기화학(A)지역은 인동, 계요등, 땃덩이덩굴 등 12종, 경기화학(B)지역은 11종, 경기화학(C)지역은 노린재나무, 청미래덩굴, 인동 등 11종이 출현하였다. 염포산지역과 대덕산지역에서 각각 16종, 17종으로 가장 많이 출현하였으며, 뚝질산지역과 동해필프지역에서 각각 6종, 7종으로 가장 낮았다. 이는 주변지역의 대기오염원에 의한 영향으로 사료되었다.

경기화학a(A)지역에서는 인동이 가장 높은 중요치를 나타내었으며, 경기화학 b(B), 염포산(G), 대덕산(N)지역에서는 계요등, 경기화학c(C)지역에서는 청미래덩굴, 오산(D), 내고산(I), 봉화산(K)지역에서는 졸참나무가 높은 중요치를 나타내었다. 돌박산(E)에서는 청미래덩굴, 태봉산(F)지역에서는 개울나무, 뚝질산

Table 2. Importance values of forest vegetation on middlestory at the investigated sites

Scientific name	Korea name	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
<i>Pinus thunbergii</i>	해송	-	29.7	20.2	23.7	10.6		11.6		23.2	7.4	8.2				
<i>Quercus serrata</i>	졸참나무	-	45.7	20.2	29.9	11.3		28.5		33.0	43.4	38.3	7.4		47.2	
<i>Rhus trichocarpa</i>	개웃나무	-		12.3	21.3	8.4	41.4	6.4			9.5		34.8	48.8		
<i>Styrax japonica</i>	매죽나무	-			13.6						15.8	6.9	17.2	6.7	7.8	36.9
<i>Quercus dentata</i>	떡갈나무	-						9.9		10.9		7.4		6.7	20.3	
<i>Rhus succedanea</i>	검양웃나무	-														28.3
<i>Diospyros lotus</i>	고욤나무	-												18.4		
<i>Symplocos chinensis</i> var. <i>sinuata</i>	노린재나무	-	24.6	30.5					63.5	14.3						
<i>Viburnum erosum</i>	덜꿩나무	-						7.6					7.1			
<i>Diospyros kaki</i>	감나무	-							13.9							
<i>Aralia elata</i>	두릅나무	-														34.7
<i>Pinus rigida</i>	리기다소나무	-									11.3					
<i>Castanea crenata</i>	밤나무	-			11.5			6.6					20.7			
<i>Lindera erythrocarpa</i>	비목나무	-											6.4			
<i>Alnus firma</i>	사방오리	-					37.1	6.2			6.3					
<i>Euonymus japonica</i>	사철나무	-					6.7									
<i>Prunus sargentii</i>	산벚나무	-										9.1				
<i>Morus bombycis</i>	산뽕나무	-						4.9								
<i>Quercus acutissima</i>	상수리나무	-				11.7									14.7	
<i>Lindera obtusiloba</i>	생강나무	-		16.8				4.7								
<i>Pinus densiflora</i>	소나무	-				14.9	7.1			6.3						
<i>Quercus mongolica</i>	신갈나무	-						7.1								
<i>Robinia pseudo-acacia</i>	아까시나무	-							22.6			30.0		6.7	10.0	
<i>Lespedeza maximowiczii</i>	조록싸리	-								5.4						
<i>Ligustrum obtusifolium</i>	쥐똥나무	-						7.8								
<i>Rhododendron schlippenbachii</i>	산철쭉	-				37.6				6.8	6.3					
<i>Cornus controversa</i>	층층나무	-				5.5										
<i>Sorbus alnifolia</i>	팔배나무	-						3.3								
<i>Magnolia sieboldii</i>	합박꽃	-											6.4			
<i>Euonymus sachalinensis</i>	회나무	-						3.3								
Total		-	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

(H)에서는 노린재나무, 용곡산(J)지역에서는 산딸기, 거남산(L) 지역에서는 매죽나무, 풍산금속(M), 동해펄프(O)지역에서는 두릅나무의 중요치가 높게 나타났다.

대기오염은 식물의 화분생산을 줄이고 결실작용을 억제하며

종자의 발아능력을 감소시킨다는 Smith(1981)의 연구결과를 볼 때, 본 연구에서도 앞으로 상층목인 해송의 생장 및 결실불량으로 인하여 하층의 종구성이 단순해지고 지금의 우점종인 해송림이 타 수종으로 바뀔 것으로 예측되었다. 하층의 덩굴식물이

Table 3. Continued

Scientific name	Korea name	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
<i>Lespedeza cyrtobotrya</i>	참싸리				2.4		15.5				6.5					
<i>Rhododendron schlippenbachii</i>	철쭉				3.6	14.1	8.0	4.9		9.8	15.0			4	10.8	
<i>Smilax sieboldii</i>	청가시덩굴				2.5									5.7		
<i>Smilax china</i>	청미래덩굴			15.4	3.9	22.6	16.0	24.9	20.3	30.9	17.0	14.7	5.0	12.0	12.0	14.1
<i>Cornus controversa</i>	층층나무					2.8										
<i>Pueraria thunbergiana</i>	취				3.1											
<i>Celtis sinensis</i>	팽나무	5.8														
<i>Magnolia sieboldii</i>	합박꽃												3.2			
<i>Pinus thunbergii</i>	해송									3.1	5.7					
<i>Trichosanthes kirilowii</i>	하늘타리	8.0	10.1	6.3												
Total		100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
I.V of Liana		79.7	68.6	60.9	26.0	44.6	35.6	41.5	53.3	33.7	17.0	51.1	23.8	41.6	24.8	52.3

차지하는 비율은 경기화학 a, b, c지역에서 79.7, 68.6 그리고 60.9로 가장 높았으며, 산림지역인 용곡산지역에서 덩굴식물의 비율이 17.0으로 가장 낮아 공단지역에서 덩굴식물이 높은 중요치를 나타내었다. 심 등(1985)은 덩굴성 식물의 광합성 특성에 관한 연구에서 고위도로 갈수록 덩굴식물류의 분포가 적었으며, 광도가 증가함에 따라 광합성도 증가하였고, 다른 식물에 비하여 온도에 적응할 수 있는 범위가 매우 넓었다고 하였는데, 본 연구에서도 산정부분에는 덩굴식물류의 분포가 적었으며, 상층이 없는 지역의 하층에 덩굴식물이 우점하고 있는 것은 햇볕에 직접적으로 노출되어 변화하는 온도와 관계가 있는 것으로 판단된다.

15개 조사지에서 목본류의 종수와 종다양도지수, 최대다양도지수, 균재도, 우점도를 층위별로 분석한 결과는 Table 4와 같다. 상층과 중층의 종수는 공단지역에서는 비슷하게 출현하여 식생의 단순함을 알 수 있었으며, 산림지역에서는 중층의 출현 종수가 약간 높게 나타났지만, 전체 조사구에 비하여 출현 종수는 아주 빈약하였다.

일반적으로 종다양도지수는 산림군집의 다양한 속성을 간접적으로 해석하는데 도움이 되고 출현 종수가 많을수록 종간 상호작용은 다양할 것으로 이해되고 있다(Margalef, 1972).

종다양도는 상층에서 염포산(G)과 봉화산(K)지역이 높았으며, 돌박산(E)과 풍산금속(M)지역이 낮게 나타났다. 중층에서는 염포산(G)지역이 0.915로 가장 높았으며, 동해필프(O)지역이 0.225로 가장 낮게 나타났다. 하층의 경우 경기화학(B)지역이 1.067로 가장 높았으며, 동해필프(O)지역이 0.225로 가장 낮게 나타났다.

동해필프(O)지역이 전반적으로 중층과 하층에서 종다양도가 낮게 나타났는데 이는 다른 지역과는 달리 바닷가에 접하면서

경기화학과 가장 인접해 있기 때문인 것으로 생각된다.

최대종다양도는 상층에서 풍산금속(N)이 0.845로 가장 높았으며, 태봉산(F), 돛질산(H), 대덕산(M), 동해필프(O)지역이 0.301로 낮게 나타났다. 중층에서는 염포산(G)지역이 1.079로 가장 높았으며, 공단지역인 동해필프(O)지역이 0.471로 가장 낮게 나타났다. 하층에서는 대덕산(M)지역이 1.255로 가장 높았으며, 돛질산(H)지역이 0.778로 가장 낮았다.

균재도는 상층에서 경기화학b(B)지역이 0.943으로 가장 높았으며, 대덕산(M)지역에서 0.286으로 가장 낮게 나타났다. 중층에서는 경기화학c(C)지역에서 1.972로 높게 나타났으며, 동해필프(O)지역에서 0.478로 낮게 나타났다. 하층에서는 경기화학b(B)지역이 0.989로 높게 나타났으며, 봉화산(K)지역이 0.865로 가장 낮게 나타났다. Brown과 Zar(1977)에 의하면 균재도가 1에 가까운 값을 나타낼수록 종별 개체수가 균일한 상태라고 한 바 있는데, 본 연구에서는 하층에서 균재도가 1에 가까운 수치를 나타내어 출현수종의 개체수가 상층과 중층보다 균일하다는 것을 알 수 있었다.

우점도는 상층에서 대덕산(M)지역이 0.714로 가장 높았으며, 돛질산(H)지역이 0.086으로 가장 낮았다. 중층에서는 동해필프(O)지역이 0.522로 높았으며, 경기화학c(C)지역이 0.023으로 낮았다. 하층에서는 경기화학a(A)지역이 0.931로 가장 높았으며, 경기화학b(B)지역이 0.011로 가장 낮았다.

Whittaker(1965)에 의하면 우점도가 0.9 이상일 때는 1종, 0.3~0.7일 때는 2-3종, 0.3 이하일 때는 다수의 종이 우점한다고 보고한 바 있다. 종수와 종다양도, 최대종다양도에서는 산림지역인 거남산(L)지역에서 층위별로 모두 높게 나타났으며, 균재도에서는 경기화학b(B)지역이 높게 나타났다.

15개 지역의 하층의 균집유사도 지수를 분석한 결과(Table 5),

Table 4. Values of species diversity of woody plants in the investigated sites

Site	Item	No.of species			Species diversity(H')			Maximum H'(H' max.)			Evenness(J')			Dominance(1-J')		
		Up.	Md.	Un.	Up.	Md.	Un.	Up.	Md.	Un.	Up.	Md.	Un.	Up.	Md.	Un.
A				12			1.070			1.079			0.992			0.008
B	3	3	12	0.450	0.450	1.067	0.477	0.477	1.079	0.943	0.943	0.989	0.057	0.057	0.011	
C	3	5	11	0.388	0.680	1.019	0.477	0.699	1.041	0.813	0.972	0.979	0.187	0.023	0.021	
D	3	5	14	0.239	0.659	0.978	0.602	0.699	1.146	0.397	0.943	0.853	0.603	0.057	0.147	
E	3	7	13	0.137	0.550	0.992	0.477	0.845	1.114	0.287	0.651	0.890	0.713	0.349	0.110	
F	2	5	11	0.180	0.508	0.913	0.301	0.699	1.041	0.598	0.727	0.877	0.402	0.273	0.123	
G	6	12	16	0.636	0.915	1.053	0.778	1.079	1.204	0.817	0.848	0.875	0.183	0.152	0.125	
H	2	3	6	0.275	0.285	0.739	0.301	0.477	0.778	0.914	0.597	0.950	0.086	0.403	0.050	
I	5	7	11	0.576	0.683	0.908	0.699	0.845	1.041	0.824	0.808	0.872	0.176	0.192	0.128	
J	3	7	10	0.183	0.644	0.931	0.477	0.845	1.000	0.384	0.762	0.931	0.616	0.238	0.069	
K	5	6	10	0.640	0.583	0.865	0.699	0.778	1.000	0.916	0.749	0.865	0.084	0.251	0.135	
L	4	7	12	0.444	0.687	1.013	0.602	0.845	1.079	0.738	0.813	0.939	0.262	0.187	0.061	
M	2	5	17	0.086	0.299	0.997	0.301	0.699	1.230	0.286	0.428	0.810	0.714	0.572	0.190	
N	7	5	10	0.575	0.524	0.944	0.845	0.699	1.000	0.680	0.750	0.944	0.320	0.250	0.560	
O	2	3	7	0.185	0.225	0.767	0.301	0.471	0.845	0.615	0.478	0.908	0.385	0.522	0.092	

Note) Up-Upperstory, Md-Middlestory, Un-Understory.

Table 5. The comparison of similarity indices(CCs) of understory plants in 15 sites

Site	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
B	0.957													
C	0.583	0.640												
D	0.400	0.385	0.222											
E	0.480	0.462	0.296	0.571										
F	0.545	0.348	0.250	0.560	0.560									
G	0.370	0.357	0.138	0.400	0.333	0.370								
H	0.588	0.444	0.421	0.300	0.400	0.235	0.273							
I	0.364	0.348	0.167	0.480	0.560	0.636	0.444	0.353						
J	0.190	0.182	0.087	0.500	0.417	0.571	0.231	0.125	0.571					
K	0.381	0.364	0.260	0.500	0.417	0.476	0.231	0.375	0.381	0.500				
L	0.435	0.417	0.160	0.462	0.385	0.435	0.429	0.222	0.435	0.364	0.455			
M	0.286	0.345	0.267	0.581	0.452	0.357	0.485	0.435	0.429	0.296	0.370	0.552		
N	0.286	0.364	0.261	0.500	0.417	0.476	0.385	0.375	0.571	0.500	0.600	0.545	0.593	
O	0.556	0.526	0.400	0.381	0.476	0.444	0.435	0.308	0.333	0.235	0.471	0.526	0.250	0.353

Table 6. Importance values of herbaceous plants in the investigated sites

Scientific name	Korea name	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
<i>Phragmites communis</i>	갈대															4.1
<i>Rubia cordifolia</i> var. <i>pratensis</i>	갈퀴꼭두서니	6.7														
<i>Erigeron annuus</i>	개망초															4.3
<i>Rhus trichocarpa</i>	개울나무sd					13.5	11.0	5.8		12.1	8.5					
<i>Pteridium aquilinum</i> var. <i>latiusculum</i>	고사리			25.8		8.8	3.7	17.8		6.0	4.5			24.1	8.0	
<i>Stephanandra incisa</i>	국수나무sd							4.6								
<i>Quercus variabilis</i>	굴참나무sd									6.2						
<i>Spodiopogon cotulifer</i>	기름새				22.0		11.2				10.3	6.4				21.5
<i>Lysimachia barystachys</i>	까치수영				7.5	4.4					4.2		7.8			
<i>Capsella bursa-pastoris</i>	냉이															4.3
<i>Juniperus rigida</i>	노간주나무sd						3.7				8.8					
<i>Physalis wrightii</i>	노란꽃망피리															7.4
<i>Hepatica asiatica</i>	노루귀				7.7	9.1										
<i>Astilbe chinensis</i> var. <i>davidii</i>	노루오줌												7.8			
<i>Symplocos chinensis</i> var. <i>pilosa</i>	노란재나무sd					4.4			16.9					25.9		
<i>Commelina communis</i>	닭의장풀	3.3	25.8				3.7	2.9	45.8			13.1			14.9	8.8
<i>Carex siderosticta</i>	대사초			12.4					8.1	12.3	4.5		15.0			
<i>Xanthium strumarium</i>	도꼬마리															7.4
<i>Polygonatum odoratum</i> var. <i>pluriflorum</i>	등골레							8.7								
<i>Amaranthus mangostanus</i>	비름															7.4
<i>Lindera erythrocarpa</i>	비목sd							2.9		6.0	4.2					
<i>Aralia elata</i>	두릅나무sd					4.4										
<i>Styrax japonica</i>	매죽나무sd												8.1			
<i>Patrinia scabiosaefolia</i>	마타리				7.1											7.4
<i>Farfugium japonicum</i>	털머위	6.2	10.4													
<i>Rubus parvifolius</i>	명석딸기sd	10.0	38.1	39.1												
<i>Avena fatua</i>	메귀리															4.3
<i>Impatiens textori</i>	물봉선					4.4						6.4			8.0	4.3
<i>Phytolacca americana</i>	미국자리공		13.4						12.6			6.4				
<i>Smilax riparia</i> var. <i>ussuriensis</i>	밀나물			12.4									7.8			
<i>Solanum lyratum</i>	배풍등				7.5		3.7					6.4			7.4	
<i>Lapsana apogonoides</i>	개보리쟁이															4.1

Note) sd:means seedling

Table 6. Continued

Scientific name	Korea name	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
<i>Euonymus japonica</i>	사철나무sd	3.3														
<i>Carex humilis</i>	산거울			10.4												
<i>Rubus crataegifolius</i>	산딸기sd					4.7	3.7								8.0	
<i>Atractylodes japonica</i>	삼주									6.0						
<i>Rumex crispus</i>	소리쟁이	3.3														
<i>Equisetum arvense</i>	쇠뜨기	21.3														18.1
<i>Fraxinus sieboldiana</i>	쇠물푸레sd							2.9								
<i>Pennisetum alopecuroides</i>	수크령															4.4
<i>Stellaria aquatica</i>	쇠별꽃															4.1
<i>Calamagrostis arundinacea</i>	실새풀				25.6		13.0	5.9	8.1	17.5	15.9	14.2	15.0		8.0	
<i>Artemisia princeps</i> var. <i>orientalis</i>	쭈	21.3	12.4											25.9		4.4
<i>Robinia pseudo-acacia</i>	아까시나무sd											6.6				
<i>Disporum smilacinum</i>	애기나리												7.8			
<i>Rumex acetocella</i>	애기수영										8.5					
<i>Potentilla fragarioides</i> var. <i>major</i>	양지꽃				7.5								7.8			
<i>Miscanthus sinensis</i> var. <i>purpurascens</i>	참억새	10.1			7.7	14.2	3.7			21.5	4.5				8.0	8.8
<i>Hemerocallis fulva</i>	원추리										8.8					
<i>Melilotus suaveolens</i>	전동싸리	14.6														
<i>Lespedeza maximowiczii</i>	조록싸리					9.4		4.6								
<i>Quercus serrata</i>	졸참나무sd					13.5	3.7	5.9								
<i>Oplismenus undulatifolius</i>	주름조개풀				7.5		16.7	35.1	8.4		4.2	34.0	23.1	24.1	8.0	
<i>Ligustrum obtusifolium</i>	취뽕나무sd						3.7				4.2					
<i>Lespedeza cyrtobotrya</i>	참싸리						7.7				4.2					
<i>Rhododendron schlippenbachii</i>	산철쭉sd					9.1	7.5	2.9		12.1	4.5	6.4				
<i>Aster scaber</i>	참취						3.7									
<i>Phryma leptostachya</i> var. <i>asiatica</i>	파리풀															4.4
Total		100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

경기화학(A)지역과 경기화학(B)지역에서 0.957로 가장 높았으며, 경기화학(B)지역과 경기화학(C)지역에서 0.640, 오산(D)지역과 돌박산(E)지역에서 0.571, 내고산(I)과 용곡산(J)지역에서 0.571, 태봉산(F)지역과 내고산(I)지역에서 0.636으로 높게 나타났다. 이는 두 지역간의 공통 출현종이 많다는 것을 의미하며 공

단지역과 산림지역의 주변 환경요인이 유사하여 비슷한 식물군집이 형성되어 있는 것을 알 수 있었다.

운산공단 주변의 15개 조사지에서 초본류의 중요치를 분석한 결과(Table 6), 총 출현 수종은 58종이며, 경기화학(A)지역은 쇠뜨기, 쭈, 전동싸리 등 10종, 경기화학(B)와 경기화학(C)지역은

명석딸기sd, 닭의장풀 등 5수종이 출현하였다. 오산(D)지역은 실새풀, 기름새, 닭의장풀 등 9종, 돌박산(E)지역은 참억새, 줄참나무sd, 개울나무sd 등 12종이 출현하였다. 태봉산(F)지역은 주름조개풀, 실새풀, 기름새 등 15종, 엽포산(G)지역은 주름조개풀, 고사리 등 12종, 돛질산(H)지역은 닭의장풀, 노린재나무sd, 미국자리공 등 6종으로 가장 적은 출현을 나타내었다. 내고산(I)지역은 참억새, 대사초, 실새풀 등 9종, 용곡산(J)지역은 실새풀, 기름새 등 15종, 봉화산(K)지역은 주름조개풀, 닭의장풀 등 9종이 출현하였다. 거남산(L)지역은 주름조개풀, 대사초, 실새풀 등 9종, 대덕산(M)지역은 쭉, 노린재나무sd 등 4종으로 가장 적게 출현하였다. 상층의 경우 태봉산(F)지역과 용곡산(J)지역이 15수종으로 가장 많이 출현하였으며, 동해펄프(O)지역이 14종, 돌박산(E), 엽포산(G), 거남산(N)지역이 12종이 출현하였다. 경기화학a(A)지역에서 10종, 오산(D), 내고산(I), 봉화산(K), 거남산(L)지역이 9종, 돛질산(H)지역이 6종, 경기화학b(B)와 경기화학c(C)지역이 5종, 대덕산(M)지역이 4종으로 가장 적게 출현하였다. 대덕산지역에서 초본류의 종수가 다소 낮은 것은 목본류의 우점으로서 인한 피음의 영향인 것으로 나타났다. 풍산금속(N)지역은 닭의장풀, 고사리 등 12종, 동해펄프(O)지역은 기름새, 쇠뜨기 등 14종이 출현하였다.

상층식생이 없는 경기화학(A)지역에서 쇠뜨기, 쭉, 전동싸리의 중요치가 높았으며, 경기화학(B), 경기화학(C), 봉화산(K)지역에서 닭의장풀과 명석딸기, 오산(D), 내고산(I), 용곡산(J), 봉

화산(K), 거남산(L)지역에서는 실새풀의 중요치가 높게 나타났다. 돌박산(H)과 내고산(I)지역에서는 참억새, 경기화학(C)과 엽포산(G)지역은 고사리와 닭의장풀이 높은 우점도를 나타내고 있었다.

공단지역에서 쇠뜨기, 쭉, 닭의장풀, 명석딸기sd 등이 우점하고 있었으며, 산림지역에서는 산철쭉, 주름조개풀, 참억새, 실새풀, 고사리 등이 우점하고 있어 공단지역과 산림지역간의 우점하고 있는 수종의 차이를 알 수 있었다. 한편, 대기오염이 경미한 산림지역에서 출현한 종은 노루귀, 밀나물, 원추리, 애기나리 등으로, 이러한 종은 오염지역인 공단 지역에서는 전혀 출현하지 않았으며, 실새풀, 닭의장풀, 고사리, 기름새, 대사초 등은 전조사지에서 고르게 나타났다.

김 등(1982)에 의하면 울산공단에서 오염원을 중심으로 거리별 산림식생의 오염에 의한 생태적 변화를 조사한 결과, 국소 오염원에 인접한 일부 산림에서는 환경오염으로 산성화 된 토양에는 내성이 강한 수종만이 생육할 정도로 피해가 심했음을 보고하였으며, 온산공단을 중심으로 오염물질 현황과 식물 군집 구조에 대한 연구(한 등 1989)에서 대기오염에 강한 내성 수종을 구명한 것과 유사한 경향이였다.

초본류의 종수와 종다양도, 최대종다양도, 균재도, 우점도를 분석한 결과(Table 7), 종다양도는 용곡산(J)지역이 1.141로 가장 높았으며, 대덕산(M)지역이 0.600으로 가장 낮게 나타났다. 최대종다양도는 태봉산(F)지역과 용곡산(J)지역이 1.176으로 높게 나타났으며, 대덕산(M)지역이 0.602로 가장 낮게 나타났다. 균재도는 대덕산(M)이 0.997로 가장 높았으며, 풍산금속(N)이 0.884로 낮게 나타났다. 우점도는 풍산금속(N)이 0.116으로 높게 나타났으며, 대덕산(M)지역이 0.003으로 가장 낮게 나타났다.

초본류의 종수와 종다양도, 최대종다양도, 균재도, 우점도 모두에서 공단지역에서 거리가 떨어진 태봉산(F), 용곡산(J)에서 높은 값을 나타내었으며, 대기오염이 목본류보다 초본류에서 더 민감함을 알 수 있다.

인용문헌

강지구. 1986. 공업 도시화에 따른 울산·온산지구의 환경과 식생의 변화에 관한 연구. 동국대학교대학원 박사학위논문. 101 p.
 김재봉 외 10인. 1988. 오염지역 생태계의 변화에 관한 연구(1)-여천 공단 주변지역의 식생을 중심으로-. 국립환경연구원보 10: 89-110.
 김점수. 1994. 사상공단주변의 대기오염이 산림식생에 미치는 영향. 경상대학교 대학원 박사학위논문. 74 p.
 김종갑, 김재생. 1989. 대기오염지역의 산림식생구조와 엽내오염물질 함량에 관한 연구. 한국임학회지 78(4): 360-371.
 김종갑. 1992. 온산공단 주변의 해송림의 초본식생에 관한 조사. 한국생태학회지 15(53): 247-255.
 김준선. 1992. 대기오염물질이 여천공단주변 해송의 양묘동태와

Table 7. Values of species diversity of herbaceous plants in the investigated sites

Item Site	No. of species	Species diversity (H)' H'	Maximum (H' max.)	Evenness (J)	Dominance (1-J)
A	10	0.938	1.000	0.938	0.062
B	5	0.650	0.699	0.930	0.070
C	5	0.650	0.699	0.930	0.070
D	9	0.940	0.954	0.985	0.015
E	12	1.040	1.079	0.964	0.036
F	15	1.129	1.176	0.960	0.040
G	12	1.000	1.079	0.927	0.073
H	6	0.740	0.778	0.951	0.049
I	9	0.931	0.954	0.976	0.024
J	15	1.141	1.176	0.970	0.030
K	9	0.925	0.954	0.970	0.030
L	9	0.940	0.954	0.985	0.015
M	4	0.600	0.602	0.997	0.003
N	12	0.954	1.079	0.884	0.116
O	14	1.123	1.146	0.980	0.020

- 군락구조에 미치는 영향. 서울대학교 대학원 박사학위논문. pp. 1-101.
- 김태욱, 김수인. 1982. 사대공단 주변의 식생에 대한 연구. 한국임학회지 57: 8-13.
- 김태욱, 박인협, 이경재. 환경오염에 의한 울산지역의 산림생태학적 변화에 관한 연구. 한국임학회지 58: 60-69.
- 심경구, 안영희, 류미선. 1985. 덩굴성 식물의 광합성 특성에 관한 연구. 한국환경농학회지 26(1): 44-50.
- 박용진. 1997. 입면녹화용 덩굴식물의 분포 특성. 환경생태학회지. 11(3): 270-276.
- 우보명. 1978. 환경녹화용 만경식물의 이용성 개발에 관한 기초적 연구. 서울대학교 농학연구. 3(1): 63-79.
- 이경준, 한상섭, 김기홍, 김은식. 1996. 산림생태학. 향문사. 395 p.
- 한상욱 외 9인. 1989. 대기오염에 의한 식물군집의 피해평가 및 유지방안에 관한 연구(I). -온산공단 주변지역의 식생을 중심으로-. 국립환경연구원보 11: 185-206.
- Braun-Blanquet, J. 1932. Plant sociology: The study of plant communities(Translated by G.D. Fuller and H.S. Conard, 1965). Mcgraw-Hill Book Company Inc., London. 377 p.
- Brown, J.E. and J.H. Zar. 1977. Field and laboratory method for general ecology. Wm. C. Brown Company Publ. Iowa. 1-184.
- Curtis, J.T. and R.P. McIntosh. 1951. An Upland forest continuum in the prairie forest border region Wisconsin. Ecology 9: 161-166.
- Czuba, M. and D.P. Ormrod. 1981. Cadmium concentrations in cress shoots in relation to cadmium enhanced ozone phytotoxicity. Environmental Pollution 25: 67-76.
- Margalef, R. 1972. Homage to Evelyn Hutchinson, or why is there an upper limit to diversity. Trans. Connect. Acad. Arts Science. 44: 211-35.
- Putz, F.E. 1983. Lianas Biomass and Leaf Area of a "Tierra Firme" Forest in the Rio Negro Basin, Venezuela. Biotropica.15(3): 185-189.
- Putz, F.E. 1984. How Trees Avoid and Shed Lianas. Biotropica. 16(1): 19-23.
- Richard, P.W. 1952. The tropical rain forest. Cambridge Univ. Press. 450 p.
- Smith, W.H. 1981. Air Pollution and Forests - Interaction between Air Contaminants and Forest Ecosystems-Springer-Verlag, New York. 379 p.
- Whitemore, E. 1975. Ecology of plants. Oxford. 422 p.
- Whittaker, R.H. 1965. Dominance and diversity in land plant communities. Science 147: 250-259.

(2004년 8월 16일 접수; 2004년 11월 17일 채택)

Vegetation of Liana Dominating in the Vicinity of Onsan Industrial Complex

Park, Eun-Hee, Jong-Kab Kim¹, Jeong-Hwan Lee, Hyun-Seo Cho² and Jae-Ki Min³

Institute of Agriculture and Life Science, Gyeongsang National Univ., Jinju 660-701, Korea

¹*Division of Forest Science, Gyeongsang National Univ., Jinju 660-701, Korea*

²*Department of Forest Resources, Jinju National Univ., Jinju 660-757, Korea*

³*Department of Forest Resources and Environment, Sangju National Univ., Sangju 743-711, Korea*

ABSTRACT : This study was carried out to on liana dominating at the vicinity of Onsan Industrial Complex declining *P. thunbergii* forests. It was surveyed 16 species, 30 species and 50 species at upper, middle and understory, respectively. It was dominant *P. thunbergii* at upperstory, and *P. densiflora*, *P. thunbergii*, *Quercus dentata* and *Q. serrata* at middlestory, and *Smilax china*, *Paederia scandens*, *Symplocos chinensis* var. *sinuata*, *Styrax japonica*, *Lonicera japonica* and *Q. serrata* etc. at understory. It was the highest importance value(13.2) of *S. china* among all liana, and in order of *L. japonica* (11.7), *P. scandens* (11.5) and *Cocculus trilobus* (7.7). Number of species, Species diversity, Maximum species diversity, Evenness and Dominance of woody plants at upperstory and middlestory by each survey site were higher in forest areas than industrial complex, but those of understory highly showed at industrial complex, and ratio of liana at understory was high. It showed total 50 species at herbaceous plants, and was high I.V. of *Pteridium aquilinum* var. *latiusculum*, *Spodiopogon cotulifer*, *Commerelina commuris*, *Phytolacca americana*, *Rubus parvifolius*, *Miscanthussinensis* var. *purpurascens* and *Calamagrostis arundinacea*, etc.

Key words : Air pollution, Importance value, Liana, Onsan industrial complex