

노을공원 쓰레기매립지 식생복원을 위한 아까시나무 천이방향 연구

위사양¹⁾ · 오충현²⁾

¹⁾ 동국대 대학원 바이오환경과학과 학생 · ²⁾ 동국대 바이오환경과학과 교수

A Study on Successional *Direction of Robinia pseudoacacia* for the Vegetation Restoration in Waste Landfill of Noeul Park

Wei, Si-Yang¹⁾ and Oh, Choong-Hyeon²⁾

¹⁾ Dept. of Biological and Environmental Science, Dongguk University graduate school, Student,

²⁾ Dept. of Biological and Environmental Science, Dongguk University, Professor.

ABSTRACT

The waste landfill that has been used as a park through a stabilization project to provide green space to local residents. Vegetation restoration is necessary for the landfill park project, but it is difficult to restore vegetation due to various disturbances in the landfill. This study analyzed the successional dynamics and ecological characteristics of *Robinia pseudoacacia* communities from the slopes of Noeul Park by applying the 7-stage successional hypothesis. As a result of the study, there was almost no intermediate successional stage. There are only the early successional stage which *Robinia pseudoacacia* has an absolute dominance of 100% in the crown and middle layers, and the degeneration successional stage which formed by the introduction of *Morus alba*. This result showed that the succession of *Robinia pseudoacacia* communities were not able to proceed to the climax forest due to various disturbances in the waste landfill. Therefore, it was analyzed that it is necessary to induce the succession through intermediate steps such as *Morus alba*, since it is difficult to transition from *Robinia pseudoacacia* community to the native *Quercus* spp. community.

Key Words : waste landfill park; succession stages; community characteristics; Q-value of DBH

First author : Wei, Si-Yang, Dept. of Biological and Environmental Science, Dongguk University graduate school, Student.
Tel: +82-31-961-5164, E-mail: weanwesley@naver.com

Corresponding author : Oh, Choong-Hyeon, Dept. of Biological and Environmental Science, Dongguk University, Professor.
Tel: +82-31-961-5123, E-mail: ecology@dongguk.edu

Received : 24 February, 2021. **Revised** : 18 May, 2021. **Accepted** : 17 May, 2021.

I. 서 론

쓰레기 매립지는 일정 높이로 고체화시킨 쓰레기 더미 위에 토양을 복토하고 매립작업을 반복한 후 최종 복토를 한 인공 생태계이다(Kim, 2001). 사용 종료 쓰레기 매립지는 사면 또는 비탈면 녹화 등 안정화공사를 통해 공원, 체육시설, 농경지, 야적장 등으로 조성되어 지역주민들이 이용하고 있다(Ministry of Environment, 2005). 난지도는 쓰레기 매립지가 공원화된 대표적인 사례지역이다. 난지도 쓰레기 매립지는 1978년부터 1993년까지 15년 동안 서울시에서 발생한 생활 쓰레기가 매립되었다. 이후 1996년부터 2002년까지 매립지 안정화 사업을 진행하였다(Seoul Metropolitan Government, 2003). 매립지 안정화 사업을 완료하기 위해서는 복토된 토양 위에 식생복원이 필요하다. 하지만 쓰레기 매립지는 내부에 있는 쓰레기의 부패로 인해 발생하는 침출수와 매립가스, 일부 생활폐기물과 혼합되어 매립된 산업 폐기물에서 발생하는 중금속, 복토 이후 발생하는 토양의 부등침하, 유효 토심 부족 및 배수 불량 등으로 식재 및 식물 생육에 어려움이 있다(Ahel et al., 1998; Kim, 2007; Kang et al., 2015).

쓰레기 매립지에 대한 식생에 관한 연구로는 수도권지역 쓰레기 매립지에서 콩과식물인 아까시나무(*Robinia pseudoacacia*, R.P.)가 매토종자 형태로 침입하여 가장 많은 피도로 분포함을 보고되었다(Lee et al., 1997; Kim, 2001). 일반적으로 우리나라 중부지방의 자연림은 시간이 경과되면 초기 선구수종으로부터 출발하여 참나무(*Quercus* spp.)를 거쳐 서어나무 등과 같은 낙엽활엽수로 천이가 진행된다(Park et al., 1990; Lee et al., 1990; Lee et al., 1991; Lee et al., 1993). 하지만 도시지역은 도시열섬, 대기오염, 산성비, 강수량 변화 등 환경적인 요인으로 인한 교란요인 때문에 식생이 자연림과는 달리 자연적인 천이단계가 진행되지 못하고, 대부분

참나무림에서 천이가 중단되는 것으로 보고되었다(Lee et al., 1996). 아까시나무 조림지 또는 도시지역 아까시나무림의 경우도 비슷하게 점차 참나무류가 우점종인 군집으로 천이가 이루어질 것으로 예측하였다(Yun et al., 1999; Kang et al., 2001). 환경적인 조건이 열악한 해안 지방지역에서 아까시나무림이 사방 조립후 상당기간을 경과하여 개체목 직경급 분포가 다소 정규분포를 나타내고 아교목층 이하에서 잠재자연식생인 졸참나무가 번성하여 장기적으로는 졸참나무림으로의 천이가 진행되는 것으로 연구되었다(Cho, 2005). 쓰레기 매립지의 경우 산림이나 공원으로 복원되는 경우가 많지만 일반도시림보다 열악한 환경 조건을 가지고 있어 자연적인 천이가 어렵다.

이에 본 연구는 난지도 쓰레기 매립지에서 우점을 이루는 수종인 아까시나무를 대상으로 천이과정을 조사하여 도시지역 쓰레기 매립지 식생복원을 위한 기초자료 제공을 목적으로 수행되었다.

II. 연구 대상지 및 방법

1. 연구 대상지

연구 대상지는 서울시 마포구 상암동 478-1번지에 위치한 난지도 쓰레기 매립지 내 노을공원 사면이다. 대상지 면적은 46.4ha이다. 노을공원 사면은 난지도 쓰레기 매립지의 일부로 2012년부터 시민단체인 노을공원시민모임에서 낮은 강도의 산림 관리를 해오고 있다.

서울지역의 최근 30년간(1991~2020년) 기온, 강수량, 상대습도, 온량지수, 한냉지수 등 기후지표의 간 평균 데이터는 Table 1과 같다(Seoul Metropolitan Government Open Data, 2020). 서울지역 최근 10년간(2011-2020)의 기후는 20년 전에 비해 연평균 기온, 극점 최고기온, 온량지수가 모두 높아지고, 극점 최저기온, 한냉지수, 상대습도, 연간강수량이 낮아진 것으로 확인되

Table 1. Climate data for the last 30 years in Seoul

Climatic indicators	Period		
	1991-2000	2001-2010	2011-2020
Annual average temp.(°C)	12.7	12.8	13.0
Extreme maximum temp.(°C)	38.4	36.2	39.6
Extreme minimum temp.(°C)	-15.4	-18.6	-18.0
Average warmth index(°C)	108.2	109.2	113.7
Average coldness index(°C)	-16.2	-15.6	-17.9
Average relative humidity(%)	64.5	62.3	59.4
Annual average precipitation(mm)	1,429.6	1,550.2	1,274.2

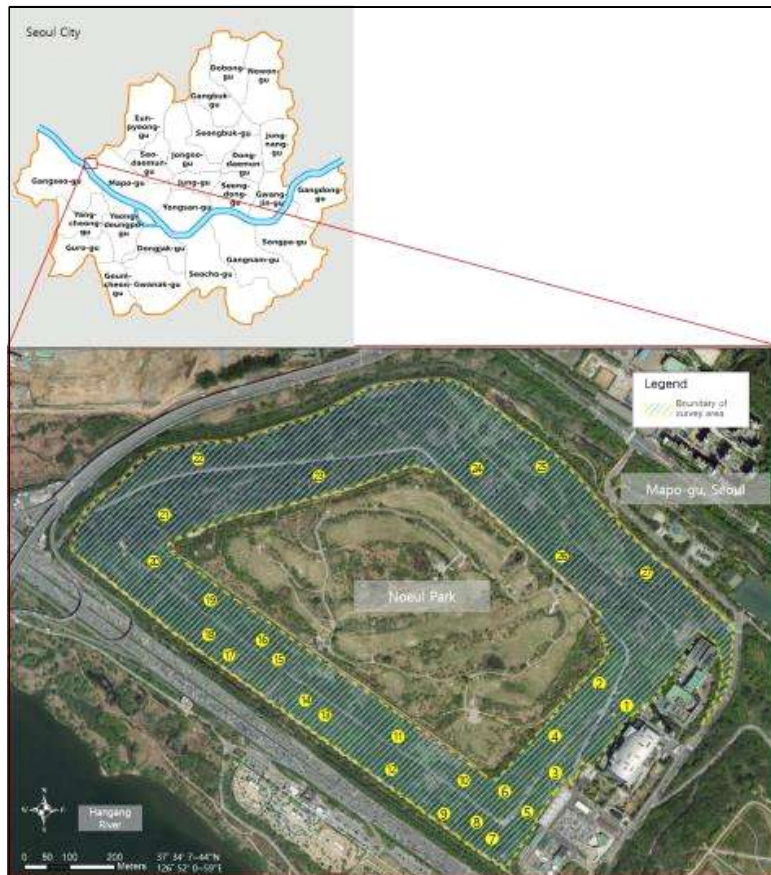


Figure 1. Map of study area and position of plots

었다. 이는 서울지역의 연평균기온은 증가하고 있지만 최저기온과 최고기온의 편차가 더 커지고 습도는 낮아져, 기후변화에 따라 식물 생육 환경이 변화되고 있음을 의미한다.

연구 대상지인 노을공원은 난지도 쓰레기 매립지 안정공사의 일환으로 준공한지 18년이 되었다. 현재 공원 사면의 대부분이 아카시나무 군락으로 이루어져 있다. 이곳에서 수목을 심고

Table 2. Criteria for modification of the hypothesis about successional stage of *Robinia pseudoacacia*

Stage	Content
RP-E	Early successional stage that establish high seedling density and grows in dense thickets in open condition
RP-IR	Retrogressive stage from intermediate successional stage following disturbance
RP-I	Intermediate successional stage that grow well after regeneration
RP-LR	Retrogressive stage from later successional stage following disturbance
RP-L	Later successional stage that has begun competition between <i>Robinia pseudoacacia</i> and competition species
RP-DR	Retrogressive stage from degeneration stage successional stage following disturbance
RP-D	Degeneration successional stage that has begun replacement of <i>Robinia pseudoacacia</i> by competition species

가꾸는 시민활동을 하는 노을공원 시민모임은 최근 10년 동안 사면부에 소나무, 스트로브잣나무, 상수리나무, 꾸지나무 등을 식재하였다 (Introduction to Friends of Noeul Park, 2020).

2. 연구방법

1) 현장조사

현장조사는 2020년 6~10월에 걸쳐 진행되었다. 노을공원 사면부를 대상으로 현존식생도를 작성하고, 현존식생도를 바탕으로 가장 넓은 면적을 차지하고 있는 아까시나무 군락에 총 27개의 10m×10m(100m²) 방형구를 설치하여 조사하였다. 방형구 조사는 층위에 따라 교목층, 아교목층, 관목층의 3개 층위로 구분하여 시행하였다. 조사항목은 교목·아교목층은 수종, 수고(m), 흉고직경(cm), 수관폭(m)을, 관목층은 수종, 수고(m), 수관폭(m)을 조사하였다.

2) 아까시나무 군락 구조 분석

대상지 내 아까시나무 군락 구조를 파악하기 위해 Curtis와 Mc Intosh(1951)의 상대우점치(IV), Raunkiaer(1934)의 생활형(Life Form)을 분석하였다. 종구성의 다양한 정도를 분석하기 위해 Shannon(1949)의 종다양성지수를 이용하여 종다양도(Species Diversity: H'), 최대종다양도(H'max), 균재도(Evenness: J'), 우점도(Dominance: D)를 분석하였다. 대상지 4개 사면의 식생 종구성의 유사

성 및 상이성을 비교하기 위하여 Whittaker(1975)의 유사도지수(SI: Similarity Index)와 상이도 지수(DSI: Dissimilarity Index)를 분석하였다.

3) 아까시나무 군락 천이단계 분석

노을공원 아까시나무 군락 천이단계를 분석하기 위해 7단계로 구분된 아까시나무 천이단계를 활용하였다. 이 기준은 중간 경쟁과 군락 유지 가능성 분석 결과를 바탕으로 천이단계를 종합적으로 판단하는 방법이다. 7단계의 단계는 Table. 2와 같이 초기 단계(RP-E)-중기 교란 단계(RP-IR)-중기 단계(RP-I)-후기 교란 단계(RP-LR)-후기 단계(RP-L)-쇠퇴 교란 단계(RP-DR)-쇠퇴 단계(RP-ED)로 구분되고 구분기준은 Table. 3과 같다 (Park, 2016).

이를 위해 천이단계 구분을 위해 아까시나무와 경쟁 수종의 상층과 중층 상대우점치(I.V. : Importance Value) 비교, 상층 아까시나무 수고와 경쟁종의 수고 비교를 통해 아까시나무 군락 내 경쟁 정도를 분석하였다. 또한 아까시나무 흉고직경급 감소계수(Diminution Quotient)인 Q 값(Wintturi, 2006; Kwon *et al.*, 2015)을 활용하여 아까시나무 군락의 분포 특성을 분석함으로써 향후 아까시나무 군락의 유지 가능성을 파악하였다. 흉고직경급 개체분포곡선이 역J형 곡선(reverse J shaped curve)을 보이는 것은 지속적으로 갱신이 이루어지는 것을 나타낸다

Table 3. Criteria for modification of the hypothesis about successional stage of *Robinia pseudoacacia*

Stage	Criteria	Content
RP-E	No competition in crown layer, No competition in middle layer, More reproduction	IV of RP in crown layer is 100.00%, IV of RP in middle layer is 100.00%, Q-value \geq 1.5
RP-I	No competition in crown layer, Competition in middle layer has begun, Less reproduction	IV of RP in crown layer is 100.00%, IV of RP in middle layer is not 100.00%, Q-value < 1.5
RP-IR	No competition in crown layer, Competition in middle layer has begun, More reproduction	IV of RP in crown layer is 100.00%, IV of RP in middle layer is not 100.00%, Q-value \geq 1.5
RP-L	Competition in crown layer has begun, Competition species was dominated by RP in crown layer, Less reproduction	IV of RP in crown layer is not 100.00%, IV of RP > IV of competition species and height of RP > height of competition species, Q-value < 1.5
RP-LR	Competition in crown layer has begun, More reproduction Competition species was dominated by RP in crown layer, More reproduction	IV of RP in crown layer is not 100.00%, IV of RP > IV of competition species and height of RP > height of competition species, Q-value \geq 1.5
RP-D	Competition in crown layer has begun, Decline of RP in crown layer has begun, Less reproduction	IV of RP in crown layer is not 100.00%, IV of RP < IV of competition species or height of RP < height of competition species, Q-value < 1.5
RP-DR	Competition in crown layer has begun, Decline of RP in crown layer has begun, More reproduction	IV of RP in crown layer is not 100.00%, IV of RP < IV of competition species or height of RP < height of competition species, Q-value \geq 1.5

(Khamyang *et al.*, 2004; Clatterbuck *et al.*, 2010; Kwon *et al.*, 2015). 아까시나무 흉고직경 급 감소계수 Q값은 다음 식과 같이 산정한다. Q값은 각 흉고직경의 경급과 다음 경급의 비에 대한 산술평균값으로 정한다. 감소계수인 Q값이 1.5보다 낮아질수록 개체밀도는 낮으나 성목의 비중이 높아지며 치수 발생량은 적다. Q값이 1.5에 가까워질수록 치수 개체는 많고 성목의 비중은 낮아지며, 1.5보다 높아질수록 치수 개체는 많고 성목의 비중은 낮아지면서 개체밀도가 높아지는 특성이 있다(Park, 2016).

$$Q - value = \overline{X} \left(\frac{N_i}{N_{i+1}} \right)$$

N_i: the number of individuals in any diameter class
N_{i+1}: the number of individuals in the next diameter class

III. 연구결과

1. 현존식생 현황

난지도 노을공원 사면부의 현존식생은 아까시나무(61.1%), 능수버들(6.3%), 뽕나무(0.5%) 등 자연적으로 이입된 나무, 꾸지나무(3.5%) 및 기타 목본(18.3%)과 같이 식재된 나무, 그리고 초본(10.1%) 지역으로 구분된다(Figure 2). 아까시나무 군락은 전체 면적의 61.1%를 차지하고 있다.

2. 아까시나무 군락 식생구조 특성

1) 상대우점치(IV) 분석

연구 대상지의 층위별 상대우점치(IV)는 Table 4와 같다. 아까시나무는 상층과 중층에서 80% 이상으로 높게 나타났다. 하층에서도 상대우점치가 21.8%로 나타났다. 하지만 뽕나무가

Table 4. Importance Value of every specie in Robinia pseudoacacia community

Species	Crown Layer IV	Middle Layer IV	Shrub Layer IV
<i>Robinia pseudoacacia</i>	80.4	82.1	21.5
<i>Morus alba</i>	17.1	9.9	6.4
<i>Salix pseudolasioogyne</i>	2.5	-	-
<i>Rosa multiflora</i>	-	-	44.5
Others	-	8.0	27.6

Table 5. Life-form of species in Robinia pseudoacacia community

Life Form Type	Ratio(%)
Mega-phanerophytes	19
Micro-phanerophytes	33
Nano-phanerophytes	38
Chamaephytes	10
Total	100

Table 6. Indexes of species diversity in in Robinia pseudoacacia community

Index	Value
H'	0.66
H'max	1.32
J'	0.50
D	0.50

**Figure 2.** Actual Vegetation Map of survey site

상층, 중층, 하층에서 17.8%, 9.8%, 3.2%로 어느 정도의 세력을 형성하고 있어 향후 아까시나무와 경쟁이 예상된다.

2) 생활형(Life form) 분석

Raunkiaer 생활형을 분석한 결과(Table 5), 대형지상식물(Megaphanerophytes)은 19%를 차지

하고 있고, 소형지상식물(Micro-phanerophytes), 소지상식물(Nano-phanerophytes), 반지표식물(Chamaephytes)은 각각 33%, 38%, 10%의 비율을 나타낸다. 대형지상식물이 나타나면서 소형지상식물 및 지표식물이 비중이 높은 것은 대상지 식물생육환경이 복원사업 초기보다 개선되었음을 의미한다.

3) 종다양성 분석

아까시나무 군락 내 종다양성에 관한 분석한 결과 Table. 6과 같이 Shannon 종다양도지수(H)가 0.66로 나타났다. 이는 수도권지역 도시 근교 산림 내 아까시나무 군락의 종다양성지수(1.39~2.24)보다 크게 낮은 것이다(Park, 2016). 최대종다양성지수(H'max)는 1.32, 균재도(J')는 0.50, 우점도(D)는 0.50로 분석되었다.

Table 7. Similarity and dissimilarity index between each the slope

		Similarity index			
		South	North	East	West
Dissimilarity index	South	-	0.36	0.50	0.33
	North	0.64	-	0.50	0.50
	East	0.50	0.50	-	0.50
	West	0.67	0.50	0.50	-

Table 8. Indexes of species diversity in the different aspect

Index	Aspect			
	South	North	East	West
H'	0.69	0.45	0.52	0.46
H'max	1.18	0.84	0.70	0.95
J'	0.60	0.53	0.74	0.51
D	0.40	0.47	0.26	0.49

Table 9. Q-value of each diameter class in the entire destination

Diameter class	No. of R.P.	% of total	Q-value
= < 5cm	170	47.0	2.0
> 5~10cm	102	28.2	
> 10~15cm	54	14.9	
> 15~20cm	25	6.9	
> 20cm~	11	3.0	

4) 사면별 유사도 및 상이도 분석

노을공원 4개 사면에 대해 유사도 및 상이도를 분석한 결과는 Table 7과 같다. 4개 사면에서 식물 종의 분포는 이질적인 것으로 나타났다. 4개 사면별 종다양성지수를 분석한 결과는 Table 8이다. 남쪽사면 아까시나무군락은 상대적으로 가장 넓게 분포하고 있고, 종다양성지수도 높게 나타났다. 북쪽사면 아까시나무군락은 상대적으로 작은 면적으로 분포하고 있고, 아까시나무군락의 종다양성지수가 가장 낮게 나타났다. 동쪽사면 아까시나무 군락은 넓게 분포하고 있고, 종다양성지수는 상대적으로 낮았지만 균재도는 높았다. 서쪽사면 아까시나무군락은 균재도와 종다양성지수 모두 낮게 나타났다.

3. 노을공원 아까시나무 군락 천이단계 분석

아까시나무 군락의 천이단계를 분석하기 위해 아까시나무와 경쟁종의 중간경쟁을 분석하

였다. 이를 위해 아까시나무 27개 조사구의 층위별 상대우점치와 수고를 비교하였다. 또한 아까시나무 군락의 유지 가능성 파악을 위해 각 조사구의 흉고직경급 별 아까시나무 개체수를 측정하여 Table 9와 같이 감소계수 Q값을 산정하였다.

전체 27개 조사구 내 아까시나무 흉고직경급별 개체수를 측정한 결과, 개체분포는 Figure 3과 같이 역J형으로 분석되었으며 Q값은 2.0로 산정되었다. 아까시나무 군락 상층과 중층의 상대우점치는 Table 4와 같이 80% 이상으로 절대적으로 우점하는 것으로 나타났다. 천이단계를 Table 3을 기준으로 살펴보면 중기 단계(RP-I)를 지나 후기 교란 단계(RP-LR)에 진입한 것으로 분석되었다. 따라서 노을공원 사면부 아까시나무 군락은 전반적으로 치수 개체는 많고 성목 비중이 낮아 당분간 아까시나무 군락이 유지될 것으로 분석되었다.

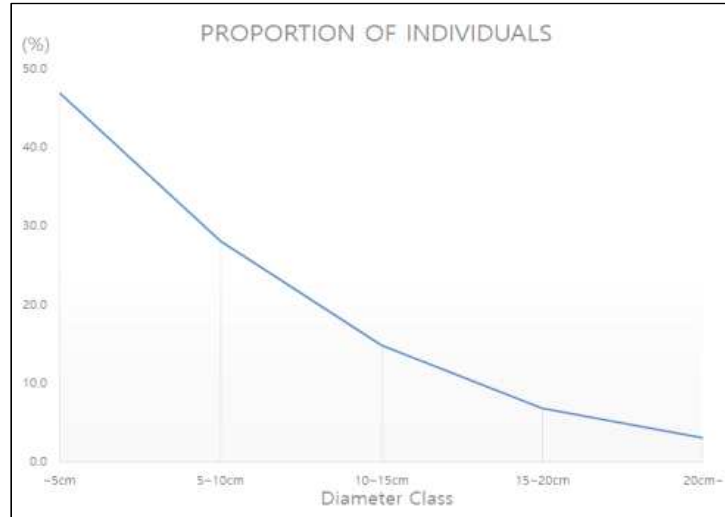


Figure 3. Distribution of Robinia pseudoacacia at each diameter class

Table 10. Value of criteria for modification of the hypothesis about successional stag and the successional stages analyses of every plotse of RP

Plot No.	Crown Layer IV	Middle Layer IV	Height of <i>R.P.</i>	Height of competition species	Q-value	Successional Stage	Quantity of plots
1	100.0	100.0	8	-	2.1		
2	100.0	100.0	10	-	2.6		
3	100.0	100.0	10	-	2.3		
4	100.0	100.0	8	-	2.0		
10	100.0	100.0	10	-	1.8		
11	100.0	100.0	8	-	2.8		
12	100.0	100.0	8	-	1.9		
16	100.0	100.0	10	-	1.7	RP-E	15
17	100.0	100.0	10	-	3.4		
18	100.0	100.0	8	-	5.5		
20	100.0	100.0	8	-	3.5		
22	100.0	100.0	9	-	3.8		
24	100.0	100.0	10	-	2.1		
26	100.0	100.0	8	-	4.3		
27	100.0	100.0	8	-	2.8		
9	100.0	10.1	10	-	2.0		
19	100.0	56.5	8	-	1.8	RP-IR	3
25	100.0	74.2	10	-	1.6		
21	75.7	100.0	10	8	1.5	RP-LR	1
5	41.5	100.0	9	8	1.5		
6	25.3	66.1	9	8	2.3		
8	15.7	31.8	9	8	3.0	RP-DR	6
13	33.0	100.0	10	8	1.5		
15	27.2	18.3	8	8	1.5		
23	50.0	100.0	9	8	3.3		
7	45.9	50.0	9	8	0.7	RP-D	2
14	16.1	46.4	8	9	1.3		

Table 11. Diversity indices of the successional stages

Stage	Plots		Diversity Indices(Mean)	
	Quantity	Area(m ²)	H _{Shannon}	H _{ComSip}
RP-E	15	1,500	0.78	0.49
RP-IR	3	300	1.03	0.57
RP-LR	1	100	1.02	0.40
RP-DR	6	600	1.16	0.68
RP-D	2	200	1.18	0.70

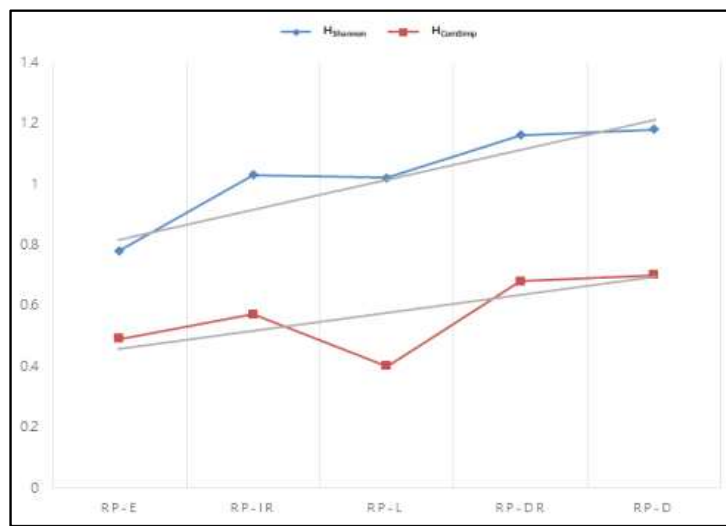


Figure 6. Shannon-Wiener and Simpson diversity indices of the successional stages

조사구별로 천이단계 평가지표를 분석하여 천이단계를 구분한 결과는 Table. 10과 같다. 27개 조사구를 분석한 결과 초기 단계 15개, 중기 교란 단계 3개, 후기 교란 단계 1개, 쇠퇴 교란 단계 6개, 쇠퇴 단계 2개로 나타나 평균적으로는 후기 교란 단계인 것으로 분석되었지만(Table 9), 개별 조사구별로 분석한 결과 전체 27개 조사구 중 초기 단계가 15개 조사구(55.6%)로 가장 많아 아직도 천이 초기에 해당하는 군락이 많은 것으로 분석되었다.

4. 천이단계 분석결과 검증

1) 천이단계별 종다양성 분석

아까시나무 군락 천이단계 분석 결과를 검증

하기 위해 천이단계별 종다양성을 분석하였다. Shannon-Wiener과 Simpson 다양성지수 산정한 결과는 Table 11, Figure 4이다. 2가지 종다양성 지수를 분석한 결과 천이 초기에서 후기로 갈수록 종다양도가 높아지는 추세가 보이며 쇠퇴 단계의 종다양성이 가장 높게 나타났다. 다만 후기 교란 단계(RP-LR)의 종다양성지수는 Park (2016)의 아까시나무 천이단계 연구결과와 동일하게 상대적으로 낮게 나타났다.

2) 천이단계별 유사도 및 상이도 지수

천이단계별 종구성 유사도 및 상이도를 분석한 결과는 Table 12와 같다. 전반적으로 천이단계 간 종구성은 이질적인 것으로 분석되었다. 후기

Table 12. Similarity and dissimilarity index between the successional stage of the stands

		Similarity index				
		RP-E	RP-IR	RP-LR	RP-DR	RP-D
Dissimilarity index	RP-E	-	0.51	0.12	0.62	0.51
	RP-IR	0.49	-	0.12	0.46	0.49
	RP-LR	0.88	0.88	-	0.22	0.31
	RP-DR	0.38	0.54	0.78	-	0.71
	RP-D	0.49	0.51	0.69	0.29	-

Table 13. Importance Value of every specie in the successional stages

Stage	Species	Crown Layer IV	Middle Layer IV	Shrub Layer IV
RP-E	<i>Robinia pseudoacacia</i>	100.0	100.0	28.9
	<i>Rosa multiflora</i>	-	-	58.6
	Others	-	-	12.5
RP-IR	<i>Robinia pseudoacacia</i>	100.0	46.9	37.8
	<i>Morus alba</i>	-	30.0	8.6
	<i>Rosa multiflora</i>	-	-	42.8
	Others	-	23.1	10.8
RP-LR	<i>Robinia pseudoacacia</i>	75.7	100.0	69.3
	<i>Salix pseudolasiogyne</i>	24.3	-	-
	<i>Rhus javanica</i>	-	-	13.9
	Others	-	-	16.8
RP-DR	<i>Robinia pseudoacacia</i>	28.9	80.6	6.1
	<i>Morus alba</i>	67.3	14.9	9.9
	<i>Salix pseudolasiogyne</i>	3.9	-	-
	<i>Rosa multiflora</i>	-	-	25.9
	Others	-	4.5	58.1
RP-D	<i>Robinia pseudoacacia</i>	31.1	47.4	2.9
	<i>Morus alba</i>	68.9	52.6	8.8
	<i>Rosa multiflora</i>	-	-	29.4
	Others	-	-	58.8

교란 단계에서는 교란으로 인해 종구성이 다른 단계와 차이가 크게 나타났다. 천이 쇠퇴 단계와 쇠퇴 교란 단계의 종구성 유사도가 70% 이상으로 상대적으로 유사한 것으로 분석되었다.

3) 천이단계별 식물군집구조

천이단계별 식물군집구조 특성을 파악하기

위해 같은 천이단계인 조사구를 합하여 상대우점치를 분석한 결과는 Table. 13이다. 아까시나무 군락은 천이 초기부터 후기로 변화하여도 군락 내 주요 구성 수종은 아까시나무, 뽕나무, 찔레꽃으로 큰 변화가 없다. 하지만 상대우점치는 일부 변화한다. 천이 초기단계에서는 아까시나무가 상·중층에서 100%로 우점하고 찔레꽃은

하층에서 60% 이상으로 우점한다. 하지만 천이 후기 단계에서는 뽕나무가 경쟁종으로 유입이 된 후 상·중층에서 세력이 커지면서 아까시나무의 상대우점치가 감소된다. 또한 일부 지역에서는 교란이 발생되어 아까시나무와 능수버들의 경쟁이 발생하였고, 북쪽사면에서는 붉나무의 세력이 높게 나타났다.

이와 같은 결과는 수도권지역 도시림의 아까시나무 군락이 상수리나무, 신갈나무 등 참나무 군락으로 천이(Park, 2016)되는 방향과는 일치하지 않는 것으로 쓰레기 매립지인 노을공원의 특성이므로 향후 지속적인 모니터링이 필요하다.

IV. 결론 및 고찰

본 연구는 쓰레기 매립지에 이입된 아까시나무 군락의 관리방향을 설정하기 위해 난지도 쓰레기 매립지 복원지역인 노을공원 사면부를 대상으로 아까시나무 군락의 천이 동태를 분석하였다. 27개의 조사구에 대한 조사결과를 바탕으로 천이단계를 구분한 결과, 천이 중간단계는 거의 없었고, 천이 초기단계와 쇠퇴단계만 존재하는 것으로 분석되었다.

연구 결과 쓰레기 매립지인 노을공원에 이입된 아까시나무 군락은 일반 도시림과 달리 참나무림으로 천이가 진행되지 못하고 조류산포종인 뽕나무 등과 경쟁을 하는 것으로 분석되었다. 이와 같은 결과는 노을공원 쓰레기 매립지의 경우 참나무 종자가 유입될 수 있는 산림과 이격되어 있어 아직은 잠재자연식생으로 참나무가 작용하고 있지 못하기 때문인 것으로 판단된다. 아까시나무의 천이단계 역시 이와 같은 상황으로 인해 아까시나무 군락이 중간 천이단계를 넘어 쇠퇴 단계에 도달하는 경우에도 아까시나무와 참나무가 경쟁을 하지 못하고, 조류산포종인 뽕나무와 경쟁을 하는 것으로 분석되었다.

따라서 노을공원 식생복원관리를 위해서는

아까시나무에서 바로 자생종인 참나무류 군락으로 천이를 유도하는 것보다 뽕나무 등 같은 조류산포종이나 풍산포종과 경쟁하는 단계를 거쳐 장기적으로 참나무류로의 천이를 유도하는 것이 필요한 것으로 판단된다. 이를 위해서는 뽕나무와 아까시나무의 경쟁 이후의 천이 진행과정까지 지속적인 연구가 필요하다. 본 연구는 토양 등 환경적 요인에 대한 분석 없이 식생조사 결과만으로 분석한 내용이므로 향후 정밀한 토양조사 등을 통해 토양과 군락의 변화 내용에 대한 추가 연구가 필요하다.

References

Ahel M., N. Mikac, B. Cosovic, E. Prohic and V. Soukup(1998)The impact of contamination from a municipal solid waste landfill (Zagreb,Croatia) on underlying soil. *Water Science and Technology*, 37(8) : 203-210.

Cho HJ. 2005. Forest Vegetation Structures and Successional Trends in Young-il Soil Erosion Control district. *Journal of Korean Forest Society*, 94(6) : 53-461.

Clatterbuck, W. K. · J. W. Stringer · L. Tankersley. 2010. Uneven-age management in mixed species, southern hardwoods: Is it feasible and sustainable? *Professional Hardwood Notes*. Publication PB1798. Knoxville, TN: University of Tennessee Extension, Institute of Agriculture, pp.16.

Curtis, J.T. and R.P. McIntosh. 1951. An upland forest continuum in the prairie-forest border region of Wisconsin. *Ecology*, 32 : 476-496.

Horn H. S. 1971. *The Adaptive Geometry of Trees*. Princeton University Press. Princeton, New Jersey, pp. 144.

Introduction to Friends of Noeul Park. 2020. Annual operation report.(in Korean)

- Kang SC, Han BH, Choi JW, Jang JH, Kim HS. 2015. Study on Tree Growth and Soil Environment Relations of Sudokwon Landfill. Korean Journal of Environment and Ecology, 29(3) : 431-440. (in Korean with English summary)
- Kang HK, Bang KJ. 2001. Vegetation Structure and Restoration Model for Naturalness of *Rhinia pseudoacacia* forest in the Case of Korean National Capital Region. Korean Journal of Environment and Ecology, 15(2) : 159-172. (in Korean with English summary)
- Khamyong S., Lykke, A. M., Seramethakun, D. & Barfod, A. S., 2004. Species composition and vegetation structure of an upper montane forest at the summit of Mt. Doi Inthanon, Thailand. Nordic Journal of Botany, 23 : 83-97.(in English)
- Kim GG, Jo DG, Kim NC, Min BM. 2000. A Study on the Development of Techniques for Urban Forest Restoration and Management -Focus on the Restoration of Origin Vegetation and Improvement of Biodiversity-. The Korea Society For Environmental Restoration And Revegetation Technology, 3(1) : 27-37. (in Korean with English summary)
- Kim GD. 2001. Vegetation structure and ecological restoration of the waste landfills in Seoul metropolitan area. Ph.D dissertation. Seoul National University. (in Korean with English summary)
- Kim JS. 2007. An Ecological Study on the Interaction between Vegetation Structure and Animal Habitats of Nanjido Waste Landfill Biotope in Seoul, Korea. Ph.D dissertation. University of Seoul. (in Korean with English summary)
- Kwon OJ and Oh CH. 2015. Naturalization of Landscaping Woody Plant, *Magnolia obovata* Potentially Invasive Species. Journal of Mountain Science, 12(2015) : 30-38.
- Lee GJ, Han SS, Kim JH, Kim ES. 2007. Forest Ecology. Hyang Moon Sa Publishing. (in Korean)
- Lee KJ, Park IH, Jo JC, Oh CH. 1990. Studies on the Structure of the Forest Community in Mt. Sokri(2) -Analysis on the Plant Community by the Classification and Ordination Techniques-. Korean Journal of Environment and Ecology, 4(1) : 33-43. (in Korean with English summary)
- Lee KJ, Goo GH, Choi JS, Cho HS. 1991. Analysis on the Forest Community of Daewon Vally in Mt. Chiri by the Classification and Ordination techniques. Korean Journal of Environment and Ecology, 5(1) : 55-67. (in Korean with English summary)
- Lee KJ, Cho W, Jo JC. 1993. Analysis on the Plant Community Structure of Chudong Valley in Sobaeksan National Park. Korean Journal of Environment and Ecology, 6(2) : 135-146. (in Korean with English summary)
- Lee KJ, Cho W, Han BH. 1996. Restoration and Status of Urban Ecosystem in Seoul -Plant Community Structure in Forest Area-. Korean Journal of Environment and Ecology, 10(1) : 113-127. (in Korean with English summary)
- Lee KJ, Oh CH, Kim JS. 1997. A Study on the Actual Vegetation of Nanji-do for Restoration of Ecosystem after Stabilization Construction. Korean Journal of Environment and Ecology, 11(1) : 126-132. (in Korean with English summary)
- Lee WC. 1996. Lineamenta florae Koreae. Academy Publishing.(in Korean)

- Lim CY. 2017. Evaluating the Vegetation Characteristics and Restoration Performance of Restored Deciduous Broad-Leaved Forests - Focusing on the Temperate Central Region of South Korea -. Ph.D dissertation. Dongguk University. (in Korean with English summary)
- Lim SM, Kim JH. 2015. Classification of Forest Types and Estimation of Succession Index in the Natural Forest of Jirisan(Mt.). Journal of Korean Forest Society, 104(3) : 368-374. (in Korean with English summary)
- Ministry of Environment. 2005. Report on the results of the unsanitary land maintenance project 2005. (in Korean)
- Park EH. 2016. A Study for Analyzing Successional stage and it's Characteristic of the Black Locust (*Robinia pseudoacacia* L.) Population : In case of the Korea Capital Region. Ph.D dissertation. Dongguk University. (in Korean with English summary)
- Park IH, Jo JC, Oh CH. 1990. Forest Structure in Relation on Altitude and Part of Slope in a Valley and a Ridge Forest at Mt. Gaya Area. Journal of Basic Science, 1(-) : 260-268(in Korean with English summary)
- Raunkjær, C (1934). The life forms plants and statistical plant geography, Clarendon Press. Oxford.
- Seoul Metropolitan Government. 2003. Marking of the World cup park. (in Korean)
- Shannon CE and Wiener W. 1949. The Mathematical Theory of Communication. Urbana, IL: University of Illinois Press.
- Simpson EH. 1948. Measurement of diversity. Nature.
- Whittaker, R.H. 1975. Communities and Ecosystems. 2nd ed. MacMillan, New York, p.385.
- Wintturi W. 2006. An uneven-aged management primer: everything you learned in school and probably forgot. In: 2006 workshop proceedings held in Durham, New Hampshire, 6 April and 22 June 2006.
- Yi Gou, Zhennan Li, Ruyan Fan, Zuchuan Qiu, Lu Wang, Chen Wang. 2020. Ethnobotanical survey of plants traditionally used against hematophagous invertebrates by ethnic groups in the mountainous area of Xishuangbanna, Southwest China. Plant Diversity, 42(2020) : 415-426.
- Yun CW, Oh SH, Lee JH, Joo SH, Hong SC. 1999. Prediction of Succession and Silvicultural Control in the Black Locust (*Robinia pseudoacacia* L.) Plantation. Journal of Korean Forest Society, 88(2) : 229-239. (in Korean with English summary)
- Introduction to Friends of Noeul Park: <https://cafe.daum.net/nanjinoeul>
- Seoul Metropolitan Government Open Data: <https://data.seoul.go.kr/>