

교란지 복구를 위한 표토의 매토종자 발아특성 - 예산군의 나지와 묵밭 토양 -

강희경¹⁾ · 조남경¹⁾ · 송홍선²⁾

¹⁾ 공주대학교 원예학과 · ²⁾ 공주대학교 식물자원학과

Seed Germination of Surface Soil for Restoration of Disturbance Place - Bare Land and abandoned Field, Yesan-gun, Korea -

Kang, Hee-Kyoung¹⁾ · Cho, Nam-Kyoung¹⁾ and Song, Hong-Seon²⁾

¹⁾ Department of Horticulture, Kongju National University, Yesan 32439, Korea,

²⁾ Department of Plant Resource, Kongju National University, Yesan 32439, Korea.

ABSTRACT

To offer the basic data of vegetation restoration by buried seed of soil, this research was conducted at bare land and abandoned field in Yesan-gun. Germination plants of buried seed were consisted of 40 taxa (37 species, 3 varieties) in bare land, and 41 taxa (37 species, 4 varieties) in abandoned field. Classification of germination plants by family was the most in Gramineae, and emergent frequency of plots was the highest of *Digitaria ciliaris*. The soil depth of the most plants appearance was 2~5cm in bare land and 5~10cm in abandoned field, and the soil depth of the most population appearance was 0~2cm both in bare land and in abandoned field. Population number of buried seed germination was decreased according to soil depth. *Crepidiastrum sonchifolium* was a plant that population number of buried seed germination is the most. Similarity index was 0.33 in aerial part plants and buried seed plants, and 0.55 in bare land and abandoned field.

Key Words : *Planting, Soil depth, Gramineae, Annual plant, Crepidiastrum sonchifolium*

First author : Kang, Hee-Kyoung, Department of Horticulture, Kongju National University
Tel : +82-41-330-1225, E-mail : tanwoo@kongju.ac.kr

Corresponding author : Song, Hong-Seon, Department of Plant Resource, Kongju National University
Tel : +82-2-716-8373, E-mail : songhongseon@naver.com

Received : 18 October, 2017. **Revised** : 30 December, 2017. **Accepted** : 30 December, 2017.

I. 서 론

특별한 비산기작을 가지지 않은 식물 종자는 대부분 모체와 가까운 곳에 흩어지며, 모체로부터 멀어질수록 급격히 수가 감소(Watkinson, 1978)하고, 빗물에 의하거나 동물이 만든 틈 사이로 이동하여 토양에 매장된다(Bigwood and Inouye, 1988). 땅속에 묻힌 매토종자는 교란된 후의 갱신과 회복(Nakagoshi, 1985 ; Pickett and Mcdonnell, 1989), 초기 식생의 종 구성 및 다양성(Roberts, 1981) 등에 영향을 미치는 중요한 요소가 된다.

이러한 특성을 살린 교란지의 유실방지 표토 관리 및 자연회복 복구는 식물 종자를 인위적으로 도입하는 것이 아니라 그 주변의 표토에 있는 잠재종자를 이용하는 것(Koh, 2007)이 일반적이며, 이 방법은 표토복구 및 식생복원에 있어서 매토종자의 개념을 적용한 것이라 할 수 있다.

이와 관련한 연구도 지속적으로 수행되고 있는데, 종자발아의 특성(Van der Valk and Davis, 1979 ; Haag, 1981 ; Galatowitsh and Van der Valk, 1996 ; Harwell and Havens, 2003)과 함께 매토종자 발아연구(Park, 1970 ; Putz and Appanah, 1987 ; Jalili *et al.*, 2003 ; Wassie and Tegetay, 2006 ; Joe and Kim, 2008 ; Kim *et al.*, 2012) 등이 있다. 땅속 매토종자에 의한 식생복원 가능성(Koh, 2007)의 연구도 수행되었고, Kang *et al.*(2014)은 저지대 이차림의 매토종자 발아, Shin and Yi(2011)는 현존식생 초본층과 매토종자의 관계, Kim(2007)은 침엽수 조림지의 향후 천연갱신을 알아보기 위하여 매토종자를 조사한 바 있지만 거의 산지토양을 이용한 식생 복원에 중점되었다.

이와 함께 2000년대에 들어서면서는 농촌이나 도심의 주택단지 개발현장을 중심으로 표토 복구, 즉 표토 보전 및 침식 유실방지 대책이나 방안(Hwang, 2002 ; Park, 2008)에 대한 관심이 매우 높은 편이며, Cho *et al.*(2013) 및 Lee

(2013)는 표토관리의 실태를 보고하였다. Park (2008)은 안양지역 침식우려의 토양으로 지목한 밭, 공지(나지), 건설현장, 도로 등의 안정화 및 표토관리를 강조하였다.

개발현장의 표토는 일시적으로 제거되거나 매몰되는 경우가 많고 훼손 유실되기도 하므로 적합하지 않은 토양 조건이 대부분이다. 이와 비교하여 묵밭이나 나지의 표토는 오랫동안 생성된 자원이므로 개발현장의 표토층보다 유기물이나 폐기물 등을 분해하는 능력이 좋고, 식물 생육과도 관련이 깊다. 따라서 인가주변에 노출된 교란지역은 초기의 토양안정화 및 자연 생태적 복구의 회복을 위하여 그 주변의 매토종자를 이용하는 것이 좋을 것이라고 판단하였다.

이에 본 연구는 농촌 인가주변의 표토 보존 및 활용을 모색함과 아울러 교란지의 표토 복구에 있어서 토양 깊이에 따른 매토종자 이용의 기초자료로 제공하기 위하여 나지와 묵밭 매토종자의 발아 및 종 구성과 토심별 분포를 파악하고 지상부 출현 현존식물과의 관계를 비교하였다.

II. 재료 및 방법

1. 표토채취 및 조사

충청남도 예산군의 지하부 매토종자 발아실험을 위한 조사지역은 나지(밭가, 도로, 쓰레기장 주변 평탄지)와 묵밭(1~2년 휴경)을 각각 10개소씩 선정하였으며(Table 1), 표토채취를 위한 조사구 크기는 방형구(조사구) 40×40cm(0.16m²)로 하였다.

조사구의 표토는 대부분의 매토종자가 2~5cm 깊이에 많다(Young, 1985; Granström, 1988)는 보고를 기준하여 토심별(깊이 0~2cm, 2~5cm, 5~10cm, 10~15cm)로 채취하였다(Figure 1). 표토의 채취시기는 전년도의 다년생 식물과 매토종자의 지상부 출아가 완료되고, 당년 식물의 종자 발아를 배제하기 위하여 종자성숙 이전의 단계를

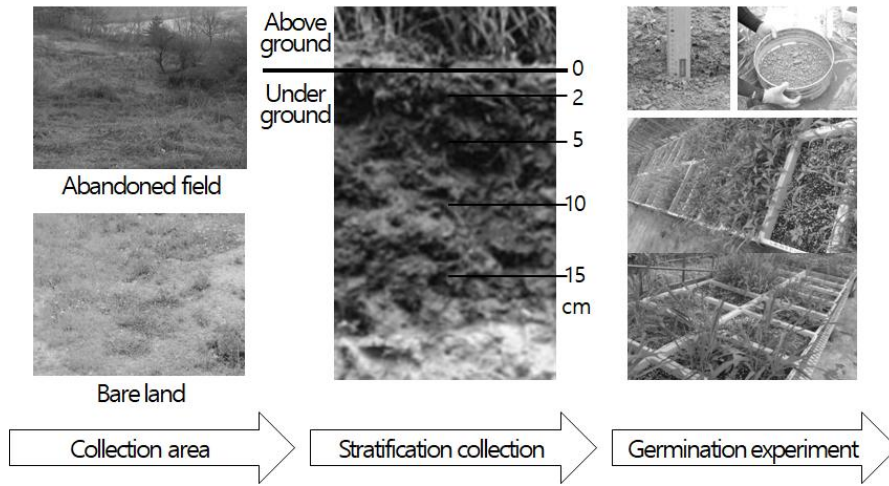


Figure 1. Experiment stage for seed germination of surface soil.

Table 1. The localities of soil collection and investigative areas in Yesan-gun

Bare land(BL)					Abandoned field(AF)				
Region	GPS position (Latitude/Longitude)	Altitude (m)	Soil sampler (m ²)	Aerial part (m ²)	Region	GPS position (Latitude/Longitude)	Altitude (m)	Soil sampler (m ²)	Aerial part (m ²)
Daeheung	36°37'12.6"/126°49'11.6"	58	0.16	1	Daeheung	36°39'02.1"/126°51'04.7"	64	0.16	1
Daeheung	36°39'02.1"/126°51'04.7"	64	0.16	1	Yesan	36°40'29.6"/126°49'94.5"	51	0.16	1
Daesul	36°41'08.0"/126°53'31.0"	139	0.16	1	Yesan	36°40'27.7"/126°49'95.6"	42	0.16	1
Daeheung	36°38'31.3"/126°47'87.1"	51	0.16	1	Daeheung	36°38'30.3"/126°47'03.6"	43	0.16	1
Daeheung	36°38'38.0"/126°49'29.0"	90	0.16	1	Daeheung	36°36'87.2"/126°47'31.9"	30	0.16	1
Daeheung	36°38'19.3"/126°50'02.0"	52	0.16	1	Daeheung	36°37'68.1"/126°47'35.8"	29	0.16	1
Daeheung	36°38'45.1"/126°50'48.2"	46	0.16	1	Yesan	36°39'59.0"/126°51'46.0"	102	0.16	1
Yesan	36°39'59.0"/126°51'46.0"	108	0.16	1	Sinyang	36°38'13.0"/126°52'33.0"	52	0.16	1
Daesul	36°41'08.0"/126°53'31.0"	139	0.16	1	Daeheung	36°36'28.9"/126°47'04.9"	65	0.16	1
Sinyang	36°38'14.0"/126°52'37.0"	52	0.16	1	Yesan	36°40'18.0"/126°51'35.0"	77	0.16	1

고려하였다. 채취한 표토정량은 토심별 각각 1,000ml이었으며, 각각의 1,000ml 표토는 반복실험을 적용하기 위하여 조사구 내의 3곳에서 채취하여 혼합하고 정선하였다.

표토는 즉시 체로 이물질을 제거한 후 다른 종자 등 협잡물이 유입되지 않도록 비닐봉지에 밀봉하여 운반하였다. 전체 표토채취는 나지와 묵밭 조사지역 각각 10개소에서 하나의 개소당 4개씩의 조사구 토심이므로 40×2(나지와 묵밭)의 80개이었다.

지상부 출현 현존식물의 조사는 표토채취 조사구 중심의 1m² 면적에서 실시하였다.

2. 매토종자 발아 실험

매토종자의 발아실험은 토양 속의 종자를 추출한 것이 아니라 채취한 표토를 그대로 이용하였으며, 2013년 6월초부터 2014년 10월까지 공주대학교 온실에서 표토채취 순서로 수행하였다.

온실 온도는 30℃ 전후의 조건을 유지하도록 맞추었다. 플라스틱 모종상자(60×38×20cm)에

Table 2. Taxa number of emergent plants at bare land and abandoned field

Division	Family		Genus		Taxa				Total taxa		Rate(%) ^a	
					Species		Variety					
	BL ^b	AF ^c	BL	AF	BL	AF	BL	AF	BL	AF	BL	AF
Angiospermae												
Dicotyledoneae	17	21	27	30	29	28	2	4	31	32	77.5	78.0
Monocotyledoneae	2	3	7	8	9	9	-	-	9	9	22.5	22.0
Subtotal	19	24	34	38	38	37	2	4	40	41	100.0	100.0
Total	26		49		51		4		55		100.0	

^a Rate as a percentage of the total 40(bare land) and 41(abandoned field) taxa, ^b BL : bare land, ^c AF : abandoned field.

부직포를 깔고 배수층 조성을 위하여 펠라이트를 5cm 두께로 채운 다음 그 위에 채취한 표토를 3cm 두께로 포설하였다. 포설한 모종상자는 외부종자 침입을 방지하기 위하여 유묘기까지 비닐로 덮었고, 2일에 1회의 빈도로 관수한 후 비닐을 열었다가 다시 덮어주었다.

매토종자에서 발아한 개체는 10일 간격으로 동정하고 개체수를 파악하였고, 발아와 생장속도가 늦은 식물의 쉬운 동정과 여러 식물의 생육에 따른 경쟁 피해를 최소화하기 위하여 동정이 가능할 때까지 키우는 동안 일찍 발아하여 식피율이 높은 식물을 순차적으로 잘라주어 제거하였다.

3. 통계분석

매토종자의 식물발아는 SPSS 20.0을 이용하여 처리 간 유의성을 검정하였고, 서로 다른 2체계(나지와 묵밭, 지상부와 지하부)의 종 다양성을 비교하기 위하여 유사도지수 [$S=100 \times (2C/a+b)$], a는 어느 한 곳의 종수, b는 비교하기 위한 다른 곳의 종수, C는 a와 b에 공통적인 종수를 이용하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 매토종자의 종조성

예산군 나지와 묵밭 매토종자 발아의 관속식

물은 26과 49속에 딸린 51종 4변종 등 총 55분류군(종류)이었으며, 나지는 19과 34속에 딸린 38종 2변종 등 총 40분류군(종류)이었고, 묵밭의 경우는 24과 38속에 딸린 37종 4변종 등 총 41분류군이었다(Table 2, Appendix 1).

이를 분류체계에 따라 분류할 경우 나지는 피자식물의 쌍자엽식물이 17과 27속에 딸린 29종 2변종 등 총 31분류군(77.5%)이었고, 피자식물의 단자엽식물은 2과 7속에 딸린 9종 등 총 9분류군(22.5%)이었다. 묵밭은 쌍자엽식물이 21과 30속에 딸린 28종 4변종 등 총 32분류군(78.0%)이었고, 단자엽식물은 3과 8속에 딸린 9종 등 총 9분류군(22.0%)이었다.

양치식물과 나자식물은 나지와 묵밭 모두에서 매토종자가 발아하지 않았는데, No *et al.* (2004)의 충청지역 밭 잡초의 분포연구에서 출현하지 않은 것과 일치하였다. 이는 사람의 발길로 다져진 밭가, 도로, 쓰레기장 주변의 나지와 휴경하는 묵밭의 특성상 양치식물과 나자식물이 자라지 않기 때문에 포자와 종자가 토양에 묻히지 못하였을 뿐만 아니라 인접한 산야의 포자와 종자가 비산되었더라도 휴경기간이 짧기 때문에 토양 매장이 쉽지 않았을 것으로 생각되었다.

매토종자 발아식물은 0.16m² 면적에서 나지와 묵밭이 55분류군이고, 이와 생육환경이 다른 하천 매토종자의 발아식물이 0.25m² 면적에서 61분류군(Kim *et al.*, 2012)인 것으로 보아 어떤 생

Table 3. Main emergent plants by families at bare land and abandoned field

Division	BL		AF	
	Taxa	Rate(%) [*]	Taxa	Rate(%) [*]
Amaranthaceae	2	5.0%	2	4.9%
Caryophyllaceae	2	5.0%	1	2.4%
Chenopodiaceae	2	5.0%	2	4.9%
Compositae	4	10.0%	5	12.2%
Cruciferae	2	5.0%	2	4.9%
Cyperaceae	2	5.0%	3	7.3%
Euphorbiaceae	2	5.0%	1	2.4%
Gramineae	7	17.5%	5	12.2%
Labiatae	1	2.5%	2	4.9%
Leguminosae	4	10.0%	4	9.8%
Polygonaceae	3	7.5%	1	2.4%
Scrophulariaceae	2	5.0%	1	2.4%
Urticaceae	0	0.0%	2	4.9%

* Rate as a percentage of the total 40(bare land) and 41(abandoned field) taxa

육지역이건 간에 매토종자 식물종수의 차이가 크지 않은 것으로 정리되었다.

가장 많은 식물이 발아한 과(family)는 나지의 경우 강아지풀, 그렁, 금강아지풀, 돌피, 미국개기장, 바랭이, 왕바랭이가 발아한 벼과(7분류군, 17.5%)이었으며, 다음으로 국화과, 콩과(각각 4분류군, 10.0%), 마디풀과(3분류군, 7.5%), 대극과, 명아주과, 비름과, 사초과, 석죽과, 십자화과, 현삼과(각각 2분류군, 5.0%), 꿀풀과(1분류군, 2.5%) 순이었고, 묵밭은 강아지풀, 나도바랭이새, 돌피, 바랭이, 왕바랭이가 발아한 벼과와 고들빼기, 등골나물, 서양민들레, 쑥, 중대거리풀이 발아한 국화과(각각 5분류군, 12.2%)이었으며, 다음으로 콩과(4분류군, 9.8%), 사초과(3분류군, 7.3%), 꿀풀과, 명아주과, 비름과, 십자화과, 췌기풀과(각각 2분류군, 4.9%), 대극과, 마디풀과, 석죽과, 현삼과(각각 1분류군, 2.4%) 순이었다(Table 3).

나지와 묵밭 모두 벼과 및 국화과(Compositae) 식물종수가 많았는데, 이는 Kim *et al.* (2012)이 하천 매토종자의 과별 발아종수와 비

슷하였다. 나지와 묵밭의 표토에서 벼과와 국화과 식물이 가장 많이 발아한 이유는 벼과와 국화과가 피자식물 중 분류군이 많은 큰 과의 하나로서 종자 산포능력이 뛰어나고 양지에 쉽게 침입하여 정착하는 식물이 많은 집단(Judd *et al.*, 1999)이기 때문으로 판단되었다.

발아의 조사구(조사지역) 각각의 출현빈도는 Table 4와 같이 나지의 경우 가장 많은 조사구에서 발아한 식물은 바랭이(10조사구, 100%)이었으며, 다음으로 방동사니(9조사구, 90%), 고들빼기, 명아주(각각 8조사구, 80%), 강아지풀, 쇠비름(각각 5조사구, 50%), 돌피(3조사구, 30%), 개여뀌, 깨풀(각각 2조사구, 20%) 순이었고, 묵밭의 경우 가장 많은 조사구에서 발아한 식물은 바랭이(9조사구, 90%)이었으며, 다음으로 고들빼기, 방동사니(각각 8조사구, 80.0%), 개여뀌, 명아주, 쇠비름(각각 7조사구, 70%), 깨풀(6조사구, 60%), 강아지풀, 팽이밥, 돌피(각각 5조사구, 50%) 순이었다.

이처럼 조사구 출현빈도가 높은 매토종자 발아식물은 바랭이, 방동사니, 고들빼기, 명아주,

Table 4. Main emergent plants by plot frequency at bare land and abandoned field

Division	BL		AF	
	Plots	Frequency	Plots	Frequency
<i>Setaria viridis</i> (L.) P.Beauv.	5	50%	5	50%
<i>Persicaria longiseta</i> (Bruijn) Kitag.	2	20%	7	70%
<i>Crepidiastrum sonchifolium</i> (Bun.) Pak&Kaw.	8	80%	8	80%
<i>Oxalis corniculata</i> L.	0	0%	5	50%
<i>Acalypha australis</i> L.	2	20%	6	60%
<i>Echinochloa crusgalli</i> (L.) P.Beauv.	3	30%	5	50%
<i>Chenopodium album</i> var. <i>centrorubrum</i> Mak.	8	80%	7	70%
<i>Digitaria ciliaris</i> (Retz.) Koel.	10	100%	9	90%
<i>Cyperus amuricus</i> Maxim.	9	90%	8	80%
<i>Portulaca oleracea</i> L.	5	50%	7	70%

Table 5. Eemergent plants by life form at bare land and abandoned field

Division	BL		AF	
	Taxa	Rate(%)*	Taxa	Rate(%)*
Geophyte	1	2.5	4	9.7
Herb				
Hemicryptophyte	14	35.0	12	29.3
Therophyte	25	62.5	25	61.0
Total	40	100.0	41	100.0

* Rate as a percentage of the total 40(bare land) and 41(abandoned field) taxa

쇠비름, 깨풀 등으로서 No *et al.*(2004)의 충청지역 밭 잡초 우점종의 바랭이, 쇠비름, 명아주, 방동사니, 깨풀 순서와 비슷하였다. 그리고 출현빈도가 높은 식물은 대부분 양지성의 밭 잡초이었는데, 이는 밭가의 나지와 묵밭의 휴경시간이 1~2년으로 짧아 토양 속의 밭 잡초 종자가 활력을 잃지 않고 많이 발아하였기 때문에 추측되었다.

매토종자 발아의 생활형별 식물은 나지의 경우 모두 초본이었고, 그 중 지표식물이 1분류군 2.5%, 주로 다년생식물의 반지중식물 14분류군 35.0%, 일년생식물 25분류군 62.5%이었으며, 묵밭의 경우도 모두 초본이었고, 그 중 지표식물이 4분류군 9.7%, 반지중식물 12분류군 29.3%, 일년생식물 25분류군 61.0%이었다(Table 5).

나지와 묵밭 모두에서 묵본의 매토종자가 발

아하지 않은 이유는 휴경 후 이차천이(secondary succession)의 시간경과가 짧아 묵본의 침입이 없었거나 묵본 종자가 침입하였더라도 토양에 묻히지 못하여 활력을 잃었기 때문으로 생각되었다.

2. 매토종자의 토심별 식물발아

매토종자 발아의 토심별 식물종수는 Table 6과 같이 나지의 경우 토심 0~2cm에서 28분류군, 토심 2~5cm에서 31분류군, 토심 5~10cm에서 22분류군, 토심 10~15cm에서 8분류군이었으며, 묵밭의 경우 토심 0~2cm와 2~5cm에서 각각 26분류군, 토심 5~10cm에서 30분류군, 토심 10~15cm에서 10분류군이었다.

또한 매토종자 발아의 토심별 식물 개체수는 나지의 경우 토심 0~2cm에서 741개체, 토심

Table 6. Total taxa and population of emergent plants by soil depth at bare land and abandoned field

Division	Soil depth of BL(cm)					Soil depth of AF(cm)				
	0~2	2~5	5~10	10~15	χ^2 test	0~2	2~5	5~10	10~15	χ^2 test
Taxa	28	31	22	8	14.1 ¹⁾	26	26	30	10	10.3*
Population	741	461	387	109	476 ¹⁾	897	608	517	79	665*

* P < 0.05

2~5cm에서 461개체, 토심 5~10cm에서 387개체, 토심 10~15cm에서 109개체이었으며, 묵밭의 경우 토심 0~2cm에서 897개체, 토심 2~5cm에서 608개체, 토심 5~10cm에서 517개체, 토심 10~15cm에서 79개체이었다. 토심별 매토종자 발아의 식물 분류군수(종수)와 개체수는 토심별의 경우 유의성이 있어 토양 깊이에 따라 발생하는 식물 종수와 개체수 모두 차이가 있었지만 나지와 묵밭의 집단 간에는 차이가 없었다.

위 결과에서 보면 토심별 식물종수는 나지가 토심 2~5cm, 묵밭이 토심 5~10cm에서 가장 많이 존재하였고, 토심별 개체수는 나지와 묵밭 모두 토심 0~2cm에서 가장 많이 나타났으므로 활력이 있는 매토종자는 주로 토심이 얇은 표토층에 집중된다고 할 수 있었다. 이는 매토종자의 75% 이상이 토양의 표토층이나 토심 2~5cm 이내에 집중적으로 존재한다(Roberts, 1981; Young, 1985; Granstrom, 1988)는 보고와 비슷하였으며, Kim(2007)은 한반도 침엽수 조림지와 활엽수림의 매토종자가 토심 4cm 깊이에 집중되었다고 보고하였다. 그리고 매토종자 발아의 토심별 개체수는 토심이 깊을수록 감소하였으며, 식물종수는 토심 0~2cm보다 2~10cm에서 많았고 토심 10cm 이상의 깊이에서 급격하게 줄어들었다. 발아의 토심별 식물종수는 묵밭이 나지보다 더 깊은 토양에서 많이 나타났는데, 이는 묵밭의 경우 몇 년 전까지 작물재배 때의 경운(심경)으로 종자가 깊게 묻힌 것이 발아능을 잃지 않았지만 나지는 오랫동안 묻혀 있어 발아능을 잃은 종자가 많았기 때문으로 여겨졌다.

그리고 토심 10cm 이상의 깊이에서 매토종자

발아율이 급격하게 감소한 것은 앞선 연구의 매토종자 조사결과와 비슷하였는데, Park(1970)은 초지대 매토종자 조사결과에서 매토종자가 토양의 층위에 따라 다르며 출현종과 출현율이 토심 0~6cm에서 77.7~95.0%를 나타내어 점유한계가 추정되었고 토심 20cm 이상의 깊이에서는 매토종자를 찾아내지 못하였다고 하였다. 그리고 매토종자의 수와 밀도는 토양이 깊을수록 감소(Bossuyt *et al.*, 2002; Godefroid *et al.*, 2006) 하였으며, 장명종자라도 토양에 깊게 묻혀 있으면 오래되어 수명이 단축(Thompson *et al.*, 1997)되므로 깊은 토양의 매토종자는 발아율이 매우 낮음을 알 수 있었다.

또한 매토종자 발아의 개체수가 많은 주요 식물은 나지의 경우 고들빼기가 650개체로서 가장 많고 다음으로 바랭이(296개체), 방동사니(107개체), 강아지풀(96개체), 금강아지풀(75개체), 석류풀(49개체), 돌피(42개체), 개여뀌, 애기땅빈대(각각 40개체), 벼룩나물(30개체), 명아주(21개체), 달맞이꽃, 질경이(각각 19개체), 쇠비름, 쯤명아주(각각 18개체), 가는털비름(10개체) 순이었으며, 묵밭의 경우 고들빼기가 590개체로서 가장 많고 다음으로 강아지풀(485개체), 바랭이(386개체), 방동사니(115개체), 쇠비름(84개체), 쯤명아주(75개체), 개여뀌(70개체), 명아주(39개체), 돌피(32개체), 깨풀(31개체), 주름잎(23개체), 팽이밥(22개체), 벼룩나물(18개체), 가는털비름(17개체) 순이었다(Appendix 1.).

3. 나지, 묵밭, 지상부, 지하부 식물의 비교

지상부(출현식물)와 지하부(매토종자 발아식

Table 7. Similarity comparison of emergent plants at bare land and abandoned field

Division	BL		AF		Mean
	Aerial part plant	Buried seed plant	Aerial part plant	Buried seed plant	
Taxa	31	40	44	41	-
Common species	10		16		13.0
Similarity index	0.28		0.38		0.33

Table 8. Similarity comparison of emergent plants at aerial part and buried seed part

Division	Aerial part		Buried seed part		Mean
	BL	AF	BG.	AF	
Taxa	31	44	40	41	-
Common species	17		26		21.5
Similarity index	0.45		0.64		0.55

물) 식물은 나지의 경우 강아지풀, 다닥냉이, 달맞이꽃, 매듭풀, 바랭이, 쭉, 애기수영, 좀명아주, 질경이, 토끼풀의 10분류군이 공통식물이었으며 유사도지수 0.28을 나타내었고, 묵밭은 개여뀌, 깨풀, 꽃마리, 돌콩, 명아주, 바랭이, 벼룩나물, 속속이풀, 쇠비름, 쭉, 얼치기완두, 익모초, 중대加里풀, 주름잎, 질경이, 토끼풀의 16분류군이 공통식물이었으며 유사도지수 0.38이었다(Table 7).

지상부와 지하부 식물의 유사도지수는 평균 0.33으로서 최고값 1에 훨씬 못 미쳐 낮았는데, 이는 낮은 토심 0~2cm의 매토종자가 활력을 유지하여 지상부의 현존식물로 자라났으나 토심이 깊은 곳의 매토종자 발아가 어려웠기 때문으로 판단되었다. Warr *et al.*(1994)은 짧은 기간 활력을 유지하는 종자는 토양의 표층에 집중되는 경향이 있다고 하였다. 그리고 지상부와 지하부 식물은 분류군의 유사성이 높기도 하지만 (Zhan *et al.*, 2007) 유사성이 낮을 때도 있다 (Jalili *et al.*, 2003 ; Wassie and Teketay, 2006 ; Ruth *et al.*, 2008)고 하였는데, 이는 지역, 환경 조건 등의 속성에 따라 지상부와 지하부 식물의 차이가 있음을 나타내는 것이라 할 수 있었다.

그리고 나지와 묵밭의 지상부 출현식물은 개망초, 꽃다지, 냉이, 달맞이꽃, 돌콩, 마디풀, 매듭풀, 바랭이, 새포아풀, 선개불알풀, 쭉, 씬바귀,

왕고들빼기, 점나도나물, 질경이, 토끼풀, 흰명아주의 17분류군이 공통식물이었으며 유사도지수 0.45를 나타내었고, 나지와 묵밭의 지하부 발아식물은 가는털비름, 강아지풀, 개비름, 개여뀌, 고들빼기, 까마중, 깨풀, 너도방동사니, 돌피, 들깨풀, 명아주, 바랭이, 방동사니, 벼룩나물, 새팔, 석류풀, 쇠비름, 쭉, 왕바랭이, 좀명아주, 주름잎, 중대加里풀, 쥐꼬리망초, 질경이, 토끼풀, 황새냉이의 26분류군이 공통식물이었으며 유사도지수 0.64이었다(Table 8).

나지와 묵밭 식물의 유사도지수는 평균 0.55로서 최고값 1의 절반 이상으로 나타났으며, 지상부와 지하부 식물의 유사도지수(평균 0.33)보다 훨씬 높게 나타났는데, 이는 나지가 이전에 경작지로 이용하였거나 경작지 인근이었기 때문에 나지와 묵밭 공통식물의 출현이 많았던 것으로 생각되었다.

IV. 결 론

본 연구는 매토종자를 이용한 개발현장 교란지의 친환경적 표토복구의 기초자료로 제공하기 위하여 예산군의 나지와 묵밭의 발아식물과 함께 지상부 출현의 현존식물과 지하부 매토종자의 발아식물을 파악하고 비교하였다.

매토종자 발아의 관속식물은 나지와 묵밭 전체에서 모두 55분류군으로 다양하였으며, 가장 많이 발아한 매토종자의 식물 집단은 벼과(Gramineae)이었다. 매토종자의 다양한 분포는 생태적 복원의 소재로서 활용가능성이 높은 것으로 판단(Kim *et al.*, 2012)되었고, 생장이 빠르고 종자 생산이 많은 벼과 식물이 많이 발아한 점은 교란지 토양복원의 표토관리에 유리한 것으로 여겨졌다.

출현빈도가 가장 높은 매토종자의 발아식물은 나지와 묵밭 모두 벼과의 일년생 바랭이이었고, 발아 개체수가 가장 많은 식물은 나지와 묵밭 모두 국화과의 일년생 고들빼기이었고, 전체적으로 매토종자의 발아식물은 일년생 초본이 60%를 상회하였다. 따라서 녹화식물은 장기적인 관리 측면 등을 고려하면 다년생이 유리하므로, 일년생이 대부분인 나지와 묵밭의 표토는 교란지의 표토관리 및 자연녹화에 적용하는 불리를 인위적인 종자도입 병행 등으로 보완할 필요가 있었다. 이와 관련하여 Koh(2007)는 매토종자 이용녹화가 좋은 기술이지만 발아가 곤란한 종도 있으므로 이 기술의 이용에 있어서 자생종과 종 및 묘목 식재 등의 필요하다고 하였다.

토심별 발아식물의 종수는 나지가 2~5cm, 묵밭이 5~10cm 깊이에서 가장 많았으며, 개체수는 나지와 묵밭 모두 0~2cm 깊이에서 가장 많았고 토심이 깊을수록 감소하였다. 그리고 지상부 출현의 현존식물과 지하부 매토종자의 발아식물은 유사도지수가 평균 0.33로서 낮게 나타났으므로 표토를 이용한 교란지 또는 비탈면의 친환경적 자연녹화는 현존 지상부 식생의 유지 목적을 목적으로 설계하기 보다는 사전에 얕은 토심의 식물종 구성을 파악한 자료에 기초하는 것이 바람직할 것으로 생각되지만 보다 충실한 자료를 얻기 위하여 조사지역을 타 지역의 유사집단으로 확대할 필요가 있었다.

한편 본 연구가 땅속 종자의 휴면 및 수명 등이 모든 매토종자에 동일하게 적용할 수 없는

점을 비롯하여 나지 또는 묵밭의 매토종자를 이용하였을 때 개발현장 교란지의 표토복구와 식생복원의 개념적 이질성의 견해가 있을 수 있어 앞으로 보완실험을 통한 광범위한 고찰이 이루어져야 할 것으로 판단되었다.

References

- Bigwood, D.W. and D.W. Inouye. 1988. Spatial patterns analysis of seed bank : An improved method and optimized sampling. *Ecology* 69 : 497-507.
- Bossuyt, B. · M. Heyn and M. Hermy. 2002. Seed bank and vegetation composition of forest stands of varying age in central Belgium: consequences for regeneration of ancient forest vegetation. *Plant Ecology*, 162(1) : 33-48.
- Cho, Y.H. · J.M. Lee · W.T. Kim · Y.H. Yoon · H.K. Kang · B.J. Park · T.S. Yoon · K.E. Jang · K.J. Shin · Y.J. Eo · M.Y. Kwak and H.S. Song. 2013. A study on the actual condition of topsoil management at river restoration projects. *Journal of Korean institute of landscape architecture* 41(1) : 34-43. (in Korean with English abstract)
- Galatowitsh, S.M. and A.G. Van der Valk. 1996. The vegetation of restored and natural prairie wetlands. *Ecological application* 6(1) : 102-112.
- Godefroid, S. · S.S. Phartyal and N. Koedam. 2006. Depth distribution and composition of seed bank under different tree layers in a managed temperate forest ecosystem. *Acta Oecologica* 29(3) : 283-292.
- Granstrom, A. 1988. Seed banks at six open and afforested heathland sites in southern Sweden. *J. App. Ecol.* 25(1) : 297-306.
- Haag, R.W. 1981. Emergence of seedlings of aquatic

- ic macrophytes from lake sediments. Canadian Journal of Botany 61(1) : 148-156.
- Harwell, M.C. and K.E. Havens. 2003. Experimental studies on the recovery potential of submerged aquatic vegetation after flooding and desiccation in a large subtropical lake. Aquatic Botany 77(2) : 135-151.
- Hwang, C.M. 2002. A study on the conservation of surface soil and erosion control. Thesis for the Degree of Master, Graduate School, University of Andong, Korea. (in Korean)
- Jalili, A. · B. Hamzeh'e · Y. Asri · A. Shirvan y · S. Yazdani · M. Khoshnevis · F. Zarrinkamar · M.A. Ghahramani · R. Safavi · S. Shaw · J.G. Hodgson · K. Thompson · M. Akbarzadeh and M. Pakparvar. 2003. Soil seed banks in the arasbaran protected Iran and their significance for conservation management. Biological Conservation 109(3) : 425-431.
- Joe, S.H. and K.D. Kim. 2008. Comparisons between a forest road with a coniferous plantation and distributed vegetation on the edge of a forest and reclaimed soil seed bank. Kor. J. Env. Eco. 22(4) : 409-419. (in Korean with English abstract)
- Judd, W.S. · C.S. Campbell · E.A. Kellogg and P.F. Stevens. 1999. Plant systematics. Sunderland, Massachusetts, USA : Sinauer Associates. pp.210-401.
- Kang, H.K. · J.Y. Park · S.K. Ahn · Y.H. Cho · B.P. Park · W.T. Kim · K.J. Shin · Y.J. Eo and H.S. Song. 2014. Germination of buried seeds in secondary forest of basla zone. Kor. J. Env. Eco. 28(6) : 705-714. (in Korean with English abstract)
- Kim, S.C. · B.J. Park · W.T. Kim · Y.H. Yoon · Y.H. Cho · H.K. Kang · H.K. Oh · K.J. Shin · Y.J. Eo · T.S. Yoon · K.E. Jang and M.Y. Kwak. 2012. Density and Species Composition of Soil Seed Bank in Rural Stream Topsoil. Journal of the Environmental Sciences 21(11): 1419-1424. (in Korean with English abstract)
- Kim, Y.M. 2007. Buried Seeds and the emergent species in a natural hardwood stand and plantations of *Larix kaempferi* and *Pinus koraiensis* in Mt. Jungwang, Pyungchang-gun, Gangwon Province, Korea. Thesis for the Degree of Master, Graduate School, University of Seoul. (in Korean)
- Koh, J.H. 2007. A study on the potential contribution of soil seed bank to the revegetation. J. Korean Env. Res. & Reveg. Tech. 10(6) : 99-109. (in Korean with English abstract)
- Lee J.M. 2013. A study on topsoil management practices in development projects. Thesis for the Degree of Master, Graduate School, University of Kongju, Korea. (in Korean)
- Nakagoshi, N. 1985. Buried viable seeds in temperate forests. In J. White (ed.), The Population Structure of Vegetation, 1st ed., Springer, Dordrecht 551-570.
- No, S.W. · Y.C. Gu · D.Y. Song · J.H. Park and G.Y. Seong. 2004. Weed population distribution and change of dominant weed species on upland fields in Chungcheong region. kor. J. Weed Sci. 24(1) : 72-77. (in Korean with English abstract)
- Park, B.K. 1970. Ecological studies on the buried-seed population in the grassland of the Ewha womans university. J.K.R.I.B.L. 5 : 7-15. (in Korean with English abstract)
- Park, E.J. 2008. The status of soil exposure and management practices for soil conservation in urban watersheds. Report of Kyunggi

- Research Institute. pp.137. (in Korean)
- Pickett S.T.A. and M.J. McDonnell. 1989. Seed bank dynamics in temperate deciduous forest (In M. A. Leck, V. T. Parker and R. L. Simpson eds., "Ecology of Soil Seed Banks"). San Diego : Academic Press. pp.123-145.
- Putz, F.E. and S. Appanah. 1987. Buried seeds, newly dispersed seeds and the dynamics of a lowland forest in Malaysia. *Biotropica* 19 (4) : 326-333
- Roberts, H.A. 1981. Seed banks in soils (In T. H. Coaker eds., "Advances in Applied Biology, Volume 6"). London : Academic Press. pp.1-55.
- Ruth, A.D. · S. Jose and D.L. Miller. 2008. Seed bank dynamics of sand pine scrub and longleaf pine flatwoods of the Gulf Coastal Plain (Florida). *Ecol. Res.* 26(1) : 19-21.
- Shin, H.T. and M.H. Yi. 2011. The Relationship between soil seed bank and ground layer of actual vegetation in Korea. *Journal of the Environmental Sciences* 20(1) : 127-135. (in Korean with English abstract)
- Thompson, K. · J. Bakker and R. Bekker. 1997. The soil seed bank of North West Europe. *Methodology, Density and Longivity*, Cambridge, Cambridge University Press 288pp.
- Van der Valk, A.G. and C.B. Davis. 1979. A reconstruction of the recent vegetational history of a prairie marsh, Eagle Lake, Iowa, from its seed bank. *Aquatic Botany* 6 : 29-51.
- Warr, S.J. · M. Kent and K. Thompson. 1994. Seed bank composition and variability in five woodlands in southwest England. *Journal of Biogeography* 21 : 151-168.
- Wassie, A. and D. Teketay. 2006. Soil seed banks in church forests of northern Ethiopia: Implications for the conservation of woody plants. *Flora* 201(1) : 32-43.
- Watkinson, A.R. 1978. The demography of a sand dune annual : *Vulpia fasciculata* III. The dispersal of seeds. *J. Ecol.* 66 : 483-498.
- Young, K.R. 1985. Deeply buried seeds in a tropical wet forest in Costa Rica. *Biotropical* 17(4) : 336-338.
- Zhan, X. · L. Li and W. Cheng. 2007. Restoration of *Stipa kryloviistepes* in inner Mongolia of China, Assesment of seed banks and vegetation composition. *Journal of Arid Environments* 68(2) : 298-307.

Appendix 1. Total list of emergent plants by soil depth at bare land and abandoned field in Yesan-gun

Division	Life form ¹⁾	Soil depth of bare land(cm)					Soil depth of abandoned field(cm)				
		0 ~2	2 ~5	5 ~10	10 ~15	Total	0 ~2	2 ~5	5 ~10	10 ~15	Total
Solanaceae(가지과)											
<i>Solanum nigrum</i> L.(까마중)	Th	2	-	-	-	2	-	1	-	-	1
Oxaliaceae(괘이밥과)											
<i>Oxalis corniculata</i> L.(괘이밥)	Ch	-	-	-	-	0	3	15	4	-	22
Compositae(국화과)											
<i>Crepidiasrum sonchifolium</i> (Bunge) Pak & Kaw.(고들빼기)	H	150	200	220	80	650	200	170	190	30	590
<i>Eupatorium japonicum</i> Thunb.(등골나물)	H	-	-	-	-	0	-	4	-	-	4
<i>Erechtites hieracifolia</i> Raf.(붉은서나물)	Th	-	6	-	-	6	-	-	-	-	0
<i>Taraxacum officinale</i> Weber(서양민들레)	H	-	-	-	-	0	1	-	-	-	1
<i>Artemisia princeps</i> Pamp.(쑥)	H	2	2	1	-	5	3	3	1	-	7
<i>Centipeda minima</i> (L.) A.Br. & Asch.(중대가리풀)	Th	-	2	-	-	2	-	1	7	-	8
Labiatae(꿀풀과)											
<i>Mosla punctulata</i> (J.F.Gmel.) Nakai(들깨풀)	Th	14	2	-	-	16	2	5	2	-	9
<i>Leonurus japonicus</i> Houtt.(익모초)	H	-	-	-	-	0	-	-	4	-	4
Commelinaceae(닭의장풀과)											
<i>Commelina communis</i> L.(닭의장풀)	Th	-	-	-	-	0	-	1	-	-	1
Euphorbiaceae(대극과)											
<i>Acalypha australis</i> L.(깨풀)	Th	3	-	1	-	4	8	9	10	4	31
<i>Euphorbia supina</i> Raf.(애기땅빈대)	Th	38	2	-	-	40	-	-	-	-	0
Polygonaceae(마디풀과)											
<i>Persicaria longiseta</i> (Bruijn) Kitag.(개여뀌)	Th	18	-	22	-	40	8	35	27	-	70
<i>Rumex acetosella</i> L.(애기수영)	H	2	3	-	-	5	-	-	-	-	0
<i>Persicaria japonica</i> (Meisn.) H.Gross ex Nakai(흰꽃여뀌)	H	-	16	1	-	17	-	-	-	-	0
Chenopodiaceae(명아주과)											
<i>Chenopodium album</i> var. <i>centrorubrum</i> Mak(명아주)	Th	4	9	6	2	21	17	16	5	1	39
<i>Chenopodium ficifolium</i> Smith(좁명아주)	Th	14	2	2	-	18	10	20	35	10	75
Onagraceae(마늘꽃과)											
<i>Oenothera biennis</i> L.(달맞이꽃)	H	13	5	1	-	19	-	-	-	-	0
Gramineae(벼과)											
<i>Setaria viridis</i> (L.) P.Beauv.(강아지풀)	Th	72	15	7	2	96	201	169	100	15	485
<i>Eragrostis ferruginea</i> (Thunb.) P.Beauv.(그렁)	H	4	1	-	-	5	-	-	-	-	0
<i>Setaria glauca</i> (L.) P.Beauv.(금강아지풀)	Th	74	1	-	-	75	-	-	-	-	0
<i>Microstegium vimineum</i> (Trin.) A.Camus(나도바랭이새)	Th	-	-	-	-	0	-	2	2	-	4
<i>Echinochloa crusgalli</i> (L.) P.Beauv.(들피)	Th	31	11	-	-	42	15	9	7	1	32
<i>Panicum dichotomiflorum</i> Michx.(미국개기장)	Th	-	-	5	-	5	-	-	-	-	0
<i>Digitaria ciliaris</i> (Retz.) Koel.(바랭이)	Th	216	59	19	2	296	331	36	14	5	386

Appendix 1. Continue

Division	Life form ¹⁾	Soil depth of bare land(cm)					Soil depth of abandoned field(cm)				
		0 ~2	2 ~5	5 ~10	10 ~15	Total	0 ~2	2 ~5	5 ~10	10 ~15	Total
Gramineae(벼과)											
<i>Eleusine indica</i> (L.) Gaertn.(왕바랭이)	Th	-	-	3	-	3	1	5	-	-	6
Sterculiaceae(벽오동과)											
<i>Corchoropsis tomentosa</i> (Thunb.) Makino(수까치깨)	Th	-	-	-	-	0	-	-	2	-	2
Amaranthaceae(비름과)											
<i>Amaranthus patulus</i> Bertol.(가늠털비름)	Th	-	5	5	-	10	8	8	1	-	17
<i>Amaranthus blitum</i> L.(개비름)	Th	2	1	-	-	3	1	1	1	-	3
Cyperaceae(사초과)											
<i>Cyperus serotinus</i> Rottb.(너도방동사니)	H	3	6	-	-	9	3	-	-	-	3
<i>Cyperus amuricus</i> Maxim.(방동사니)	Th	6	44	50	7	107	34	34	40	7	115
<i>Fimbristylis dichotoma</i> (L.)Vahl(하늘지기)	Th	-	-	-	-	0	1	-	-	-	1
Aizoaceae(석류과)											
<i>Mollugo pentaphylla</i> L.(석류풀)	Th	22	27	-	-	49	-	6	1	-	7
Caryophyllaceae(석죽과)											
<i>Stellaria alsine</i> var. <i>undulata</i> (Thunb.) Ohwi(벼룩나물)	H	-	-	20	10	30	-	13	5	-	18
<i>Stellaria media</i> (L.) Vill.(별꽃)	H	-	12	5	-	17	-	-	-	-	0
Portulacaceae(쇠비름과)											
<i>Portulaca oleracea</i> L.(쇠비름)	H	5	3	7	3	18	26	37	18	3	84
Cruciferae(십자화과)											
<i>Lepidium apetalum</i> Willd.(다닥냉이)	H	2	1	-	-	3	-	-	-	-	0
<i>Rorippa palustris</i> (Leyss.) Besser(속속이풀)	H	-	-	-	-	0	-	-	1	-	1
<i>Cardamine flexuosa</i> With.(황새냉이)	H	4	6	5	3	18	2	-	5	-	7
Urticaceae(췌기과)											
<i>Pilea mongolica</i> Wedd.(모시물통이)	Th	-	-	-	-	0	2	-	-	-	2
Rosaceae(장미과)											
<i>Potentilla fragarioides</i> var. <i>major</i> Maxim.(양지꽃)	H	-	-	-	-	0	-	-	1	-	1
Violaceae(제비꽃과)											
<i>Viola verecunda</i> A.Gray(몽제비꽃)	H	-	-	3	-	3	-	-	-	-	0
Acanthaceae(쥐꼬리망초과)											
<i>Justicia procumbens</i> L.(쥐꼬리망초)	Th	12	3	-	-	15	3	-	-	-	3
Borraginaceae(지치과)											
<i>Trigonotis peduncularis</i> (Trevir.) Benth. ex Hemsl.(꽃마리)	Th	-	-	-	-	0	-	-	7	-	7

Appendix 1. Continue

Division	Life form ¹⁾	Soil depth of bare land(cm)					Soil depth of abandoned field(cm)				
		0 ~2	2 ~5	5 ~10	10 ~15	Total	0 ~2	2 ~5	5 ~10	10 ~15	Total
Plantaginaceae(질경이과)											
<i>Plantago asiatica</i> L.(질경이)	H	5	12	2	-	19	8	-	-	-	8
Campanulaceae(초롱꽃과)											
<i>Lobelia chinensis</i> Lour.(수염가래꽃)	Ch	-	-	-	-	0	5	3	1	-	9
Leguminosae(콩과)											
<i>Glycine soja</i> Siebold & Zucc.(돌콩)	Th	-	-	-	-	0	1	-	-	-	1
<i>Kummerowia striata</i> (Thunb.) Schindl.(매듭풀)	Th	10	1	-	-	11	-	-	-	-	0
<i>Vigna angularis</i> var. <i>nipponensis</i> (Ohwi) Ohwi & H. Ohashi(새팥)	Th	3	2	-	-	5	-	2	1	-	3
<i>Vicia tetrasperma</i> (L.) Schreb.(얼치기완두)	Ch	-	-	-	-	0	3	-	3	-	6
<i>Chamaecrista nomame</i> (Siebold) H. Ohashi(차풀)	Th	10	1	-	-	11	-	-	-	-	0
<i>Trifolium repens</i> L.(토끼풀)	Ch	-	1	-	-	1	-	-	5	-	5
Scrophulariaceae(현삼과)											
<i>Lindernia procumbens</i> (Krock.) Borbas(밭뚝외풀)	Th	-	-	1	-	1	-	-	-	-	0
<i>Mazus pumilus</i> (Burm.f.) Steenis(주름잎)	Th	-	-	1	-	1	-	3	17	3	23

¹⁾ Ch:chamaephyte(지표식물), H:hemicryptophyte(반지중식물), Th:therophyte(일년생식물)