

道路비탈면의 種子噴射工法用 잔디種類的 選拔

朱 泳 圭

延世大學校 生物資源工學科

Selection of Turfgrass Species and Cultivars for Hydroseeding on Road Side Slope Areas

Joo, Young-Kyoo

Dep. of Biological Resources & Technology, Yonsei University

ABSTRACT

Hydroseeding technique is a very popular method of revegetating slope areas through the control of soil erosion and stability by seeding grasses. This study was conducted to select turfgrass species and cultivars for hydroseeding. Experiment plots were established on various soil types and environmental conditions at Singar-Ansan high-way construction site. The investigation was designed in three cutting, one back-filling and other three spare sites with various seed mixtures.

Results indicated that combinations of seed mixtures influenced seed germination and rates of surface cover. In a view of long term, vegetation shifts should be influenced by characters of slopes and micro-climate conditions. Hydroseeding did not show good results on rocky slope areas. Revegetation was only going on where there had soil. The combination of seed mixture with a higher rate of perennial ryegrass had relatively good revegetation with faster germination and seedling growth. Improved turf-type tall fescue Arid[®] and Falcon[®] seemed to have good environmental adaptation and drought tolerance. Wild or old type cultivars showed relatively slow green-up in spring and growth rates at the next year of seeding. For the harmonious landscaping with surrounding area, the combination of native grass mixture with cool-season grasses had good results. Slow and low revegetation rate at back-filling site seemed to be caused by the poor development of capillary tubes in sub-soil. It was shown that a high correlation between seed germination and revegetation rate, and between three-month later coverage rate and final rate. The evaluation of coverage rate after three month seems to be acceptable to decide the accomplishment of hydroseeding results on road side slopes.

Key words: Turfgrass, Hydroseeding, Road slope, Revegetation, Seed-mixture

서 론

고속 국도나 일반 도로의 건설시 절토 또는 성토에 의해 파생되는 인공 비탈면(法面)은 평탄

도로와의 사이에 직선적인 경계선이 생겨나 강하고도 이질적인 경관을 연출하게 되며 이 비탈면이 노출된 채 방치될 때에는 강우의 충격과 지표수의 이동, 지하수 위의 상승에 따라 표면이 침식 또는 붕괴된다. 또한 동절기의 서리나 동결에 의해 부풀어 오른 지표가 표토층의 해빙과 함께 침식, 붕괴되며 암반 표층의 경우도 마찬가지로 갈라진 금에 침투된 물이 동결하여 그 인장력으로 인하여 낙석 현상이 발생된다(新田, 小橋, 1984) 이러한 비탈면의 생성을 최대한 억제하기 위하여 노선의 결정시 토목 공사량을 최대한 줄이는 도로 계획이 병행되고 비탈면에서의 도로 처리 공법도 법면의 축소, 분할 등으로 노출면을 줄여 비탈면의 생성을 억제한다. 그러나 도로건설상 불가피하게 인공학적으로 생성된 비탈면을 토목 공학적으로 안정시키고, 자연 경관으로의 회복을 위해서는 여러가지 기술을 이용한 비탈면 보호 공법이 적용되어야 한다. 이러한 공법의 가장 일반적 수단은 식생에 의한 녹화 공법과 인공 재료를 이용한 구조물의 설치이다. 식물의 생육이 제한받는 지역인 암반지, 건조지, 또는 저습지나 특수 토양에서 생물의 생육을 바랄 수 없는 지역이나 붕괴가 예상되는 급경사면에 있어서는 인공재료에 의한 특수 법면 보호 공법이 불가결하다(新田, 小橋, 1984; 通路綠化保全協會, 1977; 龜山 외, 1989). 또한 식물 재료에 의한 공사의 특수성 때문에 시공 여건과 시공 시기 등에 제약을 받고 기후와 토양의 여건에 따라 그 시공법을 다소 변형시켜야 하나 식생 재료에 의한 비탈면 처리는 자연 경관미를 회복할 수 있고 공사가 상대적으로 간단하기 때문에 시공비가 저렴한 장점 등으로 일반적으로 가장 많이 적용되고 있는 공법이다. 식생 재료에 의한 비탈면 처리공법 중 종자 파종 공법(seed spray, hydro-seeding method)은 현재 가장 일반화 되고 있는 공법으로 주로 한지형 잔디(때에 따라 난지형 초본류 포함)와 피복 양생재, 비료, 색소와 침식 방지제에 물을 가하여 분산시킨 후 동력 펌프기에 연결된 분사기로 비탈면에 살포하는 방법으로 작업 능률이 높고 시공 단가가 다른 잔디 공법보다 저렴하여 가장 보편화 되어 있는 공법이다(한국토지개발공사, 1987; Carr and Ballard, 1980; 龜山, 1989). 사용 재료에 따라 광범위한 토양 조건 상태에서 시공이 가능하다. 과거에는 개량되지 않은 재래 종자나 목초 종자를 사용하기도 하였으나 현재는 잔디 종자로 개량된 품종을 사용하는 경우가 많다.

따라서 본 실험은 비탈면 보호 공법 중 종자 분사 공법에 의한 녹화를 통하여 토양 침식 방지 및 지반 안정화 달성을 위한 잔디 종류 선정에 목적으로 신갈-안산간 고속도로 건설 현장에 토양 및 여러 가지 환경 여건이 다른 절토부 3개소, 성토부 1개소, 보조구 3개소에 시험 구간을 설정하고 파종 종자의 종류 및 품종을 달리하여 본 실험을 수행하였다.

재료 및 방법

현재까지 여러 가지 토목 및 조경 공사의 비탈면에서 시행하고 있는 식생을 이용한 녹화 공법 중 종자 분사 공법을 도로 비탈면 녹화의 시공 관점에서 검토하여 고속 도로 건설 공사 구간에 시험구를 설치하였다. 1990년도 하계 중에 시험구를 설치하고 9월 25일 파종을 시작으로 하여 1991년도 하계에 실험을 완료하였다. 실험 기간 중 실험 현장의 기상 요약표(기상청 발표, 수원

Table 1. Monthly weather condition during experimental period(Suwon areas)

Year & month	Aug.1990	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.1991	Feb.	Mar.	Apr.	May
Temp. (°C)	26.0	21.0	14.2	9.3	5.7	-2.9	-1.3	4.3	11.8	16.8
Precip. (mm)	290	583	0	59	27	17	42	52	53	123

지방 월평균)는 Table 1과 같다.

1. 잔디 종자 공시 종류 및 품종

종자 분사 공법에 사용된 잔디 종류의 공시 종명과 품종 또는 기타 초목류의 조합 선정은 (1) 우리 나라의 봄, 가을철의 건조 및 여름의 고온 다습, 동절기 등의 환경에 대한 내성이 강하고, (2) 지면 피복 속도가 빠르며 환경미적 견지에서도 양호한 초종을 미리 선정하였는데 Table 2와 같다.

2. 시험구 배치 및 파종방법

시험구의 배치는 신갈-안산간 고속 도로 건설 현장에 토질 상황 및 사면 경사 등의 여러 가지

Table 2. Treatment of selected seed-mixture and expecting maximum rate of seed germination

Treatment of seed mixture			Maximum expecting rate of seed germination				
Treat-ment	Seed spp. & cultivar	Seed-ing g /m ²	No. seed per g	Purity (%)	Germina-tion (%)	Field germ-ination(%)	No. of seedling expected /m ²
# 1	T.F(Falcon)	10	500	95	90	80	3,420
	P.R(Pennant)	4	550	95	90	80	1,504
	Fine Fescue	2	1,000	95	80	60	912
	Red Top	2	3,000	70	70	60	1,764
	Total	20	5,050	89	83	70	7,600
# 2	T.F(Arid)	16	500	95	90	80	5,472
	P.R(AllStar)	2	550	95	90	80	752
	KBG(Nassau)	2	3,000	90	75	60	2,430
	Total	20	4,050	93	85	73	8,654
# 3	T.F(Falcon)	5	500	95	90	80	1,710
	T.F(KY-31)	5	500	80	90	80	1,440
	P.R(Pennant)	5	550	95	90	80	1,881
	Fine Fescue	5	1,000	95	80	60	2,280
	Total	20	2,550	91	88	75	7,311
# 4	T.F(Arid)	10	500	98	90	80	3,528
	P.R(Pennant)	5	550	98	90	80	1,940
	Fine Fescue	5	1,000	95	80	80	3,040
	<i>Arundinella</i>	4	800	90	40	60	691
	<i>L. cuneata</i>	3	600	90	60	60	583
	<i>L. cyrtobotrya</i>	3	150	90	40	60	97
	Total	30	3,600	93	67	70	9,880
# 5	C.B(Reubens)	12	2,500	90	80	60	12,960
	P.R(Pennant)	4	550	95	90	80	1,504
	T.F(Falcon)	4	500	95	90	80	1,368
	Total	20	3,550	93	87	73	15,832

T.F=Tall Fescue, P.R=Perennial Ryegrass, K.B.G=Kentucky Bluegrass, C.B=Canada Bluegrass, Fine Fescue=Chewings Fescue, *L. cuneata*=*Lespedeza cuneata*, *L. cyrtobotrya*=*Lespedeza cyrtobotrya*

Table 3. General description of experimental plots

Plot number	Location on highway (down / up to Seoul)	Cut / back filled	Slope (%)	Plot direction	Seeding area (m ²)	Surface nature*
No. 1	R-A 1+300-1+350 (down)	cut	65	south	400	a+b+c
No. 2	R-E 0+120-0+280 (up)	cut	50	north	400	a+b
No. 3	MAIN 600+100-600+160 (down)	cut	67	south	500	b+c
No. 4	MAIN 5+200-5+240 (up)	filled	67	south	600	a

Surface nature* a ; means top soil, b ; means weathered sand with gravels,
c ; means weathered rocks

환경 여건이 다른 절토부 3개소, 성토부 1개소 및 보조구 3개소에 시험 구간을 설정하고 Table 3 과 같이 파종 종자의 종류 및 품종을 달리하여 파종하였다. 제1차 파종은 1990년 9월 4일에 행하여졌으나 집중 호우로 인한 현장 유실로 다시 정리, 복구한 후 재파종을 실시하였다. 시험파종 후 30일간 즉 1990년 9월 25일 부터 동년 10월 24일까지는 현장에서 발아율을 조사하였다. 파종은 일반적으로 행하여지는 종자 분사 공법(hydro-seeding)으로 행하였으며 종자 이외에 파종시 복합 비료(18-18-18) 50g, 피복 양생제(Giber) 80g, 침식 방지 안정제(C.M.C) 5g, 착색제(마라 카이드) 0.5g을 1m² 단위로 혼합 파종하였다(任 外, 1990 ; 한국토지개발공사, 1987 ; 龜山 外, 1989). 시험구 배치는 Randomized Complete Block Design(난괴법)의 방법을 응용하였다.

3. 자료 조사 방법

결과 조사는 파종후 완전 발아 때까지 30일 간은 주 2~3회 현장의 발아 상태를 조사하고 생육 기간 중은 병충해 발생 및 각종 환경 내성을 적용한 생육, 생태 및 피복율, 환경미적 사항에 대해 조사하였다. 조사 내용은 다음과 같다.

- (1) 시험 파종 발아율, 피복율 조사
- (2) 파종 지역 생육, 상태, 상태 및 환경 적응성 조사

이외에 다음의 사항이 추가되었으나 본보에서는 (1)과 (2)항에 대한 내용을 집중 분석하였다. (3)~(5)항의 내용은 다음에 보고하고자 한다.

- (3) 기존 식물 또는 침입 식생(잡초)과의 경쟁에 의한 생태적 변이 조사
- (4) 이미 시공된 녹화 지역의 시간 경과에 따른 식생 변이 조사
- (5) 지속적 관리(following maintenance)의 방안 기초 조사

실험 결과 및 고찰

1. 시험 파종 지역 발아율 조사 결과 및 분석

Data의 통계 분석은 SAS(Statistic Analysis System)에 의해 실시되었고 Data와 현장 관찰의 결과를 분석하였다. Table 4에서는 종자 조합에 대한 각 시험구의 토질에 따른 1개월간에 걸친 최종 종자 발아율과 평균 성적(발아 진행 상태)을 나타내었다. 4개 시험구의 각 부위를 반복으로 사용하고 종자 조합 4개를 분산 분석을 실시한 결과 고도의 유의수준($\alpha=0.01$)에서 발아는 종자 조합과 파종지의 환경 조건에 따라 차이를 나타냈으나 파종지에 따른 종자 조합의 교호 작용은 인정될 수 없었다.

Fig. 1은 종자 조합에 따른 파종 후 1개월간의 발아율의 변화를 조사한 결과이다. 전 기간에

Table 4. ANOVA table for final germination rates one month after hydroseeding

Source	D.F	Anova SS	Mean Squire	F Value	Pr > F
Replication	7	14349.2	2049.9		
Seed combination	3	871.1	290.4	6.89	0.002
RepX Combination	21	885.2	42.2		
Locations	3	12996.1	4332.0	47.05	0.001
Loc. xCombination	9	525.8	58.4	0.08	0.9

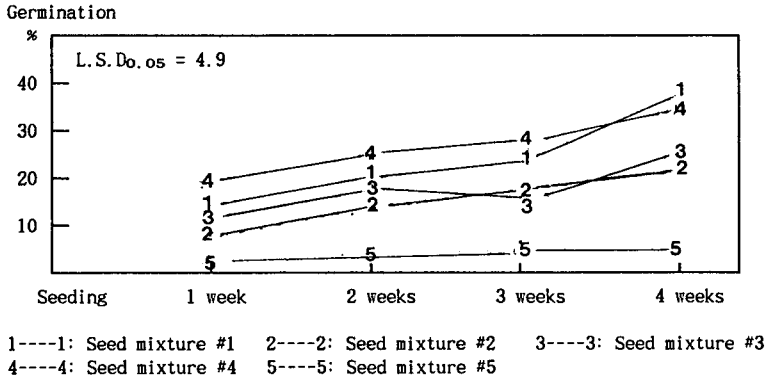


Fig. 1. Germination rates of seed mixtures after one month period.

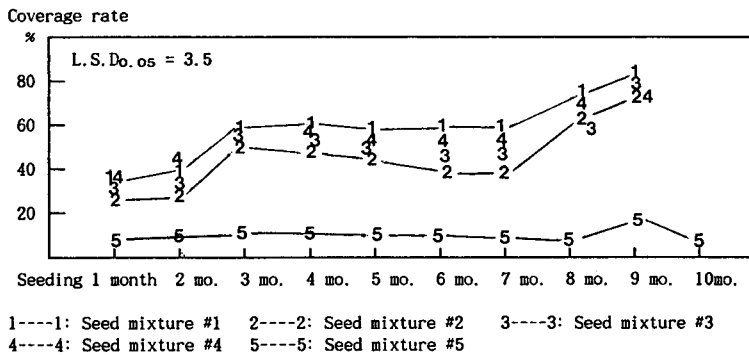


Fig. 2. Coverage rates of seed mixtures following ten month period.

걸쳐 Fig. 2의 종자 조합 #1과 #4의 성적이 다른 조합에 비하여 상대적으로 우수하였으며 약 40% 가까운 피복율을 보였다. Table 5는 시험구와 토질의 종류에 따른 최종 발아율 변화에 대한 통계 분석표이다. 종자의 발아는 시험구의 비탈면 성질에 따라 유의차가 인정되었으며 같은 시험구 내에서도 토질간 차이가 있었다(Table 3 참조). 한지형 잔디를 주조합으로 한 종자분사 공법에서는 남향보다 북향, 그리고 완만한 경사각에서 높은 발아율을 보였다. 역시 성토부보다는 절토부에서 높은 성적을 보였고 암반 지역에서의 종자 발아율이 극히 저조하였다. 양토부로 조성된 성토부는 토질이 양호하였으나 토양의 고결로 인한 토양 물리성의 문제(모세 공극 미발달)로 종자 발아가 극히 저조하였다고 판단되었다.

Table 5. Statistical analysis of final germination rates on plots and surface nature

T Grouping	T test (LSD) variables=final seed germination rates			
	level=0.05	d, f=12	Mean square=29.9	LSD=8.4
	Means	Plot No.	Surface nature*	Slope
A	75.0	2	a	cut with slow
B	57.5	2	a+b	
C	38.8	1	a+b	filled with fast
C	35.0	1	a	
D	23.8	1	c	
D	22.5	4	a	filled with fast
E	11.3	4	a	
E	10.0	3	b+c	cut with fast

Surface nature* a means top soil, b means weathered sand with gravels,

c means weathered rocks

파종 지역의 발아율 조사에 대한 현장에서의 관찰과 통계 분석하여 얻은 결과를 서로 연관시켜 현장에서 적용될 수 있도록 결과를 정리하였다.

- (1) 파종 후의 발아속도 및 발아율은 강우의 여부, 또는 강우량이 가장 직접적인 요인이며 토양습도가 충분하여야 발아가 가능하였다. 토양 습도 문제로 발아되지 않은 지역은 강우 후에야 발아가 가능하였으며 발아력의 저하는 현저하지 않았다.¹⁾ 파종 후 6개월이 지났어도 환경이 양호해지면 발아가 계속되었으나 이 시점에서의 발아율은 저하되었고 특히 종자 조합 #5의 캐나다 블루그라스와 향토 초종은 파종 이듬해 발아가 계속되었다. 또한 발아율은 상기 통계 분석표와 같이 파종 지역의 성질 즉, 경사각, 토질, 향방 등에 따라 현저히 다른 결과를 나타내었다.
- (2) 잔디 종자 발아는 토양이 존재하지 않는 곳, 즉 암반이나 리핑암(풍화자갈 및 사질혼합토)의 표면에는 발아하지 않고 발아가 진행되었더라도 토양 수분 등의 부족으로 곧바로 고사하였다. 즉 '토양이 있는 곳에서만 발아후 생육이 계속된다.'는 결론을 내릴 수 있었다. 파종 후의 종자 유실 정도는 토질과 더불어 경사각도 매우 관계가 깊었는데 집중 호우에도 불구하고 1 : 2(경사각 25~30° 정도) 이하가 되는 절토면의 양토 부위에는 종자 유실 정도가 낮았으며 강우에 의해 일부 종자가 유실되었다라도 재파종이 필수적으로 요구되지 않을 것으로 판명되었다.
- (3) 잔디 종류별 발아 속도별 발아율은 페레니얼 라이그라스, 톨 웨스큐, 레드탑 순으로 발아가 빨랐으며 발아율도 이에 비례하였다(朱, 1988). 추잉웨스큐, 켄터키 블루그라스는 발아 속도 및 발아율이 낮았으며 특히 캐나다 블루그라스와 향토 초종인 안고초(새), 비수리, 참싸리는 1차년도에 발아율이 아주 낮았다. 구미 지역의 법면에 많이 이용되는 캐나다 블루그라스는 1990년 가을과 같은 우리 나라 기후에는 거의 발아하지 않아 사용의 제한성을 보였다. 1991년 미국 현지의 종자연구소를 방문하여 연구책임자를 만나 확인한 결과가 초종은 알칼리성 토양과 가을이 습한 서양의 기후에 매우 좋으나 한국의 기후하에서는

사용에 제한을 받을 것으로 판명되었다.

사용된 향토 초종은 가을에 파종하면 그 해에는 거의 발아하지 않아 대부분 이듬해 발아할 것으로 기대되었으나 1991년도에도 발아율이 낮았다. 도로 경사면의 급속 녹화를 위해서는 향토 초종의 혼합은 봄철에 주로 사용하는 것이 바람직하고 가을 파종에는 봄 파종과 같은 효과를 기대할 수 없다는 결론에 도달하였다. 다만 당해 발아하지 않더라도 다음해에 발아가 진행될 것이 예상되어 경관의 연속성이 필수적으로 요구되는 절토면(주위에 밀집된 수목 배경을 가진 절토부위)의 자연스런 경관 조성시 필요한 종자 배합이라 사료된다. 또한 이들 향토 초종의 발아를 촉진하기 위해서는 박피 처리를 비롯한 종피 처리를 선행하여 발아율을 높여야 할 것이다.

- (4) 종자 조합에 따라 발아율은 달랐으며 일반적으로 상기 서술한 라이그라스 종류와 웨스큐 종류가 많이 포함된 조합에서 발아가 급속히 진전되었으나 같은 종내의 품종 간 발아율의 차이는 현저하지 않은 것으로 분석되었다. 특히 툴웨스큐(Tall Fescue)의 아리드(Arid[®])와 팔콘(Falcon[®])은 종자 발아면에서 기존의 재래 품종인 Ky-31보다 발아율에서 우수하였다.
- (5) 암반 지역에서는 잔디 파종 공법이 녹화에 큰 효과가 없었으며 발아되는 지역은 토양이 쉬운 암반 하단부에서만 발아가 진행되는 것을 보아 종자 파종에 의한 암반 녹화는 부적합한 것으로 분석되었다. 암반 녹화가 필수적인 지역은 인조 토양을 이용한 녹생토 공법 등이 가능하리라 사료된다(Sydes and Grime, 1984 ; 新田, 1984 ; 道路綠化保全協會, 1977). 실제로 특수 공법을 이용하여 조성된 부분은 장기간 원래의 군락을 유지하였으며 여름철 생장도 양호하게 계속되었다. 이러한 특수 공법을 사용할 경우 양잔디로만 조합을 선정하게 되면 초장이 너무 길고 밀집되어 미관상 거부감을 초래할 수가 있어 종자 조합과 파종량의 재고가 필요한 것으로 판단되었다.
- (6) 집중 호우로 인한 파종 지역의 유실은 1차의 파종 효과를 소멸시키었으나 법면의 경사가 작은 구역(2번 시험구 절토부, 경사각 약 27도)에서는 심각하지 않았다. 또한 보조 시험구의 결과로 보아 파종량이 많은 경우 유실로 인한 1차 피해는 파종량이 적은 구역에서 보다 현저히 적었으며 장마철 직전의 파종은 파종량을 증가 (20g에서 30g /m²)시키어 파종하는 것이 위험 부담율이 적을 것으로 사료된다. 때에 따라 경사각 30도 이하의 양질 토양에서는 파종량, 멀칭 재료와 내용물의 조정에 의해, 폭우 후에도 재파종하지 않아도 회복에 지장을 초래하지 않을 것으로 판단되었다.
- (7) 발아율은 초기 지면 회복율과 밀접한 관계를 가지나 초기 이후의 중간단계의 회복율과는 正의 相關關係를 보이지 않았다. 그러나 비탈면의 최종 회복률과는 고도의 상관관계를 나타내었다. 이는 잔디 종류에 따라 최적 발아 여건과 환경이 달라 시일이 경과한 후에도 계속 발아하면 회복에 기여를 한 것으로 분석된다(李, 1986). 그러므로 비탈면 급속 녹화의 완공 여부는 시공후 몇 개월이 지나서는 녹화 공사의 성공 여부를 거의 판단할 수 있으며 이 때를 기준으로 하여 완공 여부를 판단하는 것이 합리적이라 해석된다. 이 기간 중 하자가 발생되면 재시공의 여부를 판단하며 가능한한 1회의 관리가 수반되면 완전한 공사가 되리라 판단된다(廉 外, 1976 ; 한국토지개발공사, 1988).

2. 파종 지역 생육 상태 및 환경 적응성 조사

파종 후부터 1차년도 실험 종료일까지 주 1회 잔디 품종 및 조합 전반적인 생육 상태 및 환경

Table 6. Statistical analysis of final germination rates on plots and surface nature

T test (LSD) variables=final seed germination rates level=0.05 d.f=12 Mean square=4.5 LSD=3.3				
T grouping	Means	Plot No.	Surface nature*	Slope
A	100.0	2	a	cut with slow
A	100.0	2	a+b	
A	100.0	1	a+b	filled with fast
A	97.8	1	a	
B	91.3	1	c	
C	78.8	4	a	filled with fast
D	56.3	3	b+c	cut with fast
E	48.8	4	a	filled with fast

Surface nature* a ; means top soil, b ; means weathered sand with gravels,
c ; means weathered rocks

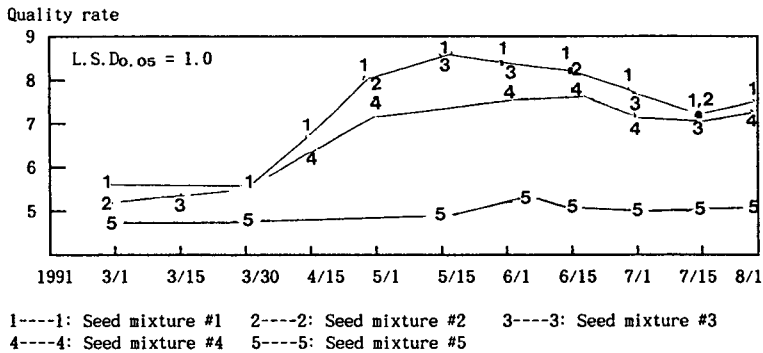


Fig. 3. Changes of quality rate on hydro-seeded slope areas with different seed mixtures.

적응성에 관해 조사 분석된 자료는 다음과 같다.

종자 조합에 따른 파종 후의 평균적인 지면 피복율의 변화를 조사하여 본 결과 다음과 같은 결과를 얻었다. 종자 조합 #5은 3번 시험구(암절토면)과 4번 시험구(성토면)의 파종 결과이다. Table 6은 시험구와 토질의 종류에 따른 비탈면 최종 피복율 변화에 대한 통계 분석표이다. 종자 발아율에 대한 결과인 Table 5와 그 결과가 유사하였으며 절토부가 성토부에 비하여 역시 최종 피복율이 양호하였다. 암절토부를 제외한 모든 절토부에서 90% 이상의 피복율을 보임으로써 종자 분사 공법에 의하여 완전한 피복이 이루어지는 것을 알 수 있으나 성토부에서의 피복율을 높이기 위해서는 다른 방법에서의 접근이 필요한 것으로 판단된다.

시험 기간 중 비탈면의 경관미의 형성과 변화에 대해 조사해 본 결과는 Fig. 3과 같다. 이상적인 경관미를 10으로 하고 최악의 경관 상태를 1로 하여 1.0을 한 계급 단위로 설정하였다. 종자

조합 #5은 3번 시험구(암절토면)과 4번 시험구(성토면)의 파종 결과를 사용하였다.

파종 지역의 생육 상태 및 환경 적응성을 종자 조합별 실험 결과를 정리 고찰한 결과는 다음과 같다.

1) 파종 지역 생육 상태 및 환경 적응성의 종자 조합별 실험 결과

(1) #1번 종자 mix 조합

페레니얼 라이그라스가 총량의 20%, 톨 웨스큐가 50% (이외에 추잉웨스큐 20%, 레드탑 10%)를 차지하여 발아가 타조합에 비해 급속하며 파종 3개월 후인 12월중순에는 절토부에서 평균 74%, 성토부에서는 평균 50%의 피복율을 보였으며 파종후 반년이 지난 91년 3월에는 현장에서 일반적인 절토부로 여겨지는 1번 절토구에서 80% 이상의 피복율을 나타내었다. 또한 암반 절토부인 3번 구에서는 타 조합에 비해 상대적으로 우수한 피복율을 보였다. 광범위하게 일반적으로 비탈면 녹화용으로 널리 이용될 가능성이 높은 종자 조합으로 판명된다. 조합 중 팔콘 톨웨스큐는 각종 환경의 내성이 강하고 경관미도 KY-31보다 우수하였으며 레드탑도 종자의 g당 수가 많아(3,000개) 급속 녹화에 유리하며 발아율과 경관미도 좋았다. 다만 사용된 추잉스 웨스큐가 내한성과 병아(Helminthosporium)에 비교적 약한 것으로 나타났으므로 보다 생육과 내병성, 내한성이 강한 레드웨스큐로 대체하는 것이 바람직하다. 국내 유통 종자로는 Pennlawn[®]이 있다.

(2) #2번 조합

페레니얼 라이그라스가 10%, 톨웨스큐가 80%(이외에 켄터키 블루그라스 10%)를 차지하여 대부분이 톨웨스큐인 이 조합은 발아가 조금 늦은 편이나 후기 생장이 비교적 빠르고 환경 내성도 강하여 자연 조건이 비교적 열악한 지역의 조합으로 이용될 것으로 분석된다. 피복율은 12월 말 1번 절토구에서는 평균 62%, 환경이 양호한 2번 절토부에서는 90%, 91년 7월 중순에는 1, 2번 절토구에서 피복율이 양호하였다. 미관상 거친감이 있으나 비탈면 보호를 주목적으로 하는 데는 켄터키 블루그라스를 제외시키고 이를 타 초종으로 대체시키는 것이 좋다고 사료된다. 이 조합에 사용된 Arid[®](아리드) 톨웨스큐는 각종 환경 내성과 경관상 우수한 품종으로 평가되었다.

(3) #3번 조합

재래종인 KY-31와 개량종인 팔콘이 25%씩 각기 혼합되었고 페레니얼 25%, 추잉웨스큐가 25%씩 혼합되어 종자의 혼합율은 비교적 간단하나 재래 톨웨스큐에 의해 미관이 약간 거친감을 주고 있다. 추잉웨스큐가 동해에 의해 피해가 관찰되고 있다. 피복율은 양호하고 파종후 생육 전후반기에 걸쳐 피복 상태가 양호하나 KY-31의 도복 등으로 다른 조합에 비해 열세한 조합이다.

(4) #4번 조합

개량 톨웨스큐가 m²당 10g, Pennant[®] 페레니얼이 5g, 추잉스웨스큐가 5g, 이외에 별도로 향토 초종(안고초, 비수리, 참사리)이 추가로 10g 혼합되어 있다. 10월 30일의 피복율은 양호한 토양 조건이 절토부에서 평균 70% 이상을 보여 좋은 결과를 보였고 최종적으로 88%의 양호한 피복율과 성토부에서도 65%의 피복율을 보인 양호한 조합으로 분석되었다. 2차년도 이후에는 향토 초종의 생육이 더하여져서 각종 환경 내성과 경관상 자연미를 가진 조합으로 보여진다. 아리드 톨웨스큐는 여러가지 환경 내성에서 양호한 시험 성적을 보이고 페난트 역시 우수 품종으로 평가를 받으므로 도로 절·성토면의 급속 녹화에 적절히 적용될 것으로 분석된다. 조성 후의 참사리, 비수리, 안고초 등에 의한 자연미 회복은 훼손된 경관의 복구를 용이하게 할 것으로 판명되나 가을 파종에는 기대한 효과를 보여주지 못하고 상당량이 발아되지 않았으나 봄 파종에는 효과적이라 사료된다. 현재까지 시험 성적이 우수하고 이미 조성된 파종 지역의 확인에서도 좋

은 결과가 관찰되었다.

(5) #5번 조합

구미에서는 비탈면 보호용으로 널리 쓰이고 있는 캐나다 블루그라스는 가을 건조가 심한 우리나라의 1990년 1차 년도의 시험 성적은 부진하였다. 발아가 매우 늦고 낮았으며 피복율도 12월말 15% 이하의 낮은 수준으로 나타났다. 2차 년도인 91년도의 4월 이후에 발아가 활발해졌으나 피복율이 매우 낮았다. 우리나라 중부 지역의 비탈면 녹화 품종으로서의 사용 여부에는 문제가 있을 것으로 판명되었다. 1991년 미국 현지의 종자 연구소를 방문하여 연구책임자를 만나 확인한 결과 이 초종은 알칼리성 토양과 가을이 습한 서양의 기후에 매우 좋으나 한국의 기후하에서는 사용에 제한을 받을 것으로 판명되었다.

이외에 본 실험의 보조 구역(R-D 0+300-0+425.805 하행)의 파종 면적 1,500m²에 현재 일부 시공업체에서 부분적으로 시공되고 있는 재래 잔디 품종의 조합으로 KY-31, Manhattan[®] 페레니얼 라이그라스가 각 30%, 휴잉웬스큐와 Newport[®] 켄터키가 각 20%씩 합계 30g/m² 혼합된 비교적 개량되지 않은 종자 조합을 동일 조건으로 파종하여 결과를 비교해 보았다. 파종량을 타 조합보다 많게 처리한 결과 초기 피복율이 우수하나 중반기 이후 피복율과 경관미가 차츰 감소하여 성적이 하락하였다. 이는 품종 선택시 개량 신 품종과 재래 품종의 차이를 보여주는 좋은 예이다. 특히 봄의 녹색 회복 정도가 재래 품종에서는 느렸고 2차 년도 생육 속도가 급격히 감소하였다.

2) 생육 상태 및 환경 적응성 실험 결과

- (1) 잔디 발아율과 피복율은 고도의 상관 관계를 유지하고 있는 결과(Table 5와 민 6)로 보아 비탈면 피복율, 즉 절, 성토 녹화 시공의 성패 여부는 잔디 종자의 발아율과 일차적인 연관을 가진다.
- (2) 절토부에서 보다 성토부의 피복이 지연, 부진한 결과를 보이는데 본 실험 기간과 같은 건조 조건에서는 토질의 종류보다 토양 수분의 상태가 더욱 중요하다는 것으로 해석된다. 절토부에서는 절토로 인한 다소간의 지하 수분의 표면 유출로 종자 발아와 생육이 가능하지만 성토부의 다짐으로 인한 토양 모세관의 파괴는 종자의 발아와 생육에 결정적인 장애를 초래하는 것으로 분석되는데 실제로 건조 기후 하에서는 절토부보다 성토부의 식재에 하자 발생이 많은 것을 경험할 수 있다. 물론 자연 강우나 관수에 의한 토양 수분의 충분한 공급 하에서는 성·절토부를 막론하고 양호한 토질에서 종자의 발아, 생육이 양호해지는 것은 자명하다. 비탈면 녹화공사의 위험 부담을 줄이려면 성토부에도 건조에 강한 초종을 선택, 파종하는 것이 합당하리라 판단된다.
- (3) 평균적으로 파종 3개월 후에 비탈면 피복율이 60%를 상회하면 비탈면 녹화 시공의 실패율이 적은 것이 분석되고 이후 불리한 자연 환경(하절기나 동절기) 후에도 회복이 가능하리라 판단된다. 이는 만일 완공일을 3개월 후로 정한다면 이때의 지면 피복율이 60%를 상회하면 하자가 없을 것으로 간주할 수 있다. 물론 종자 파종에 부적합 시기(늦가을이나 한여름)에 시공되었다면 3개월 후의 피복율은 이보다 더 낮을 것이 예상된다.
- (4) 종자 파종의 양이 많으면 초기의 녹화는 진전되나 3~6개월 후에는 종자량에 관계없이 완전한 피복이 진행되므로 초기의 가시적 녹화 효과를 위해서 기준량 이상의 파종은 불필요하며 도리어 잔디 개재간의 생육 경쟁을 고려하면 부정적인 결과를 초래한다. 따라서 종자 파종의 적기(3~5월, 9~11월)에는 종자의 양을 현행보다 다소 낮추어 1m²당 15g 정도를

파종하되 토양 침식에 의한 종자 유실을 막기 위하여 피복 양생재(Fiber)의 함량을 증가(60~80g/m², 건조 무게) 시키고 접착제인 C.M.C를 10~15g/m² 증량시키는 것이 좋다고 판단된다.

- (5) 착색제로 쓰이는 마라카이트는 별도의 실험 결과 다량 사용시 잔디 종자의 발아를 억제시키는 것으로 밝혀졌으므로 사용량을 0.3g/m² 정도를 혼합하는 것이 바람직하리라 생각된다.
- (6) 여름철 한지형 잔디에서 발생하는 夏枯 현상은 식물체의 枯死 현상이 아니라 개화, 결실 후의 짧은 동안의 하계 휴면으로 생육 주기이다. 특별한 기후를 제외하고는 여름의 하고 현상 때문에 비탈면 녹화에서 한지형 잔디의 사용제한을 초래하지는 않으며 8월 이후 다시 생육을 계속하여 12월 초, 중순까지 녹색을 유지하며 생육을 계속하게 된다.

3. 研究 結果의 종합적 考察

본 연구는 비탈면의 피복효과 분석에 의한 잔디 품종의 선정을 목적으로 현재까지의 국내, 외 기술자료와 현장 경험에 의한 데이터를 수집, 분석하였다. 고속 도로 비탈면의 종자 파종의 기술 체계 확립의 목적으로 한국도로공사의 지원에 의해 본 연구가 수행하였다. 현 한국 잔디 시공상의 여러가지 문제점을 해결하고 효과적인 토양 침식 방지, 지반 안정화와 경관미 제고를 실현하기 위한 적절한 잔디 품종의 선발을 목표로 삼았다.

연구의 결과를 종합해 보면 종자 조합은 초기의 발아율, 피복율에 영향을 미치며 중, 장기간의 경과후에는 비탈면의 특성과 기후 환경에 의해 식생 군락의 변이가 발생하리라 예상되었다. 파종후 초기에는 페레니얼 라이그라스의 혼합율이 높은 조합에서 발아와 생육이 빨라 급속 녹화가 용이하게 이루어지며 환경 내성이 강한 톨 웨스큐의 재래 품종인 KY-31보다 개량종인 아리드(Arid[®])나 팔콘(Falcon[®])이 내건성 등의 환경 내성이 강하고 미관도 거칠지 않아 사용에 있어서 효과적인 것으로 나타났다. 두 품종 사이의 효과에는 뚜렷한 차이가 없었다. 휴잉웨스큐는 내음성이 강하고 척박한 토양에 적합한 것으로 나타나고 있으나 내한성에 한계가 보이며 특히 발아가 느려 종자 유실이 자주 발생하는 비탈면의 녹화에 사용상의 제한을 나타낼 것으로 판명된다. 그러나 장기적인 녹화측면에서 내건, 내음성의 견지에서는 일정비율이 추가되어야 하되 휴잉웨스큐보다는 내한, 내병성이 강한 크리핑 레드 웨스큐의 교체가 필요하다고 판단된다.

블루그라스인 켄터키와 캐나다 블루그라스는 역시 발아가 느리고 지표면이 피복(mulching)되어지지 않은 절·성토 부위에는 초기 생장이 매우 제한적일 것으로 판명되어 주로 평지나 관리가 가능한 지역에 적용이 가능하나 도로비탈면의 종자 파종에는 문제가 있을 것으로 판명되었다.

제1차년도 연구기간인 1990년의 환경 조건이었던 집중 호우 후의 장기간 한발은 잔디 품종의 종자 발아와 초기 생육을 매우 제한하였으나 본 연구에 사용된 #1번과 #4번 종자 조합은 다른 조합에 비해 우수한 결과를 보였다. 다만 고속 도로 절·성토면에 기존 식생이 존재하지 않고 완전히 절·성토된 비탈면에는 조기 지반 안정을 위해 휴잉웨스큐 대신에 페레니얼 라이그라스를 대체하여 파종하는 방법을 고려할 수 있을 것으로 분석된다. 특히 장마기 직전의 파종은 피하되 종자유실을 고려하여 잔디 종자의 총량을 증가(20~30g/m²) 시키고 피복 양생재와 침식 방지제를 증가시킬 것을 제안한다. 또한 주위 경관과의 연속적인 조화를 이루기 위해서는 향토 초목류를 첨가할 것을 고려하되 봄철 파종에 더 효과적으로 적용될 수 있다. 본 연구 결과에 의하면 잔디 종자의 발아율과 피복율은 고도의 연관성이 있고 3개월 후의 지면 피복율은 최종 피복율과 상

관 관계가 있는 것을 보아 이때의 녹화율을 평가함으로써 현장에서의 시공의 성패 여부를 예측할 수 있는 것으로 판명되었다.

외국에서 종자 파종에 의한 비탈면 파종에 관한 연구가 다수 있으나 우리 나라의 기후 형태와 토양 조건 등 그들 지역과는 상이하므로 외국 연구 기관 및 종자 회사에서 제안한 잔디의 종류 및 품종의 조합이 그대로 적용될 수 없다고 판단된다. 본 실험과 같은 일련의 연구 수행은 보다 자세한 연구 결과를 나타낼 것으로 예상되며 계속적인 연구 활동이 필요할 것으로 사료된다.

摘 要

비탈면 보호 공법 중 가장 일반화 되어 있는 종자 분사공법에 의한 녹화를 통하여 토양 침식방지 및 지반 안정화 달성을 위한 잔디종류 선정을 목적으로 본 시험을 수행하였다. 신갈-안산간 고속 도로 건설 현장에 토양 및 여러 가지 환경 여건이 다른 절토부 3개소, 성토부 1개소, 보조구 3개소에 시험 구간을 설정하고 파종 종자의 종류 및 품종을 달리하여 산업 현장에서와 동일한 방법으로 시험 구간을 처리하였다.

연구의 결과를 종합해 보면 종자 조합은 초기의 발아율, 피복율에 영향을 미치며, 중, 장기간의 경과 후에는 비탈면의 특성과 기후 환경에 의해 식생 군락의 변이가 발생하리라 예상되었다. 암반 지역에서는 잔디파 종 공법이 녹화에 큰 효과가 없었으며 발아되는 지역은 토양이 섞인 암반 하단부에서만 발아가 진행되는 것을 보아 종자 파종에 의한 암반 녹화는 부적합한 것으로 분석되었다. 종자 분사 파종후 초기에는 Perennial Ryegrass의 혼합율이 높은 조합에서 발아와 생육이 빨라 급속 녹화가 용이하게 이루어지며 환경 내성이 강한 Tall Fescue는 개량종인 아리드(Arid[®])나 팔콘(Falcon[®])이 내건성 등의 환경 내성이 재래종보다 강하고 미관도 거칠지 않아 사용에 있어서 효과적인 것으로 나타났다. 재래 잔디 품종은 봄의 녹색 회복 정도가 개량 품종에 비해 느렸고 2차년도 생육속도가 급격히 감소하였다. 경관의 연속적인 조화를 위해서는 향토 초목류를 첨가할 것을 고려하되 봄철 파종에 더 효과적으로 적용될 수 있었다. 절토부에서 보다 성토부의 피복이 지연, 부진한 결과는 다짐으로 인한 토양 모세관의 파괴가 종자의 발아와 생육에 결정적인 장애를 초래하는 것으로 판단되었으며 건조 조건에서는 토질의 종류보다 토양 수분의 상태가 더 중요한 것으로 해석되었다. 잔디 종자의 발아율과 피복율은 고도의 연관성이 있고 3개월 후의 지면 피복율은 최종 피복율과 상관 관계가 있는 것을 보아 이때의 녹화율을 평가함으로써 현장에서의 시공의 성패 여부를 예측할 수 있는 것으로 판명되었다.

引用文獻

1. 廉道義 외. 1976. 『造景設計基準』 제3권. 조경공사.
2. 李天龍. 1986. 토양 및 식생변화에 따른 산지사방공사의 효과에 관한 연구. 한국조경학회지 14(2) : 7~16.
3. 任祥圭 外. 1990. 『조경 핸드북』 도서출판 국제.
4. 朱泳圭. 1988. 『競技場 잔디의 造成과 管理』 환경과 조경 제25호.
5. 한국토지개발공사 기술연구소. 1987. 분사부착방법에 의한 법면녹화공법. 기술연구 87-9. 79pp.
6. 한국토지개발공사 기술연구소. 1988. 토질별 법면 보호공 조사연구. 기술연구 88-1. 326pp.

7. Beard, J.B. 1973. Turfgrass Science and Culture. Prentice-Hall.
8. Carr, W.W. and T.M. Ballard. 1980. Hydroseeding forest roadside in British Columbia for erosion control. J. of Soil and Water Conferences 35 : 33~35.
9. Sydes, C.L. and J.P. Grime. 1984. A comparative study of root development using a simulated rock crevice. J. of Ecology 72 : 937~946.
10. 新田伸三, 小橋登治. 1984. 土木工事와 비탈면 保護工. 鹿島出版社.
11. 道路綠化保全協會. 1977. 全國道路綠化資料集. 道路綠化保全協會.
12. 龜山章외. 1989. 最善端의 綠化技術. 소프트사이언스社.