

탄닌 함유 사초식물의 발아 및 생육특성

허삼남 · 이성운 · 최순호* · 차장옥

Germination and Growth Characteristics of Tannin Containing Forage Crops

Sam-Nam Hur, Cheng-Yun Li, Sun-Ho Choi* and Jang-Ock Cha

Abstract

In an effort to investigate the germination and growth characteristics of tannin containing forage crops (such as chicory, birdsfoot trefoil, *Lotus pedunculatus*, sulla, lespedeza, crownvetch, sainfoin), germinativity, seedling vigor, and productivity were studied. Although the cumulative germination percentage (CGP) of chicory and birdsfoot trefoil was low, the germination rate(GR) and days to reach 50% of final germination(Gt50) were excellent. Crownvetch, lespedeza and sainfoin showed poor germination. Chicory seeds were light but the rate of emergence and establishment were high. Seeds of *Lotus pedunculatus* and birdsfoot trefoil were also small, but their rates of emergence and establishment were quite good. On the other hand, seeds of sainfoin and crownvetch were heavy but their emergence and establishment rate were very low. Lespedeza was the best in getting over the hot summer, and crownvetch also survived well during summer. Chicory was good in productivity and early growing but its persistence was not good. In case of birdsfoot trefoil and *Lotus pedunculatus* their early growing were slow but their productivity and persistence were fairly well. Lespedeza, crownvetch, and sainfoin showed poor growth in Korea. Based on the results of this study it can be concluded that chicory would be better to use as short term high productive forage crop, and *Lotus pedunculatus* and birdsfoot trefoil could be used as continuous functional forage crops in Korea.

(Key words : Tannin, Germination, Chicory, Birdsfoot trefoil, *Lotus pedunculatus*)

I. 서 론

지금까지 알려진 탄닌 함유 사초식물은 birdsfoot trefoil, lespedeza, sulla, sainfoin, crownvetch, *Lotus pedunculatus*, chicory 등이 있는데 반추동물이 섭취할 경우 고장증이 발생하지 않는 것으로 알려져 있다. Jones와 Lyttleton(1971)에 의해 일부 두과목

초에는 반추위에서 반추미생물에 의한 수용성 탄닌의 분해를 감소시키는 condensed tannin(CT)이 존재한다고 발표된 이후 탄닌 함유 사초식물에 대한 연구가 활발하게 이루어지기 시작하였다. 클로버나 알팔파 초지에서 빈번하게 발생하는 반추동물의 고장증에 대한 방제 방법은 약제나 화학약품을 이용하는 방법보다는 탄닌을 함유한 사초를 이

본 논문은 농림부에서 시행한 1997년도 농림기술개발사업에 의한 연구결과임.

Corresponding author : Sam-Nam Hur, Dept. of Animal Resources & Biotechnology, Chonbuk National University, Chonju, 561-756, Korea. Tel : 063-270-2610. E-mail : hsn@moak.chonbuk.ac.kr

전북대학교 농업과학기술연구소(Institute of Agricultural Science & Technology, Chonbuk National University)

*축산기술연구소 남원지소(Namwon Branch, National Livestock Research Institute, RDA)

용한 생물학적인 방법이 경제적이고 효과적인 방법으로 알려졌다. 사초 내 탄닌은 반추가축의 장내기생충 구제에 뚜렷한 효과가 있고 가축의 생산성을 높인다고 보고(Robertson, 1995)되어 탄닌 함유 사초의 가축생산에서의 우수성이 증명되었다. 또한 최근에는 탄닌 함유 사초의 섭취로 가축의 번식효율이 향상되었다는 보고(Min 등, 1999)도 있다. 우리나라의 초지 개발 가능지대는 대부분이 산지이기 때문에 불량환경에 대한 내성이 강한 사초식물을 도입하는 것이 초지조성에서 중요한 요소라고 생각된다. 현재 다수성 도입 사초식물에 관한 평가는 많이 진행되었지만 불량환경에 대한 내성이 강하면서 탄닌을 함유한 사초식물에 대한 연구는 거의 없는 실정이다.

따라서 본 연구는 뉴질랜드와 미국에서 수입한 7개 품종의 탄닌 함유 사초식물의 발아력 및 생육 특성 등을 조사하여 우리나라에서의 이용가능성을 비교 검토하였다.

II. 재료 및 방법

1. 공시초종

뉴질랜드(Coated Seed, Wrightson Seed Ltd & AgResearch)와 미국(소연농산을 통해 구입)에서 수입한 *Lotus pedunculatus*, birdsfoot trefoil, chicory, lespedeza, crownvetch, sulla, sainfoin 종자를 공시하였다.

2. 발아시험

발아시험은 국제표준 발아시험법(Association Official Seed Analysts, 1981)에 준하여 수행하였다. 직경이 9cm인 petri-dish에 filter paper(NO. 2) 두장을 간 다음 종자를 100립씩 골고루 파종한 후 0.2% thiram 이 함유된 증류수를 주입하였다. 처리당 4반복으로 섭씨 20도로 조정된 발아상에서 발아시켜 24시

간 간격으로 매일 발아된 종자 수를 조사하였다.

3. 포장시험

공시사초는 축산기술연구소 남원지소의 시험포장에서 재배되었다. 시험포장의 화학적 특성은 Table 1에서 보는 바와 같이 pH 7.4로 약알칼리성 토양이며 유기물 함량은 3.0%로 양호하였고 유효인산과 칼리 함량도 높은 편이었다. 그러나 칼슘과 마그네슘 함량은 낮았다.

공시 목초의 종자는 1998년 3월 20일에 30cm 간격으로 조파하였으며 파종량은 종자무게와 발아율을 고려하여 *Lotus pedunculatus*, birdsfoot trefoil, chicory, lespedeza는 각각 20kg/ha으로 하였고, crownvetch 114kg/ha, sainfoin 150kg/ha, sulla는 94 kg/ha로 하였다. 기비로는 질소비료 200kg/ha, 인산비료 150kg/ha, 칼리 비료 150kg/ha을 사용하였으며, 연간 추비량은 질소비료 200kg/ha과 칼리비료 150kg/ha을 예취 후에 각각 분시하였다. 시험구 크기는 6m²(2m×3m)로 난괴법 4반복으로 배치하였다.

4. 유식물활력 및 생산성조사

출현율은 파종 3주 후에 조사하여 발아가능 종자수에 대한 출현된 개체수의 백분율로 하였고, 정착율은 6주 후에 조사하여 출현율과 같은 방법으로 산출하였다. 생산성 조사는 첫 수확년도에는 6월 8일, 7월 8일, 8월 19일, 11월 7일에 각각 예취하였으며, 2년째 수확년도에는 5월 20일, 6월 22일, 8월 4일에 각각 예취하여 목초의 연간 건물생산량을 산정하였다.

5. 통계 분석

통계분석은 SAS Ver 6.11(1991)을 이용하여 분석하였다.

Table 1. Chemical properties of experimental field

Location	pH (1:5 H ₂ O)	OM(%)	T-P(ppm)	Exchangeable cations (me/100g)		
				K	Ca	Mg
Namwon	7.4	3.0	225	0.92	1.2	0.3

III. 결과 및 고찰

1. 탄닌 함유 사초식물의 발아력

Chicory의 총발아율(CGP)은 Table 2에서 보는바와 같이 82.2%로 *Lotus pedunculatus*나 *lespedeza*에 비해 유의($P < 0.01$)하게 낮았으나 발아속도(GR)는 공시종자 중에서 가장 우수하였으며($P < 0.01$) 최대 발아속도(MGR)와 총발아율의 50%에 도달하는 일수(Gt50)도 양호하였다. Birdsfoot trefoil의 CGP는 *Lotus pedunculatus*에 비해 크게 낮았으나 GR, MGR, Gt50 등은 birdsfoot trefoil이 훨씬 양호하였다. *Lotus pedunculatus*는 CGP는 높았으나 birdsfoot trefoil에 비해 GR, MGR, Gt50이 모두 낮았으며 *sulla*의 발아력과 비슷하였다. *Lespedeza*는 CGP가 약 92%로 높았으나 GR, MGR, Gt50이 낮아 발아력이 불량하였다($P < 0.01$). Sainfoin과 crownvetch의 CGP는 50%와 62%로 낮았고 GR, MGR, Gt50에서도 여타 목초보다 불량하였다($P < 0.01$). CGP는 총발아율로 발아에 소요되는 일수가 고려되지 않았으나 GR과 Gt50은 발아소요일수가 고려되는 발아력을 의미하기 때문에 CGP보다는 GR, MGR 및 Gt50가 발아력 평가에서는 보다 중요한 의미를 지니고 있다(Hur 및 Nelson, 1985). 따라서 CGP가 높은 *Lotus pedunculatus*나 *lespedeza*보다는 GR, MGR, Gt50이 양호한 chicory와 birdsfoot trefoil이 발아력에 있어서 우수하다고 평가할 수 있다.

2. 탄닌 함유 사초식물의 유식물활력

Table 3에서 보면 종자의 천립중은 sainfoin이 가

장 무거웠고 *Lotus pedunculatus*가 가장 가벼웠다. 그러나 출현율은 반대로 *Lotus pedunculatus*가 56.8%로 가장 높았고 sainfoin은 14.5%로 가장 낮았다. Sainfoin과 crownvetch는 종자는 무겁지만 출현율과 정착율이 좋지 않았으며, *sulla*는 출현율과 정착율 모두 중간 정도에 속하였다. Birdsfoot trefoil과 *Lotus pedunculatus*는 같은 *Lotus*속으로 비슷한 유식물 생육특성을 보여주었으며 종자크기는 작으나 출현율과 정착율이 양호한 편이었다. Chicory도 출현율과 정착율이 양호하였으며 특히 정착율은 다른 초종에 비해 월등하게 좋았다.

일반적으로 크고 무거운 종자에는 많은 저장탄수화물을 저장하여 활력있는 유식물로 성장할 수 있기 때문에 종자크기와 유식물 활력과는 정의 상관관계가 있다고 많은 연구자들에 의해 보고되어 있다(Henson 및 Tayman, 1961; Stickler 및 Wasson, 1963; Twamley, 1974). 그러나 동일한 초종 내에서는 종자가 크면 출현과 정착이 우수하게 나타나지만 초종이 다를 경우에는 다른 결과가 나타나는 경우도 많다(McKersie 및 Tomes, 1982; Copper 및 Qualls, 1968; Twamley, 1967). 본 실험에서도 chicory와 birdsfoot trefoil, *Lotus pedunculatus*는 모두 종자크기는 작지만 출현율이 높았으며 정착율도 공시된 다른 큰 종자의 초종에 비해서 좋았다. 여름내기(over summering)는 남방형 계통인 *lespedeza*가 66.2%로 가장 좋았고 crownvetch도 40.9%로 양호하여 초기생육은 느리지만 여름 더위에 강한 사초임을 나타내었다. Chicory와 *sulla*의 여름내기는 각각 11.8과 13.2%로 여름 더위에 매우 약함을 보여주었으며 sainfoin은 여름철에 접어들어 모두 없 어졌다.

Table 2. Germinativity of tannin containing forage crops

Forages	CGP	GR	MGR	Gt50
Chicory	82.2 ^{bc*}	46.2 ^a	23.1 ^b	1.5 ^e
Birdsfoot trefoil	78.7 ^c	40.1 ^b	28.1 ^b	1.6 ^e
<i>Lotus pedunculatus</i>	95.3 ^a	33.7 ^c	18.9 ^c	2.4 ^e
<i>Sulla</i>	86.8 ^{abc}	36.5 ^{bc}	19.6 ^c	2.0 ^b
<i>Lespedeza</i>	92.0 ^{ab}	19.7 ^d	5.4 ^d	4.6 ^d
Crownvetch	62.5 ^d	12.8 ^e	3.3 ^d	4.8 ^{de}
Sainfoin	50.0 ^e	9.6 ^e	2.8 ^d	5.1 ^e

* Means within a column with different superscripts are significantly different($P < 0.01$).
CGP: Cumulative germination percentage; GR: Germination rate; MGR: Maximum germination rate,
GT₅₀: Days to reach 50% of final germination.

Table 3. Seed and seedling characteristics of tannin containing forage crops.

Forages	1,000 seed weight(g)	Emergence rate(%)	Establishment rate(%)	Over summering(%)
Chicory	1.41 ^{de*}	48.8 ^a	40.3 ^a	11.8 ^e
Birdsfoot trefoil	1.21 ^c	54.5 ^a	29.0 ^b	37.1 ^b
<i>Lotus pedunculatus</i>	0.82 ^f	56.8 ^a	25.1 ^b	32.9 ^b
Sulla	6.41 ^b	28.3 ^b	23.9 ^{bc}	13.2 ^c
Lespedeza	1.50 ^d	23.7 ^{bc}	15.5 ^c	66.2 ^a
Crownvetch	3.85 ^c	14.8 ^c	3.0 ^d	40.9 ^b
Sainfoin	9.04 ^a	14.5 ^c	0	0

* Means within a column with different superscripts are significantly different(P<0.01).

3. 탄닌 함유 사초식물의 생산성

첫 수확년도에 탄닌 함유 사초식물의 생산성은 Table 4에서 보는 바와 같이 chicory는 타 초종에 비해 1차년도의 첫 예취수량이 월등하게 많았으며 년중 생산량도 가장 많았다(P<0.01). Birdsfoot trefoil과 *Lotus pedunculatus*는 연간 비슷한 생산량을 보여주었는데 세 번째 예취에서는 여름 더위의 영향으로 크게 낮아졌으나 전체적으로는 비교적 높은 생산성을 보여주었다. Sulla도 1회예취 건물수량이 ha당 2.6t으로 높은 편이었으나 이후에는 수량이 급격하게 저하되었다. Lespedeza는 초기생육은 불량하였으나 여름철에 접어들어 생육이 왕성하여 3회 예취에서 여타 초종에 비해 수량이 높았다(P<0.01). Crownvetch와 sainfoin은 낮은 정착율(Table 3)로 인해 전생육기간 동안 수량이 극히

적었고, crownvetch와 sainfoin, sulla는 장마철 습해로 대부분이 없어졌다. 2년째 수확년도의 탄닌 함유 사초식물의 생산성은(Table 5) 년 3회 예취에 의하여 조사되었는데 첫 수확년도에 생산성이 가장 양호하였던 chicory는 2년째에는 건물수량이 4.6 t/ha으로 첫해의 약 56% 수준이었다. Birdsfoot trefoil은 총 건물생산량이 7.2t/ha으로 첫 해보다 높은 생산량을 보여주었고, *Lotus pedunculatus*는 2차년도 건물수량이 4.5t/ha으로 첫해의 5.6t/ha보다 약간 낮아졌다. 그리고 lespedeza와 crownvetch는 여타 사초식물에 비하여 수량이 매우 낮았다(P<0.01).

뉴질랜드에서는 chicory의 연간 평균 건물생산량이 15~18t/ha이었으며(Lancashire, 1978), 정착이 빠르고 가족생산성을 높이는 우수한 사초로 평가되었다(MacFarlane, 1990). 영국에서는 첫해 chicory의

Table 4. Productivity of tannin containing forage crops during the first harvest year, 1998

Forages	Dry Matter Yield(t/ha)				
	1st cut	2nd cut	3rd cut	4th cut	Total
Chicory	3.54 ^a *	1.69 ^a	0.79 ^b	2.22 ^a	8.24 ^a
Birdsfoot trefoil	1.08 ^c	1.75 ^a	0.87 ^b	2.05 ^a	5.75 ^b
<i>Lotus pedunculatus</i>	1.02 ^c	1.84 ^a	0.94 ^b	1.84 ^a	5.64 ^b
Sulla	2.61 ^b	0.96 ^b	0.16 ^c	0.10 ^b	3.83 ^c
Lespedeza	0.09 ^d	0.28 ^c	1.14 ^a	0.21 ^b	1.72 ^d
Crownvetch	0.18 ^d	0.21 ^c	0.25 ^c	-	0.64 ^c
Sainfoin	0.11 ^d	-	-	-	0.11 ^c

* Means within a column with different superscripts are significantly different(P<0.01).

Table 5. Productivity of tannin containing forage crops during the second harvest year, 1999

Forages	Dry Matter Yield(t/ha)			
	1st cut	2nd cut	3rd cut	Total
Chicory	1.87 ^{b*}	2.72 ^a	-	4.59 ^b
Birdsfoot trefoil	2.92 ^a	2.40 ^b	1.92 ^a	7.24 ^a
<i>Lotus pedunculatus</i>	1.64 ^b	0.77 ^c	2.11 ^a	4.52 ^b
Lespedeza	0.44 ^c	0.86 ^c	0.43 ^b	1.73 ^c
Crownvetch	0.12 ^c	0.22 ^d	0.31 ^b	0.65 ^d

* Means within a column with different superscripts are significantly different(P<0.01).

건물생산량이 12.2t/ha이었다고 보고하였는데(Jones, 1990) 본 실험에서는 첫해 년도의 연간 건물수량이 8.24t/ha이었으며 2년째에는 4.59t/ha으로 외국 성적에 비해 크게 뒤졌다. Chicory는 지속성은 낮으나 초기 생산성이 좋고 무기물 함량과 건물 소화율이 높아 가축생산성이 우수한 초종으로 인정되고 있다(MacFarlane, 1990). 한독초지연구사업기구에서는 birdsfoot trefoil 5개 품종을 공시하여 3년간 수원에서 수량검정시험을 실시한 결과 품종 중 Broad Leaf는 3년간 년평균 건물수량이 6.12t/ha으로 가장 우수하다고 하였는데(축시, 1993) 본 실험 결과와 비슷하였다. Birdsfoot trefoil은 탄닌을 함유하였기 때문에 고장증을 야기하지 않는 두과목초로 알려져 있으며(Jones 및 Lyttleton, 1971; Kendall, 1966), 건조에 강하고 년중 방목체계에 우수한 목초로 미국에서 인정된 바 있다(Seaney 및 Henson, 1970). *Lotus pedunculatus*는 척박한 산성토양에서 걸쭉함 하였을 때 생산성이 좋으며 특히 인산과 유황 함량이 낮은 곳의 초지개발 계획에 적합한 초종이라고(Lowther, 1980; Scott 및 Mills, 1981) 보고되었다. Sulla는 단년생 심근성 두과로 건조, silage, 청초 등 이용성이 광범위하며(Foote, 1988), 토양에 대한 적응력이 넓고 특히 건조에 대한 내성이 강하며, 연간 ha당 건물생산량이 16t에 달한다고 하였으나(Douglas 및 Foote, 1985) 본 실험 결과는 3.8t으로 생산량에 큰 차이가 있었다.

Lee 및 Lee(2002)에 의하면 lespedeza는 연간 ha당 건물생산량이 평균 7,336kg이었다고 발표하였는데 본 실험에서는 1, 2차년도 수량이 각각 1.7t/ha으로 크게 낮았다. 축시(1993)의 보고에 의하면 crownvetch는 연간 평균수량이 3.53t/ha으로 재생이

불량하고 타 초종보다 수량이 낮은 단점이 있다고 하였다. 외국 실험결과에 비해 본 실험에서 birdsfoot trefoil을 제외한 모든 초종에서 연간 평균수량이 낮은 것은 장마철 집중폭우와 더위로 인한 기후요인이 사초생육에 큰 장애요인으로 작용하였기 때문인 것으로 사료되었다.

본 실험을 통해서 chicory는 단기 다수성 목초로 비옥한 토양에서 재배가치가 높으며, *Lotus pedunculatus*와 birdsfoot trefoil은 지속성 사초식물로 활용가능성이 높을 것으로 사료되었다. 또한 lespedeza는 기온이 높은 남부지방의 목초로 적합하며 sulla는 배수가 양호한 서늘한 기후의 단년생 목초로서의 가능성을 보여주었다.

IV. 적 요

본 연구는 탄닌 함유 사초의 발아 및 생육특성을 조사하기 위하여 탄닌을 함유한 chicory, birdsfoot trefoil, *Lotus pedunculatus*, sulla, lespedeza, crownvetch, sainfoin 등 7가지 사초를 공시하여 발아력과 초기생육 및 생산성을 조사하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

Chicory와 birdsfoot trefoil은 총 발아율(CGP)은 낮은 편이나 발아속도(GR, MGR)와 발아 소요일수(Gt50)가 우수하였으며, crownvetch, lespedeza, sainfoin은 발아력이 저조하였다. Chicory는 출현율과 정착율이 좋았으며, 특히 정착율이 다른 초종에 비해 매우 양호하였다. Birdsfoot trefoil과 *Lotus pedunculatus*는 종자는 가볍지만 출현율이나 정착율이 좋았으며, sainfoin과 crownvetch는 종자가 무겁지만 출현율과 정착율이 극히 낮았다. 여름나기

는 lespedeza가 가장 좋았으며 crownvetch도 여름에 강하였다. Chicory는 사초 생산량이 가장 많았으며 초기 생산성도 양호하였으나 지속성이 낮았다. *Lotus pedunculatus*와 birdsfoot trefoil은 초기생육은 약간 저조하였으나 생산성과 지속성은 비교적 양호하였다. 그러나 lespedeza, crownvetch, sainfoin은 생산성이 매우 낮아 우리나라에는 적합하지 않은 초종으로 사료되었다.

본 실험결과에 의하면 chicory는 단기 다수성 사초식물로, birdsfoot trefoil과 *Lotus pedunculatus*는 불량환경에 지속성 기능성사초로 재배가치가 높을 것으로 판단되었다.

V. 인 용 문 헌

- Association of Official Seed Analysts. 1981. Rules for Testing Seeds. J. Seed Technology.
- Cooper, C.S. and M. Qualls. 1968. Seedling vigor evaluation of four birdsfoot trefoil varieties grown under two temperature regimes. *Crop Sci.* 8:756-757.
- Douglas, G.B. and A.G. Foote. 1985. Dry matter and seed yields of sulla(*Hedysarum coronarium* L.). *N.Z.J. Exp. Agric.* 13:97-99.
- Foote, A.G. 1988. Local cultivar adaptation for Mediterranean's Sulla. *N.Z.J. Agric.* 31:25-28.
- Henson, P.R. and L.A. Tayman. 1961. Seed weights of varieties of birdsfoot trefoil as affecting growth. *Crop Sci.* 1:306
- Hur, S.N. and C.J. Nelson. 1985. Temperature effects on germination of birdsfoot trefoil and seombadi. *Agron. J.* 77:557-560.
- Jones, L. 1990. Forage chicory at a site in South-East England. In Milk and Meat from Forage Crops. Occasional Symposium No. 24, Brit. Grassld Soc.
- Jones, W.T. and J.W. Lyttleton. 1971. Bloat in cattle. XXXIV. A survey of legume forages that do and do not product bloat. *N.Z.J. Agric. Res.* 14:101-107.
- Kendall, W.A. 1966. Factors affecting foams with forage legumes. *Crop Sci.* 6:487-489.
- Lancashire, J.A. 1978. Improved species and seasonal pasture production. *Proc. Agron. Soc. N.Z.*, 8:123-127.
- Lee, H.S. and I.D. Lee. 2002. A study on the dry matter yield and nutritive values of wild Korean lespedeza(*Lespedeza stipulacea* Maxim.). *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 15:396-400.
- Lowther, W.L. 1980. Establishment and growth of clovers and lotus on acid soils. *N.Z.J. Exp. Agric.* 8:131-138.
- MacFarlane, A.W. 1990. Field experience with new pasture cultivars in Canterbury. *Proc. N.Z. Grassld Assoc.* 52:139-143.
- McKersie, B.D. and D.T. Tomes. 1982. A Comparison of seed quality and seedling vigor in birdsfoot trefoil. *Crop Sci.* 22:1239-1241.
- Min, B.R., W.C. McNabb, T.N. Barry, P.D. Kemp, G.C. Waghorn and M.F. McDonald. 1999. The effect of condensed tannins in *Lotus corniculatus* upon reproductive efficiency and wool production in sheep during late summer and autumn. *J. Agric. Sci.* 132:323-334.
- Robertson, H.A., J.H. Niezen, G.C. Waghorn, and M. Jinlond. 1995. The effect of six herbage on liveweight gain and faecal egg count of parasitised ewe lambs. *N.Z. Soc. Anim. Prod.* 55:199-201.
- Scott, R.S. and E.C. Mills. 1981. Establishment and management of 'Grasslands Maku' in acid, low-fertility tussock grasslands. *Proc. N.Z. Grassld Assoc.* 42:131-141.
- Seaney, R.R. and P.R. Henson. 1970. Birdsfoot trefoil. *Adv. Agron.* 22:119-157.
- Stickler, F.C. and C.E. Wasson. 1963. Emergence and seedling vigor of birdsfoot trefoil as affected by planting depths, seed size and variety. *Agron. J.* 55:78.
- Twamley, B.E. 1967. Seed size and seedling vigor in birdsfoot trefoil. *Can. J. Plant Sci.* 47: 603-609.
- Twamley, B.E. 1974. Recurrent selection for seedling vigor in birdsfoot trefoil. *Crop Sci.* 14:87-90.
- 축산시험장. 1993. 한·독초지 연구사업결과 종합보고서, p55. 농촌진흥청.