

Orchardgrass 單播, Red Clover 單播 및 Orchardgrass-Red Clover 單純混播 牧草의 競爭構造 解析

이형석 · 이인덕

Analysis of Competition Interaction in Orchardgrass, Red Clover Pure and Orchardgrass-Red Clover Mixed Swards

Hyung Suk Lee and In Duk Lee

Summary

The competition relationship between orchardgrass(*Dactylis glomerata* L. cv; Potomac) and red clover (*Trifolium pratense* L. cv; Kenland) was investigated under the pure and mixed swards. Each species were grown in intra- and interspecific competition in pots and fields for 2-years. Intra- and interspecific competition were evaluated by calculating traditional methods; expected yield, relative yield total(RYT), aggressivity and compensation index(CI), and shoot and root dry matter production in the orchardgrass(OG) pure, red clover(RC) pure and orchardgrass(OG)-red clover(RC) mixed sward. The results obtained were summarized as follows:

1. Compared to OG and RC pure swards, the shoot and root dry matter(DM) yield of OG-RC mixed sward were higher and more deeply rooted under the soil than those of OG and RC pure sward. Also, the number of tillers per plant of OG in the OG-RC mixed sward was less than that of OG pure sward, but that of RC in the OG-RC mixed sward was more than that of RC pure sward.
2. OG-RC mixed sward were evaluated as a productive sward type compared to OG and RC pure swards in that actual yield was higher than expect yield and that relative yield total(RYT), and compensation index(CI) were high.

As mentioned above, compared to intraspecific competition as a OG and RC pure sward, interspecific competition as a OG-RC mixed sward was evaluated to productive type under the OG and RC species utilization

I. 緒 論

混播는 單播에 비하여 공간을 유리하게 이용할 수 있고, 土壤中の 水分과 養分の 利用效率을 높일 수 있으며 牧草의 利用年限을 증가시키는데 효과적이라 할 수 있다. 그러나 이러한 混播의 장점을 살리려면 資源의 공급이 한정된 조건에서는 人爲的 調節을 통하여 두 草種間의 競爭이 서로 補償關係로 잘 유지해 나갈 수 있도록 하는 混播技術이 필요하다.

특히 禾本科 1 草種과 荳科 1 草種에 의한 單純混播는 대부분의 草地에서 그러하듯이 同一地域을 占有할 때 種內競爭(intraspecific competition) 또는 種間競爭(interspecific competition)이 발생하게 되므로 資源競爭에서 유리한 草種을 相對草種으로 선정하여 混播하여야 한다.

Hayness(1980)는 두 草種間의 競爭은 水分과 養分供給, 酸素와 炭素 그리고 光과 溫度가 충분히 공급되는 한 競爭은 발생되지 않는다고 하였으나 대부분

은 資源의 供給이 한정되기 때문에 植物體間에는 光과 水分 및 營養素에 대해 競爭이 발생된다고 (Donald, 1963; Rhode, 1970)하여 각 草種에 대한 干渉과 競爭이 문제점으로 제시되고 있다.

따라서 본 시험은 orchardgrass 單播, red clover 單播 그리고 orchardgrass-red clover 單純混播의 種內競爭 (intraspecific competition) 및 種間競爭(interspecific competition)을 평가함으로써 초종간의 균형유지와 안정적인 생산성을 유지하는데 필요한 기초자료를 얻고자 수행되었다.

II. 材料 및 方法

1. 生育特性

生育特性을 조사하기 위하여 忠南大學校 農科大學 試驗圃場에서 1992年 4月에서 10月까지 수행하였다. 處理內容은 orchardgrass(OG, *Dactylis glomerata* L, cv: Potomac) 單播, red clover(RC, *Trifolium pratense* L, cv: Kenland) 單播 및 OG-RC(7株:3株比率) 單純混播 등의 3처리를 두어 시험하였다.

orchardgrass(OG)와 red clover(RC)는 4월 9일 播種

하였는데 이 때 生育이 均一한 個體를 選擇하여 6月 1日 pot에 나시 移植하였다. pot는 幅寬을 이용하여 폭 30cm, 寬이 60cm, 深이 40cm의 크기로 3개를 연결하여 제작하였다.

이식방법은 pot에 幅寬 20cm, 株間거리 3cm로 하여 처리 牧草別로 1 pot당 10株씩 3반복으로 30個體씩 移植하여 조사하였는데 OG-RC 單純混播는 OG와 RC의 個體(株) 比率이 7:3이 되도록 OG 3株마다 RC 1株씩으로 하여 總 OG 21株에 RC 9株를 移植하였다 (그림 1).

生育特性 調査는 移植 後 활착에 의한 生育障害를 피하고 均일한 개체를 얻기 위해 2番草를 대상으로 조사하였다.

植物體는 處理別로 30個體를 完전히 掘採한 후 草長 및 分蘖數를 측정하였다. 根長 및 根重의 측정은 가는체(20 mesh)에 植物體를 넣어 흐르는 물로 세척한 뒤 枯死體와 異物質을 제거한 후 하루동안 뿌리부분을 물에 담귀 뿌리가 퍼져 있을 때 地上部와 地下部를 분리하여 측정하였다.

乾物重의 측정은 각각 處理別로 105℃의 건조기에서 24시간 건조한 뒤 牧草別로 地上部와 地下部 乾物重을 측정하였다.

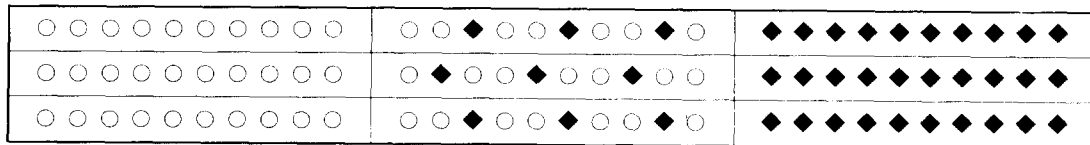


Fig. 1. The planting arrangement of OG pure, RC pure and OG-RC mixed sward

○ : Orchardgrass. ◆ : Red clover.

2. 競爭關係

植物體의 競爭關係를 조사한 시험은 역시 忠南大學校 農과대학 초지시험포에서 1991年 3月부터

1992年 12月까지 2年間 수행하였다. 處理內容은 OG 單播, RC 單播 및 OG-RC 單純混播 등의 3처리를 두어 시험하였다.

試驗圃場의 播種前 土壤狀態는 表 1과 같이 微沙

Table 1. Soil analysis of the experimental field.

pH (1:5H ₂ O)	OM (%)	N (%)	P ₂ O ₅ (ppm)	Exc. cation (me/100g)				CEC ¹⁾
				Ca	Mg	K	Na	
6.5	0.5	0.014	12	7.5	2.5	0.25	0.10	10.4

¹⁾ Cation exchange capacity.

植壤土로써 地形은 평탄하고 排水는 약간 불량하며 이미 보고된 草地 土壤의 기준치와 비교할 때 總窒素含量, 有機物含量, 有效磷酸含量이 부족한 편이며 Ca含量은 높은 편이다.

播種은 1991年 4월 1일 完全耕耘法으로 하였는데 播種量은 ha당 20kg을 基準으로 하였고 OG-RC 單純混播草地는 OG 80%:RC 20%의 比率로 播種하였다. 試驗圃場의 區당 面積은 33.3m²였으며 亂塊法 3반복(300m²)로 하였다.

刈取時期 결정은 1番草의 경우 OG 기준으로 出穗初期에 刈取하였고 2番草부터는 草高 35cm 以上일 때 刈取하였다. 年間 刈取回數는 1년차의 경우 春播로 3回 刈取하였고 2年次는 4回 刈取하였으며 刈取 높이는 7cm 높이로 하였다.

施肥管理에 있어서는 OG 單播 및 OG-RC 單純混播시는 年間 ha당 N 200, P 200, K 200kg을 기준으로 과중당년의 基肥 및 2년차 이른 봄의 1회 追肥로는 ha당 N 80, P 200, K 80kg을 시비하였고 나머지는 최종예취시를 제외한 매 예취시마다 同量 分施하였다. RC 單播는 年間 ha당 N 100, P 200, K 200kg을 기준

으로 과중당년의 基肥 및 2년차 이른 봄의 1회 追肥로는 ha당 N 40, P 200, K 70kg을 시비하였고 나머지는 최종 예취시를 제외하고 매 예취시마다 同量 分施하였다.

각각의 單播에 대한 單純混播의 相對的 競合力의 評價는 OG 單播, RC 單播, OG-RC 單純混播草地의 乾物收量을 조사한 뒤 이를 근거로 McGilchrist와 Trenbath(1971)의 aggressivity와 De Wit(1960)의 relative yield total(RYT) 및 Trenbath(1974)의 compensation index(CI)와 expected yield를 조사하여 산출하였다.

Ⅲ. 結果 및 考察

1. 生育特性

orchardgrass(OG) 單播, red clover(RC) 單播 및 OG-RC 單純混播의 生育特性을 조사한 結果는 表 2와 같다. 草長은 乾物生産에 있어서 중요한 要素의 하나이며 光에 대한 競爭에서 優劣을 결정하는 要因

Table 2. Mean value for growth characteristics of plants obtained from sward types

Sward Type	Plant height (cm)	Root length (cm)	Total DM g/600cm ²	Shoot DM	Root DM	T/R	Ratio of root (%)			Tillers per plant (No.)
							10cm	20cm	30cm	
OG	58	42	42.0 (4.20)	29.9 (2.99)	12.1 (1.21)	2.47	67.2	26.0	6.8	7.1
RC	43	24	44.6 (4.46)	27.6 (2.76)	17.0 (1.70)	1.62	84.4	12.2	3.4	17.8
OG-RC	OG	55	34.1 (4.87)	23.4 (3.34)	10.7 (1.53)	2.19	54.6	36.5	8.9	5.7
	RC	47	30.5 (10.17)	20.4 (6.80)	10.1 (3.37)	2.02	78.3	16.3	5.4	38.3
Sum(Mean)	51	43	64.6 (6.46)	43.8 (4.38)	20.8 (2.08)	2.11	66.5	26.4	7.2	15.5

(): DM yield per plant.

OG: orchardgrass pure. RC: red clover pure.

OG-RC: orchardgrass-red clover mixtures.

T/R: shoot/root ratio.

이다. 草地에서 牧草收量은 植物體에 蓄積된 同化產物의 量에 따라 결정되는데 莖葉을 主 收穫物로 하는 牧草의 경우는 草長은 牧草의 收量과 直結된다고 하겠다. OG 單播의 경우 草長이 58cm인 반면 RC 單播에서는 43cm로 짧았으며 OG-RC 單純混播 내에서는 OG가 55cm인데 비하여 RC는 47cm로 각각의 單播에 비하여 차이가 없었으나, 根長은 OG-RC 單純混播가 單播에 비하여 OG는 짧지만 RC는 單播에 비하여 길게 나타났다. 한편 地上部와 地下部를 더한 總乾物收量은 OG 單播에 비하여 RC 單播가 높은 편이었으나 OG-RC 單純混播에 비하여 상당히 낮은 결과를 보였다.

OG-RC 單純混播의 乾物收量 構成狀態를 보면 RC의 總收量이 30.5g으로 OG의 34.1g에 비하여 낮았으나 개체당 總收량을 보면 오히려 RC의 개체당 總乾物收量(10.17g)이 OG의 개체당 總乾物收量(4.87g)에 비하여 높게 나타났다. 地上部 乾物收量은 OG 單播가 29.9g으로 RC 單播의 27.6g보다 높게 나타났으나 역시 OG-RC 單純混播가 43.8g으로 두 單播보다 乾物收量이 높은 편이었다. 地下部 乾物收量은 OG 單播에 비하여 RC 單播가 높게 나타났으나 역시 OG-RC 單純混播의 地下部 乾物收量이 OG 및 RC 單播에 비하여 높게 나타났다. 이와같이 總乾物收量, 地上部 및 地下部 乾物收量이 높게 나타난 것은 OG-RC 單純混播에서 2草種間의 競爭이 각각의 單播에 비하여 相互 補償關係로 作用하였기 때문이라 할 수 있는데, 脇本(1980)은 OG-RC를 5:5의 비율로 混播하였을 때 각각의 單播보다 乾物收量이 높게 나타나 草種 相互間의 競爭으로 인한 抑制現象이 일어나지 않았다고 보고하고 있어 本 試驗과 같은 경향을 나타내었다. T/R率은 OG>OG-RC>RC의 順으로 감소되었다.

뿌리의 깊이별 根重의 分布比率은 OG 單播에서는 地下 10cm, 20cm 및 30cm까지 根重의 분포는 각각 67.2%, 26% 및 6.8%였으나 RC 單播의 경우는 지하 10cm까지 84.4%가 분포되어 RC 單播의 根 分布狀態가 OG 單播에 비하여 地表層에 치중되었음을 보여주고 있다. 이는 草種間에 뿌리의 形態的 差異뿐 아니라 本 試驗에서는 1年次의 시험이기 때문에 RC의 直根이 아직 깊이 地下로 뻗지 못하였기 때문이라 생각되는데 이러한 결과는 이 등(1987)이 pH 6~7인 조

건에서 orchardgrass를 대상으로 조사하였던 根長 0~20cm 범위에서의 根 乾物重이 차지하는 比率이 75~79%였다는 결과보다는 다소 높은 편이었다.

한편 OG-RC 單純混播에서는 OG나 RC를 單播하였을 때보다 地下部 10cm까지의 根 乾物重에서 차지하는 비율이 낮았고 相對적으로 地下 20cm, 30cm까지의 分布比率이 높게 나타나 根 生長狀態가 다른 두 草種을 混播함으로써 地下層 깊숙히 뿌리가 分布되었음을 나타내고 있다고 하겠다.

分蘖莖數에서는 OG 單播가 개체당 7.1개를 보였으나 RC 單播는 17.8개를 나타내 OG에 비하여 RC 單播에서 많은 편이었다. 그러나 OG-RC 單純混播에서의 OG는 개체당 5.7개의 分蘖莖數를 보여 OG 單播의 개체당 7.1개에 비하여 낮아서 種間競爭에 의해 莖數가 적어지는 편이었으나 이와는 반대로 RC의 경우는 RC 개체당 分蘖莖數가 38.3개로 상당히 높은 결과를 보여주고 있다. 그러나 OG와 RC를 더한 平均 分蘖莖數는 15.5개로 RC 單播와 비교할 때 큰 차이가 없었다. 조(1993)는 일반적으로 單播보다는 混播에서 異種間에 營養分, 受光能力 등의 競爭的 要因에 의해 그 分蘖莖數가 적어진다고 하였으며 禾本科-荳科 牧草의 單純混播에서는 대체적으로 禾本科 牧草의 개체당 分蘖莖數의 감소폭이 더 컸음을 보고하였으나 本 試驗에서는 禾本科인 OG의 分蘖數만 감소되는 경향이었고 RC의 分蘖莖數는 오히려 증가되는 경향을 나타내었다.

이는 種間競爭에 의한 영향 때문이기도 하겠지만 本 試驗에서는 토양의 pH가 6.5로써 비교적 높았기 때문에 荳科인 RC의 生育이 원활하였던 데에도 원인이 있다고 볼 수 있다.

本 試驗結果를 綜合할 때 種間競爭(OG-RC 單純混播)이 種內競爭(OG, RC 單播)보다 根長, 總 乾物收量, 地上部나 地下部の 乾物收量 및 根種分布度에서 유리하게 작용하고 있어 OG-RC 混播에 의한 長點이 잘 표출되었다고 하겠다.

2. 競爭關係

Orchardgrass(OG)와 red clover(RC)를 單播했을 때나 OG-RC를 單純混播하였을 때 OG와 RC 相互間의 競爭關係를 비교하기 위해서 expected yield, relative yield total(RYT), aggressivity 및 compensation index

Table 3. Actual yield(AY), expected yield(EY), relative yield total(RYT), aggressivity(AG) and compensation index(CI) of herbage from OG-RC mixed sward¹⁾ in 1991-1992.

	1991				1992				
	26 Jun.	31 Jul.	12 Oct.	Total	27 Apr.	28 May	19 Jul.	2 Oct.	Total
AY (kg/ha)	3,572	2,126	2,424	8,122	4,664	3,324	3,512	2,078	13,578
EY (kg/ha)	2,486	2,096	2,638	6,949	3,734	3,053	2,751	2,241	11,778
RYT	1.44	1.03	1.91	1.27	1.18	0.98	1.25	0.97	1.06
AG	0.47	0.09	0.58	0.29	-0.24	-0.01	0.03	-0.15	-0.10
CI	0.44	0.01	0.02	0.17	0.05	0.02	0.21	-0.05	0.05

¹⁾ OG-RC mixed sward : orchardgrass(80%)-red clover(20%) seed rate.

(CI)를 조사분석한 결과는 表 3과 같다.

1) Expected yield(P)

Trenbath(1974)가 제안한 것으로 單播草種 각각의 乾物收量を P_1, P_2 라고 할 때 OG-RC 單純混播의 期待收量은 $P = 1/2(P_1 + P_2)$ 로 계산할 수 있는데 본 試驗의 경우 1年次(1991)에서는 3回 刈取時를 제외하고는 實測收量(actual yield)이 期待收量보다 전체적으로 높았으며 年間 總 乾物收量에 있어서도 實測收量이 期待收量보다 월등히 높았다.

또한 2年次(1992)에서도 4回 刈取收量을 제외하고는 대부분 期待收量보다 實測收量이 높게 나타났으며 年間 總 乾物收量도 높게 나타나 역시 單播보다 混播가 유리하였음을 나타내고 있다.

2) Relative yield total(RYT)

De Wit(1960)의 제안으로 $RYT = 1/2(Y_i/Y_{ii} + Y_j/Y_{jj})$ 로 계산할 수 있는데 이 때 Y_{ii} 는 i草種의 單播收量이며 Y_{jj} 는 j草種의 單播收量, Y_i 는 j草種을 混播했을 때의 i草種의 收量, Y_j 는 i草種을 混播했을 때의 j草種의 收量을 나타낸다. RYT 값이 1보다 크면 混播가 각草種의 單播보다 유리하고 RYT 값이 1보다 작으면 混播가 불리하다고 할 수 있다.

本 試驗結果 1年次(1991)에는 어느 刈取回數나 또는 年間 總 乾物收量에 대해서도 RYT 값이 1을 초과하였으며 2年次(1992)에도 2回 및 4回 刈取時를 제외하고는 RYT 값이 1보다 높게 나타났고 또한 年間 總 乾物收量도 1보다 높았음을 보여주고 있다. 그 중에서도 1年次 3回 刈取時는 OG 單播의 낮은 收量으로 인해 RYT가 1.91로 가장 높았고 2회 刈取가 1.03으로

가장 낮았으나 1年次 總 乾物收量에 대한 RYT는 1.27로 單播에 비하여 27% 정도 乾物收量이 높게 나타났다.

2年次에서 보면 2回 및 4回 刈取時를 제외하고는 모두 RYT값이 1 이상이었으나 1年次에 비하여 다소 낮은 수치를 나타내었는데 2年次 總 乾物收量에 대한 RYT도 1.06으로써 單播에 비하여 6% 가량 增收되는 결과를 얻었다.

전체적으로 보아 대부분 1年次 및 2年次的 RYT가 모두 1 이상의 값을 얻어서 OG와 RC 單播에 비하여 OG-RC 單純混播가 乾物收量 獲得에 있어서 유리하였음이 입증되었다.

3) Aggressivity

McGilchrist와 Trenbath(1971)가 제안한 것으로 aggressivity는 混播에 있어 한草種이 他草種에 대한 優占力의 程度를 나타내는 것으로 i草種과 j草種을 混播한 경우 j草種에 대한 i草種의 優占力을 나타내는데 다음과 같이 계산된다. $A_j = 1/2(Y_{ij}/Y_{ii} - Y_j/Y_{jj})$

本 試驗에서 aggressivity는 RC에 대한 OG의 優占力을 나타내는 것으로 1年次에서는 優占力이 0 이상 이어서 RC에 대한 OG의 優占力이 높았으나 2年次에서는 3차 刈取時를 제외하고는 RC에 대한 OG의 優占力이 낮게 평가되어서 1年次보다는 2年次에서 OG가 RC에 대해 優占力이 악화됨을 알 수 있었다.

이는 OG-RC 單純混播의 경우 RC의 植生構成比率이 1年次보다는 2年次에서 더 높았기 때문이라 볼 수 있는데 1年次的 경우 이러한 결과는 조(1993)가 시험한 OG 1 : RC 0.3의 播種比率로 秋播한 시험결과에서도 OG의 RC에 대한 aggressivity가 0.12였다는 연구결

과와 비슷한 樣相이었다고 할 수 있다.

그러나 2年次에서는 3回 刈取時를 제외하고는 RC에 대한 OG의 優占力이 낮게 평가되어서 RC가 優占草種으로 변화되는 樣相을 잘 나타내고 있었다.

4) Compensation index(CI)

Trenbath(1974)가 제안한 방법으로 混播했을 경우 優占草種의 劣勢草種에 대한 收量 減少의 補償程度를 判定하는 척도라 할 수 있는데 $CI = \{(Y_{ij} - Y_{ii}) + (Y_{ji} - Y_{jj})\} / (Y_{ii} + Y_{jj})$ 로 계산된 이 때 $CI < 0$ 일 경우 보상이 불충분한 under-compensation의 관계이며 $CI > 0$ 일 경우 補償이 충분한 over-compensation 관계로 해석할 수 있다.

本 試驗의 1年次에서는 優占草種인 OG가 RC의 收量減少에 대한 補償程度가 높게 나타났으나 2年次에서는 다소 낮았는데 특히 4回 刈取時는 아주 불충분하였다. 그러나 전체적으로 보면 OG-RC 單純混播할 경우 OG가 RC의 減收를 충분히 補償하는 過剩補償狀態임을 제시하였다고 볼 수 있다.

이상의 競爭關係를 종합적으로 검토할 때 OG-RC 單純混播의 경우는 OG 및 RC를 각각 單播했을 때 期待收量에 비해 實測收量이 높게 나타났고 RYT 및 CI도 肯定的으로 높게 나타났던 것으로 보아 각각의 OG 및 RC 單播보다 OG-RC 單純混播가 有利한 方法임을 입증되었다.

IV. 摘 要

본 시험은 1991년부터 1992년까지 2년간 orchardgrass(OG) 單播, red clover(RC) 單播 그리고 orchardgrass(OG)-red clover(RC) 單純混播時 각 초지 형태간에 種內競爭(intraspecific competition) 및 種間競爭(interspecific competition)을 평가함으로써 초중간의 균형유지와 안정적인 생산성을 유지하는데 필요한 기초자료를 얻고자 수행되었으며 그 결과를 요약하면 아래와 같다.

1. OG-RC 單純混播(異種間 競爭)는 OG 및 RC(同種間 競爭) 單播에 비해 지상부와 지하부의 건물수량이 높았고 根重分布比率이 지하부에 깊게 분포되는

경향을 나타내었다. 또한 분얼경수에서는 OG-RC 單純混播에서의 OG 분얼경수는 OG 單播時의 분얼경수보다 적었으나 RC 분얼경수는 RC 單播時의 분얼경수보다 많게 나타났다.

2. 競爭關係에 있어서 OG-RC 單純混播는 實測收量(actual yield)이 期待收量(expected yield) 보다 월등히 높았으며 relative yield total (RYT) 및 compensation index (CI)가 높아서 OG 및 RC 單播에 비하여 유리하였다. 또한 aggressivity는 RC에 대한 OG의 優占力이 낮게 평가되어 RC가 優占草種으로 변화되는 경향이 있었다.

이상의 결과를 종합해 보면 OG-RC 單純混播時의 種間競爭이 OG 및 RC 單播時의 種內競爭보다 목초의 생산성 측면에서 유리하게 작용하였다고 볼 수 있다.

V. 引用 文 獻

1. Donald, C.M. 1963. Competition among crop and pasture plants. *Adv. in Agronomy* 5:1-118.
2. Hayness, R.J. 1980. Competition aspects of the grass-legume association. *Adv. in Agronomy*. 33:227-261.
3. McGilchrist, C.A. and B.R. Trenbath. 1971. A revised analysis of plant competition experiment. *Biometrics*.
4. Rhodes, I. 1970. Competition between herbage grasses. *Herbage Abstracts*. 40:115-121.
5. Trenbath, B.R. 1974. Biomass productivity of mixtures. *Adv. in Agronomy*. 26:177-210.
6. Wit, C.T. DE. 1960. On Competition. *Verlag. Lanbouwgewassen Onderzoek, Nwd*. 668:1-82.
7. 脇本 隆. 1980. 混播牧草의 草種構成에 關する 研究. *北海道農試研報*. 30:1-80.
8. 이혁호, 박근제, 이종열, 1987. 토양산도의 차이가 주요 화분과 목초의 뿌리생육에 미치는 영향. *한국초지학회지*. 7:1-7.
9. 조진웅. 1993. 혼파비율에 따른 목초의 경합과 물질생산. *충남대학교 석사학위논문*.