

## 牧草 4 草種의 Diallel 混播 組合에서 競合

趙 明 濟\* · 李 浩 鎮\*

# The Competition Relations of Four Forage Species in Diallel Combination Mixture

Myeung Je Cho\*, Ho Jin Lee\*

### ABSTRACT

This experiment was carried out to investigate the competitive ability and the interaction of each species in ten mono- and binary-associations of four forage species; orchardgrass, tall fescue, ladino clover, and alfalfa. Each species was grown in intra- and interspecific stands in large pots for one year. And samplings of shoot and root were taken in Spring, Summer, and fall clipping stages.

Intra- and interspecific competition was compared and evaluated by expected yield, aggressivity, relative yield total(RYT), compensation index(CI), general combining ability(GCA), and specific combining ability(SCA) with shoot and root dry matter production of each species in monoculture and binary mixture.

The forage yield was high in two grass species and the mixture of them, but low in two legume species and the mixture of them. The mixture of tall fescue-ladino clover was evaluated as a productive association with a high PYT(1.05) and a high SCA(0.79), and tall fescue was a more aggressive species in it. Each of grass-grass and legume-legume mixture was less aggressive between two species and lower SCAs than grass-legume mixtures. Especially, orchardgrass was the most aggressive species and alfalfa was the least, but tall fescue had the highest GCA and ladino clover had the lowest in shoot competition.

Also in root, tall fescue-ladino clover mixture was a good match with a high RYT(1.12) and a high SCA(0.60), and orchardgrass was highest in aggressivity. However, orchardgrass had the highest GCA in root while tall fescue had the highest in shoot.

### 緒 言

草地进行 조성하면 그 초지가 單播이든 混播이든 간에 同種의 개체들 사이에서나 異種의 牧草 또는 雜草들 間에 競合은 존재하게 마련이다. 파종의 밀도가 증가하면 競合은 빨리 시작되고 施肥나刈取에 따라 種의 優劣은 영향을 받게 된다. 이러한 草地에서 增收을 꾀하려 하거나 飼料價値를 향상시키려면 各草種이 가진 固有의 性質을 파악하여야 함은 물론 同種

間 또는 異種間의 相互 關係인 競合 現象을 잘 인식하여야 한다.

作物의 種間競合은 일찌기 生態學者나 植物學者들의 관심을 끌어왔는데 Clementes(1907)가 처음으로 植物種間의 關係를 'competition'으로 정의하였고 최근 Harper<sup>1)</sup>는 "interference"란 용어로서 설명하였으며 Hall<sup>2)</sup> 등은 competitive interference와 non-competitive interference로서 분리하여 해석하고 있다.

草地群落에서 競合의 형태는 空間이나 資源의 확보로서 나타나나 Donald<sup>3)</sup>는 日光, 水分 및 養分으로

\* 서울대학교 農學科 (Department of Agronomy, Seoul National University, Suwon 170, Korea)

〈'86. 10. 2 接受〉

입 추하였다. 따라서 이러한 경합관계는 일정지역의 특정 資源에 대하여 利用性和 分配比率로서 밝혀져야 하나 실제 측정상 어려움 때문에 생장속도나 乾物生産性 또는 번식력으로 흔히 나타내고 있다. 草鍾의 경합능력을 비교하기 위하여 同種間, 異種間 시험구 배치<sup>17)</sup>, 地下部 地上部에 격리 설치<sup>10,13)</sup> 등 특이한 시험법들이 시도되어 왔으며 牧草草種들의 生存能力이나 他草種에 대한 相對的 競合力은 de Wit<sup>18)</sup>, McGilchrist 등<sup>11)</sup>, Trenbath<sup>16)</sup>, Hopkins 등<sup>9)</sup>이 評價하였으나 아직 우리나라에서는 별로 研究가 되어 있지 않은 실정이다.<sup>10)</sup>

본 실험에서는 牧草草種들의 가능한 組合을 diallel로 만들고 各 單播와 그 草種의 混合組合을 造成하여 各 草種의 競合力을 여러 가지 방법으로 평가하고 草種組合別 生産性和 相互關係를 비교하여 理想的인 草地混播組合 模型決定 資料와 方法을 제시하고자 한다.

### 材料 및 方法

本 實驗은 1985年 4月 末부터 9月 末까지 우리나라 中部地方의 主要草種인 禾本科의 오차드그라스(*Dactylis glomerata* L.)品種 Potomac, 토올페스큐(*Festuca arundinacea* Schreb.)品種 Fawn과 荳科로서 라디노클로버(*Trifolium repens* L.)品種 California, 알팔파(*Medicago media* Persoon.)品種 Vernal을 各各 單種 및 2草種의 混播組合을 만들어 10個 處理의 3反復으로 하여 서울農大 實驗農場에서 大形포트實驗으로 實施하였다(Fig. 1).

포트는 폭 60cm, 길이 120cm, 높이 90cm 크기의 베니어板으로 제작하였는데 이들은 필요한 시기마다 길이 20cm씩을 잘라내어 試料를 採取하도록 고안되었다. 또한 光線의 遮斷과 포트內의 심한 溫度의 變化 및 漏水防止를 위하여 前·後·側面에 스티로폴을 붙였다.

土壤은 排水가 잘 되도록 下部 20cm까지는 모래로, 그 上部分은 pH 5.3, 有機物含量이 1.8%, 有効磷酸含量이 56ppm인 微砂質壤土를 사용하였다.

植物體는 同一株數를 確保하기 위하여 圃場에 播種後 28日이 된 幼苗를 株間距離 2cm, 條間距離 20cm로 하여 5月 14日에 移植하였으며 混播의 경우 두 草種을 번갈아가면서 1回 試料採取時 單混播區 모두 反復當 10個體가 되도록 하였다. 施肥는 基肥로 播種 前에 m<sup>2</sup>當 分量으로 磷酸 25g, 칼리 20g을 施用하였고 窒素는 禾本科에 22.5g, 禾本科와 荳科에 7.5g을 各各 3回 分施하였으며 알팔파에는 根瘤菌接種을 위해 이식 직후 種土를 뿌려주었다. 刈取回數는 年 3回 實施하였는데 1次刈取는 7月 13日, 2次刈取는 8月 21日, 3次刈取는 9月 25日에 各各 地上部 7cm 높이로 잘랐다. 2次刈取까지 降雨로 인한 포트土壤의 流失이나 浸蝕을 막기 위하여 투명비닐덮개를 설치하였다. 또한 適正水分狀態를 유지하기 위하여 gypsum block을 利用한 灌溉를 하였으며 病蟲害防除를 위하여 殺蟲劑 및 殺菌劑를 撒布하였다.

每刈取期에 地上部 및 根部를 調査하였는데 大形포트에 연결된 나무를 먼저 자르고 가는 철사로 포트內의 흙을 잘라낸 다음 試料를 채취하였다. 試料는 뿌리가 씻겨 내려가지 않도록 조심스럽게 씻고 草種別로 分離한 後 地上部와 地下部로 나누어 건조 秤量하였다.

草種組合別 競合關係는 期待收量, 優占度, 相對總收量, 補償價와 一般混生能力 및 特殊混生能力을 계산하여 比較·評價하였다.

### 結果 및 考察

#### 1. 競合關係의 評價方法

牧草를 單播한 경우에는 同種間 競合(intraspecific competition)이 일어나고 두 草種 以上을 混合하였을 때에는 異種間競合(interspecific competition)이 優勢하여진다. 牧草의 混合群落에서 各 草種의 競合力과 單播收量 및 混播收量을 比較·評價하는 方法에는 既存의 期待收量<sup>14)</sup>, 相對總收量<sup>16)</sup>, 補償價<sup>14)</sup>와 優占度<sup>9)</sup> 등이 있다. 草種의 競合力을 나타내는 데에는 一定面積內의 生存個體數, 被覆度, 頻度 등으로도

Og	Tf	Lc	Al	Og -Tf	Og -Lc	Og -Al	Tf -Lc	Tf -Al	Lc -Al
----	----	----	----	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------

Fig. 1. Field plot design.

Og: orchardgrass Tf: tall fescue Lc: ladino clover Al: alfalfa

表示될 수 있지만 一般적으로 競争의 結果를 나타내는 生育量の 총계인 乾物生産量이 사용되어 왔다.

(1) 期待收量(expected yield ; P) : 各 草種의 單播收量を  $P_1, P_2, \dots, P_n$ 이라 할 때 混播에서 期待되는 收量, P는 다음과 같다.

$$P = \left( \sum_{i=1}^n P_i \right) / n$$

2草種 以上の 混播에서의 實收量 M과 比較하여 期待收량이 보다 클 경우  $P < M$ , 적으면  $P > M$ , 같을 경우에는  $P = M$ 으로 表示하였다.

(2) 相對總收量(relative yield total ; RYT) : De Wit(1960)가 제안한 것으로

$$RYT = \frac{1}{2} (Y_{ij} / Y_{ii} + Y_{ji} / Y_{jj})$$

로 계산하였다.

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,  $Y_{ij}$ 는  $j$ 草種과 混播했을 때의  $i$ 草種의 收量,  $Y_{ji}$ 는  $i$ 草種과 混播했을 때  $j$ 草種의 收量을 의미한다. RYT값이 1.00보다 크면 混播가 各 草種의 單播보다 有利하다고 하며 RYT값이 1.00보다 작으면 不利하다고 평가하였다.

(3) 補償價(compensation index ; CI) : 混播의 경우 優占草種의 劣勢草種에 對한 收量減少의 補償程度를 判定하는 方法으로서

$$CI = \{(Y_{ij} - Y_{ii}) + (Y_{ji} - Y_{jj})\} / (Y_{ii} + Y_{jj})$$

로 계산되었다.

이 때 CI가 0과 같거나 비슷할 때에는 한 草種의 收量增大가 他草種의 收量減少를 精確히 補償할 수 있는 關係로서 neutral(+, -)로 表示하고, 그들의 補償이 充分한 경우 過剩補償(over-compensation ; ++, --)으로, 不充分한 경우를 過少補償(under-compensation ; +, --)로 表示하였다.

(4) 優占度(aggresivity) : McGilchrist와 Trenbach(1971)가 제안한 것으로 混播組合에서 한 草種의 他草種에 對한 優占力을 나타내며  $i$ 草種과  $j$ 草種을 混播한 경우  $j$ 草種에 對한  $i$ 草種의 優占度,

$$A_{ij} = \frac{1}{2} (Y_{ij} / Y_{ii} - Y_{ji} / Y_{ij})$$

로 계산되었다.

(5) 一般混生能力(general combining ability ; GCA)과 特殊混生能力(specific combining ability ; SCA) : 育種에서 交配組合에 따라  $F_1$ 이 雜種強勢를 일으킬 수 있는 能力을 表示하는 方法으로 Sprague等(1942)이 제안하였던 一般組合能力(GCA)과 特殊組合能力

(SCA)으로 牧草의 混播組合能力을 평가하는 데에 利用하여 보았다. 네가지 草種의 diallel組合의 分析은 Griffing(1956)의 GCA와 SCA檢定方法을 따라 실시하였는데 一定面積에 同一한 密度로 심겨진 各 草種의 個體當 乾物重의 變化로써 나타내었다.

## 2. 草種組合別 乾物生産性

牧草의 刈取收量은 莢, 葉鞘 및 줄기와 때로는 花器部分의 一部로 이루어지며 生育이 進진될수록 葉以外的 非同化器官의 比率이 相對적으로 增加하게 된다.

오차드그라스, 토울페스큐, 라디노클로버 및 알팔파로 各各의 單播 및 2草種의 混播組合을 만들었을 때 牧草의 乾物收量을 살펴보면 오차드그라스單播, 토울페스큐單播 및 오차드-토울페스큐混播가 가장 높았으며 그 다음이 토울페스큐-알팔파, 토울페스큐-라디노클로버, 오차드그라스-라디노클로버, 오차드그라스-알팔파混播組合順이었으며 알팔파單播, 라디노클로버單播 및 그들의 混播組合은 牧草의 收量에서 가장 不利하게 나타났다(그림 2).

季節別로 살펴보면 單播區의 경우 오차드그라스는 봄刈取期인 7月 13日과 여름刈取期인 8月 21日 收穫時 收量이 가장 높았으며 가을刈取期인 9月 26日에는 토울페스큐보다 다소 낮게 나타났으나 差異는 없었다. 알팔파는 移植後 活着이 좋지 않아 봄刈取期엔 가장 收量이 낮았으나 여름에는 回復되어 오차드그라스 및 토울페스큐와 더불어 가장 收量이 높았

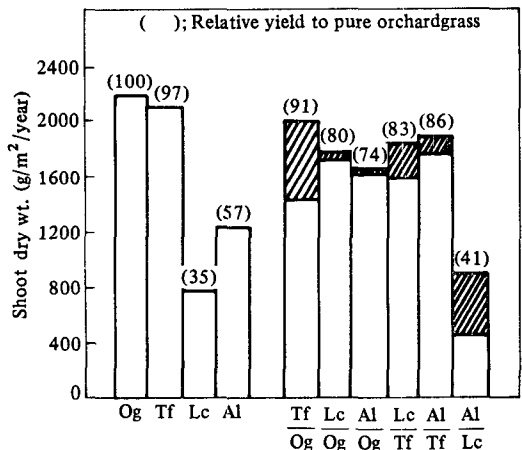


Fig. 2. Forage production in mono and binary association of four forage species.

\*Shaded area indicates dry wt. of the upper species in binary association.

Table 1. Forage yield in pure and mixed swards.

Dry matter yield Treatments	Forage Yield (g/m <sup>2</sup> )				Root yield in fall clipping	Biological yield
	Spring	Summer	Fall	Year total		
Og	813.2 <sup>a</sup>	793.8 <sup>a</sup>	582.4 <sup>ab</sup>	2189.4 <sup>a</sup>	414.1 <sup>ab</sup>	2603.5 <sup>a</sup>
Tf	667.6 <sup>bc</sup>	787.7 <sup>a</sup>	658.2 <sup>a</sup>	2113.5 <sup>ab</sup>	307.5 <sup>cd</sup>	2421.0 <sup>ab</sup>
Lc	206.8 <sup>ef</sup>	236.2 <sup>d</sup>	329.5 <sup>e</sup>	772.5 <sup>g</sup>	151.9 <sup>e</sup>	924.4 <sup>e</sup>
Al	122.1 <sup>f</sup>	801.5 <sup>a</sup>	325.9 <sup>e</sup>	1249.5 <sup>f</sup>	404.3 <sup>ab</sup>	1653.8 <sup>c</sup>
Og-Tf	772.3 <sup>ab</sup>	720.0 <sup>ab</sup>	506.2 <sup>cd</sup>	1998.5 <sup>abc</sup>	399.3 <sup>abc</sup>	2397.8 <sup>ab</sup>
Og-Lc	758.9 <sup>ab</sup>	552.8 <sup>c</sup>	439.1 <sup>d</sup>	1750.8 <sup>de</sup>	312.9 <sup>cd</sup>	2063.7 <sup>bc</sup>
Og-Al	551.9 <sup>cd</sup>	595.8 <sup>bc</sup>	473.6 <sup>d</sup>	1621.3 <sup>e</sup>	329.4 <sup>bcd</sup>	1950.7 <sup>bc</sup>
Tf-Lc	500.6 <sup>d</sup>	768.0 <sup>a</sup>	548.7 <sup>bc</sup>	1817.3 <sup>cde</sup>	339.5 <sup>abcd</sup>	2156.8 <sup>ab</sup>
Tf-Al	594.2 <sup>cd</sup>	721.0 <sup>ab</sup>	563.9 <sup>bc</sup>	1879.1 <sup>bcd</sup>	421.7 <sup>a</sup>	2300.8 <sup>ab</sup>
Lc-Al	292.3 <sup>e</sup>	350.1 <sup>d</sup>	264.3 <sup>e</sup>	906.7 <sup>g</sup>	261.8 <sup>d</sup>	1168.5 <sup>de</sup>
Og. yield grown in mixture with other species	1225.0	1095.0	842.7	3162.3	649.7	3812.0
Tf. "	777.7	1074.7	762.7	2615.0	481.3	3096.3
Lc. "	199.7	133.0	139.7	472.0	97.7	569.7
Al. "	111.3	169.3	119.3	400.0	147.7	547.7

\* Means with the same letter are not significantly different at the 5% level as determined by Duncan's Modified LSD test.

\* Og: orchardgrass, Tf: tall fescue, Al: alfalfa, Lc: ladino clover

으며, 全生育期를 통해 가장 收量이 낮은 라디노클로버는刈取가 진전될수록 乾物生産性이 높아졌다.混播區에서는 봄刈取時 오차드-토올페스큐混播 및 오차드-라디노클로버混播區가 乾物收量이 가장 높아 오차드單播區와 비슷하였고 토올페스큐-알팔파, 오차드-알팔파混播와 토올페스큐-라디노클로버混播區가 그 다음이었으며 라디노-알팔파混播는 가장 낮아 不利한 混播組合으로 나타났다. 그러나 여름 및 가을刈取期에는 토올페스큐-라디노 및 토올페스큐-알팔파混播가 오차드-라디노와 오차드-알팔파混播보다 收量이 높았으며 라디노-알팔파混播는 봄刈取期과 마찬가지로 다른 組合보다 收量이 가장 낮았다(表 1).

### 3. 草種間 地上部 競合關係의 比較

作物의 競合力은 各草種들의 地上部の 葉面積·草高·葉의 配列·葉角 등을 포함한 草型構造의 變化와 根部的 形態의 特性 및 뿌리에서 排出되는 CO<sub>2</sub>와 忌地物質에 대한 感應程度 등의 生育特性에 따라 크게 다를 뿐만 아니라 주위의 環境條件과 施肥·刈取·放牧 등의 管理方法에 따라 左右된다.<sup>3,6)</sup>

牧草의 組合別 競合關係를 地上部の 1年刈取總收量으로 살펴보면 優占種이 劣勢種에 대해 過剩補償해준 오차드-라디노, 토올페스큐-알팔파混播區에서는 期待收量보다 더 많은 牧草收量을 나타내었지

만 토올페스큐-라디노클로버混播區만이 RYT가 1보다 커 두草種의 單播의 경우보다 有利한 組合이었는데 토올페스큐가 라디노클로버에 대해 26% 過剩補償해주었다. 그러나 오차드-라디노, 토올페스큐-알팔파混播區에서는 禾本科草種인 오차드그라스 및 토올페스큐가 尖勢種인 荳科의 라디노클로버, 알팔파에 대해 各各 18%, 12% 過剩補償하였지만 오차드그라스와 토올페스큐의 우점도가 지나치게 높고 RYT가 1보다 작아서 不利한 것으로 나타났다. 한편 混播區의 收量이 期待收量보다도 낮은 오차드-토올페스큐, 오차드-알팔파混播 및 라디노-알팔파混播區에서는 優占種인 오차드그라스와 라디노클로버가 劣勢種에 대해 過剩補償한 것으로 나타났으며 RYT 역시 1보다 작아 不利한 組合이었다.

組合別 競合關係의 變化를 季節別로 살펴보면 봄刈取期에는 荳科組合인 라디노-알팔파混播에서 RYT가 1.73으로 가장 有利하였으나 여름과 가을刈取期에는 1보다 작아 不利하였으며 봄刈取期에 우점종인 라디노클로버가 가을刈取期에는 오히려 열세종으로 나타났다. 禾本科組合인 오차드-토올페스큐混播에서는 刈取가 진전될수록 RYT가 작아지고 優占種이었던 오차드그라스의 補償能力이 減少하는 경향이였다. 또한 오차드그라스와 荳科草種의 混播組合은 모두 刈取期에서 RYT가 1보다 작았고 봄刈取期부터 오차드그라스가 대부분을 차지하였으나 토올페스큐

**Table 2.** Actual yield, expected yield, relative yield total (RYT), aggressivity, and compensation index (CI) of shoot dry wt. in binary association of four forage species.

Assoc. of species	Aggressive species	Actual & expected yield				RYT				Aggressivity				CI (%)			
		Spring	Summer	Fall	Year total	Spring	Summer	Fall	Year total	Spring	Summer	Fall	Year total	Spring	Summer	Fall	Year total
Og-Tf	Og	772 (740)	720 (791)	506 (620)	1999 (2151)	1.01	0.91	0.84	0.92	0.32	0.40	0.41	0.38	4.3	-9.0	-18.4	-7.1
Og-Lc	Og	759 (510)	553 (515)	439 (456)	1751 (1481)	0.98	0.76	0.77	0.84	0.87	0.58	0.71	0.73	48.8	7.4	-3.7	18.2
Og-Al	Og	552 (468)	596 (798)	474 (454)	1621 (1719)	0.70	0.75	0.82	0.75	0.65	0.74	0.81	0.73	18.1	-25.3	4.4	-5.7
Tf-Lc	Tf	501 (437)	768 (512)	549 (494)	1817 (1443)	1.05	1.16	0.94	1.05	0.19	0.63	0.51	0.47	14.4	50.0	11.1	25.9
Tf-Al	Tf	594 (395)	721 (795)	564 (492)	1879 (1682)	1.23	0.92	0.92	0.93	0.07	0.88	0.67	0.73	50.4	-9.3	14.6	11.7
Lc-Al	Lc	292 (165)	350 (519)	264 (328)	907 (1011)	1.73	0.79	0.81	0.95	0.20	0.21	-0.03	0.21	77.8	-32.6	-19.4	-10.4

( ): Expected yield

와 荳科草種의 混播는 봄刈取期에 RYT가 1보다 커 有利하였고 토올페스큐의 優占程度가 작았지만 여름 刈取期부터는 크게 優占하였다. 이와 같이 오차드그라스는 토올페스큐와의 混播 뿐 아니라 荳科草種들의 混播組合에서도 토올페스큐보다 優占度가 더욱 큰 草種으로 나타났다(表 2).

한편 地上部 生育량을 GCA와 SCA로 分析한 결과 오차드그라스와 토올페스큐는 GCA가 荳科草種보다 높게 나타났고 봄刈取期の 混生能力에서 오차드그라스가 有利하였으나 여름, 가을이 됨에 따라 점차 不利하여졌고 토올페스큐는 계절간 별 차이 없이 높은 混生能力을 나타내었다. 이는 오차드그라스가 單播 뿐 아니라 混播의 경우에서도 收量이 가장 높았지만 토올페스큐와 混播한 他 草種의 收量이 오차드그라스의 경우보다 높았기 때문에 토올페스큐의 混生能力이 더 크게 나타난 것으로 판단된다. 반면 荳科인 라디노클로버는 負의 GCA값으로 나타나 競合初年度에는 他草種들에 비하여 地上部 生長量이 부진하였으며 아울러 알팔파 역시 負의 GCA로서 라디노클로버보다는 나았으나 역시 부진하였다. 이러한 GCA의 결과는 SCA로 더욱 명확히 밝혀졌는데 모든 草種의 同一科間 混播時 負의 SCA값을 나타내는 경향이 있었다. SCA값으로 본 草種間 有利한 混播組合은 오차드-라디노클로버(0.76), 토올페스큐-라디노(0.79), 토올페스큐-알팔파(0.62)였으며 不利한 組合으로는 오차드-토올페스큐(-0.81), 라디노-알팔파(-0.71)로 나타났다(表 3).

#### 4. 草種間 地下部 競合關係의 比較

牧草의 地下部 收量과 地上部 乾物量은 高度의 正의 相關( $r=0.73^{**}$ )이 있는 것으로 나타났다. 組合別

乾物生産性을 地下部の 1年 全體收量으로 살펴보면 期待收量보다 더 많은 收量을 나타낸 것은 오차드-라디노, 토올페스큐-라디노混播區였으나 토올페스

**Table 3.** General combining ability(GCA) and specific combining ability(SCA) of shoot dry wt.(g/plant) in diallel mixture of four forage species.

		Spring				
Yi	Yj	SCA				GCA
		Og	Tf	Lc	Al	
Og	Og	-0.35	-0.16	0.57	-0.06	0.71
Tf	Tf		-0.21	-0.10	0.47	0.35
Lc	Lc			-0.50	0.04	-0.43
Al	Al				-0.45	-0.63
F-value		2.63*				28.13**
		Summer				
Og	Og	0.36	-0.27	0.15	-0.24	0.15
Tf	Tf		-0.33	0.67	-0.07	0.49
Lc	Lc			-0.36	-0.47	-0.60
Al	Al				0.78	-0.04
F-value		6.90**				26.24**
		Fall				
Og	Og	0.21	-0.38	0.04	0.13	0.13
Tf	Tf		-0.05	0.21	0.22	0.40
Lc	Lc			0.03	-0.28	-0.29
Al	Al				-0.08	-0.25
F-value		2.94*				20.95**
		Year Total				
Og	Og	0.22	-0.81	0.76	-0.16	0.99
Tf	Tf		-0.59	0.79	0.62	1.24
Lc	Lc			-0.84	-0.71	-1.32
Al	Al				0.25	-0.91
F-value		3.89**				47.23**

**Table 4.** Actual yield, expected yield, relative yield total (RYT), aggressivity, and compensation index (CI), of root dry wt. in binary association of four forage species.

Assoc. of species	Aggressive species	Actual & expected yield				RYT				Aggressivity				CI (%)			
		Spring	Summer	Fall	Year total	Spring	Summer	Fall	Year total	Spring	Summer	Fall	Year total	Spring	Summer	Fall	Year total
Or-Fe	Or	335 (439)	285 (359)	399 (361)	1019 (1159)	0.72	0.76	1.01	0.82	0.24	0.26	0.69	0.38	-23.7	-20.8	10.5	-12.1
Or-La	Or	362 (300)	319 (254)	313 (283)	994 (838)	0.61	0.85	0.81	0.81	0.50	0.65	0.63	0.64	20.6	25.3	10.6	18.6
Or-Al	Or	324 (283)	368 (475)	329 (409)	1021 (1167)	0.67	0.89	0.80	0.77	0.59	0.88	0.79	0.75	14.5	-22.5	-19.4	-12.5
Fe-La	Fe	227 (223)	330 (202)	340 (230)	896 (655)	0.90	1.27	12.4	1.12	0.20	0.70	0.71	0.53	1.8	63.2	47.6	36.8
Fe-Al	Fe	228 (205)	300 (423)	422 (356)	949 (984)	1.08	0.95	1.33	0.97	0.04	0.89	1.09	0.79	11.0	-29.1	18.4	-3.6
La-Al	La	109 (67)	175 (319)	262 (278)	546 (663)	1.63	0.66	1.03	0.95	0.00	0.16	0.19	0.26	63.2	-45.1	-5.8	-17.8

( ): Expected yield

큐-알팔과混播는 地上部の 경우와는 달리 期待收量보다도 적었으며 그中 RYT가 1보다 큰 組合은 地上部와 마찬가지로 다른 禾本科-荳科混播區에 비해 荳科의 比率이 높게 나타난 토올페스큐-라디노混播 組合 뿐이었다. 優占度에 있어서도 地上部와 비슷한 경향을 보여 같은 禾本科組合인 오차드-토올페스큐混播와 荳科組合인 라디노-알팔과混播는 禾本科-荳科混播보다 두 草種間 優占度의 差異가 작았다. 이것은 草種들間的 競合에 根部의 形態的 그리고 生理的인 特性이 매우 重要한 역할을 하기 때문이며<sup>1,6)</sup> 특히 禾本科와 荳科間的 競合에서는 根量이 많은 鬚根系을 가지는 禾本科와 主根系을 가지는 荳科의 根部의 形態的 差異와 이들의 發達特性 그리고 相互間 根活力에 影響하는 物質의 分泌 등이 큰 要因이라 생각된다.

競合關係의 季節的 變化를 살펴보면 봄刈取期の 地下部 RYT는 地上部보다 작았지만 가을刈取期에는 오히려 대체로 큰 경향으로 나타났으며 荳科組合인 라디노-알팔과混播에서는 봄刈取期에 두 草種이 거의 같은 優劣程度를 보였으나 刈取가 進展됨에 따라 地上部와는 달리 라디노클로버의 優占度가 다소 커지는 경향이었다. 禾本科-荳科混播組合에서는 地上部와 마찬가지로 오차드그라스와 荳科草種을 混播한 경우에는 봄刈取期부터 오차드그라스가 크게 優占한 것으로 나타났으며 토올페스큐-荳科混播區에서는 2次 刈取期인 여름刈取부터 토올페스큐의 優占度가 몹시 큰 것으로 나타났다. 또한 禾本科組合인 오차드-토올페스큐混播區는 禾本科-荳科混播組合보다 草種間 優占度의 差異가 적었다.

한편 混播組合에서 優占種의 補償能力은 相對草種

에 따라 다르게 나타났다. 즉 오차드그라스는 토올페스큐나 알팔과에 대하여 CI가 負의 값으로 充分한

**Table 5.** General combining ability(GCA) and specific combining ability(SCA) of root dry wt. (g/plant) in diallel mixture of four forage species.

		Spring				
Yi	Yj	SCA				GCA
		Og	0.04	-0.31	0.18	
Tf			0.19	0.02	0.10	0.11
Lc				-0.18	-0.01	-0.26
Al					-0.18	-0.33
F-value		2.82*				49.39**
		Summer				
Og		0.11	-0.24	0.20	-0.07	0.16
Tf			0.01	0.40	-0.18	-0.01
Lc				-0.23	-0.38	-0.30
Al					0.62	0.15
F-value		10.79**				18.48**
		Fall				
Og		0.11	0.01	0.09	-0.20	0.10
Tf			-0.34	0.17	0.16	0.11
Lc				-0.17	-0.09	-0.28
Al					0.13	0.07
F-value		1.78N.S.				7.79**
		Year Total				
Og		0.25	-0.54	0.46	-0.17	0.75
Tf			-0.14	0.60	0.08	0.21
Lc				-0.58	-0.48	-0.85
Al					0.57	-0.11
F-value		5.81**				41.31**

補償力을 나타내지 못하였으나 라디노클로버에 대하여서는 높은 補償價(19%)를 가졌고 토올페스큐 역시 라디노클로버에 대하여 매우 높은 補償價(37%)를 보였다(表 4).

地下部의 GCA分析으로 살펴본 混生能力은 오차드그라스가 대체로 높게 나타나 他草種과의 混播에 有利하였으며 특히 刈取期에 현저하였다. 라디노클로버는 GCA가 負의 높은 値를 보여 他草種과의 組合에서 不利한 草種으로 밝혀졌다. 禾本科間이나 荳科間의 混播組合은 負의 SCA값을 나타내어 混生에

不利함을 보여주었고 根部의 混生에 有利한 組合은 地上部와 마찬가지로 오차드그라스-라디노클로버(0.46), 토올페스큐-라디노클로버(0.60)들이었다(表 5).

以上の 結果로써 오차드그라스, 토올페스큐, 라디노클로버, 알팔파의 4草種中 各 2草種으로 구성된 組合別 地上部와 地下部의 競合關係를 여러 가지 評價方法을 사용하여 比較하면 表 6과 같이 要約할 수 있었다.

그러나 牧草地에서 草種들間的 競合은 草種・品種

Table 6. Summary of competition relations with shoot and root dry wt. (g/plant/year) in binary association.

Evaluation methods of competition ability	Association of species (Aggressive species and values)		
	Shoot	Root	
Actual yield > expected yield	Og-Lc, Tf-Lc & Tf-Al	Og-Lc & Tf-Lc	
RYT > 1.0	Tf-Lc (1.05)	Tf-Lc (1.12)	
Aggressivity	highest	Og-Lc, Og-Al & Tf-Al (Og, 0.73)	Tf-Al (Tf, 0.79)
	lowest	Lc-Al (Lc, 0.21)	Lc-Al (Lc, 0.26)
CI	highest	Tf-Lc (Tf, +25.9%)	Tf-Lc (Tf, +36.8%)
	lowest	Lc-Al (Lc, -10.4%)	Lc-Al (Lc, -17.8%)
GCA	highest	Tf (1.24)	Og (0.75)
	lowest	Lc (-1.32)	Lc (-0.85)
SCA	highest	Tf-Lc (0.79)	Tf-Lc (0.60)
	lowest	Og-Tf (-0.81)	Og-Tf (-0.54)

의 種類, 條播와 散播 등의 播種方法, 재식밀도, 施肥方法, 刈取時期 및 回數 등의 여러 가지 재배조건과 환경조건에 크게 左右된다. 특히 우리나라에서는 收量이 높은 荳科과의 오차드그라스와 단백질공급원인 豆科의 라디노클로버를 主草種으로 한 混播組合이 조성되고 있지만 주로 匍匐莖으로 번식하여 빈 공간을 보다 有利하게 占有할 수 있는 라디노클로버가 해가 지나감에 따라 優占種으로 나타나 收量이 낮은 不實地가 되어 버리는 경우가 많다. 그러므로, 이러한 경우 牧草의 混播群落에서 계속적인 競合의 評價가 필요하고 그 지역에 적합한 草種 및 品種의 선택과 草種變化를 예견한 후 施肥, 補播, 播種方法 등의 여러가지 재배 기술을 응용하여 적합한 草地形態를 유지하는 것이 필요하다.

### 摘 要

牧草의 單・混播群落에서 草種組合別 收量性和 各草種의 地上部와 地下部의 競合力을 평가하고 그들의 相互關係를 比較하여 理想的인 混播草地模型의 基礎

資料 및 方法을 제시하기 위하여 오차드그라스, 토올페스큐, 라디노클로버 및 알팔파의 各 單播와 2草種의 混播組合으로 이루어진 10個의 大形꽃트 畝락에서 實驗을 실시하였다. 競合關係는 地上部와 地下部를 분리하여 乾物重으로 평가하였는데 그 方法으로서는 expected yield, aggressivity, relative yield total (RYT) 및 compensation index (CI)와 general combining ability (GCA) 및 specific combining ability (SCA)를 계산하여 比較・解析하였다.

牧草收量에서는 禾本科草種인 오차드그라스, 토올페스큐의 各 單播 및 그들의 混播가 有利하였고 荳科草種인 라디노클로버와 알팔파의 單播 및 混播의 경우에는 不利하였다.

牧草의 收量으로 살펴본 地上部競合에서 토올페스큐-라디노클로버混播組合만이 RYT가 1.05로 有利하였고 單播의 경우보다 토올페스큐가 優占種이었다. 또한 禾本科混播와 荳科混播는 禾本科-荳科混播組合보다 優劣程度의 차이가 적었고 禾本科草種은 荳科草種에 對해 優占種이었으며 그 中 오차드그라스가 가장 優占力이 큰 草種으로 나타났고 알팔파는 가

장 낮은 草種이었다. 한편 混播의 경우 組合能力을 나타내는 混生能力에서는 토올페스큐가 가장 컸으며 그 다음이 오차드그라스였고 라디노클로버는 가장 적은 것으로 나타났다. 組合別 混生能力은 同一科間 混播組合이 不利한 것으로 나타났으며 禾本科와 荳科가 혼합된 組合이 有利하게 나타났는데 그 중 토올페스큐와 라디노는 混生能力이 가장 큰 組合이었다.

地下部 競合에서도 地上部와 마찬가지로 토올페스큐-라디노混播가 RYT가 가장 크고 混生能力도 큰 조합이었으며, 4草種中 오차드그라스가 優占力이 가장 컸고 根部의 混生能力에서도 地上部와 달리 오차드그라스가 가장 큰 草種이었다.

### 引 用 文 獻

1. Brouwer, R. 1975. Root functioning. In Environmental effects on crop physiology. Academic Press. 229p.
2. Donald, C. M. 1963. Competition among crop and pasture plants. Adv. in Agron. 5: 1-118.
3. Etherington, J. R. 1982. Environment and plant ecology. Wiley. 395p.
4. Grant, E. A. and W. G. Sellans. 1964. Influence of plant extracts on germination and growth of eight forage species. J. of Br. Grassl. Soc. 19: 191-197.
5. Griffing, B. 1956. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. Aust. J. Biol. Sci. 9: 463-493.
6. Hall, R. L. 1974. Analysis of the nature of interference between plants of different species 1. Concepts and extension of the de Wit analysis to examine effects. Aust. J. Agric. Res. 25: 739-747.
7. Harper, J. L. 1961. Mechanisms in Biological Competition. Symp. Soc. Exp. Biol. 15: 1-39.
8. Harper, J. L. 1961. Mechanisms in Biological grass-legume association. Adv. in Agron. 33: 227-261.
9. Hopkins, A. 1979. Botanical composition of grasslands in England and Wales. J. R. Agric. Soc. 140: 140-150.
10. 李浩鎭·姜晉鎬. 1984. 오차드그라스와 라디노클로버混播草地에서 窒素, 磷酸 施用에 따른 地上部와 地下部競合. 韓作誌 29(3): 272-279.
11. McGilchrist, C. A. and B. R. Trenbath. 1971. A revised analysis of plant competition experiments. Biometrics. 27: 659-671.
12. Newman, E. I. and M. H. Miller. 1975. Allelopathy among some British grassland species. J. of Ecol. 63: 727-737.
13. Remison, S. U. and R. W. Snaydon. 1980. A comparison of root competition and shoot competition between *Dactylis glomerata* and *Holcus lanatus*. Grass and Forage Sci. 35: 183-187.
14. Rose, S. J., O. C. Burnside, J. E. Spect and B. A. Swisher. 1984. Competition and allelopathy between soybeans and weeds. Agron. J. 76: 523-528.
15. Sprague, G. F. and L. A. Tatum. 1942. General vs specific combining ability in single crosses of corn. J. Amer. Soc. Agron. 34: 923-932.
16. Trenbath, B. R. 1974. Biomass productivity of mixtures. Adv. in Agron. 26: 177-210.
17. Trenbath, B. R. and J. L. Harper. 1973. Neighbor effects in genus *Avena*. I. Comparison of crop species. J. Appl. Ecol. 10(2): 379-400.
18. Wit, C. T. de. 1960. On competition. Verlag. Lanbouwgewassen Onderzoek, N. 668: 1-82.