

오차드 그라스와 라디노 클로버 混播草地에서 窒素, 磷酸施用에 따른 地上部와 地下部 競合

李 浩 鎮* · 姜 晋 鎬**

Shoot and Root Competition Relations with N, P Fertilization in Orchardgrass and Ladino Clover Mixture

Lee, H. J.* and J. H. Kang**

ABSTRACT

The competitive relationship between orchardgrass (*Dactylis glomerata* L.) and ladino clover (*Trifolium repens* L.) was studied under aerial and soil partitions and N, P fertilizer combinations. Orchardgrass and ladino clover were grown in field with one of non competition, shoot competition only, root competition only, full competition and competition between same species. Under basal application of K fertilizer N and P were applied in treatment combinations of blank, N only (15kg/10a), P only (15kg/10a), and both NP at planting and each cutting.

The forage yield in mixture was between yield of pure orchardgrass stand and the 'expected yield', which was a mean of both pure stands. The forage yield in pure ladino was the lowest. During the experiment there was a progressive decline in clover yield either pure stand or mixture. Since orchardgrass was 'over-compensated' to low-yielding clover, the yield of mixture was more than non competition. Orchardgrass was more competitive than ladino clover as seasons advanced. The aggressivity of orchardgrass was higher in root competition than in shoot competition comparing to clover. Nitrogen fertilizer increased orchardgrass yield, while phosphate did ladino clover yield and root weight of both species. But the additional effect of P to N was not significant in dry weight and LAI.

緒 言

牧草地에서 禾本科와 荳科 草種들을 混合하여 播種하는 方式은 예로부터 실시되어 왔고 現在도 널리 普及된 栽培法이다. 이와 같은 異種들의 共同集團을 조성할 때는 種個體群들 間에 또는 심지어 個體間에 生存과 繁殖을 위하여 치열한 경쟁이 발생한다. 動物

들은 捕食(predator-prey)과 寄生(host-parasite)의 關係로 나타나지만 植物이나 微生物에서는 阻害(mutual inhibition) 또는 腐生(saprophytic) 등 直接的인 競合關係도 있지만 大部分의 경우 生存地域內에서 生活에 必要한 資源들을 보다 많이 획득하려는 資源競合型(competition for resource)이 일반적 으로 나타나는 現象이다.^{3,11)}

Donald⁹⁾는 作物을 混作할 때 種間에 나타나는 競

* 서울대 農大 農學科, ** 慶尙大 農大 農學科

* Department of Agronomy, Seoul National University, Suweon 170, Korea, ** Department of Agronomy, Kyungsang University, Chinju 620, Korea.

合現象을 interference effects 또는 neighbor effects 로 해석하였고 生長에 必要한 環境要因, 即 資源의 供給이 제한되었을 때 이에 대한 確保의 努力이 競合現象이라고 설명하였다. 牧草地의 群落에서 競合의 對象이 되는 資源은 水分, 養分, 酸素, 炭素 gas, 光線과 熱 등으로 列擧될 수 있으나 主로 日光과 養水分으로 압축된다.^{9, 10, 12)} Haynes⁶⁾ 는 禾本科와 荳科牧草의 競合을 生理的 觀點에서는 窒素化合物의 轉移, 光線의 要求度의 差, 水分利用의 效率性, 根群의 陽ion 置換能力으로 설명하였고 形態의으로는 草型構造, 生長習성과 刈取에 對한 再生能力, 根群의 分布, 그리고 環境要因으로는 光線과 營養 및 水分을 들었다.

本 研究에서는 우리나라 牧草의 主要草種인 禾本科의 오차드그라스(*Dactylis glomerata*)와 荳科의 라디노클로버(*Trifolium repens*)의 混播群落에서 정상적인 刈取 및 管理에서 두 草種의 競合이 어떠한 形態로 存在하는지를 알기 위하여 地上部와 地下部競合으로 分離하였고, 또 窒素와 磷酸肥料 施用이 어떻게 이들 競合狀態를 變化시키는지 알기 위하여 圃場實驗을 실시하고 여러가지 數理的 方法으로 그들의 關係를 설명하려 시도하였다.

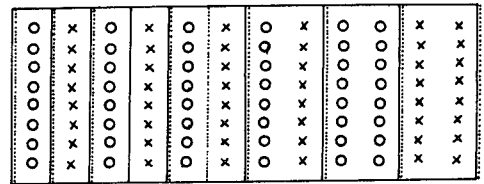
材料 및 方法

本 實驗은 1983年 봄부터 牧草의 生育이 중지되는 늦가을까지 서울大學校 農科大學 實驗農場의 圃場에서 이루어졌다. 이곳의 土壤은 砂質壤土로서 pH가 5.2였고 有効磷酸含量이 166 ppm, 有機物이 1.5%였다.

1. 草種 및 品種 ; 오차드그라스(*Dactylis glomerata* L.) 品種 Potomac, 라디노클로버(*Trifolium repens* L.) 品種 Regal 을 4月 8日 既存 草地에서 새로 돌아나는 포기들을 뿌리가 상하지 않도록 잘 파내어 地上部 7cm 높이에서 잘라버리고 株間距離를 5cm로 시험포장에 移植하였다.

2. 處理內容 ; 施肥處理와 競合處理를 分割區 3 反復으로 配置하였다.

施肥로서는 (1) 無肥 control (2) N 單用區, N 15 kg/10a (3) P 單用區, P 15kg/10a (4) NP 施用區, N 15kg/10a 와 P 15kg/10a 各 肥料는 分施하였는데 N은 基肥 6kg, 每 刈取時 3kg 씩, P는 基肥로



1. Non-comp. 2. Shoot comp. 3. Root comp. 4. Full comp. 5. Orchard. 6. Ladino

Fig. 1. Field plot design.

..... Aerial partition
 —— Soil partition
 ○ Orchardgrass
 × Ladino clover

서 10kg, 追肥로서 가을 再生期에 5kg을 處理하였으나 K肥料만은 基肥로서 15kg/10a를 全量 施用하였다.

競合區로서 (1) 非競合區, (2) 地上部競合區, (3) 地下部 競合區, (4) 完全競合區, (5) 同種間競合區를 그림 1과 같이 설치하였다. 지상부경합에서는 지하에만 아크릴판을 깊이 50cm까지 묻어 養水分의 移動을 막고 지하부경합에서는 지상부에만 透明한 아크릴판을 높이 30cm까지 설치하여 줄기와 잎이 넘어가지 않도록 分離하였고 완전경합에서는 지상부 및 지하부에 모두 설치하였다.

3. 刈取 및 管理 ; 年 4회의 刈取를 하였는데 1차 예취는 6月 6日, 2차는 7月 18日, 3차는 9月 4日, 4차는 10月 14日에 各各 지상부 7cm 높이로 잘랐다. 每刈取期에 앞서 草丈, 草高, 分蘖數를 조사하고 관통光度計(Lambda Co. USA)를 사용하여 草地別 透光狀態를 조사하였다. 그리고 地表에서 7cm 以上の 部位에 대하여 15cm 간격으로 잘라내고 草種別로 分離하여 葉面積을 측정하고 乾燥後 乾物重을 調査하였다. 4차 刈取가 끝난 10月 15日頃 나머지 植物體를 完全히 掘取한 뒤 根群을 조심스럽게 分離하고 水洗하여 殘株와 根部로 나누어 건조, 평량하였다.

結 果

1. 牧草의 收量

오차드그라스 및 라디노클로버를 각각 單播草地로 維持하였을 때 모든 刈取期에서 오차드는 라디노보다 收量이 높았다. 오차드는 3차 예취기인 9月 4日 收穫時 가장 牧草 乾物重이 높았고 가을刈取期인 10月

14日 수확에서 가장 낮았다. 라디노는 1차, 2차, 3차, 4차 예취 順으로 牧草 乾物生産量이 낮아졌고 이 現象은 無肥區나 他 施肥區에서도 같은 傾向이였다. 라디노單播區에서 磷酸의 施用은 牧草收量을 無肥區나 窒素施肥區보다 증가시켰으나 질소의 施用은 전혀 수량 증가의 效果가 없었다.

混播草地에서는 3차에 취에서 가장 높은 牧草收量을 올렸고 질소를 施用하였을 때 無肥區보다 36% 증가하였으나 인산을 施用하였을 때는 무비구와 差異가 없었다. 질소와 인산을 모두 施用하였을 때는 무비구보다 32% 增收되었으나 질소비료를 단독 施用하였을 때와 같았다.

混播區內의 草種別 收量의 構成狀態를 보면 오차드

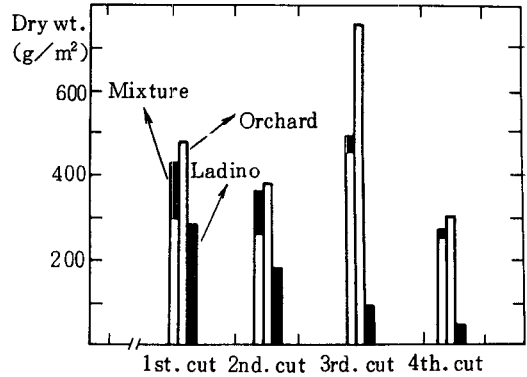


Fig. 2. Forage yield in orchard-ladino mixture and pure swards.

Table 1. Dry matter production in orchard-ladino mixture. (g/m²)

Dry matter yield Treatments	Forage yield					Crown	Root	Biological yield
	1st. cut	2nd. cut	3rd. cut	4th. cut	Year total			
N ₀ P ₀	341	280	352	159	1132	338	310	1780
N ₀ P ₁₅	325	306	405	183	1219	416	357	1994
N ₁₅ P ₀	464	355	497	232	1548	343	277	2176
N ₁₅ P ₁₅	422	343	490	243	1498	367	289	2148
F - value	13*	N.S.	16**	35**	16**	98**	83**	15**
LSD	63		58	23	171	12	13	160
Non-competition	368	342	413	198	1321(100)	366	304	2001
Aerial competition	378	336	404	192	1309 (99)	343	363	2017
Soil competition	411	337	460	229	1437(109)	374	256	2068
Full competition	420	351	485	260	1517(115)	446	362	2326
Pure Orchard	465	335	750	299	1849	631	542	3022
Pure Ladino	270	179	90	43	582	38	24	644
F - value	36**	87**	875**	485**	531**	678**	599**	1235**
LSD	41	28	27	15	70	27	25	83
Fertilizer x Competition	8.4**	5.3**	3.4**	3.9**	9.8**	8.3**	5.9**	9.3**
F - value								

가 항상 높은 比率을 점하였고 여름이 지나면서 전체 수량의 90%까지 차지하여 라디노를 겨감시켰다.

2. 葉面積指數, 乾物의 垂直分布, 光透過性

作物의 物質生産은 근본적으로 光에너지의 吸收와 固定에 달려있고 光의 利用狀態는 牧草에서 草高, 葉面積, 잎의 分布 및 配列을 포함한 草型構造에 따라 결정된다.⁷⁾ 葉面積指數(LAI)는 오차드 單播草地가 가장 높았고 混播區가 그 다음, 라디노單播區가 가장 낮아 LAI가 2를 넘지 못하였다. 刈取期로 볼 때 3차에 취기인 9월 4일이 가장 높아져 오차드단파구는

LAI가 12 혼파구는 8에 달하였고 施肥反應은 질소비료의 施用이 오차드단파구와 혼파구의 LAI 증가에 매우 효과적이었고 인산도 無肥보다는 약간 有意의 增加를 나타내었다. 圃場狀態에서 측정된 透光率은 오차드 單播 및 混播區가 라디노보다 훨씬 낮았음은 LAI가 너무나 差異가 심하였기 때문이었고 오차드나 混播區는 3차에 취기에는 限界 LAI까지도 달하여 이때의 LAI値는 각각 10以上, 7程度로 나타났다(그림 3).

한편 각 草種의 葉과 非同化器官의 層別分布를 보면 오차드가 라디노보다 草丈이나 草高에서 두배 이

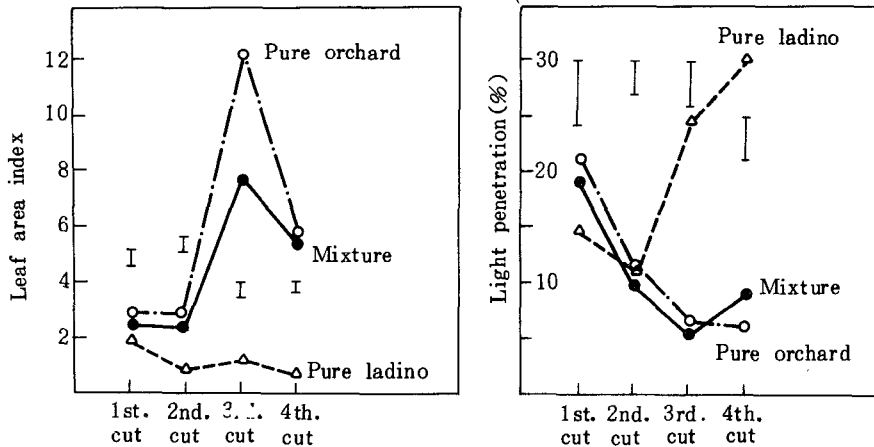


Fig. 3. Leaf area index and light penetration in pure and mixed swards over cutting stages.

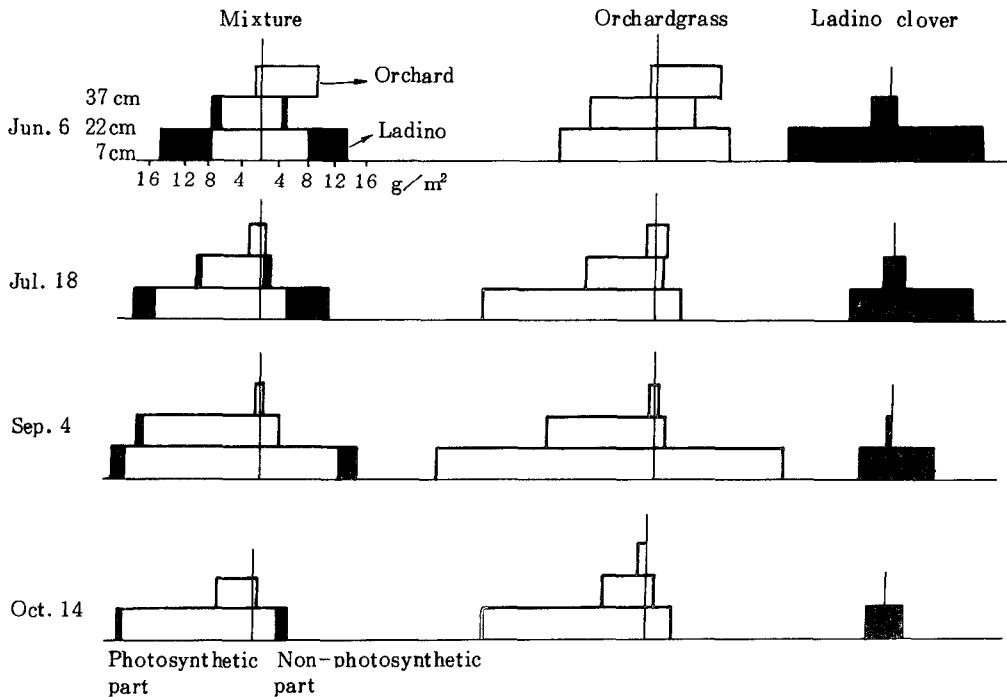


Fig. 4. Stratification structure in pure and mixed swards.

상의 높은 위치에 分布되었고 잎의 배열이 垂直에 가까워 上位葉에서 光의 遮斷이 적고 下部로 光의 浸透가 많아 光利用性이 가장 좋았고 混播區 역시 아래쪽에 위치한 라디노의 光利用性이 향상되어 地面으로 손실되는 光量은 적었다(그림 4).

3. 分蘖, 殘株 및 根部

株當 分蘖數에 있어서 오차드는 2차, 3차刈取時

점차 증가하였으나 라디노는 점차 감소하였다. 混播時 오차드의 분蘖수는 單播時보다 증가하는 경향을 보였으나 라디노는 감소되어 라디노가 混播에서 生長이 위축됨을 알 수 있었다(그림 5).

刈取高를 7cm로 하여 4회까지 자른 후 나머지 殘株와 뿌리의 乾物重을 조사하였을 때 이들의 무게는 窒素施肥에는 별다른 영향을 받지 않았으나 磷酸施肥에는 민감한 반응을 나타내어 지상부의 施肥反

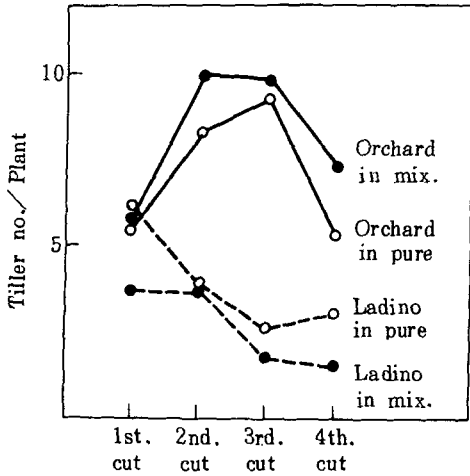


Fig. 5. Number of tillers in pure and mixed swards.

應과는 매우 대조적이었다. 인산은 오차드와 라디노 모두의 殘株部分의 肥大를 促進하였고 아울러 이 부분에 貯藏物質의 蓄積이 많으면 겨울철의 월동이 良好하며 이듬해 봄의 再生 역시 좋을 것으로 기대된다.

年間 各 草地에서의 乾物生産 總量을 刈取牧草 生産量과 殘株 및 뿌리를 합하여 biological yield로 표시하였을 때 N單用區와 NP複合施用區는 無肥區에 비하여 20% 以上の 증가를 나타내고 있어 草地에 적절한 施肥가 必須的임을 보여주었다. 라디노는 오차드에 비하여 질소사용보다는 인산의 사용이 乾物重의 증대에 현저히 효과적이었는 反面, 오차드는 인산사용이 별로 효과가 없었지만 질소는 단연 효과적이었다.

考 察

1. 單播에 對한 混播의 評價

오차드와 라디노를 각각 單播한 경우에는 同種間 競合(intraspecific competition)이 나타나고 두 草種을 混播로 조성하였을 때는 異種間競合(interspecific competition)이 生起하여진다. 單播의 목초수량과 混播의 수량을 비교하기 위하여 Expected yield¹³⁾, Relative yield total¹⁴⁾ 및 Compensation index¹⁵⁾를 계산하였다.

1) Expected yield (P); 오차드의 단파에서 牧草의 乾物收畝를 P₁, 라디노의 單播收畝를 P₂라 할 때 混播에서 기대되는 수량, \bar{P} 는 다음과 같다.

$$\bar{P} = \frac{1}{2} (P_1 + P_2) = \frac{1}{2} (1849.6 + 582.4)$$

$$= 1216.0 \text{ kg}/10 \text{ a}$$

이때 混播收量 M은 1517.4 kg/10 a로서 $P_1 > M > \bar{P} > P_2$ 가 成立되어 기대수량보다 多收性이나 多收草種보다는 적었다.

2) Relative yield total (RYT); De Wit (1960)의 方法에 따라 RYT는 다음과 같이 계산하였다.

$$RYT = \frac{1}{2} (Y_{ij} / Y_{ii} + Y_{ji} / Y_{jj}) = 1.115$$

이때 RYT 값이 1.00 보다 크므로 混播는 各 草種의 單播보다 11.5%가량 유리한 것으로 판단된다.

3) Compensation index (CI); 優占草種인 오차드가 劣勢草種인 라디노의 收量減少를 얼마나 보상할 수 있는가를 判定하기 위하여 CI를 계산하였다. 원래 Trenbach¹³⁾의 RYT 및 CI Value는 1個體當 乾物重으로 계산하였으나 본 연구에서는 實驗圃 造成時에 同一 個體數를 栽식하였고 일정한 生育期間이 경과된 뒤에는 單位面積當 乾物生産量으로서 換算하였다.

$$CI = \frac{(Y_{ij} - Y_{ii}) + (Y_{ji} - Y_{jj})}{(Y_{ii} + Y_{jj})} = 0.227$$

이때 CI가 0과 같거나 비슷할 경우에는 한 草種의 增收가 他草種의 減收를 精確히 보償할 수 있는 關係로서 neutral (+, -)로 表示되고 그들의 補償이 充分한 경우와 不充分한 경우로 나누어 過剩補償 (over-compensation; ++, -)과 過少補償 (under-compensation; +, --)로 表示된다. 本實驗의 混播組合은 오차드가 22.7%를 過剩補償한 것으로 해석된다. 즉 오차드가 라디노의 減收를 充分히 補償하고 더 나아가 22.7%가 남는 狀態였다. 이것은 두 作物이 草地의 여러 資源들에 대하여 서로 相衝 되기 보다는 回避하는 경향이며 보다 廣範하게 利用하여 作物體로 固定시켰음을 의미한다.

2. 競合對象의 分析

作物들의 競合內容을 明確히 하기 위하여 競合處理를 地上部와 地下部로 分離시켰을 때 牧草收量 및 生物의 收量 모두 地上部 競合條件은 별로 영향을 미치지 않았으나 地下部 競合條件은 크게 영향을 미쳤다. 그리고 地上, 地下 양쪽의 完全競合條件은 收量變化의 幅을 더욱 크게 하여 各要因의 和보다 더 큰 上昇의 效果로 나타났다(表 2).

그러나 草種別 反應은 심하여 라디노는 地上部 競合에서 -13%, 地下部 競合에서 -24%, 完全競合에서는 -20%로 나타났다. 반면 오차드는 地上部

Table 2. Effects of competition factors on forage dry matter yield in orchard-ladino mixture.

Competition factors	Total yield (g/m ²)	Orchard yield (g/0.5 m ²)	Ladino yield (g/0.5 m ²)
Non-competition	0	0	0
Effect of shoot competition	-12 (-1%)	29 (3%)	-41 (-13%)
Effect of root competition	116 (8%)	194 (19%)	-78 (-24%)
Effect of shoot and root competition	196 (15%)	265 (27%)	-69 (-20%)
Interspecific competition		-68 (7%)	-30 (-9%)

경합에서 3%, 地下部 경합에서 19%, 完全경합에서 27%나 증수되는 대조적인 反應을 보여 주었다. 그리고 各草種의 同種間 경합을 조정하였을 때 오차드는 -6.9%, 라디노는 -9.0%씩 감소되어 異種間 경합보다는 영향을 적게 받았다.

草種間을 對比하여 보면 오차드에 대한 라디노의 比率은 無경합에 比하여 地上部 경합에서 감소하였고 地上部 및 完全경합에서는 더욱 줄어들었다. 施肥에 따라서는 P의 施用은 라디노의 감소를 완화시켰으나 N의 施用은 라디노의 감소를 더욱 촉진시켰으며 N을 施用하였을 때 및 完全경합區에서 N施用하였을 때 라디노의 存續이 우려되었다.

오차드와 라디노의 混播栽培에서 地下部의 경합이 地上部 경합보다 더욱 치열하였음은 오차드그라스와 벨벳그라스(*Holcus lanatus*)의 결합실험¹⁰⁾ 등과⁵⁾ 一致되는 결과이다. Grant⁴⁾ 등은 禾本科와 荳科의 混播時 禾本科 뿌리의 漏出液이 荳科의 生育에 영향을 주었다고 報告하였으며 Newman⁷⁾ 등은 荳科의 根群은 P나 K에 대하여 poor competitor라는 주장으로서 약간의 설명은 가능하지만 더욱 本格的인 檢討가 필요하다.

3. 優占度의 評價

混播組合에서 各草種의 優占力은 McGilchrist 와

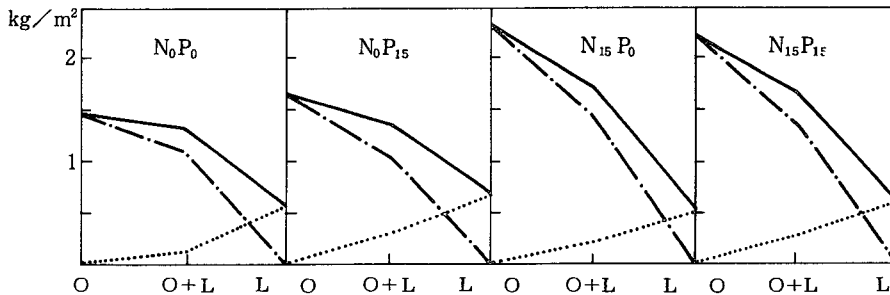


Fig. 6. Composition of forage yield depended on species combination in N and P application. O; Orchardgrass only, O+L; Orchard-ladino mixture, L; Ladino clover only

Table 3. Aggressivity of orchardgrass to ladino clover(%).

Treatments	Non-competition	Aerial competition	Soil competition	Full competition
Year average	-2.2	6.5	21.0	23.5
N ₀ P ₀	8.0	13.5	18.0	37.5
N ₀ P ₁₅	4.0	6.2	24.0	23.9
N ₁₅ P ₀	16.8	3.8	10.2	20.8
N ₁₅ P ₁₅	-3.0	2.7	32.2	15.8
1st. cut	-5.0	0.1	16.7	16.6
2nd. cut	15.6	12.8	26.8	27.3
3rd. cut	14.2	15.7	23.4	25.4
4th. cut	5.9	39.8	52.2	67.3

Trenbach(1971)의 방법에 따라 다음 式으로 계산하였다. 오차드의 라디노에 대한 優占度(aggresivity), $A_{ij} = 1/2 (Y_{ij}/Y_{ii} - Y_{ji}/Y_{jj}) = 0.235$ 로 계산되었다. 즉 牧草收量으로 계산된 오차드의 優占度は 라디노보다 23.5% 큰 것으로 나타났고 各 施肥條件別, 競合處理別로 그림 6 같이 변화하였으나 오차드의 優占性은 N施肥에 따라 증대하고 P施肥는 약간 완화시키는 정도에 불과하였다.

오차드의 優占性에는 地下部 競合力이 크게 作用하였고 질소비료가 오차드 地上部 競合力을 그다지 증가시키지 못하였으나 인산의 시비는 地下部の 競合力을 크게 증대시켜 흥미로운 사실로 지적된다(표 3).

오차드는 라디노보다 地上의 높은 위치에서 잎을 展開하고 光利用에서 보다 效率的이었으나 競合에서 利得을 보는 乾物重의 集積은 확인되지 못하였다. 반면 地下에서 水分이나 窒素를 포함한 養分을 보다 効果的으로 획득하여 乾物重을 증가시키는데 크게 기여한 것이 分明하였다. 各各의 單播보다 混播時에 地上의 光利用이나 地下의 養水分의 吸收가 보다 効果적이었고 資源活用性이 높아짐으로써 乾物收量을 증가시킨 것으로 판단된다. 또 生育期가 進전됨에 따라 오차드의 라디노에 대한 壓倒가 더욱 심하여졌고 이는 地下部 競合에서 오차드가 봄 1차에취에서 16.7%의 優占도가 가을인 4차에취에서는 52.2%로 증가하여 根群의 擴張과 이에 따른 養水分 利用의 증가가 근본적 원인으로 作用한 것이라 생각된다. 나아가 오차드그라스와 라디노클로버의 混播를 포함하여 禾本科·荳科牧草의 混播時 季節의인 變化를 어떻게 감소시키며 草種間 平衡을 유지할 것인가에 관심이 모아진다. 또 草地의 競合狀態가 1年만이 아니라 長期化할 때의 變化與否는 또한 계속 研究·檢討되어야 할 課題이다.

摘 要

오차드그라스와 라디노클로버의 競合關係를 밝히기 위하여 기존초지에서 分株하여 동일한 밀도로 單·混播組合을 造成하고 競合區로서 地上 및 地下를 透明아크릴판으로 격리처리하고 질소 및 인산비료를 사용하여 시비에 따른 반응을 조사하였다.

年 4회 刈取를 통한 牧草收量에서 라디노클로버는 오차드그라스에 비하여 현저히 낮았고 LAI, 草高, 分蘖力에서도 弱勢였다. 특히 混播시에는 라디노클

로버가 下部에 위치하며 水平葉의 草型을 가져 光利用이 不良하였고 競合이 進행됨에 따라 점차적인 收量減少가 있었다. 이들의 競合狀態를 地上部 競합과 地下部 競합으로 나누어 보았을 때 地下部 競합에서 라디노의 相對的 劣勢가 더욱 심하였고 이는 오차드그라스의 旺盛한 根群擴張과 養水分利用에서 유리하였기 때문이었다. 질소의 시비는 오차드의 競合力을 더욱 촉진하였고 인산의 시비는 라디노의 生育에 유리하게 作用하였으나 오차드에 미치지 못하였다.

混播區의 收量은 오차드그라스의 單播收量보다 적었으나 두 草種의 平均인 'Expected Yield' 보다는 높아 混播는 유리하였고 競합의 형태는 오차드그라스에 의한 '過剩補償'으로 오차드그라스는 라디노에 비하여 23.5% 가량 優占度를 나타내었다.

引用 文 獻

1. Cowling, D. W. and Lockyer, D. R. 1965. A comparison of the reaction of different grass species to fertilizer nitrogen and to growth in association with white clover. I. Yield of dry matter. J. of the British Grassland Society 22:53-61.
2. Donald, C. M. 1963. Competition among crop and pasture plants. Adv. in Agron. 5, 1-118.
3. England, F. W. 1968. Competition in mixtures of herbage grasses. J. of Appl. Ecol. 5:227-242.
4. Grant, E. A. and Sellans, W. G. 1964. Influence of plant extracts on germination and grown of eight forage species. J. of Br. Grassl. Soc. 19:191-197.
5. Haggard, R. J. 1979. Competition between *Lolium perenne* and *Poa trivialis* during establishment. Grass and Forage Sci. 34; 27-36.
6. Haynes, R. J. 1980. Competitive aspects of the grass-legume association. Adv. in Agron. 33:227-261.
7. 李浩鎭, 尹進一, 李光會, 林根發(1983) 牧草單, 混播群落에서 草型構造와 光利用性 및 乾物收量生産性. 韓作誌 28: 272~279.
8. Newman, E. I. and Miller, M. H. 1975. Allelopathy among some British grassland species. J. of Ecol. 63: 727-737.
9. 朴正潤, 金榮鎭, 曹章煥, 咸泳秀(1965) 牧草混

- 播에 관한 研究, 第 1 報 Ladino clover 와 Orchard grass 의 混播比率와刈取間隔이 收量과 土壤 및 榮養成分에 미치는 影響. 農事試驗研究報告 8 (3) : 85~94.
10. Remison, S. U. and Snaydon, R. W. 1980. A comparison of root competition and shoot competition between *Dactylis glomerata* and *Holcus lanatus*. Grass and Forage Sci. 35:183-187.
 11. Snaydon, R. W. 1979. A new technique for studying plant interaction. J. of Appl. Ecol. 16:281-286.
 13. Trenbath, B. R. 1974. Biomass productivity of mixtures. Adv. in Agron. 26:177-210.
 14. Wit, C. T. DE 1960. On competition. Verslag Lanbouwgewassen Onderzoek, No. 668:1-82.