

# Efecto del Nitrógeno y de la Presencia de Trébol Blanco sobre Festuca Alta <sup>1</sup>

P. Cruz, H. Sinoquet\*, F. Gastal, B. Mouliat\*,  
C. Varlet-Grancher\*\*, G. Lemaire\*\*

## ABSTRACT

The response of tall fescue (*Festuca arundinacea*) growth to nitrogen supply and intercropping with white clover (*Trifolium repens*) was studied using a growth analysis method accounting for light and nitrogen relations in both pure and mixed stands. Pure tall fescue (P) and mixed (A) plots were grown in west central France with (N1) and without (N0) nitrogen supply. Leaf area, aerial biomass and nitrogen content were measured once a week during a summer regrowth with irrigation. Nitrogen fertilization had a significant effect on the fescue production in pure and mixed stands. The presence of white clover had only a small depressive influence on tall fescue production in fertilized mixture. A model of light interception for each species in the associations showed the light competition induced by white clover on tall fescue. In mixed stands, tall fescue had a lower light interception than in pure stands, but this effect was counterbalanced by a higher light conversion efficiency of intercepted PAR into dry matter. The light-conversion efficiency was strongly related to the foliage nitrogen status, which was improved by the leguminous component presence. This work shows how graminæ growth can be analysed in terms of light and nitrogen relations, particularly in case of mixed crops.

Key-words: Light competition, interception efficiency, conversion efficiency, nitrogen nutrition, mixtures.

## INTRODUCCION

El cultivo de dos o más especies anuales o perennes en asociación es una práctica corriente. A pesar de la amplia difusión de los cultivos mixtos, es siempre difícil manejarlos correctamente a consecuencia del poco conocimiento de las relaciones de competencia entre especies y de las leyes biológicas que las rigen. Este desconocimiento podría explicarse

## COMPENDIO

En este trabajo se estudió el efecto de la fertilización nitrogenada y de la presencia de una leguminosa (*Trifolium repens*) sobre la producción de la festuca alta (*Festuca arundinacea*). Se utilizó un método de expresión del crecimiento que permite analizar las relaciones de competencia por la luz y por el nitrógeno entre las especies asociadas. Cultivos de festuca pura (P) y asociada (A) fueron estudiados en el centro-oeste de Francia con agregado de nitrógeno mineral (N1) o sin él (N0). La superficie foliar, la biomasa aérea y el contenido de nitrógeno fueron medidos semanalmente durante un rebrote estival. La festuca alta respondió fuertemente a la fertilización nitrogenada. Sin embargo, en dicha situación, se dio un ligero efecto depresivo provocado por la presencia del trébol. La utilización de un modelo de interceptación de la luz permitió demostrar en las asociaciones la competencia del trébol por este factor. El efecto depresivo es, sin embargo, compensado por una eficiencia de conversión del PAR en materia seca superior en el caso de las festucas asociadas. Las diferentes eficiencias de conversión estuvieron muy relacionadas con el nivel de nutrición nitrogenada de los cultivos de festuca, mejorando este nivel con la presencia del trébol. Este trabajo muestra cómo analizar el crecimiento de los componentes de una asociación en relación con la luz y el nitrógeno disponibles, particularmente en el caso de una graminæ asociada a una leguminosa.

Palabras claves: Competencia por luz, eficiencia de interceptación, eficiencia de conversión, nutrición nitrogenada, asociaciones.

en parte por el gran número de combinaciones posibles de especies y por la gran cantidad de situaciones de clima y suelo, en que pueden cultivarse. Esta diversidad hace también que la búsqueda del manejo adecuado de una asociación determinada sea muy laboriosa y que la extrapolación de los resultados obtenidos lleve implícitos altos riesgos.

A pesar de las dificultades citadas, la mayor parte de los trabajos en investigación agronómica sobre asociaciones se refieren a situaciones particulares, y en ellos se presentan análisis con métodos estáticos sin ambición explicativa de los fenómenos de competencia. Ejemplos de este tipo de análisis son el uso del *Relative Yield Total* (RYT) (18) y el *Land Equivalent Ratio* (LER) (16, 17), citados corrientemente en la bibliografía científica. Estos métodos son útiles para describir y comparar situaciones particulares, pero en

<sup>1</sup> Recibido para publicación el 18 de julio de 1990

\* Station Agropédologique de la Zone Caraï; Institut National de la Recherche Agronomique (INRA); Pointre à Pitre, Guadeloupe, Antillas Francesas

\*\* Station d'Ecophysiologie des Plantes Fourragères, INRA, Lusignan, Francia

ningún caso permiten el estudio de la naturaleza de la respuesta de las especies asociadas a los factores de crecimiento (11), pues sólo ponen de manifiesto las consecuencias finales de la competencia (2).

En el caso particular de cultivos forrajeros perennes, las limitaciones de estos análisis son más evidentes, pues no existe un estado único y determinado de cosecha.

En un trabajo anterior (3) se describió un análisis mecanista del crecimiento de un cultivo mixto, que permitió caracterizar la competencia entre las especies asociadas por los recursos del medio (luz, agua, nitrógeno y otros). En dicho análisis, la productividad del cultivo se evaluó por su rendimiento energético, el cual pone en relación la producción de materia seca y la radiación solar (PAR = *Photosynthetically Active Radiation*), interceptada por el canopy (8, 14). En caso de crecimiento potencial, es decir sin limitación de agua ni elementos nutritivos, dicha relación es una recta común a todas las especies de un mismo tipo metabólico (C3 ó C4). Si un factor se vuelve limitante, su efecto se traducirá en una disminución de la cantidad de energía interceptada al momento del muestreo (menor desarrollo del área foliar) o en una disminución de la pendiente de la recta (menor eficiencia de conversión del PAR interceptado), o en ambas simultáneamente.

La identificación del factor implicado se puede realizar al efectuar mediciones del potencial hídrico en el caso del agua, y al analizar el contenido de nitrógeno u otros elementos en la materia seca. Dichos valores de contenido de nitrógeno no deben compararse en una fecha determinada, sino que deben expresarse en función de la cantidad de materia seca acumulada, evitando así el fenómeno de dilución del nitrógeno durante el crecimiento. Esta dilución, aun en condiciones óptimas de nutrición nitrogenada, es función de dos variables: nivel de nutrición del cultivo y tasa de crecimiento. Si el nitrógeno es expresado en función del grado de crecimiento (materia seca acumulada), se hace intervenir solamente la primera variable, la cual puede así diagnosticarse (1).

En el caso de una asociación, el rendimiento energético de cada una de las especies no puede ser calculado, si no se conoce separadamente la energía interceptada por ellas. Esta puede estimarse mediante la utilización de un modelo de intercepción descrito y validado experimentalmente sobre un cultivo mixto (10). Este modelo calcula todos los términos del balance radiactivo del PAR (radiación reflejada, transmitida al suelo, absorbida por cada especie) a partir de los datos de la estructura geométrica del cultivo, de las propiedades ópticas de las hojas y del suelo, y de las

características de la radiación incidente –altura del sol, relación entre radiación difusa y directa.

El objeto del presente trabajo es aplicar la metodología propuesta sobre una asociación de trébol blanco y festuca alta. Por tratarse de una asociación entre una leguminosa y una gramínea, se analiza particularmente el factor nitrógeno, evitando interacciones con otros elementos nutritivos y con el agua.

## MATERIALES Y METODOS

Los cultivares del ensayo se sembraron en abril de 1985 en Lusignan, centro-oeste de Francia (0.07°E, 46.26°N, altitud 150 metros). El dispositivo experimental consistió en parcelas puras de *F. arundinacea* Schreb. cv. Clarine y parcelas de festuca asociada a *T. repens* L. cv. Huia, siendo la superficie de cada parcela de 10 metros cuadrados. La siembra de la gramínea se realizó en líneas a 20 cm y la leguminosa al voleo. La densidad de siembra de la festuca fue la misma en cultivo puro o asociado, lo que permitió limitar la variación del valor de la competencia intraespecífica, al comparar ambos cultivos.

En cada uno de los cultivos se estudiaron dos niveles de nutrición nitrogenada. Los niveles de nitrógeno correspondieron a 0 (N0) y 90 (N1) unidades/hectárea/rebrote, utilizándose como fertilizante el amonitrato. Al inicio del ciclo de crecimiento se aplicó a todos los tratamientos una fertilización basada en fósforo y potasio. Los cuatro tratamientos –dos cultivos por dos niveles de nitrógeno– se repartieron al azar en dos bloques, con tres repeticiones por bloque.

Todos los cultivos del ensayo fueron regados por aspersión cuando fue necesario, para mantenerlos al 100% de la evapotranspiración máxima y evitar, así, un posible déficit hídrico. El estudio se realizó durante un ciclo de rebrote de 36 días, entre el 17 de junio y el 22 de julio de 1986.

## Mediciones sobre el material vegetal

La biomasa aérea fue medida semanalmente mediante el muestreo de 1.5 m<sup>2</sup> por parcela, el cual se realizó con una máquina cortadora automotriz. La materia seca remanente, luego del paso de la barra de corte, fue medida con muestreos manuales a ras del suelo de 500 cm<sup>2</sup> por parcela y adicionada a la anterior para obtener la biomasa total. De esta manera sólo se operó en las cuatro últimas fechas, puesto que al principio del rebrote, y como consecuencia de la baja altura del tapiz, sólo se hicieron muestras con la cortadora manual.

Para determinar el índice de área foliar (IAF), parámetro utilizado para el cálculo de la energía solar interceptada, fue necesario separar la biomasa foliar de ambas especies y el cálculo del peso específico foliar (PEF) de cada una de ellas. Para obtener el PEF, una submuestra por tratamiento fue planimetrada (planímetro óptico Delta T Devices) y su materia seca fue determinada. Todas las determinaciones de materia seca fueron realizadas por secado de la muestra, a 80°C durante 24 h, en estufas con circulación de aire forzada.

La materia seca obtenida por encima de la barra de corte de la cortadora automotriz –últimos cuatro muestreos– se molió hasta un tamaño de partículas de 0.5 mm y el contenido de nitrógeno total (método Kjeldahl) fue determinado. Se operó de esta manera para poder interpretar la dilución del nitrógeno solamente en la materia seca acumulada durante el rebrote estudiado. Se evita de esta manera una interferencia del material vegetal residual (principalmente estolones), no recolectado en el corte preliminar.

#### Balance radiactivo

Para calcular el balance radiactivo mediante el modelo citado anteriormente, deben explicitarse ciertas consideraciones. En primer lugar, los cultivos analizados fueron considerados como homogéneos en el plano horizontal. Esto significa que se considera despreciable un posible efecto de la siembra en líneas de la gramínea, el cual, en una pradera en su segundo año de crecimiento como la estudiada, puede intervenir sólo durante unos pocos días luego del corte.

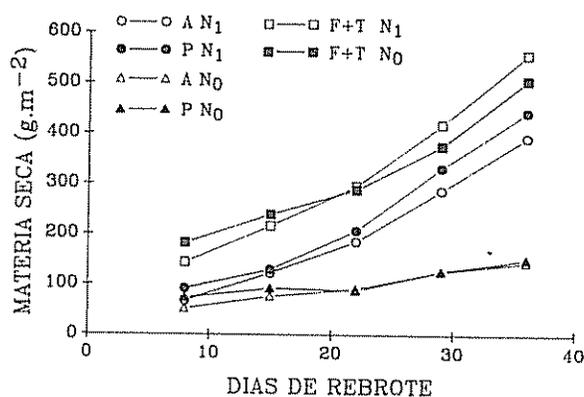
Para simplificar la utilización del modelo, los parámetros de la estructura se limitaron a dos: el IAF de cada especie y la inclinación media con respecto al plano horizontal de las hojas de cada una de ellas. Como valores de inclinación media de las hojas de las dos especies utilizadas, se tomaron datos citados en la bibliografía: 25° para el trébol blanco (9) y 65° para las gramíneas de hojas erectas (19). En cuanto a las propiedades ópticas de las hojas de ambas especies se tomaron valores de coeficientes de reflexión y transmisión del PAR de 0.10 y el mismo valor para el albedo del suelo.

Para los coeficientes de reflexión y para la inclinación media de las hojas de ambas especies, se estableció como hipótesis la inexistencia de un efecto "asociación" o "nivel de fertilización" sobre dichos parámetros. De todas maneras el modelo es poco sensible a ligeras modificaciones de estos parámetros (10). La radiación global (RG) incidente fue medida con un piranómetro LI-COR 2005 y se asumió la relación  $PAR = 0.48 * RG$  (15).

## RESULTADOS Y DISCUSION

### Crecimiento

En la Fig. 1 se muestra la acumulación de materia seca en función del tiempo de rebrote para festuca pura, festuca asociada y asociación festuca más trébol. El efecto del nitrógeno mineral y de la presencia del trébol sobre la festuca puede analizarse, estableciendo diversas comparaciones. En primer lugar, la fertilización incrementa notablemente el crecimiento de la festuca ya sea pura o asociada. La diferencia entre esos dos tratamientos fertilizados (N1) hace suponer un efecto competitivo del trébol, el cual no se manifiesta en el caso de que haya ausencia de nitrógeno.



Legenda:

- A : festuca asociada
- P : festuca pura
- F + T : festuca + trébol
- N0 : no fertilizado
- N1 : fertilizado (90 u de N/ha)

Fig 1 Acumulación de la biomasa aérea en función del tiempo de rebrote

Sobre la producción total de la asociación (festuca más trébol) existe igualmente un efecto de la fertilización, pero al observar la baja producción de la festuca asociada N0, se puede deducir que la contribución del trébol ha sido más importante en la asociación N0 que en la N1.

El crecimiento, así expresado, da resultados considerados clásicos como la mayor contribución del trébol cuando no se fertiliza con nitrógeno (4), o resultados más originales como el efecto competitivo de la leguminosa hacia la gramínea (12). Sin embargo, es evidente que todo resultado observado sobre las curvas

de crecimiento es consecuencia de las relaciones de competencia entre la gramínea y la leguminosa, y que ninguna conclusión puede sacarse sobre el sentido ni sobre la amplitud de dichas relaciones. Para ello es necesario analizar más profundamente la competencia por luz y nitrógeno, dos factores fundamentales en esta experimentación.

### Eficiencia de intercepción de la radiación solar

El modelo utilizado permite calcular la evolución a lo largo del ciclo de rebrote de la eficiencia de la intercepción de la radiación para la festuca pura y asociada en los dos niveles de nitrógeno. Para este cálculo el modelo utiliza las mediciones semanales del IAF de cada especie de la asociación, interpolándolas en forma lineal para obtener datos diarios. Las curvas obtenidas están representadas en la Fig. 2. Puede observarse el efecto de competencia del trébol por sombreado puesto que, aunque el IAF es superior o igual en las gramíneas asociadas (Fig. 2a), la cantidad de energía que interceptan es inferior a la calculada para los cultivos puros (Fig. 2b).

Una síntesis de estas relaciones está dada por la Fig. 3, la cual expresa la eficiencia de intercepción en función del IAF. Ella muestra que, inde-

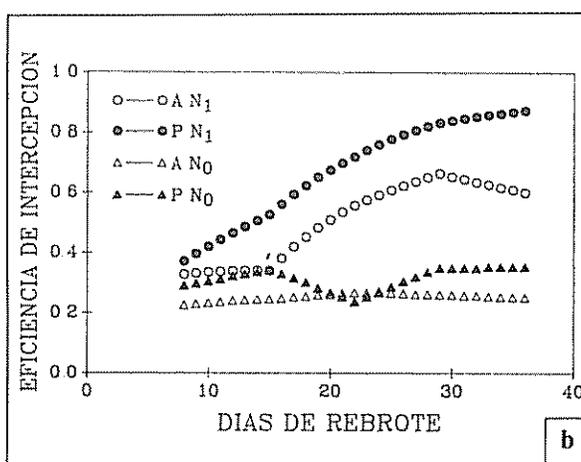
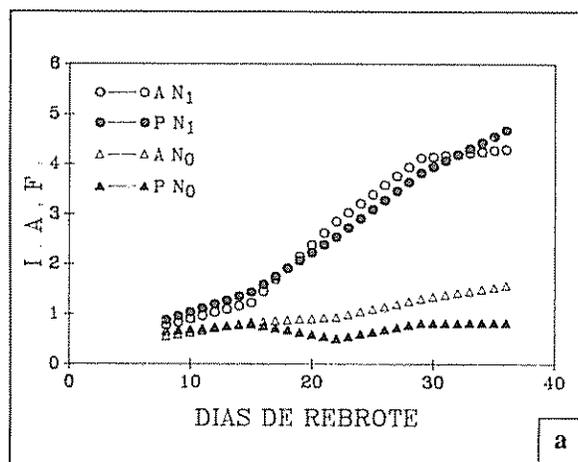
pendientemente del nivel de fertilización considerado, la intercepción de la luz para un mismo IAF es siempre superior en la gramínea pura que en la asociada al trébol.

### Eficiencia de conversión

La relación obtenida para cada cultivo de festuca en la Fig. 3 permite calcular la eficiencia de conversión en materia seca de la energía útil para la fotosíntesis (PAR) absorbida por cada uno de ellos (Fig. 4), utilizando los datos de radiación global (RG)

Las pendientes de las rectas muestran que la eficiencia de conversión es superior en la gramínea asociada, lo que le permite compensar la gran diferencia de eficiencia de intercepción para un mismo IAF. Dicha compensación se traduce en una producción equivalente de la gramínea en los dos tratamientos N0. En el caso del nivel N1 la competencia del trébol, manifestada en las curvas de eficiencia de intercepción (Fig. 3), no permite a la festuca asociada producir tanta materia seca como la festuca pura, a pesar de que la presencia de la leguminosa mejora su eficiencia de conversión (Fig. 4)

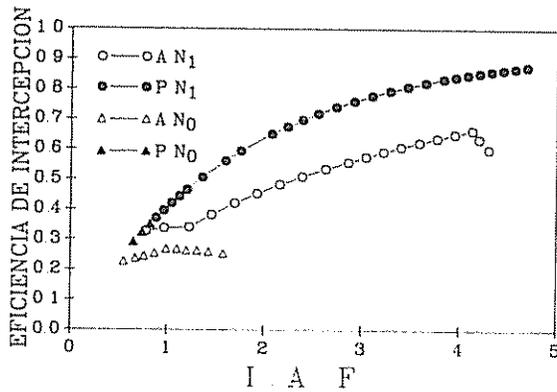
Entre paréntesis aparece el valor de la pendiente de la recta (eficiencia de conversión en g/MJ del PAR absorbido) para cada tratamiento



#### Leyenda:

- A : festuca asociada
- P : festuca pura
- N0 : no fertilizado
- N1 : fertilizado (90 u de N/ha)

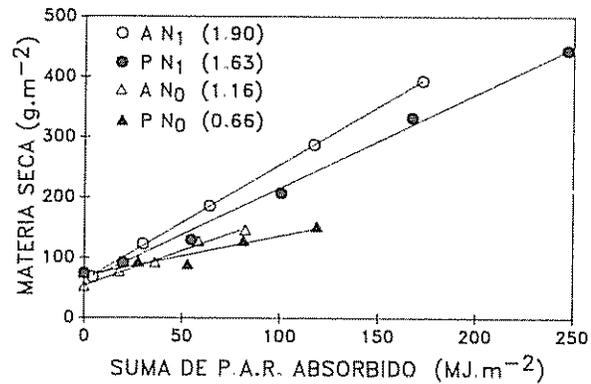
Fig. 2 a) Cinética de expansión del IAF (Índice de Área Foliar) de los cultivos de festuca en función del tiempo de rebrote; b) Evolución de la eficiencia de intercepción del PAR (*Photosynthetically Active Radiation*) en función del tiempo para los cultivos de festuca



**Leyenda:**

A : festuca asociada  
 P : festuca pura  
 N0 : no fertilizado  
 N1 : fertilizado (90 u de N/ha)

Fig 3. Evolución de la eficiencia de intercepción del PAR (*Photosynthetically Active Radiation*) en función del IAF (*Índice de Área Foliar*) de los cultivos de festuca.



**Leyenda:**

A : festuca asociada  
 P : festuca pura  
 N0 : no fertilizado  
 N1 : fertilizado (90 u de N/ha)

Fig 4. Acumulación de la biomasa aérea en función de la suma del PAR (*Photosynthetically Active Reaction*) absorbido por los cultivos de festuca

La diferencia de pendiente entre las rectas calculadas para la gramínea asociada y la gramínea pura no es significativa ( $\alpha = 5\%$ ) en ninguna de las dosis de nitrógeno. El bajo número de datos con los cuales las rectas están trazadas confiere a la prueba estadística una baja potencia para detectar una diferencia entre los valores de las pendientes, aunque ella exista realmente (alto riesgo de error de segundo tipo). El valor de la pendiente de la festuca asociada N1 es próximo al citado en la bibliografía como la eficiencia potencial de las especies de tipo C3 en condiciones de crecimiento no limitantes (5), lo que podría indicar que su nivel de nutrición nitrogenada es óptimo.

Para confirmar un eventual efecto del nitrógeno sobre la eficiencia de conversión de las gramíneas asociadas (N0 y N1), puede realizarse un diagnóstico comparativo del nivel de nutrición de los distintos cultivos.

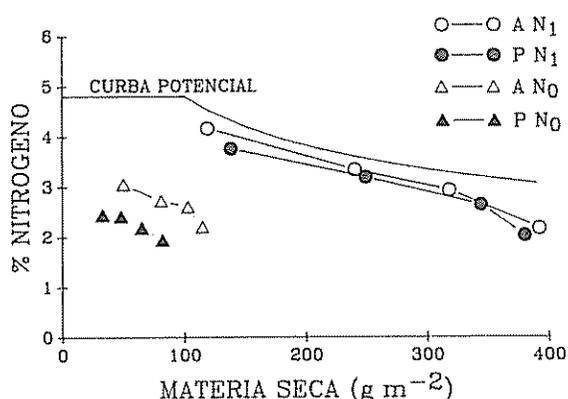
**Nivel de nutrición nitrogenada**

El diagnóstico del nivel de la nutrición nitrogenada se realiza según el método de curvas de dilución (7). Las curvas obtenidas están representadas en la Fig. 5. Se observa que efectivamente la presencia del trébol mejora el estado de nutrición de la festuca en los dos

niveles de fertilización, N0 y N1, pues para una misma cantidad de materia seca producida, el contenido de nitrógeno es más alto en la gramínea asociada que en la pura, aunque el efecto es menos evidente en el nivel N1. El orden decreciente de la nutrición nitrogenada en los cuatro tratamientos es el mismo que el observado sobre las rectas de eficiencia de conversión (Fig. 4), lo que ilustra claramente la correspondencia entre ambas expresiones.

Curva potencial: curva de referencia para cultivos de especies C3 en condiciones de nutrición nitrogenada no limitante (7).

Es importante recordar que solamente la expresión del contenido de nitrógeno en función del grado de crecimiento, permite distinguir entre un aparente efecto benéfico de la leguminosa y una verdadera mejora del nivel de nutrición de la gramínea. Dicho efecto aparente se explica frecuentemente por una disminución del crecimiento, y todo error de interpretación se evita incluyendo en la expresión del contenido de nitrógeno la materia seca producida por el cultivo considerado. La viabilidad de este método de diagnóstico está demostrada por la evidencia de resultados opuestos a los aquí presentados, obtenidos con otro tipo de asociación en que la leguminosa fue la alfalfa (1). Esto podría explicarse por un "turn over"

**Leyenda:**

A : festuca asociada  
 P : festuca pura  
 N0 : no fertilizado  
 N1 : fertilizado (90 u de N/ha)

Fig. 5. Curvas de dilución del nitrógeno en la biomasa aérea acumulada por los cultivos de festuca.

de tejidos y órganos más rápido en el trébol, principalmente los nódulos, órganos que en el caso de la alfalfa mueren en baja proporción luego del corte (13).

En el presente experimento los valores correspondientes a la festuca asociada N1 son muy próximos a la curva de referencia citada para gramíneas de tipo C3 (6), es decir:

$$\text{Porcentaje de N} = 4.8 (\text{MS}/100)^{-32}$$

donde la materia seca (MS) se expresa en gramos por metro cuadrado y corresponde a valores a 100. Ello indica un nivel de nutrición de dicho tratamiento muy cercano al potencial, lo que explica la alta eficiencia de conversión señalada anteriormente.

**CONCLUSION**

El estudio de una asociación utilizando un modelo de intercepción de la radiación solar y un método de diagnóstico de la nutrición nitrogenada, permite aclarar ciertos aspectos de la competencia, entre las especies, por los recursos del medio. Se evidenció la importante reducción de la eficiencia de intercepción de la gramínea debido a la competencia del trébol. Sin embargo, su producción no se redujo en la misma proporción, pues la presencia de la leguminosa mejora la eficiencia de conversión. Esto se pone particularmente de manifiesto en ausencia de fertilización,

condición en la cual la materia seca, producida por la festuca, es equivalente en cultivo puro y asociado. El análisis del nivel de nutrición confirma el mayor efecto benéfico del trébol en el tratamiento no fertilizado. Queda demostrado que en las condiciones de este experimento, el agregado de nitrógeno mineral es contrario al efecto benéfico producido por la presencia del trébol. Este efecto sería mayor en el caso de un cultivo destinado a una producción con bajos insumos.

Es importante señalar que un análisis idéntico puede realizarse sobre los efectos competitivos de la gramínea sobre la leguminosa. En el caso del trébol blanco, el problema metodológico que debe resolverse es el de poder cuantificar de manera fiable la acumulación de la materia seca producida durante el rebrote. La importancia de la senescencia en las especies que, como el trébol, tienen un "turn over" rápido de tejidos, interfiere en la expresión de la eficiencia de conversión y de la dilución del nitrógeno (3).

El experimento puso de manifiesto el tipo de aporte que este método de análisis puede brindar al estudio de la competencia entre especies. Su utilización en estudios sobre asociaciones de leguminosas y gramíneas en condiciones tropicales presenta perspectivas interesantes. Por un lado, las asociaciones entre leguminosas C3 y gramíneas C4, típicas de dichas latitudes, presentan la originalidad de combinar tasas de crecimiento muy diferentes, condiciones en que un buen manejo requiere también un buen conocimiento de las relaciones de competencia. Por otra parte, la utilización de cultivos que necesiten bajos insumos, principalmente nitrógeno, es muy necesaria en dichas condiciones y el efecto benéfico de las leguminosas debería ser más claramente demostrado. Finalmente, la diversidad de especies que allí pueden cultivarse hace improbable la evaluación de todas las combinaciones posibles, y la formulación de leyes de comportamiento o de acción de dicha competencia se vuelve necesaria para predecir el comportamiento de una asociación.

**LITERATURA CITADA**

1. CRUZ, P.; LEMAIRE, G. 1986. Analyse des relations de compétition dans une association de luzerne (*Medicago sativa* L.) et de dactyle (*Dactylis glomerata* L.). II Effets sur la nutrition azotée des deux espèces. *Agronomie* 6(8):727-734
2. CRUZ, P. 1987. Les associations graminées-légumineuses en climat tropical: Remarques sur les méthodologies d'étude. In *Pâturages et alimentation des ruminants en zone tropicale humide*. INRA p 299-309

3. CRUZ, P.; MOULIA, B.; SINOQUET, H. 1989. Extension d'une méthode d'analyse de la croissance d'un couvert végétal aux cultures associées: Bases théoriques. In Annual Meeting Caribbean Food Crops Society (25, Guadeloupe). (In press)
4. GARDNER, E.H.; JACKSON, T.L.; WEBSTER, G.R.; TURLEY, R.H. 1960. Some effects of fertilization on the yield: Botanical and chemical competition of irrigated grass-clover pasture. Canadian Journal Plant of Science 40:546-562
5. GOSSE, G.; VARLET-GRANCHER, C.; BONHOMME, R.; CHARTIER, M.; ALLIRAND, J.M.; LEMAIRE, G. 1986. Production maximale de matière sèche et rayonnement solaire intercepté par un couvert végétal. Agronomie 6(1):47-56.
6. LEMAIRE, G.; SALETTE, J. 1984. Relations entre dynamique de croissance et dynamique de prélèvement d'azote pour un peuplement de graminées fourragères. I. Etude de l'effet du milieu. Agronomie 4:423-430
7. LEMAIRE, G.; GASIAL, F.; SALETTE, J. 1989. Analysis of the effect of N nutrition on dry matter yield of sward by reference to potential yield and optimum N content. In International Grass Congress (16., Nice). Proceedings p 179-180.
8. MONTEITH, J.L. 1977. Climate and the efficiency of crop production in Britain. Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Serie B. 281:277-294
9. NICHIPOROVICH, A.A. 1961. Properties of plant crops as an optical system. Soviet Plant Physiology 8:25-38
10. SINOQUET, H.; MOULIA, B.; GASIAL, F.; BONHOMME, R.; VARLET-GRANCHER, C. 1990. Modeling the radiative balance of the components of a binary mixed canopy: Application to a white clover-tall fescue mixture. Acta Oecologica 11:469-486.
11. TURKINGTON, R. 1983. Leaf and flower demography of *Trifolium repens* L. I. Growth in mixture with grasses. New Phytologist 93:599-616.
12. VALLIS, I. 1978. Nitrogen relationships in grass/legume mixtures. In Plant relations in pastures. J.R. Wilson (Ed.). Canberra, Australia. 439 p.
13. VANCE, C.; HEICHEL, G.; BARNES, D.; BRYAN, J.; JOHNSON, L. 1979. Nitrogen fixation, nodule development and vegetative regrowth of alfalfa (*M. sativa* L.) following harvest. Plant Physiology 64:1-8.
14. VARLET-GRANCHER, C. 1982. Analyse du rendement de la conversion de l'énergie solaire par un couvert végétal. Thèse d'Etat. Université du Paris Sud. 144 p.
15. VARLET-GRANCHER, C.; GOSSE, G.; CHARTIER, M.; SINOQUET, H.; BONHOMME, R.; ALLIRAND, J.M. 1989. Mise au point: Rayonnement solaire absorbé ou intercepté par un couvert végétal. Agronomie 9:419-439.
16. WILLEY, R.W. 1979a. Intercropping: Its importance and research needs. I. Competition and yield advantages. Field Crop Abstracts 32:1-10.
17. WILLEY, R.W. 1979b. Intercropping: Its importance and research needs. II. Agronomy and research approaches. Field Crop Abstracts 32:73-85.
18. WIT, C.T. DE. 1960. On competition. Versl. Landbouwk Onderz 66(8):1-82.
19. WIT, C.T. DE. 1965. Photosynthesis of leaf canopies. Wageningen, Center for Agric. Publ. Agric. Research Report no. 663. 57 p.