

HONGOS ENDOFITOS EN PRADERAS Y SUS IMPLICANCIAS EN LA GANADERIA

Rafael Galdames G. ¹

INTRODUCCION

A pesar que en Chile, el estudio de los hongos endófitos en gramíneas forrajeras y su asociación con la producción animal, se inició sólo a principios de los 90, en USA y Nueva Zelanda el tema ha sido ampliamente estudiado por más de 15 años.

Producto de la investigación realizada en esos países, han sido notables los avances experimentados estos últimos años en torno al conocimiento acerca de la biología de endófitos, toxicosis animal y tolerancia de la planta hospedera a stress bióticos y abióticos. Sin embargo, aún persisten diversas interrogantes desde el punto de vista del beneficio para la planta como de los problemas asociados a la producción animal, los cuales necesariamente tendrán que ser frutos de la investigación nacional.

Aquí se analizan y discuten algunos de los aspectos considerados más relevantes del tema, basados fundamentalmente en la literatura extranjera y en la información generada estos últimos años en Chile por el CRI Carillanca.

ANTECEDENTES GENERALES

El término endófito (Griego; endo: dentro + fito: planta) puede incluir a cualquier organismo que está contenido o creciendo enteramente dentro de una planta hospedera. Sin embargo, en el ámbito de las praderas como en el de la producción animal se emplea para referirse al hongo endófito de la festuca o *Acremonium coenophialum*, y al hongo endófito de la ballica

¹ Ing. Agrónomo, Fitopatólogo, Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación Carillanca.

o *Acremonium lolii*. Asociados a estas forrajeras, estos endófitos se caracterizan por establecer una relación simbiótica de tipo mutualista, junto con estar relacionados con problemas de intoxicación animal.

La presencia de hongos endófitos en ballica y festuca se conoce hace más de medio siglo, y también es por años conocida la existencia de intoxicaciones en animales que pastorean festuca y ballica. Sin embargo, fueron dos eventos los que desencadenaron numerosas investigaciones y en consecuencia fueron fundamentales en el conocimiento actual de este tema. En USA, Bacon et al, sugieren la estrecha asociación de un hongo endófito presente en festuca con problemas de intoxicaciones en bovinos, y posteriormente en Nueva Zelanda, Fletcher y Harvey, señala una similar asociación entre un endófito presente en ballica perenne con desórdenes nerviosos en ovejas.

A partir de ese período, el tema ha sido ampliamente investigado, especialmente en países donde la ballica y festuca constituyen recursos forrajeros o pratenses de importancia ganadera.

ORIGEN, DISTRIBUCION E INCIDENCIA

En Europa, de donde la festuca y ballica es originaria al igual que muchos pastos, los endófitos están presentes en comunidades naturalizadas de estas forrajeras, situación que ha hecho sugerir igualmente a Europa como su centro de origen.

Los hongos endófitos se encuentran ampliamente distribuidos en el mundo. A la fecha, ha sido reportada la presencia de endófitos en 209 hospederos, los cuales corresponden principalmente a gramíneas. Sin embargo, y particularmente los endófitos del género *Acremonium*, tienen un rango de hospedero más limitado habiéndose determinado infectando a 25 especies.

En USA, donde la festuca ocupa 14 millones de hectáreas, se ha estimado que sobre el 90% de las praderas examinadas están infectadas por *A. coenophialum*. Se han determinado niveles de infestación en plantas y semillas de un 58% y 54% respectivamente, al mismo tiempo se sabe que el cultivar con mayores niveles corresponde a la K-31, aún cuando existen lotes de éste y otros cultivares libres del hongo. Una situación similar se ha reportado en Argentina, donde existen alrededor de 3,5 millones de hectáreas de festuca, y se señala que aproximadamente el 50% de las muestras en plantas y semillas, presentan niveles de infección compatibles con problemas de toxicidad y depresión de la productividad animal.

En Chile, estudios prospectivos realizados en praderas ubicadas en la IX Región, señalan que los porcentajes de infestación en festuca fluctúan entre 40% y 100%. La situación en semillas, al evaluar los cultivares comerciales K-31, Fawn y Manade, indicó que sólo la K-31 presenta el hongo y en altos niveles (Cuadro 1).

Cuadro 1. Niveles de hongo endófito en algunos cultivares comerciales de Festuca (*F. arundinacea*) en Chile.

Cultivares	País de origen	Nivel de Hongo ^(*)
K-31	EE.UU	Alto
Manade	Francia	Libre
Fawn	Chile	Libre

(*) Libre = 0%; Alto > 80%

En Nueva Zelanda, donde la ballica perenne es la principal gramínea forrajera, se ha determinado que sobre el 90% de las praderas están infectadas con *A. lolii*.

Además, la mayoría de las recientes cultivares comerciales creadas en ese país son portadoras del hongo y en altos niveles. En Europa, en cambio la situación es bastante diferente, ya que estudios realizados en praderas antiguas de ocho países de ese continente señalan que sobre el 80 % contienen *A. lolii*, no así los cultivares comerciales, donde sólo 4 de los 16 evaluados fueron positivos al hongo y estos no superaron el 20% de infestación.

En Chile, por muchos años Ruanui y Nui junto al cultivar nacional Santa Elvira han sido los más empleados. La actual predominancia en el mercado nacional de los cvs. neozelandeses, cuyos niveles de *A. lolii* se indica en el cuadro 2, hace suponer que la incidencia de endófito en las praderas artificiales se ha visto modificada significativamente.

Cuadro 2. Niveles de hongo endófito en algunas variedades comerciales (C) y experimentales (E) de ballica perenne en Chile.

Variedades	País de origen	Nivel de Hongo
Ruanui ^(C)	N. Zelanda	Libre
Nui ^(C)	N. Zelanda	Variable
Ellet ^(C)	N. Zelanda	Alto
Super Nui ^(C)	N. Zelanda	Alto
Embassy ^(C)	N. Zelanda	Alto
Marathon ^(C)	N. Zelanda	Alto
Yatsyn 1 ^(C)	N. Zelanda	Alto
Santa Elvira ^(C)	Chile	Variable
Talbot ^(E)	Holanda	Libre
Frances ^(E)	Holanda	Libre
Reveille ^(E)	Holanda	Libre
Fantoon ^(E)	Holanda	Libre
Taptoe ^(E)	Holanda	Libre
Madera ^(E)	Holanda	Libre
Jumbo ^(E)	Francia	Libre

Fuente: D. Charlton, 1992; R. Galdames, 1994

ASPECTOS BIOLÓGICOS

De acuerdo a la forma en que infectan la semilla (Figura 1), los hongos endófitos del género *Acremonium* han sido clasificados como de transmisión directa, es decir el micelio del hongo se transmite directamente a la semilla desde hifas del hongo que crecen internamente.

A partir de una semilla portadora del hongo, la infección de la plántula ocurre a los pocos días de transcurrida la germinación. En la medida que la planta crece el hongo infecta la mayoría de los macollos y puede ser detectado creciendo en la vaina de las hojas, tallos e inflorescencia; pero no así en la lámina de las hojas, raíces y polen. Esta característica determina que la semilla es la única forma de diseminación del hongo. Sin embargo, la diseminación resulta efectiva, si las hifas del hongo alojadas en la semilla permanecen viables. Una vez cosechada la semilla, las condiciones ambientales durante su almacenaje tienen efectos directos sobre la viabilidad del hongo.

INTERACCION HONGO-PLANTA

Los hongos endófitos de la ballica y festuca, establecen una relación biotrófica con su hospedero, la cual se ha definido como una simbiosis de tipo mutualista. Es decir el hongo se nutre, protege, reproduce y disemina, al mismo tiempo que la planta logra mayor crecimiento, persistencia, soporta mejor las condiciones de stress ambiental y tolera mejor la herbivoría de insectos y mamíferos.

Efecto sobre insectos: Se ha determinado que el daño que pueden realizar algunos insectos puede ser reducido fuertemente cuando la planta ya sea de festuca o ballica es portadora de endófitos del género *Acremonium*. Los mecanismos de mayor resistencia de las plantas se explican principalmente por una inhibición en el consumo, reducción en la población, desarrollo y sobrevivencia de los insectos.

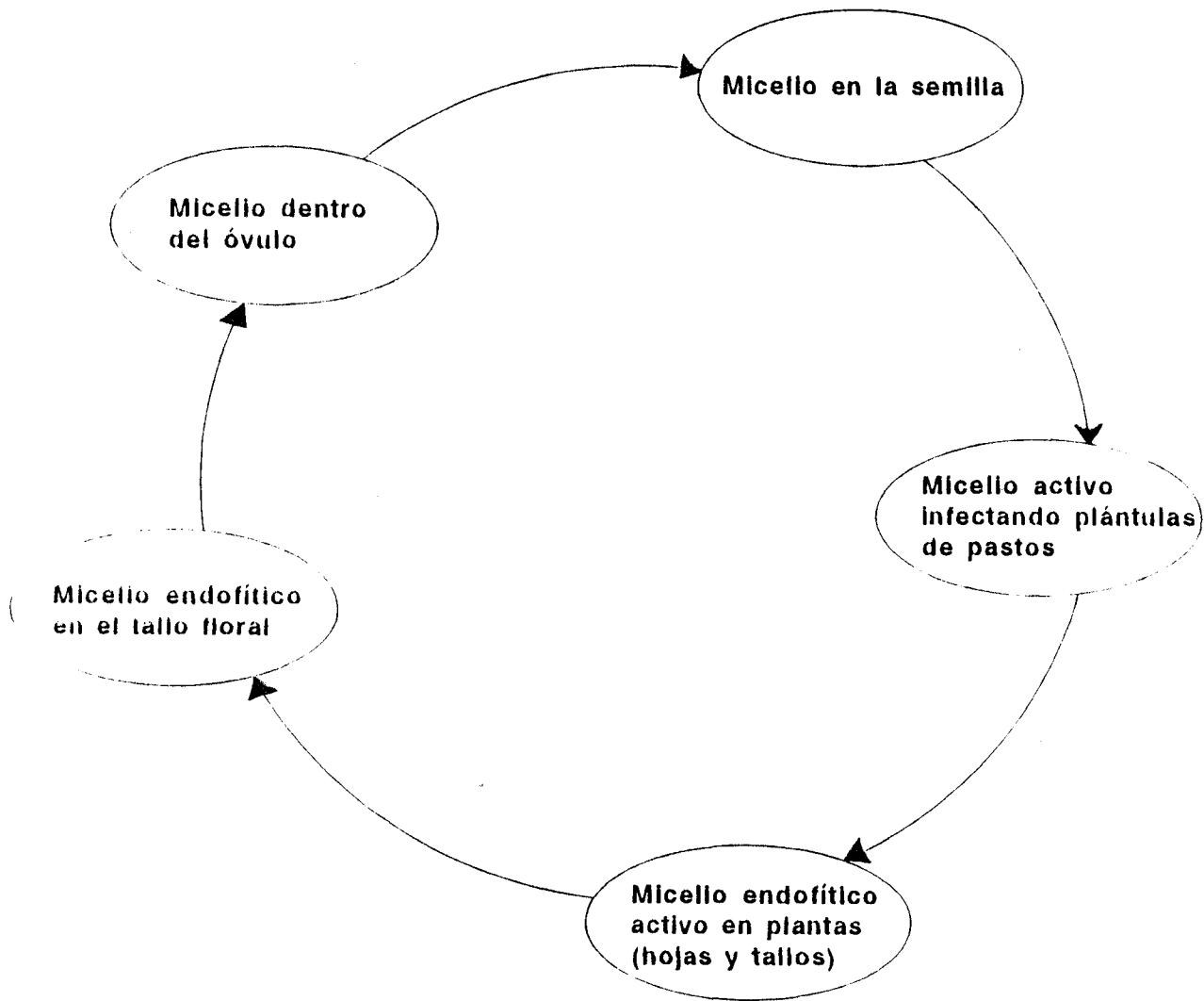


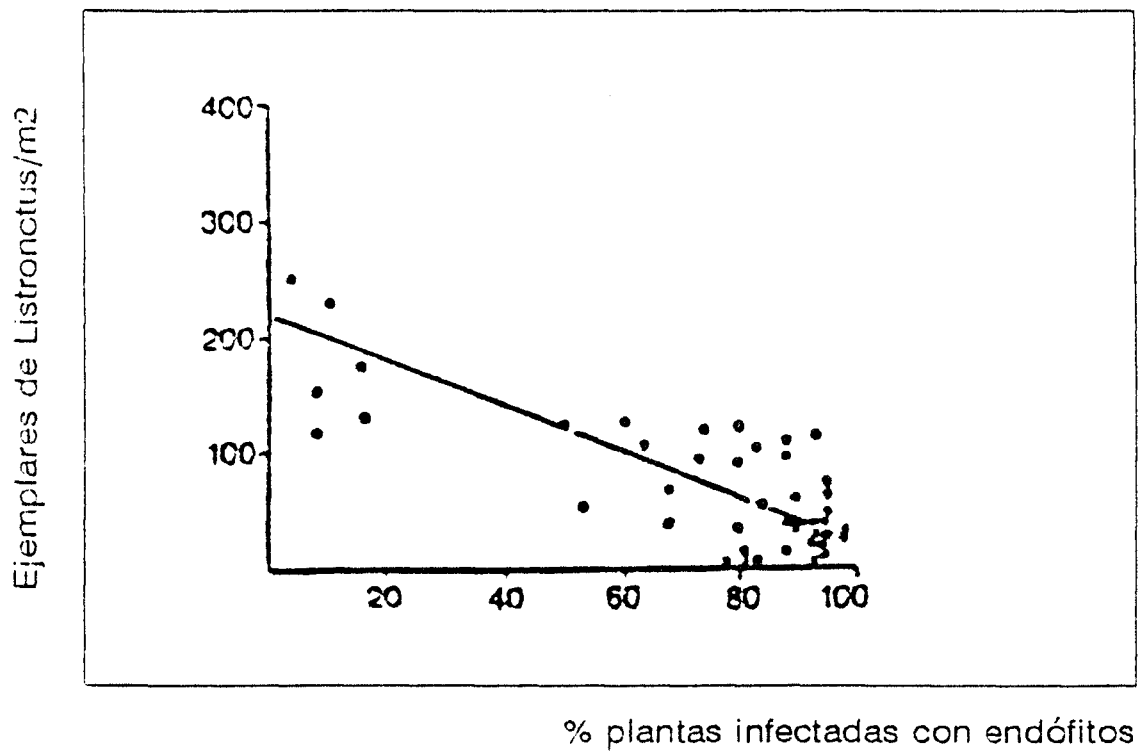
Figura 1. Ciclo de vida de hongos endófitos del género Acremonium. (Tomado y adaptado de Bacon & De Battista 1991).

A la fecha el listado más reciente incluye al menos 40 especies sensibles a endófitos o a los metabolitos presentes en plantas infectadas. Sin embargo, sólo 11 de ellos están presente en el país y 2 representan insectos fitofagos o asociados a estas forrajeras (Cuadro 3).

El caso más notable lo representa el control que ejerce sobre el gorgojo de la ballica o gorgojo argentino del tallo *Listronotus bonariensis*, el cual es la principal plaga insectil que afecta la producción y persistencia de las praderas de ballica en Nueva Zelanda. A principios de los 80, se determinó que las variedades infectadas (E+) presentaban mayor resistencia o tolerancia al ataque de este insecto que las variedades libres (E-). Estudios posteriores han permitido relacionar la densidad de *L. bonariensis* en el tallo y el % de plantas de ballica infectadas por endófito (Figura 2). Este aspecto se considera la principal razón del porqué en ese país han tenido tanto éxito el empleo de estos cultivares, aún considerando el riesgo de intoxicación animal que esto implica.

Para Chile (IX Región), de acuerdo a los resultados existentes esta situación pareciera ser radicalmente diferente. En evaluaciones realizadas en praderas permanentes, se determinaron poblaciones de gorgojo argentino del tallo en los meses de verano de $0.5/m^2 \pm 0.17$, es decir no superaron los 7.000 ejemplares/ha frente a los 20.000.000 /ha que se logran en Nueva Zelanda. Se sostiene que estas diferencias estarían explicadas a la acción de dos enemigos naturales entomófagos que tiene *Listronotus* en nuestro país, los microhimenospteros *Microctonus hyperodae* Loan y *Patasson atomaria* (Brethes). A pesar que en Chile aún no ha sido cuantificado el grado de control que tiene el endófito sobre *Listronotus*, es probable que este ejerciendo cierto control en forma combinada con los parasitoides.

Figura 2. Relación entre la densidad de *Listronotus* en el tallo y el % de plantas de ballicas infectadas con endófito (Prestidge, Pottinger y Barker, 1985)



Cuadro 3. Insectos fitófagos presentes en Chile¹ que han sido reportados como sensibles a la asociación ballica y/o festuca-*Acremonium* o a los metabolitos asociados a plantas infectadas².

Especies (Nombre común ⁽³⁾)	Forrajera ⁽⁴⁾	Plaga en B o P
Orthoptera		
<i>Teleogryllus oceanicus</i>	B	No
Homoptera		
<i>Rhopalosiphum padi</i> (Pulgón de la avena)	F	Si
<i>Rhopalosiphum maidis</i> (P. de la hoja del maíz)	B	No
<i>Schizaphis graminum</i> (P. verde de los cereales)	F	No
<i>Diuraphis noxia</i> (P. Ruso del trigo)	B	No
Coleoptera		
<i>Listronotus bonariensis</i> (Gorgojo de la ballica)	B, F	Si
<i>Tribolium</i> sp.	B, F	No
<i>T. castaneum</i> (Gorgojo castaño de la harina)	B, F	No
Lepidoptera		
<i>Spodoptera frugiperda</i> (Gusano cogollero)	B, F	No
<i>S. eridania</i> (Cuncunilla amarillenta de la alfalfa)	B, F	No
Diptera		
<i>Drosophila melanogaster</i> (Mosca del vinagre)	F	No

⁽¹⁾ Prado, 1991; ⁽²⁾ Clement et al, 1994; ⁽³⁾ Indicado cuando existe; ⁽⁴⁾ B:Ballica perenne, F:Festuca arundinacea.

Efectos sobre el crecimiento, producción y persistencia de la planta: Numerosos trabajos han sido realizados para medir el efecto de la infección por endófitos en el comportamiento de ballica y festuca. Latch y colaboradores trabajando con plantas de ballica genéticamente idénticas, E+ y E- reporta diferencias favorables en producción de materia seca, área foliar total, número de macollos y crecimiento de hojas y raíces en las plantas E+. De igual forma, evaluaciones realizadas usando clones de festuca, reportan aumentos en producción de macollos, biomasa foliar y radicular en clones E+. Sin embargo, en festuca también se han reportado trabajos donde estos efectos no son apreciables y en otros opuestos. Se señala, que los factores ambientales, bióticos e interacciones con el genotipo de la planta y del hongo influyen la expresión en la respuesta de los parámetros productivos de la planta.

Resistencia a la sequía: En festuca ha sido determinado bajo condiciones de campo que plantas infectadas (E+) en comparación con aquellas libres (E-) soportan mejor las condiciones de estrés hídrico, es decir, logran una mayor sobrevivencia de macollos y plantas, y consecuentemente incrementan la biomasa.

COMPUESTOS TOXICOS Y OTROS

Varios compuestos con actividad biológica han sido determinados en las asociaciones hongos endófitos con ballica y festuca así como también en cultivos puros de estos hongos. Algunos de los cuales son considerados los principales responsables de los problemas de toxicidad animal, de la tolerancia al ataque de insectos y otros del comportamiento de la planta frente a condiciones ambientales determinadas.

Ergoalcaloides: En festuca estos compuestos han sido detectados en plantas infectadas como en cultivos puros del hongo y en ballica sólo en plantas infectadas. Este grupo de compuestos son considerados los principales responsables de síndromes de intoxicaciones en animales producto del consumo de festuca con endófito. Los compuestos producidos por endófitos del género *Acremonium* son mayoritariamente alcaloides del tipo ergopeptinas.

En el forraje la concentración de estos alcaloides son variables, encontrándose influenciados por la estación del año, la condición fisiológica de la planta y por la interacción hongo-planta.

Alcaloides Lolinas: Se señala que la capacidad de producción de estos alcaloides parecieran estar limitada a la asociación *A. coenophialum-Festuca*. Son alcaloides del tipo pirrolidínicos; dentro de este grupo el N-acetil y N-formil lolina son considerados los alcaloides más importantes. No han sido aislados de cultivos puros del hongo.

No se ha determinado que cumplan un rol en la toxicidad animal de la festuca. Son considerados como de reducida capacidad tóxica para mamíferos, no así en insectos donde esta ha sido demostrada.

Peraminas: Este alcaloide ha sido aislado a partir de cultivos puros de *A. lolii*. Además ha sido detectado en *Festuca* infectada. Este compuesto se considera el principal responsable de la resistencia de la ballica al gorgojo argentino del tallo (*L. bonariensis*). Para la festuca este alcaloide junto a las lolinas son considerado como los probables reponsables de la resistencia a insectos.

Neurotoxinas de la ballica: Han sido aisladas sólo en ballicas infectadas. Corresponden a toxinas tremogénicas conocidas comúnmente como lolitremos.

De las neurotoxinas aisladas en ballica, el lolitrem B es considerado el principal responsable del síndrome del raygrass staggers o temblores en ovejas. A la fecha, los lolitremos no han podido ser detectado en cultivos puros del hongo. Sin embargo un compuesto muy cercano, la paxilina, ha sido aislado tanto de cultivos puros de *A. lolii* como en plantas de ballica.

Otros compuestos: Varios compuestos relacionados con el grupo de las hormonas vegetales han sido determinados en cultivos y en asociaciones endófito-plantas. Uno de los aspectos más interesantes lo representa la capacidad que tendría el endófito de la festuca de producir ácido indol acético y ácido absícico en cultivo puro. Se ha determinado que cuando la planta está infectada los niveles de estas hormonas en la planta son más elevados que aquellas plantas libres de infección.

PROBLEMAS EN PRODUCCION ANIMAL ASOCIADOS A ENDOFITOS

Toxicosis por endófito de la festuca

En el animal los problemas asociados al consumo de festuca infectada con *A. coenophialum* generalmente se han categorizado en tres tipos; problemas podales, necrosis de la grasa y síndrome del verano.

Problemas podales: Se caracterizan por heridas en las pezuñas, que se asocian a cojeras y a un decaimiento general del animal, que trae como consecuencia una reducción del comportamiento productivo. Este problema usualmente ocurre, en los vacunos que pastorean festuca en el invierno, lo que estaría asociado a las bajas temperaturas.

Necrosis de la grasa: Se caracteriza por la presencia de masas de grasa de alta densidad que se ubican alrededor de los intestinos en la cavidad abdominal, provocando problemas digestivos y reproductivos.

Síndrome de verano: Los signos principales corresponden a una reducción de las ganancias individuales de peso y leche, reducción en el consumo, intolerancia al calor, excesiva salivación, pelo hirsuto y alzas de temperatura corporal.

Respuesta productiva

Diversos estudios han sido realizados para medir el efecto en la producción de carne y leche asociados al nivel de hongo endófito en festuca (Cuadro 4). En términos de incrementos de peso, la mayoría de los resultados de investigación señalan ventajas productivas superiores al 30% en aquellos animales que pastorean praderas sin hongo (E-) en comparación a los que consumen con hongo (E+).

Estudios tendientes a determinar la relación entre la ganancia diaria de peso (GDP) y el nivel de endófito en la pradera (%E) (Crawford et al, 1989), determinaron que se ajustan a la ecuación: $GDP(kg/día) = 0,66 - (0,0045 \times \% E)$. La disminución de peso individual para el período primavera/verano la estimaron en 0,068 kg/día por cada 10% de aumento en el nivel de endófito en la pradera.

En producción de leche, las praderas de festuca E+ han demostrado provocar disminuciones superiores a 40% en vacas de carne y superiores a 16% en vacas de leche.

Se considera que básicamente el menor rendimiento animal se debe a la reducción en el consumo. En novillos que consumen semillas de festuca E+ las reducciones del consumo son mayores a 27% . En aquellos que consumen heno de festuca E+ , se han medido reducciones de 8% y en praderas de alrededor de 20%.

Toxicosis por endófito de la ballica

Se ha determinado principalmente en Nueva Zelanda, que animales que consumen ballica infectada con *A. lolii* pueden experimentar desórdenes nerviosos. Esta enfermedad denominada temblor por ballicas o "ryegrass staggers", se caracteriza por que los animales presentan una reducida función neuromuscular, que provoca temblores que pueden variar desde leves en los musculos del cuello y escápula, hasta ataxia e incoordinación que pueden llevar a la muerte. Varias toxinas con características tremogénicas han sido asociados a tal fenómeno, sin embargo, el Lolitrem B ha sido identificado como el principal responsable.

Los compuestos tóxicos se concentran en la base de las plantas y por lo tanto el consumo preferente de esa parte de las ballicas aumenta la ocurrencia de temblores. Se señala a las ovejas, caballos y venados, como los animales más susceptibles, debido al hábito de pastoreo más bajo. En los vacunos, especialmente las vacas de lechería el problema es menos frecuente, debido a que se les cambia rutinariamente a potreros con praderas en fase de crecimiento.

Aún cuando la presencia de *A. lolii* en la pradera es considerada básica para el desarrollo de cuadros de intoxicación en los animales, no es condición suficiente para que siempre ocurra tal situación. Los desordenes neurotóxicos raramente ocurren en praderas regadas, a pesar de un intenso pastoreo y altos niveles de infección por el hongo.

Respuesta productiva

Además de los problemas neurotóxicos, en corderos se han referenciado disminuciones principalmente en las tasas de incremento de peso, especialmente en períodos estivales y a inicios del otoño. Las reducciones en las ganancias de peso se pensaba que se debían al menor consumo provocados por los cuadros de intoxicación, sin embargo se ha observado similar efecto en ausencia de problemas neurotóxicos. Adicionalmente se han observado mayor temperatura corporal y tasa respiratoria.

En producción de leche son escasos los estudios. En uno de ellos, realizado en Australia, se reportan disminuciones significativas en producción y calidad de la leche en animales que consumen ballicas con altos niveles de endófito. En Chile, en un estudio orientado a evaluar consumo animal, se asoció a una fuerte caída en el consumo con efectos directos en producción, a altos niveles de endófito en la pradera.

DETECCION Y CONTROL

Debido a que estos hongos son asintomáticos, es decir no producen ningún síntoma en la planta al igual que algún tipo de fructificación externa, se requiere necesariamente el empleo de ciertos métodos para su detección o identificación. Los métodos incluyen desde tinción de micelio uso de antisueros, cultivos o a través de bioensayos.

Sobre la base del conocimiento de la biología del hongo, se han establecido varias alternativas de control. Como se considera la semilla la única vía efectiva de diseminación del hongo, todas las medidas están orientadas a controlar el hongo presente en la semilla. En la práctica las alternativas de control son básicamente de tipo no químicas y químicas. Se ha determinado que estos hongos viven indefinidamente en la planta, pero su viabilidad en la semilla decrece con períodos prolongados de almacenaje. Evaluaciones señalan que al almacenar la semilla a temperatura ambiente, la viabilidad de estos hongos, decrece fuertemente después de 1-2 años.

Sin embargo, este efecto puede ser influenciado por las condiciones de temperaturas y humedad. Por ejemplo, *A. lolii*, puede sobrevivir al menos por 7 años en la semilla, si esta se almacena a temperaturas de 0-5 °C (Latch y Christensen, 1982). Los métodos químicos incluyen el uso de fungicidas sistémicos. Sin embargo, se reportan algunos problemas de toxicidad sobre la emergencia y vigor de las plántulas.

En definitiva, la medida más efectiva y segura lo representa el uso de semilla libre o no infectada por el hongo.

CUADRO 4. Efecto en la producción de carne y leche asociado al nivel de hongo endófito en festuca.

Nivel de endófito*		Animal	Tipo alimento	Referencia
Alto	Bajo			
Ganancia diaria(kg/día)				
0,28	0,66	Novillo	heno	Schmidt et al,1982
0,20	0,96	Novillo	semilla	Schmidt et al,1982
0,45	0,83	Novillo	pradera	Hoveland et al,1983
0,46	0,60	Novillo	pradera	Stuedemann et al,1986
0,64	0,99	Novillo	pradera	Pedersen et al,1986
0,48	0,67	Novillo	pradera	Chesnut et al,1991
0,78	1,12	Novillo	pradera	Rojas et al,1993
Producción leche(kg/día)				
3,0	5,3	vaca de carne	pradera	Schmidt et al,1984
17,2	20,7	vacas lecheras	soiling	Siegel et al,1985
15,6	19,6	vacas lecheras	pradera	Strahan et al,1987

* Alto > 60%, bajo < 10%.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- AGUILERA P,A. y MARIN S,G. 1994. El Gorgojo o taladro del tallo de las ballicas en la IX Región de la Araucanía. Investigación y Progreso Agropecuario IPA. Carillanca 13(2):19-22
- BACON, C.W.; PORTER, J.K.; ROBBINS, J.D. and LUTTRELL, E.S. 1977. *Epichloë typhina* from toxic tall fescue grasses. Appl. Environ. Microbiol., 34: 576-581.
- BACON C.W., and DE BATTISTA J. 1991. Endophytic fungi of grasses. In Handbook of Applied Mycology Vol 1: Soil and Plants. 9: 231-254.
- BACON, C.W., and SIEGEL M.R. 1988. Endophyte parasitism of tall fescue. J. Prod. Agric. 1:45-55.
- BUTENDIECK, B.N; ROMERO, Y.O.; HAZARD, T.S.; MARDONES, M .P.; GALDAMES, G.R. 1994. Caída del consumo y producción de leche en vacas alimentadas con *Lolium perenne* infectada con *Acremonium lolii*. Agricultura Técnica Vol. 54, No 1. p.: 1-6.
- CHARLTON D.,1992. Variedades de pastos de Nueva Zelandia para praderas y céspedes. Seed promotion council. New Zealand 16 p.
- CLARK E.M., WHITE J.F., and PATTERSON R.M 1983. Improved histochemical techniques for the detection of *Acremonium* in tall fescue and methods of in vitro culture of the fungus. Journal of Microbiological Methods 1:149-155.
- CLEMENT S.L; KAISER W.J;EICHENSEER H. 1994. *Acremonium* endophytes in germplasms of major grasses and their utilization for insect resistance. En: C.W.Bacon y J.F.White(Eds.). Biotechnology of endophytic fungi of grasses. CRC Press, Inc. p185-199.
- CRAWFORD, R.J.; FORWOOD, J.R. BELYEA, R.L. and GARNER, G.B. 1989. Relationship between level of endophyte infection and cattle gains of tall fescue. J. Prod. Agric., 2: 147-151.
- CUNNINGHAM, I.J AND HARTLEY,W.J.1959. Ryegrass staggers. New Zealand Veterinary Journal 7: 1-7.
- DE BATTISTA, J.P. 1991. Festucosis: Avances en el conocimiento de la asociación festuca-endófito y su relación con la producción animal. Producción animal IT N°2: 141-165.
- FLETCHER L.R.,and HARVEY I.C. 1981. An association of a *Lolium* endophyte with ryegrass staggers. New Zealand Veterinary Journal. 29:185-186

- FLETCHER, L.R.; HOGLUND J.H. SUTHERLAND B.L. 1990. The impact of *Acremonium* endophytes in New Zealand, past, present and future. Proc. N.Z. Grass. Assoc. 52:227-235.
- GALDAMES G, R. 1990. El endófito de la festuca: Presencia y distribución en la IX Región de Chile. XV Reunión Anual SOCHIPA. Temuco, Chile. p 41
- GALDAMES G, R. 1994. Incidencia del endófito de la ballica *Acremonium lolii*, en variedades comerciales de ballica perenne en Chile. VII Congreso Latinoamericano de Fitopatología. Santiago, Chile. p 68-69.
- HOVELAND, C. S., SCHMIDT, S. P., KING, C. C., JR ODOM, J. W., CLARK, E.M., MCGUIRE, J. A., SMITH, L. A., GRIMES, H.W., and HOLLIMAN, J.L. 1983. Steer performance and association of *Acremonium coenophialum* fungal endophyte on tall fescue pasture. Agronomy Journal. 75:821-824.
- LATCH, G.C.M. and CHRISTENSEN, M.J. 1982. Ryegrass endophyte, incidence and control N.Z. J. Agric. Res. 25:443-448.
- LATCH, G.C.M., CHRISTENSEN, M.J., and SAMUELS, G.J. 1984. Five endophytes of *Lolium* and *Festuca* in New Zealand. Micotaxon Vol XX, 2:535-550.
- LATCH, G.C.M; HUNT W.F. and MUSGRAVE D.R. 1985. Endophytic fungi affect growth of perennial ryegrass. New Zealand Journal of Agriculture Research. 28 :165-168.
- LATCH, G.C; POTTER, L.R. and TYLER B.F. 1987. Incidence of endophytes in seeds from collection of *Lolium* and *Festuca* species. Ann. appl. Biol. 111:59-64.
- MORGAN-JONES, G., and W. GAMS. 1982. Notes on Hypomycetes, XLI. An endophyte of *Festuca arundinacea* and the anamorph of *Epichloë thypina*, new taxa in one of two new sections of *Acremonium*. Mycotaxon 15: 311-318.
- PEDERSEN, J.F.; MCGUIRE, J.A.; SCHMIDT, S.P.; KING, C.C., JR.; HOVELAND, C.S. and SMITH, L.A. 1986. Steer performance as affected by tall fescue cultivar and level of *Acremonium coenophialum* N.Z. Exp. Agric. 14:307-312.
- PORTER J. K. 1994. Chemical constituents os grass endophytes. En: C.W.Bacon y J.F.White(Eds.). Biotechnology of endophytic fungi of grasses. CRC Press, Inc. p. 103-123.
- PRADO E. 1991. Artrópodos y sus enemigos naturales asociados a plantas cultivadas en Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Serie Boletín Técnico N°169, 207pp.
- PRESTIDGE, R.A. 1993. Causes and control of perennial ryegrass staggers in New Zealand. Agric. Ecosystems Environ. 44: 283-300.
- PRESTIDGE, R.A.; POTTINGER, R.P., and BARKER, G.M. 1982. An association of *Lolium* endophyte with ryegrass resistance to Argentine stem weevil. Proc. N.Z. Weed and pest Control Conf.35 : 119-22.

- PRESTIDGE, R.A.; POTTINGER, R.P., and BARKER, G.M. 1985. Argentine stem weevil, biology, damage, control. Farm, production & MAF N.Z. s/p.
- READ, J.C. and CAMP, B.J. 1986. The effect of the fungal endophyte *Acremonium coenophialum* in tall fescue on animal performance toxicity and stand maintenance. Agron. J. 78:848-850.
- ROJAS, G.CLAUDIO; GALDAMES, G.RAFAEL. y ROMERO, Y.ORIELLA. 1993. Efecto del hongo endófito (*A. coenophialum*) de la festuca, sobre la ganancia de peso en novillos a pastoreo. XVIII Reunión Sociedad Chilena de Producción Animal A.G. Resumen. p. 136.
- SCHMIDT, S.P.; HOVELAND, C.S.; CLARK, E.M.; DAVIS, N.D.; SMITH, L.A.; GRIMES, H.W. and HOLLIMAN, J.L. 1982. Association of an endophytic fungus with fescue toxicity in steers fed Kentucky 31 tall fescue seed or hay. J. Anim. Sci. 55: 1259.
- SHELBY R.A., and DALRYMPLE W. 1987. Incidence and distribution of the tall fescue endophyte in the United States. Plant disease. 71(9): 783-786.
- SIEGEL M.R., JOHNSON M.C., VARNEY D.R., NESMITH W.C., BUCKNER, R.C., BUSH L.P, BURRUS P.B., JONES T.A., and BOLING J.A. 1984. A fungal endophyte in tall fescue. Incidence and dissemination. Phytopathology 74(8): 932-937.
- SIEGEL M.R., LATCH G.C, and JOHNSON M.C. 1985. *Acremonium* fungal endophytes of tall fescue and perennial ryegrass: Significance and control. Plant disease 69(2): 179-183.
- SIEGEL M. R., LATCH G.C.M., and JOHNSON M.C. 1987. Fungal endophytes of grasses. Annual Review of Phytopathology. vol 25:293-315.
- STUEDEMANN, J.A.; WILKINSON, S.R.; BELESKY, D.P.; HOVELAND, C.S.; DEVINE, O.J.; BREEDLOVE, D.L.; GIORDIA, H. and THOMPSON, F.N. 1985. Effect of cultivar, level of fungal endophyte (*Acremonium coenophialum*) and nitrogen fertilization of tall fescue (*Festuca arundinacea*) on steer performance. Proc. 15th Int. Grassl. Cong. Kyoto, Japan. 24-31 August, National Grassl. Res. Inst. Nishi-nasuro, Tochigi-ken 329-27, Japan.
- STUEDEMANN, J.A.; WILKINSON, S.R.; BELESKY, D.P.; HOVELAND, C.S.; DEVINE, O.J.; THOMPSON, F.N. McCAMPBELL, H. C.; TOWNSEND W.E. AND CIORDIA, H. 1986. Effect of level of fungus and nitrogen fertilization rate KY-31 tall fescue on steer performance. J. Anim. Sci 63:290-291.
- VALENTINE, S.C.; BARTSCH, B.D. and CARROLL, P.D. 1993. Production and composition of milk by dairy cattle grazing high and low endophyte cultivars of perennial ryegrass. En: D.E.Hume, G.C.M Latch, and H.S.Easton (eds.). Proc. 2nd Int. Symp. on *Acremonium/Grass* Interactions, AgResearch, Grasslands Research Centre, Palmerston North, New Zealand. p: 138-141.