

PRODUCCIÓN DE SEMILLAS DE LEGUMINOSAS FORRAJERAS CON RIEGO

F. Formoso*
J. Sawchik*

INTRODUCCION

La información disponible nacional e internacional es muy escasa en el tema, siendo alfalfa la especie mas estudiada.

En el país los pocos trabajos realizados utilizaron riego por superficie, aplicando una lámina bruta muy alta, estrategia que no permite un adecuado control del agua disponible en el suelo, llevando en general el contenido de la misma a capacidad de campo.

Tanto el método de riego seleccionado como los altos umbrales de riego elegidos durante la fase reproductiva, determinaron aumentos excesivos en la producción de forraje de trébol blanco, rojo, alfalfa y lotus. Estos generalmente se traducen en disminuciones drásticas en la producción de semillas de trébol blanco, lotus y alfalfa, trébol rojo puede ser la excepción, si el cultivo no vuelca y se logra una adecuada polinización.

En predios que hacen agricultura, la inclusión de leguminosas en la rotación con cultivos, constituye una tecnología clave para mejorar los suelos y actualmente, esta opción está plenamente validada a escala comercial.

Si estas leguminosas además de producir forraje se destinan para producir semilla, los ingresos generados por este rubro pueden contribuir a mejorar la rentabilidad global del sistema de producción.

En este contexto, INIA a partir de 1997 comienza a investigar en las principales leguminosas forrajeras, la capacidad de exploración radicular y extracción de agua en el suelo, las magnitudes de respuesta al riego aplicado en diferentes momentos del año y a distintos umbrales, en producción de forraje y semilla.

CONSIDERACIONES GENERALES

Con relación al riego en la producción de semillas de estas leguminosas forrajeras deben tenerse en cuenta una serie de conceptos generales, que son claves, para aumentar la probabilidad de éxito económico en este rubro.

* Ings. Agrs., MSc., GRAS, INIA La Estanzuela

RESULTADOS EXPERIMENTALES

Todos la información que se reportará en este trabajo fue obtenida de experimentos localizados sobre Brunosoles eútricos típicos de La Estanzuela.

Los comentarios que se realicen con relación al agua en el suelo se refieren al agua disponible (AD) en los primeros 40 cm de suelo durante el período comprendido entre inicio y pico de floración.

Con la letra D se indican las disminuciones del agua disponible en porcentaje del total a partir de capacidad de campo (100% de AD) y con la letra F la reposición del AD en porcentaje del total a partir del punto de marchitez permanente (0 % de AD).

Así por ejemplo, el par de valores D70 F50, indica que el AD disminuye un 70% a partir del 100% o capacidad de campo (o sea, queda un remanente de 30% de AD para las plantas) y se repone hasta el 50% del total de AD partiendo de 0 ó coeficiente de marchitez permanente.

Si se desea calcular el AD promedio en el período comprendido entre D y F, para el ejemplo anterior sería $(30 + 50) \div 2 = 40 \%$.

ALFALFA cv CRIOULA

Se realizaron 5 experimentos, dos en 1997/98, dos en 1998/99 y uno en 1999/2000 en semilleros de tercer, primer y cuarto año respectivamente.

Los resultados obtenidos se reportan en el cuadro 1.

Cuadro 1. Producción de semillas de alfalfa cv Crioula (kg/há) en diferentes situaciones de disponibilidad de agua en el suelo, considerando una lámina de 40 cm.

| | AD | 20/1/98 S kg/ha | AD | 25/3/98 S kg/ha | AD | 26/1/99 S kg/ha | | 26/3/99 S kg/ha | | 3/1/00 S kg/ha |
|--------|-------------|--------------------|-------------|--------------------|--------------|--------------------|--------------|--------------------|---------------|-------------------|
| S | D80 F100 | 40 | D50 F100 | 0.9 | D20 F100 | 15 | D20 F100 | 9 | D 95 D 100 | 362 |
| R | D70 F100 | 10 | D80 F100 | 0.8 | D 20 F100 | 11 | D 20 F100 | 9 | D 95 F26 | 157 |
| Signif | | NS | | NS | | NS | | NS | | P<0.01 |

S (secano), R (riego), · día de cosecha, Signif (nivel de significación).

Las precipitaciones mensuales (mm), los días con lluvia (D) y los días con precipitaciones iguales o superiores a 10 mm (D10) se reportan en el Cuadro 2.

Interesan resaltar someramente los siguientes:

1. Las necesidades de agua para producir semilla son menores que para forraje.
2. Las estrategias del manejo de semilleros deben estar orientadas a maximizar el cociente kg de semilla/kg de forraje, en otras palabras, producir el mínimo imprescindible de forraje, tal que asegure, el máximo rendimiento de semilla posible.
3. Las plantas y los tallos de trébol blanco, lotus y alfalfa son indeterminados, razón por la cual, si el ambiente es favorable, por ejemplo agua sin restricciones para las plantas, se va a aumentar excesivamente la producción de forraje e inexorablemente bajarán los rendimientos de semilla.
4. Las plantas de trébol rojo son indeterminadas, pero sus tallos son determinados (pueden desarrollar una cabezuela en el ápice de cada tallo), por tanto, el comportamiento de trébol rojo frente al riego es diferente a las otras leguminosas.
5. Alfalfa, lotus y trébol blanco requieren necesariamente cierto nivel de estrés hídrico en las diferentes etapas dentro de la fase reproductiva, distinto y específico con las etapas, con las especies y con el manejo realizado (fecha de cierre, nivel de fertilidad, etc), si el objetivo es maximizar la producción de inflorescencias y semilla. Trébol rojo se comporta bien con estrés hídrico moderado a nulo.
6. Alfalfa y lotus presentan una profundidad de exploración radicular mayor que trébol rojo y este mayor que blanco, consecuentemente, en alfalfa y lotus es más difícil que las plantas en fase reproductiva presenten estrés hídrico, mientras que en blanco, es más fácil.
7. En alfalfa lotus y trébol blanco, contenidos de agua disponible, ya sea por riego o lluvia, próximos a capacidad de campo durante fase reproductiva, determinan una probabilidad alta de obtener bajos rendimientos de semilla cosechable. En trébol rojo este riesgo es menor, salvo que el semillero vuelque antes del pico de polinización.

Finalmente se debe tener presente, que las condiciones climáticas de nuestro país son marginales para la producción de semillas. Esto no quiere decir que no se pueda producir, simplemente que para algunas especies, las temperaturas excesivamente altas (trébol blanco y lotus) y/o los excesos de precipitaciones (trébol blanco, lotus y alfalfa) y la variabilidad de estas, en fase reproductiva, determinan rendimientos de semilla en general bajos, muy variables entre años, donde no es raro obtener una producción económicamente nula, a pesar de que se haya aplicado toda la tecnología de manejo disponible correctamente.

En este contexto el riego de semilleros debe ser considerado solamente como un factor más de manejo, que además interacciona con el momento de riego dentro de la etapa reproductiva de la especie en cuestión, con fechas de cierre, nivel de fertilidad, de enmalezamiento etc.

Cuadro 2. Precipitaciones mensuales (P mm), días con lluvia (D) y con precipitaciones iguales o mayores a 10mm (D10), en diferentes períodos experimentales.

| | | | | | | |
|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Mes | 10 | 11 | 12 | 1 | 2 | 3 |
| Año | 1997 | 1997 | 1997 | 1998 | 1998 | 1998 |
| P | 114 | 72 | 226 | 87 | 73 | 118 |
| D | 11 | 13 | 13 | 9 | 11 | 9 |
| D10 | 8 | 3 | 6 | 4 | 1 | 3 |
| Año | 1998 | 1998 | 1998 | 1999 | 1999 | 1999 |
| P | 30 | 110 | 150 | 93 | 179 | 283 |
| D | 5 | 7 | 10 | 10 | 7 | 12 |
| D10 | 1 | 5 | 4 | 4 | 3 | 6 |
| Año | 1999 | 1999 | 1999 | | | |
| P | 13 | 24 | 58 | | | |
| D | 5 | 7 | 8 | | | |
| D10 | 0 | 0 | 1 | | | |

De las 5 situaciones estudiadas, en las primeras 4 cosechas realizadas, los rendimientos experimentales de semilla obtenidos fueron muy bajos, económicamente despreciables en condiciones comerciales de producción (Cuadro 1).

Los altos contenidos de AD en floración (Cuadro 1), resultado de las precipitaciones registradas (secano), o de éstas más los riegos (riego), (Cuadro2), determinaron fracasos en la expresión reproductiva de esta especie, bajos números de flores, vainas y semillas por vaina (información no presentada). En la mayoría de las vainas los óvulos abortaron, es decir, no desarrollaron semilla y el número máximo de semillas por vaina cuantificado fue de dos.

Paralelamente, los excesos hídricos promovieron mayores problemas de enfermedades, especialmente fitóftora (podredumbre húmeda de la raíz), aspecto que se desarrollará en el capítulo correspondiente a producción de forraje.

En la primavera de 1999 se registraron escasas precipitaciones y días de lluvia, determinando depresiones muy importantes del total de AD, registrándose extremos de D100, valor que implica que en los primeros 40 cm de suelo el AD fue 0 (Cuadros 1 y 2).

Condiciones de estrés hídrico severo en floración determinaron una depresión en la producción de forraje y una muy buena expresión reproductiva, elevados números de flores, vainas, semillas por vaina. Consecuentemente los rendimientos de semilla resultaron muy interesantes económicamente.

En el tratamiento regado (aspersión) se aplicaron a las 19 horas dos riegos de 30 mm de lámina bruta cada uno, en floración temprana y previo al pico de máxima floración, llevando el AD a solamente un 26% del total (F26) .

El riego estimuló levemente la producción de forraje, deprimió la formación de flores, vainas y número de semillas por vaina, por tanto, los rendimientos de semilla disminuyeron un 57 % con relación al secano, pasando de 362 kg/ha en el secano a 157 en el tratamiento regado.

La obtención de buenos rendimientos de semilla en alfalfa requiere que durante el período de floración – maduración, el contenido de agua disponible en el suelo (primeros 40 cm) se deprima en forma importante, en el entorno de 95 a 100 % del total disponible.

Pequeñas recargas de agua en floración que eleven el contenido a valores próximos al 25 – 30 % de agua disponible, ya son suficientes para determinar depresiones importantes en los rendimientos de semilla.

Contenidos altos de agua disponible en el suelo en floración generalmente se traducen en rendimientos muy bajos de semilla, que muchas veces pueden llegar al extremo que no justifiquen económicamente la cosecha, a pesar del alto precio de la semilla de alfalfa en nuestro mercado.

Los semilleristas de alfalfa en nuestro país conocen que en las primaveras y/o veranos llovedores deben destinar los alfalfares para producción de forraje.

En contraposición, períodos de sequía importantes como los registrados en 1989 y 1999, determinaron que en condiciones comerciales de producción frecuentemente se reportaran rendimientos de semilla limpia superiores a los 300 kg/ha.

Un error generalizado en nuestro país consiste en seleccionar las mejores chacras dentro de los establecimientos para producir semilla de alfalfa. Comúnmente estas se corresponden con los mejores suelos, los más profundos y fértiles.

Las condiciones de fertilidad y profundidad del perfil potencian el crecimiento vegetativo de esta especie. Este irá en desmedro del desarrollo reproductivo, es decir, comúnmente se eligen características exactamente opuestas a las que deberían seleccionarse si el objetivo es semilla.

La gran capacidad de alfalfa de explorar suelo, a 60 o más centímetros de profundidad, determina que sea muy difícil y poco frecuente que ocurran períodos prolongados con muy bajas o nulas precipitaciones, suficientes como para generar una disminución importante del contenido de agua disponible en el suelo, tal que asegure buenos rendimientos de semilla.

La elección de suelos menos profundos para producción de semillas aumenta las probabilidades de que la alfalfa entre en estrés hídrico más intenso y consecuentemente se obtengan mayores rendimientos.

CONCLUSIONES

1. Para la obtención de altos rendimientos de semilla de alfalfa es imprescindible que durante el período de floración, el agua disponible en el suelo disminuya a valores muy bajos, del orden del 5 % o menos en los primeros 40 cm.

2. Contenidos de agua disponible del 30 % o más determinan disminuciones importantes en la producción de semilla, en tanto, contenidos de 50 % a capacidad de campo pueden traducirse en rendimientos tan bajos que no justifiquen la cosecha.

LOTUS CORNICULATUS

En esta especie se realizaron dos experimentos con el cv INIA Draco, sobre un cultivo de primer año, en la primer y segunda floración.

Lotus presenta una tendencia similar a alfalfa con relación a la incidencia del agua disponible sobre la producción de semillas.

Con disponibilidades medias y altas de agua en el suelo, lotus direcciona prioritariamente su capacidad de crecimiento hacia la generación de estructuras vegetativas, forraje, en desmedro de las reproductivas, semilla.

La diferencia entre ambas especies radica en que depresiones del 95 a 100 % del AD en los primeros 40 cm de suelo resultan muy excesivas para lotus.

En estas condiciones lotus presenta disminuciones importantes en el número de tallos y umbelas por planta, en el número de flores por umbela, semillas por vaina y en los rendimientos de semilla.

El crecimiento en altura de los tallos se deprime en tal magnitud que las vainas pueden localizarse a menos de 10cm de altura a partir del nivel de suelo, de hecho se verificaron valores de tan solo 5 cm, característica que prácticamente no posibilita la recolección y cosecha de las mismas.

Los efectos negativos que originan depresiones tan importantes del AD, (D 95) sobre las estructuras reproductivas de lotus son superiores en el segundo ciclo de floración – semillazón que en el primero.

Los comentarios precedentes se fundamentan a partir de muestreos realizados durante la primavera 99 – verano 00 (condiciones de sequía intensa) en parcelas bajo riego y secano, donde se evaluaba la producción de forraje. En estas, el manejo de cortes impuesto posibilitó que las plantas solamente alcanzaran la etapa de vainas inmaduras.

El período noviembre de 1998 a marzo de 1999 presentó abundantes precipitaciones (Cuadro 2), especialmente durante la floración y maduración de la semilla.

El tratamiento regado recibió dos riegos de 30mm de lámina bruta en la primer floración y uno de 30 mm en la segunda.

El agua adicional suministrada al tratamiento regado fue suficiente para deprimir significativamente ($P < 0.05$) la población de vainas en ambas cosechas y el rendimiento de semillas en la segunda cosecha (Cuadro 3).

Cuadro 3. Lotus Producción de vainas (Nº/m²) y rendimiento de semilla (kg/há) en la primer y segunda cosecha de semilla.

| | Primer cosecha 26/1/99 | | Segunda cosecha 26/3/99 | |
|---------------|--------------------------|---------------|--------------------------|---------------|
| | Nº vainas/m ² | Kg semilla/ha | Nº vainas/m ² | Kg semilla/ha |
| Secano | 3276 | 152 | 742 | 75 |
| Riego | 2257 | 144 | 340 | 32 |
| Significación | P<0.05 | P>0.05 | P<0.05 | P<0.05 |

Lotus presenta un menor potencial de formación de flores y vainas en el segundo período de floración con respecto al primero. Sin embargo, el principal determinante del bajo número de vainas en la segunda cosecha fue probablemente consecuencia de un marchitamiento importante de la población de flores (*Colletotrichum acutatum*) verificado tanto en el tratamiento regado como en el secano.

En la primer cosecha, en riego y secano, una alta proporción de vainas presentaba síntomas de podredumbre, probablemente originados por los excesos de humedad sobre las vainas inmersas dentro del estrato vegetal.

Los excesos hídricos registrados durante primavera-verano también determinaron pérdida de plantas en ambos tratamientos, riego y secano, aunque con mayor incidencia en el primero. Este aspecto se comentará cuando se trate el tema de producción de forraje.

Con referencia a la población de malezas, estas incrementaron su incidencia con el mayor nivel de agua aplicado (información no reportada).

Interesa resaltar que bajo riego, en condiciones estrictamente comparativas entre trébol blanco, rojo, alfalfa y lotus, esta última especie presenta una menor capacidad de competencia frente a malezas.

Esta característica debería ser tomada en cuenta en condiciones comerciales de producción, priorizando la elección de chacras limpias, si se planifica regar esta especie.

Los excesos de precipitaciones registrados en los períodos estudiados impidieron determinar la respuesta de lotus en producción de semillas frente a condiciones que presentarían mayores niveles de estrés hídrico.

CONCLUSIONES

1. Contenidos de agua disponible en el suelo elevados determinaron problemas de persistencia en el stand, incrementaron la incidencia de enfermedades en vainas, coronas y raíces, deprimieron la fuerza de competencia de lotus frente a malezas y disminuyeron la población de vainas y rendimientos de semilla.

2. Depresiones del agua disponible en los primeros 40 cm de suelo del orden del 95%, deprimen drásticamente el potencial reproductivo, pero no lo anulan.

3. Hasta que no se disponga de información experimental suficiente, se sugiere en forma orientativa y preliminar, manejar en etapa reproductiva un contenido de agua disponible en el suelo de 40 a 50 % del total, tratando de evitar valores superiores al 50%.

TRÉBOL ROJO

Esta es la especie en que más se trabajó. Las razones técnicas que sustentan los mayores esfuerzos invertidos se fundamentan en los siguientes aspectos:

a) presenta crecimiento determinado en sus tallos, característica que implica una limitación fisiológica frente a excesos de crecimiento vegetativo que pueden generarse con abundante disponibilidad de agua,

b) si después de un riego se producen precipitaciones que llevan el agua disponible en el suelo a valores altos, no se corren tantos riesgos de perder la cosecha como en las otras leguminosas con crecimiento indeterminado de sus tallos (alfalfa, lotus, trébol blanco),

c) de las leguminosas consideradas es la que presenta consistentemente mayores probabilidades de segunda cosecha si se maneja correctamente la fecha de siembra, de cierre al pastoreo y se dispone de la opción de regar si es necesario,

d) es una especie con muy buenas aptitudes para ser incluida en rotaciones agrícolas cortas de alta intensidad como las que se requieren cuando se incluyen inversiones en equipos de riego,

e) presenta un período muy amplio con respuestas positivas al riego posibilitando una mayor flexibilidad en los momentos de riego, sobre todo si compite por el equipo de riego con cultivos muy exigentes en momentos claves de riego, como es el maíz,

f) eventuales problemas de desuniformidad en el riego, excesos, etc no originan problemas tan graves como en las otras leguminosas, en la práctica es la única especie en que podría aplicarse riego por superficie para producción de semillas.

Producción de semillas de trébol rojo en condiciones de registros pluviométricos superiores a los normales en fase reproductiva

En los experimentos realizados en 1997/98 y 1998/99, años en que ocurrieron abundantes precipitaciones durante la fase reproductiva de trébol rojo (Cuadro 2) no se registraron mayores diferencias entre secano y riego en las poblaciones de cabezuelas (datos no presentados) y en los rendimientos de semilla por efectos directos del riego (Cuadro 4).

Cuadro 4. Rendimientos de semilla (S kg/há) de trébol rojo en riego y seco de 6 experimentos conducidos en el periodo 1997 – 1999.

| | | Semilla kg/ha | | |
|-----------------|----------------------|---------------|-------|---------------|
| | | Secano | Riego | Significación |
| | 1er.cosecha 20/1/98 | 179 | 162 | NS |
| E 116 | | | | |
| 1er. año | | | | |
| | 2da.cosecha 11/2/98 | 21* | 47* | NS |
| | 1er.cosecha 27/1/99 | 455 | 374 | P<0.05 |
| | Malezas % | 10** | 35** | P<0.05 |
| E 116 | | | | |
| 2do. año | | | | |
| | 2da.cosecha 14/4/99 | 144 | 66 | NS |
| | Malezas % | 5 | 45 | P<0.01 |
| | 1er.cosecha 26/1/99 | 368 | 429 | NS |
| MIZAR | | | | |
| 1er. año | | | | |
| | 2da. Cosecha 26/3/99 | 64 | 72 | NS |

* Problemas de polinización por floración de lotus.

** *Alternanthera* sp.

En los secanos las depresiones del agua disponible en algunas situaciones llegaron a ser del orden de D80% y D 75% del total de agua disponible en la lámina 0 – 40 cm, que son valores importantes para trébol rojo. Sin embargo, estas ocurrieron al inicio de floración. En la floración media y al pico de floración se registraron precipitaciones que llevaban el contenido de agua a capacidad de campo(F 100).

Este aspecto muestra que disminuciones de esa magnitud al inicio de floración en los secanos, no deprimieron los rendimientos de semilla si en la media floración y/o al pico de la misma el suelo se recarga a capacidad de campo o valores próximos.

En trébol rojo E 116 de segundo año (Cuadro 4), en la primer cosecha, el riego deprimió los rendimientos de semilla e incrementó la infestación con malezas, específicamente *alternanthera*.

Esta maleza de muy difícil control, responde muy bien a niveles crecientes de agua y llegó a presentar porcentajes de infestación importantes. Estos determinaron el vuelco del trébol rojo entre el pico de floración y el fin de la misma.

El ambiente más húmedo que genera esta maleza dentro del tapiz originó un deterioro importante de las cabezuelas inmersas dentro de la masa vegetal, determinando que muchas se disgregaran parcial o totalmente.

En la segunda cosecha, la infestación de la maleza también fue muy alta en el tratamiento regado con respecto al seco y si bien el tratamiento regado presentó como tendencia a producir menos semilla, esta diferencia no fue significativa.

Este aspecto, presencia de malezas de este tipo, debe ser tenido en cuenta en condiciones comerciales de producción puesto que pueden determinar disminuciones importantes de los rendimientos de semilla que no compensen los costos extras de producción originados por el riego.

En trébol rojo se han verificado aumentos muy importantes en la competencia ejercida por *Cyperus sp* cuando se comparan tratamientos regados con secos.

Una situación similar se verifica con *Digitaria sp* y/o *Echinochloa sp* (pastos anuales de verano), en semilleros de trébol rojo localizados sobre rastrojos de arroz (zonas este y noreste del país). En estos generalmente las áreas regadas presentan infestaciones importantes de estas malezas en comparación con los cuadros que permanecieron en seco dentro de una misma chacra.

La segunda cosecha, realizada el 11/2/98 (Cuadro 4), presentó rendimientos muy bajos de semilla tanto en el seco como en el tratamiento regado. La floración de un semillero de lotus localizado a 300 metros del trébol rojo determinó que la población de polinizadores disminuyera sustancialmente en el trébol rojo, a pesar de que este semillero de 1 hectárea dispusiera de 4 colmenas fuertes y sanas.

En trébol rojo para aumentar la probabilidad de obtener una buena polinización, además de colocar suficiente número de colmenas sanas y fuertes, es importante asegurarse que no ocurran floraciones simultáneas de otras especies competidoras por polinizadores.

Interesa destacar que con trébol rojo, la decisión de regar constituye un insumo más que tiene un costo, razón por la cual, es imprescindible asegurarse una correcta polinización para que el insumo riego pueda ser redituable.

CONCLUSIONES

Para las zafra 97/98 y 98/99, caracterizadas por registros pluviométricos superiores a los normales durante la fase reproductiva de trébol rojo, la información comentada previamente permite realizar las siguientes conclusiones:

1. Partiendo de chacras que presenten contaminación con malezas de alta respuesta al agua disponible (*Alternanthera sp*, *Cyperus sp*, *Digitaria sp*, *Echinochloa sp*, etc), el aumento en la cantidad de agua aplicada puede incrementar el grado de infestación, a niveles que interfieren significativamente con la producción de semillas, deprimiéndola. En dos de un total de 6 situaciones estudiadas se verificó este problema.

2. Una vez regado un semillero, debe tenerse presente que siempre se corre el riesgo que posteriormente se registren precipitaciones que lleven el agua disponible a valores muy altos. Estos pueden traducirse en vuelco, disgregación de cabezuelas e incluso germinación de la semilla en las propias cabezuelas.

3. En todas las situaciones estudiadas en las zafras 97/98 y 98/99, los riegos implicaron un incremento de los costos de producción, sin retorno económico en términos de producción de semilla.

4. De las seis situaciones reportadas, en 5 los rendimientos de semilla entre secano y riego no difirieron estadísticamente y en una el riego deprimió el rendimiento debido a la gran estimulación del crecimiento que ejerció sobre malezas de alta respuesta a niveles crecientes de agua aplicada y de muy difícil y costoso control mediante herbicidas

5. En dos de los 6 casos estudiados, el riego promovió significativamente la infestación de *Alternanthera* sp.

6. En trébol rojo es imprescindible asegurarse que todos los factores manejables por el hombre conducentes a asegurar una eficiente polinización operen correctamente.

Producción de semillas de trébol rojo en situaciones de sequía intensa

Durante la primavera de 1999 y verano del 2000, período caracterizado por una sequía que aumentó en intensidad, se instalaron cuatro experimentos, dos en un cultivo de primer año sembrado en mayo de 1999 y dos en un semillero de segundo año sembrado en setiembre de 1998. En ambos se evaluó la respuesta al riego en la primer y segunda cosecha.

Trébol rojo Estanzuela 116 de primer año, primer y segunda cosecha, en diferentes regímenes hídricos.

El trébol rojo se sembró asociado a trigo. El 20/10/99 el cultivo se cortó siendo el forraje enfardado. Dicha fecha define el cierre del semillero. La primer cosecha de semilla se realizó el 12/1/00. Esta fecha correspondió al cierre para la segunda cosecha realizada el 15/3/00.

Los riegos fueron realizados por aspersion, mediante cañón regulado para regar 45 m³ / hora.

En el cuadro 5 se reportan los milímetros aplicados por riego (lámina bruta), los registros pluviométricos, ordenados de acuerdo a los estados fenológicos, para la primer y segunda cosecha.

En la primer cosecha se evaluaron dos tratamientos secano (S) y riego (R). En la segunda cosecha el tratamiento regado en la primera, fue dividido en dos y se le aplicaron dos estrategias de riego, una consistió en regar solamente al inicio del rebrote y en el pico de floración (Rif) y la otra implicó además un riego adicional en inicio de floración (R).

Cuadro 5. Milímetros de agua recibidos por riego y precipitaciones en diferentes estados fenológicos en trébol rojo de primer año, en el primer y segundo período de floración.

| | Primer cosecha | | | Segunda cosecha | | | |
|------------------|----------------|--------|----|-----------------|---|--------|--------|
| | S | R | P | P | S | Rif | R |
| Inicio rebrote | 60(2) | 60(2) | 13 | 35 | - | 50(1) | 90(2) |
| Inicio floración | - | 100(3) | 23 | - | - | - | 50(1) |
| | | | | 50 | | | |
| Pico floración | - | 30(1) | 58 | 0 | - | 50(1) | 50(1) |
| Total mm | 60(2) | 185(6) | 94 | 85 | 0 | 100(2) | 190(4) |

P precipitaciones, S secano, R riego, Rif riego a inicio y pico de floración.

Primer cosecha

La floración (presencia de cabezuelas con flores con pétalos rojos visibles) se inició el 16/11, aunque recién al 23/11 comenzaron a registrarse valores de 5/m². La aparición de las primeras flores fue equivalente entre el R y S dado que ambos tratamientos recibieron al inicio del rebrote la misma cantidad de agua, 60mm de lámina bruta. Recién a partir del 13/11 el tratamiento R se diferenció del S.

La información recabada para la primer y segunda cosecha se presentan en el cuadro 6.

Cuadro 6. Producción de semilla, componentes del rendimiento y manejo del agua disponible en floración, en diferentes regímenes hídricos de trébol rojo cv Estanzuela 116 en la primer y segunda cosecha de semilla.

| Primer cosecha 12/1/00 | S D85 F33 | R D38 F93 | R if | Significación |
|----------------------------|------------|-----------|-------------|---------------|
| Nº C / m ² | 284 | 761 | | P<0.01 |
| Nº F / C | 101 | 96 | | P>0.05 |
| Nº S / C | 49 | 26 | | P<0.05 |
| PMS | 1.60 | 1.86 | | P<0.05 |
| Semilla kg/há | 228 | 371 | | P<0.05 |
| Forraje kg /há de MS | 1016 | 1792 | | P<0.01 |
| Segunda cosecha 15/3/00 | S D 93 F22 | R D80 F61 | Rif D62 F81 | |
| Nº C / m ² | 56 b | 190 a | 222 a | P< 0.05 |
| Nº F / C | 87 | 83 | 91 | P> 0.05 |
| Nº S / C | 34 | 48 | 43 | P> 0.05 |
| PMS | 1.49 c | 1.70 a | 1.52 b | P< 0.01 |
| Semilla kg / há | 29 b | 156 a | 147 a | P< 0.05 |

C cabezuelas, F flores, S semilla, PMS peso de 1000 semillas.

En la primer cosecha el riego incrementó en forma notable (168 %) el número de cabezuelas / m² y el rendimiento en semilla (63 %) con respecto al secano . Estas presentaron un tamaño, número de flores por cabezuela, similar entre ambos tratamientos.

El número de semillas por cabezuela fue inferior en el tratamiento regado, aunque éstas presentaron mayor peso, (Cuadro 6).

La acumulación de forraje a cosecha aumentó un 76% como resultado de la aplicación del riego con respecto al secano.

En el secano el agua disponible entre el cierre y el pico de floración varió entre D85 y F33, lo que implica un 24% de AD promedio, valor muy bajo para rojo, pero que sin embargo posibilitó la obtención de 228 kg/ha de semilla.

Con riego se permitió que el AD se deprimiera un 38 % (D38) solamente y el agua se repuso a valores próximos a capacidad de campo (F93). Este manejo mantuvo promedialmente un nivel de AD del 65% del total, aspecto que posibilitó un excelente aumento en la población de cabezuelas.

Lamentablemente, este no pudo ser capitalizado en toda su dimensión. Si bien el rendimiento de semilla aumentó significativamente, este no se correspondió con el número de cabezuelas obtenido.

El bajo número de semillas por cabezuela registrado en el tratamiento regado, consecuencia del vuelco, exceso de forraje vegetativo y posicionamiento de cabezuelas dentro del tapiz, seguramente disminuyeron la eficiencia de polinización.

La estructura del tapiz presentó diferencias importantes entre riego y secano.

En secano, además de acumular menos forraje a cosecha las plantas carecían de rebrote basal, tallos vegetativos nuevos creciendo desde la base. En este tratamiento más del 90% de las cabezuelas se originaron a partir del meristemo apical de los tallos (posición terminal) y una escasa proporción, menos del 10% presentaban un origen axilar, localizadas en los entrenudos superiores de los tallos, muy próximas al ápice de los mismos.

Tanto la ausencia de nuevo rebrote basal, como la presencia mayoritaria de cabezuelas en posición apical, permiten sugerir que el tratamiento de secano acentuó dos aspectos de crecimiento determinado, en una planta indeterminada. El posicionamiento mayoritariamente terminal facilita la polinización.

La estructura del tapiz presentado por el trébol rojo en secano, de porte erecto, sin vuelco, baja acumulación de materia seca, altura promedio a cosecha de 19 cm y posición de las cabezuelas mayoritariamente terminales, por tanto localizadas en la parte superior del tapiz, conformó una situación ideal para una cosecha directa eficiente.

Con riego, la acumulación de materia seca fue muy superior, altura del tapiz de 42 cm, excepto en las áreas con vuelco (25% de vuelco), con cabezuelas en posición terminal (64 % de la población) mientras que un 36 % presentaban posición axilar, quedando muchas de éstas últimas inmersas en una abundante masa de forraje.

La alta cantidad de cabezuelas en posición axilar, en entrenudos distantes hasta 10 cm de los ápices probablemente explique la muy alta cantidad de cabezuelas presentada en el tratamiento regado con respecto al seco. Además indica que el mayor nivel de AD permitió que se desarrolle un mayor número de yemas axilares a cabezuelas, atributo fisiológico diferencial de trébol rojo comparativamente con alfalfa y lotus.

Sin embargo, en trébol blanco Zapicán, incrementos en el agua disponible en las etapas finales de la floración principal, también aumentan la aparición tardía o muy tardía de nuevas cabezuelas. Este aspecto generalmente complica la determinación de los momentos óptimos de cosecha y frecuentemente deprime los rendimientos de semilla cosechable en trébol blanco.

Interesa resaltar que el tratamiento regado, presentó una cantidad mayor de tallos fértiles, o sea con cabezuelas y estos presentaban promedialmente un mayor número de cabezuelas por tallo fértil (0.41 en seco versus 0.67 en riego), valores significativamente diferentes ($P < 0.01$).

El follaje estaba compuesto en la zona media e inferior del estrato vegetal por alta cantidad de nuevos rebrotes, mayoritariamente vegetativos, que al momento de cosecha cubrían cabezuelas maduras de los tallos fértiles que florecieron antes.

Estas aún presentaban las flores firmes, sin embargo, se encontraban en un estado próximo al comienzo de la disgregación. Este atributo permite sugerir que en estas condiciones, probablemente no sea conveniente dilatar la cosecha por mayores riesgos de pérdidas de semillas por disgregación de las cabezuelas durante los operativos de cosecha, si se considera el riesgo de ocurrencia de precipitaciones sobre el cultivo en esa condición..

El estado de este tratamiento indicaría que la cosecha indirecta sería el método más apropiado, o directa previa aplicación simple o doble de desecante.

La masa de forraje existente y principalmente la fracción mas foliosa, vegetativa, probablemente determinó el vuelco que comenzó a producirse desde etapas intermedias de la floración. Probablemente este hecho sea la causa del menor número de semillas por cabezuela presentado en este tratamiento, consecuencia de mayores dificultades de ser polinizadas sobre todo en los estratos más bajos del tapiz.

Segunda cosecha

En la segunda cosecha la población de cabezuelas y rendimientos de semilla disminuyeron con respecto a la primera, aspecto normal para trébol rojo y otras leguminosas forrajeras perennes en nuestro país.

La población de cabezuelas y rendimiento de semilla fueron significativamente menores ($P < 0.05$) en el seco que en los tratamientos regados. Entre los dos tratamientos regados no se verificaron diferencias, razón por la cual el riego realizado a inicio de floración en el tratamiento R fue innecesario.

El rendimiento de semillas obtenido en el seco por cosecha manual, 29 kg/ha, es equivalente a rendimiento cero en condiciones comerciales de producción.

El agua disponible en el secano varió entre D93 y F22, valores muy bajos en relación a las exigencias de trébol rojo para una correcta expresión de sus estructuras reproductivas.

La ausencia de diferenciación entre los dos tratamientos regados probablemente se explique más que por las diferencias de agua disponible en el suelo, 40 y 59% para Rif y R respectivamente, por un menor estímulo reproductivo interno de las plantas.

La baja cantidad de cabezuelas producida por ambos y un número excesivo de tallos vegetativos presentes, sin alargar sus entrenudos sustentan la hipótesis planteada.

La arquitectura y conformación de las estructuras vegetativas de estas plantas jóvenes, con menos de un año de edad, "en fase reproductiva" fue muy semejante a la correspondiente al reinicio del crecimiento vegetativo de fines de otoño.

En nuestro país, tanto en siembras asociadas donde la leguminosa debe soportar con desventaja la competencia del cereal y por tanto presenta un menor desarrollo de sus órganos, principalmente los subterráneos, o en siembras puras realizadas tarde en invierno o inicios de primavera, normalmente trébol rojo produce una sola cosecha de semilla, en general de bajo potencial reproductivo.

En estas situaciones, la organización temporal y espacial del crecimiento de la planta, que es bianual, está priorizado, direccionando hacia el crecimiento vegetativo, con el objetivo que a partir de este, se produzca un adecuado crecimiento de sus órganos subterráneos vitales, raíz y corona, que son los que realmente aseguran la supervivencia de la planta en un segundo año.

Este experimento fue sembrado en forma asociada y por manejo fue forzado a producir dos cosechas. Si bien en la primera se obtuvieron buenos registros reproductivos, ya desde la primer cosecha las plantas presentaron abundante crecimiento vegetativo en los tratamientos regados.

En la segunda cosecha evidentemente a pesar del manejo impuesto, las plantas priorizaron las estructuras que aseguran supervivencia de la planta, en desmedro de las estructuras reproductivas. Lotus y alfalfa presentan un comportamiento similar.

En el experimento de segundo año, situado próximo al de primer año y conducido en forma paralela a este, tanto durante la primera y especialmente en la segunda cosecha, no se verificó la presencia de nuevo rebrote basal a pesar del riego.

Las plantas de segundo año de esta leguminosa, independientemente de los problemas de enfermedades de raíz y corona que puedan presentar, actúan fisiológicamente de forma muy diferente a las de primer año. En plantas de segundo año, las señales internas priorizan maximizar el desarrollo reproductivo con el objetivo de asegurar la persistencia de la planta por la única vía posible cuando están próximas a la muerte, dicha vía es la producción de semillas. Precisamente, a continuación se reportarán los datos del segundo año, donde se verificaron excelentes respuestas en población de cabezuelas y rendimiento de semilla, en ausencia de rebrote basal.

Los comentarios precedentes permiten concluir que: los tallos de trébol rojo son determinados (cabezuela terminal), pero mientras que las plantas de primer año tienen un comportamiento indeterminado, las de segundo año recuerdan una especie anual, determinada.

El manejo de leguminosas para producción de semillas, requiere de un adecuado conocimiento del comportamiento de las mismas, que es fundamental en variables como riego. El desconocimiento de estos puede desembocar en fracasos rotundos de la inversión en equipos de riego, ya que se arriesga a obtener resultados exactamente opuestos a los que se definen cuando se hace la inversión.

Trébol rojo Estanzuela 116 de segundo año, primer y segunda cosecha en diferentes regímenes hídricos

La pastura venía siendo pastoreada en forma rotativa con bovinos y el 23/9/99, fecha de cierre, se le retiró el pastoreo y se uniformizó con rotativa.

Los riegos fueron por aspersión, realizados con cañon regulado para aplicar un caudal de 45 m³/hora. Las cantidades de agua aplicadas por riego corresponden a la lámina bruta.

En el primer ciclo de floración - semillazón se evaluaron dos tratamientos, secano (S) y riego (R). En el segundo ciclo el tratamiento regado durante el primer ciclo fue dividido en dos tratamientos. A uno, tratamiento R se le aplicaron riegos a inicio del rebrote, inicio y pico de floración, mientras que el segundo tratamiento fue regado a inicio del rebrote y en el pico de floración (R if).

Las cantidades de agua aplicadas en cada tratamiento durante los dos períodos evaluados (láminas brutas) y las precipitaciones se presentan en el cuadro 7.

Cuadro 7. Milímetros de agua recibidos por riego y precipitaciones en diferentes estados fenológicos en trébol rojo de segundo año, en dos períodos entre cierre y cosecha.

| | Primer cosecha | | | Segunda cosecha | | | |
|------------------|----------------|--------|----|-----------------|-------|-------|--------|
| | S | R | P | P | S | Rif | R |
| Inicio rebrote | - | 20(1) | 13 | 35 | 40(1) | 40(1) | 80(2) |
| Inicio floración | - | 55(2) | 23 | - | - | - | 40(1) |
| | | | | 50 | | | |
| Pico floración | - | 65(2) | 25 | | - | 50(1) | 50(1) |
| | | | 23 | | | | |
| Total mm | - | 180(5) | 84 | 85 | 40(1) | 90(2) | 170(4) |

P precipitaciones, S secano, R riego, Rif riego a inicio y pico de floración.

Los resultados obtenidos se presentan en el cuadro 8.

Cuadro 8. Producción de semilla y componentes del rendimiento en trébol rojo cv Estanzuela 116 de segundo año, en diferentes regímenes hídricos, en la primera y segunda cosecha.

| | Cierre 23/9/99 | | Cierre 12/1/00 | | |
|--------------------|----------------------|--------|----------------------|--------|--------|
| | 1er. Cosecha 12/1/00 | | 2da. Cosecha 15/3/00 | | |
| | S | R | S | Rif | R |
| AD | D94F27 | D75F90 | D92F23 | D80F61 | D62F81 |
| N°C/m ² | 349 b | 602 a | 0 | 392 b | 580 a |
| S kg/ha | 206 b | 617 a | 0 | 286 b | 444 a |
| PMS | 1.5 b | 1.8 a | - | 1.5 | 1.6 |
| N°S/C | 38 b | 55 a | - | 47 | 47 |
| N°F/C | 106 | 111 | - | 82 | 76 |
| TMS/ha | 1.1 b | 3.0 a | | | |

C cabezuelas, S semilla, PMS peso 1000 semillas, F flores, TMS toneladas de materia seca. Letras diferentes para cada variable dentro de una misma cosecha indican diferencias significativas al nivel $P < 0.05$.

Primer cosecha

Durante el primer ciclo de floración semillazón el riego con relación al secano aumentó la población de cabezuelas un 72%, los rendimientos de semilla un 199%, el peso de mil semillas un 20%, el número promedio de semillas por cabezuela un 45% y el forraje acumulado a cosecha un 172%.

Exceptuando el tamaño de las cabezuelas (número de flores por cabezuela), variable que no se diferenció entre riego y secano, los restantes componentes del rendimiento presentaron incrementos muy importantes, especialmente en el rendimiento de semilla y el número de cabezuelas por m².

El menor N°S/C verificado en el secano puede ser una consecuencia del mayor grado de estrés hídrico presentado en este tratamiento. La literatura internacional reporta respuestas positivas al riego con esta variable, similares a las señaladas en el cuadro 8. En nuestro país la obtención de altos N°S/C es una variable clave para asegurar altos rendimientos de semilla a cosecha.

En el secano se obtuvieron 206 kg/ha de semilla a pesar de presentar depresiones muy importantes en el agua disponible (D94), próximas al coeficiente de marchitez permanente con reposición baja de agua (F27).

El tratamiento regado se mantuvo con un promedio de agua disponible del orden del 58% (D75 F90), incrementándose notoriamente la producción de cabezuelas y semilla y corroborando las buenas respuestas al riego que esta especie es capaz de realizar.

El tratamiento regado no presentó vuelco a cosecha. La decisión de cosechar ambos tratamientos el mismo día, 12/1/00, donde el secano presentaba las cabezuelas con tonalidades de marrón muy oscuro y el regado con coloración menos intensa, se sustenta en que se priorizó reiniciar el rebrote posterior cuanto antes en el tratamiento regado, con el objetivo de asegurar una mayor producción de semilla en la segunda cosecha y que esta pudiera ser realizada en marzo.

De haber esperado en el tratamiento regado unos 10 días más para un secado equivalente al secano de las cabezuelas, el rebrote y pico de floración se hubieran retardado, deprimiendo los potenciales de segunda cosecha y aumentando riesgos de cosecha, puesto que esta seguramente se correría hacia el mes de abril.

Segunda cosecha

Con el objetivo de simplificar el cuadro 8, en el secano se indican para el $N^{\circ}C/m^2$ y rendimiento de semilla valores de 0, ya que los parámetros evaluados experimentalmente cuando se extrapolan a condiciones comerciales de producción deben considerarse como nulos.

Estrictamente en el secano se contabilizaron 10 C/m^2 y 8 kg/ha de semilla. La sequía intensa actuando sobre plantas de trébol rojo de segundo año y además en el segundo verano, donde es característico en esta especie la verificación del deterioro de su sistema radical, que dificulta el transporte de agua hacia la parte aérea, se tradujo en que la mayoría de las plantas murieran.

El AD en el suelo fue del 15 % para el secano (D92F23), nivel similar al de la primer cosecha donde produjo 206 kg/ha de semilla. La intensidad del estrés (15 % de AD) mantenida por un período prolongado, durante las dos cosechas (duración del estrés) determinó la muerte de la mayoría de las plantas.

Las pocas plantas que permanecieron vivas, presentaban muy pocos tallos por planta, mayoritariamente estériles, o sea, sin cabezuelas. Los pocos tallos fértiles existentes presentaron solamente una cabezuela en posición terminal. La sequía en el secano no permitió que se desarrollara ninguna cabezuela axilar. La altura de las cabezuelas desde el nivel del suelo no superaba los 14 cm.

Entre los tratamientos regados, Rif y R, se verificó una respuesta importante al mayor nivel de agua aplicado, tratamiento R. En este, los riegos adicionales, uno al inicio del rebrote y el segundo a inicio de floración determinaron aumentos en el $N^{\circ}C/m^2$ y rendimiento de semilla de 48 y 55% respectivamente con respecto al tratamiento Rif.

El aumento en el $N^{\circ}C/m^2$ en el tratamiento R con respecto al Rif se explica por una mayor cantidad de cabezuelas de origen axilar por tallo, evidenciando que el riego, promovió un mayor desarrollo reproductivo de yemas en posición axilar, o sea, aumentó la fertilidad de los tallos.

Los restantes componentes del rendimiento evaluados no se diferenciaron.

Mientras que en el tratamiento Rif el agua disponible varió entre D75 y F83, donde la depresión del 75% del AD constituye un valor alto para trébol rojo, que no posibilita la mayor

expresión reproductiva, en el tratamiento R el AD promedio fue de 70 %, variando entre D60 y F100. El mantenimiento de un nivel más elevado de agua en el suelo permitió un aumento significativo en la producción de cabezuelas y semilla en el tratamiento R con relación al Rif (Cuadro 8).

Interesa destacar que los tratamientos regados presentaron un muy alto número de semillas (47) por cabezuela, con respecto a lo que normalmente se obtiene en las condiciones de La Estanzuela. La presencia abundante de polinizadores **trabajando efectivamente** sobre las flores de trébol rojo explica la alta tasa de formación de semilla, promedialmente de 59% para R y Rif.

La sequía intensa determinó que prácticamente las abejas no dispusieran de otras flores competitivas en las cercanías del cultivo de trébol rojo para polinizar. Las excelentes condiciones de radiación, días luminosos, sin viento, etc, también posibilitaron un buen trabajo de los polinizadores.

En La Estanzuela, en condiciones climáticamente promedios, la abundancia de flores competitivas con trébol rojo normalmente no permite superar las 10 – 15 semillas por cabezuela, a pesar de que se coloquen 4 a 5 colmenas fuertes y sanas por hectárea. Son frecuentes valores de 10 o menos.

Cuando se riega trébol rojo para semillas es imprescindible asegurar una correcta polinización, de lo contrario se corre el riesgo de aumentar la población de cabezuelas en condiciones de sequía, sin que se traduzca en mayores rendimientos de semilla.

En los dos tratamientos regados no se originó vuelco, ni promoción de rebrote basal, presentando ambos tratamientos al momento de cosecha una muy buena estructura de tapiz y uniformidad de maduración de cabezuelas, que posibilitan en principio una alta eficiencia en la cosecha directa.

CONCLUSIONES

En condiciones de sequía con intensidad creciente durante primavera y verano y con muy baja competencia por polinizadores de otras plantas, los resultados obtenidos permiten concluir que:

1. El riego aplicado enseguida del cierre, promovió el rebrote rápido de las plantas, aumentando la posibilidad de cosecha, especialmente al inicio del segundo rebrote con destino a segunda cosecha, en que fue imprescindible para obtener rendimientos de semilla económicamente cosechables tanto en cultivo de primer como de segundo año.
2. Los secanos presentaron muerte prematura de plantas y el cultivo de segundo año murió antes de finalizar el verano.
3. El riego promovió aumentos significativamente muy importantes en la producción de cabezuelas, especialmente las de origen axilar, en los rendimientos de semilla y forraje.
4. El riego aumentó la fertilidad de los tallos, es decir, aumentó la proporción de estos que presentaban por lo menos 1 cabezuela, y dentro de estos, incrementó el número de cabezuelas por tallo fértil.

5. El tamaño de las cabezuelas no varió significativamente ($P>0.05$) con el riego.
6. El número de semillas por cabezuela fue deprimido por el riego a consecuencia del vuelco en floración del cultivo de primer año.
7. En las situaciones que no se verificó vuelco, el riego aumentó el número de semillas por cabezuela, especialmente en el semillero de segundo año, o sea, aumentó la fertilidad de las flores, desconociéndose si este efecto se debe a la fertilidad de los óvulos, del polen, o a una mayor atracción por parte de los polinizadores, etc.
8. En situaciones sin vuelco, las variables que explicaron mayoritariamente los aumentos en los rendimientos de semilla obtenidos con cantidades crecientes de agua aplicadas fueron la población de cabezuelas y el número de semillas por cabezuela.
9. Las segundas cosechas de los secanos fueron fuertemente deprimidas por la sequía, al extremo que el semillero de segundo año no produjo prácticamente semilla y se perdió el stand,
10. El riego en el cultivo de primer año, primer cosecha originó vuelco y emergencia de rebrote basal. Ambas características dificultaron la polinización, aumentaron los riesgos de disgregación de cabezuelas y de germinación de la semilla a campo.
11. En general los rendimientos de semilla mayores, intermedios y bajos se registraron con niveles promedio de agua disponible entre inicio del rebrote y pico de floración del orden de 60% o más, 40 a 50 % y menos de 25% respectivamente.
12. Las respuestas obtenidas deben enmarcarse dentro de una situación de muy bajas precipitaciones durante los períodos de floración - semillazón, características frecuentemente seleccionadas para áreas de producción de semillas de esta especie en otras partes del mundo y que en nuestro país ocurren con menor frecuencia.