INFLUENCIA DEL TIPO DE FERTILIZACIÓN Y DESHERBADO EN EL RENDIMIENTO DE CEBADA EN SECANOS SEMIÁRIDOS

G. PARDO, F. VILLA, J. AIBAR[1], J. A. LEZAÚN[2], C. LACASTA[3], R. MECO[4], P. CIRIA[5],C. ZARAGOZA

Departamento de Agricultura - DGA. Apdo727, 50080 Zaragoza. (gpardo@aragob.es)
[1)]Escuela Politécnica Superior de Huesca. Ctra. de Zaragoza, s.n.. 22071 Huesca. [2)]ITGA. El Sario. Cra. El Sadar. 31006 Pamplona. [3)]CSIC. Finca La Higueruela. 45530 Santa Olalla (Toledo). [4)]SIA Conserjería Agricultura. 45075 Toledo. [5)]EUIA. Soria. Univ.de Valladolid. Campus Universitario 42004 Soria.

RESUMEN

Se presentan los resultados de 5 ensayos de cereales en Huesca, Navarra, Toledo, Soria y Zaragoza, de la campaña 2000-2001, iniciados hace 5 años. En ellos se compara la influencia de tres tipos de fertilización (testigo sin fertilizar, orgánica y química) y de tres tipos de desherbado (testigo sin escarda, un pase de grada de varillas flexibles y una aplicación convencional de herbicidas) sobre el control de malas hierbas y la producción del cereal. La combinación los tipos de fertilización y de escarda da 9 opciones de posible manejo. Para tres de ellas: agricultura de mínimos (sin fertilizar y sin escardar), ecológica (fertilización orgánica y escarda mecánica) y agricultura convencional (fertilización química y escarda química) se efectuó un estudio económico comparativo de gastos e ingresos utilizando los datos de las producciones obtenidas en el ensayo de Zaragoza. Las parcelas fertilizadas químicamente obtuvieron una mejor producción como media, aunque no en todas las localidades. El herbicida ejerció, como norma general, un mejor control que la grada de varillas flexibles, pero ello no implicó una mejor cosecha al final de la campaña. Ninguna técnica de escarda logró obtener una producción significativamente superior al testigo sin escardar. El sistema de mínimos insumos generó mayores beneficios económicos, en agricultura ecológica la clave es vender el producto a mayor precio, de lo contrario pasa a ser la opción menos rentable.

INTRODUCCIÓN

Dos de las labores más habituales que se efectúan tradicionalmente en el cultivo de cereales en secanos semiáridos, como son la fertilización y la escarda química, están actualmente en entredicho. No solamente por el perjuicio medioambiental que pueden causar, sino por simples criterios de rentabilidad económica, ya que su uso no siempre conlleva un aumento de la producción que compense los gastos derivados de su aplicación, pues aquella se encuentra limitada por las frecuentes condiciones de sequía. Así, por ejemplo, se estima que en la provincia de Ciudad Real, en secano y en cereal, sólo se aplican herbicidas en un 13% de la superficie sembrada (Rodríguez Pérez y Díaz-Salazar, 2002), o que en Aragón sólo se aplican 30 U.F. de N/ha en cultivo de trigo duro, en secano y como media, (MAPA, 2000). En este sentido conviene el estudio de técnicas alternativas tanto de fertilización como de escarda que se adapten mejor a estas condiciones ambientales y/o sean más respetuosas con el medio ambiente

En este trabajo se analiza la influencia de distintos tipos de fertilización y de escarda en una rotación de cultivos en secano, en diferentes localidades españolas de clima semiárido. Se muestran las producciones obtenidas en 5 localidades, durante 2001, con tres tipos de fertilización y tres tipos de control de malas hierbas. Asimismo, con los datos obtenidos del ensayo de Zaragoza desde el inicio del ensayo se ha realizado un estudio económico comparativo de ingresos y costes para tres de las nueve posibilidades resultantes de combinar los tres niveles de cada factor estudiado.

MATERIAL Y MÉTODOS

Los datos de este trabajo corresponden al 5° año de una rotación: cebada (96-97) veza (97-98) trigo duro (98-99) barbecho (99-2000) cebada (2000-2001), llevada a cabo con el mismo modelo de ensayo en 5 localidades de clima semiárido de Huesca, Navarra, Toledo, Soria y Zaragoza.

Estos ensayos están divididos en parcelas elementales de 90 m^2 según un diseño "split-plot", con dos factores: fertilización y escarda y tres niveles en cada factor:

-Factor principal (fertilización): **1:** testigo sin fertilizar, **2:** fertilización orgánica: 2500 kg/ha compost (humedad: 33,3%, M.O:57,4%, C:27,8% N:2,9%, P_2O_5:1,4%, K_2O:5,1% y Na:0,89%.) El origen del compost y su elaboración fue el mismo para todos los ensayos, **3:** fertilización química (70-60-60 U.F./ha de N, P, K), el N fraccionado en fondo y cobertera.

-Factor secundario (escarda): **1:** testigo sin escarda, **2:** escarda mecánica, con un único pase de grada de varillas flexibles, marca Hatzenbichler, en el sentido de las líneas de siembra durante el ahijamiento del trigo, **3:** escarda química, mediante un herbicida elegido por los técnicos responsables del ensayo según el momento y la flora arvense presente, buscando selectividad y eficacia, a una dosis autorizada y en el momento adecuado.

Las operaciones más relevantes llevadas a cabo en cada ensayo, así como la precipitación recogida desde la sementera hasta junio se recogen en la tabla n° 1:

Tabla 1: *Principales labores llevadas a cabo en los ensayos en 2001.*

	Huesca	**Navarra**	**Toledo**	**Soria**	**Zaragoza**
Fecha siembra	14/2/01	10/11/00	20/3/01	23/2/01	5/2/01
Variedad	"Grafic"	"Scarlett"	"Grafic"	"Grafic"	"Grafic"
Dosis (kg/ha)	150	120	170	190	150
Fecha apl. compost	14/2/01	9/11/00	20/3/01	22/2/01	5/2/01
Fecha fert. química fondo y dosis	14/2/01 32-60-60	9/11/00 0-60-60	20/3/01 45-45-45	22/2/01 27-50-50	5/2/01 32-60-60
Fecha fert. química cobertera y dosis	10/4/01 38-0-0	8/2/01 60-0-0	26/4/01 54-0-0	10/4/01 53-0-0	3/4/01 38-0-0
Fecha pase de grada	5/4/01	21/12/00	3/5/01	10/4/01	22/3/01
Fecha apl. herbicida	15/5/01	15/2/01	3/5/01	5/5/01	22/3/01
Herbicida y dosis	imazametabenz (1,5 l/ha)	diclofop-metil 36%(1,5 l/ha) + tribenuron 75% (15 g/ha)	bromoxinil 7,5% + ioxinil 7,5% MCPP 37,5% (2,5l/ha)	2,4,D + MCPA (1l/ha)	diclofop metil 36% (2,5l/ha) + diflufenican 2,5%+ MCPA 25% (2l/ha)
Precipitación (mm)	181	248	128	130	80

Se realizaron conteos de malas hierbas tras las operaciones de escarda, a los 20 días de haber efectuado el tratamiento. Se cosechó con microcosechadora y los datos de producción obtenidos se trasformaron al 14% de humedad. El análisis de la varianza se realizó a nivel de cada ensayo según el diseño indicado, mediante el programa estadístico Systat 7.0.

Para la estimación económica de costes (labores efectuadas y materias primas) e ingresos (venta del cereal y subvenciones) se utilizaron los datos del ensayo de Zaragoza durante los 5 años que se ha llevado a cabo la mencionada rotación y para las parcelas en que sembró cereal (97, 98 y 2001 cebada, 99 y 2000 trigo duro). Para este estudio económico se eligieron tres de las nueve combinaciones posibles de los dos factores de estudio:
-testigo sin fertilizar x testigo sin escarda, que denominamos "agricultura de mínimos"
-fertilización orgánica x escarda mecánica, que denominamos "agricultura ecológica"
-fertilización química x escarda química, que denominamos "agricultura convencional"

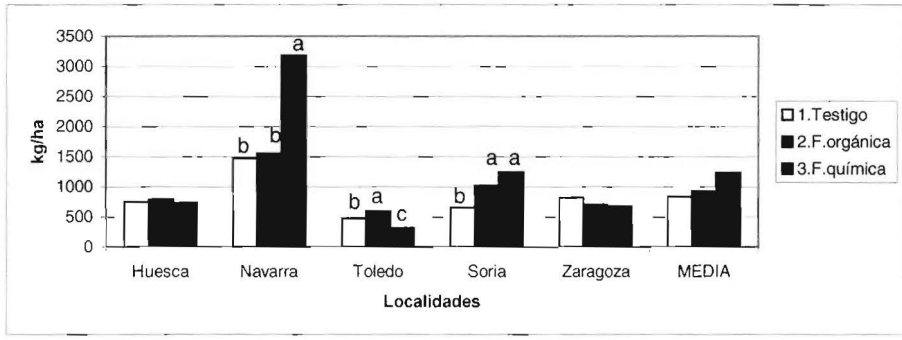
Se contabilizaron las labores realizadas en cada tipo de agricultura y se agruparon de la siguiente manera:
-Labores comunes a todos los tipos de agricultura: 1ª Alzado del terreno. 2ª Pase cruzado con cultivador. 3ª Preparación del lecho de siembra. 4ª Siembra. 5ª Cosecha. Son las únicas efectuadas en la llamada "agricultura de mínimos".
-Labores específicas de "agricultura ecológica": fertilización orgánica y escarda mecánica.
-Labores específicas de "agricultura "convencional": abonado de fondo, abonado de cobertera y aplicación de herbicida.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1.-Fertilización

La figura nº 1 muestra los resultados, en cuanto a producción, de los ensayos para cada tipo de fertilización. Hay que resaltar la deficiente cosecha obtenida en todos los ensayos, exceptuando el de Navarra que fue el único que se sembró en la época adecuada y el que mayor pluviometría recibió, en el resto, las condiciones meteorológicas adversas (con mucha lluvia en el invierno y sequía primaveral) impidieron obtener una buena cosecha. En Navarra se achaca el buen resultado de la fertilización química al abonado nitrogenado de cobertera, aplicado en su totalidad a la salida del invierno que supuso un mejor aprovechamiento de este nutriente al no ser lavado del perfil, pues la cuantía de las lluvias disminuyó tras su aplicación. Este buen dato de la fertilización química en Navarra, junto con Soria, hizo que la media en el conjunto de los ensayos fuera también favorable a este tipo de fertilización pero sin diferencias significativas. Por el contrario en el resto de ensayos este tipo de fertilización resultó la peor opción. No es extraño, en estas condiciones, respuestas negativas de la producción a la fertilización nitrogenada, (Van Herwaarden *et al.*, 1998), (Betrán y Pérez Berges, 1997). En Huesca y Toledo se obtuvo una mejor cosecha con la fertilización orgánica y en Zaragoza en las parcelas sin fertilizar se consiguió mayor producción.

Figura 1: *Producciones de los ensayos, en 2001, según la fertilización aplicada.*



Columnas con letras distintas en cada localidad difieren significativamente en el test LSD (p<0,05)

2.-Escarda

Control de las hierbas

La tabla nº 2, muestra la densidad de flora arvense (pl/m^2), cuando se consideró que las labores de escarda habían producido ya todo su efecto en lo que respecta a control de malas hierbas.

Tabla 2: *Densidad de flora arvense en cada localidad tras las labores de escarda.*

	Huesca	Navarra	Soria	Zaragoza	Media	%control
1.Testigo	544(a)	69 (a)	96	48	**189**	0
2.E.mecánica	208(b)	59 (a)	34	52	**88**	53
3.E.química	69(c)	0,5 (b)	73	41	**46**	76

Columnas con letras distintas en cada localidad difieren significativamente en el test LSD (p<0,05)

En Navarra y Huesca el tratamiento herbicida resultó ser muy eficaz. En Huesca hubo una alta densidad de malas hierbas pero éstas eran dicotiledóneas de pequeño porte recién emergidas. En Zaragoza se trataba en gran medida de *Lolium rigidum* en avanzado estado, que ni siquiera se había podido eliminar completamente en el momento de la siembra, pues las persistentes lluvias otoñales e invernales no habían permitido realizar las labores adecuadas. En este ensayo, el herbicida tuvo escaso efecto, y en el caso de la grada de varillas flexibles, este efecto fue nulo. En Soria se observó un mejor control de la escarda mecánica que de la química y en Toledo no se realizaron conteos tras los tratamientos, ya que la flora arvense era muy escasa en todas las parcelas como consecuencia de haber realizado la siembra en una fecha tan tardía.

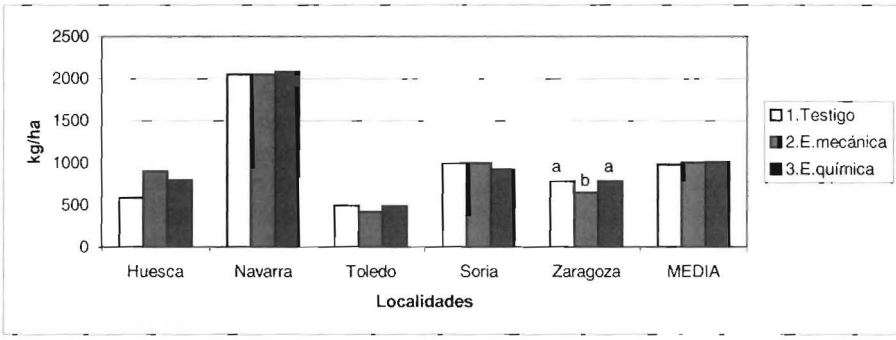
El herbicida fue, en general, más eficaz en cuanto a control de flora arvense, que la grada de varillas flexibles, hecho observado también por Lacasta *et al.* (1997), aunque ésta, en algunos casos, obtuvo un mejor resultado. Estas variaciones en la eficacia se deben por un lado, al tipo de flora arvense presente y a su estado de desarrollo, y por otra parte, a las condiciones climáticas posteriores. La ausencia de lluvias favorece que las malas hierbas arrancadas o dañadas tras el pase de la grada mueran o retrasen su crecimiento, dando ventaja al cultivo. La humedad posterior, por el contrario, facilitaría

que enraizaran de nuevo, pero sería beneficioso en el caso de haber aplicado un herbicida residual.

Producción según escarda

Los datos de producción (kg/ha) al 14% de humedad se muestran en la figura 2:

Figura 2: *Producciones de los ensayos, en 2001, según la escarda aplicada.*



Columnas con letras distintas, difieren significativamente en el test LSD (p< 0.05)

En Huesca y Soria se consiguió una mayor producción con la escarda mecánica, sin embargo en Toledo y Zaragoza fue la peor opción, incluso por detrás del testigo. Es posible que en estos ensayos se produjera una mayor evaporación tras el pase de la grada que acentuara más si cabe la sequía. En Toledo, además, se habrían producido daños al cultivo, pues el pase se realizó muy tarde (3 de Mayo).

Las diferencias de eficacia en cuanto a control de malas hierbas registradas a mitad de ciclo del cultivo no se tradujeron al final en diferencias de producción de grano. Una mayor eficacia no supuso necesariamente un aumento en la producción. Las medias de producción fueron prácticamente iguales entre parcelas escardadas mecánica o químicamente, pero es que también lo fueron frente al testigo sin aplicar ninguna medida de control, con mayor presencia de malas hierbas. Esto puede ser debido al efecto preventivo que la rotación llevada a cabo sobre la totalidad del ensayo, ejerce sobre la infestación de malas hierbas en el cultivo siguiente, y que puede ser suficiente para mantener la flora arvense en niveles que no llega a afectar significativamente al cultivo, aunque hay que tener en cuenta que, en general, desconocemos la producción potencial en parcelas totalmente limpias.

3.-Estudio económico

Ingresos

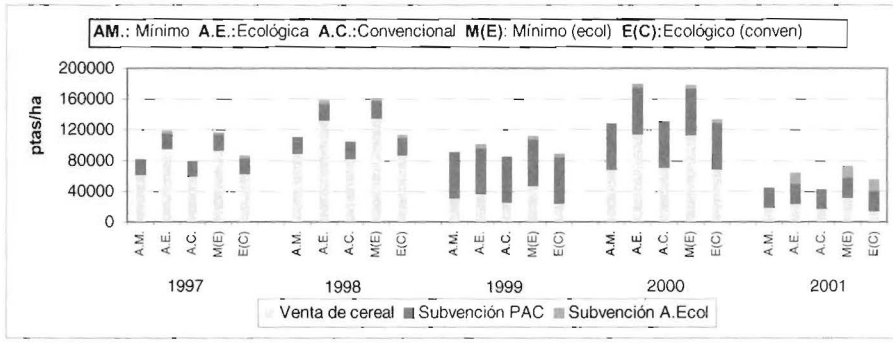
Se efectuó una estimación de ingresos y gastos para tres tipos de manejo descritos en el apartado de material y métodos. Las producciones obtenidas en Zaragoza en los 5 años y para cada manejo fueron las siguientes:

Tabla nº3: *Producción obtenida en Zaragoza (kg/ha) en 1997-01*

	Mínimo	Ecológica	Convencional
1997(cebada)	2650	2701	2542
1998(cebada)	3836	3757	3567
2001(cebada)	883	646	789
Media	**2456**	**2368**	**2299**
1999(trigo duro)	1222	944	988
2000(trigo duro)	2819	2840	2922
Media	**2021**	**1892**	**1955**

Los ingresos proceden de la venta del cereal y de las distintas subvenciones según el manejo llevado a cabo, figura 3.

Figura 3: *Ingresos según el manejo aplicado, 1997-2001*

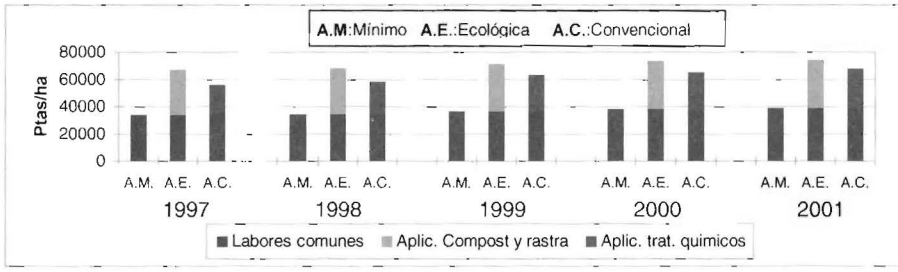


Dado que las producciones para los tres tipos de manejo son fundamentalmente iguales para los tres tipos de manejo (tabla 3), los mayores ingresos se producen en la opción ecológica, A.E, y en la de mínimos (que también puede considerarse ecológica) vendido a precio ecológico, M(E), ya que el precio de venta del producto se estima un 65-70% mas caro. En el trigo duro, años 99 y 2000, la producción suele ser menor que en cebada (exceptuando el año 2001) pero este hecho se ve compensado por el mayor precio de venta del trigo y por la mayor ayuda P.A.C. para este cultivo en Zaragoza. Los ingresos estimados en 2001 fueron muy bajos, pues la cosecha de cebada fue muy escasa, solo cabe resaltar la mayor ayuda concedida por la Administración a la producción ecológica que subió de 5000 a 15360 ptas/ha.

Gastos

Los gastos estimados para cada tipo de manejo y desglosados según se indica en el apartado de material y métodos se muestran en la siguiente figura:

Figura 4: *Gastos según el manejo aplicado, 1997-2001*

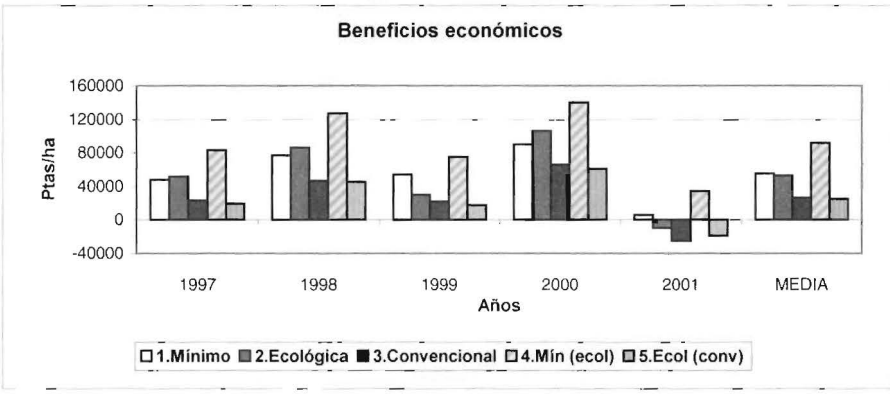


Lógicamente los menores gastos correspondieron a la "agricultura de mínimos", A.M., ya que no se realizan operaciones ni de fertilización ni de escarda, La "agricultura ecológica" es la que mayores costes originó por los gastos derivados de la adquisición y distribución del compost a pesar de que la labor de escarda mecánica es más barata que la aplicación de cualquier herbicida.

Beneficios

A partir de los ingresos y los gastos se estimaron los beneficios para cada opción estudiada, los resultados fueron los siguientes (figura 5):

Figura 5: *Beneficios obtenidos según el manejo aplicado, 1997-2001*



Si tenemos en cuenta la media de los 5 años, se observa un beneficio económico similar entre la opción ecológica y la de mínimos, siendo peor opción la convencional. Agreda y Abós (2001) también estimaron beneficios mayores en una rotación ecológica de cereales frente a una convencional en zonas áridas y semiáridas de Navarra. Si se tiene en cuenta que, como hemos dicho, las producciones son prácticamente iguales en los tres tipos de agricultura analizados (incluso la opción de mínimos es la más productiva) las variaciones en la cuantía de los beneficios vendrán determinados por los costes de las labores y materias primas aplicados en cada agricultura y por el precio de venta del producto. Así, el menor coste de los insumos en la "agricultura de mínimos" se vio compensado por el mayor precio de venta del producto en "agricultura ecológica" para obtener prácticamente el mismo beneficio (Figura 5). Ahora bien, si vendemos la producción obtenida en el sistema de mínimos a precio ecológico, Mín (ecol), pasa a ser la mejor opción. Por el contrario, si el cereal obtenido mediante "agricultura ecológica" se vende a precio convencional, Ecol (conv), pasa a ser la peor opción. En el año 2001 hubo pérdidas en la mayoría de los sistemas debido a la escasa cosecha obtenida.

CONCLUSIONES

De los datos obtenidos y en las condiciones de los ensayos pueden extraerse las siguientes conclusiones:

-Fertilización: Aunque la fertilización química obtuvo como media, y en algún ensayo, mayor producción, este hecho no se puede extrapolar al conjunto de los ensayos, pues en algún caso resultó ser incluso contraproducente. Ningún tipo de fertilización parece determinante a la hora de obtener una mejor cosecha, en la mayoría de ensayos, el testigo sin fertilizar ha obtenido resultados parecidos a las parcelas fertilizadas.

-Escarda: El herbicida resultó ser, en general, más eficaz que la grada de varillas flexibles para el control de la flora arvense, aunque esta mayor eficacia no supuso necesariamente un aumento en la producción de grano. Tampoco el tipo de escarda parece incidir, bajo estas condiciones, en la producción final de grano.

-La rotación llevada a cabo en estos ensayos (veza o barbecho) tiene un efecto beneficioso sobre estos dos factores de estudio. Por un lado permite la recuperación de los niveles de nutrientes del suelo y por otro mantiene la infestación de flora arvense en unos niveles razonables, suficiente en ambos aspectos, para mantener unas producciones potenciales no muy altas.

-Economía: La "agricultura de mínimos" insumos fue la que mayores beneficios económicos generó, seguida muy de cerca por la "agricultura ecológica", cuando se vende el producto a un precio mayor, de lo contrario pasó a ser la menos rentable.

BIBLIOGRAFÍA:

AGREDA, J. y ABOS, J. (2001). Rentabilidad de los cultivos ecológicos. Navarra Agraria. 126. 32-38

BETRAN, J.A. y PEREZ BERGES, M. (1997) "Respuesta del cereal en secano al abonado N P K" . Dirección General de Tecnología Agraria. Diputación General de Aragón. Información Técnica nº 30, 16 pag.

LACASTA, C., GARCÍA MURIEDAS, G., ESTALRICH, E., MECO, R., (1997). Control mecánico de adventicias en cultivos herbáceos del secano. Congreso 1997 de la Sociedad Española de Malherbología, 4 pag.

MINISTERIO DE AGRICULTURA PESCA Y ALIMENTACIÓN (2000). Análisis de la economía de los sistemas de producción. Resultados técnico-económicos de explotaciones agrícolas de Aragón en 2000. Subsecretaria de Agricultura, Pesca y Alimentación. MAPA Madrid.

RODRÍGUEZ PEREZ, M. y DIAZ-SALAZAR, J. (2002). Principales incidencias malherbológicas en la provincia de Ciudad Real. Campaña 2000-2001. XXI Reunión del Grupo de Trabajo Malas Hierbas y Herbicidas. Ciudad Real . 5 pag.

VAN HERWAARDEN, A.F. FARGUHAR, G.D., ANGUS, J.F., RICHARDS, R.A., HOWE, G.N.(1998). "Haying-off" the negative grain yield response of dryland wheat to nitrogen fertiliser. I. Biomass, grain yield, and water use. Australian Journal of Agricultural Research 49: 7, 1067-1081.