



Aplicación del tratamiento fungicida con tractor y barras de tratamiento en el estadio fenológico de floración.

Optimización de la aplicación de fungicidas en arroz

**M^a del Mar Català,
Núria Tomàs, Eva Pla
y Andrea Bertomeu**

IRTA/Estació
Experimental de l'Ebre.
*mar.catala@irta.cat

**Emilio Gil y
Ramon Salcedo**

UPC/Unidad de
Mecanización Agraria

Un estudio de un año realizado en el cultivo del arroz, demostró que el uso de boquillas de doble abanico simétrico con inyección de aire antideriva y ángulo de salida del producto de 30° con un volumen de aplicación de 350-450 l/ha minimizó la deriva de producto al agua de la parcela. El uso del formulado con azoxistrobin 20% + difenoconazol 12,5% disminuyó significativamente la senescencia de la planta. El uso de boquillas que minimicen la deriva de fitosanitarios al medio acuático no redujeron la eficacia de los fitosanitarios estudiados.

Palabras clave:

Arroz, enfermedades, sostenibilidad, pyriculariosis, fungicidas.

El cultivo del arroz en el Delta del Ebro representa un 65% del total de su superficie y supone la mayor actividad económica de la zona. Los arrozales en sí mismos constituyen unos humedales de alto valor medioambiental; y en el caso del Delta del Ebro, forman parte de un Parque Natural que en 2013 fue declarado Reserva de la Biosfera y en 2016 se nombró como uno de los cien mejores destinos turísticos sostenibles del mundo. Todos estos hechos hacen imprescindible una gestión responsable del conjunto de actividades que se desarrollan en la zona, con el fin de conseguir un equilibrio sostenible en dichos espacios naturales.

La intensificación del cultivo del arroz a nivel mundial genera un impacto negativo sobre el medio ambiente si no se gestiona de forma segura y responsable. Un ejemplo es la toxicidad ocasionada por la aplicación de determinados fungicidas en cultivos inundados sobre los copépodos de agua salobre. Dichos efectos tóxicos en este grupo de importancia ecológica pueden llevar a efectos de cascada que alterarían las redes alimentarias y el funcionamiento de todo un ecosistema (Gustafsson y col., 2010). Si bien es cierto que las zonas húmedas vegetadas, correspondientes a los arrozales, desempeñan un papel muy importante en la depuración de las aguas (Forés y Comín, 1992), es importante minimizar las aportaciones derivadas de actividades agrícolas que contribuyen a contaminarlas.

En octubre de 2017 se hizo público el plan de acción nacional para el uso sostenible de productos fitosanitarios, que tenía como objetivo fomentar la gestión integrada de plagas y reducir los riesgos y efectos derivados de la utilización de productos fitosanitarios, especialmente en el ámbito de la salud humana y el medio ambiente*.

En este sentido, y en colaboración con la empresa Syngenta, el presente estudio tiene por objetivo estudiar la eficacia de diferentes estrategias fungicidas sobre la protección y la productividad en el cultivo del arroz, además de evaluar la deriva de los fitosanitarios estudiados hacia el medio ambiente. Este pro-

ESTRATEGIA	1ª aplicación BBCH29				2ª aplicación BBCH61			
	17/07/2018				07/08/2018			
	BOQUILLA	P (bar)	PRODUCTO	VOL. APLICACIÓN (l/ha)	BOQUILLA	P (bar)	PRODUCTO	VOL. APLICACIÓN (l/ha)
OT-IDKT	IDKT 120 020 Lechler	5,5	AMISTAR TOP	300	IDKT 120 030 Lechler	3,8	AMISTAR TOP	375
OT/O-IDKT	IDKT 120 030 Lechler	3,3	AMISTAR TOP	350	IDKT 120 040 Lechler	3,1	ORTIVA	450
O-IDKT	IDKT 120 020 Lechler	5,5	ORTIVA	300	IDKT 120 030 Lechler	3,8	ORTIVA	375
OT-TR	TR 80005 Lechler	1,9	AMISTAR TOP	55	TR 80005 Lechler	1,8	AMISTAR TOP	100
OT-TJ	T160 120 030 Teejet	3,3	AMISTAR TOP	350	T160 120 040 Lechler	3,1	AMISTAR TOP	450
OT-3D	3D 100 025 Hypro	4,7	AMISTAR TOP	350	3D 100 030 Hypro	5,5	AMISTAR TOP	450
OT-XR	XR 110 030 Teejet	3,3	AMISTAR TOP	350	XR 110 040 Teejet	3,1	AMISTAR TOP	450
OT-IDTA/IDKT	IDTA 025 Lechler	4,8	AMISTAR TOP	350	IDKT 120 025 Lechler	3,8	AMISTAR TOP	375
TEST	TESTIGO SIN TRATAR							

Tabla 1. Detalle de las estrategias estudiadas.

yecto también contó con el apoyo externo del fabricante de boquillas Lechler.

Material y métodos

El ensayo se realizó durante la campaña 2018 en la Estación Experimental del IRTA en Amposta (Tarragona). El diseño experimental fue de bloques al azar con tres repeticiones. Se estudiaron un total de nueve estrategias fungicidas. La variedad sembrada fue JSendra por ser la más representativa de la zona. Con el objetivo de favorecer las condiciones óptimas para el desarrollo de las enfermedades fúngicas, se incrementó la densidad de siembra, siendo de 187 kg/ha, además de realizar una elevada fertilización nitrogenada del cultivo, aplicándose 230 kg N/ha. Las estrategias fungicidas se definieron a partir de la combinación de distintos parámetros: volumen de aplicación (55 l/ha-450 l/ha), presión de aplica-

ción (1,9 bar-5,5 bar), tipo de boquilla y producto fungicida (Ortiva® - Amistar® Top) (Tabla 1), siendo las materias activas azoxistrobin 25% (O) y azoxistrobin 20% + difenconazol 12,5% (OT) respectivamente. Todos los tratamientos se hicieron con un pulverizador hidráulico de barras de 12 m Gaysa (Pulverizadores Gaysa, Librilla, España), conectado a un tractor Kubota (Kubota, Osaka, Japón), excepto la aplicación con la boquilla TR 80005, que se hizo con una mochila neumática Pulmic Pegasus 15 (Grupo Sanz, Llíria, España). La velocidad del pulverizador de barras fue siempre de 4.3 km/h y una distancia de la barra a las plantas de 0.5 m. Con la mochila se aplicó a una velocidad media de 3.3 km/h.

* https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/temas/sanidad-vegetal/plandeaccionnacional2018-2022_tcm30-437711.pdf

transferencia tecnológica

| arroz |

Se incluyó una estrategia sin tratamientos fungicidas que actuó como testigo de eficacia de tratamiento (TEST) y una estrategia con una boquilla estándar que desempeñó el papel de testigo en el estudio del grado de contaminación al medio ambiente del tratamiento (OT-XR).

Se realizaron un total de dos aplicaciones fungicidas, en los estadios más vulnerables a las enfermedades fúngicas del cultivo según estudios previos realizados por el Departamento de Agricultura de la Generalitat de Catalunya (Dossier Tècnic, 2006). Dichos estadios son máximo ahijado (17 de julio) y floración (7 de agosto).

Durante los ensayos se tomaron datos de las condiciones ambientales de la estación meteorológica del IRTA. El viento nunca superó los 3,0 m/s, que es el límite que fija el BOE (2012) para la aplicación de productos fitosanitarios sin riesgo de deriva.

El seguimiento del cultivo y las valoraciones de los parámetros agronómicos se llevaron a cabo por parte del equipo del IRTA con el fin de establecer la eficacia de cada estrategia

en cuanto a protección y productividad del cultivo. Las valoraciones agronómicas más relevantes del estudio se centraron en establecer el nivel de infestación por las enfermedades fúngicas, prestando especial atención a la afectación por *Pyricularia grisea* ya que los niveles de infestación por *Helminthosporium* spp. fueron casi indetectables. Dichas valoraciones incluyen la incidencia (porcentaje de unidades afectadas) y la severidad (porcentaje de afectación de cada unidad), registradas tanto en hoja como en panícula. Con el objetivo de evaluar el estado del cultivo a final de ciclo, se valoraron también el índice de vegetación normalizado (NDVI) mediante el GreenSeeker® (sensor de vigor del cultivo) y el grado de senescencia en los últimos estadios de maduración del cultivo. El grado de senescencia se evaluó según la escala SES (Standard System Evaluation for Rice, IRRI, 1988); 1. Tardío y lento, las hojas tienen un color verdoso natural; 5. Intermedio, las hojas superiores muestran amarilleamiento; y 9. Primerizo y rápido, todas las hojas se muestran amarillentas o muertas. Por último,

se evaluaron el rendimiento en grano y el rendimiento en molino para cada estrategia.

Por otra parte, la UMA (Unidad de mecanización Agraria de la Universidad Politécnica de Barcelona) se encargó del estudio de recubrimiento de las distintas boquillas para identificar la estrategia que maximizaba el recubrimiento en las partes superiores del cultivo a la vez que minimizaba las pérdidas por deriva y por deposición sobre aguas superficiales. Para el estudio del recubrimiento, la UMA utilizó papeles hidrosensibles instalados a diferentes alturas en las parcelas, simulando el porte de la planta de arroz, cubriendo la parte alta, media y baja del cultivo. Además, para evaluar la deriva del fitosanitario hacia el agua de inundación de la propia parcela, se colocaron papeles hidrosensibles a nivel de suelo de cultivo. Los resultados de recubrimiento de los papeles hidrosensibles se obtuvieron mediante el software ImageJ (NIH, Bethesda, USA).

Resultados y discusión

Valoración agronómica

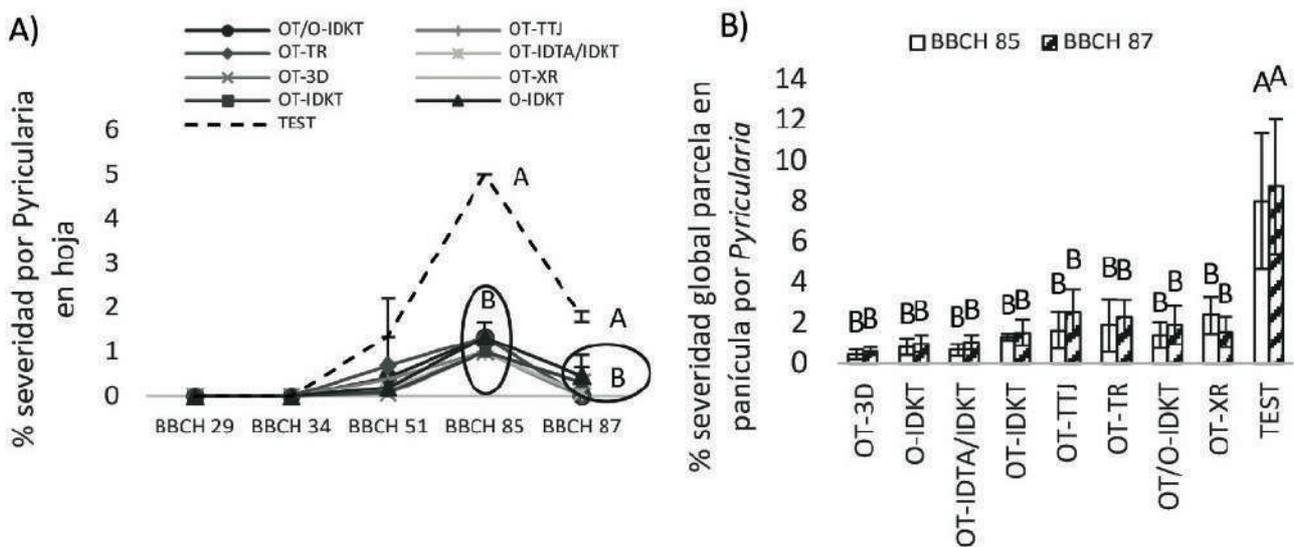


Gráfico 1. A) Porcentaje de severidad por *Pyricularia* en hoja en distintos estadios fenológicos del cultivo (BBCH 29: máximo ahijado; BBCH 34: alargamiento de los entrenudos; BBCH 51: comienzo de la emergencia de la panícula; BBCH 85: grano pastoso blando; BBCH 87: grano pastoso duro). B) Porcentaje de severidad por *Pyricularia* en panícula global de las estrategias estudiadas, resultado del producto de panículas afectadas por su porcentaje de afectación en dos estadios fenológicos (BBCH 85: grano pastoso blando y BBCH 87: grano pastoso duro). Las mismas letras o su ausencia en las series de datos indican que no existen diferencias significativas según el análisis estadístico ANOVA y el test de separación de medias Duncan ($P < 0,05$).

Estrategia	NDVI BBCH89	NDVI BBCH92	Senescencia BBCH89
TEST	0.34D	0.31C	7.66A
O-IDKT	0.38DC	0.35BC	5.66B
OT/O-IDKT	0.39BCD	0.38B	5.00B
OT-IDTA/IDKT	0.44ABC	0.43A	3.00C
OT-IDKT	0.44ABC	0.44A	2.33CD
OT-XR	0.45AB	0.42A	2.33CD
OT-TR	0.45AB	0.43A	2.33CD
OT-3D	0.46AB	0.42A	1.66CD
OT-TTJ	0.48A	0.46A	1.00D

Tabla 2. Grado de vigorosidad del cultivo expresado como índice NDVI y del grado de senescencia del cultivo según la escala SES (Standard System Evaluation for Rice) promedio las tres repeticiones; 1. Tardío y lento, las hojas tienen un color verdoso natural, 5. Intermedio, las hojas superiores muestran amarilleamiento y 9. Primerizo y rápido, todas las hojas se muestran amarillentas o muertas. Las mismas letras o su ausencia en las series de datos indican que no existen diferencias significativas entre estrategias según el análisis estadístico ANOVA y el test de separación de medias Duncan ($P < 0.05$).

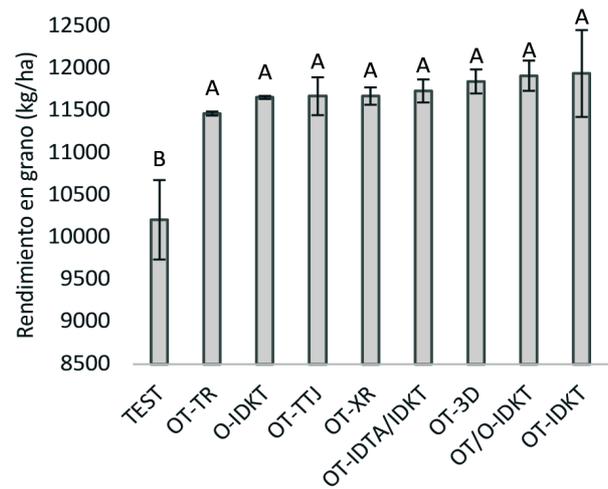


Gráfico 2. Rendimiento en grano de las estrategias estudiadas. Las mismas letras o su ausencia en las series de datos indican que no existen diferencias significativas según el análisis estadístico ANOVA y el test de separación de medias Duncan ($P < 0.05$).

Valoración de las boquillas

Las valoraciones de densidad de planta y panícula, con un promedio de todas las estrategias de 225 plantas/m² y 354 panículas/m², sin diferencias estadísticas en ninguna de las estrategias estudiadas, evidenciaron que se partía de una situación de igualdad de condiciones antes de aplicar los tratamientos fungicidas.

Una de las valoraciones más importantes del ensayo fue la determinación del nivel de infestación por *Pyricularia grisea* del cultivo (Gráfico 1). Los resultados de severidad por *Pyriculariosis* tanto en hoja como en panícula, tomados a lo largo del ciclo de cultivo, mostraron diferencias estadísticas entre el testigo sin tratamientos y el resto de estrategias estudiadas, sin diferencias entre ellas a partir del BBCH85 (grano pastoso blando). Estos datos evidenciaron que todas las estrategias fueron igual de eficaces protegiendo la hoja y la panícula del hongo y obtuvieron porcentajes de severidad significativamente inferiores al testigo sin tratar. Cabe destacar que los niveles de afectación en general fueron muy bajos, con máximos de severidad para el testigo en hoja del 5% y en panícula del 8,7%.

En el primer muestreo de NDVI, el análisis estadístico evidenció la existencia de dos grupos de estrategias:

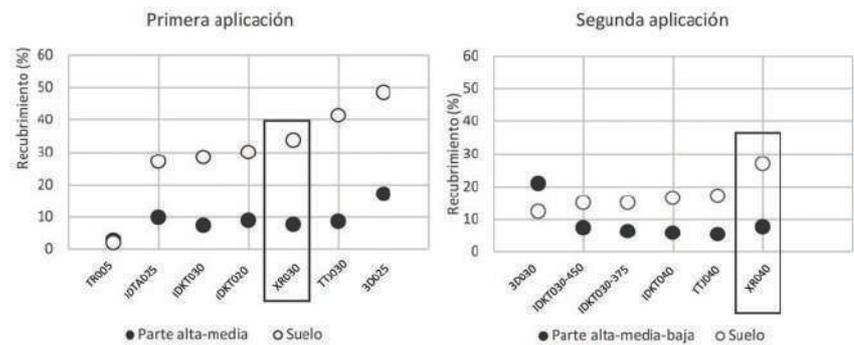


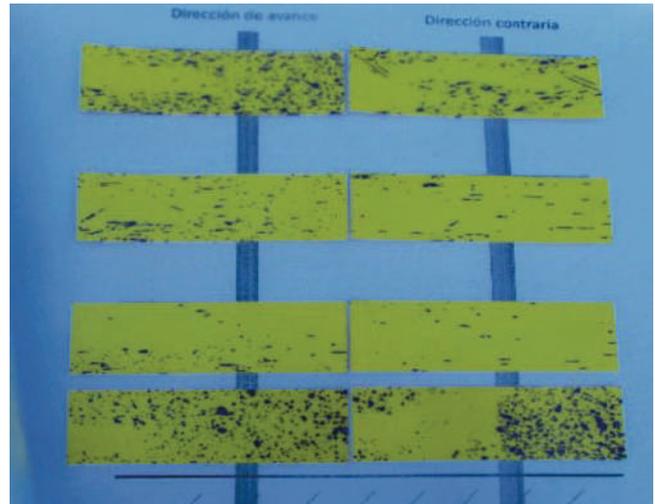
Gráfico 3. Porcentajes de recubrimiento promedio de las partes alta, media, baja y del suelo de las distintas boquillas testadas en los dos tratamientos realizados. Resultados de recubrimiento promedio para cada altura de las dos direcciones (dirección de avance del equipo y dirección opuesta). Encuadrado la boquilla testigo XR.



Aspecto de las parcelas de ensayo en estadio fenológico de maduración donde se aprecian diferencias visuales de grado de senescencia.



Determinación del índice de vigorosidad NDVI del cultivo con el dispositivo GreenSeeker.



Papeles hidrosensibles simulando el porte de la planta de arroz.

las que contemplaban el uso de azoxistrobin 20% + difenoconazol 12,5% en ambas aplicaciones, con valores estadísticamente superiores al testigo, y en las que o bien se aplicaba azoxistrobin 25% o una combinación de azoxistrobin 20% + difenoconazol 12,5% en la primera aplicación y azoxistrobin 25% en la segunda, sin diferenciarse del testigo. El mismo resultado se aplica para la segunda valoración, con la diferencia de que la estrategia que combina azoxistrobin 20% + difenoconazol 12,5% con azoxistrobin 25% forma parte del grupo estadísticamente diferente del testigo. Paralelamente, del estudio del grado de senescencia, se observó como las estrategias que aplicaban azoxistrobin 20% + difenoconazol 12,5% conseguían un grado de senescencia menor y estadísticamente diferente al testigo y al resto de estrategias (Tabla 2).

Todas las estrategias fungicidas estudiadas obtuvieron una producción y un rendimiento en grano estadísticamente superior al testigo sin tratar e iguales entre ellas (Gráfico 2).

Del estudio de las boquillas se presentan los valores promedio de recubrimiento de las distintas partes de la planta de arroz (Gráfico 3, a) y b)). En la primera de las aplicaciones fungicidas hubo más pérdida de producto hacia las aguas de cultivo que en la segunda, debido probablemente a que la vigorosidad del cultivo era mayor en la última e impidió

la llegada más voluminosa de producto al suelo. Para la primera aplicación, las boquillas que redujeron la deposición en aguas superficiales en comparación a la boquilla testigo (XR030) fueron TR005, IDTA025, IDKT02 e IDKT03. En primer lugar, la boquilla TR005, aun obteniendo la mayor reducción de deposición en suelo respecto al testigo, ofrecía una cobertura muy limitada en las partes altas y medias de la planta. En cambio, la boquilla IDTA025 ofrecía una reducción de la contaminación a las aguas del cultivo y tenía una buena cobertura de planta, pero generaba una gota muy grande. Por otro lado, las boquillas IDKT02 e IDKT03 obtuvieron buenos porcentajes de reducción de la deposición del tratamiento en suelo y buenas coberturas en la primera aplicación, generando un tamaño de gota adecuado y sin demasiada deriva. En el caso de la segunda aplicación fungicida, todas las boquillas estudiadas redujeron el porcentaje de recubrimiento en suelo en referencia a la boquilla testigo. La boquilla 3D030 fue la que obtuvo mejores resultados de reducción de deposición en suelo; sin embargo, no se trata de una boquilla con sistema antideriva. Las boquillas IDKT03, tanto trabajando a un volumen de caldo de 375 l/ha como a 475 l/ha, son las que redujeron la deposición al suelo respecto a la boquilla testigo y mantuvieron una buena cobertura en las partes altas y medias de la planta.

Conclusiones

Todas las estrategias fungicidas estudiadas en este ensayo han protegido con igual eficacia el cultivo del arroz de la afectación por *pyriculariosis*. Además, todas ellas han permitido producir una cosecha superior al testigo sin tratamientos fungicidas y sin diferencias entre ellas. Por otro lado, se puede afirmar, según la experiencia de este ensayo, que la aplicación del producto azoxistrobin 20% + difenoconazol 12,5% ha retrasado significativamente la senescencia del cultivo, manteniéndolo más vigoroso durante un mayor período.

Referente a la parte de sostenibilidad de las aplicaciones fitosanitarias y ante la condición de que todas las estrategias son igualmente efectivas para la protección del cultivo frente a la *Pyricularia grisea*, se establece la recomendación de uso de la boquilla tipo IDKT030. La boquilla IDKT030 es una boquilla de doble abanico simétrico con inyección de aire anti deriva y ángulo de salida del producto de 30°. La aplicación con una boquilla tipo IDKT030 reduce la deposición al suelo respecto a la boquilla de referencia un 15% en la primera aplicación y un 44,5% en la segunda y mantiene un buen recubrimiento en las partes alta, media y baja de la planta. Además, se ha comprobado que el volumen de aplicación idóneo de dicha boquilla es de 350 l/ha y 450 l/ha para la primera y segunda aplicación respectivamente.