

9

Colocación del fertilizante

C. John Baker

La colocación en bandas de las semillas y el fertilizante por medio de los abresurcos en forma simultánea, es más importante en la labranza cero que en la labranza convencional y sigue principios diferentes.

En la labranza cero es especialmente importante sembrar y agregar fertilizantes al mismo tiempo, pero solo si el fertilizante puede ser colocado separado de la semilla, en bandas. Las últimas experiencias han documentado las ventajas en el crecimiento y en el rendimiento obtenidas con la colocación de los fertilizantes en bandas, en el momento de la siembra, cerca pero separados de las semillas. Para las siembras de otoño se coloca una dosis de fertilizante de iniciación, mientras que en las siembras de primavera se coloca la dosis completa de fertilizante.

Las respuestas de los cultivos a la colocación de los fertilizantes en bandas en el momento de la siembra son, casi siempre, mayores en la labranza cero que en la labranza convencional. Hay varias razones para ello.

- La labranza mineraliza la materia orgánica para liberar nitrógeno y este queda fácilmente disponible para las plantas recién establecidas. El aspecto negativo es que dado que no se agrega fertilizante al sistema, el nitrógeno es extraído de la materia orgánica mineralizada, lo cual agota progresivamente este valioso recur-

so. Dado que la mineralización y la liberación del nitrógeno son mínimas bajo labranza cero, las plantas jóvenes pueden aparecer como deficitarias en este elemento, especialmente en las primeras etapas del crecimiento. La colocación del nitrógeno en bandas a lo largo de las semillas durante la siembra para labranza cero soluciona este problema.

- Los residuos superficiales a menudo se descomponen al mismo tiempo de la siembra en la labranza cero. Los microorganismos responsables por la descomposición de los residuos utilizan temporalmente el nitrógeno (lo bloquean) durante este proceso. Si bien el nitrógeno que requieren las plantas puede estar disponible más tarde en el ciclo de crecimiento y a medida que los microorganismos mueren, en el sistema de labranza cero no está disponible por un cierto tiempo para las plantas jóvenes.
- Los nutrientes solubles, especialmente el nitrógeno esparcido a voleo sobre la superficie del suelo tal como ocurre generalmente en los suelos labrados, son a menudo lavados por el flujo de agua que penetra en la tierra por los canales hechos por las lombrices de tierra y por otros biocanales (por ej., canales de raíces muertas) que, por lo general, pasan fuera del alcance de las raíces de las plantas jóvenes. En los suelos labrados,

estos biocanales son destruidos y reemplazados por un sistema más disperso de poros que proporciona una infiltración más uniforme del agua y de los fertilizantes agregados a voleo.

- Bajo repetidas operaciones de labranza cero, los nutrientes aplicados en la superficie que fácilmente se adhieren a las partículas de suelo, tales como el fósforo, se acumulan en una capa fina cerca de la superficie de la tierra y pueden no estar disponibles para las plantas jóvenes.

Muchos de estos factores a menudo se combinan bajo los regímenes de labranza cero de modo que los nutrientes pueden estar menos fácilmente disponibles para las plántulas y para los cultivos en crecimiento. Por esta razón, la colocación de los fertilizantes en bandas, simultáneamente con la siembra, es una operación muy importante.

Numerosos experimentos y observaciones de campo han confirmado que esparcir los fertilizantes a voleo durante las operaciones de labranza cero a menudo obtiene respuestas pobres del cultivo. La Lámina 56 ilustra una típica respuesta del campo. Un contratista sembró especies forrajeras en Nueva Zelanda con abresurcos de ala en un campo fértil y simultáneamente colocó en bandas 300 kg/ha de una mezcla fertilizante N:P:K cerca de las semillas, pero sin tocarlas. Cerca del final del trabajo la máquina quedó sin fertilizante pero el agricultor continuó, agregando el fertilizante a voleo. Sin embargo, el cálculo se había basado en la comparación del fertilizante en bandas con la fertilización a voleo. La Lámina 56 muestra claramente la diferencia en la respuesta de las plantas ocho semanas después de la siembra.

Este tipo de respuestas no están limitadas a las gramíneas. De hecho, las respuestas a la colocación del fertilizante en la labranza cero fueron reconocidas por la primera vez en la década de 1980 en los Estados Unidos de América en un cultivo de trigo (Hyde *et al.*,

1979). Casi todos los cultivos y los suelos tienen el potencial para mostrar una respuesta similar a la ilustrada en la Lámina 56. Tanto las monocotiledóneas como las dicotiledóneas muestran regularmente respuestas similares.

La Lámina 57 muestra una marcada respuesta en Francia a la fertilización en bandas del maíz. Los cuatro surcos en el centro y a la izquierda en la lámina fueron fertilizados a voleo a la misma dosis del fertilizante colocado en todos los otros surcos. Las diferencias fueron notorias.

Hay dos consideraciones importantes que deben ser hechas cuando se aplican fertilizantes en bandas:

1. La posible toxicidad del fertilizante para las semillas y las plántulas, conocida como «quemado de las semillas».
2. Respuestas al fertilizante expresadas por el rendimiento de las plantas.

Estos dos puntos se examinan separadamente a continuación.

Toxicidad

Hay tres opciones para aplicar fertilizante bajo el sistema de labranza cero: i) superficial a voleo; ii) mezclado con la semilla, o iii) en bandas, simultáneamente a la siembra, separando la semilla del fertilizante.

Dado que la fertilización a voleo es una operación separada que se ejecuta antes o después de la siembra y no una función de la siembra para labranza cero no será analizada.

La mezcla del fertilizante con la semilla es una operación riesgosa en razón del potencial daño tóxico de los compuestos químicos a las semillas y a las plántulas. En los suelos labrados, la mezcla del fertilizante con el suelo suele a menudo reduce el riesgo de «quemar las semillas». Pero en los suelos sin labrar, especialmente en los suelos húmedos, la dilución del fertilizante en el suelo por medio de su mezclado es mínima.



Lámina 56 Pasturas establecidas en el sistema de labranza cero (con fertilizante a voleo en el frente de la lámina). Nueva Zelanda.



Lámina 57 Diferencia entre fertilización a voleo (cuatro surcos a la izquierda de la lámina) y fertilizante en bandas en un maíz en sistema de labranza cero. Francia.

En términos generales, la toxicidad fertilizante-semillas es afectada por los siguientes factores:

- la formulación del fertilizante. La mayoría de las fórmulas de fertilizantes nitrogenados y potásicos muy probablemente «quemem» las semillas, así como algunas fórmulas de fertilización fosfatada. Los fertilizantes secundarios como el boro y el azufre pueden ser especialmente tóxicos;
- la textura del fertilizante. Los fertilizantes secos granulados muy a menudo son colocados directamente con la semilla lo que raramente sucede con los fertilizantes líquidos. Si bien es más fácil la colocación del fertilizante líquido que la del fertilizante granular alejado de las semillas, cualquiera de esas formas causa toxicidad;
- la antigüedad del fertilizante. El superfosfato fresco puede contener ácido sulfúrico libre si bien se disipa después de un tiempo en almacenamiento;
- el contenido de humedad del suelo. Los suelos secos concentran las sales ferti-

zantes en una solución limitada de suelo lo cual puede dañar o matar las semillas por efecto de la ósmosis contraria.

La mezcla de las semillas y el fertilizante y su siembra conjunta o, como alternativa, permitir su mezcla en el abresurcos o en el suelo es, por lo tanto, una solución insatisfactoria para proveer nutrientes a las plántulas en el sistema de labranza cero. En el mejor de los casos, por este medio sólo se podrían aplicar las dosis iniciales de fertilizantes. El límite máximo está considerado alrededor de 15-20 kg/ha de nitrógeno. Un nivel más alto de riesgo puede ser considerado con la colocación en bandas separadas de la semilla y el fertilizante.

Fertilizante en bandas

Para que el fertilizante y las semillas queden en bandas separadas deben ser colocados en diferentes posiciones en el suelo y permanecer en las mismas después que ha pasado el abresurcos y la ranura ha sido cerrada.

Hay tres opciones geométricas válidas. El fertilizante puede ser colocado directamente debajo, a un lado o diagonalmente por debajo y a un lado de la semilla. La colocación del fertilizante sobre la semilla no es una opción lógica porque sería muy similar a la colocación a voleo.

La capacidad de las sembradoras y de las sembradoras de precisión para labranza cero para colocar simultáneamente las semillas y el fertilizante sin que entren en contacto es reconocida como una de sus funciones esenciales. Una encuesta informal sobre labranza cero, hecha por expertos en Estados Unidos de América en la década de 1980, reveló que la colocación de las semillas y el fertilizante en bandas separadas fue unánimemente considerada como el mejoramiento más importante y necesario del diseño de la maquinaria en los abresurcos para labranza cero. Lamentablemente, esta función ha escapado a la capacidad de muchos fabricantes de maquinaria.

Algunas sembradoras y las sembradoras de precisión emplean dos abresurcos separados, uno para las semillas y otro para el fertilizante. Otras combinan ambos abresurcos en un solo abresurco «híbrido» (a menudo muy complejos) y otros aún usan un abresurco para los fertilizantes entre cada par de abresurcos para las semillas. Hay algunos abresurcos modernos diseñados específicamente para operaciones de labranza cero que colocan la semilla y el fertilizante en bandas dentro de la misma ranura sin comprometer la seguridad de las semillas, la separación de los surcos o el manejo de los residuos para distintas velocidades de avance, suelos y condiciones de los residuos.

Bandas verticales comparadas con bandas horizontales

La ausencia de suelos friables hace que la separación de las semillas y el fertilizante sea más difícil en la labranza cero que en los suelos labrados, incluso con abresurcos sucesivos o componentes duplicados.

Algunas sembradoras y la mayoría de las sembradoras de precisión en suelos sueltos o labrados usan un abresurcos delantero para colocar el fertilizante a una profundidad determinada, que es seguido por un raspador que llena la ranura con suelo suelto. Este a su vez es seguido por el abresurco sembrador que abre una nueva ranura que puede ser más profunda o estar a un lado de la ranura del fertilizante. Por lo general no es posible o deseable esta manipulación reiterada del suelo suelto en la labranza cero, por lo que la opción es la colocación a voleo o la inyección del fertilizante como una operación separada antes de la siembra o, simultáneamente sembrar y colocar en banda el fertilizante a un lado de la semilla por medio de un abresurco separado.

La experiencia con los suelos labrados sugiere que la separación vertical de la semilla

y el fertilizante debería ser de por lo menos 50 mm (o «bandas profundas»). Sin embargo, la experiencia con la labranza cero muestra que la extrapolación de los resultados obtenidos en los suelos labrados requiere ajustes según la naturaleza del suelo y el comportamiento de la máquina.

La versión de discos de los abresurcos de ala proporciona una barrera física entre los dos lados de una ranura horizontal en el suelo, lo que permite que la semilla sea depositada en un lado y el fertilizante en el otro y ofrece así una separación horizontal o banda adecuada. A medida que el disco sale del suelo tiende a hacerlo subir, y resulta en una distancia de separación horizontal final de 10-20 mm. La Lámina 58 muestra la separación horizontal de la semilla y el fertilizante en una ranura en forma de T invertida creada por un abresurco de ala.

Con este abresurco también es posible separar verticalmente la semilla y el fertilizante, colocando una lámina larga y una lámina corta en el mismo lado del disco. La Lámina 59 muestra un prototipo de abresurco de ala con esas láminas para proporcionar la separación vertical de la semilla y el fertilizante.

Existe además otra versión con este abresurco, que usa una lámina corta y una lámina larga en lados opuestos del disco, y crea así una separación diagonal (o sea, vertical y horizontal). La Lámina 60 muestra una ranura excavada por un abresurco de ala en la cual hay una diferencia de nivel clara entre el nivel de la semilla y el nivel del fertilizante (o sea, banda en diagonal). La Figura 26 es una representación diagramática de una banda diagonal cuando se usan separadamente dos abresurcos de discos. Modelos similares de colocación se han obtenido recientemente



Lámina 58 Corte de una ranura en forma de T invertida que muestra la banda horizontal de semillas (izquierda) y de fertilizante (derecha) (de Baker y Afzal, 1986).



Lámina 59 Prototipo de abresurco de ala con láminas cortas y largas para la separación vertical de la semilla y el fertilizante (de Baker y Afzal, 1986).

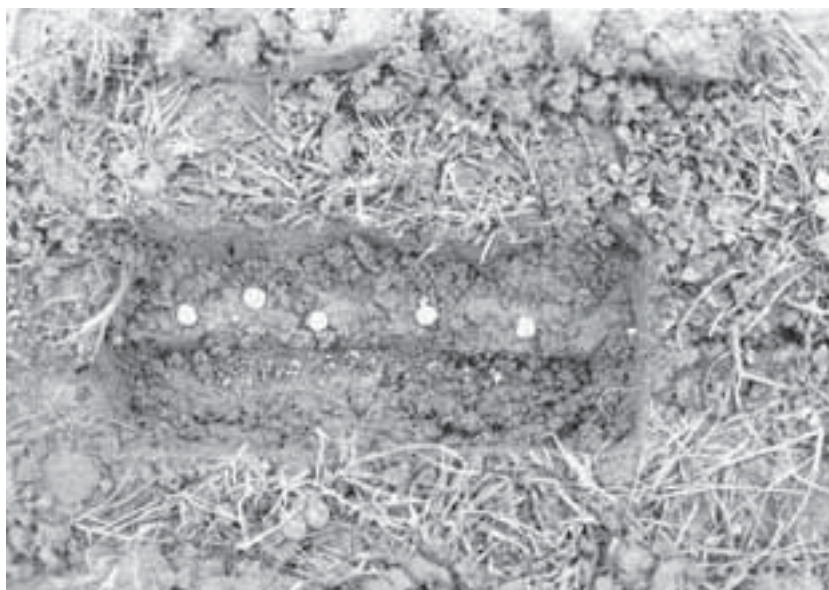


Lámina 60 Separación diagonal de la semilla y el fertilizante en el suelo (fertilizante debajo de la semilla hacia la parte de abajo de la lámina) si se usa un abresurco de ala para labranza cero con una hoja más larga en un lado.

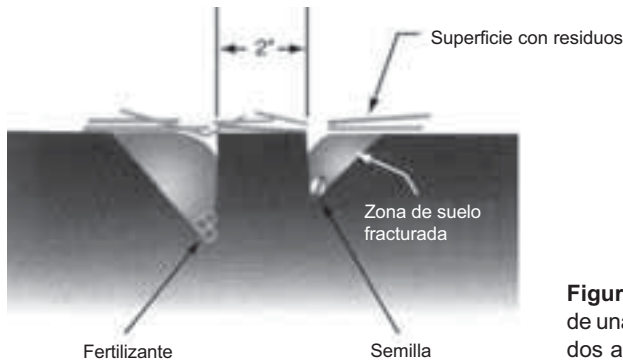


Figura 26 Representación diagramática de una banda de fertilizante en diagonal con dos abresurcos angulados de disco.

con abresurcos de azada modificados usando configuraciones que permiten introducir la semilla y fertilizar a distintas profundidades de penetración.

Baker y Afzal (1986) compararon los efectos de las distancias de separación horizontal y vertical de sulfato de amonio (21 : 0 : 0 : 24) sobre la semilla de rábano (*Brassica napus*) en un suelo de limo sedimentario usando un abresurco de ala. La semilla del rábano es particularmente sensible a la presencia del sulfato de amonio. La Figura 27 muestra el daño a las semillas deter-

minado por el recuento de la emergencia de las plántulas y el Cuadro 12 muestra el crecimiento de las plántulas.

La Figura 27 muestra que una separación horizontal de solo 10 mm fue equivalente a una separación vertical de 20 mm para una reducción de la germinación y la emergencia.

El Cuadro 12 muestra que no solamente hubo menos daño en el caso de la separación horizontal de 20 mm sino que, además, hubo una significativa ventaja de crecimiento con la separación horizontal de 20 mm comparada con

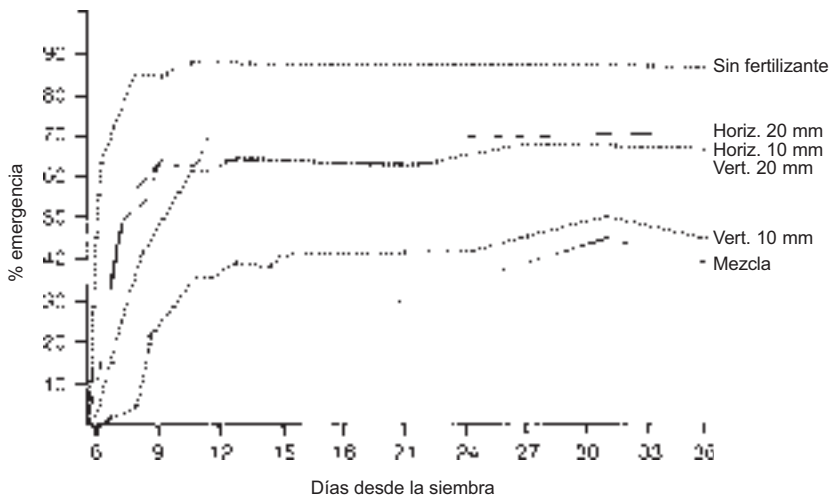


Figura 27 Efectos de la posición de la colocación del fertilizante en relación a la semilla, sobre la emergencia de las plántulas de rábano en labranza cero (de Baker y Afzal, 1986).

Cuadro 12 Efectos del método de colocación del fertilizante sobre el comportamiento de la siembra de rábano en el sistema de labranza cero.

	Número de hojas verdaderas	Altura de la planta (mm)	Peso de la planta (g)
Sin fertilizar	4,1 ab	63 ab	46 ab
Mezcla de semilla y fertilizante	3,3 b	36 b	22 b
Separación horizontal			
10 mm	3,3 b	34 b	19 b
20 mm	4,3 a	71 a	80 a
Separación vertical			
10 mm	3,3 b	38 b	25 b
20 mm	4,2 ab	60 ab	54 ab

Nota: Las cifras seguidas de letras distintas dentro de una columna denotan diferencias significativas ($P < 0,05$).

la mezcla de la semilla y el fertilizante o separando ambos 10 mm, tanto horizontal como verticalmente. Ni la separación horizontal ni la vertical de 20 mm fueron significativamente diferentes del tratamiento donde no se había aplicado fertilizante, lo que confirmó que no había habido daño a la semilla.

Afzal (1981) también comparó la efectividad de la separación horizontal de un abresurco de ala en suelos labrados y en suelos con labranza cero de modo de medir la distancia a la cual los resultados de los suelos labrados podían ser extrapolados con seguridad a suelos con labranza cero. El Cuadro 13 muestra los resultados. En las tres fechas de muestreo (10, 15 y 20 días después de la siembra), el suelo con labranza cero tuvo más plantas que el suelo labrado lo que indica que al-

gunas semillas en el suelo labrado habían muerto a causa del fertilizante o no habían germinado por otras razones.

En el Cuadro 13 parece encontrarse una explicación para esos efectos en el diseño particular del abresurco donde el disco central corta una ranura vertical fina en el suelo, 50 a 75 mm más profunda que el nivel horizontal al que se colocan las semillas y el fertilizante. En un suelo sin labrar, la integridad del corte de este disco es más neta que en un suelo labrado donde la naturaleza friable del suelo permite que el suelo caiga en la zona del corte del disco a medida que el disco se retira del suelo.

Se considera que el corte de este disco, en un suelo sin labrar, interrumpe efectivamente el movimiento de los solutos del fertilizante, los cuales podrían de otra manera llegar a la

Cuadro 13 Efectos de la labranza y la labranza cero en la separación horizontal de la semilla de canola y del fertilizante en la ranura.

Método de establecimiento	Días después de la siembra		
	10	15	20
Labranza cero (plantas/m ²)	25,1 a	50,7 a	55,2 a
Labranza convencional (plantas/m ²)	19,4 b	41,6 b	44,8 b
Incremento de labranza cero sobre labranza convencional (%)	29	22	23

Nota: Las cifras seguidas de letras distintas dentro de una columna denotan diferencias significativas ($P < 0,05$).

semilla o a las raíces de las plántulas y causar daño. También es posible que la alta humedad de la ranura en T invertida en un suelo sin labrar ayude a prevenir la inversión de la ósmosis; este es uno de los mecanismos por los cuales las semillas son dañadas debido a la alta concentración de sales en los suelos secos labrados (ver Capítulos 5 y 6). La humedad general de un suelo labrado es más baja que la de un suelo sin labrar debido a la alta porosidad artificial y a la ausencia de residuos superficiales; en este caso, incluso la ranura en T invertida es incapaz de mantener una zona de alta humedad alrededor de la semilla.

Otro punto importante en la comparación de suelos labrados con suelos no labrados es que los efectos de separar las semillas del fertilizante son más evidentes a medida que el suelo se seca. Collis-George y Lloyd (1979) ya habían notado que, en suelos labrados, el ambiente seco tendía a causar un mayor daño a las semillas por parte de los fertilizantes. Baker y Afzal (1986), usando un abresurco de ala, examinaron si esta tendencia se extendía a los suelos sin labrar.

Los resultados que se encuentran en el Cuadro 14 indican que las plantas sufrieron con la separación vertical y la mezcla de separaciones cuando el suelo se secó, pero que eran equivalentes a los otros tratamientos en el suelo húmedo. El único tratamiento que casi ignoró el contenido de humedad del suelo fue la separación horizontal dentro de la ranura en T invertida. Esto podría haber sido debido en parte al alto contenido de humedad que mantiene esta ranura y en parte al resultado

del corte del disco. El resultado es que la distancia óptima de separación horizontal dentro de una ranura en forma de T invertida fue menor que la distancia comúnmente recomendada para la separación vertical para otros abresurcos y para suelos labrados.

La experiencia de campo ha demostrado que esta versión particular de disco del abresurco de ala usada en estos experimentos es igualmente adecuada para separar las semillas de los fertilizantes líquidos o gaseosos y de los fertilizantes en polvo o granulados.

En dos experimentos separados (C. J. Baker, datos sin publicar) el autor encontró que el límite superior de aplicación de urea seca (46 : 0 : 0) con este abresurcos, en la siembra de maíz a 750 mm de distancia entre surcos, fue de cerca 200 kg/ha de urea (92 kg/ha/N), equivalentes a 15 g de urea por cada metro de surco sembrado antes de detectar algún daño a las semillas. La aplicación de 780 kg/ha de superfosfato de potasio al 30 por ciento (0 : 6 : 15 : 8) a arvejas sembradas a 150 mm entre surcos (117 kg/ha/K), con este abresurcos para labranza cero, no tuvo una toxicidad mensurable sobre la germinación de las semillas cuando se comparó con el tratamiento sin fertilizante.

En los Estados Unidos de América, K. E. Saxton (datos sin publicar) también probó la capacidad del mismo abresurco de ala para separar efectivamente la semilla de trigo del daño de la toxicidad resultante de varias concentraciones y dos formas de fertilizantes nitrogenados sembrados en surcos de 250 mm y no encontró ningún efecto deletéreo sobre

Cuadro 14 Efecto de la posición del fertilizante y el estado de humedad del suelo sobre la germinación (%) de rábano sin labranza.

Separación horizontal 20 mm		Separación vertical 20 mm		Separaciones combinadas	
Suelo seco	Suelo húmedo	Suelo seco	Suelo húmedo	Suelo seco	Suelo húmedo
89	81	64	90	58	85

las semillas aplicando urea seca (46 : 0 : 0) o líquida (solución en agua de hidróxido de amonio 40 : 0 : 0) a concentraciones de hasta 140 kg/ha de nitrógeno.

Los agricultores en Nueva Zelanda por lo general aplican con este abresurcos hasta 400 kg/ha de mezclas fertilizantes complejas (muchas veces incluyen boro y/o azufre elemental) sin un efecto mensurable sobre el «quemado» de las semillas pero con una respuesta positiva en el crecimiento y los rendimientos de los cultivos (Baker *et al.*, 2001).

Si bien en muchos casos la separación horizontal parece ser algo mejor que la separación vertical, se han diseñado varios sistemas de separación vertical. Hyde *et al.* (1979, 1987) informaron sobre varios intentos para separar verticalmente la semilla y el fertilizante con un solo abresurcos, modificando un abresurco de azada de modo que arrojaba el suelo sobre el fertilizante antes de que la semilla saliera del abresurcos. Sin embargo, la acción de arrojar el suelo dependía de la velocidad de avance y de la humedad del suelo, especialmente de su plasticidad. En condiciones favorables, el rendimiento de los cultivos fue comparable a la separación horizontal con los abresurcos de ala.

Una solución que permite la separación vertical de la semilla y el fertilizante en la labranza cero y que es independiente del contenido de humedad del suelo es el uso de abresurcos de dobles discos inclinados. El abresurco delantero (fertilizante) corta una ranura inclinada y coloca el fertilizante a la profundidad adecuada. A continuación, el abresurco de la semilla es colocado verticalmente o con la inclinación opuesta y más superficialmente, y pone la semilla en suelo sin disturbar, arriba del fertilizante. Esta opción parece ser efectiva pero las fuerzas de penetración necesarias para que los dobles discos penetren en el suelo en cada surco limitan esta operación a suelos razonablemente blandos. La Lámina 8 muestra dos abresurcos de doble disco inclinados.

Otro método más laborioso pero efectivo es la colocación previa del fertilizante como

una operación separada a la siembra de la semilla a una menor profundidad, lo que se puede obtener con virtualmente cualquier diseño de abresurco.

Retención de los fertilizantes gaseosos

Las ranuras en forma de T invertida retienen el vapor de agua dentro de la ranura (ver Capítulos 5 y 6). Es posible que este tipo de ranura también retenga gases volátiles de los fertilizantes nitrogenados (especialmente el amoníaco) dentro de la ranura tal como ocurre con el vapor de agua. Es sabido que la inyección al suelo de residuos orgánicos (residuos animales) y formas inorgánicas de nitrógeno, en forma de gases o líquidos, causan problemas con la volatilización de los gases amoniacales que escapan a la atmósfera. A menudo se resuelve el problema de los residuos animales líquidos inyectándolos a 50 cm de profundidad con el uso de abresurcos de tipo cincel (ranuras en forma de U). Las ranuras en forma de T invertida también ofrecen la opción de inyectar estos materiales en forma superficial (Choudhary *et al.*, 1988b).

La inyección simultánea de nitrógeno inorgánico durante la siembra en la labranza cero es poco práctica en razón de las limitaciones de la colocación en profundidad y la fuerza necesaria de los tractores. El resultado de la colocación simultánea superficial ha sido generalmente un fuerte olor de amoníaco que escapa de las ranuras a medida que avanza la siembra.

Con el abresurco de ala, el olor de amoníaco es menos evidente, lo que indica que ha sido retenido en mayor cantidad dentro de las ranuras. Esto fue notado por primera vez en el campo en los Estados Unidos de América por agricultores que usaban el abresurco de ala, quienes observaron que los perros corrían detrás de la sembradora; esto aparentemente no ocurría con las otras sembradoras ya que

el escape de amoníaco detrás del surco creaba un ambiente desagradable para los perros.

Rendimiento de los cultivos

Como se señaló anteriormente, la fertilización a voleo en la labranza cero a menudo ocurre en campos infiltrados por el agua que se mueve por pasajes preferenciales de flujo pasando por debajo de las primeras raíces de las plantas o de aquellos elementos que se ligan al suelo en su superficie. En contraste, los suelos labrados tienen otros pasajes diversos del flujo gracias a su microporosidad y mezclan los elementos ligantes dentro de la zona labrada. Como resultado, si bien el esparcido de fertilizantes a voleo ha sido aplicado exitosamente durante muchos años en cultivos en camas de semillas en campos labrados, bajo las condiciones de labranza cero, el mismo cultivo responde a la fertilización a voleo en forma errática. Hyde *et al.* (1979) señalaron el problema en el Pacífico Noroeste de los Estados Unidos de América y en un experimento de larga duración conducido por los

autores en Nueva Zelanda también señalaron el problema (Baker y Afzal, 1981).

En el experimento en Nueva Zelanda fueron comparados el crecimiento estival continuado del maíz sembrado con un abresurco de ala en un suelo con labranza cero y en una cama de semillas preparada en forma convencional. Esto también coincidió con algunos desarrollos tecnológicos importantes en los abresurcos de ala que tuvieron un cierto impacto sobre el experimento.

La Figura 28 ilustra los primeros cinco años de los rendimientos del maíz. Para eliminar las variaciones estacionales de rendimiento, la labranza convencional recibió cada año el valor arbitrario del 100 por ciento y la labranza cero fue comparada en base al porcentaje. En todos los casos la semilla fue sembrada en ranuras en forma de T invertida con cobertura de Clase IV.

En el año 1 no se aplicó fertilizante ni en el momento de la siembra ni durante el desarrollo del cultivo. El cultivo se desarrolló solamente en base a la alta fertilidad del suelo que había estado bajo uso intensivo de pasturas durante 20 años. El rendimiento del maíz bajo

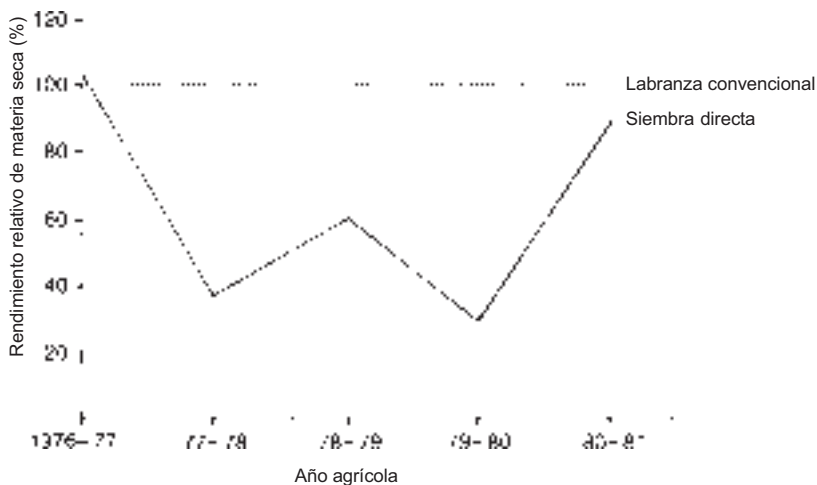


Figura 28 Rendimiento relativo de materia seca (MS) en el sistema de labranza cero comparado con la labranza convencional, con aplicación de fertilizante, sobre los rendimientos de maíz durante un período de cinco años (de Baker y Afzal, 1981).

labranza cero no fue significativamente diferente al del maíz bajo labranza convencional.

En el año 2 tampoco se aplicó fertilización. Sin embargo, en este momento se advirtió la ventaja de la mineralización, favorecida por el proceso de labranza y que fue entonces evidente. Ocurren bajas tasas de mineralización bajo labranza cero porque no hay disturbio del suelo. Como resultado, la labranza cero de maíz rindió solamente un 35 por ciento de aquella bajo labranza convencional.

En el año 3, en el momento de la siembra se aplicó en todas las parcelas, superficialmente, a voleo, 300 kg/ha de fertilizante NPK (10 : 18 : 8 : 0). En esta oportunidad no fue posible la colocación simultánea de la semilla y el fertilizante por los abresurcos de ala sin causar riesgos a las semillas. La semilla fue sembrada con el abresurco simple original y la mezcla de la semilla con el fertilizante no fue considerada una opción válida.

La versión de disco del abresurco de ala que permite la colocación simultánea en bandas no había sido inventada aún. De cualquier manera el fertilizante aplicado en superficie aumentó el rendimiento bajo labranza cero en un 60 por ciento sobre aquel de labranza convencional.

En el año 4 se decidió aplicar una mayor cantidad de fertilizante NPK a voleo que en el año 3 (400 kg/ha) a ambos tratamientos para tratar de elevar más aún el rendimiento bajo labranza cero. Sin embargo, tuvo el efecto contrario y el rendimiento de labranza cero del maíz cayó al punto más bajo de toda la serie, a solo el 30 por ciento del rendimiento con labranza.

El año 5 coincidió con el desarrollo del concepto de la versión de discos del abresurco de ala, el cual, entre otras cosas, permitió que la semilla y el fertilizante fueran colocados simultáneamente en bandas con una separación de 20 mm en ranuras en forma de T invertida.

El efecto sobre el rendimiento del maíz en labranza cero fue inmediato y espectacular. Aumentó los rendimientos si bien no fue significativamente diferente del rendimiento bajo labranza convencional.

En el año 6 el experimento fue alterado a fin de comparar directamente la aplicación de fertilizante en bandas y a voleo bajo labranza cero y bajo labranza convencional y controlar si los resultados del año 5 eran repetibles. Sin duda, lo fueron.

El Cuadro 15 presenta los resultados para el año 6. Claramente, el suelo en la labranza cero se benefició más de la aplicación del fertilizante en bandas que el suelo labrado. Los rendimientos finales de los dos métodos con fertilizante en bandas no fueron significativamente diferentes.

También fueron importantes los rendimientos de maíz obtenidos en las parcelas que no habían recibido ningún tipo de fertilización en el período de seis años. Si bien los rendimientos de las parcelas sin fertilizar en los suelos labrados o en los suelos con labranza cero fueron pobres en comparación con las parcelas fertilizadas, el favorecimiento de la mineralización que había ocurrido en el suelo labrado cada año produjo plantas casi tres veces más grandes que aquellas bajo labranza cero. Esta

Cuadro 15 Efecto de la colocación del fertilizante sobre el rendimiento del maíz (rendimiento de MS kg/ha) en el último año de un experimento de seis años.

	Fertilizante en surco	Fertilizante a voleo	Sin fertilizante
Labranza cero	10 914	4 523	1 199
Labranza convencional	10 163	5 877	2 999

mineralización representa, sin embargo, una «quemar» de la materia orgánica del suelo, lo cual conduce a una pérdida de calidad del suelo y es la razón por la cual la labranza convencional no sustituye a la labranza cero cuando los fertilizantes se aplican correctamente, tanto en lo que se refiere a la sostenibilidad como a los rendimientos de los cultivos.

En el año 2004 un agricultor neozelandés hizo una comparación en su finca. Eligió 11 campos y sembró una crucífera forrajera en una selección de campos elegidos al azar en un período de 17 días con dos sembradoras diferentes para labranza cero (M. Hamilton-Manns, 2004, datos sin publicar).

Una sembradora fue equipada con abresurcos verticales de triple disco. Estos abresurcos tenían los discos delanteros con los bordes ondulados, lo cual reducía los efectos de compactación normalmente asociados con ese tipo de abresurcos. Sin embargo, estos abresurcos no podían colocar el fertilizante en bandas por lo que el difosfato diamónico fue esparcido a voleo a razón de 300 kg/ha. El otro abresurcos estaba equipado con la versión de disco del abresurcos de ala, el cual colocó en bandas la misma cantidad de fertilizante, a 20 mm al lado de la semilla en el momento de la siembra. Las condiciones de humedad del suelo no fueron un factor limitante y la germinación de las semillas fue adecuada con ambos abresurcos.

Los campos sembrados con el abresurcos de triple disco y fertilizante a voleo rindieron en promedio 7 069 kg/ha de materia seca. Los campos sembrados con los abresurcos de alas y fertilizante en bandas rindieron en promedio 10 672 kg/ha de materia seca.

Si bien no es posible aseverar que el 51 por ciento de diferencia fue el resultado solamente del fertilizante en bandas (puede haber habido diferencias en el abresurcos), hay pocas dudas, sin embargo, de que la mayor parte de la diferencia fue debida a esa fertilización en bandas y que los mejores cultivos produjeron en promedio \$EE UU 468/ha más que los cultivos pobres.

Opciones de la fertilización en bandas

Anteriormente se ha mencionado la necesidad de colocar el fertilizante en bandas debajo del suelo sin «quemar» las semillas, lo que es más importante en la labranza cero que en los suelos labrados. En la mezcla de las semillas con el fertilizante se corre el riesgo de «quemar» las semillas.

El recurso de «saltar» un surco en la siembra para que en cada tercer abresurcos se coloque solo fertilizante a fin de fertilizar los dos surcos a cada lado (Little, 1987) no ha sido una alternativa posible, si bien es superior a la fertilización a voleo. Choudhary *et al.* (1988a) encontraron resultados variables con esa práctica, incluso cuando se sembró en surcos angostos a 150 mm. El Cuadro 16 muestra sus resultados.

El tratamiento de «saltar» un surco produjo el rendimiento de cebada fertilizada más bajo (2 072 kg/ha de materia seca) pero fue igual a todos los otros tratamientos cuando se sembró rábano forrajero. En el último caso la mezcla de la semilla con el fertilizante dio el rendimiento más bajo (2 809 kg/ha de materia seca). Todos los otros tratamientos no fueron significativamente diferentes.

En el Cuadro 16 hay otros dos puntos evidentes: los resultados son el promedio de dos suelos, uno de los cuales era una arena fina en la cual había pocos o ningún canal de flujo preferencial debido a la naturaleza friable del suelo. Por esta razón, aun en el caso de suelo sin labranza, el fertilizante nitrogenado aplicado en superficie habría escurrido más o menos uniformemente a través de ese perfil como si este hubiera sido labrado y mostró menos diferencia en favor de la aplicación en bandas que los suelos con mejor estructura.

El segundo punto importante es que una de las combinaciones fertilizante/semilla usadas en este experimento (fosfato diamónico y cebada) no fue particularmente perjudicial para la semilla de cebada. Consecuentemente, la

Cuadro 16 Efectos del método de aplicación de fertilizante sobre el rendimiento de dos cultivos en labranza cero.

	Rendimiento de materia seca, grano de cebada (kg/ha)	Rábano forrajero (<i>Brassica napus</i>) rendimiento de materia seca de toda la planta (kg/ha)
Sin fertilizante	1 889 b	3 240 ab
Separación horizontal 20 mm	2 580 a	3 763 a
Mezcla de semilla y fertilizante	2 538 a	2 809 b
Fertilización a voleo	2 432 a	3 543 a
Separación «saltando» un surco	2 072 b	3 526 a

Nota: Las cifras seguidas de letras distintas dentro de una columna denotan diferencias significativas ($P < 0,05$).

mezcla de semilla de cebada y fertilizante no presentó desventajas. Por otro lado, la mezcla del fosfato diamónico con el cultivo de rábano mostró resultados similares a aquellos de Afzal (1981) y Baker y Afzal (1986) quienes habían usado una mezcla menos compatible (rape y sulfato de amonio).

Ninguno de los experimentos hechos por los autores presenta evidencia de que sean necesarias mayores cantidades de fertilizante bajo el sistema de labranza cero. En realidad, el fertilizante aplicado debe solamente ser usado en

forma más efectiva colocándolo en bandas a lo largo de la semilla. De hecho, los datos de siete experimentos con trigo sembrado con abresurcos de doble disco en una configuración de «saltar» un surco (cada tercer surco recibió solo fertilizante a 100 mm de profundidad), comparado con una separación horizontal de 20 mm con una sembradora equipada con un abresurco de ala, mostraron que las dosis de fertilizante podían ser reducidas usando este último abresurcos (Saxton y Baker, 1990). La Figura 29 muestra esos resultados.

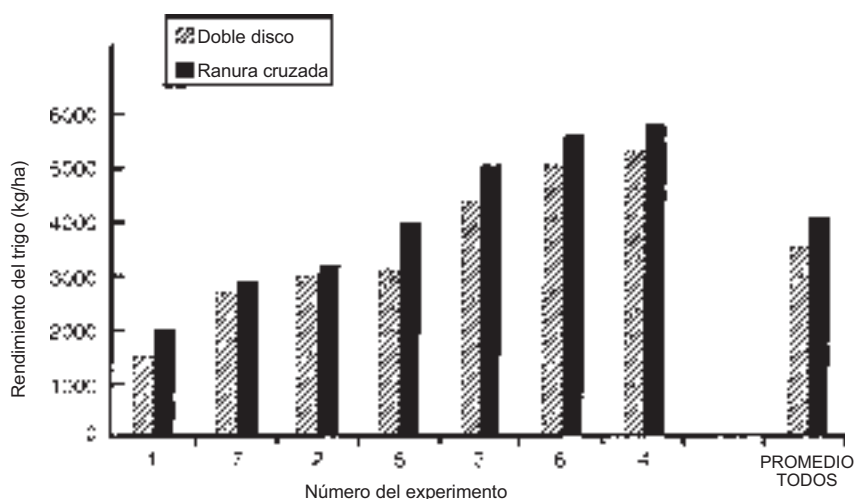


Figura 29 Comparación de los rendimientos del trigo en labranza cero usando dos opciones diferentes de colocación de fertilizante en bandas (de Saxton y Baker, 1990).

Los abresurcos de ala, en promedio, mostraron un incremento del 13 por ciento en el rendimiento del trigo, en comparación con la siembra que «salta» el tercer surco, con abresurco de doble disco. Hasta entonces, la configuración de «saltar» un surco, en los Estados Unidos de América, había sobrepasado a todos los otros métodos con los que había sido comparada.

No solamente las plantas sembradas bajo el sistema de bandas horizontales rindieron más que aquellas sembradas con el método de «saltar» un surco, sino que mediciones posteriores mostraron que las plantas habían sido desde el inicio más vigorosas. Ese mejor vigor es probablemente debido en parte a la posición del fertilizante y en parte al ambiente de alta humedad en el cual se desarrollaron las plántulas debajo de la tierra en las ranuras (en forma de T invertida) horizontales.

El Cuadro 17 muestra los análisis del contenido de carbono y nitrógeno de las plántulas cultivadas en esos dos métodos de colocación de fertilizantes en bandas. La Lámina 1 había mostrado anteriormente en forma clara el contraste del desarrollo de las plántulas de la naturaleza más fuerte y fibrosa de los sistemas radicales (más raicillas) según la colocación del fertilizante en bandas y las ranuras en forma de T invertida. Aparentemente, los niveles tanto del carbono como del nitrógeno fueron mayores en las plantas sembradas con los abresurcos en ala con la colocación del

fertilizante en bandas, comparados con aquellos sembrados con el abresurco de doble disco y con aplicación de fertilizante «saltando» un surco.

Aun cuando la colocación en bandas verticales de la semilla y el fertilizante se haga con un solo abresurco, no se ha encontrado una ventaja clara para esta opción.

Más aun, la dificultad técnica de obtener una colocación vertical satisfactoria de las bandas en diversas condiciones con un solo abresurco hace que esta operación a nivel de campo sea poco fiable. El problema es que para obtener la separación vertical, el fertilizante es por lo general colocado primero a una profundidad mayor que la profundidad estimada para la semilla. En los suelos labrados es relativamente fácil conseguir que el suelo caiga sobre el fertilizante antes de que caiga la semilla. Pero en los suelos sin labrar esta operación es mucho más difícil, especialmente cuando el suelo está húmedo y es más plástico. Por esta razón, la separación horizontal es considerada una alternativa más segura ya que la separación efectiva no es afectada por el suelo suelto, la cobertura superficial o la velocidad de operación.

Una comparación de la colocación en bandas horizontales (abresurcos de ala) y de colocación en bandas verticales (prototipo de abresurcos de azada con un deflector para arrojar el suelo sobre el fertilizante antes de colocar la semilla) fue hecha durante varios

Cuadro 17 Contenido de carbono y nitrógeno en labranza cero de plántulas de trigo sembradas con dos abresurcos diferentes.

Tipo de abresurco	Campo número	Carbono (% materia seca)	Nitrógeno (% materia seca)
Abresurco de ala (ranura en T invertida, bandas horizontales)	1	38,00	4,16
	2	38,60	4,70
	Media	38,30	4,43
Abresurco de doble disco (ranura en V, aplicación «saltando» un disco)	1	36,50	4,00
	2	34,69	3,83
	Media	35,60	3,92

años por los autores. Los resultados se encuentran en la Figura 30.

Esta Figura muestra que el abresurco de ala en bandas horizontales produjo un mayor rendimiento en el primer año de trigo de primavera (SW 87) y tal vez en el último año de trigo de invierno (WW 89), pero que no hubo diferencias en rendimiento en las otras tres estaciones.

Un experimento a largo plazo de doble cultivo en Australia comparó durante 14 años los rendimientos de soja sembrada bajo los sistemas de labranza cero y de labranza convencional usando abresurcos de ala (Grabski *et al.*, 1995). En los primeros dos años (1981/82 y 1982/83) los rendimientos bajo labranza convencional fueron superiores en razón de la historia anterior de labranza del campo. Sin embargo, en los 12 años siguientes el tratamiento de labranza cero nunca fue superado y promedió rendimientos 30 por ciento más altos que la soja bajo labranza convencional.

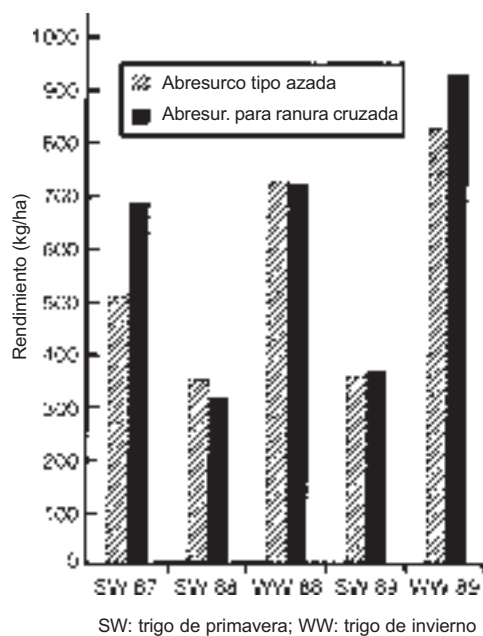


Figura 30 Rendimientos de trigo en labranza cero con colocación del fertilizante en bandas verticales con un abresurcos tipo azada y en bandas horizontales con un abresurcos en ala.

¿Cuán cerca debería estar el fertilizante de la semilla?

Ferrie intentó responder a esta pregunta en Illinois, Estados Unidos de América, en el año 2000. Sus resultados fueron presentados por Fick (2000). Ferrie comparó varias distancias de separación en diagonal de fertilización inicial en maíz sembrado con abresurcos de doble disco que variaba desde 90 mm los más profundos y 50 mm hacia un lado de la semilla hasta 15 mm más profundos y 20 mm hacia un lado de la semilla. Llegó a la conclusión, según las respuestas del cultivo, que «cuanto más cercana fuera la fertilización inicial, mejor sería el cultivo», siempre que el fertilizante no estuviera mezclado con la semilla y que la colocación del fertilizante en bandas no afectara a la colocación precisa de las semillas. El tratamiento con la mayor distancia de separación no produjo una respuesta mensurable de los rendimientos con fertilizante inicial.

Ferrie también indicó que la compactación de la pared de las ranuras podía tener un cierto efecto sobre la capacidad de las raíces jóvenes para llegar al fertilizante, especialmente en los suelos arcillosos. Incluso entendió que en esos suelos hasta un abresurco de cincel podía causar problemas.

Dianxion Cai (1992, datos sin publicar) probó dos opciones de colocación de fertilizantes nitrogenados secos y fluidos en dosis crecientes de nitrógeno, usando abresurcos de ala y sembrando semillas de trigo a 25 mm de profundidad. Las dos opciones eran: i) colocación en bandas estándar horizontales a 20 mm a un lado de la semilla (el fertilizante también fue colocado a 25 mm de profundidad), y ii) bandas diagonales en las cuales el fertilizante fue colocado 20 mm al lado y 13 mm más profundamente que la semilla (o sea, el fertilizante fue colocado a 38 mm de profundidad). La Figura 31 muestra el efecto sobre la población de plantas y la Figura 32 muestra los resultados de los rendimientos de los cultivos.

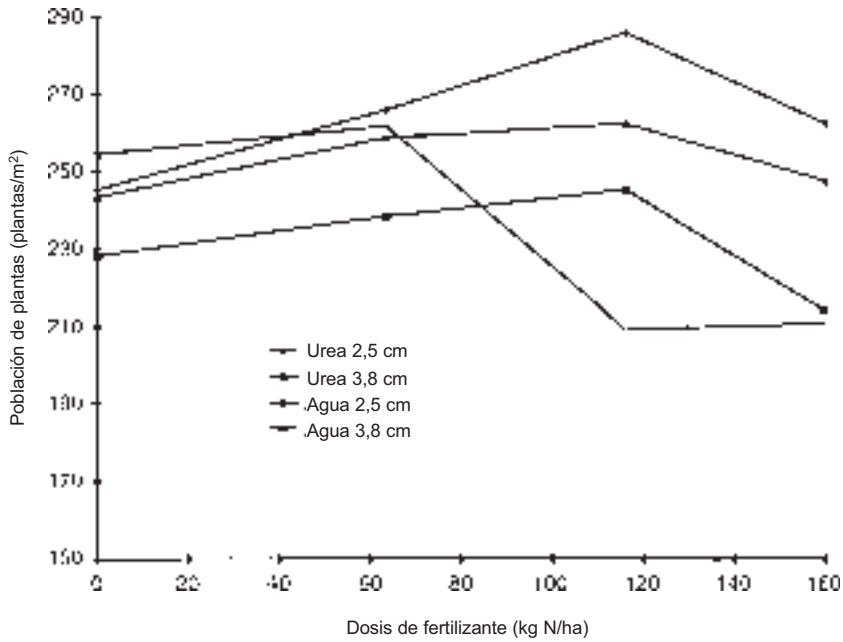


Figura 31 Respuestas de la población de plantas de trigo a la fertilización en bandas horizontales y diagonales de dos formulaciones de nitrógeno en ranuras en forma de T invertida.

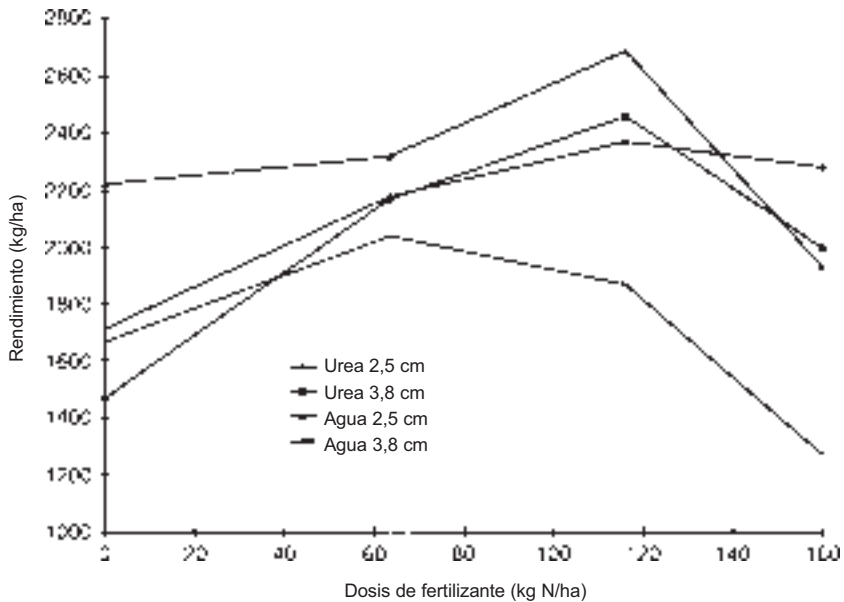


Figura 32 Respuestas del rendimiento del trigo a la fertilización en bandas horizontales y diagonales de dos formulaciones de nitrógeno separadas en ranuras en forma de T invertida.

Según indican esas figuras los efectos sobre la emergencia de las plántulas fueron similares a los efectos sobre el rendimiento, lo que demuestra la importancia de la población inicial de plantas para el rendimiento final. En ambos experimentos las bandas horizontales (25 mm) produjeron más plantas y cultivos más fuertes que las bandas en diagonal (38 mm) con urea en polvo y urea líquida. Estas diferencias fueron más pronunciadas a una dosis de 120 kg/ha de nitrógeno. A dosis más altas, mientras las diferencias permanecieron generalmente inalteradas, las poblaciones de plantas y los rendimientos comenzaron a declinar, probablemente a causa de la toxicidad del fertilizante. La declinación de la población de plantas y de los rendimientos a la dosis más alta de aplicación (160 kg/ha de nitrógeno) usada en estos experimentos no fue considerada importante porque estas dosis son muy superiores a las dosis de nitrógeno en cualquier formulación corrientemente aplicada (160 kg/ha de nitrógeno, equivalentes a 350 kg de urea o 400 kg de nitrógeno líquido).

Conclusión

Uno de los avances más notables en la tecnología de labranza cero ha sido el desarrollo de máquinas con la capacidad de separar el fertilizante de la semilla en bandas horizontales y efectivamente atrapar formas volátiles de nitrógeno dentro de la ranura. Al mismo tiempo estos abresurcos mantienen la efectividad de la función de separación sin ser alterada por la velocidad de avance de la máquina, el tipo de suelo, el contenido de humedad del suelo o la presencia o ausencia de residuos superficiales. Desde una perspectiva de campo, los agricultores encuentran que es más fácil la identificación de este factor único, entre todos los otros, cuando evalúan el comportamiento de la labranza cero con la labranza convencional y también cuando evalúan los méritos de la competencia de los sistemas de labranza cero y las máquinas.

Sería interesante especular sobre cuántos experimentos y observaciones de campo encontraron rendimientos pobres en los cultivos de labranza cero que han sido debidos a la incapacidad del abresurcos de colocar los fertilizantes en bandas en forma adecuada.

Resumen de la colocación del fertilizante

1. Hay menos nitrógeno disponible a causa de la mineralización de la materia orgánica en labranza cero que en la labranza convencional; esto hace que la aplicación de nitrógeno sea importante en la siembra con labranza cero.
2. Puede ocurrir algún bloqueo temporal del nitrógeno en la labranza cero mientras las bacterias del suelo descomponen los residuos orgánicos.
3. La fertilización a voleo es menos efectiva en la labranza cero que en la labranza convencional porque los nutrientes solubles a menudo pasan más abajo de las raíces por la infiltración que ocurre en los canales preferenciales creados por las lombrices y las raíces en descomposición.
4. La colocación de los fertilizantes en bandas profundas en el momento de la siembra es menos efectiva o necesaria en los suelos sin labrar que en los suelos labrados.
5. Es mejor que los fertilizantes estén cerca de las semillas, siempre y cuando no se mezclen.
6. La separación horizontal entre las semillas y el fertilizante a distancias de solo 20 mm ha sido más efectiva en la labranza cero que la separación vertical a cualquier distancia.
7. Relativamente pocos abresurcos para labranza cero proporcionan una colocación efectiva de las semillas y los fertilizantes en bandas con una distancia o dirección adecuadas.

8. Entre los abresurcos para labranza cero que proporcionan una separación efectiva, la separación horizontal es preferible a la separación vertical.
9. Cuando los abresurcos para labranza cero no pueden separar la semilla del fertilizante, otras opciones podrían incluir:
 - siembra alternada, colocando en cada tercer surco solo fertilizante («saltar» un surco);
 - mezcla de la semilla y el fertilizante en la ranura;
 - duplicar el número de abresurcos en la sembradora de modo de ofrecer abresurcos exclusivamente para la fertilización además de los abresurcos exclusivos para las semillas;
 - aplicación superficial a voleo del fertilizante;
 - colocar las semillas y el fertilizante en dos operaciones separadas y a distintas profundidades;
10. La mayoría de los abresurcos de doble disco con un solo abresurco son incapaces de colocar las semillas y los fertilizantes separados;
11. Algunos abresurcos de disco angulados tienen capacidad para colocar el fertilizante en bandas;
12. Una versión de los abresurcos de ala con disco simple separa efectivamente la semilla del fertilizante, tanto horizontal como verticalmente;
13. El rendimiento de los cultivos con los abresurcos de ala han sido mejores cuando se usa la separación horizontal de la semilla y el fertilizante debido a un mejoramiento del microambiente semilla/plántula y a la respuesta al fertilizante;
14. Los abresurcos de azada recientemente diseñados separan la semilla del fertilizante en cualquier dirección;
15. Dos abresurcos de discos (dobles o angulados) inclinados en direcciones opuestas pueden proporcionar una separación vertical de la semilla y el fertilizante.

10

Manejo de los residuos

C. John Baker, Fátima Ribeiro y Keith E. Saxton

Los abresurcos exitosos para la labranza cero no solo manejan los residuos superficiales sin bloquearse sino que también micromanegan esos residuos de modo tal que benefician los procesos de germinación y emergencia de las plántulas.

El segundo recurso más valioso en la labranza cero son los residuos que permanecen sobre la superficie del suelo después de la cosecha del cultivo anterior. El único recurso más valioso que los residuos es el suelo en su estado sin labrar.

Lamentablemente, en la historia de la labranza existen innumerables descripciones de los métodos para eliminar los residuos de modo que no interfieran con las operaciones de la maquinaria. En la labranza, los residuos superficiales han sido considerados como un obstáculo importante y, por lo tanto, comúnmente se hace referencia a los mismos como «basura». Aquellos que no consideran seriamente la labranza cero igualan el término «basura» con residuo, pero se debe tener en cuenta que «basura» es algo indeseable. Los residuos son un sobrante de la cosecha, pero en este caso, deseados y útiles.

Antes de discutir cuán bien los distintos abresurcos y máquinas manejan los residuos, es necesario identificar las distintas formas que pueden tener los residuos (Baker *et al.*, 1979a). Después será apropiado considerar cómo pue-

den ser macromanegados a escala de campo (Saxton, 1988; Saxton *et al.*, 1988a; Veseth *et al.*, 1993) y finalmente las opciones para el micromanego de los residuos en, alrededor y sobre la zona de la ranura (Baker y Choudhary, 1988; Baker, 1995).

Formas que pueden tener los residuos

Vegetación en pie fijada al suelo con raíces cortas

Pasturas (en crecimiento o recientemente eliminadas con herbicida)

Las pasturas en pie que están fijadas al suelo con raíces cortas se encuentran comúnmente en las siembras para labranza cero, especialmente en las que se planea la renovación de la pastura en sistemas intensivos de pastoreo y para el establecimiento de cultivos en sistemas integrados de explotación agrícola y ganadera. En tales sistemas, el manejo de los animales es, por lo general, suficientemente controlado para permitir deliberadamente un pastoreo intensivo del campo antes de la siembra, reduciendo de esa manera la altura del pasto y, por lo tanto, hay una menor demanda de manejo de residuos por parte de

las máquinas. Esto permite el uso de sembradoras relativamente económicas adaptadas a dichas condiciones.

Las pasturas cortas, en pie, por lo general presentan pocos problemas de manejo de residuos ya que el vigoroso sistema radical de fijación y el suelo firme debajo de las plantas permiten que un cincel rígido, sin pre-disco, pase en forma razonablemente limpia. Si la pastura ha muerto recientemente, el tiempo pasado entre la aspersión y la siembra puede tener un efecto importante sobre las propiedades del manejo de este residuo. A medida que comienza la descomposición, enseguida de la muerte de la planta, el material se vuelve progresivamente más débil y es más probable que se libere del anclaje de las raíces. En una etapa avanzada de la descomposición, se puede soltar del anclaje del suelo y comenzar a comportarse como un residuo suelto y no como un residuo fijo y, por lo tanto, ser más propenso a causar el bloqueo de las máquinas. Algunas veces es arrancado en trozos grandes.

Las plantas forrajeras estoloníferas o rizomatosas (o sea, con tallos superficiales o subterráneos entretrejidados) pueden ser pastoreadas muy bajas por los animales pero presentan problemas diferentes ya que su hábito rastreero puede causar la obstrucción de los abresurcos de los tipos sin discos. En estos casos, para un manejo satisfactorio de los residuos es esencial contar con abresurcos con dientes o de cincel.

Residuos cortos limpios después de la cosecha directa con una cosechadora y el enfardado de la paja

Los rastrojos limpios de los cultivos que tienen poca paja sobre el suelo o entre los mismos presentan escasos problemas para su manejo porque las plantas altas, por lo general, pueden ser fácilmente desplazadas a un lado por equipos simples para labranza cero. Estos rastrojos tienen en común con los residuos de pasturas el anclaje ejercido por las

raíces. El tiempo que pasa entre la cosecha y la siembra y las condiciones climáticas en ese período también tienen influencia sobre el nivel de descomposición que ocurre antes de la siembra. En el caso de los rastrojos de cultivos y dado que la cosecha por lo general ocurre en un período seco, la iniciación de la descomposición puede ser más lenta que con las pasturas.

Los rastrojos en pie tienen otras funciones adicionales en los sistemas de labranza cero en climas invernales con nieve o con el suelo helado y en los cuales el cultivo es hilerado antes de la cosecha. Cuando se procede al hilerado, los residuos largos, especialmente en los sembrados en surcos angostos, ayudan a mantener la paja distante del suelo lo que favorece su secado y la cosecha ya que contribuye a facilitar los mecanismos de levantado de las cosechadoras, en comparación con la paja que queda cerca del suelo.

Cuando se esperan nevadas, el rastrojo retiene la nieve y evita que el viento la arrastre. Esta, a su vez, proporciona un aislamiento térmico efectivo del suelo y puede ser responsable del mantenimiento de las temperaturas entre 10 y 15°C más altas que en los suelos sin cubierta nevosa que se pueden congelar (Flerchinger y Saxton, 1989a). Para ello, el rastrojo largo es superior al rastrojo corto.

En cualquier caso, al final del invierno, cuando se siembra, el rastrojo aún sobrevive a los fríos del invierno, está quebradizo pero no ha sufrido un proceso importante de descomposición. Es posible que se rompa a nivel de la tierra, pero dado que es corto raramente es un problema para el manejo de los residuos en la siembra para labranza cero. Por otro lado, en esos climas los sistemas de labranza cero requieren cada vez más que todos los residuos descargados por la cosechadora (entre ellos los residuos trillados y aquellos que permanecen en el suelo) permanezcan sobre el suelo durante todo el invierno. Esta combinación presenta otro problema en lo que refiere a los residuos; será discutida más adelante.

Los rastrojos en pie también cumplen una función importante en los climas secos al reducir la velocidad del viento sobre la superficie de la tierra, lo que disminuye significativamente el movimiento del suelo y su secado. En condiciones ventosas el rastrojo en pie protege las plántulas del cultivo entre las filas de residuos del efecto abrasivo de la arena y otras partículas arrastradas por el viento. Por ejemplo, en Australia, la siembra entre los surcos del rastrojo en pie ofrece protección del viento a las plantas jóvenes, mientras que en Inglaterra el rastrojo en pie tiene un valor diferente, tal como esconder los animales salvajes como los faisanes. Dado que en esas regiones los agricultores cazan los faisanes con fines comerciales, la labranza cero ofrece una oportunidad, por medio del rastrojo largo, de extender el período de caza, lo que no sería posible con la labranza convencional.

En los climas tropicales, el rastrojo en pie puede causar el ahilamiento de las nuevas plántulas. Pero los rastrojos cortos en pie pueden llevar a que entre más material vegetativo en la cosechadora, lo cual causa un mayor requerimiento de energía, más consumo de combustible o una menor capacidad de trabajo.

Por estas razones, en sembrados bajo labranza cero recientemente ha habido interés en el uso de trilladoras que solo arrancan la espiga, ya que este procedimiento maximiza el largo del rastrojo que permanece en pie.

Vegetación alta en pie con raíces profundas

El pasto alto sobre los cultivos de cobertura y el rastrojo limpio alto (300 mm o más), junto a malezas arbustivas, presentan algunos problemas más importantes que la vegetación corta, incluso anclada con las raíces, pero menos que con la paja extendida sobre el suelo. Existe una altura crítica por encima de la cual cada una de esas plantas cae sobre el paso de los abresurcos para labranza cero, o simple-

mente un cierto tiempo, en el cual el residuo se comporta más como paja sobre el suelo que como rastrojo en pie. Los materiales altos también crean un microambiente más húmedo que puede dar lugar a que la descomposición de la base de la paja se inicie más rápidamente que con el rastrojo corto; además, es más probable que facilite su rotura.

La Lámina 61 muestra el efecto de la siembra con la versión de disco del abresurco de ala a través de un cultivo de leguminosa de 0,75 m de alto, parcialmente acostada y que ha sido asperjada. No es común sembrar sobre rastrojos tan altos no solo a causa de las limitaciones de espacio sino porque es difícil que las plántulas tengan suficiente luz durante las primeras etapas del desarrollo para emerger satisfactoriamente.

Paja sobre el suelo

El material desprendido de los tallos, de diferentes medidas, presenta las mayores dificultades para el manejo de residuos en las sembradoras para labranza cero pero, al mismo tiempo, es un recurso biológico único para ese tipo de labranza. Cuando tales residuos yacen en el suelo sobre tierra firme (o sea, después que un cultivo de labranza cero ha sido cosechado o aun cuando el heno haya sido consumido directamente o una pastura sembrada no haya sido totalmente pastoreada por los animales), habrá menos tendencia a bloquear los abresurcos para labranza cero que cuando los residuos quedan sobre una tierra más blanda. Del mismo modo, si los residuos permanecen secos y quebradizos, su manejo y corte serán más fáciles que cuando se han humedecido. A menudo la humedad es una función de la cantidad de paja (rendimiento del cultivo) y del clima. Los residuos más pesados pueden generar su propia humedad e incrementar la temperatura a causa de la acción bacteriana.

También es importante la historia inmediatamente anterior del campo. Por ejemplo, si

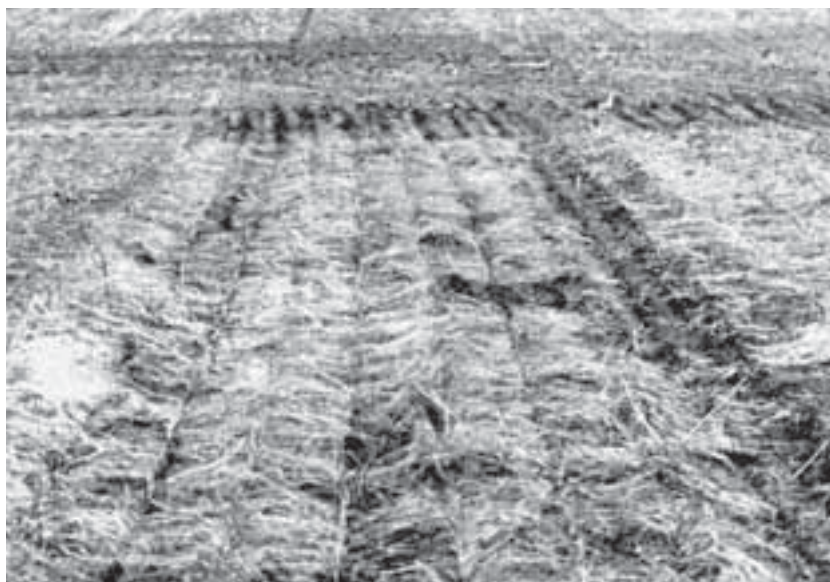


Lámina 61 Efectos de la siembra con la versión de disco del abresurco de ala sobre residuos parcialmente en pie.

el cultivo anual anterior fue establecido sobre un suelo labrado, el suelo en el cual los discos componentes de las abresurcos para labranza cero deberán trabajar para cortar la paja será más blando que si el suelo anterior hubiera estado bajo labranza cero. Este efecto del «trabajo anterior», por supuesto, estará influenciado por el tipo de suelo ya que tiene una influencia importante sobre la efectividad de algunos mecanismos de manejo de residuos; esto presenta dificultades para los agricultores que deben tomar algunas decisiones complejas cuando se cambia de la labranza convencional a la labranza cero.

Por ejemplo, una máquina para labranza cero que siembra sobre residuos de un campo de labranza convencional (durante el período de cambio al segundo sistema) puede no ser la máquina mejor adaptada para sembrar sobre residuos de un cultivo en campo de labranza cero. Más aún, algunos agricultores consideran (por lo general erróneamente) que todavía necesitan labrar ocasionalmente su

suelo, incluso bajo un sistema predominantemente de labranza cero. Puede haber pocas bases lógicas para estas consideraciones, pero de cualquier manera tendrán influencia sobre la elección de la máquina por parte del agricultor, tal vez en detrimento de la verdadera fase de labranza cero. El problema raramente existe cuando se siembra sobre pasturas porque no es común que las pasturas hayan sido establecidas por períodos menores de 12 meses, tiempo durante el cual un campo previamente labrado se habrá consolidado nuevamente.

Afortunadamente, algunos abresurcos para labranza cero son adecuados para sembrar tanto sobre suelo blando como sobre suelo firme (o incluso sobre suelos duros). Las funciones de la mayoría de los abresurcos de dientes o cincel, de los movidos por la toma de fuerza y de los de ala son relativamente poco afectadas por el grado de dureza del suelo (excepto para los requerimientos de la fuerza de penetración); sin embargo, aquellos que tienden a

entretrejer los residuos en la ranura (de doble disco, de disco plano angulado y de disco cóncavo angulado) tienen una tendencia más acentuadas al entretrejido en los suelos blandos. En los suelos firmes es más probable que corten la paja (lo cual es deseable) y no que la empujen o la doblen dentro de la ranura (lo que es indeseable). Sin embargo, en los suelos firmes, es probable que algunos abresurcos compacten el suelo en la zona de la ranura.

Los residuos sobre la superficie de la tierra no están adheridos al terreno y son, por lo tanto, recogidos fácilmente y se queda enredado en las partes rígidas de las máquinas. La tierra más firme proporciona una mayor fricción (tracción) de los discos que operan conjuntamente con los componentes rígidos, lo que asegura que continúen su acción de revolver cuando encuentran residuos sobre la tierra. Algunos discos tienen formas especiales para ayudar a la tracción como por ejemplo los discos con los bordes ondulados o con muescas. Aun así, si la altura de la paja sobre el suelo está por encima del eje del disco, es probable que lo frene, y cause que se deslice o se bloquee. Esto se acentúa por la humedad debajo de la paja, especialmente si esa humedad da lugar a una descomposición parcial cerca de la tierra. La paja en descomposición puede volverse resbaladiza sobre la tierra, a menudo se deslizará delante del disco en lugar de permitir que el disco se bloquee y pase sobre la misma o que la corte. La paja que permanece como rastrojo en pie es menos probable que resbale tanto como la paja en el suelo desnudo.

Esta tendencia al deslizamiento depende en cierta medida de las especies cultivadas. También depende del suelo y obviamente de las condiciones climáticas. Por ejemplo, la paja de arveja se vuelve particularmente resbaladiza cuando está parcialmente descompuesta, especialmente en un suelo firme sin labrar, mientras que esto no ocurre con la paja de cereales. En los casos en que la paja es escasa, como la soja, el rape, el algodón o el lupino, es menos probable que permanezca hú-

meda el tiempo suficiente para promover la descomposición cerca del suelo como ocurre con los cultivos que tienen un fuerte crecimiento vegetativo. Más aún, la rigidez del rastrojo cortado de esos cultivos algo leñosos contribuye a prevenir que resbalen los residuos sobre el suelo.

Se han desarrollado numerosos métodos para manejar la paja sobre la tierra, algunos de los cuales se resumen más adelante. Los métodos más exitosos invariablemente presentan abresurcos con discos, simplemente como abresurco o donde los discos ayudan a la operación de otros componentes rígidos tales como hojas en ala, cinceles o dientes. En esos casos, los discos son un componente común, pero no exclusivo, de los abresurcos para labranza cero diseñados para el manejo de los residuos.

Manejo de los residuos a escala de campo

El macromanejo se refiere a la forma en que se manejan los residuos a escala de campo. Su manejo se discute separadamente en: i) labranza cero en gran escala; ii) labranza cero en pequeña escala. Sin embargo, en cualquier caso, la biomasa superficial, ya sea de cultivos de cobertura muertos o de residuos de cosecha, cumple una función fundamental en los sistemas de labranza cero. Para cualquier sistema de labranza cero (grande o pequeño) el manejo de los residuos debería:

1. Ayudar (o por lo menos no entorpecer) el pasaje de los abresurcos para labranza cero.
2. Si es posible, contribuir a las funciones biológicas de los abresurcos.
3. Asegurar que los residuos se descompongan y agreguen carbono al suelo pero al mismo tiempo permanezcan sobre la superficie el tiempo suficiente para proteger el suelo de la erosión, mantengan el suelo fresco en los climas tropicales, retengan la humedad del suelo y supriman las malezas.

4. Asegurar que los residuos de los cultivos no compitan con el cultivo sembrado.

Estos son requerimientos exigentes y algunas veces competitivos y compromisos que a menudo es necesario cumplir. Por ejemplo, los abresurcos de dientes o cincel o de tipo de cuchillo no manejan bien los residuos por lo que algunas veces los agricultores deciden quemarlos o sacarlos del campo para evitar el bloqueo durante la siembra. Sin embargo, esto compromete algunas de las otras funciones enumeradas. Por esta y otras razones, en algunos países la quema de residuos está prohibida, si bien hasta el 45 por ciento de la biomasa está en las raíces que quedan en el suelo, incluso después de la quema.

Al respecto, es interesante hacer notar que hay escasa diferencia si los residuos son enfardados o enterrados en lo que se refiere a la cantidad de carbono que aportan al suelo (ver Capítulo 2). Excepto cuando los residuos se dejan descomponer en la superficie del suelo, gran parte del contenido de carbono de los residuos vegetales sobre la tierra se pierden del sistema (oxidados y perdidos como bióxido de carbono en la atmósfera). Por lo tanto, para obtener el máximo de un sistema de labranza cero, el desafío para los diseñadores de maquinaria es proporcionar abresurcos para labranza cero que puedan trabajar con cualquier cantidad y tipo de residuos superficiales sin bloquearse. Más aún, como se explica en el Capítulo 5, existe la oportunidad de que los abresurcos manejen los residuos superficiales como un recurso importante para ayudar a la germinación y emergencia del nuevo cultivo.

Labranza cero a gran escala

Control de las malezas y manejo de los residuos de los cultivos de cobertura

En la labranza cero en grandes predios, las malezas y los cultivos de cobertura por lo

general se controlan corrientemente con herbicidas. Sin duda, la factibilidad del concepto moderno de labranza cero debe su existencia al desarrollo de herbicidas no residuales en las décadas de 1960 y 1970. Esto contrasta con la agricultura en pequeña escala que depende sobre todo de medios mecánicos para el control de las malezas.

Aquí no se intentan analizar los puntos favorables o contrarios de la maquinaria especializada para las aspersiones o de diferentes herbicidas. Es suficiente decir que el control de la competencia existente es la primera etapa en cualquier programa de labranza cero y que, si esta no se realiza eficientemente, todas las otras etapas quedarán comprometidas negativamente. El control químico efectivo es función de la comprensión de la biología de las plantas que deben ser combatidas, de la eficacia de los herbicidas a ser usados y del comportamiento mecánico de los asperjadores. Algunos herbicidas (por ej., glifosato) actúan mejor en plantas sin estrés y en crecimiento activo, mientras que otros (por ej., paraquat) son más efectivos cuando las plantas están estresadas. Por supuesto, además hay diferencias entre las especies (incluso, en algunos casos, diferencias varietales) en la resistencia de las plantas a los diferentes herbicidas.

Manejo de los residuos cosechados

¿TRITURADOS O LARGOS? La primera oportunidad y la más importante para manejar correctamente los residuos a escala de campo ocurre en el momento de la cosecha. Una vez que los cultivos han sido trillados y los residuos arrojados de la cosechadora en montones alineados, son muy difíciles de esparcir nuevamente.

Las cosechadoras modernas recogen el material a cortar de un ancho entre 5 y 10 m y lo procesan de tal forma que, si la máquina no tiene desparramador de paja, los residuos son arrojados amontonados en una línea poco densa de paja de 2 a 3 m de ancho. Debajo de estos montones se encuentran los restos del

proceso de separación, a saber, trozos pequeños, aristas, material de las hojas, glumas vacías, polvo y semillas de malezas. La paja forma una cobertura densa, algo más angosta que la hilera de residuos que la cubre.

En contraste con estas zonas con concentración de residuos, una buena labranza cero requiere que los residuos sean distribuidos uniformemente sobre todo el terreno. No existen abresurcos para labranza cero que puedan físicamente manejar las hileras concentradas y los restos de la cosecha, pero este problema es algo académico si se considera que el efecto de los residuos superficiales sobre la germinación, la emergencia y el crecimiento del cultivo es tan importante que, muy probablemente, un cultivo no uniforme tendrá origen en una distribución no uniforme de la paja y los residuos. Esta distribución no uniforme de los residuos también puede afectar negativamente la eficacia de las aplicaciones de herbicidas.

La mayoría de las cosechadoras tienen la opción de los distribuidores de paja. Estos distribuidores de paja son diferentes de los trituradores de paja ya que no trituran el material sino que lo difunden con paletas en lugar de actuar por corriente de aire (Lámina 63); sin embargo, la mayoría de los trituradores de paja también la distribuyen. Los distribuidores de paja no tienen un alto consumo de energía y son de fácil colocación y operación; son un equipo estándar esencial para todas las cosechadoras usadas en los sistemas de labranza cero y se encuentran como dotación en la mayoría de los equipos comerciales.

La necesidad de una trituradora depende de las posibilidades de manejo de los residuos que tengan la sembradora o la sembradora de precisión que se usarán. Los trituradores de paja en cierto modo son poco apreciados porque consumen hasta el 20 por ciento del requerimiento total de potencia de la cosechadora (Green y Eliason, 1999). La trituración de la paja húmeda requiere más potencia que la trituración de la paja seca, si bien la distribución de la paja húmeda sobre la superficie del suelo puede ser más uniforme que la de la paja seca.

Por lo general, si la paja debe ser triturada para evitar el bloqueo de los abresurcos para labranza cero, esto puede denotar un mal comportamiento de los abresurcos.

PAJA. Otro elemento importante son los restos finos de la paja. Con algunos abresurcos, esta cubierta de material fino es más difícil de manejar que la paja gruesa. Afortunadamente, reconociendo este problema, muchas cosechadoras ahora ofrecen distribuidores para este material fino (distribuidores de material fino y también trituradores o distribuidores de paja) (Lámina 62).

Muchos trituradores/distribuidores de paja pueden ser ajustados para producir cortes largos o cortos y para distribuir los residuos a diferentes distancias por medio de ajustes del deflector, la posición vertical de los cuchillos y la velocidad de la trituradora (Siqueira y Casão, 2004).

Algunas trituradoras de paja modernas usan principios mejorados de corte, apoyados por una corriente de aire para su distribución. Por ejemplo, algunos tipos de tornillos sin fin pueden ser aplicados tanto a la paja como a la paja fina con un ancho de distribución de 10 m en cualquier dirección y sin una separación evidente de las distintas fracciones (Lücke y von Hörsten, 2004).

DISTRIBUCIÓN DESPUÉS DE LA COSECHA. Cuando no es posible distribuir los residuos con la cosechadora existen pocas opciones de manejo de los residuos. La redistribución de los residuos en forma uniforme ha sido solo parcialmente exitosa porque mucha de la paja es liviana y esponjosa, por lo que es difícil arrojarla o soplarla a cierta distancia. Una forma de manejar la situación después de la cosecha es pasar los materiales a través de un ventilador grande o una cosechadora de forraje y soplarlos tan alto como sea posible en un día algo ventoso. De esta manera, el viento los distribuirá en forma bastante uniforme; esto requiere un tractor con cabina y un buen sis-



Lámina 62 Distribuidora de paja y de paja fina en una cosechadora. Notar el polvo que provoca la distribución de la paja.



Lámina 63 Un par de distribuidores de paja a golpe en la parte posterior de una cosechadora. Este equipo no distribuye la paja fina.

tema de filtro de polvo y un operador que pueda soportar esas condiciones de trabajo. Se

han ideado algunas variaciones para agregar a las cosechadoras y crear «tormentas de paja».

Otra forma de manejar estos residuos es con una rastra para paja que consiste de una rueda de dientes de rotación libre, angulada, que es arrastrada en ángulo y arroja los residuos más uniformemente sobre el campo. Esta máquina también es una forma conveniente de disturbar las malezas e inducir las a germinar de modo que puedan ser combatidas con un herbicida antes de sembrar el próximo cultivo (conocido en Europa como «trampear»).

Labranza cero en pequeña escala

En las fincas en pequeña escala los cultivos de cobertura no se controlan con herbicidas como en el caso de las fincas en gran escala. En estos casos se usa frecuentemente la destrucción mecánica o su combinación con métodos químicos. La destrucción mecánica es preferida porque resulta en menores gastos y una menor exposición del agricultor y sus familias a los compuestos químicos, si bien algunos compuestos como el glifosato tienen un alto nivel de seguridad. Sin embargo, otros herbicidas (por ej., paraquat) son menos seguros y más difíciles de manejar para los agricultores que trabajan en fincas pequeñas, lo que requiere tomar medidas protectoras más estrictas que en

las operaciones en gran escala en las que los vehículos de trabajo tienen cabinas cerradas con filtro del aire. Los métodos mecánicos para el manejo de los cultivos de cobertura en la agricultura en pequeña escala son, por lo tanto, activamente promocionados.

La destrucción mecánica de las plantas en crecimiento es hecha por cortes, triturado, aplastado o doblado de las plantas. Cada uno de estos métodos es adecuado para diferentes condiciones y da como resultado diferentes cantidades de material vegetal que queda sobre la superficie del suelo.

Corte manual

El corte manual es una operación que requiere un trabajo intenso. Schimitz *et al.* (1991) informaron que se midieron requerimientos de 70 días/hombre/ha para el corte manual de un campo con residuos de pastos de tres años y con un rendimiento de 10 t/ha de materia seca.

Cuchillos rotativos

Los cuchillos rotativos están entre las herramientas más útiles para el manejo de residuos distribuidos uniformemente sobre la superficie del suelo. La Figura 33 y las Láminas

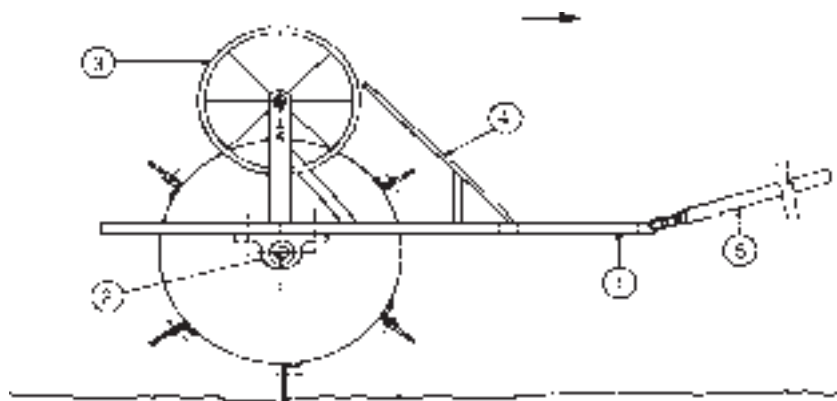


Figura 33 Vista lateral de un cuchillo rotativo: (1) bastidor; (2) cojinetes; (3) rueda para transporte; (4) estructura de protección; (5) barra de tiro (de Araujo, 1993).

64 y 65 muestran ejemplos de cuchillos rotativos típicos. Tienen la ventaja de permitir la producción orgánica sin compuestos químicos y combinada con labranza cero. Por ejemplo, estos implementos son comúnmente usados para la producción orgánica de soja sin labranza en el sur de Brasil (Bernardi y Lazaretti, 2004) y están disponibles para tracción animal o con tractor.

Los cuchillos rotativos tienen hojas de metal plano montadas en un rodillo en un bastidor, ruedas para su transporte y una estructura de protección. Los cuchillos están montados en el rodillo en varias formas, generalmente en forma perpendicular a la dirección de avance. El efecto de los cuchillos es doblar, aplastar y cortar el material vegetal. Su efectividad depende del ancho, del diámetro y del peso



Lámina 64 Cuchillos rotativos para tracción animal: con cuchillos en todo su ancho (izquierda) y con cuchillos cortos (derecha).



Lámina 65 Cuchillo rotativo tirado por un tractor que trabaja sobre avena.

del rodillo, del número, del peso, del ángulo de inserción y del afilado de las hojas, de la velocidad de operación y de las fibras y de contenido de humedad de las plantas (Scimitz *et al.*, 1991; Araújo *et al.*, 1993).

Los rodillos se construyen de acero o de madera. Los rodillos de acero a menudo se llenan con arena para poder ajustar su peso a las condiciones de las plantas y al resultado deseado del corte, aplastado o doblado. Sin embargo, cuando se trabaja en laderas la arena se puede inclinar hacia un lado y afectar la uniformidad del trabajo y su estabilidad. Monegat (1991) recomendó rodillos de un ancho de 1 a 1,2 m a fin de tener estabilidad en las laderas y mantener la capacidad de estar en contacto con las superficies irregulares.

Los cuchillos pueden ser del mismo ancho del rodillo (Lámina 64, izquierda) o en sec-

ciones cortas (Lámina 64, derecha). Las secciones más cortas aumentan la presión ejercida por cada cuchillo en su impacto con el suelo y distribuye el impacto en forma más uniforme, lo cual es importante especialmente cuando se opera con animales de tiro. Para un determinado diámetro del rodillo, la eficiencia decrece a medida que aumenta el número de cuchillos porque la presión de cada cuchillo es menor (Schimitz *et al.*, 1991). Para un mejor corte los cuchillos deberían estar perpendiculares o angulados respecto a la superficie (Siqueira y Araújo, 1999).

Los Cuadros 18 y 19 muestran las recomendaciones para la construcción de los rodillos de cuchillos para animales de tiro y para tractores, respectivamente (Araújo, 1993).

El diseño, construcción y operación de los rodillos de cuchillos también debe tener en

Cuadro 18 Recomendaciones para la construcción de rodillos de cuchillos para tracción animal (1 m ancho) que operen a 1 m/s (3,6 km/h) (de Araújo, 1993).

Rodillo		Diámetro (cm)	Altura de los cuchillos (cm)	Número de cuchillos	
Materia	Densidad (kgf/m ³)				
Madera de eucalipto	1 040	60	5	5	
			10	6	
			15	6	
Acero + arena	2 000	40	10	4	
			60	5	10
				10	10

Cuadro 19 Recomendaciones para la construcción de rodillos de cuchillos para tracción mecánica (de Araújo, 1993).

Rodillo		Velocidad m/s (km/h)	Diámetro (cm)	Altura de los cuchillos (cm)	Número de cuchillos
Material	Densidad (kgf/m ³)				
Madera de eucalipto	1 040	2 (7,2)	40	5	4
				10	4
				15	6
Acero + arena	1 500	2 (7,2)	30	15	12
				3 (10,8)	25

cuenta los problemas de seguridad. Cuando se trabaja en laderas, es aconsejable usar una barra de tiro fija en lugar de cadenas de modo que la barra pueda actuar como freno del rodillo. Otras condiciones son la maniobrabilidad, que incluye el retroceso (Schimitz *et al.*, 1991) y el uso de protecciones. La Lámina 66 muestra una protección importante tanto para el operador como para el animal de tiro.

La fuerza requerida para tirar un rodillo de cuchillos en avena negra en estado lechoso (sembrada a 100 kg/ha) fue de aproximadamente 3 430 N (350 kgf) por metro de ancho (Araújo, 1993).

El tiempo necesario para manejar la avena negra con un rodillo de cuchillos fue de cerca 3 h/ha con tracción animal y de 0,9 h/ha con tractor (Fundação ABC, 1993; Ribeiro *et al.*, 1993) si bien Schimitz *et al.* (1991) informaron de requerimientos de hasta 6 días/ha con animales de tiro.

La acción de aplastado de los rodillos de cuchillos interrumpe el flujo de savia de la planta, lo cual mata muchas de las plantas

anuales, si es aplicado en el momento oportuno (ver Lámina 67). Al respecto, la mejor operación ocurre cuando el cultivo es uniforme y se pasa el rodillo al inicio de la etapa reproductiva cuando las semillas aún no son viables; esto ocurre en el momento de la floración completa de las leguminosas y en el estado lechoso de los granos de las gramíneas (Calegari, 1990). En algunos ambientes tales como el África subsahariana es deseable que el cultivo de cobertura permanezca verde el mayor tiempo posible para evitar los incendios en la estación seca. En esta situación, un rodillo de cuchillos debería ser pasado al inicio de la estación de las lluvias, antes de la siembra.

Los diferentes métodos de manejo de los residuos de los cultivos de cobertura resultarán en diferentes tasas de descomposición de la biomasa. Araújo y Rodrigues (2000) compararon las tasas de descomposición de avena negra (*Avena strigosa*) en función del tratamiento mecánico; encontraron que después de 68 días los residuos remanentes en relación



Lámina 66 Estructura protectora para el operador y los animales de tiro.



Lámina 67 Avena negra matada con un rodillo de cuchillos.

con la cantidad fue del 59 por ciento para el rodillo de cuchillos, del 48 por ciento para una picadora de forraje y del 39 por ciento para la aplicación de herbicida. Un estudio similar, llevado a cabo por Gamero *et al.* (1997), indicó que, 75 días después, la cantidad de materia seca de avena negra fue un 68 por ciento para el rodillo de cuchillos y un 48 por ciento para la picadora de forraje. Los autores también encontraron una menor población de malezas cuando se usó el rodillo de cuchillos en comparación con la picadora de forraje.

Yano y Mello (2000) evaluaron la distribución de varios largos de corte de guandul (*Cajanus cajan*) como resultado de diferentes tratamientos mecánicos de los residuos de los cultivos de cobertura. La cortadora de pasto produjo un 70 por ciento de cortes de 100 mm comparado con un 45 por ciento de una pastera rotativa y un 22 por ciento del rodillo de cuchillos.

Otra desventaja del tratamiento mecánico de residuos de cultivos de cobertura muy den-

so es que si el cultivo es asperjado con herbicida antes del tratamiento mecánico, el dosel foliar principal puede prevenir que el herbicida llegue a las malezas que crecen debajo. Como alternativa, el cultivo de cobertura puede ser tratado con un rodillo de cuchillos y entonces asperjado, siempre que se proporcione suficiente tiempo a las malezas para aparecer a través del dosel foliar doblado a fin de asperjarlas debidamente. Esta opción es adecuada para los cultivos de cobertura densos, pero se debe tener en cuenta que el asperjado es más efectivo cuando el cultivo de cobertura no es denso.

¿Puede un rodillo de cuchillos sustituir a los herbicidas?

Los rodillos de cuchillos no están diseñados para el control de las malezas si bien el material cortado que producen puede contribuir a la supresión de las mismas. Uno de los objetivos de los cultivos de cobertura es presuprimir las malezas con una monocultura dominante la cual

a su vez puede matarse con un rodillo de cuchillos en el momento apropiado antes de la siembra del cultivo principal. Si el cultivo de cobertura es vigoroso y la incidencia de las malezas es baja, un rodillo de cuchillos puede ser suficiente para preparar el campo. Por ejemplo, en Tanzania, Schimitz *et al.* (1991) informaron que un rodillo de cuchillos había sido efectivo para el control de malezas en pastos hasta tres metros de altos, después del barbecho. Los factores que hacen que esta opción mecánica sea viable son:

1. Sembrar tan pronto como sea posible después de la destrucción del cultivo de cobertura.
2. Usar sembradores de precisión con el mínimo disturbio de la ranura.
3. Para las sembradoras de precisión que crean un cierto disturbio de la ranura, sembrar antes que el cultivo de cobertura sea tratado de modo que los residuos cubran la ranura abierta por la sembradora.

Manejo de los residuos por medio de abresurcos, sembradoras y sembradoras de precisión: micromanaje de los residuos de los cultivos

El micromanaje hace referencia a la forma en que son manejados los residuos directamente por los abresurcos y la función que tienen los residuos en la operación de la ranura. Existe el inconveniente de que los diseñadores de equipos de muchos abresurcos para labranza cero todavía continúan considerando los residuos como un obstáculo indeseable. Si bien reconocen el macrovalor de los residuos para la labranza cero, los diseñadores a menudo no reconocen el microvalor de los residuos para las funciones del abresurcos y los resultados de la siembra. Como se explicó en el Capítulo 5, la altamente deseable Clase IV de cobertura de las ranuras es posible solamente si, en primer lugar, el suelo está cubierto por residuos y los

abresurcos son diseñados de tal forma que retengan esos residuos sobre la ranura.

Manejo de los residuos por los abresurcos

Labranza en fajas

Todos los abresurcos cortan los residuos superficiales con el suelo. No hay forma de evitar esto. En los climas fríos, donde los residuos superficiales consisten de materia orgánica acumulada sin descomponer, tal incorporación puede ser beneficiosa, pero en todas las otras circunstancias, algunos de los valores de la labranza cero se pierden cuando los residuos son incorporados, aun a escala de una simple faja. Además, la labranza en fajas se opone a alguno de los objetivos de la verdadera labranza cero en la zona de siembra.

Remoción hacia un lado

Todos los abresurcos de azada, cuchillas, dientes, discos planos angulados y discos cóncavos angulados empujan hacia un lado el suelo y algunos de los residuos superficiales a medida que avanzan sobre el terreno. Los abresurcos de discos también empujan algunos residuos dentro del suelo y los entretajan en las ranuras de siembra. Con los abresurcos de azada y de cincel, si el residuo es algo grueso y de cierta longitud, se acumula en la barra de tiro del abresurcos y no es movido hacia un lado, lo que causa el bloqueo del abresurcos. Los abresurcos de tipo de disco angulado no tienen este problema pero, en cualquier caso, el residuo que es empujado hacia un lado tendrá una influencia insignificante sobre el microambiente que se crea dentro de la ranura.

Por otro lado, dado que por lo general los residuos están amontonados en uno o los dos lados de la ranura (Lámina 68) es necesaria una cuidadosa elección y operación del elemento usado para que recolecte algunos de los residuos y los devuelva a la zona de las ranuras

(cobertura Clase III), si bien es probable que se mezclen con el suelo. Este proceso ocurre si el suelo permanece seco y friable; si el suelo estuviera húmedo, se crea un efecto adhesivo y el valor del residuo se pierde al ser arrastrado en el suelo pero no a la ranura.

Empuje hacia abajo o a través de la tierra

Todos los discos, en mayor o menor medida, empujan los residuos superficiales hacia abajo. Los abresurcos de triple disco generalmente empujan hacia abajo mientras que los de discos angulados empujan hacia el costado y a través de la tierra. Dado que es imposible cortar todos los residuos en el mismo momento, el problema del empuje hacia abajo es que una parte de los residuos se dobla y entra en la ranura, y queda en cierto modo «clavada» en esta.

Las tendencias de los diferentes discos a «clavar» dependen de varios factores:

1. **Afilado del disco:** los discos más afilados es más probable que corten y que no «claven», pero es imposible mantener los discos afilados en todo momento.
2. **Fragilidad de la paja:** la paja quebradiza es probable que se rompa más que la paja fibrosa; la fragilidad en sí misma es función de la especie, la humedad y el estado de descomposición.
3. **Firmeza del suelo:** un suelo firme ayuda a la adhesividad del disco (efecto de martillo) más que en el suelo blando; en los suelos blandos hay más «clavado».
4. **Velocidad:** la mayor velocidad de operación por lo general reduce el «clavado»; la paja tiene menos tiempo para doblarse en razón de la inercia y es, por lo tanto, más probable que se corte o se rompa.
5. **Presencia de paja o restos pequeños:** cuando la paja queda sobre una capa de restos finos, como sucede corrientemente, esos restos proporcionan una capa blanda debajo de la paja la cual actúa como un suelo blando y favorece el «clavado»; peor aún, una parte de los restos pequeños puede ser empujada hacia abajo dentro de la ranura donde el problema



Lámina 68 Residuos acumulados a un costado en una ranura para labranza cero.

del «clavado» es más grave al entrar en contacto con la semilla.

6. Diámetro del disco: los discos de diámetros menores, en razón de su menor área de contacto, pondrán más presión sobre los residuos que los discos grandes y, por lo tanto, es más probable que corten el residuo en lugar de «clavarlo»; pero es más probable que los discos pequeños arrastren, ya que los discos grandes tienen un ángulo de corte más plano sobre la superficie del suelo.
7. Diseño de los discos: los discos de bordes ondulados, en razón de su tendencia al autoafilado, cortan mejor que los discos planos; los discos con muescas no permanecen más afilados que los discos planos pero cortan más residuos en razón de su función de cortar en tajadas con las puntas de las muescas y la mayor presión de la huella de las mismas.

Doblado desde abajo

La versión de discos de los abresurcos de ala manipula los residuos superficiales, primeramente empujando un disco con muescas a través de los residuos y después usando las alas laterales del lado de las láminas para doblar el residuo y el suelo hacia arriba y hacia afuera, mientras la semilla y el fertilizante son depositados en la ranura. Son seguidos por un par de ruedas para regular la profundidad y la compresión que doblan el material por detrás de la ranura ya sembrada. El resultado final es una ranura horizontal cubierta con suelo y residuos (cobertura Clase IV) en casi el mismo nivel en que fueron colocados el suelo y los residuos antes de la siembra.

La cantidad limitada de «clavado» vertical causado por los discos con muescas tiene escasas consecuencias porque, a diferencia de otros abresurcos para labranza cero, la semilla es colocada a un lado de la ranura del disco central y separada de la paja «clavada». De esta forma la semilla es efectivamente se-

parada de cualquier material «clavado» y, en cambio, se beneficia de la presencia de los residuos sobre la ranura (ver Capítulo 5).

Limpiadores de surcos

Un método para ayudar a los abresurcos para labranza cero a operar en los residuos es limpiar el surco inmediatamente antes de su paso. Los aparatos diseñados para ello son conocidos como limpiadores de surcos o para manejar los residuos.

En la labranza cero en pequeña escala a menudo no es posible usar abridores de discos por el peso necesario para empujarlos en la tierra, comparado con los abresurcos de dientes o de cincel. Los limpiadores de surcos requieren un pequeño peso adicional ya que la mayoría trabajan solo sobre la superficie de la tierra. En estas situaciones pueden hacer posible la labranza cero o tener que desistir de ella.

Con el equipo para labranza cero en gran escala, donde el peso no es un problema, los limpiadores de surcos a menudo son usados en primavera para remover los residuos del área inmediata al surco y permitir que la luz del sol caliente la tierra rápidamente después del frío del invierno (a menudo helada).

La mayoría de los limpiadores de surcos tienen ruedas rotatorias con dientes, discos con muescas o rastrillos colocados en ángulo con la dirección de avance de la máquina por delante de los abresurcos. Los dientes apenas tocan el suelo lo cual provoca que roten como un rastrillo volcador de heno. En este proceso, barren los residuos a uno o a ambos lados moviendo la menor cantidad de suelo posible.

Con residuos más gruesos, se pueden colocar dos ruedas en ángulos opuestos y los dientes sincronizados al frente para reducir la fuerza lateral de todo el aparato, barriendo los residuos a ambos lados del surco y no a un solo lado. La Lámina 69 muestra un



Lámina 69 Un par de ruedas en estrella sincronizadas (limpiadores de surcos) para empujar los residuos hacia un lado.



Lámina 70 Un par de limpiadores de discos, con muescas, angulados, diseñados para empujar los residuos a los dos lados y delante del abresurcos.

limpiador de surcos que consiste en un par de ruedas dentadas sincronizadas. La Lámina 70 muestra una rueda con muescas sin sincronizar diseñada para colocar los residuos a un lado.

Corte de la paja en trozos cortos

Hay una longitud crítica para la mayoría de las pajas por encima de la cual se doblan y se envuelve en la máquina, lo que da rigidez a

todo el equipo (por ej., los dientes). El cortar la paja en trozos relativamente cortos permite que esta se aleje del equipo y no lo envuelva. Otros objetivos de cortar la paja se remiten al origen de la labranza que facilita la incorporación al suelo y facilita el proceso de descomposición.

Para sembrar sobre residuos de maíz con los abresurcos de cincel, Green y Eliason (1999) recomendaron que el largo de los cortes no debería ser mayor que el espacio entre los cinceles de los abresurcos.

La paja cortada también puede quedar sobre la tierra más fácilmente y más cerca de la misma que la paja larga y puede, por lo tanto, proporcionar una cobertura más efectiva. Por otro lado, un abresurcos efectivo para labranza cero deberá asegurar que aun la paja larga se se coloque de nuevo sobre la tierra después que el mismo haya pasado (ver Lámina 61).

Una de las formas más efectivas para obtener paja cortada es colocar un cortador de paja en la parte trasera de la cosechadora. Tal aparato no es bien aceptado por los operadores porque consume considerable potencia y es otro componente que debe ser ajustado correctamente en una máquina que es sin duda compleja. En cualquier caso, raramente cortan toda la paja, con el resultado que las pajas más largas pueden eventualmente acumularse en los abresurcos no equipados para su manejo.

Otros métodos producen paja cortada con un cortador separado. Algunas de esas máquinas incorporan la paja al suelo a medida que la cortan lo cual se aleja de la verdadera labranza cero porque causa un cierto disturbio del suelo.

Un tercer enfoque son los residuos verticales donde la paja es cortada y soplada en una ranura vertical creada simultáneamente por un abresurcos grande instalado en la máquina (Hyde *et al.*, 1989; Saxton, 1990). El resultado es una serie de ranuras verticales llenas de paja que solucionan el problema de disponer de los residuos y al mismo tiempo proporcio-

nan una zona de entrada para la infiltración del agua.

Dado que no hay una labranza general, los residuos verticales complementan la labranza cero pero la ausencia de una cobertura horizontal de superficie reduce las opciones para maximizar los beneficios de la verdadera labranza cero. La Lámina 71 muestra un prototipo de una máquina para residuos verticales en los Estados Unidos de América.

Corte de la paja en el campo

La forma más obvia de manejar los residuos superficiales largos en el lugar es cortar un pasaje a través de los mismos con alguna herramienta afilada. Por lo general, los discos son la herramienta más usada pero hay otros tipos como los cuchillos rígidos y las rotativas a motor.

Cuchillos rígidos

Estos cuchillos trabajan por un corto período solamente si los bordes cortantes permanecen suaves y muy afilados pero su uso durante un largo tiempo es imposible porque el corte de residuos causa varios tipos de daños y especialmente la abrasión de las piedras y el suelo. La Lámina 72 muestra un abresurcos con borde de cuchillo con acción de separador combinada con un borde afilado en un intento de romper o cortar los residuos. La rotura no ha sido exitosa a causa de imperfecciones que se desarrollaron rápidamente en el borde en contacto con piedras lo que resultó en el arrastre de la paja. Esto llevó al deterioro del efecto de corte y al bloqueo de la máquina.

Hojas rotativas a motor

Estas hojas, tales como los abresurcos movidos por la toma de fuerza, no siempre son exitosas. Para ser más efectivas como un pulverizador de suelo, las hojas para labrar a motor son por general en forma de L. La parte

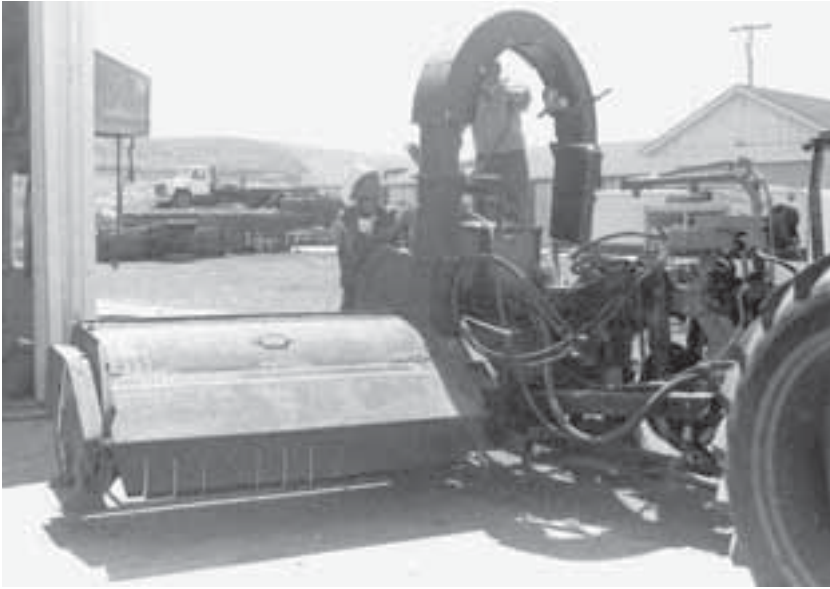


Lámina 71 Prototipo de una máquina para residuos verticales.

horizontal de la L es importante porque levanta, da velocidad al suelo y lo arroja contra la protección que lo rodea, rompiéndolo en partículas más pequeñas. Lamentablemente, la L horizontal también es un excelente lugar

para que se enganchen y envuelvan los residuos. Como consecuencia, las hojas en forma de C colocadas hacia atrás son usadas a menudo en las situaciones en que se encuentran residuos porque permiten que estos se separen

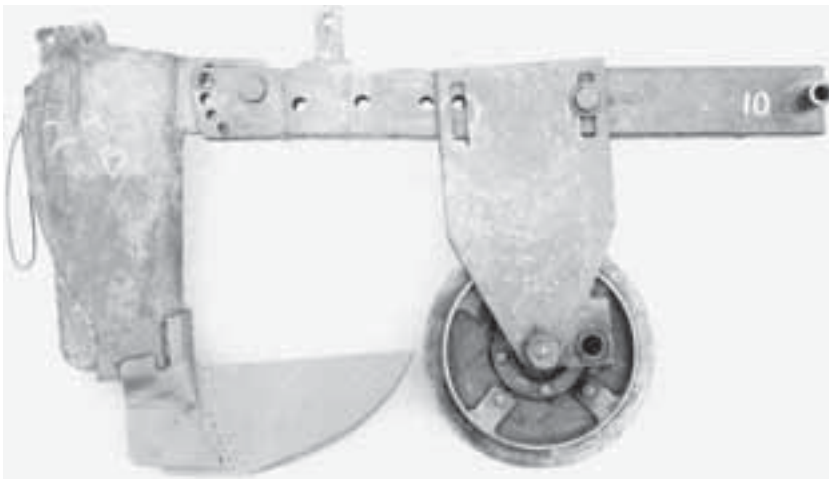


Lámina 72 Prototipo de abresurco con borde de cuchillo diseñado para separar y cortar los residuos (de Baker *et al.*, 1979a).

a medida que las hojas rotan. Sin embargo, las hojas en C no tienen una parte realmente horizontal y como resultado son menos eficaces que la pulverizadora de suelo.

Discos

Pueden ser más eficaces para romper o cortar la paja pero, como se explicó previamente, su acción es altamente dependiente de la firmeza del suelo contra el cual deben cortar la paja y de la fragilidad de la misma paja. Al margen del diseño del disco, ningún disco será capaz de cortar todos los residuos en una sola pasada.

El corte de la paja húmeda fibrosa es particularmente difícil y el corte contra el suelo húmedo es más difícil aún. Una variación que se ha estudiado es anexar un motor al disco a fin de que gire más rápidamente que la velocidad periférica de avance. El objetivo es crear una acción de corte a medida que el disco aprieta el residuo contra el suelo. La Lámina 73 muestra un prototipo de disco motorizado.

Otra variación incluye la vibración del disco a medida que gira por medio de una toma de fuerza en el centro del disco. Ambas opciones de discos a motor tienen, sin embargo, el inconveniente de su costo y de su complejidad al requerir tomas de fuerza individuales en múltiples abresurcos junto con la interrupción del flujo de residuos entre los abresurcos adyacentes debido al gran volumen de esos motores en el centro de los discos. Por otra parte, otros diseños no motorizados obtienen resultados similares a un costo menor.

El diámetro más apropiado de los discos para manejar los residuos agrícolas ha sido siempre un tema de discusión. Los discos de diámetro pequeño tienen una superficie de contacto menor y, por lo tanto, entran mejor en el suelo que los discos más grandes. Por esta razón, también cortan los residuos mejor que los discos grandes. Sin embargo, cuanto más cerca al suelo esté el eje del disco, más fácil será detener su rotación, cuando el espesor de los residuos sobre el suelo excede la

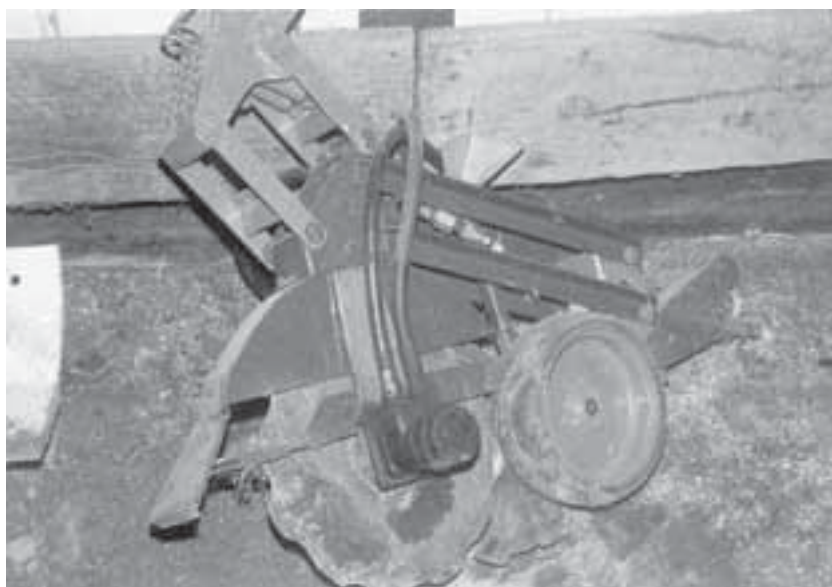


Lámina 73 Abresurcos de disco movido por toma de fuerza diseñado para girar más rápido que la velocidad de avance en el suelo.

altura del eje del disco. Además, un disco de diámetro grande tiene un ángulo más llano de acercamiento entre el borde delantero del disco y la tierra, por lo que será menos probable que empuje los residuos hacia delante y más probable que los atrape en la zona de contacto y después pase por encima o los corte. La medida más apropiada del disco es aquella que tiene suficiente penetración pero al mismo tiempo evita la detención del disco. Los diámetros más apropiados de discos usados en agricultura parecen estar entre 450 mm (18 pulgadas) y 560 mm (22 pulgadas) y son ampliamente usados en los abresurcos para labranza cero.

DISEÑO DE LOS DISCOS. Otro punto de debate es el diseño de los discos. Los discos pueden ser esencialmente de cinco diseños.

DISCOS CHATOS PLANOS (LÁMINA 74). Son los discos más usados en los abresurcos para labranza cero. Son la opción más económica para fabricar y tienen un borde afilado si bien los

experimentos han mostrado que el borde afilado no siempre es necesario. Requieren la menor fuerza de tracción de todos los diseños para asegurar el rodado, lo cual no es una desventaja cuando se usa en residuos cortos en pie, pero puede ser una desventaja en los residuos altos en pie. Cuando son afilados, se intentan usar para cortar los residuos pero, a medida que el borde pierde filo, tiende a enterrarse en lugar de cortar. En este caso, tienen una fuerte tendencia a «clavar» cuando son configurados como doble discos, discos planos angulados o como un predisco simple vertical.

Una característica favorable de los discos planos es que pueden manejar materiales leñosos en mejor forma que muchos otros discos. El borde suave tiende a empujar hacia afuera el material leñoso mientras que otros tipos de discos pueden cortar y enredar los materiales leñosos sin realmente cortarlos, lo cual previene la rotación del disco.

DISCOS PLANOS DE BORDE ONDULADO (LÁMINA 75). Estos discos están diseñados para obtener una



Lámina 74 Disco chato plano.



Lámina 75 Disco plano con borde ondulado.

máxima tracción mediante la interrupción de los bordes de los discos con una serie de ondulaciones. Estas ondulaciones, diseñadas para forzar el disco en el suelo, aseguran su rotación incluso cuando hay residuos gruesos. Por razones aún no comprendidas, los discos ondulados se autoafilan. Como tales, su acción es principalmente de corte, a diferencia de los discos planos, y además son algo menos propensos a «clavar». Las fuerzas de penetración son similares a las de los discos planos chatos. Si bien los discos de borde ondulado son más afilados que los discos planos, lo que hace que penetren más fácilmente, su ondulación realmente aumenta su área de contacto y las fuerzas de penetración necesarias aumentan en lugar de disminuir.

Su tendencia al autoafilado también da lugar a una tasa de desgaste relativamente mayor. Las ondulaciones también son zonas propicias para que se adhieran los suelos pegajosos, lo que interrumpe así su función. Su uso más común es como un solo pre-disco delante de los componentes rígidos tales como los abresurcos de azada. También pueden tener la función de aflojar el suelo delante de los abresurcos de doble disco para contrarrestar la tendencia a la com-

pactación. Por esta razón, algunas veces son conocidos como turbodiscos.

DISCOS PLANOS, CON MUESCAS O FESTONEADOS (LÁMINAS 25 Y 53). Estos discos tienen muescas semicirculares cortadas en su periferia, dejan cerca del 50 por ciento de la misma como «puntos», o sea una parte del disco sin alterar el y el 50 por ciento como incisiones. El objetivo es reducir el área de contacto sobre la tierra, lo cual ayuda a la penetración cuando se lo compara con los discos planos y empuja el disco hacia el suelo para ayudar a la tracción. Los «puntos» del disco penetran en el suelo en primer lugar y presentan aproximadamente la mitad del área de contacto de un disco plano de la misma dimensión, si bien las zonas de las incisiones de las muescas también penetran eventualmente en el suelo a una menor profundidad. El efecto final, por lo tanto, es una penetración más fácil que con los discos planos o con los discos de borde ondulado.

Más aún, a medida que los «puntos» penetran en el suelo, cambian ligeramente su ángulo de ataque a medida que progresan alrededor del círculo rotatorio. Esto tiene el efecto importante de que los bordes casi verticales de los «puntos» en las incisiones resbalan dentro del suelo a varios ángulos y producen una acción de cortado contra una parte del residuo; esto corta esa porción del residuo más efectivamente que cuando es presionada solo desde arriba, como ocurre con los otros tipos de discos.

DISCOS CÓNCAVOS O EN FORMA DE PLATO (LÁMINAS 9 Y 10). Estos discos están casi siempre angulados respecto a la posición de avance de la máquina. Como tales, la fricción contra los mismos se incrementa, en comparación con los discos planos que se mueven en forma directa hacia delante. Por lo tanto, tienen buena tracción y es menos probable que se frenen en residuos planos y pesados como los discos planos; sin embargo, tienen todos los otros

atributos de los discos planos, entre ellos los requerimientos de potencia y la tendencia a «clavar» residuos.

Una de las dificultades que se encuentra con todos los discos angulados es la entrega de las semillas en las ranuras en forma de U creadas detrás del disco. Por lo general, se coloca un cincel cerca del disco debajo de la tierra pero el espacio entre este cincel y el disco es un punto de recolección de residuos cuando se usa en la labranza cero. Es necesario ajustar continuamente este espacio, de lo contrario se bloquea con frecuencia.

Una forma de solucionar el problema es poner un resorte en el cincel de modo que este frote el disco en ese punto. Una ventaja de los discos en forma de plato es que su curvatura les concede considerable resistencia, lo que permite que sean hechos de un acero más fino que el que habitualmente se usa para los discos planos de cualquier tipo. Esto a su vez tiene claras ventajas respecto a la penetración y al afilado. Por ejemplo, un disco de 3 mm de espesor requerirá solamente un 60 por ciento de la fuerza de penetración requerida por un disco de 5 mm, si bien en los discos en forma de plato esta ventaja es superada por la resistencia a la penetración de la parte convexa del disco.

DISCOS EN FORMA DE PLATO CON MUESCAS. Estos discos combinan los atributos de los discos en forma de plato con aquellos de discos con muescas. Si bien tales diseños han sido usados sobre todo para residuos fuertes cuando se cultivan tierras nuevas con arbustos nativos caídos o achaparrados, no se conocen abresurcos para labranza cero que usen este principio en una mejor forma. Del mismo modo, no se conocen abresurcos para labranza cero que usen los discos con borde ondulado.

Realineamiento de los residuos sobre la tierra

Un enfoque actual para evitar el «clavado» con los discos planos es el uso de dedos para

realinear los residuos delante de los discos. Una sembradora de origen estadounidense tenía dientes elásticos verticales diseñados para agitar y empujar la paja sobre el suelo de modo que cada trozo de paja quedaba paralelo al disco que se acerca. Se suponía que esto evitaba la tendencia de los discos a pasar por encima de la paja, o sea el primer paso para el «clavado». Sin embargo, la naturaleza enmarañada de muchos residuos de paja hizo que este enfoque nunca fuera satisfactorio.

Golpeado

Otro enfoque nuevo para para la operación de discos planos o con borde ondulado delante de dientes rígidos ha sido el intento de golpear cualquier residuo que se junta en la parte delantera de los dientes; un solo disco operando delante del diente rígido no permite que el diente pase limpiamente y en todo momento a través de los residuos sobre el suelo. Algunas veces puede hacerse un corte nítido delante de un diente si hay paja corta pero a menudo con residuos enraizados largos puede ser otro problema. Sin considerar si el disco corta bien los residuos, siempre habrá restos sin cortar y al pasar el disco los arrastrará o envolverá en el diente. Aun cuando el disco esté cercano o incluso tocando el lado frontal del diente, los residuos se juntarán en esa parte frontal. Además, es más difícil asegurar que el disco permanezca permanentemente tocando el diente cuando ambos están sujetos a un desgaste normal.

Diseñadores escoceses crearon un aparato autogolpeador (Lámina 76). Dos dedos empujados por elásticos se adjuntaron al centro del disco de tal manera que a medida que el disco rota los dedos entran en tensión contra la tierra. En un cierto momento de la rotación, cada uno de los dedos salta y golpea hacia arriba a alta velocidad delante del borde del diente, lo que remueve los residuos recolectados. Otros aparatos similares han sido usados por los autores pero estos fueron agregados a ruedas separadas que corren a lo largo del diente.



Lámina 76 Aparato para golpear diseñado para la autolimpieza de los dientes fijos.

Los aparatos golpeadores trabajan bien con residuos secos y livianos pero cuando los residuos son pesados y especialmente cuando están húmedos tienden a interferir con la acción de golpeado. El hecho de no remover la paja del diente con cualquier tipo de golpeador se convierte en un problema acumulativo que eventualmente conduce al bloqueo del diente.

Aplastado de los residuos

Para sobreponerse a la naturaleza del golpeado se ha recurrido al más predecible aplastado de los residuos con resultados variables. Para este aplastado, las ruedas están ubicadas a lo largo de los dientes de modo que continuamente pasan sobre un lado de los residuos envueltos alrededor de los dientes. La intención es que el residuo sea removido hacia un lado. Aun cuando esto pueda ocurrir, la presencia de las ruedas generalmente interfiere con el libre paso de otros residuos entre los abresurcos.

Autolimpieza por la caída de los residuos fuera de los dientes

Siempre que haya suficiente espacio alrededor de cada diente, la mayoría de los residuos acumulados en la parte frontal de estos simplemente caerá en razón del propio peso acumulado. Pero, esto no siempre ocurre, especialmente con los residuos húmedos, y es necesario detener la máquina a intervalos irregulares para su limpieza. Estos residuos acumulados interfieren con las operaciones siguientes y son una molestia en el momento de la siembra.

La desventaja más importante de este principio es, sin embargo, la necesidad de espacio en la sembradora para la separación de los dientes individuales. Las sembradoras de este tipo están limitadas a un espaciamiento relativamente grande (250 mm o mayor) y el área ocupada por los dientes interfiere con la superficie detrás de los mismos y con la entrega de las semillas.

Lamentablemente, algunos diseñadores y operadores desean un mayor espacio entre los surcos de las sembradoras, más de lo que es agrónomicamente deseable, expresamente para tener más espacio para los residuos; en la labranza cero, para conservar la humedad del suelo, se debería permitir un espacio más reducido entre surcos que el usado en la labranza convencional, lo que resultaría así en un mayor potencial de rendimiento de los cultivos. Un ejemplo de sembradora con amplio espacio entre surcos se encuentra en la Lámina 14.

Combinación de componentes rotatorios y no rotatorios

Un nuevo e importante principio para el manejo de los residuos fue diseñado en 1979 (Baker *et al.*, 1979b). Consiste en frotar el borde delantero de un componente rígido como el diente, el cincel o la lámina contra la cara vertical en movimiento de un disco plano. Para que la acción del frotado sea autoajutable al desgaste, los componentes fijos deben ser afilados de modo que presenten un borde agudo contra el disco pero que disminuye gradualmente hacia afuera en la parte posterior. De esta manera, es sostenido contra el disco por las fuerzas laterales a medida que pasa por el suelo. Si dos de estos componentes de frotación se colocan uno a cada lado del disco todas las fuerzas del suelo serán simétricas lo que evitará una carga lateral indeseable de los discos y sus cojinetes.

El diseño se encuentra en las Láminas 25 y 46. En el diseño de la versión de discos de un abresurco de ala, se ha aprovechado la oportunidad de colocar la semilla en la base de la ranura dirigiendo su caída entre una lámina fija y la cara correspondiente del disco. Al dirigir el fertilizante en manera idéntica en la otra cara del disco se obtiene un método efectivo de separación horizontal de la semilla y el fertilizante dentro de la ranura (ver Capítulo 9).

En esta acción de frotación están involucrados cuatro principios importantes:

1. El contacto íntimo entre las láminas fijas y los discos móviles permite que cualquier residuo que pase el disco pase también todo el conjunto, de tal modo que los abresurcos con un diente rígido o una lámina puedan manejar los residuos como un abresurco de sólo discos. La combinación de un disco y un componente rígido ha llevado a una notable capacidad de manejar los residuos. Esto es importante porque los abresurcos de solo discos pierden alguna de sus funciones para abrir ranuras en favor del manejo de los residuos. Los mejores microambientes en la labranza cero generalmente son creados por las ranuras horizontales formadas por un diente rígido (ver Capítulo 4).
2. El contacto entre el componente rígido y el disco giratorio es lubricado por una fina capa de suelo (Brown, 1982). Esto significa que el componente rígido puede ser manufacturado de un material más duro (y, por lo tanto, más resistente al desgaste) que el disco, sin cortar en la cara del disco en medida apreciable.
3. Debe haber una pequeña cantidad de precarga entre el componente rígido y el disco, si bien en la operación el suelo los aprieta continuamente en forma conjunta. A medida que entra en el suelo y antes que las fuerzas hayan apretado los dos componentes conjuntamente, un solo trozo de paja puede ocasionalmente quedar insertado entre los componentes si no hay una precarga entre ellos. Este residuo los mantendrá separados por un instante; entonces es probable que otro trozo de paja entre en el hueco, eventualmente con el resultado de bloquear el sistema.
4. Hay un efecto de frenado del disco causado por la frotación en los componentes rígidos. Por esta razón, la tracción del disco debe ser maximizada. Los discos planos con muescas son los más comúnmente usados para este tipo de abresurcos si bien también se han usado discos planos chatos.

Los discos de borde ondulado son inadecuados porque es necesaria una superficie continua para que el contacto entre el disco y la lámina sea efectivo.

Paja húmeda comparada con paja seca

La acción de la mayoría de los abresurcos es afectada por la fragilidad de la paja, la cual a su vez es función de la humedad o la sequedad así como de otros atributos físicos tales como el contenido de fibra. Después de la aplicación de herbicidas o de matar físicamente el material en crecimiento, los residuos pierden agua y se vuelven particularmente correosos. En algunos casos, los mejores resultados se obtienen esperando 10-15 días de modo que los residuos se secan completamente y son más fácilmente cortados por los discos. Esto también permite que el material de las raíces se comience a descomponer, lo cual hace que el suelo tenga más terrones y resulta en una mejor formación de las ranuras. En otras situaciones, la siembra podría ser hecha antes o inmediatamente después que los residuos mueren, siempre que la competencia por el agua del suelo no ocurra entre el cultivo y el cultivo de cobertura antes de matar esta última.

Por otro lado, la paja normalmente es más quebradiza inmediatamente después de la cosecha. Los discos son más efectivos cuando trabajan sobre paja quebradiza en tiempo cálido y cuando la superficie del suelo es firme. Los residuos a menudo se vuelven más quebradizos a medida que pasan el invierno en el campo, lo que facilita la siembra con labranza cero en primavera.

El problema a favor y en contra de los raspadores

Una reacción natural a los problemas de acumulación de suelos y/o residuos adheren-

tes sobre los componentes rotatorios de los abresurcos es colocar estratégicamente raspadores y deflectores para remover el material indeseado. Tales raspadores y deflectores pueden variar desde aquellos diseñados para separar los residuos que llegan cerca del abresurco (por ej., Lámina 77) a aquellos diseñados para proteger una parte específica del abresurcos. La Lámina 78 muestra un raspador circular diseñado en Canadá para remover el suelo del interior de los abresurcos de doble disco.

Sin embargo, muchos raspadores crean más problemas de los que solucionan. A menudo simplemente presentan otro punto en el que se puede acumular el material indeseado. Si bien pueden eliminar el problema original de la interferencia con una parte crítica del abresurcos, raramente solucionan el problema de la acumulación de los residuos. Con la versión de discos de los abresurcos de ala, las láminas laterales y los raspadores para limpiar los discos (Lámina 79) operan por debajo de la tierra y son, por lo tanto, de auto-limpieza.

Distancia entre los abresurcos

Si bien los abresurcos individuales son diseñados para manejar libremente los residuos superficiales sin bloquearse, la ordenación de múltiples abresurcos para manejar residuos en surcos estrechos es por lo general un problema de difícil solución. Los principios más importantes generalmente involucran el espaciamiento lateral. Para ofrecer suficiente espacio lateral entre los abresurcos adyacentes de modo que pasen los residuos es necesaria una distancia mínima de 250 mm. Aun así, las acciones de los distintos abresurcos pueden interferir con los abresurcos vecinos y, por lo tanto, necesitar una mayor distancia. Aun en esos casos, el trabajo de los diferentes abresurcos puede interferir con los

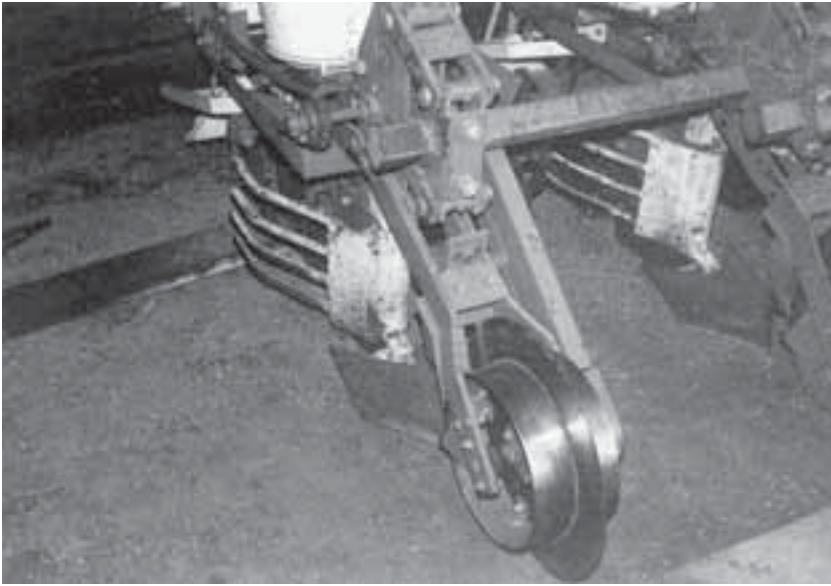


Lámina 77 Deflectores de residuos en una sembradora de maíz.

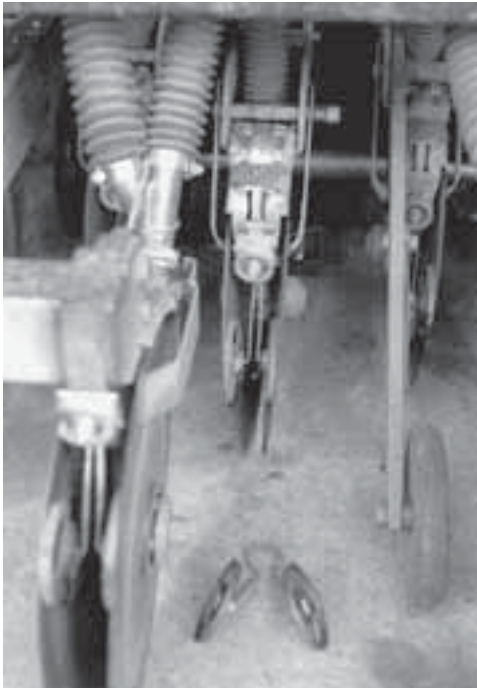


Lámina 78 Raspadores circulares para abresurcos de doble disco.

abresurcos vecinos y, por lo tanto, requerir un mayor distanciamiento.

Por ejemplo, una distancia de 250 mm podría ser suficiente para abresurcos que crean un disturbio mínimo del suelo (por ej., doble disco) pero pueden ser necesarias distancias mayores para los abresurcos que tiran la tierra (por ej., discos angulados y discos planos angulados), de azada o de ala. En estos casos, los abresurcos deben ser alternados colocando uno detrás y el siguiente más adelante para tener una distancia diagonal y una distancia lateral. Una alternativa a estas posiciones es crear distancias laterales mayores entre los abresurcos, pero esto significa incrementar la distancia entre los surcos, lo que puede ser agronómicamente indeseable.

El problema se complica más aún por las mayores fuerzas de penetración necesarias en la labranza cero que se aplican a la barra de tiro que conecta el abresurco al marco de la sembradora. La fuerza requerida por la barra de tiro para transmitir esas grandes fuer-



Lámina 79 Raspadores subterráneos en la versión de disco de un abresurco para labranza cero.

zas de penetración desalienta el uso de barras de tiro alternativamente largas y cortas para crear la distancia lateral y diagonal, especialmente si tales barras también son de tipo paralelogramo con pivotes múltiples. En contraste, las barras largas y cortas son comunes en sembradoras diseñadas para labranza convencional porque, en comparación, las fuerzas son menores.

Una forma de superar este problema ha sido colocar los abresurcos en barras de tiro separadas, una en frente de la otra. Esto permite que los abresurcos en cada barra de herramientas estén espaciados el doble de la distancia de separación de los surcos. En este caso, permite que se usen brazos largos para un arreglo en diagonal y lateral, de construcción fuerte y sin interferir indebidamente con el espacio entre los abresurcos.

El problema del espaciamiento lateral se encuentra principalmente en las sembradoras y no en las sembradoras de precisión ya que las sembradoras pueden tener espacios de hasta solo 75 mm mientras que las sembradoras de precisión raramente requieren espacios entre surcos menores de 375 mm.

Resumen de manejo de residuos

1. El problema físico más importante relacionado con el manejo de los residuos superficiales es el bloqueo mecánico.
2. El problema biológico más importante relacionado con el manejo de los residuos superficiales es el «clavado» de los residuos en la ranura para las semillas.
3. El macromanejo (en todo el campo) de los residuos superficiales se inicia con la cosechadora y es importante para el suelo y el manejo de los recursos de la labranza cero en general.
4. El macromanejo debería estar dirigido a una distribución uniforme de la paja y los restos menores sobre todo el campo. La trituración de los residuos es opcional.
5. El micromanejo de los residuos superficiales es una función de los abresurcos para labranza cero y es importante para controlar el microambiente de las ranuras para las semillas.
6. El micromanejo debería tratar de retornar los residuos sobre, pero no dentro,

- de la ranura de las semillas (cobertura Clase IV).
7. La labranza cero en gran escala casi invariablemente involucra el uso de herbicidas para matar la vegetación existente.
 8. La labranza cero en pequeña escala confía predominantemente en el manejo manual o mecánico de los residuos.
 9. Los rodillos de cuchillos son una herramienta útil para el manejo de residuos en la labranza cero en pequeña escala.
 10. Los residuos pueden ser clasificados como de «raíces cortas-anclados», «raíces profundas-anclados», «cortos chatos» o «largos chatos».
 11. Los residuos «largos chatos» son los más difíciles de manejar.
 12. Raramente es efectivo confiar solamente en el corte de los residuos. Ningún sistema corta todos los residuos al mismo tiempo.
 13. Los abresurcos de discos más típicos manejan los residuos bien pero también tienden a «clavar» la paja en la ranura, lo cual no es deseable.
 14. Los abresurcos con componentes más rígidos (de azada o de cincel) manejan pobremente los residuos en lo que respecta al bloqueo pero no los «clavan».
 15. La mayoría de los abresurcos que operan con la toma de fuerza manejan pobremente los residuos excepto cuando las hojas son en forma de C.
 16. Los discos con los bordes con muescas u ondulados manejan los residuos mejor que los discos lisos.
 17. Los discos de diámetro pequeño penetran en el suelo y en los residuos más fácilmente que los discos grandes pero es más probable que se bloqueen con residuos pesados.
 18. Los suelos firmes proporcionan un mejor medio para el manejo y corte de los residuos por parte de los abresurcos que los suelos blandos, lo que reduce el «clavado».
 19. Las pequeñas máquinas para labranza cero con abresurcos de diente (debido al costo) a menudo tienen un comportamiento pobre pero se favorece con la atención manual que prestan los operadores para el manejo de los residuos.
 20. El suelo y/o los residuos húmedos son más difíciles de manejar que el suelo y/o los residuos secos.
 21. Los raspadores, excepto cuando operan bajo tierra, son de valor limitado porque acumulan sobre sí mismos los residuos que recogen en otro lado.
 22. La cobertura vertical con residuos consiste en colocar la paja en ranuras verticales profundas dentro del suelo.
 23. Cualquier componente rígido del abresurcos tal como un diente o un cincel acumularán residuos, cualquiera que sea su diseño o de la colocación de un disco delante del mismo.
 24. Solamente cuando el borde delantero de un diente rígido es forzado a rozar en íntimo contacto la cara lateral de un disco plano giratorio, la combinación diente/disco maneja los residuos tan bien como un disco solo.
 25. La distancia mínima entre los abresurcos adyacentes para la autolimpieza de los residuos es de aproximadamente 250 mm, lateralmente, diagonalmente o en ambos sentidos.

11

Comparación del disturbio superficial y de los abresurcos de discos de bajo disturbio

C. John Baker

El disturbio de la superficie del suelo y los residuos a menudo representan la diferencia más visible entre los abresurcos para labranza cero; aún así los efectos más importantes pueden ser causados bajo la tierra.

El pasaje de una sembradora sobre un campo para labranza cero causa una variedad de perturbaciones en el suelo y en los residuos, que dependen sobre todo del diseño del abresurco, de la condición del suelo y de la velocidad de la operación. Estos disturbios son bastante visibles pero los impactos sobre el establecimiento de los cultivos y sus rendimientos pueden ser evidentes solamente en condiciones de estrés.

En la primera parte de este capítulo se revisan los principios de la siembra de los capítulos anteriores para relacionar los efectos del disturbio del suelo con la efectividad de las distintas formas de ranuras comunes en la labranza cero. En la segunda parte se comparan las características del diseño de los abresurcos comunes de tipo de discos ya que son principalmente estos discos los que crean las ranuras con menores disturbios.

Disturbio mínimo *versus* disturbio máximo de las ranuras – ¿Cuánto es demasiado disturbio?

La mayor preocupación está referida a los abresurcos que crean niveles de disturbio

significativamente diferentes tales como los discos simples comparados con un abresurco de azada ancha o de cincel. Estos resultados se conocen como disturbio mínimo *versus* disturbio máximo de los abresurcos. El disturbio mínimo crea el movimiento imprescindible para la inserción de la semilla con un solo corte por encima del residuo superficial mientras que el disturbio máximo mueve un importante volumen de tierra para crear la ranura para la semilla y permite que el suelo caiga o se mueva encima de la ranura y que el residuo se mueva fuera del surco.

Los residuos de los cultivos son vitales para la labranza cero. En realidad, son vitales para la agricultura sostenible. En el pasado, los debates acerca de los residuos superficiales se han centrado sobre todo en su macromanejo: el porcentaje de tierra cubierta por los residuos en relación al control de la erosión, sellado de la superficie, sombreado y la capacidad de las máquinas para su manejo físico. Actualmente se enfatiza la reducción del disturbio de los residuos durante la siembra para la protección contra la erosión gracias a las mayores cantidades de cobertura disponible.

El micromanejo de los residuos se centra en la influencia que los residuos tienen sobre las plántulas y el comportamiento de las plantas en los surcos individuales, todo lo cual redundará sobre el rendimiento de los cultivos.

Un aspecto se relaciona con la erosión del suelo; otro aspecto se relaciona con el rendi-

miento del cultivo. ¿Cuál de ellos es el más importante?

Pocos agricultores utilizarán la labranza cero si los rendimientos de los cultivos no se mantienen: la erosión del suelo y los beneficios serán considerados irrelevantes. Por lo tanto, se podría decir que el micromanejo de los residuos superficiales debería ser el primer objetivo en cualquier sistema de labranza cero. Lamentablemente, la historia enseña que esto raramente ha sido lo que ha ocurrido.

El disturbio mínimo de las ranuras tiene un significado diferente para distintas personas. Por ejemplo, un límite permisible del 30 por ciento de disturbio de la ranura significa que la zona alterada en surcos espaciados 150 mm puede ser de solamente 45 mm de ancho, una expectativa difícilmente obtenible con muchos abresurcos para labranza cero. Pero un 30 por ciento de disturbio en los surcos de maíz o algodón sembrados en surcos a 750-1 000 mm representa 225-300 mm de disturbio, un objetivo mucho más generoso.

Por esta razón, el desarrollo de abresurcos para labranza cero para trigo y otros cultivos en surcos angostos puede ser muy diferente de aquel de los cultivos en surcos anchos. Sin embargo, considerando que el trigo es el cultivo que cubre la mayor área en el mundo, las limitaciones de los abresurcos para cultivos en surcos angostos presentan el mayor desafío para los diseñadores de maquinaria.

El disturbio mínimo para labranza cero es el que causan los abresurcos que disturban la superficie de la tierra lo menos posible, y retienen intactos al menos el 70 por ciento de los residuos después de su paso y distribuidos uniformemente sobre la superficie de la tierra. Los abresurcos para disturbio mínimo incluyen los dobles y triples discos, utilizados siempre que el suelo no esté pegajoso; también incluyen la versión de los abresurcos de ala, algunos abresurcos de cuchillas para operar en condiciones de pocos residuos y algunos abresurcos angulados de discos para operar a baja velocidad en tierras planas y en suelos no friables.

El mayor disturbio en la labranza cero es creado por los abresurcos que levantan el suelo a un lado o que deliberadamente aran una faja de por lo menos 50 mm de ancho. Los abresurcos que causan disturbio máximo incluyen la mayoría de los tipos de azada, de cincel y de arrastre, los discos angulados que operan a alta velocidad y/o en laderas, los abresurcos de doble y triple disco en suelos pegajosos y los abresurcos movidos por la toma de fuerza.

Efectos del disturbio

El diseño del abresurco para labranza cero es de gran importancia en la entidad del disturbio de la ranura la cual a su vez tiene una influencia directa sobre múltiples factores directamente relacionados con la efectividad de las siembras en el sistema de labranza cero. Cada diseño será discutido usando muchos de los principios mencionados anteriormente pero, más específicamente, relacionados con la cantidad de suelo visible y con el disturbio de los residuos una vez que se ha realizado la siembra.

Cobertura de la ranura

En las tierras aradas es relativamente fácil cubrir las semillas con suelo suelto. Por lo tanto, la creación de fajas labradas localizadas en la labranza cero ha sido un objetivo obvio de algunos diseñadores de maquinaria para ese tipo de labranza. Sin embargo, no se ha dado una buena razón biológica para labrar regularmente o disturbar el suelo en la zona de la ranura que no sea compensar el mal trabajo de los abresurcos que colocan la semilla.

Muchos abresurcos para labranza cero y bajo disturbio cortan una ranura vertical en el suelo. Si bien esto crea un disturbio mínimo de la superficie (lo cual es deseable), salvo cuando el suelo está al mismo tiempo seco y con terrones, el cierre de las ranuras es difícil y es aún peor en suelos húmedos y

plásticos. Las ranuras para labranza cero que permanecen abiertas se secan y atraen aves, insectos y babosas que pueden hacer fracasar el cultivo incluso cuando las plantas hayan emergido del suelo. Este problema probablemente ha sido responsable de más fracasos de cultivos en la labranza cero que cualquier otro factor individual.

Los problemas de la cobertura pueden en gran parte ser solucionados, incluso cuando hay un disturbio mínimo de los residuos, al crear ranuras horizontales o en forma de T invertida (abresurcos de ala). La semilla es colocada en el plano horizontal del suelo a cada lado de esas ranuras y en el caso de los diseños avanzados el fertilizante es colocado en un plano idéntico en el otro lado de la ranura. Las partes horizontales con residuos que cubren el suelo se doblan hacia atrás para cubrir a ambos. Incluso si la abertura central se seca y se rompe, como es inevitable en algunos suelos sin labrar, ni la semilla ni el fertilizante quedan expuestos.

Mirando desde la superficie, las ranuras en forma de T invertida pueden parecer similares a las ranuras verticales en forma de V. Ambos tipos de ranuras son generalmente clasificados como de disturbio mínimo pero la diferencia está debajo de la superficie. Las ranuras en forma de V vertical pueden crear paredes laterales compactadas casi verticales y más angostas hacia la base; a menudo es difícil pasar un dedo entre ellas. Por lo general proporcionan coberturas de Clase I o, en el mejor de los casos, de Clase II. Por otro lado, las ranuras en forma de T invertida son más flojas debajo de la superficie, son más anchas a medida que son más profundas y por lo general es muy fácil pasar un dedo a través de las mismas, lo que proporciona una cobertura de Clase IV.

Microambiente dentro de la ranura

El mínimo disturbio de la ranura no siempre equivale a crear un microambiente favorable en la ranura, pero tampoco lo es un dis-

turbio máximo de la ranura. De hecho, el mejor microambiente en la ranura que puede proporcionar el disturbio máximo de las ranuras, raramente es mejor que un suelo labrado, pero puede ser mejor que las ranuras en forma de V mal hechas y cubiertas (cobertura Clase I).

Dentro de las varias ranuras mínimamente disturbadas, las ranuras horizontales (ranuras en forma de T invertida con cobertura Clase IV) crean un microambiente muy favorable encerrando el vapor de agua dentro de la ranura (ver Capítulo 5). Las semillas germinan dentro del equilibrio de la humedad relativa contenida dentro del aire del suelo siempre que esta humedad permanezca por encima del 90 por ciento. Los suelos labrados raramente contienen un punto de equilibrio de humedad relativa mayor del 90 por ciento debido al intercambio de aire con la atmósfera, mientras que los suelos sin labrar siempre tienen un equilibrio entre el 99 y el 100 por ciento. El problema radica en que la ranura para las semillas creada en un suelo sin labrar tenga la suficiente cobertura para encerrar el aire; lo cual generalmente significa residuos sobre el suelo; el potencialmente mejor microambiente en un suelo sin labrar se pierde y las semillas deben entonces contar solo con el microambiente de la ranura que no es mejor que el del suelo labrado.

Las ranuras verticales en forma de V (cobertura de Clase I o II) no encierran la humedad relativa dentro de la ranura y, por lo tanto, son las menos tolerantes de todas para labranza cero en condiciones secas.

Todas las ranuras que requieren algún tipo de labranza en fajas (cobertura de Clase IV) pertenecen a la categoría de disturbio máximo. Es probable que sean más tolerantes a las condiciones adversas que las ranuras en forma de V vertical, simplemente como función del suelo friable dentro de la ranura, pero son inferiores a las ranuras horizontales en forma de T invertida, las cuales también contienen agua en la fase líquida.

Las ranuras creadas por los discos angulados están entre los extremos. Como regla general, una ranura hecha por un disco angulado da lugar a un disturbio mínimo del suelo y contendrá un mejor microambiente dentro de la ranura que las ranuras con un disturbio mayor.

Pérdida de bióxido de carbono

La forma de la ranura y la retención de los residuos pueden afectar la capacidad de las ranuras para labranza cero para retener el bióxido de carbono. No hay duda que todas las ranuras para labranza cero ofrecen mayores ventajas que la labranza (Reicosky, 1996; Reicosky *et al.*, 1996). Pero las diferencias en el disturbio de las ranuras para labranza cero también pueden afectar la cantidad de dióxido de carbono que se pierde desde la zona de las ranuras.

Temperatura y humedad dentro de las ranuras

Algunos estudios han mostrado que la forma de las ranuras y la retención de residuos tienen solo efectos mínimos a corto plazo sobre el contenido de la fase líquida del agua y la temperatura del suelo, si bien ambas son afectadas en macroescala por la retención de los residuos (Baker, 1976a, b, c). Por otro lado, la práctica de remover los residuos de la superficie del suelo aumenta la temperatura en la zona de las ranuras y tiene un efecto considerable en primavera.

El objetivo de este proceso es exponer la zona de las ranuras a luz solar directa cuando el suelo se comienza a calentar—como sucede en primavera— lo cual a su vez causa su secado y, por lo tanto, aumenta la temperatura del suelo en la ranura. Esto genera la pregunta de si las semillas sembradas superficialmente debajo de una capa de residuos (cobertura Clase IV) sufren temperaturas más bajas que las semillas sembradas a mayor profundidad en ranuras sin cobertura, ya que la primera opción proporciona agua para la germinación

a menor profundidad e involucra un menor disturbio de los residuos.

Germinación de las semillas

En los Capítulos 5 y 6 se mostró que mientras las ranuras con disturbio mínimo promueven la germinación en los suelos secos, no todas las ranuras tienen un buen comportamiento en los suelos húmedos, aun cuando ocurre en algunos casos, tales como las ranuras en forma de T invertida. Tampoco una buena germinación concluye en una buena emergencia en los suelos secos.

Las ranuras con disturbio máximo no son ni mejores ni peores para promover la germinación; intentan emular los suelos labrados y como resultado, por lo general, tienen un comportamiento similar a los mismos.

Emergencia y sobrevivencia de las plántulas

En la labranza cero el momento crítico para las plántulas ocurre entre la germinación y la emergencia, tal como se ha discutido en el Capítulo 5. La retención de residuos superficiales sobre la ranura (ranuras en forma de T invertida, cobertura Clase IV) sostiene las plántulas debajo de la superficie del suelo hasta el momento de la emergencia mejor que un suelo suelto (cobertura Clase II-III), que a su vez es mejor que ninguna cobertura (cobertura Clase I). Además, los residuos retenidos en el suelo son deseables desde el punto de vista de la erosión. No todas las ranuras con disturbio mínimo crean coberturas de Clase IV, depende de la cantidad y condición de los residuos. La mayoría de las ranuras que crean un disturbio máximo son de cobertura Clase II-III.

Contacto semilla-suelo, frotación y compactación

La entidad del disturbio de la ranura visible desde la superficie de la tierra no siempre es

un buen indicador de lo que ocurre debajo del suelo respecto al contacto entre el suelo y la semilla. Por ejemplo, las ranuras en forma de V en los suelos pesados (disturbio mínimo) pueden crear cortes netos, frotación (si está húmedo) o aun compactación de las paredes de las ranuras pero, de cualquier manera, tienen un adecuado contacto suelo-semilla, incluso en los suelos secos, porque las semillas quedan apretadas entre las paredes verticales en forma de cuña. Sin embargo, esas semillas pueden germinar y morir (ver Capítulo 6), aun con un adecuado contacto suelo-semilla. En otros casos, las semillas sembradas en ranuras secas muy disturbadas pueden tener un buen contacto con el suelo pero pueden no germinar porque el suelo suelto conduce en mala forma el agua en la fase líquida.

En las ranuras en forma de T invertida (con disturbio mínimo), sin paredes verticales de las ranuras, el contacto semilla-suelo puede ser algo diferente del que se encuentra en las ranuras en U altamente disturbadas, pero, dado que las ranuras en forma de T invertida están cubiertas con residuos (cobertura Clase IV), la presencia de vapor de agua asegura la germinación y la emergencia.

Desarrollo de las raíces

Las ranuras en forma de V vertical crean un disturbio mínimo de la superficie pero pueden limitar el crecimiento de las raíces más que otros abresurcos, especialmente en los suelos pesados húmedos. El uso de prediscos de borde ondulado con esos abresurcos reduce las limitaciones de las raíces pero aumenta el disturbio del suelo.

Muchos de los abresurcos que causan un máximo disturbio, junto con los abresurcos de ala, presentan poca o ninguna limitación para el crecimiento de las raíces.

Infiltración en la zona de la ranura

El disturbio de la ranura tiene un efecto directo sobre la infiltración. Las lombrices de

tierra y otra fauna del suelo que se alimentan de los residuos superficiales crean canales que favorecen la infiltración. Las lombrices de tierra, a su vez, responden a la forma de colocación de los residuos. Los abresurcos que causan disturbio mínimo y que dejan o recolocan los residuos sobre la ranura favorecen la colonización por parte de las lombrices en la zona de la ranura, lo cual incrementa la infiltración.

Los abresurcos que causan el máximo disturbio pueden matar las lombrices que se encuentran en las inmediaciones. Cuanto más ancho y severo es el disturbio –especialmente si está involucrado algún mecanismo de abresurcos movidos por la toma de fuerza– mayor será la mortalidad de lombrices, pero las colonias cercanas de lombrices rápidamente recolonizarán las zonas afectadas.

Otros factores también contribuyen al problema. Por ejemplo, las ranuras con disturbio mínimo creadas por los abresurcos verticales de doble o triple disco compactan las paredes verticales de la ranura. Esto tiene un efecto negativo directo sobre la infiltración y el sellado así como también un efecto negativo indirecto porque las lombrices evitan las zonas compactadas.

Entretejido de los residuos

El efecto negativo más importante causado por los residuos cercanos a la zona de la ranura es el apelmazamiento dentro de la ranura (ver Capítulo 6). Los residuos descompuestos en un ambiente de suelos húmedos –y especialmente anaeróbico– producen ácido acético que puede matar las semillas y las plántulas que están en contacto con los residuos. En los suelos secos las semillas suspendidas en los residuos entretejidos tienen dificultades para llegar al agua en la fase líquida.

Todos los abresurcos para labranza cero de tipo de discos, por lo menos en algún momento, entretejen los residuos. Aún no ha sido diseñado un abresurcos que pueda manejar físicamente los residuos superficiales en surcos

estrechos sin la ayuda de los discos; la versión de discos del abresurco de ala separa físicamente las semillas del contacto directo con los residuos entretrejidos y así evita el problema. El ácido acético es rápidamente descompuesto en el suelo por las bacterias por lo que pequeñas distancias de separación son efectivas; sin embargo, todos los abresurcos de doble disco y de discos angulados, tanto inclinados como verticales, tienen problemas de entretrejido y las semillas quedan atrapadas en los residuos.

Colocación del fertilizante en bandas

La colocación del fertilizante en bandas, cerca de las semillas pero sin tocarlas, es fundamental para maximizar los rendimientos de los cultivos (Baker *et al.*, 1996; Fick, 2000). Algunos diseñadores obtienen este resultado combinando dos abresurcos en forma conjunta, lo cual incrementa el espacio entre surcos y el disturbio superficial o usan la siembra en surcos alternados; un surco de fertilizante entre dos surcos de semillas. Otros usan al mismo tiempo abresurcos separados para el fertilizante lo cual aumenta aún más el disturbio de la ranura. Existen otros abresurcos dobles (por ej., versión de discos de abresurcos de ala) que han sido diseñados a propósito sin sacrificar el espacio entre surcos o el disturbio superficial (Baker *et al.*, 1979b).

Erosión del suelo

Dado que la retención de los residuos superficiales es el mecanismo más efectivo para controlar la erosión del suelo, la abundancia de residuos que cubren la superficie después de la siembra ayudarán a controlar la erosión.

Pestes, enfermedades y alelopatía

Las predicciones hechas anteriormente sobre los posibles problemas incontrolables relacionados con las pestes y enfermedades y atribuibles a la labranza cero y a la retención

de residuos han sido exagerados y, en muchos casos, sin fundamento. En los primeros ensayos con labranza cero, los malos resultados fueron atribuidos a los exudados tóxicos de los residuos en descomposición (alelopatía). Pero las investigaciones científicas indican que verdaderos ejemplos de alelopatía que realmente afecten la germinación de las semillas y la emergencia de las plántulas en la labranza cero (especialmente la función de los residuos en el mejoramiento del microambiente de la ranura) han sido difíciles de identificar.

En cualquier caso, las ventajas de la retención de residuos son tan importantes que sobrepasan cualquier problema menor causado por enfermedades asociadas a los residuos o problemas que pudieran eventualmente ocurrir.

Comparaciones entre las características de los abresurcos de discos

La comparación no será completa sin examinar el proceso de selección de los diseños de los abresurcos y/o las máquinas. En este caso, se han comparado tres tipos diferentes de abresurcos de discos: la versión del abresurco de ala, los discos verticales angulados y los dobles discos.

Las comparaciones en el Cuadro 2 mostraban el riesgo de un comportamiento biológico negativo del cultivo con la versión de discos de un 11 por ciento, mientras que con el abresurco vertical angulado fue del 30 por ciento y con el doble disco del 53 por ciento. El Cuadro 20 lista las causas de estas diferencias. Los abresurcos de cincel, azada y dientes no fueron comparados porque los diseños y el comportamiento de tales abresurcos es muy variable y son afectados por las condiciones del suelo y la velocidad de operación; por lo tanto, es difícil generalizar esas dificultades.

Cuadro 20 Comparación de características seleccionadas de tres abresurcos de tipo de disco para labranza cero.

Características de los abresurcos	Versión de discos del abresurcos de ala	Abresurco de disco vertical angulado	Abresurco de doble disco
Riesgo de comportamiento inadecuado	11%	30%	53%
Descripción del abresurco	El abresurco comprende un disco vertical con muescas con dos hojas con alas horizontales y raspadores en íntimo contacto con ambos lados de los discos.	El abresurco de un solo sembrador tiene un disco vertical en ángulo con la dirección de avance. Una opción de doble sembrador tiene además abresurcos solo para fertilizantes.	El abresurco de un solo sembrador tiene dos discos a cerca de 10° en la vertical entre los discos. La versión de doble salida tiene además surcos solo para fertilizantes.
Efecto de la velocidad de avance	Las funciones no son mayormente afectadas por la velocidad de avance.	Las funciones son afectadas por la velocidad de avance en razón del ángulo (7°) de los discos en la dirección de avance.	Algunas funciones pueden ser afectadas por altas velocidades de avance (por ej., salto de las semillas).
Velocidad máxima	Puede operar a velocidades de hasta 16 km/h (10 mph).	La velocidad de avance es limitada por las condiciones, pero la velocidad máxima es menor de 16 km/h (10 mph).	Con deflectores adecuados para evitar el salto de las semillas pueden llegar a velocidades de hasta 16 km/h (10 mph).
Cobertura de las semillas	La cobertura de las semillas (Clase IV) es con residuos sobre el suelo; los experimentos científicos han demostrado que es superior a todas las otras formas de cobertura. No hay compactación de las ranuras.	La cobertura de las semillas se obtiene sobre todo con suelo suelto, pero la función de cobertura es muy dependiente de la velocidad (Clases I-III).	A menudo la cobertura es difícil o imposible de obtener a causa de la forma de cuña de la ranura en forma de V. Pueden ser de ayuda prediscos ondulados (Clases I-III).
Compactación de las ranuras		La compactación de las ranuras ocurre solo de un lado.	Fuerte compactación de las ranuras en ambos lados.
Fricción de las ranuras	Cualquier fricción en la ranura permanece húmeda y, por lo tanto, no tiene consecuencias.	La mayor parte de la fricción permanece húmeda y, por lo tanto, no tiene consecuencias.	La fricción en la ranura es común y su secado es difícil de prevenir; puede formar una costra en la ranura, lo cual es peor.
Residuos superficiales sobre la ranura	Retiene el 70-90% de los residuos superficiales.	Tiende a empujar los residuos hacia un lado en lugar de volverlos a colocar. Las altas velocidades empujan los residuos aún más lejos.	Puede retener el 70% de la cobertura superficial de residuos excepto en los suelos pegajosos, cuando la retención de residuos disminuye.

(continúa)

Cuadro 20 Comparación de características seleccionadas de tres abresurcos de tipo de disco para labranza cero. (*Continuación*).

Características de los abresurcos	Versión de discos del abresurcos de ala	Abresurco de disco vertical angulado	Abresurco de doble disco
Humedad de vapor	Retiene el máximo de la humedad del vapor en la zona de las semillas.	Retención mediana del vapor si la cobertura de la ranura es con suelo suelto (Clase III).	Escasa retención de humedad del vapor.
Entretrejo de los residuos	Crea residuos entretrejos pero las semillas están efectivamente separadas de los mismos por lo que no tienen consecuencias.	Crea entretrejos y, dado que las semillas quedan atrapadas en los mismos, afecta la germinación en suelos secos y húmedos.	Crea entretrejos y, dado que las semillas quedan atrapadas en los mismos, afecta la germinación en suelos secos y húmedos.
Emergencia de las plántulas	Alta emergencia de plántulas, casi sin relación con las condiciones climáticas o de suelo.	La emergencia de las plántulas depende de condiciones favorables de clima y suelos.	La emergencia de las plántulas es altamente dependiente de condiciones favorables de clima y suelos.
Fracaso de los cultivos	Bajas probabilidades de fracaso de los cultivos.	Posibilidades medias de fracaso de los cultivos.	Alta probabilidad de fracaso de los cultivos.
Rendimiento de los cultivos	Siempre produce rendimientos superiores a la labranza y a otros abresurcos para labranza cero.	Requiere versión de doble sembrador para producir los mejores rendimientos pero los agricultores no confían en la misma.	Produce cultivos aceptables en condiciones favorables pero los rendimientos están limitados por la incapacidad de tener fertilización en bandas.
Demora de la emergencia	La emergencia de las plántulas no es demorada por la recobertura con suelo en los suelos plásticos húmedos ya que las plántulas emergen por el surco dejado por el disco vertical.	La emergencia de las plántulas no es afectada por el recubrimiento de suelo, pero la exposición de las semillas puede ser un problema.	La emergencia de las plántulas no es restringida pero la desecación y el daño de las aves a las plántulas expuestas puede ser un problema.
Fertilización en bandas	Un abresurcos compacto es utilizado para colocar las semillas y el fertilizante.	El doble tubo de descarga de semilla y fertilizante requiere un abresurcos complejo o duplicar el abresurcos. Aumenta la complejidad y espacio ocupado por cada abresurcos compuesto y estimula a los agricultores a hacer solo la mitad del trabajo comprando la opción más económica de un solo tubo de descarga.	No existen abresurcos de doble tubo. Por lo tanto, los abresurcos duplicados son la única opción, con los mismos problemas que los abresurcos de discos angulados.

Espaciamiento en el surco	Puede ser organizado en surcos de solo 140 mm (5 pulgadas). Eficiente en laderas.	La distancia mínima de la versión de doble tubo es 190 mm (7,5 pulgadas). Ineficiente en laderas debido al ángulo del disco.	No existe la opción de doble tubo. El espacio mínimo del tubo es de 120 mm (4,72 pulgadas). Eficiente en laderas.
Operación en laderas	Eficiente en suelos labrados y con labranza mínima.	Eficiente en suelos labrados y con labranza mínima.	Eficiente en suelos labrados y con labranza mínima.
Labranza previa	Todos los pivotes móviles usan cojinetes sellados con un tiempo de servicio sin problemas.	La mayoría de las versiones usan muchos pivotes simples que tienen vida limitada.	La mayoría de las versiones usan muchos pivotes simples con una vida limitada.
Reparaciones y desgaste	Los émbolos hidráulicos individuales en cada abresurco aseguran una fuerza de penetración consistente que se puede variar al infinito durante la marcha desde el puesto del operador y ser automatizada para ajustar a la dureza del suelo.	La mayoría tienen resortes para fuerza de penetración con regulación; cada regulación cambia su fuerza de penetración por elongación o contracción.	La mayoría tienen resortes para fuerza de penetración con regulación; cada regulación cambia su fuerza de penetración por elongación o contracción.
Fuerza de penetración	Las ruedas compresoras-medidoras están colocadas cerca de la zona de las semillas.	En algunos modelos las ruedas reguladoras están colocadas a lo largo de la zona de las semillas.	Las ruedas reguladoras algunas veces están colocadas detrás de la zona de las semillas pero en otras versiones están a lo largo de la zona de las semillas.
Profundidad del medidor	Excelente control de profundidad del abresurco; eficiente siembra en contorno y en suelos variables.	Los resortes limitan el control de profundidad del abresurcos, especialmente en la siembra en contorno y en los cambios de superficie; una buena ubicación de las ruedas reguladoras favorece su trabajo.	Control limitado de profundidad del abresurco especialmente en la siembra en contorno y en cambios de superficie.
Control de profundidad	El control electrónico de la rueda de compactación de la huella permite que la fuerza penetración sea alterada durante la marcha en respuesta a cambios en la dureza del suelo.	La fuerza de penetración no puede ser cambiada en movimiento.	La fuerza de penetración no puede ser cambiada en movimiento.

(continúa)

Cuadro 20 Comparación de características seleccionadas de tres abresurcos de tipo de disco para labranza cero. (*Continuación*).

Características de los abresurcos	Versión de discos del abresurco de ala	Abresurco de disco vertical angulado	Abresurco de doble disco
Rango de la fuerza de penetración	El rango normal es de 0-500 kg.	La mayoría de los diseños tienen un rango de fuerza de penetración de 0-250 kg.	La mayoría de los diseños tienen un rango de fuerza de penetración de 0-250 kg.
Fuerza de penetración máxima	Hay émbolos de alta fuerza de penetración hasta 1 100 kg para abresurcos que operan en las huellas de las ruedas de los suelos compactables.	No existen abresurcos con alta fuerza de penetración.	No existen abresurcos con alta fuerza de penetración.
Ajustes de los abresurcos	Hay solo dos ajustes operativos en cada abresurco, ninguno de los cuales es sujeto a desgaste y uno de ellos en la cabina del tractor.	Son necesarios ajustes operativos, muchos de los cuales son afectados por el desgaste y requieren desmontarlos del tractor.	Los principales cambios operativos son el cerrado de las ruedas y la fuerza de penetración.
Ajuste de los discos para penetración	El eje de los discos puede estar ubicado en tres posiciones diferentes lo que minimiza la fuerza de penetración necesaria especialmente en suelos duros y pedregosos.	El(los) disco(s) están ubicado(s) en una posición fija.	Los discos están ubicados en una posición fija.
Capacidad de operación	Se requieren capacidad personal y nivel de capacitación medios. La supervisión que hace el sistema electrónico protege el trabajo de los errores de los operadores sin experiencia.	El nivel de competencia depende de que los operadores adquieran experiencia en todas las condiciones que puedan presentarse, a fin de que adopten los ajustes correctos. Por lo tanto, un trabajo bien terminado es altamente dependiente de las habilidades adquiridas por el operador.	Requiere una capacidad media de operación. El diseño simple requiere menos ajustes que los discos angulados pero reduce su adaptabilidad comparado con cualquier otro abresurcos.
Evaluación científica	Los fabricantes aducen abundante validación científica.	Los fabricantes aducen poca o ninguna validación científica.	Las pruebas científicas de este abresurcos han sido en su mayoría negativas.

Resumen de la comparación del disturbio de la superficie y de los abresurcos de discos para bajo disturbio

1. Es posible satisfacer el doble objetivo de minimizar el disturbio de los residuos superficiales y al mismo tiempo maximizar el comportamiento de las semillas, las plantas y el cultivo con las técnicas y los equipos modernos para labranza cero.
2. No todos los abresurcos que causan un disturbio mínimo crean condiciones óptimas para los rendimientos de los cultivos pero todos los abresurcos que causan el máximo disturbio reducen la efectividad del control de la erosión y el mejoramiento del suelo ofrecido por la labranza cero.
3. El disturbio mínimo de la ranura es un objetivo de la labranza cero pero dando también amplia consideración a otros varios requisitos para el establecimiento del cultivo.
4. Las ranuras horizontales en forma de T invertida proporcionan una buena cobertura de la ranura con un disturbio mínimo de los residuos (Clase IV); las ranuras en forma de V proporcionan una cobertura pobre de las ranuras y un pobre manejo de los residuos (Clase I).
5. Las ranuras de disturbio mínimo no necesariamente crean microambientes favorables en las ranuras, salvo cuando son adecuadamente cubiertas con suelo y residuos; las ranuras horizontales de disturbio mínimo deben crear rápidamente microambientes favorables en la ranura mientras que las ranuras verticales para disturbio mínimo no lo hacen y las ranuras con máximo disturbio crean microambientes en la ranura similares a las del suelo labrado.
6. Es probable que las ranuras para disturbio mínimo pierdan algo menos de dióxido de carbono que las ranuras para disturbio máximo.
7. La cantidad de residuos de cobertura sobre la ranura tiene un efecto mínimo a largo plazo sobre el contenido de humedad líquida; las ranuras de menor disturbio atrapan vapor de agua mientras que las ranuras libres de residuos se calientan más rápido en primavera.
8. Es posible tener un mínimo disturbio de los residuos y la máxima germinación de las semillas.
9. No siempre es deseable o necesario sacrificar el disturbio de los residuos para favorecer la emergencia de las plántulas; dependiendo del diseño del abresurcos y de las condiciones climáticas pueden, en realidad, tener el efecto contrario.
10. El disturbio de la ranura en sí mismo no es necesariamente un buen indicador del contacto suelo-semilla; la entidad del disturbio de los residuos tiene poco efecto sobre el contacto suelo-semilla.
11. Algunos, pero no todos, los abresurcos que disturban los residuos pueden favorecer un crecimiento precoz de las raíces; las restricciones de algunos abresurcos de disturbio mínimo pueden ocurrir con condiciones desfavorables.
12. Siempre que la compactación no sea un problema importante, la mayoría de las ranuras de disturbio mínimo favorecen la actividad de las lombrices de tierra y así incrementan la infiltración en comparación con las ranuras de disturbio máximo; en ausencia de lombrices, las ranuras con disturbio máximo pueden tener una mayor infiltración que las mejores ranuras de disturbio mínimo.
13. Todos los abresurcos sin discos, especialmente aquellos asociados con el mayor disturbio de residuos, evitan los problemas del entretendido en el manejo de los residuos; la mayoría de los abresurcos

de discos, excepto aquellos que crean ranuras horizontales, presentan problemas de entretejido de los residuos.

14. Algunos sembradores para labranza cero que colocan el fertilizante en bandas son menos capaces de reducir al mínimo los residuos que provoca el disturbio de la tierra, o de sembrar en surcos estrechos, o ambas cosas; pero hay excepciones importantes tales como la versión de discos de los abresurcos de ala.
15. En el sistema de labranza se debe asegurar que los residuos superficiales estén bien distribuidos y sean mínimamente disturbados.
16. El menor disturbio de los residuos superficiales en la zona de las ranuras tendrá un efecto positivo mayor sobre las semillas, las plántulas y el comportamiento del cultivo que los efectos negativos de los patógenos y la alelopatía.
17. Los abresurcos de tipo de discos varían ampliamente en sus diseños específicos, los cuales a su vez afectan sus funciones biológicas, incluyendo el disturbio de las ranuras.

12

Labranza cero para producción de forraje

C. John Baker y W. (Bill) R. Ritchie

El establecimiento y/o renovación de las especies forrajeras es un caso especial de labranza cero que requiere técnicas y manejo adicionales.

Las pasturas y otros cultivos forrajeros proporcionan alimentos para los animales en países, regiones o épocas en las cuales la producción animal es rentable. En algunos casos los animales pastan libremente, a menudo durante todo el año. En otros casos, los cultivos forrajeros son cosechados para almacenar o para ser dados a animales estabulados, al menos durante una parte del año. Muchas de las especies forrajeras del mundo son especies nativas que se resiembran por sí solas en zonas de pastoreo extensivo y han sobrevivido en los ecosistemas a los que están adaptadas. Sin embargo, la mayoría de esas especies tienen una producción pobre de alimentos, tanto en calidad como en cantidad.

En las pasturas mejoradas de los países templados se han sembrado especies genéticamente superiores y, junto con el uso razonable de los fertilizantes y el manejo del pastoreo rotativo, han llevado a un mejoramiento significativo de la productividad animal. Sin embargo, al pasar el tiempo, algunas de esas pasturas mejoradas han retrogradado lentamente a las especies originales menos productivas lo que ha requerido, por lo tanto, una renovación intermitente con especies mejoradas. En otros

casos, el continuo mejoramiento genético de las especies forrajeras ha llevado a su introducción en sistemas permanentes de pastoreo para mejorar el rendimiento animal, regular la producción estacional y reparar los daños de las pestes, las inundaciones, las sequías y la mortalidad natural.

Se expondrá separadamente la siembra de especies forrajeras y de especies para pastoreo ya que, si bien a menudo están integradas en un solo sistema, se manejan en forma separada.

Especies forrajeras

Los cultivos forrajeros son similares a los cultivos de cereales en lo que se refiere a sus requisitos para la labranza cero, excepto que las especies forrajeras, por lo general, tienen semillas pequeñas que requieren un preciso control de profundidad de los abresurcos. Muchas especies de *Brassica* son usadas como forrajes junto con gramíneas, leguminosas y otras especies herbáceas, todas las cuales requieren una siembra poco profunda. Pero también son usados para ensilaje varios cereales que tienen una mayor tolerancia a la profundidad de siembra.

Un problema común es que los agricultores generalmente aprecian sus cultivos forrajeros en menor grado que otros cultivos, como los

de cereales, presumiblemente porque el retorno comercial de los cultivos forrajeros es derivado indirectamente de la producción animal y no directamente de la cosecha inmediata de granos o fibras. Cuando un cultivo forrajero fracasa, a menudo hay una alternativa forrajera cercana que puede ser usada para compensar la alimentación de los animales o, en el peor de los casos, es posible vender los animales para reducir la demanda de forraje. En contraste con esto, cuando un cultivo de cereales fracasa, esta fuente de ingresos está irremediablemente perdida y no puede ser reemplazada. Por esta razón, parece que los ganaderos aceptan de mejor grado los cultivos forrajeros en el sistema de labranza cero, en oposición a los agricultores. Incluso aquellos que integran la producción animal y los cultivos de cereales ponen menos valor en los cultivos forrajeros que en los otros cultivos, probablemente porque los últimos, por lo general, generan la mayor parte de los ingresos de la finca.

Más aún, dado que las pasturas son cortadas o pastoreadas regularmente, las diferencias entre las plantas son más difíciles de identificar a simple vista. Como consecuencia, el establecimiento de pasturas es menos preciso en la etapa de la siembra, cuando debería ser al contrario.

Sin embargo, esta situación está cambiando. Por ejemplo, los ganaderos en Nueva Zelanda encuentran que es posible intensificar la producción animal usando la labranza cero «que no falla» y que compite con los cultivos de cereales, tanto en el retorno por hectárea como en los riesgos.

Los animales a menudo son criados en base a especies forrajeras permanentes, por lo general de pasturas caracterizadas por ciclos no uniformes de crecimiento anual. La producción y calidad máximas del forraje ocurren en los meses cálidos y húmedos mientras que la producción y calidad mínimas ocurren en los meses fríos y/o secos. El manejo de los sistemas de producción animal que confían en ese abastecimiento de alimentos está constante-

mente limitado por los meses de menor productividad. A menudo esto requiere el uso de suplementos de alimentos, ya sea comprados o ahorrados como ensilaje o heno durante los meses más productivos.

Sin embargo, es posible llegar a un nuevo nivel de productividad reemplazando las especies forrajeras permanentes con especies altamente productivas, de rotaciones cortas que se resiembran al menos una vez y a veces hasta dos veces por año, y son seleccionadas de acuerdo a su adecuación al crecimiento en períodos específicos o a los requisitos alimenticios anuales de los animales. Algunas son tolerantes al frío, otras son tolerantes a la sequía y otras producen una cantidad de alimentos adecuada a etapas particulares del crecimiento de los animales. Existen prácticamente infinitas combinaciones que pueden ser modificadas de acuerdo a las necesidades.

Sin embargo, todas las alternativas dependen de la disponibilidad de técnicas y sistemas de labranza cero «que no fallan». Tales sistemas de producción de forraje no pueden ser obtenidos por medio de la labranza porque pocos suelos productivos pueden soportar la labranza continua una o dos veces por año; en estas condiciones los suelos se deterioran rápidamente, quedan en condiciones imposibles de manejar y su utilización por los animales es prácticamente nula.

Si bien la calidad y la cantidad y, por lo tanto, la productividad de las rotaciones cortas de especies forrajeras cultivadas en los regímenes de labranza cero son superiores a aquellas de las pasturas permanentes, el nuevo sistema pone gran presión sobre la capacidad de la labranza cero y de los correspondientes equipos para obtener los máximos rendimientos de los cultivos en cada cultivo sucesivo.

Dado que los cultivos forrajeros se establecen por lo menos una o dos veces por año constituyen un sistema de altos insumos y alta producción; algunos ganaderos que aplican este sistema han triplicado el número anual de animales para la faena. Ganancias de los

corderos y del ganado de carne en pastoreo de 400 y 1 000 g diarios, respectivamente, son comunes en animales alimentados *in situ* con un abastecimiento continuo de forraje de rotaciones cortas en labranza cero.

Una variación de este sistema son los cultivos para ensilar en rotación corta y los cultivos para la venta inmediata en vez del pastoreo directo por los animales. En algunos sistemas, los animales nunca entran en el campo; esto limita la elección de las especies a aquellas que pueden ser convertidas en heno o ensilaje, pero de cualquier manera el sistema es totalmente dependiente de la labranza cero.

Sistemas integrados

La diversificación óptima consiste en integrar en un sistema la producción animal y la producción de cultivos anuales. Esta es una práctica común en los países en los cuales las condiciones climáticas permiten el pastoreo animal directo durante todo el año. Un esquema típico es la producción de uno o más cultivos anuales durante las épocas más productivas del año mientras que los cultivos forrajeros son cultivados y pastoreados entre esos períodos o dados a los animales por medio del forraje cortado. En algunos climas se pueden obtener hasta tres cultivos integrados por año.

Cuando no existe la posibilidad de la labranza cero esos sistemas intensivos no contribuyen favorablemente a la estructura del suelo y la labranza demora las siembras. Por esta razón, las rotaciones típicas basadas en la labranza incluyen un período permanente de pasturas con el objetivo de reparar el daño hecho a la estructura del suelo causada por la labranza anterior y dejando el suelo expuesto a los próximos procesos destructivos de labranza.

La labranza cero cambia todo este panorama al permitir el cultivo continuo de forrajes o cultivos de grano que pueden tener lugar

casi indefinidamente sin producir cambios substanciales en la estructura del suelo. En este caso, las rotaciones no están limitadas por la necesidad de una fase de mejoramiento por medio de las pasturas y pueden ser seleccionadas por los valores relativos de los cultivos.

La Lámina 80 es un ejemplo de dos cultivos de rábanos de verano (*Brassica* spp.), uno de ellos establecido bajo el sistema de labranza convencional y el otro en su sistema de labranza cero en un suelo ligeramente orgánico y pastoreados directamente todos los días por el ganado. La diferencia en el daño del suelo es clara.

Por supuesto que un tiempo muy húmedo y fuertes concentraciones de ganado pueden dañar eventualmente la tierra bajo labranza cero. El problema entonces consiste en: «¿Cuán serio debe ser el daño antes de justificar alguna forma de labranza?». La Lámina 81 muestra un suelo severamente dañado por el paso reiterado de los animales en un camino cuando el suelo estaba húmedo. El daño a este suelo está cerca del límite superior que los abresurcos de ala, de azada o los discos angulados para labranza cero podrían reparar sin la necesidad de herramientas de labranza. El resultado de una sola pasada de la versión de disco del abresurco de ala se observa en el lado izquierdo. Los abresurcos de doble o triple disco no pueden trabajar bien en esa superficie dañada porque tienen un efecto nivelador menor a medida que pasan sobre el suelo.

El daño superior que se muestra en la Lámina 81 se repara mejor con una rastra de dientes poco profunda o con una rastra de dientes rotatorios, que arrastran o empujan la superficie del suelo en los huecos en lugar de invertir el suelo. Un pisoteo más severo también puede compactar las capas superficiales, hasta cerca de 300 mm de profundidad del perfil del suelo. En este caso se recuperan con un subsolador con dientes angostos verticales o con un barrido que deja la superficie del suelo razonablemente nivelada para poder



Lámina 80 Dos cultivos de rábanos sembrados con discos angulados y pastoreados diariamente *in situ* por ganado lechero en Nueva Zelandia. La parte superior de la lámina muestra a la derecha el daño del pisoteo de los animales al suelo arado comparado con el suelo no labrado en el lado izquierdo. La parte inferior de la lámina muestra tomas cercanas de las respectivas superficies de suelos. Notar que la superficie del suelo bajo labranza cero (izquierda) no ha sido rota mientras que el suelo labrado (derecha) ha sido sensiblemente removido.



Lámina 81 Suelo severamente dañado por las pezuñas de los animales que está cerca del límite que puede ser reparado por una sola pasada de la versión de disco del abresurco de ala (izquierda).

aplicar nuevamente la labranza cero sin necesidad de otra nivelación adicional.

Cuando se integran la producción animal y la de cultivos anuales es común tomar decisiones de última hora entre la siembra de uno o más cultivos anuales o de especies forrajeras según las expectativas de los retornos relativos esperados de cada uno de ellos. Tal flexibilidad es posible solamente si las decisiones de última hora para el establecimiento de los cultivos se basan en la labranza cero. La labranza cero proporciona la flexibilidad que permite trabajar con sistemas totalmente integrados de producción animal y de cultivos anuales.

Los cultivos anuales algunas veces son rotados con pasturas en los casos en que la tierra es retirada del cultivo para permitir el restablecimiento de las pasturas nativas y/o especies arbustivas bajas por períodos de 10 años o más, a fin de proteger el suelo de la erosión o reducir la producción agrícola. Sin embargo, es posible que, con la demanda mundial de alimentos en continua expansión, esas tierras en descanso muy probablemente vuelvan a ser cultivadas con especies anuales. Cuando esto ocurra, será más importante que antes retener la sostenibilidad del suelo, la cual, en muchos casos, se habrá recuperado desde que se inició el proceso de su retiro aplicando las técnicas de labranza cero desde el principio. Esto significa aprender a sembrar en un terreno que nunca ha sido trabajado.

Especies de pasturas para labranza cero

En algunas circunstancias, cuando se siembran especies para pastoreo, no es adecuado eliminar todas las especies competidoras. Si las especies competidoras son otras gramíneas deseables y no son destruidas, el proceso se conoce como «regeneración de pasturas». En otros casos, sí es necesario eliminar todas las especies existentes y si las nuevas especies que

se siembran también son pasturas, el proceso de conoce como «renovación de pasturas».

Regeneración de pasturas

Una cuarta parte de la superficie del globo, alrededor de 3 000 millones de hectáreas, son tierras de pastoreo (Kim, 1971; Brougham y Hodgson, 1992). La regeneración y el establecimiento de este valioso recurso requiere un esfuerzo considerable que puede ser fortalecido con prácticas de labranza cero.

Las pasturas son tradicionalmente regeneradas ya sea para mejorar la productividad de la vegetación existente (por ej., arbustos, monte bajo, gramíneas nativas o pasturas introducidas) o para reemplazar un cultivo anual cosechado con una pradera para pastoreo. El objetivo puede ser establecer una pastura permanente de larga duración o una pastura con una sola especie, incluida la alfalfa, o una pastura mezclada de varias especies de gramíneas y/o leguminosas compatibles, tales como diferentes tréboles o trébol pata de pájaro. Otro objetivo puede ser establecer una pastura temporaria de corta duración –por lo general de una sola especie– para utilizar la tierra entre cultivos anuales sucesivos.

No todas las pasturas son pastoreadas directamente por los animales. Muchas son cosechadas a máquina o manualmente y ofrecidas a los animales ya sea directamente o como grano, ensilaje o heno, o son cortadas regularmente para mantenerlas bajas (por ej., campos deportivos). Esto tiene importancia para elegir el método adecuado para su establecimiento. Por ejemplo, si una pastura será pastoreada directamente por el ganado, las plantas jóvenes pueden dañarse por el pisoteo o ser arrancadas. En este aspecto la labranza cero ofrece claras ventajas sobre la labranza común porque la estabilidad de los suelos sin labrar resiste el daño del pisoteo y proporciona un mejor anclaje de las raíces que los suelos labrados. Hasta el momento no se han encontrado diferencias

entre los abresurcos para labranza cero en la resistencia al arrancado durante el pastoreo (Thom *et al.*, 1986).

Cuando las pasturas se cortan mecánicamente, el daño del arrancado es mínimo. El daño superficial al suelo puede ser causado por el tráfico de vehículos pesados en condiciones húmedas. En este caso, la mejor estructura del suelo obtenida con la labranza cero ofrece ventajas significativas sobre la labranza común.

El mayor problema encontrado con la regeneración de las pasturas por medio de la labranza cero es satisfacer los requisitos de las semillas de muchas especies respecto a la profundidad de siembra y al microambiente para su germinación. Las gramíneas de establecimiento rápido como los raigrases son por lo general tolerantes a las profundidades de siembra de 5 a 30 mm, pero fuera de este rango reducen su germinación. Las especies más sensibles en su establecimiento tales como la alfalfa, los tréboles y algunas gramíneas son menos tolerantes a las profundidades inadecuadas de siembra, y prefieren un rango menor, de 5 a 15 mm.

En un suelo labrado, es relativamente fácil de alcanzar un rango estrecho de tolerancia a la profundidad porque el suelo ha sido previamente preparado para una consistencia física uniforme y es fácilmente penetrado por los abresurcos sembradores. Una siembra precisa en profundidad en un suelo labrado prefiere el uso de abresurcos de tipo flotante (tales como el abresurco en aro en V rodante) que son inadecuados para trabajar en tierras preparadas bajo el sistema de labranza cero a causa de la mayor densidad del suelo sin labrar.

Los abresurcos para labranza cero para la regeneración de pasturas necesitan, por lo tanto, mecanismos para el control de la profundidad y el seguimiento de la superficie y deben ser capaces de crear un microambiente dentro de la ranura en los primeros 10 a 15 mm del suelo. Estas exigencias son difíciles de satisfacer.

La elección de sembrar pasturas en surcos comparada con la siembra a voleo seguida por una rastreada ha sido discutida en razón de que el objetivo es utilizar todo el espacio disponible de la tierra. Con la labranza cero la siembra a voleo casi invariablemente da lugar a un mal establecimiento porque los suelos sin labrar ofrecen poco suelo suelto o residuos para cubrir las semillas con una rastra. El pisoteo de las semillas por el ganado no sustituye una colocación correcta hecha por un abresurco sembrador. De cualquier manera, cuando es imposible trabajar con los abresurcos sembradores como en laderas pronunciadas o en campos deportivos, se puede sembrar por avión, a mano o con máquinas livianas con resultados aceptables siempre que las semillas se hayan pildorizado y/o se aumente la densidad de siembra para compensar la mortalidad.

Espacio entre surcos

Cuando es posible utilizar exitosamente abresurcos para labranza cero (o sea, los tractores pueden tener acceso a la tierra), el debate cambia a cuáles son las distancias entre surcos más deseables y cuál es el momento adecuado para la siembra. El diseño común y las limitaciones de espacio de las sembradoras proporcionan prácticamente un espacio estrecho de cerca de 75 mm con un espacio mayor de 300 mm en los climas secos para especies forrajeras con hábitos rastreros o para la producción de forraje.

Las investigaciones en Nueva Zelandia con una especie de instalación rápida como el raigrás (Inwood, 1990; Thom y Ritchie, 1993; Praat, 1995) mostraron ninguna o poca diferencia entre: i) siembra con una sola pasada de abresurcos de ala en surcos a 150 mm; ii) siembra con una sola pasada con los mismos abresurcos a 75 mm entre surcos, y iii) siembra cruzada en surcos a 150 mm con los mismos abresurcos. En el último caso, se hicieron dos pasadas a aproximadamente 30°

sembrando la mitad de la semilla en cada una de las pasadas (Thom y Ritchie, 1993).

Los resultados del Cuadro 21 (Praat, 1995) muestran que una especie de establecimiento lento como la festuca alta (*Festuca arundinacea*) inicialmente se benefició de los surcos angostos (75 mm) como resultado de una menor población de malezas. La siembra cruzada no tuvo beneficios a largo plazo en el espaciamiento de 150 mm, posiblemente porque las ganancias causadas por un menor espacio entre las plantas fueron superadas por el mayor estímulo a la germinación de las semillas de malezas en la segunda pasada de la sembradora.

La siembra de festuca alta con una sola pasada en surcos a 75 mm produjo un crecimiento mayor en cinco meses que la siembra en una sola pasada a 150 mm, pero no fue significativamente diferente de la siembra cruzada en surcos a 150 mm. Los últimos dos tratamientos no fueron significativamente diferentes entre ellos. La ventaja encontrada en los surcos a 75 mm a los cinco meses no se repitió con la siembra de raigrás. Durante 23 meses no hubo diferencias significativas entre ninguno de los tratamientos de las sembradoras o de las especies.

Dado que las únicas diferencias se encontraron en las etapas tempranas del crecimiento de las pasturas y después solo con especies de crecimiento lento, se prefiere la opción de una sola pasada a 150 mm entre surcos por-

que es más económica, tanto en términos de modelo del abresurcos como de gastos operativos. Una ventaja adicional es que la mayoría de los abresurcos para labranza cero pueden también ser usados para la siembra de cereales, leguminosas alimenticias, oleaginosas y especies forrajeras.

En climas templados de inviernos húmedos las pasturas y los campos deportivos se renuevan a menudo en otoño por medio de la labranza, ya que las malezas son más fácilmente controladas que en primavera y la humedad del suelo después de la siembra es probable que sea más confiable que en los períodos más cálidos del verano. Sin embargo, con la labranza cero, la disponibilidad de herbicidas y la reducción del estímulo físico de las semillas latentes de malezas, se eliminan en gran parte las desventajas de la germinación en primavera.

Más aún, la humedad conservada por la labranza cero reduce el riesgo de la siembra de nuevas pasturas y campos deportivos en los suelos secos del verano. Estos factores han llevado a más siembras de primavera de nuevas pasturas y campos deportivos que usan la labranza cero en lugar de la labranza común, si bien la mayoría de tales praderas aún son sembradas en otoño.

Incluso en otoño, el debate acerca la distancia entre surcos se ha centrado en la capacidad de las pasturas para producir tallos más rápidamente y difundirse para ocupar la tierra desnuda de forma que compitan con la

Cuadro 21 Producción de pasturas en labranza cero en surcos a diferentes distancias, rendimiento en kg/ha de materia seca en el momento de la muestra después de la siembra.

Tratamiento	5 meses después de la siembra		23 meses después de la siembra	
	Raigrás	Festuca alta	Raigrás	Festuca alta
Surcos a 75 mm, una pasada	1 893a	2 066a	1 399a	1 827a
Surcos a 150 mm, una pasada	1 911a	1 525b	1 449a	1 734a
Surcos a 150 mm, siembra cruzada	2 196a	1 826ab	1 453a	1 711a

Nota: Letras distintas después de los datos en la misma columna denotan diferencias significativas ($P = 0,05$).

germinación de las malezas naturales entre los surcos. Los datos en el Cuadro 22 (Praat, 1995) muestran los resultados de la siembra de raigrás y festuca alta en otoño con labranza cero en un suelo aluvial joven que contenía una alta población de malezas.

Solamente el tratamiento de dos pasadas cruzadas usando abresurcos de ala incrementó la germinación de las semillas de malezas y el crecimiento en comparación con la siembra en una sola pasada en surcos separados 75 y 150 mm. Aún así, estas diferencias, (aproximadamente un 20 por ciento) ocurrieron solo en

los primeros cinco meses después de la siembra; después no hubo diferencias significativas entre los métodos de siembra.

Por otro lado, los datos en el Cuadro 23 (Hamilton-Manns, 1994) muestran una clara tendencia a la disminución del crecimiento de las malezas en la siembra de otoño e inicios del invierno, usando las mismas especies de pasturas, sembradas en una sola pasada con abresurcos de ala para labranza cero en surcos a 150 mm y en un suelo similar.

En la siembra más temprana hubieron el doble de malezas en la pastura de festuca alta (10,7

Cuadro 22 Efectos del método de siembra en labranza cero sobre la composición de las especies de la pradera en kg/ha de materia seca en el momento del muestreo.

	5 meses después de la siembra		23 meses después de la siembra	
	Gramíneas y trébol	Malezas	Gramíneas y trébol	Malezas
Surcos a 75 mm, una pasada	902a	531a	2 086a	119a
Surcos a 150 mm, una pasada	835a	545a	2 146a	125a
Surcos a 150 mm, siembra cruzada	796a	675b	2 123a	178a

Nota: Letras distintas después de los datos en la misma columna denotan diferencias significativas ($P = 0,05$).

Cuadro 23 Efecto de la época de siembra sobre la proporción de malezas en una pastura en labranza cero.

Época de siembra	Especies forrajeras sembradas	Porcentaje de malezas presentes 70 días después de la siembra	Porcentaje medio de malezas en ambas especies
Otoño temprano	Raigrás	4,5b	7,6a
	Festuca alta	10,7a	
Otoño medio temprano	Raigrás	4,8b	4,8b
	Festuca alta	4,9b	
Otoño medio	Raigrás	3,4b	3,7b
	Festuca alta	3,6b	
Otoño tardío	Raigrás	0,6c	1,3c
	Festuca alta	2,0c	
Invierno temprano	Raigrás	1,1c	1,4c
	Festuca alta	1,8c	

Nota: Letras distintas después de los datos en la misma columna denotan diferencias significativas ($P = 0,05$).

por ciento) comparada con la pastura de raigrás (4,5 por ciento) porque el establecimiento más lento de la festuca alta requirió más tiempo para colonizar los espacios entre los surcos. Después de ello no hubo diferencias entre las dos pasturas en lo que se refiere a las malezas. A medida que avanzó el frío en la estación (de temprano en el otoño a temprano en el invierno), el porcentaje de malezas en ambas pasturas declinó consistentemente de un promedio del 7,6 por ciento al 1,3-1,4 por ciento, lo que refleja el incremento de condiciones menos favorables para la germinación de las semillas de malezas.

En el total de la producción de las pasturas en Nueva Zelanda, Hamilton-Manns (1994) también encontró un mayor potencial de rendimiento en las siembras del inicio del otoño (marzo) que a inicios del invierno (junio) siempre que hubiera suficiente humedad en el suelo para favorecer el desarrollo temprano de las plántulas. Esto ocurrió tanto en el caso de especies de establecimiento rápido como el raigrás o de especies de establecimiento lento como la festuca alta. Las siembras más tempranas y las temperaturas más altas favorecieron el desarrollo de tallos de esas especies, si bien también hubo un incremento –manejable– del problema de las malezas.

La retención de los residuos de cultivos de un cultivo cosechado en el verano o el barbecho de la tierra en la primavera aplicando herbicida a la pastura anterior contribuyen a superar los problemas potenciales de las malezas y el bajo nivel de humedad del suelo al principio del otoño para la siembra de nuevas pasturas con labranza cero. En climas templados, la retención de residuos durante el invierno puede dar lugar a un incremento de la población de lombrices de tierra (Giles, 1994).

En los climas más secos el establecimiento de nuevas pasturas en el otoño se ha hecho por medio de barbecho químico después del verano seco. Las especies residentes son controladas con herbicidas a fines de la primave-

ra cuando todavía están en crecimiento activo y son receptivas a los mismos, después de lo cual los campos quedan en descanso durante varios meses secos. Si quedan suficientes residuos como cobertura sobre la superficie de la tierra, se pierde menos humedad en comparación con las pasturas sin herbicida ya que el tratamiento con herbicidas reduce la pérdida de humedad por transpiración y evaporación. Se ha informado de ganancias de humedad de hasta 12 veces (Anónimo, 1995).

La pérdida potencial de producción de las pasturas en el verano en los climas secos es reducida y en cambio se mantiene un ambiente húmedo favorable para el establecimiento en el otoño. El control de las especies residentes es fortalecido usando un momento más oportuno a lo largo del año para la aplicación de herbicidas y, si fuera necesario, también hay una oportunidad para la aplicación otoñal de herbicidas antes de la siembra.

En los climas con lluvias estivales adecuadas, el establecimiento de las nuevas pasturas en otoño puede ser favorecido sembrando un cultivo forrajero en la primavera previa; esto proporciona no solo la oportunidad para una doble aplicación de herbicidas sino que también ofrece tiempo para que el pisoteo del ganado pueda romper las raíces de las maciegas de algunas especies nativas que crecen en situaciones de baja fertilidad.

La mayoría de estas técnicas ponen énfasis en asegurar un control a largo plazo de las especies residentes y proporcionar las mejores oportunidades en un ambiente libre de competencia en el cual las nuevas especies se puedan establecer vigorosamente.

Regeneración de pasturas

La regeneración de las pasturas, en los casos en que se pueda esperar al menos una recuperación parcial de la vegetación existente, es un requisito adicional para la siembra en labranza cero. La vegetación existente debe

ser suprimida o manejada de tal manera que no compita indebidamente con las especies introducidas. Este método de regeneración es conocido como resiembra (ver Capítulo 1).

La regeneración de las pasturas existentes puede llevarse a cabo por varias razones:

1. Para introducir especies de pasturas más productivas a largo plazo dentro de la pastura existente.
2. Para introducir especies de pasturas de corto plazo más adecuadas a una particular estación del año o comportamiento animal que las especies existentes.
3. Para reparar el daño hecho por la mortalidad natural, sequías, inundaciones, erosión, pestes, daños físicos o mal drenaje.
4. Para compensar limitaciones de manejo o fertilidad en campos, suelos o climas particulares.
5. Para capitalizar la fijación de nitrógeno hecha por las leguminosas del cultivo anterior.

La regeneración de las pasturas en labranza cero ya fue puesta en marcha antes del concepto moderno de labranza cero. Los primeros informes sobre regeneración de pasturas comenzaron a mediados de la década de 1950 (Blackmore, 1955; Cross, 1957; Robinson, 1957; Cullen, 1966; Dangol, 1968; Kim, 1971). La regeneración de los campos es posterior (Ritchie, 1988).

En la década de 1950, la razón dominante para la resiembra fue la capitalización de la fijación del nitrógeno (Robinson y Cross, 1957). La baja fertilidad de las pasturas en las laderas y las pasturas sembradas sobre arbustos quemados en suelos de cenizas volcánicas tendieron a ser dominadas por los tréboles a causa de la baja fertilidad. Sin embargo, con el pasar del tiempo, esta base leguminosa mejoró la fertilidad y los niveles de materia orgánica de esos suelos a una etapa en la que podían mantener la productividad de las gramíneas de la pastura, especialmente del raigrás. El problema era identificar

la mejor forma de introducir las nuevas gramíneas sin destruir la base de tréboles o labrar y enterrar la capa de materia orgánica de esos suelos frágiles.

Dado que el uso de herbicidas en esos momentos era relativamente nuevo y, en cualquier caso, todos los herbicidas disponibles tenían una acción residual de varias semanas de duración, la resiembra con esas máquinas se enfocó en la destrucción mecánica de las plantas existentes en un faja de hasta 50 cm de ancho con su centro en el surco de las semillas. El objetivo era proporcionar un hábitat libre de competencia para las nuevas plántulas hasta que el nuevo crecimiento eventualmente repoblara esas fajas. En ese momento, las nuevas especies introducidas serían competitivas con las especies residentes.

Aún hoy día, varios diseños de abresurcos para labranza cero para la regeneración de pasturas, por ejemplo, abresurcos movidos por la toma de fuerza y abresurcos surcadores, confían en la destrucción física antes que química para la supresión de las especies residentes y controlar en forma temporal la competencia existente.

Aplicación de herbicidas en bandas

Las investigaciones más recientes han demostrado que la remoción física de las partes vegetativas de la zona de las ranuras tiene un efecto negativo para las semillas en el microambiente de la ranura, que se siembran en condiciones discretas del suelo. Afortunadamente, la aparición de herbicidas no residuales permite una aplicación selectiva de herbicidas sobre la vegetación existente (aplicación en fajas) al mismo tiempo que la siembra con los abresurcos. Esto crea un tapiz de vegetación y al mismo tiempo suprime la vegetación competitiva. La Lámina 82 muestra un ejemplo de una pastura sembrada con aplicación de herbicidas en bandas.

La Figura 34 muestra los efectos del cambio de las varias opciones para la resiembra en comparación con las distintas formas de



Lámina 82 Efectos de la aplicación de herbicida en bandas y la siembra simultánea de pasturas.

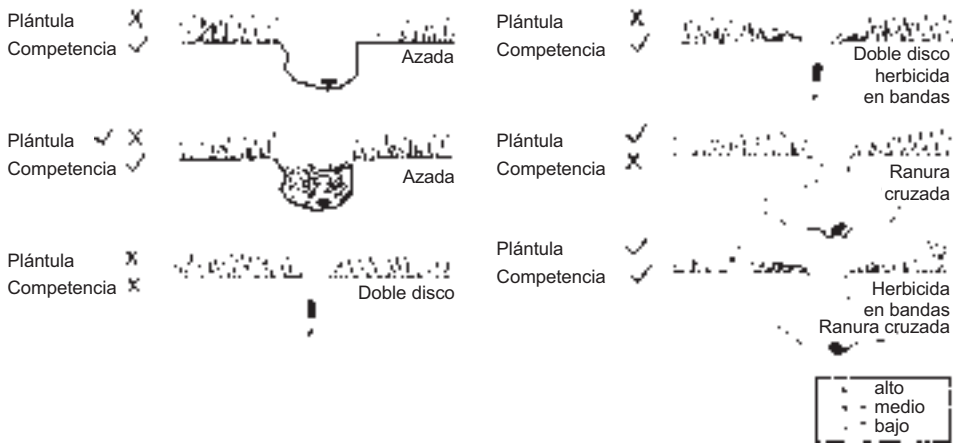


Figura 34 Factores de riesgo del control vegetativo y el control del microambiente de la ranura cuando se resiembran pasturas.

ranuras sobre la promoción de la germinación y la emergencia de las plántulas. La ilustración arriba a la izquierda muestra una ranura hecha por un abresurco de azada o de cincel, sin ninguna cobertura de la semilla. El abre-

surcos al levantar la tierra tiene un efecto positivo sobre la eliminación de la competencia y empuja físicamente las semillas hacia un lado; esto está representado en la ilustración por el símbolo ✓. Sin embargo, las ranuras

abiertas (sin cobertura) tienen un efecto negativo sobre la sobrevivencia de las plántulas (representado por el símbolo \times en la ilustración). Por lo tanto, con esta técnica existe algún riesgo de fracaso.

En el centro izquierda de la ilustración se observa que cubriendo la ranura con suelo suelto mejora la sobrevivencia de las plántulas (\checkmark y \times) y tiene un efecto positivo sobre la eliminación de la competencia; el riesgo de fracaso es menor.

En la ilustración, abajo a la izquierda, se aprecia que la ranura en forma de V sin cobertura creada por un abresurcos de doble disco tiene un efecto negativo tanto sobre la sobrevivencia de las plántulas como sobre la eliminación de la competencia; el riesgo de fracaso es alto. Sin embargo, en este caso la ausencia de un levantamiento físico del suelo permite la aplicación de herbicidas en bandas para matar la vegetación en una faja de vegetación sobre la ranura. En la parte superior de la ilustración se observa que esto tiene un efecto positivo sobre la eliminación de la competencia pero es ineficiente para mejorar la sobrevivencia de las plántulas; el riesgo de fracaso disminuye en la misma medida.

En la ilustración, en el centro derecha, se observa una ranura hecha por un abresurcos de ala. Si bien tal abresurcos podría tener un efecto positivo sobre la sobrevivencia de las plántulas, la ausencia de levantamiento físico del suelo tiene un efecto negativo sobre la eliminación de la competencia y el riesgo de fracaso es medio.

Solamente cuando se usa el herbicida en bandas junto con los abresurcos de ala la combinación tiene un efecto positivo tanto sobre la sobrevivencia de las plántulas como sobre la eliminación de la competencia, tal como se muestra en la ilustración en la parte de abajo a la izquierda. El riesgo de fracaso es bajo.

Es posible discutir cuánta vegetación es necesario o deseable suprimir para que la pastura sea lo más productiva posible como conse-

cuencia de la resiembra de especies mejoradas en la pradera existente. En un extremo de la escala está la total erradicación de todas las especies existentes (por medio de una aplicación de herbicida en cobertura total), que produce un ambiente libre de competencia en todo el campo, en el cual las nuevas especies es posible que expresen su potencial máximo de rendimiento. Sin embargo, durante el período de erradicación y establecimiento se pierde la producción de la pastura original y debe ser deducida de la producción total de la pastura en ese año o estación.

En el otro extremo de la escala no hay ningún tipo de supresión y las nuevas especies están obligadas desde el primer momento a competir con las especies existentes. La pérdida de producción es menor en razón del daño hecho por la pastura existente pero la continua competencia desde el inicio del ciclo afecta adversamente el rendimiento y el potencial de crecimiento de las especies introducidas. Entre estos dos extremos se encuentra la labranza en fajas o aplicación de herbicidas en bandas, donde una faja de vegetación es asperjada simultáneamente con la siembra de las nuevas semillas.

Las Láminas 83, 84 y 85 muestran los efectos de tres opciones de aspersión con la resiembra de raigrás. Con la aspersión total los surcos distinguibles de las nuevas especies son claros y vigorosos. Cuando no hay aspersión los nuevos surcos son menos conspicuos, mientras que la aplicación en bandas ocupa una posición intermedia. Asumiendo que la nueva especie tiene un mayor potencial de rendimiento que las especies ya existentes, cualquier pastura que promueva el crecimiento vigoroso de la nueva especie es probable que tenga un mayor potencial de rendimiento a largo plazo que la pastura original.

Para cuantificar las tres opciones debatidas, los investigadores en Nueva Zelanda midieron la producción de leche del rendimiento de las pasturas regeneradas por tres métodos diferentes (Lane *et al.*, 1993). También consideraron



Lámina 83 Establecimiento de raigrás en resiembra con aspersión total de herbicida.



Lámina 84 Establecimiento de raigrás en resiembra con aspersión de herbicida en bandas.

los costos relativos de cada práctica y expresaron los resultados en términos del tiempo necesario para recuperar esos costos de la producción relativa de leche para cada una de las opciones en las respectivas condiciones prevalentes. Los resultados obtenidos se encuentran en el Cuadro 24.

La opción de asperjado total fue la más costosa comparada con la aspersión en bandas y la opción sin aspersión, pero esta opción también formó la mejor pastura y dio mayores retornos en grasa de leche por hectárea. Sin embargo, cuando los costos fueron superados por los retornos, hubo poca diferencia entre las tres opciones y todas se reembolsaron en un período de ocho meses. Después de este período la producción adicional de la pastura resulta en una clara ganancia para el productor dado que los costos de establecimiento no se repiten todos los años. Esto favorece clara-

mente la aspersión total dado que los retornos de esta técnica son mayores que cualquiera de las otras dos opciones.

La técnica de asperjado en bandas fue ensayada primeramente por L. W. Blackmore (1968, comunicación personal) y posteriormente desarrollada por Collins (1970), Baker *et al.* (1979c) y Barr (1980, 1981). El ancho más deseable de las bandas no era evidente porque los costos y los beneficios descritos líneas arriba sugieren que la aspersión en bandas es algo inferior a la aspersión total. La alteración del ancho de la banda es simplemente elevar o bajar los picos aspersores. Por lo tanto, Collins (1970) y Barr (1980) estudiaron diferentes anchos de bandas en sus efectos sobre el rendimiento de las especies introducidas y de las especies residentes durante la regeneración de las pasturas. El Cuadro 25 registra los resultados de la aspersión en



Lámina 85 Establecimiento de raigrás en resiembra sin aspersión de herbicida.

bandas durante la resiembra con abresurcos de ala en surcos a 150 mm.

Claramente, la banda más ancha (75 mm) redujo la competencia de las especies residentes más que las bandas más angostas (50 y 25 mm). Esto se reflejó en un rendimiento más bajo de las especies residentes con la banda más ancha.

Los efectos de las especies introducidas sobre el rendimiento (aun en una etapa temprana de 12 semanas) reflejaron los niveles de competencia entre las bandas. La banda más ancha produjo el mayor rendimiento de las plantas juveniles. Dado que el espacio entre surcos fue de 150 mm, una aspersión óptima en bandas de 75 mm representa el 50 por ciento de remoción de la vegetación competidora. Los resultados mostrados en el Cuadro 24 comprendieron bandas de menos de 75 mm, de modo que el tratamiento de aspersión de la banda puede haber estado en alguna desventaja en el análisis de Lane *et al.* (1993).

En los experimentos de Barr (1980) también hubo un efecto de la colocación del fertilizante, el cual en un primer momento pareció ser discrepante con las tendencias descritas anteriormente (Capítulo 9). Sin embargo, un análisis más detallado de los efectos de la resiembra son predecibles y lógicos. Parecería que en esas circunstancias, aplicando el fertilizan-

Cuadro 24 Costos y beneficios de la regeneración de una pastura para lechería por tres métodos diferentes.

	Asperjado total	Asperjado en bandas	Sin asperjado
Costo del contrato de regeneración (\$EE UU/ha)	113	100	70
Producción adicional de pastura (kg materia seca/ha, primer año)	2 049	1 187	1 146
Vacas/ha adicionales para utilizar la pastura	0,43	0,26	0,24
Retornos de las vacas adicionales ^a	170	102	96
Retorno del primer año sobre las inversiones (%)	150	98	137
Tiempo para recuperar los costos de regeneración (años)	0,7	1,0	0,7

Nota: ^a Asume que 25 kg de producción adicional de pastura en Nueva Zelandia resultan en 1 kg adicional de grasa de leche que se vende a \$EE UU 3,24/kg.

Cuadro 25 Efectos del ancho de las bandas de aspersión sobre el rendimiento de materia seca (MS) de raigrás 12 semanas después de la resiembra (Barr, 1980).

Ancho de la banda de aspersión	Rendimiento de MS de las especies sembradas (kg/ha)	Rendimiento de MS de las especies residentes (kg/ha)
25 mm	130	1 298
50 mm	143	1 184
75 mm	196	776

te con la semilla, las plantas residentes que permanecen vivas son capaces de utilizar los nutrientes antes que las especies introducidas en razón de su sistema radical maduro. Esto va en desventaja de las plantas jóvenes introducidas a causa de una mayor competencia como se aprecia en el Cuadro 26.

La adición de fertilizante en la siembra incrementó el rendimiento de las especies residentes en un 25 por ciento lo cual, a su vez, compitió con las especies sembradas y redujo su rendimiento a las 12 semanas en un 18 por ciento. Ryan *et al.*, anteriormente ya habían informado sobre la superioridad relativa de la aspersión total al comparar esta con aspersión en bandas a 50 mm y sin aspersión. Obtuvieron 1 413 kg/ha de rendimiento de materia seca con la aspersión total, 930 kg/ha con la aspersión en bandas y 906 kg/ha sin aspersión.

Se recomienda, por lo tanto, que con la resiembra y donde las especies residentes no han desaparecido completamente, la aplicación de fertilizante sea demorada hasta después de la emergencia (o incluso hasta después del primer pastoreo) de las especies sembradas. Esta es la única situación de la-

branza cero para la que se hace esta recomendación. Por ejemplo, si la pastura se establece en una cama de semillas sin labrar y en la cual toda la competencia ha muerto, la recomendación sería aplicar fertilizantes en bandas con las semillas, siempre y cuando las sembradoras sean capaces de separarlos dentro de la ranura.

Si bien los parámetros para obtener óptimos resultados con la aspersión en bandas están bien definidos como se ha citado líneas arriba, la práctica presenta otras funciones de la sembradora, que aumentan las posibilidades de error. Más aún, el rendimiento total de la nueva pastura raramente es tan alto como a los 12 meses después de la aspersión total (que elimina todas las plantas), de modo que la técnica no es tan usada como la siembra en el ambiente libre de malezas que ofrece la aspersión total.

La aspersión en bandas representa una opción válida cuando no se desea la eliminación total; por lo tanto, las técnicas y los diseños del equipo necesario también son importantes. Las situaciones en las que la aspersión en bandas es adecuada incluyen:

Cuadro 26 Efecto de la aplicación de fertilizante en la resiembra de raigrás sobre las plantas 12 semanas después de la siembra.

	Rendimiento de materia seca (kg/ha) de las especies sembradas	Rendimiento de materia seca (kg/ha) de las especies residentes
Con fertilizante	141	1 207
Sin fertilizante	172	966

1. El rejuvenecimiento de los alfalfares donde la población es demasiado rala –como ocurre típicamente– pero las plantas sobrevivientes son sanas y fuertes, lo que favorece su retención con las plantas nuevas que se introducen.
2. El cambio del equilibrio temporario de una pastura, por ejemplo, cuando una leguminosa pasa el invierno en estado de semilataencia, la inserción de un raigrás anual o de un cereal de invierno en otoño pueden incrementar la producción invernal.
3. La regeneración de las pasturas afectadas por pestes, pisoteo o sequías en el caso en que las especies sobrevivientes sean resistentes a los factores que eliminaron la mayoría de las otras plantas y, por lo tanto, consideradas un recurso de valor digno de ser conservado.
4. La introducción de nuevas especies adecuadas al hábitat creado por las especies residentes tales como el incremento de la fertilidad descrito al inicio de este capítulo.

Equipo para la aspersión en bandas

Los primeros diseños de equipos para aspersión en bandas tenían un pico asperjador delante del abresurcos. La opción de asperjar detrás del abresurcos fue rápidamente abandonada por dos razones (Collins, 1970):

1. Después del paso del abresurco el follaje está a menudo cubierto por suelo, lo cual tiende a desactivar los herbicidas como el paraquat o el glifosato.
2. El paraquat es fitotóxico para muchas semillas que podrían permanecer expuestas en la ranura antes de que se complete su cobertura.

Para que el pico asperjador permanezca a una distancia constante sobre la tierra tiene que estar montado independientemente con su propio aparato regulador de altura (Lámina 86) o, si está montado directamente en el abresurcos, este último debe tener un control efectivo de la altura, el que es necesario, de

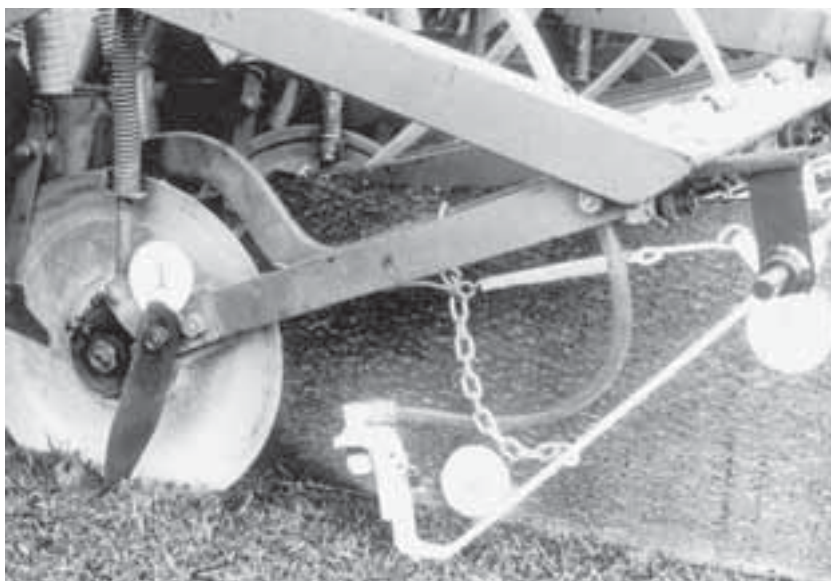


Lámina 86 Pico asperjador en banda montado separadamente para controlar la altura de la aspersión.

cualquier manera, para un control adecuado de la profundidad de siembra.

Incluso con un control adecuado de la altura, los picos asperjadores encuentran otros problemas. La aplicación de ciertas dosis de líquidos recomendadas por los fabricantes de herbicidas para ser aplicadas por unidad de superficie son difíciles de obtener porque las bandas angostas exigen que la aplicación se concentre en un área muy pequeña para cada pico. Esto requiere picos asperjadores muy finos, los cuales a su vez requieren microfiltración para evitar su bloqueo con las impurezas del agua que podrían ser aceptables para asperjadores comunes. Más aún, dado que los picos asperjadores trabajan cerca del suelo (50-75 mm) están sujetos a bloquearse con el salpicado de las gotas del suelo o sufrir daños en su contacto con restos vegetales, piedras o terrones.

Los picos asperjadores cónicos huecos son los más adecuados para la aplicación en bandas con picos individuales; los picos en aba-

nico han sido usados con buenos resultados debido principalmente a que las variaciones dentro de la banda son aceptables cuando el objetivo es solo suprimir y no eliminar todas las plantas. Los picos cónicos huecos generalmente tienen un modelo más uniforme de pico asperjador simple que los picos en abanico.

Un método innovador de aplicación de herbicidas en bandas ha sido usado con la versión de discos de los abresurcos de ala. Dado que este abresurco está equipado con dos reguladores de goma semiautomáticos para la presión de los ruedas compresoras, el herbicida puede caer en gotas en la parte superior de las ruedas a baja presión y ser llevado sobre la tierra en la misma forma que un marcador de césped (Ritchie, 1986a, b). Esto evita problemas de bloqueo, microfiltración, derivación por el viento, presencia de plantas altas y daños físicos comunes a los picos pequeños e introduce la posibilidad de medir el herbicida. La Lámina 87 muestra este aparato.

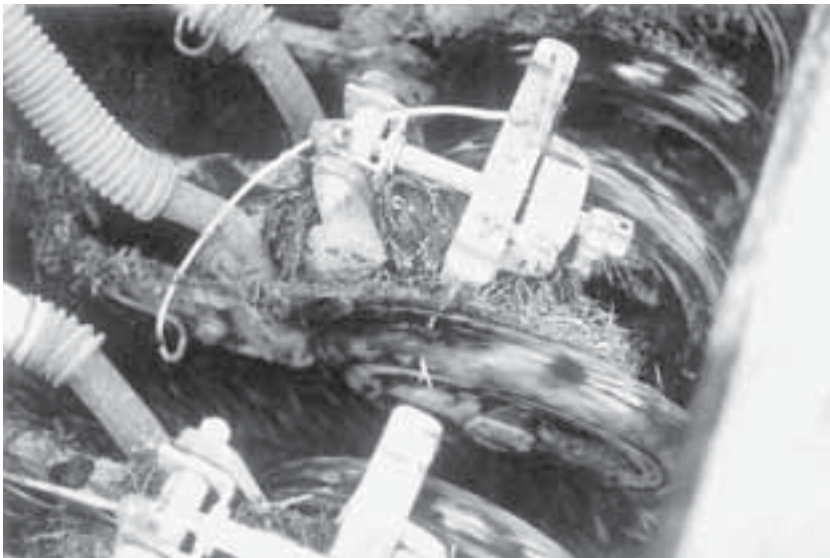


Lámina 87 Goteo de herbicida sobre las ruedas de regulación de profundidad en un abresurcos para labranza cero.

La dosificación del herbicida sobre la tierra involucra el uso de una bomba de desplazamiento positivo movida por la rueda de la sembradora de tal manera que su resultado por metro de recorrido permanece casi constante, cualquiera que sea la velocidad de avance o la presión. Tal sistema no es posible con asperjadores a presión en razón de las inevitables variaciones en la velocidad de avance que causan variaciones en la presión del asperjador; esto a su vez causa variaciones en el ancho de la banda, dado que el ancho del modelo de aspersión de un pico es parcialmente dependiente de su presión de operación. Con el sistema de goteo sobre la rueda, la presión de salida es poco importante ya que no se debe mantener un modelo de aspersión y, aun si lo fuera, estaría dirigido a la parte superior de la rueda la cual a su vez deja el herbicida en la tierra como una película húmeda y no directamente como un chorro.

Por otro lado, el hecho de que el herbicida corra sobre la rueda es un inconveniente porque esta opera detrás del abresurcos e inevitablemente levanta suelo, el cual a su vez se adhiere como barro en las ruedas húmedas. Su uso para este objetivo es posible solo con los abresurcos de ala o de doble disco dado el mínimo disturbo de la superficie que estos crean.

Cualquier contaminación del suelo se contrapone a la mejor eficiencia de absorción de la mayoría de los herbicidas aplicados con la rueda y no asperjados sobre las hojas. El resultado de pruebas de campo en muchos miles de hectáreas es que las bandas de 75 mm creadas por la aplicación de herbicidas con las ruedas funcionan tan bien como la aspersión del mismo ancho de banda y tienen una mayor tolerancia de las condiciones bajo las cuales pueden ser usadas.

Control de profundidad y formación de las ranuras

El control de profundidad de la siembra de semillas de pasturas, campos deportivos y

otros casos de uso de especies forrajeras es una operación sumamente precisa. Muchas sembradoras diseñadas expresamente para la regeneración de pasturas han sido promovidas por su bajo costo. Por esta razón, los mecanismos de control de profundidad de la siembra son generalmente primitivos y, en algunos casos, inexistentes.

Por ejemplo, las sembradoras de bajo costo que dominan el mercado de las sembradoras de pasturas en Australia y Nueva Zelandia están casi todas equipadas con el sistema «*Baker Boot*» en versiones de abresurcos de ala simples (ranura en forma de T invertida). Si bien la elección de la forma de la ranura es adecuada, la capacidad de estos abresurcos para seguir la superficie es limitada en razón del diseño simple de los abresurcos en los cuales se colocan. Esto causa que el ángulo de las alas de los abresurcos cambie durante su avance (ver Capítulo 4). Para evitar la pérdida total del ángulo del ala en los huecos, el ángulo preestablecido sobre el nivel de la tierra es de 10°. Este ángulo relativamente agudo significa que la menor profundidad a que puede trabajar este abresurcos y al mismo tiempo mantener una verdadera ranura en forma de T invertida sin romper la cobertura de la superficie es de cerca de 25 mm.

En contraste, la versión de disco más desarrollada de los abresurcos de ala está montada en brazos de arrastre en forma de paralelogramo, lo que asegura que el ángulo del ala nunca cambie. El ángulo preestablecido se reduce a 5° para permitir que las alas operen íntegramente a profundidades tan reducidas como 15 mm. Es sin duda una ventaja importante sembrar pasturas con una máquina equipada con una tecnología similar a la que se usa para sembrar cultivos anuales de mayor valor.

Mientras muchos diseñadores de abresurcos consideran que las pasturas y los campos deportivos son los casos más difíciles de sembrar, con los abresurcos de ala las raíces de las maciegas de las pasturas y de los céspedes preparan un medio cubierto de considerable

elasticidad y resistencia que puede ser fácilmente doblado y reemplazado mientras a la vez se retiene la integridad de las ranuras en forma de T invertida (Ritchie, 1988).

Dosificación de las semillas

La mayoría de las semillas de pasturas y forrajes son pequeñas, livianas y/o esponjosas; en muchos casos también tienen aristas, todo lo cual causa problemas para su manejo y dosificación.

En primer lugar, son difíciles de dosificar con precisión. Los aparatos para dosificar los granos pequeños, que por lo general siembran algún centenar de kilos de semillas por hectárea, difícilmente están bien adaptados a sembrar menos de un kilo de semillas pequeñas por hectárea. Más aún, si las semillas tienen aristas largas o son esponjosas, tienden a formar una cúpula sobre el aparato dosificador que interrumpe su flujo. Esto requiere un agitador adecuado a la sembradora para evitar la formación de esa cúpula. A menudo, las sembradoras para semillas pequeñas y/o para semillas difíciles de manejar usan una tolva auxiliar diseñada especialmente para ese tipo de semillas.

Muchas semillas de pasturas se siembran como mezclas de dos o más especies. Las mezclas más comunes son gramíneas y tréboles. Las semillas de tréboles por lo general son redondeadas y densas. Las semillas de los pastos son generalmente alargadas y a menudo esponjosas y livianas. Una mezcla previa de semillas tan diferentes puede separarse parcialmente en sus componentes individuales dentro de la tolva de semillas de una sembradora, dada la continua vibración de la máquina. Para reducir la separación y ayudar a la dosificación, las semillas pequeñas a menudo se mezclan con material inerte como aserrín o cáscara de arroz para dar mayor masa al material y reducir su sedimentación. Con estas mezclas la separación también puede ser un problema, especialmen-

te si son dosificadas y sembradas por un sistema en base a corriente de aire. En estos casos, la alta velocidad de la corriente de aire puede separar las semillas más livianas y esponjosas fuera de la ranura de las semillas antes de que hayan sido cubiertas.

Resumen de la producción de forraje en la labranza cero

1. Los sistemas de producción que dependen de un abastecimiento intensivo de forraje exigen que este llegue en forma continua al ganado, lo que favorece el uso de los cultivos sucesivos de forraje frente a los sistemas más tradicionales de pasturas.
2. Usando la labranza cero el establecimiento de sucesivos cultivos forrajeros es sostenible solamente a largo plazo.
3. La integración de la producción de forraje y de cultivos anuales es deseable en climas que permiten la utilización económica de los cultivos forrajeros por parte de los animales.
4. Los agricultores por lo general otorgan menos valor a los cultivos forrajeros que a los cultivos anuales y aceptarán fácilmente resultados inferiores.
5. Las sembradoras para pasturas y muchos cultivos forrajeros requieren un control de siembra más preciso y la siembra a menor profundidad que las máquinas equivalentes para los cultivos anuales.
6. Las sembradoras para semillas de pasturas y forrajes deben ser capaces de dosificar las semillas pequeñas.
7. Los cultivos forrajeros deberían ser generalmente tratados con el mismo cuidado y atención que los cultivos de especies anuales, lo que raramente ocurre.
8. Las sembradoras para pasturas deben ser capaces de manejar asociaciones fuertes de raíces con el suelo y también de utilizar esta cobertura en su provecho.

9. Con la regeneración de las pasturas por medio de la siembra en cobertura puede haber una permuta o intercambio entre proporcionar un ambiente adecuado para la germinación y la emergencia y una reducción de la competencia de la pastura existente.
10. Dado que el momento de la siembra de los cultivos forrajeros y las pasturas es menos crítico que el de los cultivos anuales, hay más oportunidades para esperar el tiempo adecuado y compensar la calidad del trabajo de abresurcos mediocres.
11. Respecto a la recuperación de la inversión, la aspersión total de la competencia vegetal existente dará mejores resultados a largo plazo que la aspersión en bandas, la cual a su vez es superior a la no aspersión.
12. La siembra cruzada de pasturas de establecimiento lento puede producir una mayor infestación de malezas que la siembra en una sola pasada.
13. La siembra temprana en el otoño probablemente producirá más pasturas que la siembra tardía, siempre que en ese momento haya una adecuada humedad en el suelo.
14. Es probable que la siembra a principios del otoño y en primavera produzca más problemas de malezas que la siembra tardía en otoño, especialmente con especies de pasturas de establecimiento lento.
15. La siembra con una sola pasada de la sembradora en surcos a 75 mm puede producir una ventaja de rendimiento a corto plazo con especies de pasturas de establecimiento lento, en comparación con la siembra a 150 mm.
16. Ni la siembra en una sola pasada a 75 mm ni la siembra cruzada a 150 mm tienen ventajas agronómicas a largo plazo en comparación con la siembra en una pasada a 150 mm; tampoco tienen ninguna ventaja a corto plazo con especies de pasturas de establecimiento rápido.
17. Con aspersión en bandas para sembrar en cobertura se prefieren las bandas anchas a 75 mm en comparación con las siembras a 150 mm.
18. Con la siembra en cobertura para la regeneración de pasturas, los fertilizantes deberían ser aplicados en el momento de la siembra tres semanas después de la emergencia.
19. Con una renovación total de las pasturas, la nueva pastura debería ser sembrada y el fertilizante aplicado en la misma operación, en forma similar a los cultivos anuales.