

Capítulo 30. Sistema de siembra de arroz con semilla pregerminada sobre suelo inundado

Ramón Henríquez S., Marcelo Ibáñez A., Eduardo Godoy C., Mario Paredes C., Gabriel Donoso Ñ., Viviana Becerra V., Nelso Badilla R.

Actualmente, en el país se utilizan dos sistemas de siembra en el cultivo del arroz: a) semilla pregerminada sobre suelo inundado, que abarca alrededor de un 80 % de la superficie sembrada; y b) siembra directa en suelo seco, utilizada por el 20 % de los agricultores.

Preparación de suelo

En los últimos 20 años, la preparación de suelo ha sufrido fuertes cambios favorecidos por la puesta en marcha del Programa de Recuperación de Suelos Degradados (PRSD), financiado por el Ministerio de Agricultura y ejecutado por INDAP, con el que a partir del año 1999 se incorporó la micronivelación de suelo a cota cero con sistema láser, labor que debía realizarse con la superficie seca para facilitar el movimiento de tierra. Conjuntamente, empezó a utilizarse un nuevo equipo para la construcción de pretilos, denominado 'pejerrey' (Foto 1). A la fecha, el 90 % de la superficie destinada al cultivo del arroz se encuentra micronivelada. Cabe destacar que esta labor se debe realizar cada 4 a 5 años en el suelo a cultivar.



Foto 1. 'Pejerrey', equipo para hacer los pretilos.

La micronivelación trajo, entre otras ventajas, la reducción de pretilos por unidad de superficie, lo que implica mayor superficie y uniformidad del cultivo, mejor manejo del agua, mejor control de malezas, y mayor eficiencia en el uso de maquinaria agrícola, disminuyendo el uso de arado de tracción animal. Bajo estas circunstancias, la preparación de suelos se puede realizar con dos ras-trajes (cincel) y una labor de rotofresadora, seguido del llenado del agua de los cuadros. De esta manera se evita el 'fangueo', labor que causa erosión del suelo y que, en algunos casos, cuando el barro cubre total o parcialmente la semilla, unido a bajas temperaturas, aumenta la pérdida de semilla por 'almidonamiento'.

En general, se recomienda iniciar la preparación del suelo en el verano, para terminarla en la primavera, lo que favorece un buen control de malezas y la siembra en la época recomendada (Hernaiz y Alvarado, 2007). Sin embargo, el tipo de preparación del suelo va a depender del cultivo anterior, por lo cual, es importante tener en consideración el manejo del rastrojo dejado por el cultivo.

Cuando se utiliza una rotación de arroz – pradera natural – arroz, se empieza en primavera-verano del año anterior a la siembra, con 1 a 2 rastrajes con rastra tipo off-set, con el objetivo de exponer las malezas perennes de propagación vegetativa (hualtatas, pasto cabezón, etc.) al sol y el viento, provocando la deshidratación y muerte del material vegetal. También en esta época se reparan los pretilos con tierra seca, usando el ‘pejerrey’.

En invierno se reparan los pretilos con una pasada de ‘pejerrey’ en suelo barroso o en forma manual (pala). Es necesario indicar que el uso de ‘pejerrey’ en invierno deja huellas de consideración causadas por las ruedas del tractor. En primavera se puede realizar un barbecho químico y, cuando las condiciones de suelo son friables, se puede rastrear dos veces, terminando con una pasada de rotofresadora. Antes del último rastraje se puede aplicar el fertilizante en cobertera, utilizando un trompo abonador (Riquelme et al., 2015). Es recomendable realizar la incorporación de la mezcla de fertilizante con rastra a no menos de 12 cm de profundidad y, posteriormente, se puede pasar la rotofresadora. Si la incorporación de la mezcla de fertilizantes se realiza con rotofresadora, se pueden presentar problemas mayores con la aparición posterior de la lama, ya que la rotofresadora remueve el suelo alrededor de 5 cm de profundidad, dejando una mayor disponibilidad de nutrientes para esta alga acuática que se propaga con mucha rapidez y que se ubica sobre la superficie del agua, impidiendo que el arroz pueda emerger.

Una vez terminada la preparación del suelo, se debe realizar rápidamente el llenado de los cuadros, para favorecer el control de malezas y evitar la competencia con las plantas de arroz al momento de la siembra. Los cuadros, deben quedar con una altura de agua promedio de 5 a 10 cm. Los sectores de suelo descubiertos pueden ser eliminados con un ‘rastrón’ de madera con clavos (‘carrancha’) tirado por un caballo, o bien, realizar un nuevo pretil o ‘cortada’ para uniformar la nivelación del suelo y realizar la siembra con semilla pregerminada.

La preparación de suelo en potreros con monocultivo de arroz es una condición menos favorable, debido a que este sistema promueve una mayor infestación de malezas, pérdida de nutrientes y otros problemas, como el manejo después de la cosecha de un gran volumen de paja y una gran cantidad de huellas en el suelo provocadas por la maquinaria de cosecha. En la medida que el terreno se encuentre más húmedo, mayor será el daño por las huellas que dejará la maquinaria. Debido a esta situación, las labores de la preparación del suelo deben considerar una adecuada selección de la maquinaria utilizada en la trilla del arroz. En este sentido, es necesario utilizar una cosechadora combinada automotriz que pique y distribuya la paja adecuadamente, de lo contrario quedará una línea de paja concentrada que dificultará la incorporación y descomposición de estos residuos. El uso de máquina cosechadora con picador y distribuidor de paja, favorecerá la incorporación y descomposición de la paja durante, a lo menos, 2 a 3 meses antes de la nueva siembra. Con ello se evitará el hambre de nitrógeno que se produce en el suelo, durante el proceso de descomposición de los residuos por parte de los microorganismos encargados de este proceso. Una vez picada y esparcida la caña, se realizan inmediatamente dos pasadas de rastra o una de cincel seguida de una rastra, para dejar la caña incorporada y realizar los trabajos en primavera.

Otra alternativa de preparación de suelos es la incorporación del rastrojo de la cosecha en los cuadros con rotovator, el que requiere la presencia de una lámina agua (inundar o lluvia) en el suelo. Con ello se borran las huellas dejadas por los equipos de cosecha. En esta oportunidad se deben arreglar los pretilos con el paso del ‘pejerrey’, previo al paso del rotovator. Este sistema de preparación de suelo continúa en primavera con dos pasadas de rastra y termina con la rotofresadora.



Foto 2. Rotovator equipo para la incorporación del rastrojo en la preparación de suelo.

Es importante considerar que el sistema de incorporación del rastrojo en el suelo permite reponer gran parte del potasio, calcio, azufre y microelementos, a diferencia de la quema del rastrojo que produce una pérdida de nitrógeno y azufre contenido en los residuos, a través del proceso de volatilización hacia la atmósfera (Hirzel, 2007), pero en algunos casos puede producir atrasos en la siembra, por la mayor dificultad del secado del suelo, cuando se presentan primaveras lluviosas.

Época de siembra

La temperatura es uno de los factores que determina la fecha de siembra del arroz. Debido a su origen tropical o subtropical, la planta de arroz es susceptible a las bajas temperaturas, por lo cual afecta su crecimiento y desarrollo que se manifiesta, principalmente, en: a) velocidad en el proceso de germinación y emergencia, por ejemplo, en siembras realizadas en la segunda semana de septiembre. La emergencia de las plántulas toma un mayor tiempo que las realizadas durante la primera quincena de octubre en adelante; b) crecimiento y desarrollo de las plantas, posterior a la emergencia. En este sentido, los procesos de crecimiento y desarrollo de las plantas toman un mayor tiempo en condiciones de baja temperatura que en un periodo de temperaturas más cálidas; y c) producción de grano. Las bajas temperaturas pueden afectar a diferentes estructuras (óvulo y polen) y a diferentes procesos, como la polinización y fertilización que pueden causar aborto y reducir la producción y la calidad del grano producido (Alvarado y Hernaiz, 2007; Donoso y Paredes, 2015).

Los efectos del frío se pueden manejar a través de la siembra en una fecha óptima que permita a la planta llegar a las etapas de floración y madurez con temperaturas y radiación solar, entre diciembre y enero. Por tal razón, la fecha recomendada para la siembra del arroz es hasta el 19 de octubre. Siembras realizadas después de esta fecha, favorecen el retraso de la floración hasta febrero, cuando la temperatura y radiación empiezan a reducir, y aumenta la probabilidad que las bajas temperaturas puedan afectar el rendimiento y calidad del arroz cosechado (Alvarado y Hernaiz, 2007; Donoso y Paredes, 2015). Siembras realizadas con posterioridad al 10 de noviembre corren el riesgo de perder, aproximadamente, 100 kg ha⁻¹ por día de retraso y hasta un 64 % de grano entero por hectárea, debido a un mayor porcentaje de grano verde, manchado y panza blanca (Donoso y Paredes, 2015). Para sembrar en la época recomendada es necesario realizar las labores de preparación del suelo y el llenado temprano de los cuadros.

La siembra manual, a caballo, aérea o con trompo, se debe realizar sobre agua clara y con semilla pre germinada (coleóptilo de 1 a 3 mm). La pre germinación de la semilla se realiza en sacos $\frac{3}{4}$ llenos, los cuales se sumergen en agua por 2 a 3 d, dependiendo de las temperaturas, y se verifica que to-

das las semillas estén germinadas. La semilla a utilizar debe ser de buena calidad, preferentemente certificada o hija de certificada con análisis de germinación, para asegurar una buena emergencia y establecimiento del cultivo.

Dosis de semilla

La dosis de semilla a utilizar va a depender de una serie de factores como la preparación de suelos, época de siembra, y calidad de semilla utilizada. Sin embargo, la dosis de semilla certificada (o corriente) recomendada fluctúa entre 140 a 180 kg ha⁻¹ en siembra manual y 120 a 140 kg ha⁻¹ en siembra por máquina sembradora o por avión, donde es importante obtener una cantidad de entre 200 y 250 plantas m⁻², distribuidas uniformemente (Alvarado y Hernaíz, 2007; Henríquez et al., 2018).

Variedad

Más del 90 % del arroz producido en el país corresponde a arroz *japonica* templado grano largo-ancho, entre los cuales se destacan las variedades 'Zafiro-INIA' (Cordero et al., 2010) y 'Cuarzo-INIA' (Cordero et al., 2011). En la temporada 2020-2021 ingresó al mercado nacional 'Digua CI' (Paredes et al., 2019), primera variedad Clearfield producida en el país, que posee un tipo de grano similar a 'Zafiro-INIA'. Además de estas variedades, está presente también la variedad 'Platino-INIA', de grano medio, enfocada a satisfacer el nicho de mercado compuesto por la preparación de algunos platos especiales como sushi y risottos (Paredes et al., 2016). Otra variedad disponible es 'Ámbar-INIA', variedad de grano glutinoso, destinada también a satisfacer las necesidades de consumo de otro nicho de mercado (Alvarado y Hernaíz, 2005).

Un aspecto importante a considerar en relación a la semilla, es que el uso de semilla certificada ha ido aumentando en el tiempo. De esta manera, el agricultor garantiza la identidad (variedad comprada es la correcta), pureza genética (ausencia de mezclas con otras variedades) y física (libre de impurezas, como malezas prohibidas y otras), y un alto porcentaje de germinación. Todas estas características van a contribuir a obtener un buen rendimiento y calidad del producto cosechado (Alvarado y Hernaíz, 2007).

En los últimos años los pequeños agricultores han optado por mejorar la semilla corriente que sembraban, adquiriendo semilla certificada, cuya cosecha es sembrada en la temporada siguiente. Las empresas consultoras de INDAP han apoyado a los pequeños agricultores en esta actividad, lo cual pretende reducir en forma importante la infestación de sus semillas y campos con arroz rojo, y lograr mejores rendimientos en los cultivos. Por su parte, las empresas también incentivan el uso de semilla certificada.

Control de malezas

La presencia de malezas es uno de los principales factores limitantes de la producción de arroz en el país, ya que reduce el rendimiento en grano paddy y la calidad del producto cosechado. Las malezas causan daño al cultivo a través de la competencia por luz, agua y nutrientes, limitan la eficiencia del uso de agua y de los nutrientes, y aumentan los costos de producción del cultivo. En algunos casos, la presencia de algunas malezas como el hualcacho (*Echinochloa* spp.) y el arroz rojo, puede reducir la calidad y aumentar los costos de selección y comercialización del producto elaborado. En el caso de producción de semillas, la presencia de ciertos niveles de arroz rojo puede implicar el rechazo de los semilleros (Alvarado et al., 2007). Los porcentajes de pérdidas en el rendimiento del arroz paddy varían dependiendo del nivel de infestación de las malezas, pero pueden llegar a valores superiores a un 30 % (Alvarado y Hernaíz, 1995; Pedreros y Kramm, 2007).

Las malezas que crecen en el sistema de producción de arroz inundado son típicas, entre las cuales se pueden distinguir los hualcachos (*Echinochloa crus-galli*; *E. oryzoides*; *E. crus-pavonis*), pasto cabe-

zón (*Scirpus mucronatus*), cortadera (*Cyperus difformis*), hualtata (*Allisma plantago-aquatica*), lengua de vaca (*Sagittaria montevidensis* spp. *chilensis*) y el arroz rojo (*Oryza sativa* spp.) (Alvarado y Pedreros, 1991; Ormeño, 1992; Ormeño y Grau, 1988; Pedreros y Kramm, 2007; Alvarado et al., 2007).

Los principales métodos de control se pueden separar en culturales y químicos. Los métodos culturales incluyen una serie de actividades para prevenir o a reducir el nivel de infestación de las malezas en el campo, entre los que se pueden mencionar: preparación adecuada del suelo, uso de semilla certificada, limpieza de los canales, mantención de pretilas y desagües libres de malezas, limpieza de maquinarias y equipos, manejo adecuado de la lámina de agua, entre otras (Alvarado y Hernaiz, 1995; Alvarado y Pedreros, 1991). Los métodos químicos, en tanto, incluyen el uso de diferentes tipos de herbicidas y en diferentes épocas, destinados a controlar las malezas existentes en el campo. Las épocas de aplicación incluyen el uso de herbicidas como barbecho químico, pre-siembra incorporado, pre-emergencia y post-emergencia. Los principales productos utilizados se presentan el Cuadro 1.

Cuadro 1. Herbicidas recomendados para el control de malezas en siembras de arroz inundado.

Espectro/ mecanismo de acción	Ingrediente activo	Marca	Clasificación	Grupo	Acción
Control de malezas gramíneas					
Inhibidor de ACCase	cyhalofop	Clincher	1	Aryloxyphenoxypropionates	Sistémico
	penoxulam	Ricer	2	Triazolopirimidinas	Sistémico
	imazamox + imazapyr	Eurolightning	2	Imidazolinonas	Sistémico
	bispiribac Na	Nominee	2	Pyrimidilbenzoatos	Sistémico
	pyribenzoxin	Pyanchor	2	Pyrimidilbenzoatos	Sistémico
Síntesis de auxinas (AIA)	florpyrauxyfen benzyl	Loyant	4	Pyridincarboxylatos	Sistémico
Inhibidores de síntesis de lípidos	molinatate	Brioso Molirox	8	Thiocarbamatos	Contacto
Inhibidores síntesis membrana celular	quinclorac	Facet, Exocet	4	Quinoline carboxylic acids	Sistémico
Control de malezas latifoliadas					
Síntesis de auxinas (AIA)	triclopyr	Garlon	4	Pyridyloxy carboxylatos acids	Sistémico
	MCPA	MCPA/U46	4	Phenoxy carboxylic acid	Sistémico
Inhibidor sistema fotosíntesis II	bentazon	Bentax, Basagran	6	Benzothiadiazinone	Contacto
Protox (PPO)	saflufenacil	Heat	14	N phenil imidas	Contacto

Fuente: Alejandro Toro, comunicación personal.

Los equipos de aplicación varían desde las bombas de espalda, equipos pulverizadores terrestres, aviones y últimamente drones. La aplicación de algunos herbicidas necesita una reducción en el nivel de agua de los cuadros y otros no requieren de esta situación, pudiendo ser aplicados sobre el agua. Debe tenerse en consideración el estado de desarrollo del cultivo o de la maleza, de acuerdo al tipo de herbicida aplicado y el cubrimiento de la planta por el agua, factores determinantes en un buen control de malezas.

Debido a los diferentes tipos de malezas a controlar, es necesario utilizar diferentes estrategias de control integrado que incluya prácticas de prevención, prácticas culturales, manejo agronómico adecuado del cultivo y un efectivo control químico. El control químico debe considerar, en lo posible, la aplicación de un programa que incluya aplicaciones secuenciales, mezclas de herbicidas, uso de herbicidas de diferentes mecanismos de acción, y una rotación de ellos para evitar la aparición de malezas resistentes y la pérdida de efectividad de los herbicidas disponibles (Alvarado y Hernaíz, 1995; Pedreros y Kramm, 2007).

En general, se recomienda realizar las siguientes labores de control:

1. Barbecho químico, utilizando como producto principal glifosato y otras mezclas. Éste se debe realizar 10 a 60 d antes de la preparación de suelo de primavera, enfocado a malezas con reproducciones vegetativas y gramíneas. Si no son controladas en esta etapa, es muy difícil su control durante el desarrollo del cultivo.
2. Herbicidas de post-emergencia. Hay productos que se pueden aplicar sin bajar el nivel de agua del cuadro como el molinate y penoxulan. Con el molinate (control de hualcacho) el nivel de agua debe cubrir 2/3 de la altura del hualcacho y mantener la lámina de agua hasta que la maleza muera. Con el penoxulan (control de hualcacho y hualtata) el nivel del agua debe mantenerse en los 10 cm de altura por unos 5 d, como mínimo. Otros productos, como el quinclorac (control de hualcacho), se aplican cuando el arroz tiene de 2 a 3 hojas, debiendo bajar el nivel de agua hasta 2/3 partes de la maleza expuesta, para luego rellenar a las 48 h. Rinskor (controla hualcacho y hualtata) requiere aplicarse desde 1-2 hojas del arroz y bajar el nivel de agua para la aplicación y reponer al primer o segundo día. En general, los productos antes mencionados se aplican entre los 4 y 25 d post-siembra. Posteriormente, existen productos como MCPA (controla hualtatas y ciperáceas) y bentazon (controla hualtata) que se usan entre los 40 y 60 d, bajando el nivel de agua y reponiéndolo entre 1 a 2 d post-aplicación.

Un problema más o menos frecuente en suelos con monocultivo es la presencia de la 'lama' en la superficie de agua, pudiendo controlarse con algunos productos químicos como el sulfato de cobre, en dosis de 3 a 5 kg ha⁻¹; sin embargo, este control ha sido poco efectivo. En la práctica, se utiliza para el control el secado de los cuadros, es decir, desaguar los cuadros y dejar el suelo expuesto al sol para que se seque el primer centímetro de la superficie del suelo. Una vez que la lama se haya secado, se vuelven a llenar los cuadros a sus niveles normales.

Manejo del agua

En el cultivo del arroz el agua cumple una serie de funciones como, por ejemplo, regulador térmico, ya que evita los cambios bruscos de temperatura; y controlador de malezas, puesto que la inundación inhibe o retarda el crecimiento de las malezas al disminuir su absorción de nutrientes. Para vivir en un suelo inundado, la planta de arroz ha desarrollado estructuras especializadas, como el aerénquima, que le permiten realizar el intercambio de oxígeno en condiciones anaeróbicas (Yoshida, 1981; Drew et al., 2000; Steffens et al., 2010).

Bajo condiciones de inundación, el arroz necesita un gran volumen de agua para realizar su crecimiento y desarrollo. Estimaciones realizadas en el país, sitúan el uso del agua entre 18.000 y

20.000 m³ ha⁻¹, equivalentes a 18 a 20 mm d⁻¹ ha⁻¹, comparado con valores de evaporación que oscilan entre 6 y 11 mm d⁻¹ ha⁻¹, dependiendo de la época y las condiciones climáticas (Alvarado y Hernaíz, 1995) y hasta 14.000 m³ (Henríquez et al., 2018).

En relación de la altura del agua, se plantea mantener una lámina de agua variable de acuerdo al estado de desarrollo de la planta. Es así como se recomienda mantener 5 cm a la siembra, 10 cm entre la siembra y floración, y 20 cm desde la floración hasta el corte del agua para preparar las labores de la cosecha. En este aspecto se recomienda realizar el corte de la entrada de agua cuando el grano está al estado lechoso, manteniendo el agua estancada hasta que se consuma completamente. Sin embargo, al tomar esta decisión, es necesario considerar el tipo de suelo, el estado de los pretilos, las condiciones de drenaje y las condiciones climáticas (Alvarado y Hernaíz, 1995; Hernaíz y Alvarado, 2007).

Hay que considerar que el manejo de agua en suelo micronivelado permite una emergencia uniforme de las plántulas, debido a la homogeneidad de la altura de la lámina de agua, en comparación a un suelo desnivelado, donde se pueden encontrar sectores de suelo sólo saturados, sin lámina de agua, mientras en otros sectores se pueden observar alturas de agua de hasta 20 cm. Esta situación produce importantes pérdidas de semillas y plántulas débiles.

En el manejo general del agua se debe considerar, también, la realización de algunas labores agronómicas, como el control de las malezas y la aplicación de la segunda dosis de nitrógeno, al estado de inicio de macolla y la tercera dosis de nitrógeno a inicios del desarrollo del primordio. En este sentido, se recomienda bajar el agua para realizar la segunda aplicación de nitrógeno y del herbicida, e inundar 24 a 48 h después de la aplicación o de acuerdo a lo que indique la etiqueta del producto químico utilizado, para mejorar la eficiencia del herbicida y del nitrógeno y disminuir la emergencia de nuevas generaciones de malezas (Alvarado y Hernaíz, 1995).

Fertilización

Los suelos llamados ´arroceros` poseen, en general, un bajo nivel de nutrientes debido, entre otras razones, al uso intenso del suelo asociado al monocultivo del arroz. Generalmente, estos suelos poseen un pH entre 5,5 y 6,4 (leve a moderadamente ácido), contenidos de materia orgánica entre 1,6 % y 3,5 %, un nivel de fósforo disponible inferior a 10 ppm y niveles de potasio inferiores a 100 ppm. Asimismo, contienen un nivel variable de nitrógeno incubado y adecuados niveles de disponibilidad de calcio, magnesio, azufre, boro, cobre, zinc y sílice (Hirzel, 2007). Por esta razón, la fertilización tradicional del arroz incluye las aplicaciones de nitrógeno, fósforo y potasio. Hoy en día, los niveles de micronutrientes se han reducido y el pH de los suelos ha bajado, por lo que los análisis de suelo se hacen cada vez más importantes para corregir deficiencias.

Las dosis y el tipo de fertilizantes a utilizar deben ser los recomendados por el análisis químico de suelo y el nivel de rendimientos potencial esperado. En una fertilización estándar (NPK), se debe considerar la aplicación de un 20 % de la aplicación del nitrógeno y un 100 % de la aplicación de fósforo y potasio, previo a la siembra (Hirzel, 2007). Esta aplicación se puede realizar con un trompo abonador. Por lo general, la segunda aplicación se realiza al estado de macolla, cuando el arroz tiene 3 a 4 hojas, en cobertera y después del control de malezas. La tercera dosis de aplicación de nitrógeno se puede hacer por avión o en forma manual (Foto 3), después de la inundación. Estas dos aplicaciones de nitrógeno deben incluir el 80 % de la recomendación realizada (Hirzel, 2015).



Foto 3. Fertilización nitrogenada a caballo en siembra de semilla pre germinada.

En relación a la forma de nitrógeno absorbido por la planta de arroz en condiciones de inundación, ésta prefiere formas amoniacales, es decir, hasta el inicio de la panícula y posteriormente en formas nítricas. En este sentido, las formas amoniacales favorecen a los componentes de rendimiento que se desarrollan temprano en el proceso de crecimiento de la planta, como el número de macollas y de panículas por planta. En cambio, la forma nítrica estimula aquel componente de rendimiento que se expresa más tarde, como el peso de los granos. Por otro lado, la condición aeróbica que se presenta en los primeros 5 a 10 cm de profundidad del suelo, permite la transformación del amonio a nitrato, proceso acelerado por las temperaturas (Hirzel, 2007).

En general, las dosis de nutrientes utilizadas fluctúan entre 90 y 120 kg ha⁻¹ de nitrógeno, aplicados un 20 % a la siembra, 60 % a inicio de macolla (arroz con 3 a 5 hojas) y un 20 % a inicio de primordio (45 a 60 d después de siembra), además de unos 60 kg ha⁻¹ de fósforo y 60 a 80 kg ha⁻¹ de potasio. El fósforo y el potasio se aplican previo a la siembra y se incorporan en la última labor de la preparación del suelo. Realizada la fertilización de pre siembra, el llenado de los cuadros con agua debe ser lo más rápido posible, para evitar pérdidas de nitrógeno por volatilización. La labor del llenado rápido de los cuadros se debe realizar igualmente posterior a la segunda y tercera aplicación del nitrógeno, ya que se realizan con el suelo seco.

Una modificación de esta recomendación general se realiza en el sector sur poniente de Parral, donde existe el suelo rojo arcilloso, perteneciente a la serie Parral. En este sector se realiza, principalmente, la rotación arroz-pradera natural. En siembras realizadas entre el 5 y 20 de octubre, se recomiendan hasta 120 kg ha⁻¹ de N, parcializadas en tres aplicaciones. En pre-siembra, se aplica un 40 % de la dosis de N, la cual va incorporada con el 100 % del fósforo y el 65 % del potasio. En la segunda aplicación nitrogenada se usa el 40 % y el 25 % de potasio, a los 30-35 d posterior a la siembra. Finalmente, en la tercera aplicación de nitrógeno, se añade el 20 % restante, a los 65 a 70 d después de la siembra.

En estos sectores no es recomendable aplicar dosis más altas de nitrógeno, ya que, por condiciones de suelo, temperatura ambiental y temperatura de agua, el desarrollo del cultivo es más lento y se corre el riesgo de exceso de desarrollo vegetativo en desmedro de la producción de grano, conocido comúnmente como 'vanazón' o 'empajamiento'. En la medida que la fecha de siembra se atrasa, hay que reducir la dosis de nitrógeno en la primera y segunda aplicación (10 % a 15 %) y se puede llegar a suspender la tercera dosis.

La primera aplicación de fertilizantes de pre siembra (NPK) se incorpora con la última labor de suelo, rastraje o rotofresadora. Se procede al llenado de los cuadros en forma rápida, para evitar pérdidas de nitrógeno. La segunda dosis de nitrógeno se realiza con agua estancada ('trancada') por 1 d, para luego regular el flujo y la lámina de agua según desarrollo del cultivo, al igual que en tercera aplicación.

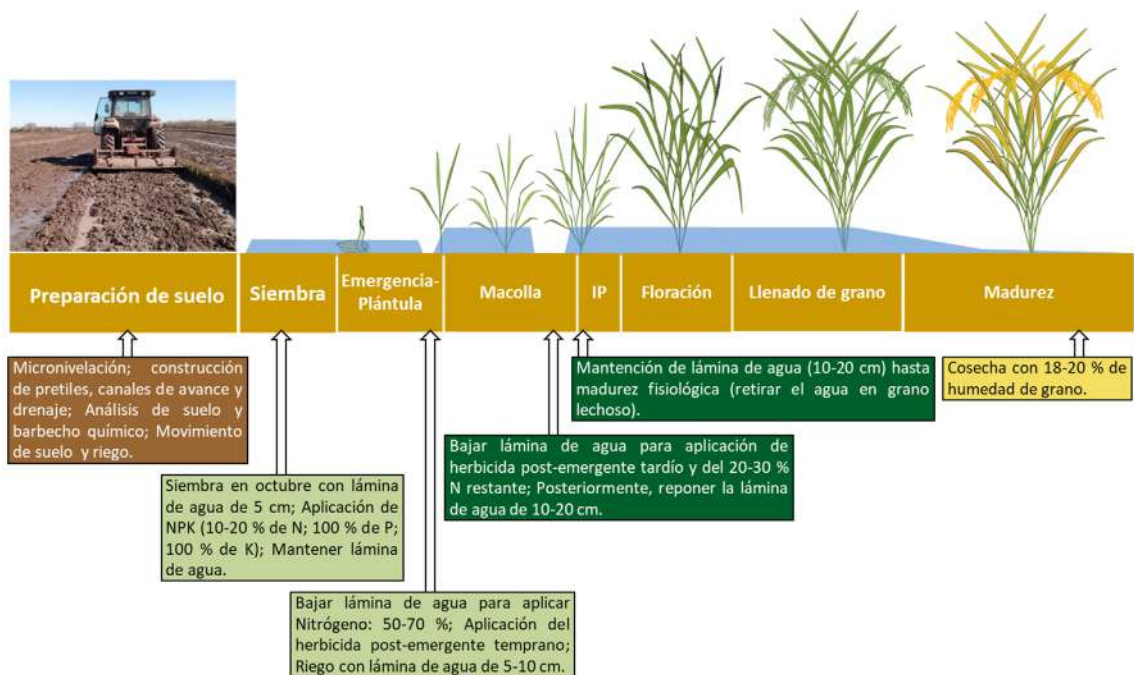
Las mezclas de fertilizantes usadas son la 15-22-22 de pre-siembra, en dosis de 300 kg ha⁻¹ para la segunda aplicación la mezcla 30-0-20 en dosis de 150 kg ha⁻¹ y para la tercera aplicación se usa urea en dosis de hasta 50 kg ha⁻¹.

Cosecha

Al momento de la cosecha es importante tener en cuenta la humedad del grano, la que puede variar entre un 18 % y un 24 % de humedad. Es importante revisar y regular la automotriz al comienzo de la cosecha, para evitar pérdidas de grano o producir grano partido (Alvarado y Hernaíz, 2007; Riquelme, 2007; 2015) y porcentaje de granos verdes. La cosecha sobre suelo seco tiene como ventajas evitar la formación de huellas en el suelo, reducir las labores del suelo y el uso de combustible de la automotriz y del tractor.

Resumen Siembra Pregerminada

Principales actividades a realizar en la siembra convencional, suelo inundado con semilla pregerminada (Figura 1).



Fuente: Elaboración: Donoso, G., 2021.

Figura 1. Sistema de producción de arroz siembra pregerminada.

Referencias

- Alvarado, R., Hernaíz, S. 1995. Manual de producción de arroz. Programa de Reconversión de Suelos Arroceros, Ministerio de Agricultura. Serie Quilamapu N°62. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Chillán, Chile.
- Alvarado, R., Hernaíz, S. 2005. Ámbar-INIA, nuevo cultivar de arroz con grano corto y muy bajo contenido de amilosa. Agric. Téc. (Chile) 65:101-104.

- Alvarado, R., Hernaíz, S. 2007. Variedades, siembra, semilla certificada, dosis de semillas y épocas de siembra. p. 21-37. En Alvarado, R. (ed.) Arroz. Manejo tecnológico. Boletín N°162. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Chillán, Chile.
- Alvarado, R., Hernaíz, S., Kramm, V. 2007. Arroz rojo, un problema actual. p. 127-136. En Alvarado, R. (ed.). Arroz. Manejo tecnológico. Boletín N°162. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Chillán, Chile.
- Alvarado, R., Pedreros, A. 1991. Presencia de arroz rojo en Chile. Agric. Téc. (Chile) 51:374-377.
- Cordero, K., Hernaíz, Z., Saavedra, F., et al. 2010. Zafiro INIA. Arroz, grano largo, alto rendimiento de campo y gran calidad industrial. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Chillán, Chile.
- Cordero, K., Hernaíz, Z., Saavedra, F., et al. 2011. Cuarzo-INIA. Nueva variedad de arroz grano largo ancho. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Chillán, Chile.
- Donoso, G., Paredes, M. 2015. Efecto de las bajas temperaturas en el cultivo del arroz. p. 18-21. En Paredes, M., Becerra, V. (eds.) Producción de arroz: Buenas prácticas agrícolas (BPA). Boletín N° 306. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Chillán, Chile.
- Drew, M., He, C-J., Morgan, O. 2000. Programmed cell death and aerenchyma formation roots. Trends Plant Sci. 5:123-127.
- Henríquez, R., Henríquez, E. Sepúlveda, D., et al. 2018. Manual de manejos bajo el sistema de siembra directa con taipas en arroz en Chile. Serie estudios para la innovación FIA. Fundación para la Innovación Agraria (FIA), Santiago, Chile.
- Hernaíz, S., Alvarado, R. 2007. Manejo del agua en el arrozal. p. 49-57. En Alvarado, R. (ed.) Arroz. Manejo tecnológico. Boletín N°162. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Chillán, Chile.
- Hirzel, J. 2007. Nutrición y fertilización del cultivo del arroz. p. 87-103. En Alvarado, R. (ed.) Arroz. Manejo tecnológico. Boletín N°162. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Chillán, Chile.
- Hirzel, 2015. Nuevos antecedentes en la fertilización nitrogenada. p. 43-50. En Paredes, M., Becerra, V. (eds.) Producción de arroz: Buenas prácticas agrícolas (BPA). Boletín N° 306. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Chillán, Chile.
- Ormeño, J. 1992. Efecto del hualcacho (*Echinochloa* spp.) sobre el rendimiento de arroz (*Oryza sativa* L.) en Chile. Agric. Téc. (Chile) 52:208-213.
- Ormeño, J., Grau, P. 1988. Las principales malezas de importancia económica en el cultivo del arroz en Chile. Bol. Agric. Shell 48:6-11.
- Paredes, M., Becerra, V., Donoso, G., et al. 2016. Platino-INIA. Nueva variedad de arroz grano medio. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Chillán, Chile.
- Paredes, M., Becerra, V., Donoso, G., et al. 2019. Digua Cl., primera variedad de arroz Clearfield para Chile. p. 18-25. En Becerra, V., Paredes, M., Donoso G. (eds.) Arroz sustentable: Sistema de producción de arroz Clearfield. Boletín INIA N°397. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Chillán, Chile.
- Pedreros, A., Kramm, V. 2007. Malezas en arroz. p. 107-126. En Alvarado, R. (ed.) Arroz. Manejo tecnológico. Boletín N°162. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Chillán, Chile.
- Riquelme, J. 2007. Cosecha mecanizada del arroz. p. 137-154. En Alvarado, R. (ed.) Arroz. Manejo tecnológico. Boletín N°162. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Chillán, Chile.
- Riquelme, J. 2015. Cosecha mecanizada. p. 67-71. En Paredes, M., Becerra, V. (eds.) Producción de arroz: Buenas prácticas agrícolas (BPA). Boletín N° 306. Instituto de Investigaciones

Agropecuarias (INIA), Chillán, Chile.

Riquelme, J., Parada, J., Paredes, M., et al. 2015. Establecimiento del cultivo del arroz. p. 26-31. En Paredes, M., Becerra, V. (eds.) Producción de arroz: Buenas prácticas agrícolas (BPA). Boletín N° 306. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Chillán, Chile.

Steffens, B., Gesk, T., Sauter, M. 2010. Aerenchyma formation in the rice stem and its promotion by H₂O₂. *New Phytol.* 190:369-378.

Yoshida, S. 1981. Fundamentals of rice crop science. International Rice Research Institute (IRRI), Manila, The Philippines.