

Espiga de trigo con esterilidad masculina. El programa mexicano de investigaciones de trigo híbrido, iniciado en 1962, ya ha adquirido proporciones de un grande y masivo esfuerzo. Hoy en día alrededor del 20 por ciento de todos los trabajos de investigación se enfocan hacia la creación y desarrollo de trigos híbridos mejores.

TRIGO HIBRIDO:

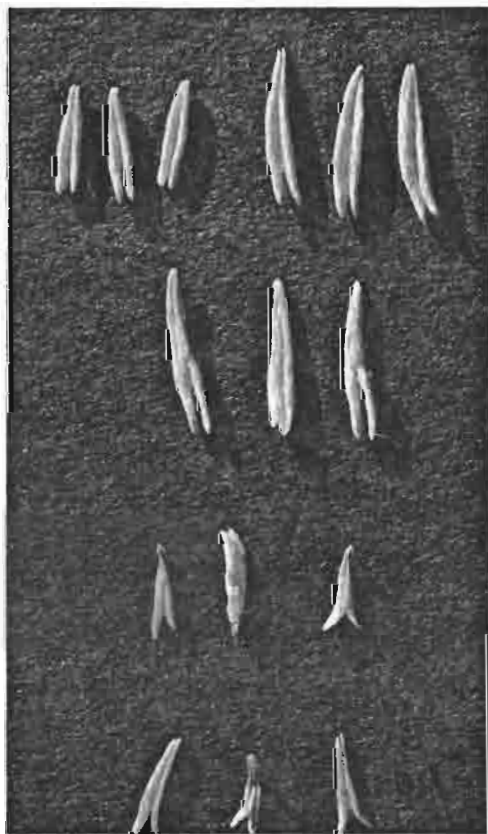
Poderosa

Por Ricardo Rodríguez, Ing. Agr.⁽¹⁾,
Marco A. Quiñones, Ing. Agr.⁽¹⁾,
Ignacio Narváez, Ph. D.⁽²⁾,
Norman E. Borlaug, Ph. D.⁽²⁾,

Parte I—El Problema

■ EN LA ACTUALIDAD no existe en el mundo una sobreproducción general de trigo. Sin embargo, desde la terminación de la Segunda Guerra Mundial, varios países, tales como los E. U. A., Canadá, Australia y Argentina, temporalmente o durante un período de años han acumulado "sobreeexistencias" que, con frecuencia, han sido gravosos para la economía nacional de estos países. Al mismo tiempo, muchos países más que tradicionalmente utilizan el trigo como parte importante de su alimentación, v. g., China, India, Pakistán, U. R. S. S., Brasil y muchas otras más pequeñas, quieren comprar cantidades adicionales de trigo. Pero, debido a limitaciones de poder adquisitivo, frecuentemente no pueden importar sino una parte de la cantidad que necesitan. Con el fin de reducir la fuga económica resultante de las compras de trigo, muchos países importadores actualmente están llevando a cabo un esfuerzo vigoroso para aumentar su propia producción triguera, sirviéndose para ello del desa-

Las dos filas superiores son anteras de plantas de trigo normales. Las filas inferiores son anteras anormales o "torcidas" de una línea masculina estéril creada en el programa mexicano.



Organos florales de trigo normal (arriba) y de otro con esterilidad masculina.

¹Miembros del Departamento de Cereales del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas de la Secretaría de Agricultura y Ganadería del Gobierno de México.

²Miembros del personal del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo—una dependencia mancomunada de la Secretaría de Agricultura y Ganadería del Gobierno de México y de la Fundación Rockefeller.

ILUSTRACIONES: Cortesía del Programa Internacional Cooperativo de la Fundación Rockefeller Para el Mejoramiento de la Alimentación.

Arma Contra el Hambre Mundial

Los hombres de ciencia trabajan intensamente para crear variedades de mayor producción de grano y de mejor calidad; el Programa Mexicano de Mejoramiento de Trigo ya es un esfuerzo de importancia mundial

rrollo de programas de investigación y con miras a modernizar sus métodos de producción. Estas decisiones se toman para evitar que el déficit de alimentos sea mayor y se agrave.

Durante los próximos treinta y cinco años la población humana mundial será el doble, bajo el cálculo de que su aumento total anual sea de 2 por ciento. Muchas regiones del mundo que necesitan alimentos tienen poblaciones que están aumentando a razón de más del 3 por ciento anual, las cuales serán el doble dentro de 20 a 25 años. ¿De dónde se obtendrán los víveres para alimentar a esta población mundial que aumenta con la rapidez y fuerza de una explosión?

En los países temporalmente sobrecargados con "excedentes" de alimentos, existen grupos que restringirían la investigación agrícola como uno de los remedios para eliminar la sobreproducción. Tal política, si fuera llevada a cabo, a la larga resultaría desastrosa tanto para las naciones que la emprenden como para el mundo en general. Quiquiera que fije su atención sobre las futuras necesidades de alimentos para el mundo, pronto se dará cuenta de que es imperioso emprender todos los esfuerzos posibles para aumentar los conocimientos y mejorar los materiales y los métodos necesarios para incrementar el potencial de la producción mundial de alimentos.

Las cosechas de cereales son únicas en el hecho de que pueden suministrar simultáneamente una gran parte de las calorías y proteínas que la dieta humana necesita. Conforme la población mundial aumenta tan grandemente, se hará necesario reemplazar con proteínas de cereales una creciente proporción de



El Programa Cooperativo de Investigaciones de Trigo, que conjuntamente emprenden el Gobierno de México y la Fundación Rockefeller ha sido reconocido como un esfuerzo notable de utilidad mundial. Muchos otros países del hemisferio y de ultramar reciben material que se produce en las parcelas experimentales mexicanas.

N. R.—Esta serie de artículos que aquí iniciamos constituye el texto e ilustraciones completos del trabajo del Dr. Borlaug y sus colaboradores mexicanos, bajo el rubro general de "The Potential Role of Hybrid Wheat in Providing Food for an Ever-Increasing World Population", Rockefeller Foundation Agricultural Journal Series No. 184 ("La Función Potencial del Trigo Híbrido Para Proporcionar Alimento a una Población Mundial Siempre Creciente", Fundación Rockefeller, Serie de Documentos Agrícolas, Núm. 184).



El Dr. Norman E. Borlaug, de la Fundación Rockefeller, Coordinador de los Trabajos de Trigo en el Centro Internacional de Maíz y Trigo, adiestra a un grupo de técnicos postgraduados de países del Meso Oriente y Asia, en los métodos de la polinización de trigo en los campos experimentales de Chapingo, México.



Cooperación internacional: el Ing. Agr. Ricardo Rodríguez, del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas de México (izq.) y el Dr. Norman E. Borlaug, de la Fundación Rockefeller y Coordinador del Programa de Investigaciones de Trigo, trabajando en las parcelas experimentales en los campos de Chapingo.

las que ahora se suministran de animales. En el futuro será necesario mejorar tanto la calidad nutritiva de las proteínas de cereales como expandir su producción.

El desarrollo de variedades de trigo híbrido es un medio para aumentar la producción de este grano.

Trigo híbrido como instrumento para aumentar los rendimientos de este cereal:

El desarrollo de maíces híbridos comerciales en la década de 1930 y su rápida y extensa aceptación subsiguiente por los agricultores de los Estados Unidos, revolucionó la producción de maíz en ese país. Se calcula que hoy día los agricultores norteamericanos siembran 4.224,000 hl., (12.000,000 bushels) de semilla de maíz híbrido cada año. Las variedades polinizadas libremente ya han desaparecido casi por completo de la generalidad de las granjas norteamericanas.

El desarrollo y uso extenso de variedades híbridas de maíz, han contribuido directamente a aumentar los rendimientos de maíz en 20 a 25 por ciento sobre las de las mejores variedades de polinización abierta (libre) cultivadas bajo iguales condiciones. Más todavía, los maíces híbridos han sido indirectamente poderosos catalizadores para mejorar otras prácticas culturales, v.g., mayor y más extenso uso de fertilizantes, mejor control de malezas, poblaciones de plantas más adecuadas y uniformes, mecanización más eficiente, etc., cada una de las cuales también han contribuido a aumentar los rendimientos y disminuir los costos por unidad de producción (kg o hl por hectárea).

El maíz es una planta de polinización cruzada, en la que los órganos masculinos (panoja) y los femeninos (marzorca) se hallan situados en diferentes partes de la planta. Por lo tanto, no fue necesario esperar que se lograra el desarrollo de un sistema de esterilidad masculina y un sistema restaurador de la fertilidad del polen antes de que se pudieran producir grandes cantidades de semilla. La semilla comercial de maíz híbrido fue producida en enormes cantidades en los E. U. A. durante más de dos decenios, despanojando a mano la línea femenina para evitar su autofecundación y simultáneamente asegurar así la polinización cruzada con el polen de la línea masculina. La esterilidad citoplásmica y los correspondientes genes restauradores de la fertilidad en el maíz se descubrieron

(Continúa en la página 41)

en 1951. Durante la década pasada su utilización aumentó muy rápidamente y en la actualidad alrededor de dos terceras partes de la producción total de semilla de maíz híbrido en los Estados Unidos se obtienen mediante el uso de un sistema de esterilidad masculina citoplásmica y de restauración de la fertilidad del polen.

Esterilidad Citoplásmica y Genes Restauradores de la Fertilidad del Polen y su Utilización en la Producción de Híbridos Comerciales de Plantas de Granos Pequeños de Cultivo:

Para poder apreciar la naturaleza y magnitud del problema y las técnicas y métodos necesarios para desarrollar la semilla híbrida de plantas de cultivo normalmente autopolinizadas, tales como el trigo, arroz, cebada y sorgo, primeramente es necesario comprender el mecanismo de la producción de semilla normal en estas plantas.

Todos los cuatro cereales arriba mencionados poseen flores pequeñas que en grandes números nacen en las espigas o panojas. Cada flor individual contiene ambas partes masculinas y femeninas envueltas en un juego de glumas protectoras.

La antera, en la cual se produce el polen, y el ovario, el que a su vez, tras efectuada la fecundación se desarrolla convirtiéndose en la semilla, se hallan presentes en cada flor. La envoltura de las partes femeninas y masculinas de la flor contenidas en el mismo juego de glumas resulta, en esas plantas, en una autofecundación casi completa.

Para poder producir una sola semilla de trigo híbrido es necesario ejecutar una serie de operaciones manuales delicadas, exactas, correctamente coordinadas y sincronizadas, utilizando un par de pinzas pequeñas. La primera de esas operaciones requiere la remoción de las anteras aun no maduras (emasculación) de las flores que hayan de utilizarse como la hembra para hacer el cruce. La segunda operación requiere, a su vez, que el polen de las anteras maduras de la variedad escogida como el padre macho sean trasladadas a la parte femenina (estigma) de la flor, previamente emasculada de la variedad a utilizarse como el progenitor femenino. La semilla individual que subsiguientemente se desarrolla de tan compleja y costosa manipulación, cuando la polinización y subsiguiente fecundación tienen éxito producirá, después de plantada, una sola planta de trigo híbrido. Es obvio que tal técnica no puede utilizarse para producir cantidades comerciales de semilla de trigo híbrido.

El sorgo fue el primero de los cereales autopolinizados en el cual la esterilidad citoplásmica masculina y los genes restauradores se emplearon para producir un híbrido comercial. Este sistema de esterilidad y restauración de la fertilidad fue primeramente descubierto en 1950. Los primeros híbridos comerciales en los que se utilizó esta técnica fueron cultivados en 1955. Hoy día, casi el 100 por ciento de la región cultivada de sorgo en los E. U. A. se siembra con semilla híbrida. Esencialmente toda la producción de semilla de sorgo híbrido se basa en la utilización de un sistema de genes que controlan la esterilidad masculina y de otros recíprocos para la restauración de la fertilidad del polen.

El Mecanismo de la Esterilidad Masculina y de la Restauración de la Fertilidad del Polen y su Aplicación en el Trigo:

Los agricultores de todo el mundo han obtenido grandes beneficios con el uso de semilla de variedades mejoradas de líneas puras de las plantas de cultivo autopolinizadas, tales como el trigo, arroz, cebada, avena y soya.

En la actualidad, en ninguna parte del mundo se cultivan en escala comercial variedades de trigo verdaderamente híbrido. El término de "trigo híbrido" con frecuencia se emplea incorrectamente al referirse a "variedades mejoradas de líneas puras", las que han sido desarrolladas por medio de un proceso de reselecciones, es decir, selecciones repetidas, a través de la segregación de varias generaciones, después de la hibridación o cruce manual, según la técnica arriba mencionada. Por medio de este procedimiento las características convenientes o deseables controladas por los genes cromosomales presentes en los padres diferentes, pueden combinarse en una variedad verdaderamente mejorada. Sin embargo, debido a que una variedad tal se desarrolla sólo después de la selección repetida o reselección a través de 6 a 8 generaciones que siguen a la hibridación, no existe posibilidad de utilizar el vigor híbrido en una variedad de esa índole. Esta es "híbrida" únicamente en el sentido de que dos progenitores ancestros se utilizaron en su formación.

El éxito de las verdaderas variedades híbridas depende de la utilización efectiva del vigor híbrido (heterosis) para producir cosechas de altos rendimientos, en mayor grado que la presente en cada uno los padres. El vigor híbrido es el estímulo en rendimiento que resulta en la progenie desarrollada de semilla producida mediante el cruce de dos variedades de distinta

(Continúa en la página 46)

Solicite información sobre Treflan de:

ELANCO ARGENTINA, S. A. I. C. y F.
Casilla 3555
Correo Central
Buenos Aires, Argentina

ELANCO PRODUTOS AGROPECUARIOS E INDUSTRIAIS LTDA.
Caixa Postal 7190
São Paulo, São Paulo, Brasil

ELANCO
División Agropecuaria e Industrial
Eli Lilly and Company
of Colombia, Inc.
Apartado Aéreo No. 4365
Cali, Colombia

ELANCO de ESPAÑA S. A.
Pradillo 30
Madrid, España

ELANCO INTERNATIONAL
Eli Lilly International Corp.
P. O. Box 32
Indianapolis, Indiana 46206 E.U.A.

ELANCO DIVISION
Eli Lilly de Centro América, S. A.
Apartado Postal 735
Guatemala, Guatemala

ELANCO MEXICANA, S. A. de C. V.
Apartado Postal 22074
México 22, D. F., México

ELANCO
División Agropecuaria e Industrial
Eli Lilly del Perú S. A.
Casilla 2810
Lima, Perú

ELANCO DIVISION
Eli Lilly S. A.
Calle Hipódromo 804
Santurce, Puerto Rico

ELANCO
División Agropecuaria e Industrial
Eli Lilly y Compañía de Venezuela, S.A.
Apartado No. 164
Maracay, Aragua, Venezuela



**DE LA INVESTIGACION A LA GRANJA
CON PRODUCTOS PRACTICOS**

estructura genética. El vigor híbrido se halla en su más elevado nivel únicamente en la primera generación siguiente al cruce. Consecuentemente, no es posible cultivar la semilla producida por la cosecha del híbrido comercial sin que los rendimientos se reduzcan grandemente, ya que el vigor híbrido de cualquier magnitud está casi limitado a la primera generación siguiente al cruce.

Sólo hasta muy recientemente ha sido posible utilizar la heterosis en el cultivo de sorgo autopolinizado para la

producción de híbridos. Parece ser que si los estudios de investigación que se están llevando a cabo tienen éxito, el trigo pronto será la segunda cosecha de cereales autopolinizados en cuyo cultivo se utilicen híbridos. A continuación se detallan los descubrimientos que han hecho al trigo híbrido ser una posibilidad comercial definitiva:

Los Instrumentos con los Cuales se Construyen las Variedades de Trigo Híbrido:

El Dr. H. Kihara, un científico japonés, informó por primera vez acerca de la esterilidad citoplásmica en el trigo en 1951, lo cual fue más o menos al

mismo tiempo que otros investigadores informaban acerca de la esterilidad citoplásmica en el maíz y los sorgos. Kihara encontró plantas citoplásmicamente estériles en la progenie obtenida del cruce de "goat-grass" (*Aegilops*)—un pariente silvestre del trigo, con una variedad panadera de trigo común, v. g., (♀ *Aegilops caudata* × ♂ *Triticum vulgare*). El Dr. H. Fukasawa, otro científico japonés, en 1953 encontró plantas citoplásmicamente estériles en las segregadas de un cruce de diferentes especies de goat-grass con trigo duro (♀ *Aegilops ovata* × ♂ *Triticum durum*).

En 1955 Fukasawa informó que él había podido restaurar la fertilidad del polen a una derivada masculina citoplásmicamente estéril conteniendo el citoplasma de *Aegilops ovata*, al cruzarla con una especie de émero silvestre (*Triticum dicocoides*).

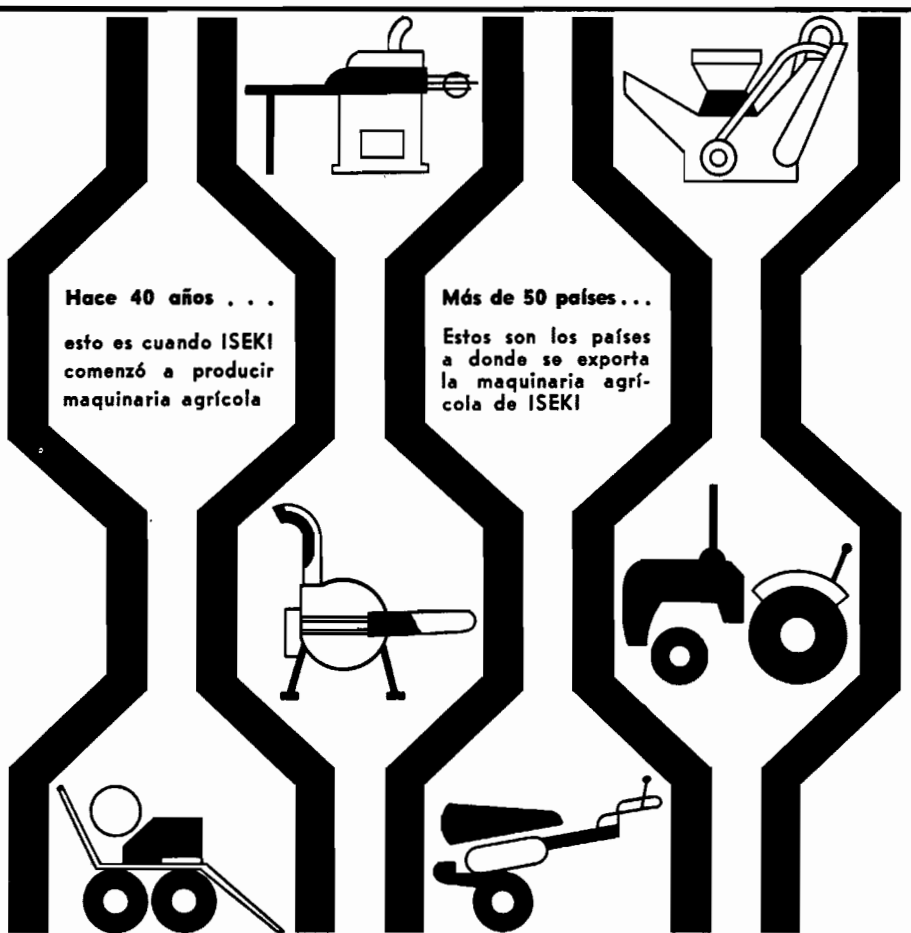
En 1958 el Dr. Kihara informó que él había desarrollado ambas cosas: líneas masculinas citoplásmicamente estéril y líneas de polen fértil del cruce de ♀ *Triticum timopheevi* × ♂ *Triticum dicocum* (émero).

Si bien las bases y principios científicos para la creación de trigo híbrido fueron trazadas por los descubrimientos que antes ya se mencionan, en los estudios con *Aegilops* hubo demasiados efectos secundarios adversos para poder servir como base firme sobre la cual desarrollar un trigo híbrido comercial. Sin embargo, el informe de Kihara en 1958, basado en *T. timopheevi*, colocó mucho más cercanas las posibilidades de encontrar los mejores medios.

Finalmente, en las postrimerías de 1961, se logró hallar los medios apropiados. Los Dres. J. A. Wilson y W. M. Ross quienes entonces trabajaban en la Estación Experimental de Kansas en Fort Hays (Hays, Kansas), lograron aislar líneas de trigo panadero citoplásmicamente estable de un cruce en que emplearon *Triticum timopheevi* como el padre femenino y sirviéndose del hábito invernal de la variedad de trigo panadero Bison como el padre masculino, v.g., (♀ *Triticum timopheevi* × ♂ *Triticum vulgare*, var. Bison). Las plantas estériles de este cruce utilizadas regresivamente varias veces, resultando en líneas Bison con esterilidad masculina citoplásmica.

Ocho meses más tarde, los Dres. J. W. Schmidt, V. A. Johnson, y S. D. Maan, trabajando en la Estación Experimental de Nebraska encontraron que podían restaurar la fertilidad de la línea Bison de esterilidad citoplásmica masculina desarrollada en Hays, Kansas, al cruzarla con un trigo panadero derivado de *Triticum timopheevi*. Poco tiempo después, el Dr. Wilson

(Continúa en la página 48)



Hace 40 años . . .

esto es cuando ISEKI comenzó a producir maquinaria agrícola

Más de 50 países . . .

Estos son los países a donde se exporta la maquinaria agrícola de ISEKI

Las estadísticas impresionan!

ISEKI, el mayor productor de toda clase de maquinarias agrícolas en Japón, se precia de sus 4.000 técnicos, ingenieros, y obreros especializados que figuran en las listas de pago de sus 5 grandes plantas, estratégicamente situadas a lo ancho y largo del país.

Además posee dos plantas en el exterior, una en el Sureste Asiático, y la otra en Suramérica.

ISEKI comenzó sus exportaciones al exterior de maquinarias agrícolas de gran calidad hace más de 20 años y actualmente recibe órdenes de más de 50 países en todo el mundo. Pero el factor sobresaliente que constituye la médula de la calidad de las máquinas producidas por ISEKI, son sus 800 técnicos e ingenieros especializados. Estos expertos están desarrollando intensos y extensos estudios de investigación y desarrollo en el laboratorio de ISEKI equipado con los más modernos aparatos, en donde se proyectan continuamente las mejores maquinarias de todo el mundo.



ISEKI AGRICULTURAL MACHINERY MFG. CO., LTD.

2-1, Yaesu, Chuo-ku, Tokio, Japón

Cables: ISEKIRICE TOKYO

Para más datos marque (20) en la tarjeta.

Caldwell's

MANTATM RAY Jr



La Cortadora Rotativa Perfecta Para sus Terrenos Ondulados

La Cortadora Rotativa MANTA RAY Jr. hace un corte de 4.88 metros de anchura, en rastrojo de cosechas, pasto, broza, etc. y es la máquina perfecta para terrenos ondulados. Puede cortar en tres diferentes posiciones al mismo tiempo. Las cuchillas de acero de muelle son volantes

y operadas directamente desde las cajas de transmisión. Los tres juegos de cuchillas se trasiapan entre sí para hacer un corte uniforme. Esta máquina se ofrece completamente manual ó hidráulica, o con levante hidráulico únicamente para los cuerpos laterales.

E. L. Caldwell & Sons, Inc.

P. O. BOX 2050

CORPUS CHRISTI, TEXAS, E. U. A.

Para más datos marque (23) en la tarjeta.

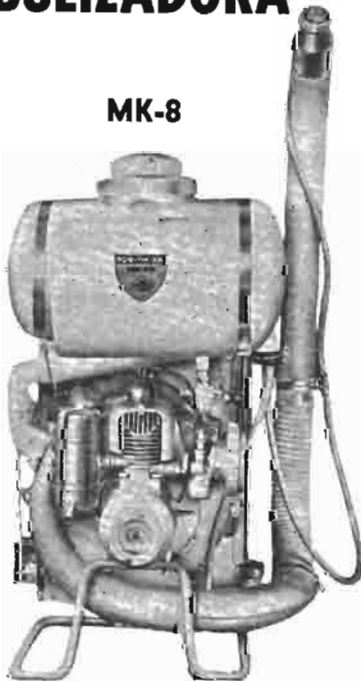
Visite al Distribuidor

CALDWELL de su localidad

o escribanos directamente.

ESPOLVOREADORA Y NEBULIZADORA

MK-8



YANMAR VENTAJAS NOTABLES

- Se suministra con el potente abanico Yanmar para la rociadura pareja en más de 10 metros de radio.
- Boquillas intercambiables para espolvoreo, siembra y nebulizaciones.
- Sólo pesa 10 kg para cargarla cómodamente en los hombros.

YANMAR DIESEL ENGINE



YANMAR DIESEL ENGINE CO. LTD.

Oficina Central: 62 Chaya-machi, Kita-ku, Osaka, Japón

Oficina en Tokio: 1, Yaesu 4-chome, Chuo-ku, Tokio, Japón

Para más datos marque (25) en la tarjeta.

Antes de 1962 sólo unos cuantos investigadores se dedicaron a las investigaciones sobre trigo híbrido. Los descubrimientos logrados en Kansas y Nebraska iniciaron un gran interés en este campo de investigación. Actualmente no menos de 15 estados de la Unión se hallan dedicados activamente en la investigación de la producción de trigos híbridos comerciales. En el Canadá, la Universidad de Manitoba y el Departamento de Agricultura de Canadá también están desarrollando un programa de investigación sobre trigos híbridos. Asimismo, las Estaciones Experimentales Agrícolas de Kansas y de Nebraska han distribuido materiales de esterilidad citoplásmica masculina y restaurador de fertilidad del polen, facilitándoselos a los científicos de muchos países.

El Programa Mexicano de Investigaciones de Trigo se inició en 1962. En el término de estos dos últimos años se ha desarrollado hasta convertirse en un vigoroso y empeñoso esfuerzo de investigación. En el presente alrededor del 20 por ciento del total de los trabajos de investigación están enfocados hacia la creación y desarrollo de híbridos. De este programa nos ocuparemos en los subsiguientes capítulos de este artículo. □

(Continuará)

Para Asegurar Buenos Plantíos

Jesse Scholl, técnico forrajero de la Universidad de Wisconsin hace las siguientes sugerencias para lograr buenos plantíos con siembras adecuadas:

La siembra debe hacerse temprano en la primavera tan pronto pueda prepararse una buena cama para la semilla. La germinación de las semillas es óptima en los suelos húmedos y las plántulas que se han sembrado temprano tienen mayor oportunidad de echar raíces antes de que ocurra un tiempo caluroso y seco. Además, de esta manera las semillas se adelantarán a las malezas.

La siembra a profundidad somera es la mejor bajo condiciones de humedad favorables temprano en la primavera. En los suelos pesados las semillas de gramíneas y leguminosas dan los mejores resultados cuando se siembran a profundidades de 0.6 a 1.2 cm. En suelos arenosos la siembra resulta más adecuada a profundidades de 1.2 a 2.5 cm, debido a que los suelos livianos se secan con mayor rapidez en la superficie y no son tan propensos a formar costras como los suelos más pesados.