



DIALOGO XXXI

MEJORAMIENTO GENETICO DE SOJA

UR#34
XXX1

PROGRAMA COOPERATIVO PARA EL DESARROLLO
TECNOLOGICO AGROPECUARIO DEL CONO SUR

PROGRAMA COOPERATIVO PARA EL DESARROLLO TECNOLÓGICO AGROPECUARIO DEL CONO SUR
PROCISUR

DIALOGO XXXI

MEJORAMIENTO GENETICO DE SOJA

Seminario sobre Mejoramiento Genético de Soja

Marcos Juárez, Córdoba, Argentina

19 - 23 marzo 1988

EDITOR: *Dr. Juan P. Pignau*

IICA
Montevideo, Uruguay
1991



Seminario sobre Mejoramiento genético de soja
(1er. : 1988 mar. 19 - 23 : Marcos Juárez, Argentina)
/ Trabajos / Primer Seminario sobre Mejoramiento Genético de Soja. -- ed. por
Juan P. Pignau. -- Montevideo : IICA - PROCISUR, 1991.
73 p. -- (Diálogo / IICA - PROCISUR ; no. 31)

ISBN 92-9039-175-8

/FITOMEJORAMIENTO/ /BIOTECNOLOGIA VEGETAL/ /SOJA/ /PLAGAS/

AGRIS F30

CDD 581.15

Las ideas y planteamientos contenidos en los artículos firmados son propios del autor y no representan necesariamente el criterio del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.

IICA
PROCISUR
#34
DIA 2060
XXXI
7997

Este DIALOGO reproduce los trabajos presentados en el Seminario sobre Mejoramiento genético de la soja realizado en Marcos Juárez, Córdoba, Argentina.

Dicho Seminario se desarrolló con los aportes del BID en el marco del Convenio IICA/BID/PROCISUR (ATN-TF-2434-RE).

El Dr. Amélio Dall'Agnol, tuvo a su cargo la coordinación general de la actividad.

This One



29C4-0GG-CSQD

Presentación

El mejoramiento genético es el corazón de un programa de desarrollo de un cultivo. El caso de soja no podría ser diferente. Las actividades de mejoramiento involucran prácticamente todas las áreas de desarrollo de un cultivo, razón por la cual el mejorador tiene que estar íntimamente relacionado con el fitopatólogo, con el entomólogo, con el fisiólogo etc., como forma de determinar el tipo de planta que se necesita desarrollar.

El Seminario sobre Mejoramiento Genético de Soja, que dio lugar a las presentaciones que se recogen en este DIALOGO, contó con la presencia de otros especialistas, además de los mejoradores, lo que enriqueció las discusiones técnicas del evento.

De la lectura, análisis y discusión de temas tales como: métodos de mejoramiento, selección precoz, ventajas del uso de la característica "período juvenil" y tamaño ideal para que un programa de mejoramiento genético resulte exitoso, podrán ocurrir cambios sustanciales en los enfoques y metodologías de trabajo en los programas de mejoramiento genético de soja de la región.

La temática discutida en este DIALOGO permite, también, reflexionar sobre la ineficacia de un buen programa de mejoramiento cuando otros factores de producción no reciben la misma atención. Una buena variedad, aisladamente, no produce ningún impacto en la producción. Ella tiene que estar asociada con un adecuado manejo del suelo, del cultivo, de las plagas y de las enfermedades, para poder efectivamente desarrollar a pleno su potencial

Amélio Dall'Agnol
Secretario Ejecutivo PROCISUR

Presentación, por Amélio Dall'Agnol	i
Índice	iii
Resultados e análise do seminário, por A. Dall'Agnol	1

Presentaciones de los países

- Labor de mejoramiento genético de soja del INTA en Argentina, por L. R. Salado Navarro	5
- La investigación en soja por el Centro de Investigación Agrícola Tropical (CIAT) en el departamento de Santa Cruz, por A. Tejerina	15
- Melhoramento genético da soja no Brasil, por M. Kaster	21
- Melhoramento da soja no instituto agrônômico, por M. A. Coelho de Miranda e E. A. Bulisani	27
- Programa de mejoramiento genético de soja en el CRIA, por A. Schapovaloff	33
- Mejoramiento genético de soja en el Uruguay, por F. Mandl	37

Enfoques en Mejoramiento de soja

- Desenvolvimento de cultivares de soja com alta qualidade fisiológica da semente e metodologia de avaliação, por M. Kaster, E. Paludzyszyn Filho, R. A. S. Kiihl, F. C. Krzyzanowski e S. A. M. Carbonell	43
- Melhoramento para qualidade de semente, por M. A. Coelho de Miranda e E.A. Bulisani	53
- Resistência múltipla a insetos, por M. A. Coelho de Miranda, E. A. Bulisani, H. A. A. Mascarenhas e A. L. Lourenção	55
- Nematóides da soja: sua importância e controle, por A. Dall'Agnol	57
- Genética quantitativa das características de interesse do melhoramento - previsão e exploração do potencial genético da soja, por J.F.F. de Toledo	65
- Lista de participantes	71
- Nota del editor	73

Resultados e análise do Seminário

O primeiro resultado positivo do Seminário foi ter aproximado os principais investigadores, ligados ao melhoramento genético da soja dos países integrantes do PROCISUR, que pelo simples fato de conhecerem-se, significa uma primeira grande porta que se abre na direção de um intercâmbio e cooperação mais profícuos.

Um segundo resultado positivo do encontro foi a visão global do que se faz, porque se faz e como se faz melhoramento de soja no âmbito do PROCISUR. Das exposições feitas pelos representantes da Argentina, Bolívia, Brasil, Paraguay e Uruguay foi possível detectar diferenças metodológicas e de objetivos, o que proporcionou uma ampla discussão, donde resultaram decisões altamente positivas que irão reorientar alguns programas de melhoramento.

Grande impacto tiveram as apresentações mostrando: a) a eficiência comparativa entre os diferentes métodos de melhoramento genético, b) as possibilidades de incorporação do período juvenil nas futuras variedades; c) a possibilidade de identificar precocemente as combinações que terão mais chances de produzir cultivares superiores e, d) a reduzida probabilidade de um programa pequeno de chegar a desenvolver um genótipo superior aos materiais atualmente em cultivo.

O representante do Brasil mostrou dados indicando que, após anos de pesquisa, determinado programa de melhoramento havia dedicado 90 por cento de seu esforço no desenvolvimento de novas cultivares através do método de melhoramento "Pedigree", mas havia logrado recomendar, tão somente, 40 por cento das novas cultivares desenvolvidas pelo programa, enquanto que 10 por cento do esforço de melhoramento utilizando o método "Bulk" de melhoramento havia desenvolvido mais variedades superiores (60%) que os 90 por cento dedicados ao método "Pedigree". Hoje esse programa abandonou completamente o método "Pedigree", utiliza muito pouco o método "Bulk" e se fixou num terceiro método, o SSD (Single Seed Descent) por ser um método de melhoramento ainda mais eficiente e simples

do que o de "Bulk". Diante dos relatos e discussões em torno dessas experiências vividas por programas mais antigos, foi possível ouvir dos melhoristas ainda atrelados aos tradicionais métodos de melhoramento, sua intenção de mudar de tática.

Os representantes do Brasil e Argentina mostraram o que é o período juvenil em soja e quais são as perspectivas futuras de sua utilização. O período juvenil é condicionado por um par de genes que diminuem a sensibilidade da soja ao fotoperíodo pois aumentam o número de dias que uma planta de soja leva desde a emergência, até o estágio em que se torna suscetível de indução ao florescimento.

A presença desse caráter numa cultivar de soja determina um desenvolvimento maior das plantas mesmo quando semeadas muito cedo ou muito tarde. Com isso amplia-se enormemente a época do plantio e soluciona-se o grave problema de plantios tardios, ocasionados pelo atraso da colheita do trigo ou por problemas eventuais de falta ou excesso de umidade.

Diante do exposto, o titular do programa de melhoramento de soja de Bordenave, Sul da Argentina, manifestou sua intenção de modificar o enfoque de seu programa, concentrando todo o esforço possível na incorporação dessa característica aos materiais cultivados na região, cujo maior defeito é crescerem muito pouco, ocasionando baixos rendimentos e problemas de colheita mecânica, como consequência de semeaduras tardias por falta de umidade na época mais adequada para o plantio.

Os representantes do Paraguay, Uruguay e Bolívia manifestaram-se vivamente interessados no uso dessa característica, quer pela incorporação via programas de melhoramento genético, quer pela introdução de linhas promissoras ou populações segregantes que possuam o período juvenil.

Para Brasil, Bolívia e Paraguay, o período juvenil tanto pode antecipar para meados de setembro um plantio que normalmente se começa em meados de

outubro, como pode atrasar até meados de janeiro um plantio que normalmente se recomenda até 15 de dezembro. Para os demais países, a antecipação do plantio é limitada pelas baixas temperaturas do solo presentes até meados de outubro.

Os técnicos brasileiros presentes ao encontro apresentaram, em primeira mão, resultados que mostram ser possível identificar precocemente (F₃) quais combinações tem maior chance de fornecer genótipos superiores. De posse desses dados, descartam-se todas as progênies daquelas combinações que produziram uma porcentagem muito pequena de genótipos superiores aos padrões. A partir dessa avaliação, trabalha-se apenas com as combinações superiores (aproximadamente 20 por cento do material avaliado) o que aumenta enormemente a chance de encontrar variedades superiores, porque pode concentrar o esforço, que seria dispendido no material eliminado, na condução de um número muito maior de combinações.

O encontro serviu, também, para mostrar que programas de melhoramento genético que trabalham com um número muito pequeno de combinações, tem uma chance mínima de chegar a algum resultado positivo, a não ser que contem com uma boa dose de sorte. Uma variedade superior só surgiria por acaso. Com isso concordaram os representantes da Bolívia e Paraguai, que a partir desse conhecimento, vão intensificar os trabalhos de avaliação de material introduzido do Brasil e Argentina, já que não dispõem de recursos humanos para ter um programa de melhoramento próprio com as dimensões requeridas.

Não temos dúvida em afirmar que, como resultado desse encontro, a velocidade com que os programas de melhoramento vão chegar a variedades superiores será aumentado em muito como fruto da mudança de método de melhoramento, uso de um maior número de combinações e eliminação precoce das combinações que tem menor chance de gerar genótipos superiores.

Discutiu-se, também, que não adianta concentrar muito esforço apenas no programa de melhoramento genético. Uma boa variedade não significa nada se não tiver um pacote tecnológico que contemple um

adequado manejo do solo, da cultura, das doenças e das pragas.

Estava, entre os objetivos do Seminário, o planejamento de trabalhos conjuntos. Se julgou prudente não planejar algo conjunto antes de conhecer as reais possibilidades do PROCISUR proporcionar um encontro anual dos técnicos envolvidos com essa atividade a fim de analisar os resultados obtidos e programar as ações do ano seguinte. A coordenação do Projeto tentará identificar os recursos e tema para viabilizar um trabalho cooperativo de investigação nessa área.

Apesar de não se ter programado nenhuma atividade de pesquisa conjunta se analisou a possibilidade de dividir tarefas em pesquisa de problemas comuns a duas ou mais nações e cujos resultados sejam extrapoláveis aos demais parceiros do problema. Assim, cada país buscaria a solução de um problema comum e depois se repassariam as informações obtidas. Também, se aventou a possibilidade de cada país desenvolver linhas de pesquisa diferentes com posterior troca de informações. Ademais, dessa cogitação de colaboração entre os países, decidiu-se por um intenso programa de intercâmbio de material genético e de material bibliográfico, cuja implementação seria melhor conseguida utilizando-se os técnicos participantes dos intercâmbios.

O Chile, conforme nota comunicativa, enviada com antecedência à reunião, não se fez presente. A soja naquele país deixou de ter a importância que tinha e hoje ela se constitui em apenas mais uma possibilidade de cultivo no país, que pode ser acionada, na eventualidade da cultura vir a competir com outras atividades agrícolas mais rentáveis.

Os melhoristas presentes ao Seminário, após ressaltarem os frutos colhidos do evento, expressaram a esperança de poderem contar com o PROCISUR para encontros semelhantes no futuro. Oxalá isso aconteça mas para analisar resultados de ações cooperativas de investigação conjunta.

Dr. Amélio Dall'Agnol
Coordenador Internacional do
Proyecto Soja e otras Oleaginosas



Presentaciones de los países

Labor de mejoramiento genético de soja del INTA en Argentina

por Luis R. Salado Navarro *

INTRODUCCION

El cultivo de soja es nuevo en la Argentina y alcanzó real significación económica a principios de la década del '70. A partir de entonces su expansión fue espectacular (Figura 1.). En la campaña 1987/88 se sembraron aproximadamente 4.500.000 ha y se espera una producción cercana a los 10.000.000 de ton. Actualmente la soja es el cultivo más importante del país, no sólo por su valor intrínseco, sino por la industria que genera. Dado que la mayor parte de la soja producida se exporta procesada como aceite o harina, el valor de la exportación de soja y sus productos derivados es tal, que excede la cuarta parte del valor de las exportaciones argentinas en todo concepto.

El área sembrada con soja, actualmente, se concentra en más de un 90 por ciento en la Región Pampeana Norte. Comprende, mayoritariamente, a las siguientes regiones de tres provincias: norte de Buenos Aires, sur de Córdoba y sur de Santa Fe (Figura 2). Las otras regiones sojeras están localizadas una al norte, con centro en las provincias de Tucumán y Salta, y la otra al sur, en el sur y sudeste de la provincia de Buenos Aires. En estas dos últimas regiones la soja esta en proceso de franca expansión. y es dable esperar que la importancia de este cultivo crezca aceleradamente en ellas, durante los próximos años.

Durante el último decenio el rendimiento medio del cultivo de soja en Argentina fue de alrededor de 2000 kg/ha, con fuertes oscilaciones que van desde

1700 a 2400 kg/ha según los años (Figura 1). Dichos cambios en los rendimientos medios dependen fundamentalmente de la cantidad y distribución de las lluvias. De todas maneras, los rendimientos promedios elevados de alrededor de 2000 kg/ha que se registran a través de los años pueden considerarse como muy buenos, comparables a los de U.S.A. y algo superiores a los de Brasil. Dichos rendimientos relativamente elevados se deben, fundamentalmente, a las buenas condiciones ecológicas para este cultivo en las regiones productoras más importantes, y al buen nivel tecnológico que emplea el productor.

En la región Pampeana Norte, la soja se siembra de "primera" sobre suelos barbechados durante el invierno, y de "segunda" sobre rastrojos de trigo. Las siembras de "primera" se realizan en noviembre y con ellas el cultivo alcanza, por lo general, los mayores rendimientos. Ello se debe a que esta época de siembra es la más oportuna y a que el barbecho del suelo acumula humedad disminuyendo el stress hídrico del cultivo si se producen sequías durante el mismo. Las siembras de "segunda" se efectúan en diciembre, después de la cosecha de trigo, y los rendimientos que se obtienen son menores ya que por lo general el cultivo tiene menor altura y biomasa, y depende para su evolución, fundamentalmente, de la lluvia que cae durante su transcurso.

ANTECEDENTES VARIETALES Y DE MEJORAMIENTO GENETICO

Los Grupos de Maduración de la escala norteamericana adaptados a las distintas regiones sojeras argentinas son los siguientes: en el norte entre los paralelos 30 y 22 de latitud sur se cultivan sojas de los grupos VII al IX, respectivamente; en la región más importante, la Pampeana Norte, los Grupos de Madu-

* *Ingeniero Agrónomo, M.Sc., Ph.D., Investigador a cargo de Mejoramiento Genético de la Soja, INTA, Argentina.*

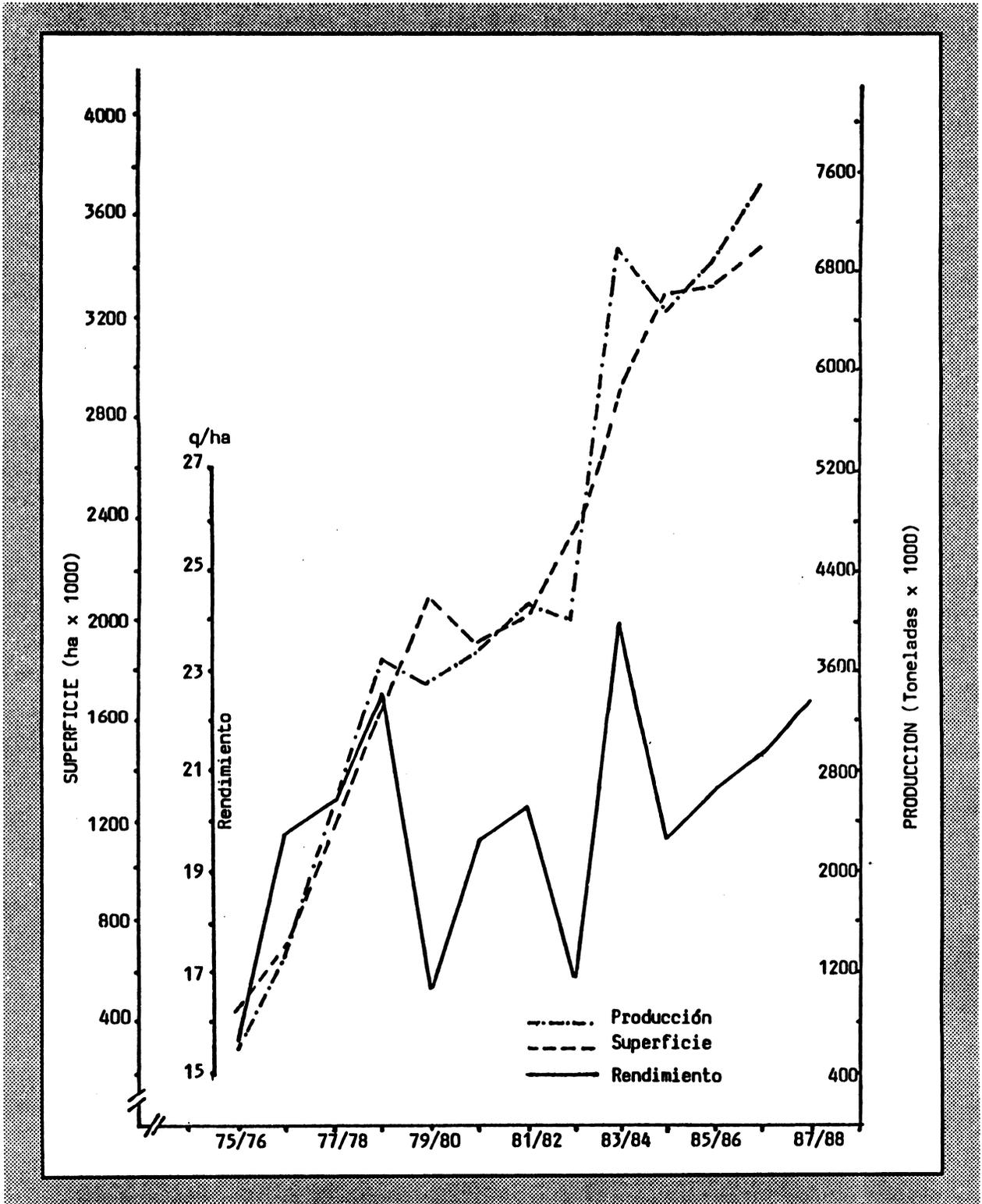


Figura 1. Superficie sembrada, producción y rendimientos de soja en Argentina

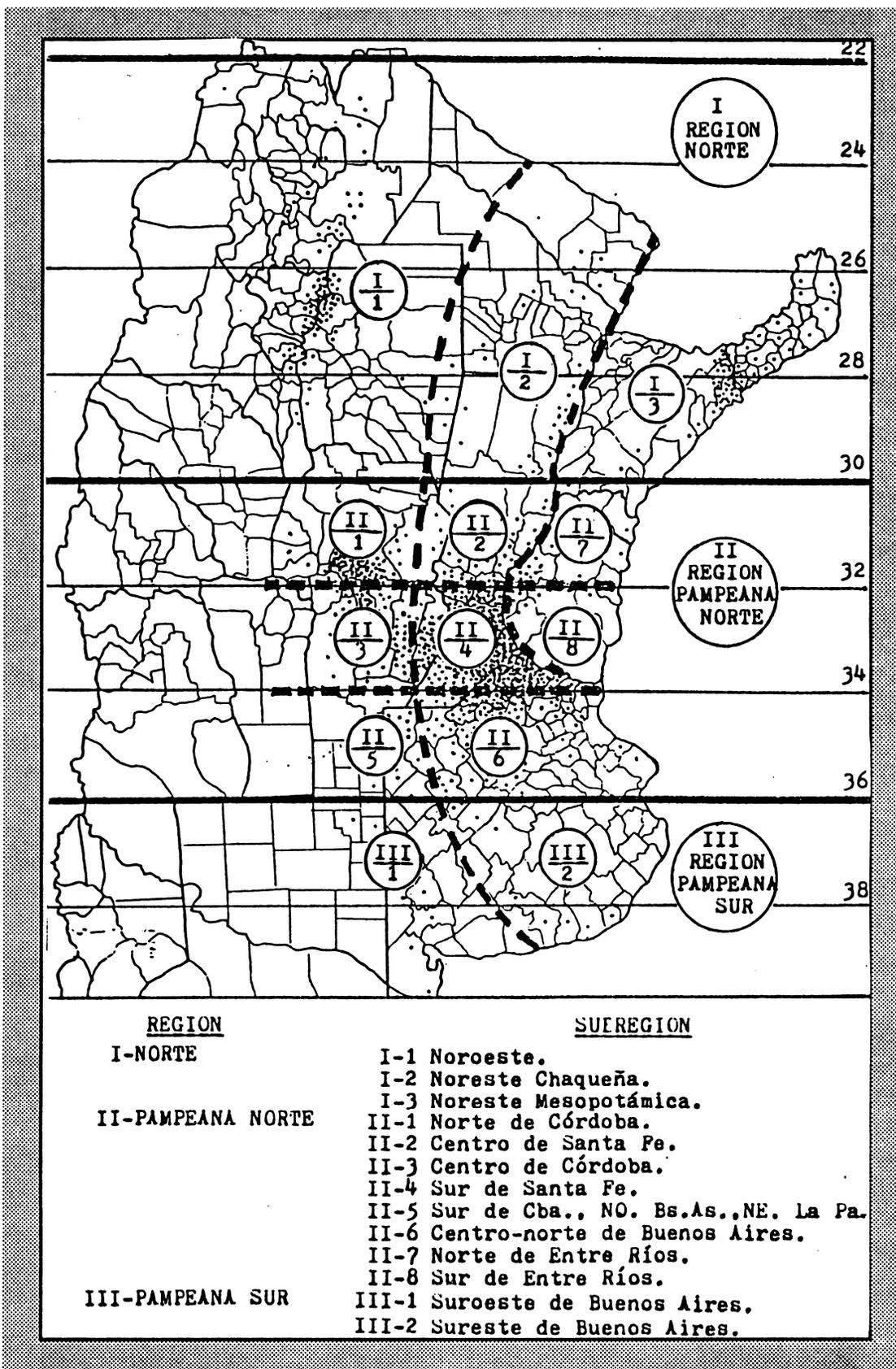


Figura 2. Regiones sojeras para la recomendación de cultivares. INTA - Programa Soja - 1984.

ración adaptados son el V, VI y VII, respectivamente desde el paralelo 35 al 30; por último en la región Pampeana Sur se cultivan sojas de los Grupos II al IV desde el paralelo 39 al 36.

El cultivo de soja se inició en Argentina utilizando fundamentalmente cultivares de origen norteamericano. La buena adaptación de estos materiales permitió la rápida expansión del cultivo en las distintas regiones sojeras y muy especialmente en la Pampeana Norte. Allí se comenzó sembrando cultivares tales como Lee, Halesoy 71 y posteriormente Hood, Forrest y Bragg. Estos tres últimos cultivares se hallan todavía ampliamente difundidos, pese a que datan de dos o tres décadas atrás y han sido desplazados por otros cultivares en su país de origen. El cultivar Hood y su variante Hood 75 es actualmente el más difundido en la región Pampeana Norte y carece de resistencia a nemátodos y a la principal enfermedad, *Sclerotinia sclerotiorum*. Sin embargo, Hood se cultiva por sus altos rendimientos y sobre todo por su gran estabilidad productiva en años secos o húmedos y en siembras tempranas o tardías.

A principios de la década del '80 comenzaron a difundirse cultivares creados por empresas privadas de origen multinacional tales como Asgrow y Continental. Estos cultivares ganaron rápida aceptación en zonas de altos rendimientos donde su adaptación es óptima. Esto es especialmente cierto en la región donde se siembran, predominantemente, los cultivares del Grupo de Maduración V.

El Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) comenzó a testar cultivares de soja introducidos de USA desde la década del '60, en diversas regiones argentinas potencialmente aptas para el cultivo de soja. A esta labor, así como también a la de otras instituciones tales como varias Universidades Nacionales, se debe la difusión primaria del cultivo y la adaptación de los cultivares correspondientes en las distintas regiones productoras.

En 1978 INTA comenzó su labor de mejoramiento genético de soja teniendo como sede principal a la Estación Experimental de Marcos Juárez. También, por esa época, se comenzó a realizar mejoramiento

genético. en otras estaciones experimentales del INTA tales como Pergamino al norte de la provincia de Buenos Aires, en Paraná al oeste de la provincia de Entre Ríos, en Manfredi al norte de Córdoba, y en Famaillá en la provincia de Tucumán. A principios de la década del '80 se inició esta labor en la EEA Bordenave al sudoeste de la provincia de Buenos Aires.

Los trabajos se iniciaron tomando como base introducciones de líneas provenientes de USA y/o del sur de Brasil. Simultáneamente se comenzó a hacer cruzamientos artificiales para producir líneas propias de soja. Se contó además con la ayuda en equipamiento y asesoría técnica aportados por un Convenio con el JICA de Japón, que se implementó desde 1980 a 1984.

LOCALIZACION ACTUAL DEL MEJORAMIENTO DE SOJA EN INTA

A fin de evitar la dispersión de esfuerzos, INTA centralizó la labor de mejoramiento genético de soja a partir de principios de la década del '80. El centro de estos trabajos se localizó en la EEA Marcos Juárez, donde se producen cultivares de los Grupos de Maduración V, VI y VII tempranos. En la EEA Paraná se trabaja, fundamentalmente, en producir cultivares adaptados a los suelos pesados de la provincia de Entre Ríos, y en resistencia a chinches (*Nezara viridula* y *Piezodorus guildinii*). En la EEA Famaillá en Tucumán, se centra la labor del norte, para el desarrollo de cultivares de los Grupos de Maduración VII largo, VIII y IV. Por último en la EEA Bordenave se trabaja en el desarrollo de cultivares de los Grupos de Maduración II al IV, adaptados a la región Pampeana Sur. Todos los trabajos son coordinados desde la EEA Marcos Juárez, sede del Programa Soja.

Objetivos

Los altos rendimientos medios que se obtienen, por lo general, revelan la existencia de condiciones favorables para el cultivo en grandes zonas, donde los rendimientos son relativamente altos. Dichas zonas coinciden con las de mayores precipitaciones y mejores

suelos. Existen, actualmente, pocos factores limitantes importantes, de la producción sojera en la región Pampeana Norte, susceptibles de ser atacados a través del mejoramiento genético. Entre ellos debe mencionarse a la enfermedad producida por el hongo denominado *Sclerotinia sclerotiorum*. Esta doble condición de extensas zonas de altos rendimientos y pocos factores limitantes, confiere al programa del INTA una ventaja comparativa con otros programas de mejoramiento de soja sitios en USA y Brasil, donde existen varios factores limitantes severos que deben atacarse simultáneamente. En la región Pampeana Norte de Argentina se puede, entonces, obtener un mayor avance genético para altos rendimientos, relativo al de otros programas similares.

Por lo antedicho, y porque existe consenso en el sentido de que un mayor rendimiento es el carácter fundamental que buscan los agricultores en los cultivares de soja, el programa de obtención de cultivares del INTA pone el mayor énfasis en el carácter rendimiento. A él se dedica, aproximadamente, un 70 por ciento del esfuerzo de investigación y desarrollo.

El objetivo general del mejoramiento genético de soja del INTA en Argentina es la obtención de cultivares adaptados a las distintas regiones sojeras del país, que maximicen la producción en calidad y cantidad, y que minimicen las pérdidas y los insumos del cultivo a través de resistencia genética a las principales plagas y enfermedades del mismo (Cuadro 1).

Cuadro 1. Objetivos del Mejoramiento Genético de Soja en INTA.

-
- 1) Mayor rendimiento y adaptabilidad.
 - a) Mayor rendimiento per se.
 - b) Incorporación de los caracteres Dt1, Dt2 y dt 1.
 - c) Incorporación del carácter juvenil.
 - d) Incorporación de caracteres fisiológicos limitantes directos del rendimiento.

 - 2) Resistencia a enfermedades.
 - a) *Sclerotinia sclerotiorum*.
 - b) Complejo *Phomopsis Diaphorte*.
 - c) Tizón bacteriano.
 - d) *Colletotricum*, virus y otras enfermedades.

 - 3) Resistencia a Insectos y Nematodos.
 - a) Complejo *Nezara viridula*, *Piezodorus gildinii* y *Nematospora coryli*.
 - b) Lepidópteros barrenadores, *Epinotia aporema*.
 - c) Lipidópteros defoliadores varios.
 - d) *Meloidogine incognita* y *javanica*.

 - 4) Calidad de producto y semilla.
 - a) Menor contenido de ácido linolénico.
 - b) Menor contenido de inhibidores de la tripsina y mayor tenor proteico del grano para consumo directo de aves y cerdos.
 - c) Mayor calidad de semilla con tegumentos normal y duro.
-

Para posibilitar un mayor avance genético, cada uno de los objetivos principales se persigue en forma independiente, y los subobjetivos se integran entre sí y con el objetivo principal, mayor rendimiento, en aproximaciones sucesivas.

En la región Norte existe una severa enfermedad cuyo agente causal principal, ha sido identificado como *Rhizotocnia solani*. A partir de la próxima campaña se comenzarán los trabajos en Tucumán, tendientes a identificar genotipos resistentes para introducir tal carácter en los futuros cultivares adaptados a esa región.

Material y Métodos

Colección de Germoplasma

La colección de germoplasma actual tiene un número total de aproximadamente 1500 entradas. La misma se encuentra almacenada en cámara fría en la EEA Pergamino. Anualmente se siembra una colección activa de poco más de 200 entradas en la EEA Marcos Juárez, para identificar caracteres de importancia y para renovar la semilla en ciclos sucesivos.

Para cada objetivo se dispone de germoplasma con el carácter deseado para incorporarlo a los futuros cultivares. Así, por ejemplo, para el carácter alto rendimiento se utilizan las variedades y líneas de mayor rendimiento en la campaña anterior. Se procura mantener la diversidad genética de las poblaciones que se crean. Para ello se cruzan cultivares y líneas tardías de los grupos VII, VIII y IX con materiales precoces de los grupos IV, III e inferiores, debido al origen usualmente distinto de dichos grupos de maduración. Se obtiene así, usualmente, una amplia variabilidad genética para rendimiento y otros caracteres.

Para introducir el carácter semideterminado se usa el cultivar Will, dados los excelentes antecedentes que tiene como progenitor su isolínea, el cultivar Williams. Para resistencia a *Sclerotinia* se está usando el cultivar MID 10-100 y algunas líneas de Texas que no están registradas con ese fin. En los trabajos de introducción de resistencia a chinches se usan algunos derivados de la PI 227687 y del cultivar brasileño

IAC 742832. Recientemente el programa se vio enriquecido con materiales brasileños provenientes de EMBRAPA, que poseen diversos caracteres deseables tales como resistencia a chinches, semilla dura, etc.

Cruzamientos

Hasta 1987 se realizaban en Marcos Juárez alrededor de 25 cruzamientos por año. El número de cruzamientos en los subcentros era variable. A partir de la campaña 1987/88, se realizaron, aproximadamente, 70 cruzamientos en Marcos Juárez solamente, para los diversos objetivos. Dicho número se incrementará a cerca de 100 en los próximos años. Los cruzamientos se efectúan a campo durante el verano.

Metodología de Producción de Líneas

Hasta hoy, INTA no dispone de invernáculos para el adelanto de generaciones, ni para la realización de cruzamientos. Esto ha sido un factor adverso que se procura remediar en un futuro cercano. Para efectuar generaciones invernales se usa un vivero en la localidad de Yuto, al norte de la provincia de Jujuy. Dicho vivero no puede ser utilizado para plantas F1, y el adelanto de las otras generaciones se realiza allí en forma apenas satisfactoria, debido a la mala calidad y reducida producción de semilla que usualmente se obtiene.

En Marcos Juárez se usó, únicamente, el método de pedigree hasta 1982, para producir líneas homocigotas de soja a través de las sucesivas generaciones segregantes. En ese año se comenzó a usar también, el método de Single Seed Descend (SSD), el cual ya se había adoptado, anteriormente, en otros subcentros del país.

Hasta 1987 se hizo en Marcos Juárez, selección de plantas individuales basada exclusivamente apreciaciones visuales de las mismas, por su aspecto, para formar líneas que se incorporaban en F6 o generaciones posteriores a los Ensayos Comparativos de Rendimiento (ECR). A partir de 1987, se realiza selección visual en las poblaciones SSD, solamente

para caracteres de alta heredabilidad, tales como época de maduración y calidad de semilla. En F5 se abren líneas de soja, mediante la cosecha de plantas individuales sembradas a espaciamientos mayores que los normales, para obtener un buen número de semillas por planta.

Se procura, en la actualidad, obtener un número medio de 150 líneas F5 derivadas, de cada población, que se incorporan a los ECR.

Esquema de Evaluación de Líneas

En el Cuadro 2 se aprecia el esquema anterior, actual y futuro de evaluación de líneas en Marcos Juárez. Esquemas similares, pero con menor número de líneas, se llevan a cabo en los subcentros de Famallá, Paraná y Bordenave, respectivamente.

Hasta 1987, el primer paso en la evaluación por rendimiento en Marcos Juárez lo constituía el

Cuadro 2. Comparación de Métodos de Evaluación para Rendimiento de Líneas de Soja en EEA Marcos Juárez/INTA

Período	Nombre Ensayo	Número Líneas	Número Ambientes	Rep (Amb.)
< 1987	--	--	--	---
1987/88	PRC	8.000	1	1
> 1989	PRC	10.000	1	1
<1987	PRB	110	1	4
1987/88	PRB	270	2	2
> 1989	PRB	1500-1800	2-3	1-2
< 1987	PRA	50-60	1	4
1987/88	PRA	50	3	3
> 1989	PRA	250	3-4	3
< 1987	LA1	20	10-12	4
1987/88	LA1	20	10-12	4
> 1989	LA1	50-60	10-15	3
<1987	LA2	20	10-12	4
1987/88	LA2	20	10-12	4
> 1989	LA2	6	10-15	3
<1987	LA3	10	10-12	4
1987/88	LA3	15	10-12	4
> 1989	LA3	--	--	---

PRC = Preliminar C; PRB = Preliminar B; PRA = Preliminar A
 LA1 = Líneas Avanzadas de Primer Año.
 LA2 = Líneas Avanzadas de Segundo Año.
 LA3 = Líneas Avanzadas de Tercer Año.

denominado Preliminar B (PRB). Anualmente se incorporaban unas 110 nuevas líneas de soja al PRB, el cual se hacía en una sola localidad y fecha de siembra usando en cada ensayo un diseño en bloques al azar con cuatro repeticiones.

Actualmente en Marcos Juárez, el primer paso en la evaluación de líneas lo constituye el denominado ensayo Preliminar C (PRC). A dicho PRC se incorporaron en la campaña 1987/88 más de 8000 líneas F5 o F6 derivadas, producto de las poblaciones SSD que se iniciaron en 1982/83. El PRC consiste en sucesivas cuadrículas o "grids", que constan de un total de 15 genotipos, trece líneas y dos testigos. Estos 15 genotipos se ubican en una cuadrícula de cinco por tres entradas sin repeticiones. Los testigos se ubican en la segunda fila, alternados de forma tal que todas las líneas se hallan siempre adyacentes a un testigo.

La parcela en el PRC está constituida por dos filas apareadas de tres metros de longitud, sembradas a 0.7 m entre sí y a un metro o más de la parcela adyacente. El uso de filas apareadas para cada genotipo se efectúa para reducir en un 50 por ciento la competencia intergenotípica. Se considera, también, que apareando las filas se puede realizar una selección visual más eficiente que en una sola fila, para altura de planta, vuelco etc., previo a la cosecha. De esta manera se realiza un primer descarte visual del peor material antes de la cosecha. Por otro lado, al existir una mayor separación entre genotipos, se reduce aún más la competencia intergenotípica y se evitan las mezclas en las tareas de cosecha.

En el campo, el PRC se dispone de manera que las líneas provenientes de cada población SSD se hallen en cuadrículas adyacentes. Asimismo, se procura agrupar las cuadrículas para las poblaciones sucesivas en el campo tengan un progenitor en común. De esta manera, se puede tener una idea de la habilidad combinatoria general y específica de cada progenitor usado al evaluar su descendencia en parcelas contiguas.

Los genotipos cosechados se pesan y la selección entre ellos se efectúa por comparación con los rendimientos de los testigos dentro de cada cuadrícula, para evitar así el efecto de heterogeneidad de suelo,

posible si se compararan genotipos distanciados entre sí en el campo. Se estima que la intensidad de selección a aplicar en el PRC será de alrededor de un 20 por ciento. Las líneas de soja se clasifican por madurez, en los PRC.

A partir de la presente campaña los ensayos PRB se efectúan en dos ambientes distintos, con dos repeticiones por ambiente, en contraste con las cuatro que se usaban con anterioridad en un solo ambiente. Se utilizan dos testigos en cada PRB, y 28 líneas con un total de 30 entradas dispuestas en bloques al azar.

Los ensayos PRA constituyen un paso más dentro del esquema de evaluación por rendimiento. Desde 1987/88 se los realiza en por lo menos tres ambientes distintos con tres repeticiones por ambiente.

La última etapa de evaluación la constituyen los ensayos de Líneas Avanzadas (LA). Ellos se llevan a cabo en diversas localidades representativas del área sojera dentro del Centro y en los respectivos subcentros de mejoramiento. Anteriormente, una línea debía permanecer tres años en los ensayos LA antes de que se considere su inscripción como cultivar. Se estima que con el esquema actual, sólo serán necesarios dos años.

Esquema de Multiplicación de Líneas

A partir de esta última campaña se ha implementado un sistema de multiplicación de líneas promisorias con el objeto de tener semilla disponible para su posible inscripción y comercialización. Para ello cada línea que se incorpora a los tres últimos años de evaluación, también entra en el esquema de multiplicación de semilla. Las siguientes son las categorías de Parcelas de Multiplicación (PM) de semilla que se implementaron:

Parcela de Multiplicación de Pedigree (PMP)	250 m ²
Parcela de Multiplicación de Criador (PMC)	0.5 ha
Parcela de Multiplicación Básica (PMB)	6 a 8 ha

A partir de la semilla básica que se multiplica en gran escala, se obtiene la semilla original que se vende a los semilleros y productores. En cada uno de estos pasos se efectúa un estricto control de la pureza genética para evitar mezclas.

LINEAS DE INVESTIGACION

Hasta 1988, la labor se centró prácticamente, en forma exclusiva, en el desarrollo varietal, dada la prioridad que este objetivo recibe. Sin embargo, el avance futuro del programa se estima que depende en buena medida del desarrollo de líneas de investigación que hagan posibles dichos avances. (Cuadro 3)

En la actualidad, sólo se está desarrollando una metodología de "screening" para seleccionar genotipos resistentes a *Sclerotinia sclerotiorum*. El grado de avance de la misma es satisfactorio, pues faltan las últimas etapas de calibración para que el método sea operacional. Es posible que dicha metodología permita asimismo estudiar la herencia del carácter resistente a *Sclerotinia*, para lo cual ya se están efectuando los cruzamientos necesarios.

Actualmente, se está desarrollando germoplasma para efectuar investigaciones relacionadas con las ventajas comparativas de incorporar diversos caracteres de importancia económica potencial. Se trata específicamente de los caracteres semi e indeterminado, y el juvenil. Para ello se ha iniciado el desarrollo de poblaciones de pares de isolíneas para los respectivos caracteres, mediante el método de selección de los genotipos heterocigotas.

A partir de julio de 1987, INTA comenzó una nueva etapa en su labor de mejoramiento genético de soja. En esa fecha se implementó un Convenio de Vinculación Tecnológica con Federación Agraria Argentina y con Agricultores Federados Argentinos. Mediante este Convenio, las dos entidades citadas en último término financian una porción considerable del programa de mejoramiento del INTA, quien a su vez intensifica su labor de desarrollo varietal. La contraparte del INTA, también se encarga de la producción y comercialización de los cultivares de soja que de ahora en más produzca INTA. Quedan así asociadas en dicho emprendimiento la labor de una institución pública como el INTA y dos asociaciones de productores como son FAA y AFA, en pos de un objetivo común.

Cuadro 3. Cultivares de soja desarrollados por INTA

Cultivar	Madurez	EEA	Año
Carcaraña	VI	M. Juárez	1983
Chamarrita	VII	Paraná	1985
Inrville	VII	M. Juárez	1987
Tancacha	VI	Manfredi	1987
Federada 1	VI	M. Juárez	1987
Famaillá 701	VII	Famaillá	1987
Famaillá 837	VIII	Famaillá	1987
Famaillá 940	IX	Famaillá	1987

La investigación en soja por el Centro de Investigación Agrícola Tropical (CIAT) en el departamento de Santa Cruz

por Alejandro Tejerina V *

INTRODUCCION

En la actualidad, la soja es la oleaginosa de mayor importancia por su uso en la industria aceitera y sus derivados. En los últimos años, se ha constituido en el segundo cultivo industrial después de la caña de azúcar. En Santa Cruz, se cultiva un 95 por ciento de la superficie cultivada en todo el país, el 5 por ciento restante lo produce el departamento de Tarija, en las localidades de Yacuiba y Villamonte.

La soja se cultiva en el área integrada de Santa Cruz desde las latitudes sur 16,4° a 18,5° que corresponden a las localidades Litoral y Mora, respectivamente.

La producción depende un 67,1 por ciento de los colonos menonitas, 20 por ciento de productores nacionales y 12,3 por ciento de colonos japoneses.

El cultivo de soja en Santa Cruz es principalmente de verano, pero debido a las condiciones climáticas favorables, es posible cultivar soja en invierno, lo que constituye una gran ventaja en relación a otros países sojeros. En invierno se cultivan alrededor de 12.000 a 18.000 ha que cumplen los siguientes objetivos:

- Producción de semilla fresca para siembra de verano y grano para la industria del aceite.
- Diversificación de cultivos que implica un mejor aprovechamiento de terrenos y maquinarias agrícolas.

- Rotación de cultivos después de arroz, maíz y algodón, que permiten la cobertura del suelo, control de malezas y contrarrestar la incidencia de plagas y enfermedades. La incorporación de residuos de soja, constituye una fuente de nitrógeno para cultivos de verano subsiguientes.

ANTECEDENTES DEL CULTIVO DE SOJA EN SANTA CRUZ

Inicialmente fue introducida en 1928 por la casa comercial Zeller y Mosser, pero no se realizó ninguna investigación.

En 1950 el Ministerio de Agricultura a través de la Estación Experimental Agrícola de Saavedra (EEAS) introdujo la soja e inició las investigaciones de esta oleaginosa, que actualmente continúa el CIAT.

El cultivo de soja ha adquirido importancia desde la instalación de las fábricas de aceite, como también las de alimento balanceado para animales y desde la gestión agrícola 1985/86, se exporta grano al mercado europeo. El cultivo a nivel comercial (Cuadro 1) se inició en la gestión agrícola 1969/70 con 800 ha y un rendimiento promedio de 1,5 ton/ha. Mientras que, en gestión agrícola 1985/86 se cultivó 67.418 ha con producción de 141.579 ton y un rendimiento promedio de 2,3 ton/ha. En la presente campaña (1987/88) se sembraron 60.000 ha.

A nivel comercial en invierno, se inició en 1971 en la Colonia japonesa San Juan de Yapacaní con 500 ha y un rendimiento promedio de 1,7 ton/ha. Para el invierno 1988, se tiene previsto sembrar 18.000 ha.

* Encargado del Programa Oleaginosas CIAT, Santa Cruz, Bolivia.

Cuadro 1. Cultivo de soja a nivel comercial en verano e invierno

Verano			
Gestión Agrícola	Superficie Cultivada (ha)	Producción (ton)	Rendimiento (ton/ha)
1969-1970 *	800	1.200	1,50
1979-1980 **	35.000	52.500	1,50
1985-1986 ***	67.418	141.579	2,30
1987-1988	60.000	--	--
Invierno			
1971	500	850	1,7
1986	6.136	12.886	2,1
1987	12.000	18.720	1,6
1988	18.000	--	--

Fuentes: Citado por GRAHAM THICLE de INE (1980), ANAPO (1988) y CAISY (1988)

* = Acadian, Pelicano, Colombia, Santa Rosa

** = Pelicano, Mandarin, Bossier, UFV-1

*** = Bossier, UFV-1, Cristalina, IAC-8, DOKO

Cuadro 2. Condiciones óptimas de la zonas productoras mundiales de soja comparada con la zona de Saavedra (EEAS), en verano de octubre a marzo.

Zonas óptimas de producción		Saavedra - EEAS
Latitud hem. Norte y Sur	20-45°	17°14' latitud sur
Temperatura mínima	10°C	20,4°C
Temperatura óptima	20-25°C	26,0°C
Temperatura máxima	35°C	30,7°C
Temperatura suelo	25-30°C	27,2°C
Precipitación pluvial	450-500 mm	873 mm
Suelos: Franco, FL, L, FA		Hay suelos de todo tipo
pH: 6-6,5		5,4 - 7,0
Fotoperíodo 12 - 14 y 14 - 16		11,0 - 13,30

Fuentes: Norman, A.G. et al (1978) y EEAS (1985)

Como se podrá apreciar en el Cuadro 2, la EEAS está ubicada a 17°14' de latitud sur, con altitud de 320 m.s.n.m. y de acuerdo a la clasificación de tierras (Cochrane, 1973), corresponde a zona de bosques subtropicales, con suelos de formación aluvial y textura franco arenosa.

Factores limitantes

Los factores limitantes para la producción de soja en el área integrada de Santa Cruz varían según la zona.

Zona norte

- Excesiva precipitación pluvial durante el ciclo del cultivo (50-70%).
- Deficiencia de drenajes (canales).
- Problemas de compactación de suelos.
- Problemas de malezas.

Zona sur

- Falta de humedad algunos años (también zona Este).
- Compactación de suelos (excesivo uso de maquinaria).
- Erosión eólica (falta cortina rompeviento).

METODOLOGÍA EN EL MEJORAMIENTO DE LA SOJA

Como es de conocimiento, existen varios métodos de mejoramiento para obtener nuevas variedades tales como: introducción de variedades, selección lineal, selección masal, hibridación etcétera.

El programa Oleaginosas del CIAT, utiliza solamente el método de introducción de variedades por ser el más sencillo, corto y económico, que consiste en introducir material genético de países productores de esta oleaginosa para ser estudiado en las condiciones del medio ambiente local (EEAS). Las líneas o variedades

que se destacan son seleccionadas para evaluaciones posteriores.

La comparación de variedades es el proceso subsiguiente a la introducción que también se realiza en la EEAS y consiste en someter a las variedades seleccionadas en competencia con variedades locales (testigos), es decir, se continúa evaluando las variedades seleccionadas por el método de introducción. Con las variedades adaptadas y seleccionadas, se efectúa una serie de evaluaciones locales (EEAS) y regionales (en diferentes zonas sojeras del área integrada de Santa Cruz) en presencia de variedades locales (testigos) por un lapso de 2 a 3 años durante verano e invierno. Una vez determinada la línea o variedad por su superioridad en características agronómicas y rendimiento de grano, se inicia la multiplicación de semilla genética para liberar como una nueva variedad recomendada a nivel comercial. La semilla genética es entregada al programa de Semilla Básica del CIAT, quien produce dicha categoría para luego ser vendida a los agricultores semilleristas. También se puede indicar que mediante el método de introducción, el programa Oleaginosas ha logrado adaptar y seleccionar las variedades: UFV-1, Cristalina, - IAC-8 y DOKO que actualmente son cultivadas a nivel comercial (Cuadro 3).

La época de siembra es considerada como uno de los factores de mayor importancia en la producción de soja. Las siembras fuera de época conducen a disminuir el rendimiento o pérdidas en la cosecha. La época de siembra está determinada por el medio ambiente, la localidad y variedad.

Según estudios realizados por el programa Oleaginosas, se han determinado las fechas de siembra más apropiadas para la soja durante verano e invierno, como se indica en el Cuadro 4.

En el Cuadro 5, se indica la densidad de siembra, cantidad de semillas que fueron determinadas para las variedades UFV-1 y DOKO, siendo aplicable en Cristalina, IAC-8 para siembra de verano e invierno.

Cuadro 3. Promedio a nivel experimental de características agronómicas y rendimiento de las variedades comerciales estudiadas en zonas sojeras del área integrada de Santa Cruz durante 1981 a 1987.

Verano										
Variedades	Días a:		Enfermedades *			Altura (cm) de:		Acame **	Peso 100 granos (g)	Rend. ton/ha
	Florac.	Mad.	Pb *	M *	CK *	Plant.	Vaina			
Cristalina	50	135	1,1	2,2	1	82	12	2,3	13,5	3,32
DOKO	50	145	1,0	1,2	1	80	15	2,0	14,5	3,00
UFV-1	45	145	1,2	3,0	1	62	10	1,0	13,5	3,09
IAC-8	45	130	1,2	2,4	1	86	14	3,0	18,0	2,90
Invierno										
Cristalina	50	115	1,0	2,0	1	45	10	1,3	13,2	2,16
DOKO	50	115	1,0	1,4	1	47	13	1,0	15,0	2,30
UFV-1	45	105	1,0	3,5	1	27	5	1,0	13,5	1,32
IAC-8	45	112	1,0	2,5	1	65	14	2,5	18,0	2,20

Fuente: CIAT, Informe Anual 1986-1987 (sin publicar)

* PB = *Pústula bacteriana Xanthomonas phaseoli*

M = *Mildin Peronospora manshurica*

CK = *Mancha púrpura del grano Cercospora kikuchii*

** Rango 1 a 5: 1 = casi todas las plantas erectas
5 = casi todas las plantas tendidas

Cuadro 4. Epocas de siembra y zonas de adaptación en verano e invierno.

VERANO		
Variedades	Epocas de Siembra	Zonas de Adaptación
DOKO UFV - 1 IAC - 8	20 oct. al 30 dic.	Todas las zonas secas y húmedas
Cristalina DOKO	20 oct. al 30 dic.	Zona Okinawa 1, 2 y 3 Zona Sur, S. E Zona Este (Pailón- Los Troncos)
INVIERNO		
DOKO Cristalina IAC - 8 UFV - 1	01 abril al 30 mayo	Todas las zonas húmedas

Cuadro 5. Variedades recomendadas, distancias entre surco, cantidad de semilla/ha. Para siembra en verano e invierno.

Variedad	Verano	Invierno
UFV - 1		
Distancia entre surcos	40 a 50 cm	20 a 30 cm
Semillas por metro lineal	22 a 24	23 a 27
Plantas por ha	400.000	650.000
Cantidad de semilla/ha	75 kg	120 kg
Germinación de semilla	80 %	80 %
Peso de 100 semillas	14 g	14 g
DOKO y CRISTALINA		
Distancia entre surcos	50 a 60 cm	20 a 30 cm
Semillas por metro lineal	20 a 23	22 a 25
Plantas por ha	300.000	650.000
Cantidad de semilla/ha	60 kg	92 a 100 kg
Germinación de semilla	80 %	80 %
Peso de 100 semillas	14 g	14 g
IAC - B		
Distancia entre surcos	50 a 60 cm	35 a 50 cm
Semillas por metro lineal	17 a 20	18 a 23
Plantas por ha	300.000	450.000
Cantidad de semilla/ha	60 kg	92 kg
Germinación de semilla	80 %	80 %
Peso de 100 semillas	18 g	18 g

Fuente: CIAT. Informe Anual 1980-81 y 1986-87

Melhoramento genético da soja no Brasil

por Milton Kaster *

INTRODUÇÃO

A introdução da soja no Brasil data já de mais de um século, porém o seu cultivo com finalidade econômica somente foi iniciado na década de 1930, para a alimentação de animais. Embora nos anos 40 já houvesse sido registrada a exportação de grãos para a Europa, foi somente na década de 50 que se estabeleceram, no Rio Grande do Sul, as primeiras indústrias de extração de óleo comestível de soja e a expansão do seu cultivo passou a ocorrer de forma mais significativa. Em 1970, a soja já era cultivada também nos Estados de Santa Catarina, Paraná e São Paulo; a área colhida naquele ano foi de 1.318.809 ha, proporcionando o volume de 1.508.540 ton, com a produtividade de 1.143 kg/ha.

O grande incentivo ao incremento da área de soja na Região Sul e a expansão do seu cultivo para outros estados da Região Central do País ocorreu a partir de 1972, em função da alta demanda internacional de grãos e derivados, refletindo-se em altas cotações desses produtos, e da elevada taxa de substituição de gordura animal e outros óleos vegetais pelo óleo de soja. No decurso de dez anos (1970-80), a produção brasileira cresceu dez vezes, alicerçada no esquema comercial das cooperativas e na infra-estrutura de produção já existente para o trigo, no sul, e no desenvolvimento de cultivares adaptadas aos cerrados no centro do País. O nível tecnológico de produção contribuiu nesse processo, com o incremento para cerca de 1.700 kg/ha.

Em 1985 e 1987 rompeu-se o teto de 1.800 kg/ha da média nacional, devido principalmente ao ótimo

desempenho das novas cultivares na região de expansão atual da cultura - cerrado.

ORGANIZAÇÃO DA PESQUISA AGROPECUÁRIA

No Brasil, as instituições oficiais de pesquisa agropecuária compõem o Sistema Cooperativo de Pesquisa Agropecuária SCPA, instituída pelo Ministério da Agricultura e coordenado pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA.

Seguramente três quartos do volume de pesquisa são realizados no âmbito do SCPA, sob a execução de Unidades da EMBRAPA e de Empresas e Institutos Estaduais. A parte complementar refere-se basicamente a Universidades Federais e Estaduais e a organizações privadas.

A organização da pesquisa oficial tem como base os Programas Nacionais de Pesquisa - PNPs, coordenados pelos Centros Nacionais de Produtos ou de Recursos Naturais. Os PNPs alinham as prioridades nacionais, regionais e estaduais para a alocação de recursos físicos, financeiros e, por vezes, humanos.

A unidade técnica e orçamentária de planejamento, execução, acompanhamento e avaliação é o Projeto de Pesquisa. Experimentos de laboratório e campo e outras ações específicas de pesquisa (e de difusão de tecnologia), de forma integrada e complementar na solução de um problema, constituem as peças operacionais do Projeto de Pesquisa.

EVOLUÇÃO GENÉTICA DA SOJA

As primeiras lavouras de soja no Brasil foram plantadas com as cultivares Laredo, Amarela Comum, Abura, Pelicano e Mogiana, geralmente em sistemas consorciados e com baixos rendimentos por área.

* *Engenheiro Agrônomo, M. Sc., Pesquisador do CNPSo/ EMBRAPA e Coord. Nacional do Subprograma Oleaginosas - PROCISUR-EMBRAPA.*

A partir de 1960, foi intensificada a introdução de cultivares dos EUA. No período 1960-68, a participação de 'Hill', 'Hood', 'Majos', 'Bienville' e 'Hampton' era

significativa no Rio Grande do Sul. A produtividade média nacional nesse período foi de 1.060 kg/ha (Quadro 1).

Quadro 1. Evolução do rendimento médio e das cultivares de soja utilizadas no Brasil.

Período	Rendimento médio (kg/ha)	Acréscimo (%)	Principais cultivares novas
-60	-	-	Amarela Comum, Abura, Pelicano, Mogiana e Laredo
1960-68	1.060	-	Hill, Hood, Majos, Bienville e Hampton
1969-74	1.394	31,5	Bragg, Davis, Hardee, Santa Rosa, Delta, Campos Gerais, IAC-2, Viçoja e Mineira
1975-80	1.541	10,5	IAS-4, IAS-5, Planalto, Prata, Pérola, BR-1, Paraná, Bossier, Sant'Ana, São Luiz, IAC-4 a 6 e UFV-1.
1981-85	1.714	11,2	BR-2 a 14, CEP 10 e 12, FT-5 a 17, CEP 10/12, IAC-7 a 12, IAC-Foscarin 31, UFV-5 a 10, OCEPAR 2 a 5, Ivaí, Ivorá, Cobb, Sertaneja, Cristalina, Paranagoiana, Dourados, Tiarajú, Tropical, Doko, Numbaíra, EMGOPA 301 a 303, Paranaíba e Timbira.
1986-87	-	-	BR 15/16/27 e 28, MSBR 17 a 21, MGBR 22, OCEPAR 6 a 9, IAC-13 e 14, Invicta, FT-20/Cometa/Jatobá/Maracaju/Estrela/Siriema, EMGOPA 304 e 305 e UFV/ITM-1.

No período 1969-74, a produtividade média brasileira ascendeu para 1.394 kg/ha e representou 31,5 por cento do acréscimo em relação ao período anteriormente considerado. Durante esses cinco anos, a cultivar Santa Rosa foi responsável por uma grande parcela da produção em todos os estados. Além dela, também iniciou-se o cultivo de 'Bragg', 'Davis', 'Hardee' (introduzidas), 'Delta', 'Campos Gerais', 'Viçoja', 'Mineira' (relacionadas no Brasil) e 'IAC-2' (desenvolvida no I.A. Campinas, juntamente com 'Santa Rosa'). A

cultivar IAC-2 foi a primeira desenvolvida com vistas ao cultivo nos cerrados e em baixas latitudes.

Entre 1975 e 1980, uma série grande de novas cultivares passou a ser utilizada pelos agricultores. Dentre elas, citam-se: 'Bossier' (introduzida), 'IAS-4', 'IAS-5', 'Paraná', 'Sant'Ana', 'São Luiz' (selecionadas no País), 'Planalto', 'Prata', 'Pérola', 'BR-1', 'IAC-4' e 'UFV-1' (criadas no País). Apesar de duas safras prejudicadas por deficiência de chuva (produções ao

redor de 1.200 kg/ha), a produtividade média no período foi de 1.540 kg/ha, o que representou 10,5 por cento a mais do que no período 1969-74.

Na presente década de 80, uma série grande de novas cultivares foi e está sendo colocada à disposição dos agricultores, tanto para aumentar os índices produtivos e melhorar o seu ajustamento com outras culturas na Região Sul (tradicional), como oferecer melhores opções para os agricultores das Regiões Centro e Nordeste (expansão) - Quadro 1.

São recomendadas, atualmente, no Brasil, 124 cultivares de soja, separadamente para cada estado. Destas, 110 foram desenvolvidas por programas

brasileiros de melhoramento. Das 14 restantes, que foram introduzidas como cultivares ou linhagens, apenas sete ainda apresentam representatividade econômica.

INSTITUIÇÕES E LINHAS DE TRABALHO

No Brasil, existem, atualmente 14 distintos programas de melhoramento de soja, assim considerando aqueles que geram variabilidade genética, ou seja, que realizam combinações através da hibridação. Dez outras instituições, dentre as quais algumas Unidades de Âmbito Estadual da EMBRAPA, realizam o trabalho de melhoramento através de introduções de linhagens ou populações segregantes (Quadro 2).

Quadro 2. Instituições brasileiras que desenvolvem programas de melhoramento de soja. 1988.

ESTADO	Instituição				TOTAL
	EMBRAPA	Estadual	Universidade	Privada	
A. Hibridações e Seleções					
RS	CNPT	IPAGRO	-	CEP-FECOTRIGO	4
PR	CPATB CNPSo	-	-	OCEPAR INDUSEM FT (sul)	
SP	-	IAC	-	-	1
MG	-	EPAMIG	UFV	-	2
GO/DF	CPAC	EMGOPA	-	FT (Centro)	3
<i>Subtotal A</i>	4	4	1	5	14
B. Introduções/Seleções					
SC	-	EMPASC	-	-	1
MS	UEPAE	EMPAER	-	ITM	3
MT	-	EMPA/MT	-	-	1
RJ	-	PESAGRO	-	-	1
BA	-	EPABA	-	-	1
RO	UEPAE	-	-	-	1
MA	UAAPNP	-	-	-	1
PI	UEPAE	-	-	-	1
<i>Subtotal B</i>	4	5	0	1	10
TOTAL	8	9	1	6	24

Determinadas características varietais são consideradas obrigatórias ou de rotina em todos os programas brasileiros. Assim, as cultivares que estão sendo atualmente lançadas devem apresentar pelo menos as seguintes características:

a) serem no mínimo tão produtivas quanto às melhores do respectivo grupo de maturação; excessão é feita a cultivares que possuam algum atributo de relevância frente a problemas específicos de significância econômica;

b) porte a arquitetura de planta adequados à colheita mecanizada;

c) resistência às doenças pústula bacteriana (causada por *Xanthomonas campestris* pv. *glycines* (Nakano) Dye), fogo selvagem (*Pseudomonas syringae* pv. *tabaci* (Wolf e Foster) (Stevens Dye & Wilkie)) e mancha "olho-de-rã" (*Cercospora sojina* Hara);

d) moderada resistência à mancha púrpura (*Cercospora kikuchii* (Matsumoto e Tomoyasu) Gardner) e ao mosaico comum da soja (vírus do mosaico comum da soja);

e) sementes amarelas.

No Estado do Rio Grande do Sul, os programas desenvolvidos pelo CNPT-EMBRAPA (Passo Fundo), pelo IPAGRO (Júlio de Castilhos) e pelo CEP-FECOTRIGO (Cruz Alta) dedicam atenção especial à amplitude de época de semeadura, para melhorar o desempenho da soja após a colheita do trigo, e à tolerância à acidez do solo, já que normalmente há necessidade de aplicações pesadas de corretivos. Essa situação se estende por Santa Catarina e sul do Paraná, de forma que as cultivares resultantes desses programas se comportam bem em toda essa região. Embora haja conveniência de cultivares de diversos grupos de maturação, as cultivares mais produtivas no Rio Grande do Sul são os de ciclo médio (140 - 150 dias). O programa de CPATB-EMBRAPA (Pelotas) possui objetivos específicos à sua área de localização

e atuação, quais sejam os de desenvolver cultivares com adaptação aos solos da baixada sulriograndense, tradicionalmente utilizados para o cultivo do arroz irrigado, e de cultivares para a Região Sudoeste do estado, a qual, embora sendo terras altas, se situa em maior latitude (31-32°S). Os outros programas mencionados estão localizados entre 28 e 29,5°S.

No Paraná, quatro instituições desenvolvem programas de melhoramento. Em Londrina, o CNPSo-EMBRAPA possui o maior e mais diversificado programa do Brasil, com vistas ao desenvolvimento de cultivares para esse estado, mas principalmente à geração de populações aptas à seleção em todas as regiões do País. Entre outros objetivos específicos, o CNPSo vem se dedicando à transferência do caráter "período juvenil longo" às principais cultivares de comportamento clássico; tolerância à acidez do solo; resistência a insetos desfolhadores e sugadores; resistência aos nematóides formadores de galhas; resistência ao mosaico comum da soja e à ferrugem da soja (causada pelo fungo *Phakopsora pachyrhisi*); qualidade fisiológica da semente; e qualidade organoléptica para a indústria de alimentos e para o consumo ao natural.

Especificamente para a região do Paraná, São Paulo e Mato Grosso do Sul, o CNPSo vem desenvolvendo, juntamente com a OCEPAR e a FT-Pesquisa e Sementes, uma linha de cultivares para semeadura antecipada (fim de setembro - início de outubro), visando principalmente à proteção do solo. Cultivares e linhagem de período juvenil longo vêm apresentando bom desempenho.

Ainda no Estado do Paraná, estão localizados os programas da OCEPAR, da FT-Pesquisa e Sementes e da INDUSEM. A OCEPAR tem sua sede principal em Cascavel (Região Oeste), a FT em Ponta Grossa (Região Sul) e a INDUSEM em Sertaneja (região Norte, como o CNPSo). Todas essas organizações são de caráter privado. A OCEPAR visa basicamente atender às necessidades dos agricultores do estado, já que representa as cooperativas agrícolas paranaenses. A FT-Pesquisa e Sementes, matriz Ponta Grossa, busca uma abrangência regional do Rio Grande do Sul a São Paulo e Mato Grosso do Sul. Além do caráter geral, essa organização dedica algum esforço

na criação de cultivares superprecoces, visando possibilitar sistemas de produção de alta intensidade - cultivares com ciclo de 100 dias para viabilizar outras duas culturas em um mesmo ano agrícola. A INDUSEM possui um programa relativamente modesto em soja e de objetivos genéricos.

O Instituto Agrônômico - IAC, localizado em Campinas, Estado de São Paulo, é a instituição brasileira mais antiga no melhoramento de soja e de diversas outras culturas. No IAC foi desenvolvida a cultivar Santa Rosa, primeira cultivar genuinamente brasileira e que alcançou alta expressão em toda a Região Centro-Sul nos anos 70. Foram também cultivares do IAC que constituíram as primeiras lavouras na região dos cerrados, algumas das quais ainda se mantêm em cultivo. No programa atual, ênfase vem sendo dada a qualidade fisiológica da semente, resistência a insetos e adequação ao cultivo na renovação de canaviais.

Ainda em São Paulo, duas outras instituições estão implementando programas de melhoramento de soja. A Fundação de Estudos Agrônômicos "Luiz de Queiróz" - FEALQ desenvolve um programa de aumento do teor de óleo e outro para aumento do teor de proteína. A PLANALSUCAR objetiva o desenvolvimento de cultivares para a rotação com cana-de-açúcar.

Em Minas Gerais, o programa mais antigo e mais desenvolvido é o da Universidade Federal de Viçosa - UFV, que tem contribuído grandemente para a sojicultura brasileira. A primeira introdução massiva de linhagens dos EUA, em 1963, foi feita pela UFV, da qual surgiram diversas cultivares, como 'Viçoja', 'Mineira', 'Paraná', 'IAS-1' a 'IAS-4', 'Campos Gerais', 'Flórida' e 'Sant'Ana'. Outra grande contribuição foi o lançamento de 'UFV-1' no início dos anos 70. Onze outras cultivares foram desenvolvidas pela UFV para cultivo nos cerrados, entre as quais destaca-se a 'UFV-10' (Uberaba).

O segundo programa de Minas Gerais é o da EPAMIG, de pequena dimensão e com objetivos restritos às peculiaridades do estado, entre os quais o desenvolvimento de cultivares precoces para sucessão com trigo.

No Estado de Goiás (incluindo o Distrito Federal), três instituições desenvolvem cultivares para a região dos cerrados: CPAC-EMBRAPA em Planatina, DF; EMGOPA em Goiânia, GO; e FT-Pesquisa e Sementes em Brasília, DF. Merecem destaque duas linhas de trabalho da EMBOPA: qualidade fisiológica da semente e cultivares para latitudes inferiores a 15°S; e uma da FT: cultivares precoces para sistemas intensivos de culturas sob irrigação.

RECURSOS HUMANOS E MATERIAIS

Existe ainda, no Brasil, uma concentração maior de instituições e de técnicos dedicados ao melhoramento de soja na Região Sul, em detrimento de outras regiões e de outras linhas de pesquisa. Nessa região, a prioridade atual aponta para trabalhos em manejo da cultura e do solo, aspectos que indubitavelmente são os mais limitantes da produtividade e da estabilidade da produção.

Nas Regiões Centro-Oeste e Nordeste do País, onde a soja e a própria agricultura são mais recentes, a carência quantitativa de recursos humanos e materiais tem limitado seriamente o avanço científico e tecnológico da agricultura. Especialmente em soja, a extensão de tecnologia do sul não tem sido satisfatória para as condições tropicais, não somente no que tange ao germoplasma, mas também na fisiologia e na nutrição das plantas. Essa carência da pesquisa não cobre adequadamente a diversidade de ambientes nessas regiões novas, obrigando os técnicos à extrapolação muitas vezes duvidosa das recomendações de cultivo.

O nível de mecanização da semeadura e da colheita ainda é muito baixo no Brasil, deixando de compensar a carência de mão-de-obra auxiliar nas instituições oficiais de pesquisa.

São também ainda muito restritas as disponibilidades de casas-de-vegetação e de irrigação dos campos experimentais, tão necessárias à eficiência das hibridações e ao avanço das gerações segregantes.

PERSPECTIVAS FUTURAS

A melhoria progressiva que o germoplasma de soja tem experimentado durante os trinta anos de pesquisa no Brasil, mostra que ainda uma parcela considerável de potencial produtivo pode ser obtida a médio e longo prazo.

Porém, a menor prazo, os maiores benefícios que o melhoramento genético poderá oferecer à sócio-economia dos produtores e do País serão basicamente os seguintes:

a) estabilidade da produção através de:

- resistência a doenças (mancha "olho-de-rã", podridão branca da haste, crestamento bacteriano, mosaico comum da soja e queima do broto);

- resistência aos nematóides formadores de galhas;
 - tolerância à seca;
- b) redução do custo de produção e dos riscos de contaminação ambiental e do homem através da resistência a insetos-pragas (principalmente percevejos) e da tolerância à acidez do solo;
- c) adequação melhor ao uso na alimentação humana.

Embora essas linhas tenham já algum desenvolvimento, a aludida contribuição somente será efetiva no momento em que a maioria dos programas conseguirem internalizá-las e as repassarem aos produtores através das novas cultivares.

Melhoramento da soja no instituto agronômico

por Manoel Albino Coelho de Miranda * ** e
Eduardo Antonio Bulisani *

INTRODUÇÃO

Hoje a soja ocupa, em São Paulo, área de 456,8 mil ha, com uma produção de 915 mil ton, distribuídos na região nordeste, sudoeste, leste e sul do Estado, principalmente em latossóis.

Inicialmente, grande parte destes solos apresentava-se coberta de vegetação natural do tipo cerrado, a não ser na Alta Sorocabana onde encontrávamos florestas. Estes solos ácidos, para exploração econômica, necessitavam de calagem para a correção da acidez, adubação para suprimento de nutrientes e cultivares adaptados.

Com a expansão da cana de açúcar, condicionada pelos incentivos do Pró-álcool, os plantadores de cana passaram a ter a soja, como opção interessante durante a reforma do canavial, pois além de produzir grãos, o cultivo desta leguminosa ocupa a mão de obra ociosa na entre-safra, protege o solo contra a erosão e melhora suas condições físico-químicas.

A área plantada, com cana de açúcar, na safra de 1985/86, foi de 2.034 mil ha. Considerando-se que 20 por cento desta área são renovados anualmente, e que a maior parte se destina ao plantio de cana de ano-e-meio, pode-se estimar que uma área equivalente a área hoje cultivada com soja seja passível desta rotação.

O Instituto Agronômico de Campinas através de pesquisa sobre calagem, adubação e técnicas culturais

e, sobretudo pela criação de cultivares, vem contribuindo para o desenvolvimento da cultura de soja no Estado e no País.

De 1936 a 1952 o método de melhoramento utilizado foi coleta e introdução de cultivares. Desta primeira fase podemos destacar os cultivares Abura, Mogiana e Improved Pelicam (Pelicano).

Em 1952, com orientação do melhorista Dr. Leonard F. Williams, do Departamento de Agronomia dos U.S.A., juntamente com o Dr. Shiro Miyasaka, foi elaborado um novo programa de melhoramento. Desta segunda fase, podemos destacar os cultivares IAC-1, IAC-2, Santa Rosa (L. 326) e Industrial (L.356). Este programa teve grande importância para a expansão da soja não só em São Paulo, como em todo o Brasil.

Em 1967, após treinamento nos U.S.A., Dr. Romeu A.S. Kiihl, reestruturou o programa de melhoramento de soja, que com algumas alterações está sendo até hoje executado no IAC. Este novo programa possibilitou o lançamento dos cultivares IAC-3, IAC-4, IAC-5, IAC-6, IAC-9, IAC-10, IAC-11, IAC-12, IAC-13, IAC-14, IAC-Foscarin 31 e IAC Santa Maria 702.

PROGRAMA DE MELHORAMENTO

O programa de melhoramento do Instituto Agronômico, emprega técnicas específicas para melhor conduzir os trabalhos de melhoramento. As sementes dos cruzamentos realizados em janeiro e fevereiro são postas a germinar em casa de vegetação, durante o inverno, quando são utilizadas luzes incandescentes e fluorescentes para se evitar florescimento precoce, aumentando o período luminoso, visando obter-se máxima produção de sementes na geração F₁. As

* Pesquisador Científico, Instituto Agronômico de Campinas.

** Bolsista do CNPq.

sementes são postas a germinar em maio e a iluminação é controlada para que as plantas amadureçam em outubro. Em novembro, as sementes F_2 são levadas para o campo onde é feita seleção para caracteres de herança simples, ou de alta herdabilidade. Após esta seleção, segue-se o método genealógico, ou o método da população ("bulk"), ou ainda o método genealógico modificado, SSD ("Single seed descent") descrito por Brim, 1966.

Este programa de melhoramento preve três fases de avaliação no decorrer dos trabalhos de seleção: inicialmente, são selecionadas plantas individuais e progênies para certas características qualitativas (como resistência a pragas e moléstias) e certas características quantitativas de alta herdabilidade (como maturação, altura, acamamento e resistência à deiscência das vagens). Após esta fase inicial, é feita uma avaliação detalhada das linhas para produção, visando reduzir o número de genótipos a poucas linhagens. Essa avaliação é feita em ensaios preliminares. Numa terceira fase, os genótipos são testados através de ensaios regionais de linhagens, para avaliação em diversos ambientes com tecnologia a mais próxima possível do agricultor.

Os testes preliminares são realizados em quatro estações experimentais, estrategicamente localizadas, obedecendo delineamento em látice simples, ao passo que os testes regionais são instalados nas regiões produtoras, em número superior a dez, obedecendo delineamento em blocos ao acaso. Após a análise estatística por local, é feita a análise conjunta, para se verificar se existem materiais capazes de suplantar a interação com locais.

O programa de melhoramento do IAC, introduziu a seleção recorrente com utilização da macho-esterilidade genética no melhoramento de populações.

Objetivos

No programa de melhoramento objetiva-se fundamentalmente:

- a) Aumento de produtividade.
- b) Menor sensibilidade em relação à época de semeadura e como consequência maturação adequada para:

1. Melhor uso de plantadeiras e colhedoras, levando a uma economia de máquina e mão de obra.
 2. Melhor ajuste às rotações, com trigo na região Sudoeste (Sorocabana), com sorgo e girassol na região Nordeste (Mojiana), com cana nas regiões canavieiras e mesmo com adubação verde, prática que vem ganhando espaço nas áreas de agricultura mais tecnificada.
 3. Melhor concordância entre períodos críticos e condições climáticas favoráveis.
 4. Melhor utilização de áreas passíveis de irrigação, possibilitando o cultivo de outono-inverno com soja em áreas livres de ocorrência de geada, propiciando produção de sementes de alta qualidade fisiológica.
- c) Resistência à deiscência das vagens.
 - d) Melhor arquitectura de planta, considerando principalmente, altura das primeiras vagens, altura da planta e resistência ao acamamento.
 - e) Resistência a insetos, nematóides e doenças.
 - f) Melhor qualidade fisiológica das sementes.
 - g) Resistência ao alumínio e manganês.
 - h) Aumento do teor e qualidade do óleo e da proteína e da qualidade organoléptica dos grãos.

Dentre estes objetivos salientaremos:

Aumento de produtividade

O aumento de produtividade é, por si só, de grande importância, quer a nível de estado quer a nível de propriedade, pois há um aumento da produção sem que haja aumento da área semeada e o agricultor passa a auferir maiores lucros sem necessitar do emprego de novas técnicas que poderiam encarecer o produto final.

Menor sensibilidade à época de semeadura

Busca-se selecionar cultivares que apresentem estatura de planta, que permita colheita mecânica, com menor dependência em relação à data de semeadura. Os cultivares de crescimento determinado devem apresentar período juvenil, para que sofram

indução ao florescimento só depois de terem desenvolvido um número mínimo de internódios. Seguindo esta linha de raciocínio foram lançados os cultivares: IAC 6, IAC-7, IAC-8, IAC-9, IAC-10, IAC-11, IAC-12, IAC-13 e IAC-14, desde os ciclos mais tardios aos mais precoces, havendo mesmo cultivos de outono-inverno com estes materiais.

Nos cultivares de crescimento indeterminado a altura de planta é menos dependente da indução ao florescimento. A sua estatura é mais diretamente ligada ao número de internódios. Assim, é possível obter-se altura adequada para a colheita mecânica, quantidade razoável de massa vegetal e precocidade, em sementeiras antecipadas (outubro) mesmo com o florescimento ocorrendo 35 dias após o plantio, porque há concomitantemente crescimento vegetativo e reprodutivo.

O cultivar IAC-Foscarin-31 foi lançado para a rotação com cana por apresentar este atributo.

Resistência a moléstias

Pústula Bacteriana e Fogo Selvagem

São moléstias praticamente erradicadas pelo melhoramento genético, pois todos os cultivares lançados apresentam níveis de resistência elevados em condições de campo. A pústula bacteriana é a moléstia mais séria em condições tropicais, de alta umidade relativa e elevada temperatura média.

Segundo Hartwig & Johnson (1952), as perdas devidas a essas moléstias, em linhas isogênicas, atingem 9,5 por cento (média de duas localidades). A pústula é porta de entrada para outra bactéria de maior gravidade, que é o fogo selvagem. Portanto, a resistência à pústula bacteriana confere resistência também ao fogo selvagem. A fonte original da resistência é o cultivar CNS, sendo condicionada por um par de genes recessivos.

O procedimento utilizado para assegurar a manifestação da doença é bastante simples: o campo de melhoramento é circundado por cultivares susceptíveis que são pulverizados com extrato de

folhas doentes colhidas na estação anterior; as folhas atacadas são armazenadas em geladeiras para servir de fonte de inóculo, como sugere Jones & Hartwig (1959). Deste modo a doença se espalha por todo o campo possibilitando a identificação de plantas e progênes susceptíveis. Hoje o critério resistência de campo à pústula bacteriana é um pré-requisito para os testes regionais.

Mancha olho-de-rã - Cercospora sojina Hara

A mancha olho-de-rã é uma moléstia errática no estado de São Paulo, devendo não existir condições ideais para a sua propagação, nas condições das principais regiões sojícolas, pois a despeito da grande migração de sementes de outros estados de cultivares susceptíveis, a doença ainda não atingiu níveis econômicos. Portanto, julgamos prematura a recomendação exclusiva de cultivares resistentes. O programa tem procurado a eliminação de materiais extremamente sensíveis. Laviolette et al. (1970) usando linhas quase isogênicas, mostraram que uma infestação pesada reduz a produção de 12 a 15 por cento. Ross (1968) verificou que Davis, Ogden e Kanrich são resistentes a todas as quatro raças de *Cercospora*. Em condições paulistas, ITO et al. (1984) mostraram que os cultivares IAC.Foscarin-31, IAC-11 e Cristalina, em ensaios de campo, são resistentes à murcha olho-de-rã.

Mosaico comum da soja

É uma das viroses mais importantes, principalmente no Estado de São Paulo, onde dada a diversidade de cultivos, a população do inseto vetor é elevada, ocasionando ataques severos.

O vírus do mosaico comum causa normalmente pequena redução na produtividade, entretanto, o aspecto das sementes fica comprometido pela mancha café. Os cultivares Campos Gerais, Bienville e P.I. 96.983 e as linhagens F₆ dos cruzamentos em que entraram N45-2994, provenientes de Passo Fundo, mostraram-se resistentes ao vírus. Costa Lima & Costa (1975) sugerem que a resistência é do tipo hipersensibilidade, condicionada por um gene dominante.

Os cultivares IAC-Foscarin-31, IAC-9 e IAC-11 são resistentes a dez isolados do vírus existentes na Seção de Virologia do Instituto Agrônomo de Campinas, Costa et al. (1981).

Nematóides de galha

Os nematóides de galha ocorrem com frequência em culturas de soja. Os levantamentos até agora realizados, apesar de não sistemáticos, têm mostrado que a espécie mais comum em solos que vêm sendo cultivados com soja é o *Meloidogyne incognita* e os encontrados logo após a implantação da cultura, nos cerrados, na reforma de pastagens e canaviais é o *Meloidogyne incognita* e os encontrados logo após a implantação da cultura, nos cerrados, na reforma de pastagens e canaviais é o *Meloidogyne javanica*.

Os cultivares Santa Rosa e IAC-2 são tolerantes ao ataque de *Meloidogyne javanica* (Kiihl et al, 1972/73) enquanto que a Mineira é tolerante ao ataque de *Meloidogyne incognita* (Curi et al., 1974); posteriormente Alcantara et al. (1980) confirmaram a resistência do cultivar Mineira.

Com a expansão da cultura de cana e sendo o *Meloidogyne javanica* o mais prevalente na cultura desta gramínea, iniciou-se programa específico para esta espécie. Dados preliminares são relatados por Alcantara & Miranda em 1981. Mais recentemente foi desenvolvida a linhagem IAC 78-1021, com produtividade razoável, de crescimento indeterminado e de maior nível de tolerância ao verme em questão.

Como os testes regionais são locados em áreas em que se vêm cultivando soja por períodos prolongados (mais de dez anos), os materiais mais sensíveis ao *Meloidogyne incognita*, foram naturalmente eliminados durante o processo seletivo, daí a razão da elevada resistência dos cultivares IAC em relação a esta espécie.

Resistência ao alumínio e manganês

A maioria dos solos cultivados com soja era anteriormente cerrado, tendo sub-solo ácido, com

restrição ao desenvolvimento do sistema radicular e conseqüente mal aproveitamento da água e nutrientes existentes nestas camadas, tornando a soja mais vulnerável, principalmente aos veranicos.

A calagem não corrige a acidez no sub-solo e não é economicamente exequível fazê-la abaixo de 20 cm.

A queima das folhas é uma sintomatologia comum em soja, principalmente quando da ocorrência de veranicos. Mediante a análise do solo e das folhas, sugeriu-se anteriormente que a queima das folhas estaria ocorrendo em função da elevação dos níveis de cloro nas folhas. Os níveis de alumínio também eram elevados, deixando portanto dúvidas se a queima seria devida à concentração salina por ocasião do período de seca anteriormente aos sintomas, ou às conseqüências da toxicidade por A1 do solo.

Em experimento realizado em Campinas, as medidas de eletrocondutividade de solo e os baixos níveis de cloro nas folhas indicaram que, provavelmente, os sintomas observados não deveriam ser atribuídos única e exclusivamente à salinidade do solo.

Bataglia et al. 1981, mostraram que as diferenças de comportamento entre os cultivares IAC-7 (susceptível) e IAC-9 (resistentes) deveriam estar associadas à toxicidade de alumínio pela redução do crescimento devido à maior extração de alumínio pelo cultivar IAC-7 e a correlação entre a produção e saturação de alumínio no solo. Utilizando-se este sintoma como parâmetro de toxicidade, está sendo possível discriminar cultivares mais tolerantes Miranda et al., 1987.

Em ensaios conduzidos em casa de vegetação Miranda et al. 1982, detectaram diferenças marcantes entre cultivares em relação ao manganês tóxico. Demonstraram que os sintomas podem ser discriminados usando-se uma escala de notas, critério este apropriado para seleção e que os genes Fe^{+++} e Fe^{++} , ineficiência na capacidade em reduzir Fe^{+++} a Fe^{++} , aumenta a resistência à toxidez de manganês.

LITERATURA CITADA E CONSULTADA

- ALCÂNTARA, V.S.B.; MIRANDA, M. A. C. de & LORDELLO, R. A. 1980. Experimento de resistência de cinco cultivares de soja a *Meloidogyne incognita*. Trabalhos apresentados na IV Reunião de Nematologia. 171-176.
- & MIRANDA, M. A. C. de. 1981. Resistance of soybean lines and cultivars to the root-knot nematode, *Meloidogyne javanica*. Soybeans Genetics Newsletter 6: 24-26.
- BATAGLIA, O. C.; MIRANDA, M. A. C. de & MASCARENHAS, H. A. A. 1981. Caracterização de toxicidade por alumínio em dois cultivares de soja com diferentes graus de tolerância à queima das folhas. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 5: 161-166.
- BERNARD, R. L. & WEISS, M. G. 1973. Qualitative Genetics in soybeans. In: CALDWELL, B.E., ed. Soybeans: Improvement, production and uses. Madison, American Society of Agronomy. p. 117-154.
- BRIM, C.A. 1966. A modified pedigree method of selection in soybeans. Crop Sci., 6: 220.
- COSTA, A. S.; MIRANDA, M. A. C. de & MASCARENHAS, H. A. A. 1981. Reação de algumas variedades de soja em estudo no Instituto Agronômico a virus do mosaico comum. II Seminário Nacional de Pesquisa de Soja. Anais. 2: 262-264.
- ; MIYASAKA, S.; KIIHL, R.A.S. & DEMATTÊ, J. D. 1970. Moléstias de virus da soja em São Paulo. (não publicado).
- COSTA LIMA, N.V. & COSTA, A.S. 1975. Localização da resistência ao virus do mosaico comum em soja. Summa Phytopathologica, 1: 222-230.
- CURI, S.M.; KIIHL, R.A.S. & SILVEIRA, S.G. P. 1974. Resultados preliminares da resistência genética de soja aos nematóides *Meloidogyne incognita* e *Meloidogyne javanica*. Revista Soc. Bras. Nematologia, 1: 1-2.
- EMPIG, J.M. & FEHR, W.R. 1971. Evaluation of methods for generation advance in bulk hybrid soybean populations. Crop Sci., 11:51-56.
- HANSON, W.O. & BRIM, C.A. 1963. Optimum allocation of test material for two stage test with an application to evaluation of soybeans lines. Crop Sci., 3: 43-49.
- HARTWIG, E.E. & LEHMAN, S.G. 1951. Inheritance of resistance to the bacterial pustule disease in soybeans. Agron. J., 43:226-229.
- & Johnson, H.W. 1972. Effect to the bacterial pustule on yield and chemical composition of soybeans. Agron. J., 45: 22-23.
- . 1972. Varietal development in soybeans. In: CALWELL, B.E., de Soybeans: Improvement, production and uses. Madison, American Society of Agronomy. p. 187-210.
- ITO, M.F.; MIRANDA, M.A.C. de; DUDIENAS, C.; VILA NOVA A. PEREIRA, J.C. & BULISANI, E.A. 1985. Incidência de *Cercospora sojina* Hara em cultivares de soja. Bragantia 44(1): 223-227.
- JONES, J.P. & HARTWIG, E.E. 1959. A simplified method for field inoculation of soybean with bacteria. Plant Dis. Reporter, 43: 946.
- LAVIOLETTE, F.A.; ATHOW, K.L.; PROBST, A.H.; WILCOX, J.R. & ABNEY, T.S. 1970. Effect of bacterial pustule and frog-eye on yeild of Clark soubean. Crop Sci., 10: 418-419.
- MASCARENHAS, H.A.A.; MIRANDA, M.A.C. de; BRAGA, N.R.; HIROCE, R. & BULISANI, E.A. 1980. Comportamento diferencial de dois cultivares de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) frente à toxidez de cloro e alumínio. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 4: 121-123.
- MIRANDA, M.A.C. de; BULISANI, E.A.; ALMEIDA, L.D. & FALIVENE, S.M.P. 1979. Efeito do período de exposição a 48°C na germinação e ocorrência de necrose dos cotilédones em sementes de diferentes cultivares de soja. Revista Brasileira de Sementes, 1 (2): 85-92.
- ; ROSSETTO, C.J.; ROSSETTO, D.; BRAGA, N. R.; MASCARENHAS, H.A.A.; MASSARIOL, A. 1979. Resistência de soja aos percevejos *Nezara viridula* e *Piezodorus guildinii* em condições de campo. Bragantia, 38: 181-188.
- ; MASCARENHAS, H.A.A.; BRAGA, N.R. & Kiihl, R.A.S. 1980. Cultivar de soja IAC-8. Instituto Agronômico. Circular nº 113. p. 8.
- ; KIIHL, R.A.S.; GUIMARÃES, G.; MASCARENHAS, H.A.A. & BRAGA, N.R. 1979. Cultivar de soja IAC-7. Instituto Agronômico. Circular nº 104. p. 6.
- ; MASCARENHAS, H.A.A.; BULISANI, E.A. & VALADARES, J.M. 1982. Comportamento de dois cultivares de soja em função do manganês do solo. Bragantia, 41: 135-143.
- ; MASCARENHAS, H.A.A.; BATAGLIA, O.C. & BULISANI, E.A. 1987. Queima das folhas em soja como critério de resistência à acidez. (no prelo).
- PROGNÓSTICO. 1986. Instituto de Economia Agrícola, São Paulo.
- ROSS, J.P. Additional physiological races of *Cercospora sojina* on soybeans in North Carolina. Phytopathology, 58: 708-709.

Programa de mejoramiento genético de soja en el CRIA *

por Antonio Schapovaloff **

El cultivo de la soja *Glicine max* (L) Merrill fue introducido en Paraguay por el Dr. Pedro N. Ciancio, alrededor del año 1921. Sin embargo, su expansión se inició en nuestro medio a partir del año 1960, intensificándose su producción, a nivel comercial, desde 1968, paralelamente con la ejecución del Programa Nacional de Trigo. Actualmente, es el primer renglón agrícola en cuanto a superficie cultivada y se encuentra entre los primeros generadores de divisas.

La producción de esta oleaginosa estuvo, inicialmente, destinada a proveer de materia prima a las industrias locales pero desde 1967, comenzó a exportarse en grano, en respuesta a la creciente demanda del mercado externo.

Considerando la distribución de este cultivo en el país, se aprecia que el mismo está localizado totalmente en la Región Oriental.

Teniendo en cuenta la importancia económica y social de este cultivo, el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), viene ejecutando un Programa Nacional de Investigación y Fomento de la Producción de la Soja.

OBJETIVOS DEL PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN General

El objetivo general del Programa de Investigación de Soja es generar los conocimientos técnicos

necesarios que posibiliten el aumento de la producción y productividad de la oleaginosa, a los efectos de contribuir al incremento de los ingresos netos de los agricultores y asegurar la disponibilidad del producto para el consumo interno y la exportación.

Específicos

1. Colectar, estudiar y evaluar el germoplasma de soja para utilizarlo en las labores de mejoramiento genético.
2. Producir cultivares mejorados adaptados a las diferentes zonas productoras del país y que expresen alto potencial de rendimiento y calidad del grano.
3. Identificar técnicas de producción que contribuyan a la expresión del potencial genético de rendimiento de las diferentes variedades de soja.
4. Producir semilla básica de las principales variedades mejoradas.

PROBLEMAS DEL CULTIVO A SER SOLUCIONADOS A TRAVÉS DEL MEJORAMIENTO GENÉTICO

- El aspecto en que se ha puesto más énfasis en los trabajos de mejoramiento es el rendimiento.
- Obtención de materiales de buen comportamiento en siembras en épocas recomendadas no preferenciales en una rotación trigo-soja.

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN EN MEJORAMIENTO GENÉTICO

Mejoramiento para rendimiento

Introducción y selección

La introducción de variedades y líneas de otros países ha sido de vital importancia porque, mediante

* CRIA - Centro Regional de Investigación Agrícola
Dirección de Investigación Agrícola - Ministerio de Agricultura y Ganadería, Itapúa, Paraguay.

** Ingeniero Agrónomo, Jefe de la Sección Soja del CRIA,
Capitán Miranda, Itapúa, Paraguay.

ello, se han difundido y logrado establecerse la mayoría de las variedades que, actualmente, se cultivan en el país.

Cruzamiento y conducción de líneas segregantes

A partir del año 1981 se han iniciado en el CRIA de Capitán Miranda los primeros cruzamientos artificiales.

Selección de progenitores

La selección de los mismos ha dependido de los objetivos del programa de mejoramiento.

Cruzamiento

Una vez delineado el objetivo a lograr y seleccionado a los padres, se ha procedido al proceso del cruzamiento artificial, esto es, la emasculación y posterior polinización.

Conducción de las poblaciones segregantes

Las semillas F_1 obtenidas mediante las hibridaciones artificiales, son sembradas en el campo una vez llegada la época. Se trata de sembrar siempre en terrenos bien fertilizados y que tengan asegurada la disponibilidad del agua a los efectos de obtener la mayor cantidad posible de semilla F_2 .

Método de conducción

El método de conducción de las generaciones segregantes que hemos adoptado es el Método Genealógico (Pedigree). Este ha sido utilizado con éxito en otros países para mejorar la producción de granos y otras características agronómicas.

El método consiste básicamente, en la selección de las plantas promisorias a partir de la generación F_2 , hasta alcanzar uniformidad genética para los caracteres de evaluación visual, manteniéndose el control de la genealogía y todas las anotaciones realizadas en cada generación. Las plantas F_2 son tomadas individualmente; las semillas F_3 de cada una de ellas son sembradas en hileras separadas y cada una de ellas constituye una línea. De cada una de estas líneas son seleccionadas cinco plantas trilladas individualmente y sembradas

en hileras adyacentes el próximo año, para convertirse en una familia F_4 . A partir de aquí la selección es entre y dentro de familias, hasta que se haya alcanzado uniformidad genética lo cual ocurriría en la F_5 o en la F_6 . En las generaciones finales se intensifica la selección entre familias, ya que dentro de cada hilera, existe alta uniformidad genética; luego las líneas seleccionadas son cosechadas separadamente para someterlas luego a un test de producción.

Ensayos comparativos de rendimientos

En el ciclo 1987/88 se ha establecido un ensayo preliminar de 1er. año con estos materiales, debido a que recién ha sido posible hacerlo por la disponibilidad de las semillas, F_6 y F_5 .

RECURSOS HUMANOS

En la Sección Soja trabajan siete personas discriminadas así:

Ingeniero Agrónomo a tiempo completo ..	1
Ingeniero Agrónomo a medio tiempo	1
Bachilleres agropecuarios	2
Peritos agrónomos	3

ESTADO ACTUAL DE DESARROLLO Y PERSPECTIVAS FUTURAS

Cruzas del ciclo 1987/88

	CRUZA	LÍNEAS SEMBRADAS EN EL CAMPO
F_6		
CM 8101	PIRAPO X GALAXIA	30 líneas
CM 8102	BRAGG X VIÇOJA	20 líneas
CM 8103	IAC-8 x UFV-1	35 líneas
F_5		
CM 8201	PARANA x BOSSIER	50 líneas
CM 8202	BRAGG x PARANA	45 líneas
CM 8203	PIRAPO x BRAGG	25 líneas

CM 8205 BRAGG x UFV-1 15 líneas

F₄
 CM 8301 PARANA x DAVIS 50 líneas
 CM 8302 PARANA x BRAGG 35 líneas
 CM 8305 PARANA x VIÇÓJA 25 líneas
 CM 8307 BRAGG x VIÇÓJA 45 líneas

F₃
 CM 8401 BRAGG x GALAXIA 54 líneas
 CM 8403 PARANA x CRIA-1 86 líneas
 CM 8405 BRAGG x CRIA-1 55 líneas

F₂
 CM 8501 SRF 300 x GALAXIA 1.122 semillas sembradas
 CM 8502 PIQUIRI x GALAXIA 2.481 semillas sembradas
 CM 8503 PARANA x BOSSIER 1.647 semillas sembradas

F₁
 CM 8601 PARANA x BOSSIER 64 semillas sembradas
 CM 8602 PARANA x OFPEC 801 26 semillas sembradas

CRUZAMIENTO

CM 8701 PARANA x HOOD 75
 CM 8702 PARANA x PRIMAVERA
 CM 8703 IAC-8 x BOSSIER

Evaluación del rendimiento

Se han evaluado cuarenta y tres (43) líneas y seis (6) variedades testigo

Objetivo

Realizar la evaluación preliminar de líneas provenientes de los cruzamientos que han demostrado un comportamiento satisfactorio.

Materiales y métodos

En este ensayo comparativo de líneas y variedades se incluyeron los mejores materiales genéticos provenientes de los cruzamientos de los años 81/82 (F6) y 82/83 (F5), empleándose como testigos a las variedades Bragg, CRIA-1, Santa Rosa, Paraná, Piquiri y UFV-1.

El diseño experimental utilizado fue de Lattice simple con dos repeticiones. La fertilización empleada fue de

100 kg/ha de la fórmula 0 - 46 - 20 (N.P.K), e inoculado con *Rhizobium japonicum*.

La siembra se efectuó el 25 de noviembre siendo la superficie de cada parcela 2,4 m x 5 m totalizando una superficie de 12,0 m² cada parcela. La distancia entre hileras fue de 0.60 m y entre plantas 0,042 m.

Las líneas y variedades incluidas en este ensayo son las siguientes:

- | | |
|-------------------------------|-------------------------------|
| 1. LCM 16 (CM 8101-50-2-6) | 2. LCM 17 (CM 8101-65-5-1) |
| 3. LCM 18 (CM 8101-68-4-4) | 4. LCM 19 (CM 8101-73-2-3) |
| 5. LCM 20 (CM 8101-101-6-3) | 6. LCM 21 (CM 8101-139-10-1) |
| 7. LCM 22 (CM 8102-8-9-2) | 8. LCM 23 (CM 8102-9-10-4) |
| 9. LCM 24 (CM 8102- 17-5-1) | 10. LCM 25 (CM 8102-21-3-7) |
| 11. LCM 26 (CM 8103-17-2-4) | 12. LCM 27 (CM 8103-94-1-6) |
| 13. LCM 28 (CM 8103-129-10-1) | 14. LCM 29 (CM 8103-129-10-6) |
| 15. LCM 30 (CM 8103-140-9-2) | 16. LCM 31 (CM 8103-141-4-3) |
| 17. LCM 32 (CM 8103-141-4-6) | 18. PARANA |
| 19. PIQUIRI | 20. BRAGG |
| 21. CRIA-1 | 22. SANTA ROSA |
| 23. UFV-1 | 24. CM 8201-1-2 |
| 25. CM 8201-1-3 | 26. CM 8201-1-4 |
| 27. CM 8201-1-5 | 28. CM 8201-1-7 |
| 29. CM 8201-3-2 | 30. CM 8201-5-5 |
| 31. CM 8201-13-3 | 32. CM 8202-3-6 |
| 33. CM 8202-10-2 | 34. CM 8202-35-3 |
| 35. CM 8202-35-5 | 36. CM 8202-43-1 |
| 37. CM 8202-49-3 | 38. CM 8202-52-4 |
| 39. CM 8202-56-3 | 40. CM 8202-61-4 |
| 41. CM 8202-67-3 | 42. CM 8203-10-4 |
| 43. CM 8203-34-2 | 44. CM 8203-34-4 |
| 45. CM 8203-51-3 | 46. CM 8203-54-4 |
| 47. CM 8205-10-1 | 48. CM 8205-22-2 |
| 49. CM 8205-40-1 | |

Caracteres a ser evaluados

Altura de planta, altura de vaina, peso de 100 granos, acame, dehiscencia, enfermedades, ciclo y rendimiento.

En cuanto a las perspectivas futuras se considera que sería bueno reforzar aún más las líneas de investigación que actualmente se conducen e incorporar otras (mejoramiento para calidad de semillas etc.)

Mejoramiento genético de soja en el Uruguay

por Francisco A. Mandl *

INTRODUCCION

El cultivo de soja en el Uruguay fue prácticamente desconocido hasta la década del sesenta. Luego de un período en que la soja ocupó áreas muy reducidas, se comprueba a partir del año agrícola 1973/74 un aumento sustancial en el área sembrada que pasa de 5.284 ha en ese año a 50.849 ha en 1978/79 (Cuadro 1). La soja comienza a afirmarse merced a un mercado apoyo oficial al cultivo en materia de fijación de precios, compra de la producción por parte del Estado, política crediticia e importación de insumos en condiciones favorables. A partir de 1978 el Estado deja de intervenir en las condiciones favorables. A partir de 1978 el Estado deja de intervenir en las condiciones de comercialización, limitándose solamente a establecer las normas de comercialización del producto, mientras que los precios son determinados según la evolución de la oferta y la demanda. Las favorables condiciones de mercado que aseguraron al cultivo una adecuada rentabilidad se mantuvieron hasta 1979/80, observándose posteriormente una importante disminución del área sembrada.

Esta situación comienza a revertirse en las últimas zafras y, si bien no se dispone aún de cifras oficiales, en el año 1987/88 se habrían alcanzado nuevamente las 50.000 ha. Este fenómeno puede adjudicarse en buena medida a la influencia del gobierno de Taiwán quién, por razones eminentemente políticas, comienza a adquirir la producción de soja del país. Paralelamente, Taiwán promovió acciones de fomento del cultivo.

En cuanto a la localización del cultivo, aproximadamente un tercio tiene lugar en la región

litoral oeste (límite con Argentina) y dos tercios en la región noreste (límite con Brasil). La primera constituye la región agrícola tradicional del país, mientras que la segunda se incorporó recientemente a la agricultura, en gran medida a través de la soja sin desplazar a otros cultivos.

LIMITANTES DE LA PRODUCCIÓN

Los rendimientos unitarios se ubican en promedio en 1256 kg/ha, situándose por debajo de los obtenidos por los países de la región (Cuadro 1). Los mayores problemas de manejo del cultivo se refieren a: inadecuada preparación y conservación del suelo, siembras tardías y utilización de cultivares menos productivos. A su vez, en la región litoral oeste se agregan como problemas la infestación de malezas y el ataque de plagas.

Cuadro 1. Evolución del cultivo de soja en Uruguay

Año Agrícola	Area (hectáreas)	Rendimiento (kg/ha)
1973/74	5.284	1.099
1974/75	13.500	1.100
1975/76	8.000	1.100
1976/77	10.000	1.420
1977/78	22.000	1.300
1978/79	50.849	781
1979/80	49.489	1.159
1980/81	33.995	1.457
1981/82	20.774	1.368
1982/83	11.919	1.317
1983/84	14.614	1.154
1984/85	18.629	1.405
1985/86	25.633	1.662
Promedio		1.256
1986/87	32.141	

* Ingeniero Agrónomo, M.S., EE La Estanzuela, INIA, Uruguay.

Las principales plagas de la soja son: las lagartas defoliadoras (*Anticarsia gemmatalis*, *Plusia nu*, etc.), el barrenador de brotes (*Epinotia aporema*) y las chinches (*Nezara viridula* y *Piezodorus guildinii*).

Se han detectado varias enfermedades causadas por diversos tipos de patógenos: hongos, bacterias, virus y nematodos (Cuadro 2). En general, hasta ahora estas enfermedades no han sido una grave limitante del cultivo, pero la importancia potencial de muchas de ellas puede ser grande.

Se estima que la mayor parte del área nacional se siembra con el cultivar Bragg, mientras que el resto es sembrado con Forrest, Planalto y otros cultivares.

INVESTIGACION

El Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria es la institución que conduce la mayor parte de la investigación en soja que se realiza en el Uruguay. Los trabajos experimentales son llevados a cabo por tres de las cinco estaciones experimentales que posee el INIA: la Estación Experimental La Estanzuela en el departamento de Colonia, la Estación Experimental del Norte, en el departamento de Tacuarembó y la Estación Experimental del Este en el departamento de Treinta y Tres (Figura 1).

El mejoramiento genético de soja se inició en la Estación Experimental La Estanzuela a principios de la década del setenta, a partir de introducciones de EEUU, Brasil, Argentina y el este de Asia. * En años subsiguientes, comenzaron las introducciones en la Estación Experimental del Norte y en la Estación Experimental del Este.

* En realidad, ya en las décadas del treinta y cuarenta se habían realizado introducciones y evaluaciones de germoplasma, pero estos trabajos fueron posteriormente descontinuados.

Cuadro 2. Principales enfermedades de soja detectadas en el Uruguay.

HONGOS	<i>Rhizoctonia solani</i> <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> <i>Sclerotium rolfsii</i> <i>Macrophomina phaseolina</i> <i>Peronospora manshurica</i> <i>Cercospora sojina</i> <i>Cercospora kikuchii</i> <i>Colletotrichum</i> sp. <i>Phomopsis sojae</i> Complejo de hongos del suelo
BACTERIAS	<i>Pseudomonas glycinea</i>
VIRUS	Soja virus 1 (SMV) (?) Phaseolus virus 2 (BYMV) (?)
NEMATODES	<i>Meloidogyne</i> sp.

En el año 1980/81 comienza a implementarse en La Estanzuela un programa de cruzamientos con el objetivo de obtener cultivares de alto rendimiento y calidad, adaptados a las distintas zonas del país. En las estaciones experimentales del Norte y del Este no se realizan cruzamientos, pero todos los años se envían desde La Estanzuela poblaciones segregantes en F4.

En la elección de los progenitores para los cruzamientos se consideran los cultivares más productivos en su momento, tratando de combinar aquellos genotipos que sean lo más diferentes posible desde el punto de vista de su genealogía. La resistencia a enfermedades no constituye aún un objetivo *per se*, dada la escasa incidencia de las mismas. Si bien se reconoce la importancia de la resistencia genética a insectos -fundamentalmente a chinches- aún no se ha implementado esta línea de trabajo por falta de recursos humano y de infraestructura.

Desde el punto de vista metodológico se utiliza, en general, el método de "single seed descent". Solamente se avanza una generación por año, ya que no se

URUGUAY

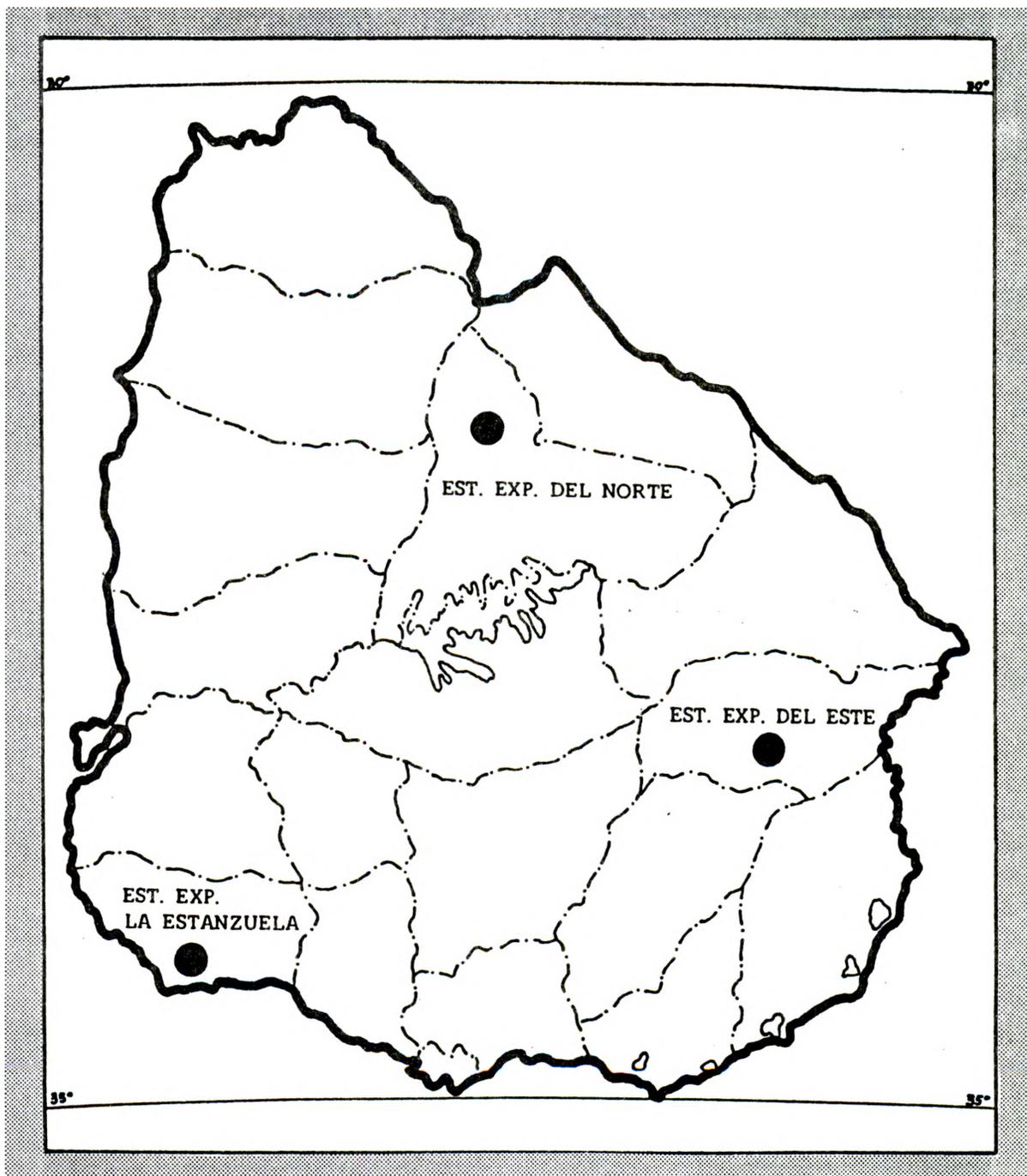


Figura 1. Estaciones Experimentales Agropecuarias del Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria - INIA.

dispone de invernáculos calefaccionados como para adelantar generaciones en invierno.

El INIA es el organismo oficial encargado de conducir la evaluación de cultivares. Anualmente, sendos comités ajustan un registro de cultivares autorizados a comercializar y un registro de cultivares aptos para certificación. Estos dos comités se integran con

representantes del sector público (MGAP y Facultad de Agronomía) y del sector privado (agregaciones de entidades semilleristas), junto con el INIA. En el caso específico de soja, la información experimental surge de las tres estaciones experimentales agropecuarias (Figura 1). A modo de ejemplo, en el Cuadro 3 se indican para el año 1988 los cultivares comercializables, señalándose con un asterisco los cultivares certificables.

Cuadro 3. Cultivares de soja autorizados a comercializar y aptos para certificación (*), para la siembra de 1988

A 5618	Duocrop	OFPEC 3020
Agripro	* Forrest	PEL 76012
* Bay	* GaSoy 17	* Pérola
BR 4	* Hood 75	* Planalto
* Bragg	Hutton	* Prata
* Braxton	IAS 4	* Ransom
Carcaraña INTA	* IAS 5	Rendidora 627
Cerrillos W 65	IPB 80	Rendidora 801
Chamarrita INTA	JC 5625	Rendidora Juan Fe
Coker 237	Lancer	



Enfoques en Mejoramiento de Soja

Desenvolvimento de cultivares de soja com alta qualidade fisiológica da semente e metodologia de avaliação

por Milton Kaster *, Estefano Paludzyszyn Filho *, Romeu A. S. Kiihl *,
Francisco C. Krzyzanowski * e Sérgio A. M. Carbonell **

INTRODUÇÃO

O deslocamento da soja do seu centro de origem para regiões subtropicais e tropicais colocou-a frente a condições ecológicas de dias mais curtos e de maior temperatura, com fortes reflexos na fisiologia da planta e da semente.

Um dos fatores de fundamental importância para a obtenção de boas produtividades é o estabelecimento de lavouras com adequadas populações de plantas. A obtenção consistente de bons estandes em lavouras de soja é particularmente difícil em regiões tropicais, onde a deterioração das sementes é comum devido às condições ambientais desfavoráveis nas fases de pré e pós-colheita; condições de alta temperatura do solo e de encrostamento de sua superfície na ocasião da semeadura e da emergência também contribuem para o estabelecimento deficiente de plantas, especialmente quando o vigor da semente é baixo.

A expansão do cultivo da soja no Brasil, nesta década de 80, tem-se verificado basicamente na Região Central, em latitudes inferiores a 20 graus, onde a maturação e a colheita da soja ocorrem em época quente e ainda úmida. A essas condições desfavoráveis à obtenção de sementes de alto vigor, é somado o efeito deletério de alta temperatura durante o período

de armazenamento. Um exemplo típico do problema nas regiões tropicais é o predomínio amplo da cultivar Doko na Região Central do Brasil, devido fundamentalmente à boa qualidade fisiológica da sua semente.

O avanço mais recente do cultivo da soja para os cerrados da Região Nordeste vem se deparando, ainda com maior gravidade, com a dificuldade de produção de semente.

Mesmo nos estados da Região Sul, de clima subtropical e onde o cultivo em escala da soja data já de aproximadamente duas décadas, existem regiões inaptas à produção de sementes da maioria das cultivares recomendadas para a produção de grãos. Dados de Associação dos Produtores de Sementes do Paraná mostram que, no período de 1982/85, o aproveitamento de lotes de sementes de soja produzidos nesse estado variou de 67,3 e 39,7 por cento.

Estudos realizados pelo Centro Nacional de Pesquisa de Soja - EMBRAPA, demonstram que, em cerca de um terço da área do Estado do Paraná, as condições climáticas não são favoráveis à produção de sementes de soja (temperatura média do mês de fevereiro superior a 24°C e altitude inferior a 750 metros).

Ademais, o tempo maior de uso do solo nessas regiões e, principalmente, a forma inadequada do seu manejo têm comprometido seriamente a sua estrutura, favorecendo a formação de crosta superficial e reduzindo a manutenção da umidade no perfil, resultando em estabelecimento deficiente de estande, dadas as condições adversas para a germinação e a emergência.

* Engenheiro Agrônomo, Pesquisador da EMBRAPA - Centro Nacional de Pesquisa de Soja.

** Engenheiro Agrônomo, Estagiário - Bolsista do PIEP-CNPq.

REVISÃO DE LITERATURA

As causas da deterioração da semente podem ser patológicas fisiológicas ou mecânicas. Estas causas frequentemente ocorrem em combinação e agem sinergisticamente na redução do vigor da semente (Kueneman 1982).

Halloin (1983) menciona que a análise da preservação da viabilidade e da qualidade da semente de uma gama de espécies vegetais revela que sementes grandes, cultivadas e comestíveis, tais como sementes de cereais e leguminosas, são geralmente vulneráveis à deterioração, ao passo que sementes de plantas invasoras, de parentes silvestres das espécies cultivadas ou de espécies não consumidas como grãos tendem a apresentar maior resistência à deterioração. Cita, o autor, que os mecanismos de resistência à deterioração são diversos, segundo as espécies, e podem estar associados ao tegumento da semente e a sistemas localizados no interior das mesmas, inibindo a ação de agentes patogênicos, salientando, entretanto, que, em geral, o tegumento se constitui no mecanismo mais importante e que é o mais fácil de ser trabalhado em programas de melhoramento. As observações do autor sugerem que a melhoria da qualidade da semente tem implicação com a reincorporação de determinadas características ou genes perdidos no processo de domesticação das espécies.

Kueneman (1982) afirma que, para a avaliação de diferenças varietais de resistência à deterioração da semente, deve-se ter meios de mensuração de vigor da semente após sofrer os estresses de campo e ou de armazenamento. A importância de determinação do vigor tem demandado uma quantidade considerável de pesquisa e uma série de métodos tem sido proposta. Para os melhoristas, que necessitam avaliar centenas ou milhares de linhagens, o método deve ser rápido, repetível e pouco oneroso.

Considerando a morosidade do envelhecimento natural da semente de soja durante o armazenamento (6 a 12 meses), diversas formas de simulação ou de aceleração desse processo têm sido pesquisadas. Entre esses métodos causadores de estresse, Kueneman (1982) cita: 1) envelhecimento rápido -

proposto por Byrd & Deluche (42°C/100% U.R./48 horas); 2) estresse de frio (10°C/7 dias, seguido de 25°C/4 a 7 dias) - indesejável em seleção genotípica para condições tropicais pela possibilidade de confundimento com tolerância ao frio; 3) água quente em pré-germinação (75°C/70 segundos) - apresenta correlação razoável com o envelhecimento natural; 4) estresse osmótico - a germinação das sementes em polietileno glicol, proposta por Heydecker e por Hadas, não fornece resultado eficiente de capacidade de armazenamento ou longevidade da semente; 5) estresse de temperatura durante a germinação - proposto por Cole, porém somente aplicável a sementes já envelhecidas; 6) estresse pelo metanol - proposto por Musgrave et al (solução a 15 - 20%/2 horas), apresenta boa correlação com o envelhecimento rápido, porém com riscos operacionais. Wien & Kueneman (1981) observaram que a saturação de umidade no envelhecimento rápido (Byrd & Deluche) favorecia o desenvolvimento de fungos nas sementes. Reduzindo a umidade para 75 por cento e aumentando o período de exposição das sementes para seis semanas, eles foram capazes de estimar com segurança a capacidade germinativa de sementes estocadas em condições naturais, na Nigéria, durante oito meses. Nesse trabalho, algumas linhagens de sementes pequenas, originárias do sudeste de Ásia (TGm 737, TGm 685 e TGm 693) mantiveram mais de 50 por cento de germinação após oito meses de armazenamento nas condições naturais adversas (27 ± 2°C e 80% U.R.) da Nigéria. Observaram, ainda, os autores que os genótipos que melhor suportaram o atraso da colheita por duas semanas não foram exatamente os mesmos que apresentaram maior germinação após a estocagem indicando que os mecanismos de resistência à deterioração não são absolutamente os mesmos nas fases de pré e pós-colheita.

Gillioli et al. (1981) utilizaram para a seleção de progênies desenvolvidas para melhor qualidade de semente, o método do envelhecimento rápido a 40°C/80% U.R./14 dias, seguido do teste de emergência em campo. Verificaram que as cultivares Davis e Paraná, respectivamente, de qualidade baixa e mediana, perderam totalmente a viabilidade; 'Viçosa', de qualidade boa, apresentava 9 por cento de emergência; e PI

219653 e PI 346304, de qualidade ótima, apresentaram 25,4 e 41,2 por cento, respectivamente. Este resultado indica que o estresse aplicado foi excessivo, fazendo com que apenas 17,9 por cento das progênes apresentassem emergência igual ou maior que Viçosa.

Visando avaliar a importância da parede da vagem na proteção da semente até o momento de colheita, Gilioli et al. (1982) compararam os métodos de aspersão contínua e intermitente, em casa-de vegetação, de plantas colhidas no campo, com o método de envelhecimento rápido de semente a 39,5°C/100% U.R. em recipiente hermético, em períodos de dois a oito dias de exposição, seguidos de teste de emergência em campo. A alta correlação verificada entre os métodos indica que os principais mecanismos de resistência à deterioração relacionam-se à semente, apesar de que o índice de fissura da vagem exerceu influência negativa sob aspersão contínua. A aspersão intermitente não se mostrou confiável, já que selecionou 'Bragg' e 'Flórida' entre as melhores, quando, ao nível de lavoura, são sabidamente deficientes em qualidade de semente.

Além do retardamento da colheita, outros métodos têm sido utilizados para a seleção de genótipos resistentes aos estresses de campo. Kueneman (1982) cita que o uso de fileiras de genótipo suscetível a diversas doenas fúngicas e a aspersão diária das plantas a partir da formação de vagem, proposto por Noudofinin, possibilitou a seleção de linhagens que também possuem sementes de qualidade superior em armazenamento.

Dassou & Kueneman (1984) estudando metodologia de seleção para resistência da semente de soja à deterioração em campo, concluíram que o processo de coleta de vagens na maturação fisiológica e a sua exposição a 30°C/90 - 95% U.R./10 dias proporcionou resultados mais consistentes do que o de envelhecimento no campo (colheita a três semanas após a maturação fisiológica), já que o primeiro método, minimizou o efeito de variação ambiental. A porcentagem de sementes duras (tegumento impermeável à água após uma hora de imersão) mostrou-se altamente correlacionada com a emergência de plântulas quando as vagens foram submetidas ao estresse

acima descrito. Verificaram também os autores que sementes pequenas e de tegumento preto tenderam a apresentar menor grau de deterioração após a exposição e tais condições de estresse.

Costa et al. (1987), utilizando o método de envelhecimento rápido da semente em gerbox com tela a 40°C e 100% U.R., concluíram que o período de 72 horas de exposição das sementes a essa condição de estresse foi suficiente para discriminar lotes quanto à capacidade de suportar o armazenamento por oito meses no Estado do Paraná. Concluíram também, no mesmo trabalho, que a avaliação do vigor na época de plantio pode ser feita com 48 horas de envelhecimento.

Se, por um lado, o método usado nesse trabalho mostrou-se adequado à análise de lotes de sementes das cultivares atualmente utilizadas no Paraná (e certamente no Brasil), por outro lado os dados revelam que mesmo a exposição durante 96 horas não seria suficiente para a seleção de genótipos com alta qualidade fisiológica, já que lotes da cultivar Bragg, reconhecidamente de qualidade mediana de semente, com 95 por cento de germinação inicial, apresentou ainda 84 por cento após 96 horas de exposição.

Paludzyszyn Filho et al. (1987) utilizaram o método de envelhecimento rápido em gerbox com tela a 41°C e 100% U.R. durante 96 horas para caracterizar a qualidade fisiológica da semente de linhagens em estágio final de avaliação no Estado do Paraná. Embora os resultados mostrem a existência de correlação alta entre as percentagens de emergência das sementes envelhecidas e das não envelhecidas, o método foi capaz de caracterizar a baixa qualidade das cultivares Lancer, Davis e Bossier, usadas como padrões. O fato, porém, de 'Paraná' e 'FT-2' não terem sido afetadas por essa condição de estresse, embora essas cultivares estejam entre as melhores para qualidade de semente, indica que a temperatura e ou o período de exposição utilizados pelos autores são adequados para condições climáticas similares às do Estado do Paraná, porém ainda insuficientes para condições caracteristicamente tropicais.

Kueneman (1982) menciona que aspectos não patológicos da deterioração em campo incluem

alterações nas características fisiológicas da semente, tal como a perda da integridade da membrana celular, a qual está normalmente associada com a perda de vigor durante o armazenamento. Além disso, o encharcamento e a secagem alternados da semente no final do estágio de maturação provocam a ruptura do tegumento e do tecido embrionário. Segundo Potts et al., cultivares com alta percentagem de tegumento impermeável são menos sujeitas aos danos das condições de campo. Resultados de trabalho realizado no Instituto Internacional de Agricultura Tropical - IITA, Nigéria, demonstraram existir alta variação na velocidade de embebição da semente e que a percentagem de sementes embebidas, após uma hora de imersão em água, foi altamente correlacionada com o percentual de emergência. Isto indica a possibilidade de identificação de genótipos com embebição suficientemente lenta para proteger as sementes dos estresses de campo e sem problemas de emergência associados com dormência da semente (tegumento impermeável ou semente dura).

Kilen & Hatwig, citados por Kueneman (1982), estudaram a herdabilidade do caráter tegumento impermeável, concluindo ser controlado pelo tecido maternal e que pelo menos três pares de genes maiores estariam envolvidos.

Os estudos de herança da resistência à perda de vigorem campo, independentemente de mecanismos, têm demonstrado que as herdabilidades de amplo e estrito senso desse caráter são baixas. Embora isto possa ser desencorajador, trabalhos realizados por Green & Pinell (citados por Kueneman 1982) mostraram que os índices de emergência de algumas famílias F_3 situaram-se dentro da faixa do melhor pai e que existe alta correlação entre a qualidade visual da semente nessa geração e a emergência em campo. Isto sugere que muitas famílias F_3 podem ser eliminadas pela observação visual e o teste de emergência seja feito somente com aquelas que apresentem boa qualidade.

METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA SEMENTE

A análise dos resultados obtidos com o método clássico de envelhecimento rápido de semente de soja

(42°C/100% U.R./48 horas - Byrd & Deluche, 1971) mostra que tal método pode ser utilizado com sucesso na identificação de lotes de sementes de níveis diversos de deterioração fisiológica e, portanto, com graus variados de tolerância às condições de armazenagem. Entretanto, o grau de estresse a que é submetida a semente, nesse processo, mostra-se insuficiente para a avaliação segura da semente durante a maturação e o armazenamento.

O aumento do período de exposição da semente ao envelhecimento (40°C/100% U.R./72 horas - Wien & Kueneman, 1981) favoreceu o desenvolvimento de fungos, comprometendo os resultados de germinação. Uma solução satisfatória foi a redução da umidade e o aumento do período (40°C/75% U.R./6 semanas - Wien & Kueneman, 1981).

Considerando que programas de melhoramento genético desenvolvem normalmente quantidades grandes de linhagens e que, em geral, as instituições de pesquisa possuem condições laboratoriais limitadas, há conveniência de que o método de envelhecimento das sementes seja de máxima rapidez, porém sem perda da confiabilidade.

Com o objetivo de adaptar o método de Byrd & Deluche às necessidades do melhoramento, submetem-se sementes de soja a variadas condições de estresse através de quatro níveis de temperatura (40, 42, 44 e 46°C) e de quatro períodos de exposição (48, 72, 96 e 120 horas). Como reagentes a esses tratamentos, utilizaram-se dez cultivares e duas linhagens, das quais se dispunha de informações quanto ao potencial genético para qualidade fisiológica da semente, pertencentes a quatro distintos grupos de maturação.

Planejou-se utilizar sementes colhidas na maturação fisiológica (R_1), porém em condições eficientes de secagem desse material propiciaram o desenvolvimento excessivo de fungos, principalmente *Cercospora kikuchii* e *Phomopsis* sp., que comprometeriam a capacidade germinativa das sementes. Por esta razão, utilizaram-se sementes colhidas no estágio de maturação morfológica (R_2), as quais se encontravam em melhores

Quadro 1. Caracterização fisiológica e sanitária das sementes de dez cultivares e duas linhagens de soja, colhidas em dois estádios de maturação. EMBRAPA-CNPSo. Londrina, PR. 1987.

		Parâmetros fisiológicos (%)					Parâmetros sanitários (%)				
Paraná	R ₇	96,0	2,0	1,5	0,5	0,0	17,0	1,0	0,0	0,0	
	R ₈	94,5	3,5	1,5	0,5	0,0	0,0	0,5	0,0	0,5	
Lancer	R ₇	79,0	1,5	12,5	7,0	9,5	21,5	17,0	1,0	3,0	
	R ₈	93,5	1,5	5,0	0,0	2,5	2,0	0,0	0,0	3,0	
BR-6	R ₇	88,0	0,5	8,5	3,0	0,0	18,5	11,0	1,0	0,0	
	R ₈	92,5	6,5	1,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,5	
Davis	R ₇	95,5	1,5	3,0	0,0	3,0	15,0	2,5	0,0	2,5	
	R ₈	94,5	3,0	2,0	0,5	4,5	1,5	0,5	0,5	0,0	
FT-2	R ₇	90,0	3,0	6,0	1,0	4,0	28,5	8,5	0,5	2,5	
	R ₈	96,0	3,0	0,5	0,5	3,5	5,0	0,5	0,0	3,0	
Bossier	R ₇	89,5	1,0	8,5	1,0	0,0	13,5	16,0	0,0	0,0	
	R ₈	92,5	4,5	2,0	1,0	0,0	3,5	1,0	0,0	1,0	
FT-5	R ₇	95,5	0,5	3,0	1,0	3,0	19,0	4,0	0,0	1,5	
	R ₈	93,5	3,5	3,0	0,0	2,5	8,0	0,0	0,0	1,5	
Santa Rosa	R ₇	97,0	2,0	1,0	0,0	0,0	8,5	1,5	0,0	0,0	
	R ₈	96,0	1,5	1,5	1,0	0,0	0,5	0,5	0,0	0,5	
Doko	R ₇	92,0	1,0	6,5	0,5	1,0	4,5	28,0	0,5	0,0	
	R ₈	80,5	5,0	12,0	2,5	0,0	5,0	24,5	3,0	0,0	
Savana	R ₇	92,5	5,5	2,0	0,0	0,0	1,5	5,0	0,0	0,0	
	R ₈	68,5	13,0	12,0	6,5	0,0	3,0	15,5	13,0	0,0	
BR 85-157	R ₈	92,0	4,5	2,0	1,5	1,5	0,0	0,0	0,0	2,0	
BR 85-206	R ₈	86,5	8,5	4,0	1,0	3,0	0,0	0,0	0,5	0,5	

condições sanitárias (Quadro 1), exceto as cultivares tardias Doko e BR-9 (Savana), cujas sementes colhidas em R₇ apresentavam melhor capacidade germinativa.

Esta pesquisa foi composta por quatro experimentos, segundo os níveis de temperatura adotados. O delineamento experimental foi de blocos casualizados, com os tratamentos dispostos em fatorial períodos x cultivares (4 x 12), em cada nível de temperatura e com quatro repetições de 50 sementes.

As sementes, previamente tratadas com o fungicida Thiram (140 g p.a./100 kg sementes), foram envelhecidas em gerbox com tela, em câmara de crescimento e finalmente submetidas ao teste padrão

de germinação. A câmara de crescimento preservou a margem de variação de + 1°C em relação a cada nível de temperatura estabelecido.

Os resultados de germinação revelaram que as sementes das duas linhagens apresentaram níveis baixos de vigor, provavelmente devido a retardamento de colheita. Por essa razão, os resultados das mesmas foram retirados da análise.

A porcentagem de germinação, expressa pela soma de plântulas normais e de eventuais sementes duras (Quadro 2), mostra que as sementes de todas as cultivares foram afetadas significativamente pela ação da temperatura e do período de exposição, e pela ação

Quadro 2. Porcentagem de germinação de sementes de dez cultivares de soja, submetidas ao envelhecimento rápido em quatro períodos de exposição, sob quatro níveis de temperatura e umidade relativa constante ($\approx 95\%$). EMBRAPA-CNPSO. Londrina, PR. 1987.

Nível de Temperatura	Período de exposição	Cultivar										Média das Cultivares
		Paraná	Lancer	BR-6	Davis	FT-2	Bossier	FT-5	Santa Rosa	Doko	Savana	
40°C	48 hs	94,7	96,0	95,3	94,0	97,3	98,7	97,3	98,0	98,0	99,3	96,9
	72 hs	94,0	92,0	94,7	94,7	94,7	92,7	100,0	95,3	98,0	98,0	95,4
	96 hs	91,3	84,7	85,3	88,0	91,3	90,0	98,7	87,3	92,0	95,3	90,4
	120 hs	72,7	57,3	78,7	76,0	84,7	67,3	86,0	56,7	84,0	63,3	72,7
42°C	48 hs	94,0	94,0	94,7	96,0	97,3	95,3	98,00	97,3	95,3	97,3	95,9
	72 hs	95,3	86,0	88,0	93,3	95,3	90,7	95,3	89,3	94,0	92,7	92,0
	96 hs	72,0	58,0	49,3	62,0	77,3	44,7	89,3	52,7	86,7	67,3	65,9
	120 hs	28,0	18,7	6,7	21,3	40,7	3,3	35,3	13,3	34,7	23,3	22,5
44°C	48 hs	88,0	81,0	84,0	88,0	89,5	83,5	93,5	93,0	94,0	94,0	88,8
	72 hs	50,0	46,5	31,0	51,5	67,0	47,5	36,5	34,0	50,0	31,0	44,5
	96 hs	0,0	7,0	0,0	9,5	10,5	5,0	12,5	0,0	1,0	0,0	4,2
	120 hs	2,0	1,0	0,0	1,0	2,5	0,0	1,5	0,0	0,0	0,0	0,7
46°C	48 hs	66,0	68,0	67,5	67,0	80,0	54,5	80,0	65,0	87,0	67,0	70,2
	72 hs	17,5	2,0	8,0	21,0	15,0	2,5	3,5	0,5	10,5	19,0	9,7
	96 hs	0,0	0,0	0,0	2,5	1,5	0,0	2,0	0,0	2,0	0,0	0,8
	120 hs	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

conjugada desses dois fatores. A expressão dessa interação acentua-se na medida em que aumentam a temperatura e o tempo de exposição das sementes ao ambiente saturado da umidade.

Os resultados demonstram que as condições de estresse que melhor permitiram separar os genótipos testados foram as de 40°C/120 hs, 42°C/96 hs e 46°C/48 hs, nas quais as cultivares, FT-2, FT-5 e Doko, já determinadas como de boa qualidade fisiológica de semente, mantiveram a germinação igual ou superior a 80 por cento, exceto em um caso, enquanto 'Lancer', 'Bossier' e 'Santa Rosa', de baixa qualidade, caíram, na maioria dos casos, para níveis inferiores a 60 por cento.

Analisando-se, entretanto, as demais cultivares utilizadas no experimento, percebe-se que a condição de 42°C/96 hs promove uma situação de maior correlação com a observação dos produtores de sementes, de que a cultivar Paraná possui qualidade de semente intermediária em relação às melhores (FT-2, FT-5 e Doko) e às piores (restantes).

Considerando que interessa, em um programa de melhoramento da qualidade da semente, selecionar apenas genótipos ao nível mínimo das três citadas, quaisquer dos níveis mencionados de estresse serviriam para tal. Entretanto, a condição de 40°C/120 hs apresenta o inconveniente do nível maior de risco de perda do trabalho devido a cortes eventuais de energia ou outro tipo de acidente com o equipamento, enquanto a alta

temperatura da condição 46°C/48 hs tende a proporcionar maior freqüência de sementes infeccionadas e mortas por bactérias, bem como significa utilizar a câmara de crescimento em seu limite de operação, o que representa, obviamente, risco maior de desarranjo dos dispositivos de controle do equipamento.

DESENVOLVIMENTO DE CULTIVARES

Em 1986/87 foram avaliadas 1.193 linhagens selecionadas por Estefano Paludzyszyn Filho, a partir de 55 "bulks" desenvolvidos por Romeu A. S. Kiihl, ambos do CNPSo-EMBRAPA.

Junto às 1.193 linhagens foi intercalado, a cada 100 linhagens, um grupo de dez cultivares padrões representativas dos cinco grupos de maturação e das classes boa, mediana e ruim quanto a qualidade fisiológica da semente. De todos os genótipos, foram extraídas dez plantas no estádio R7 (maturação fisiológica) para avaliação da qualidade da semente. Foi ainda semeada, nas bordas do campo experimental, uma mistura de linhagens altamente suscetíveis a pústula bacteriana e mancha "olho-de-rã" para dispersão de inóculo às linhagens.

Selecionaram-se, nesse ano, 358 linhagens e 26 populações (para nova seleção) com base em aparente resistência à pústula bacteriana, mancha "olho-de-rã" (ambas em campo) e mosaico comum da soja (em laboratório). O Índice de Seleção foi de 32 por cento. Das linhagens selecionadas, 179 são de ciclos precoce e semiprecoce (grupos L e M), 138 de ciclo médio (grupo N), 41 de ciclos semitardio e tardio (O e P).

Para a avaliação da qualidade fisiológica da semente, foi utilizado o método do envelhecimento rápido em câmara de crescimento, seguido do teste padrão de germinação. Devido à dificuldade de secagem das plantas R7, em função das condições disponíveis, as sementes de grande parte desse material apresentaram alto grau de infecção de *Cercospora kikuchii* e *Phomopsis* sp. Optou-se, pois, pela utilização da semente das plantas colhidas em R8 (maturação morfológica). Duzentas sementes de cada genótipo,

previamente tratadas com o fungicida Thiram (140 g p.a./100 kg semente), foram envelhecidas em gerbox com tela durante 96 horas, a $40 \pm 1^\circ\text{C}$ e 95 por cento de umidade relativa.

Como padrões indicadores da fidelidade do teste e comparativos do vigor das linhagens, utilizaram-se dez cultivares já conhecidas quanto a esse caráter. Devido à limitação quantitativa no teste de germinação, as 358 linhagens foram divididas em lotes de até 54 linhagens, mais seis cultivares.

A disposição das linhagens e cultivares, segundo os resultados do teste de germinação, em classes ou intervalos de valores (Quadro 3) mostra que, embora cultivares de baixa qualidade de semente (Lancer, BR-6, Bossier e Santa Rosa) hajam apresentado alguma flutuação no posto de classificação, cultivares de alta qualidade (FT-2 e FT-5; também Doko) sempre se posicionaram melhor que as demais, servindo, portanto, de padrões comparativos neste teste.

O Quadro 4 mostra que 10,9 por cento das linhagens testadas apresentaram maior vigor que FT-2 e/ou FT-5, enquanto 24,0 por cento foram iguais a esses padrões. O valor global de 34,9 por cento das linhagens serem iguais ou melhores a essas cultivares, demonstra o alto grau de acerto na escolha dos "bulks" a serem trabalhados e a eficiência do estresse aplicado às sementes antes da semeadura durante o processo de seleção, considerando-se que o caráter qualidade fisiológica da semente não é de alta herdabilidade.

Por outro lado, os dados do Quadro 4 mostram que, no germoplasma trabalhado, a qualidade da semente correlacionou-se negativamente com a precocidade das linhagens. Esta observação é reforçada pelas cultivares de melhor qualidade: FT-2 é de ciclo médio, FT-5 é semitardia e Doko tardia.

CONCLUSÕES

A seleção de genótipos de soja com alta qualidade fisiológica de semente pode ser feita, com segurança, através do envelhecimento rápido em gerbox com tela a $42^\circ\text{C}/95\% \text{UR}/96$ horas.

Quadro 3. Cultivares e número de linhagens classificadas segundo intervalos de valores de germinação e dispostas em lotes conforme grupos de maturação, após envelhecimento rápido da semente (40°C/95% UR/96 hs). EMBRAPA-CNPSo. Londrina, PR. 1987.

Lote	Grupo(s) Mat. ⁽¹⁾	Intervalos de valores de germinação (%)							
		>90	<90 >85	<85 >80	<80 >75	<75 >70	<70 >65	<65 >60	< 60
1	P-SP	04	12 FT-2	10 Davis	08	07 Paraná Bossier	03 Lancer	02 BR-6	08
2	P-SP	09	08 Paraná FT-2	09 Lancer Davis	05	05 BR-6	05	05 Bossier	08
3	P-SP	10 FT-2	05 Paraná Bossier Davis	11 Lancer	11 BR-6	03	01	03	10
4	P-SP-M	16	13 FT-2 FT-5	11 Davis	04 BR-6	03	03	01 Bossier	03
5	M	20 FT-2 FT-5	09 BR-6	07 Davis	05 S. rosa	05	04 Bossier	01	03
6	M	10 FT-5	13	09 Davis FT-2	06	03	00 Bossier	01 S. Rosa	05 BR-6
7	ST-T	10	13 FT-2 FT-5 Doko	05 Savana	07 S. Rosa	03 Bossier	01	01	01

⁽¹⁾ Grupos de maturação: P - Precoce; SP - semiprecoce; M - médio; ST - semitardio; e T - tardio.

Quadro 4. Número e porcentual de linhagens, segundo grupos de maturação, com vigor de semente superior/igual ao de duas cultivares-padrões, após envelhecimento rápido (40°C/95% UR/96 hs). EMBRAPA-CNPSo. Londrina, PR. 1987.

Classe ⁽¹⁾	Grupo de maturação ⁽²⁾						Total (358)	
	P-SP (179) ⁽³⁾		M (138)		ST-T (41)		Nº	%
	Nº	%	Nº	%	Nº	%		
I	19	10,6	10	7,2	10	24,4	39	10,9
II	33	18,4	40	29,0	13	31,7	86	24,0
Total	52	29,0	50	36,2	23	56,1	125	34,9

⁽¹⁾ Classe I: vigor maior que FT-2 e/ou FT-5; Classe II: vigor igual a FT-2 e/ou FT-5.

⁽²⁾ Grupos de maturação: P - precoce; SP - semiprecoce; M - médio; ST - semitardio; e T - tardio.

⁽³⁾ Os valores entre parênteses representam o número de linhagens testadas.

As cultivares FT-2, FT-5 e Doko têm qualidade fisiológica de semente boa suficiente para servir como referência no processo de seleção, nas condições tropicais brasileiras, objetivando o melhoramento genético deste caráter.

O alto índice de seleção (10,9%) de linhagens superiores às cultivares referenciais indica a segurança de sucesso deste tipo de programa, considerando que no presente trabalho não foram utilizadas as melhores fontes genéticas hoje conhecidas.

LITERATURA CITADA

- COSTA, N.P.; PEREIRA, L.A.G.; FRANÇA NETO, J.B. & HENNING, A.A. 1984. Avaliação de qualidade de sementes fiscalizadas e zoneamento ecológico do Estado do Paraná para a produção de sementes de cultivares precoces. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Soja. Resultados de Pesquisa de Soja 1983/84. Londrina, p. 65-69.
- ; FRANÇA NETO, J.B. & OLIVEIRA, M.C.N. 1987. Padronização de testes de vigor para sementes de soja. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Soja. Resultados de Pesquisa de Soja 1985/86. Londrina, p. 441-443.
- DASSOU, S. & KUENEMAN, E.A. 1984. Screening methodology for resistance to field wethering of soybean seed. *Crop Science*, 24: 774-779.
- GILIOLI, J.L.; KIIHL, R.A.S.; HENNING, A.A.; TOLEDO, J.F.F.; COSTA, N.P. & MAURO, A.O. 1981. Desenvolvimento de cultivares com alta qualidade de sementes. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Soja. Resultados de Pesquisa de Soja 1980/81. Londrina., p. 28-30.
- ; KIIHL, R.A.S.; BARRETO, J.N.; MAURO, A.O. & COSTA, N.P. 1982. Desenvolvimento de metodologia e identificação de genótipos com alta qualidade fisiológica de sementes. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Soja. Resultados de Pesquisa de Soja 1981/82. Londrina, 137-146.
- HALLOIN, J.M. 1983. Deterioration resistance mechanisms in seeds. *Phytopathology*, 73 (2): 335-339.
- KUENEMAN, E.A. 1982. Genetic differences in soybean seed quality: Screening methods for cultivar improvement. In: SINCLAIR, J.B. & JACKOBS, J.A. ed. Soybean seed quality and stand establishment. INTSOY (INTSOY, 22).
- PALUDZYSZYN FILHO, E.; KIIHL, R.A.S. & SILVA FILHO, P.M. 1987. Seleção de genótipos de alta qualidade fisiológica de sementes. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Soja. Resultados de Pesquisa de Soja 1985/86. Londrina p. 297-312.
- WIEN, H.C. & KUENEMAN, E.A. 1981. Soybean seed deterioration in the tropics. II. Varietal differences and techniques for screening. *Field Crop Research* 4: 123-132.

Melhoramento para qualidade de semente

por Manoel Albino Coelho de Miranda * ** e
Eduardo Antonio Bulisani *

É objetivo do programa de melhoramento a criação de cultivares que possam produzir semente de boa qualidade fisiológica em nosso estado, com as vantagens de diminuição do custo da semente e menor possibilidade de introdução de novos patógenos e ervas daninhas.

Atualmente sabe-se que as sementes oriundas do Rio Grande do Sul apresentam melhor qualidade do que as produzidas em São Paulo, principalmente para os cultivares de ciclo precoce. Isto se deve às condições climáticas mais favoráveis durante a fase final de maturação e colheita.

Nas regiões sub-tropicais e tropicais, ocorre nas sementes de soja o que foi denominado necrose dos cotilédones, perceptível em plântulas em germinação. Frenhani & Kiihl (s.d.), procurando determinar as causas do baixo índice de germinação em sementes do cultivar Hardee, verificaram que, além de manchas causadas por fungos, as sementes possuíam lesões deprimidas, caracterizadas por necrose dos tecidos, dos quais não foi possível isolar fungos ou bactérias patogênicas. Os mesmos autores citam que, em trabalho semelhante Tachibana et al. (1968) haviam concluído que a necrose nas sementes era devida a uma deterioração dos tecidos dos cotilédones, provocada por condições ambientais, provavelmente durante o período compreendido entre a maturação e a colheita. NORONHA et al. (1972) contribuíram para a elucidação do fenômeno, concluindo que a temperatura elevada era o fator decisivo para o aparecimento de necrose

dos cotilédones no cultivar Hardee. Falivene et al. (1980) demonstraram que a má qualidade fisiológica da semente está ligada ao problema de necrose dos cotilédones e que esta é uma característica do cultivar.

Supondo que as necroses dos cotilédones sejam decorrentes da inativação de proteínas pela ação do calor com formações S-S irreversíveis, os cultivares mais tolerantes à necrose dos cotilédones deveriam apresentar resistência ambiental.

Define-se resistência ambiental como aquela que confere a um organismo a capacidade de sobrevivência em ambiente desfavorável, conceito ampliado de resistência protoplasmática, que engloba simultaneamente resistência à geada, à seca e ao calor (Levitt, 1958). Posteriormente, Levitt (1962) sugeriu a hipótese do controle da ligação sulfidrilo-dissulfido SH-SS como responsável pelo efeito dessa resistência, citado por Miranda et al. (1984).

Verifica-se que o cultivar Biloxi apresentou o menor índice de necrose dos cotilédones em relação a outros, quando submetido a estresse térmico (Miranda et al., 1979).

Nas fases finais do melhoramento (ensaios preliminares e regionais) são eliminadas as linhagens com percentagem elevada de necrose dos cotilédones.

Outro modo de se aumentar a resistência às intempéries é a obtenção de cultivares com sementes de tegumento menos permeável. Para isto, pode-se considerar duas linhas de raciocínio. A primeira, com sementes amarelas com certa percentagem de sementes duras, característica proveniente de soja selvagem; a segunda, com cultivares de sementes coloridas, pois os pigmentos são também responsáveis pela menor permeabilidade às trocas gasosas. Hoje a

* Pesquisador Científico - Instituto Agronômico de Campinas.

** Bolsista do CNPq.

coloração da semente é um fator negativo na comercialização da soja. Este conceito deve ser reformulado, pois em condições tropicais (altas temperaturas e alta umidade relativa por longos períodos), a produção de sementes pigmentadas é mais viável.

Outra alternativa é diminuir a oxidação dos ácidos graxos insaturados pela redução do teor do ácido linolênico e da atividade enzimática, com obtenção de materiais com ausência das enzimas responsáveis pela degradação das sementes.

LITERATURA CITADA

- FALIVENE, S.M.P.; MIRANDA, M.A.C. de & ALMEIDA, L.D'A. de. 1980. Temperatura e ocorrência de necrose dos cotilédones em soja. *Revista Brasileira de Sementes*, Brasília, 2(1): 43-51.
- FRENHANI, A.A. & KIIHL, R.A.S. Ocorrência de necrose dos cotilédones em soja no Estado de São Paulo. Campinas, Instituto Agronômico, s.d. 2fls. (mimeo.)
- HAMMOND, E.G. and FEHR, W.R. 1983. Registration of A-5 germplasm line of soybean. *Crop Sci.* 23:129.
- KITAMURA, K. 1983. Biochemical characterization of lipoxigenase lacking mutants, L₁ less, L₂ less and L₃ less soybeans. *Agric. Biol. Chem.*
- LEVITT, J. 1958. Frost, drought and heat resistance. Wien, Springer-Verlag, 87 p. (*Protoplasmatologie*, Band 8-6).
- . 1962. A sulphhydryl-disulfide hypothesis of frost injury and resistance in plants. *Journal of Theoretical Biology*, 3: 355-391.
- MIRANDA, M.A.C. de; BULISNAI, E.A.; ALMEIDA, L.D'A. & FALIVENE, S.M.P. 1979. Efeito do período de exposição a 48°C na germinação e ocorrência de necrose dos cotilédones em sementes de diferentes cultivares de soja. *Revista Brasileira de Sementes*, Brasília, 1(2): 85-92.
- MIRANDA, L.T. de; MIRANDA, L.E.C. de & SAWAZAKI, E. 1984. Genética ecológica e melhoramento do milho. Campinas, Fundação Cargill, 30 p.
- NORONHA, A.; FRENHANI, A.A. & KIIHL, R.A.S. 1972. Influência da temperatura no aparecimento de necrose nos cotilédones da soja. *O Biotológico*, São Paulo, 38:384-387.
- TACHIBANA, H.; METZER, R.B. & GRABE, D.F. 1968. Cotiledon necrosis in soybean. *Plant Disease Reporter*, 56(6): 459-462.

Resistência múltipla a insetos

por Manoel Albino Coelho de Miranda* ***, Eduardo Antonio Bulisani*, Hipólito Assunção Antonio Mascarenhas* *** e André Luiz Lourenção** ***

O principal objetivo do programa de melhoramento em relação a pragas é aumentar a resistência da planta, com a finalidade de contribuir para maior eficiência do controle integrado, procurando interferir o mínimo possível na população de insetos predadores e na poluição do ambiente, e só utilizando inseticidas após a população da praga estar próxima do dano econômico.

Em soja, a resistência múltipla a insetos é de conhecimento recente, sendo constatada nos genótipos PI 227.687, PI 229.358 e PI 171.451.

Estudos posteriores mostraram que essa resistência não é restrita somente aos insetos desfolhadores (coleópteros e lagartas), mas também inclui insetos sugadores como a mosca branca, onde as PI 171.451 e PI 229.358 apresentam os menores números de ovos (Rossetto et al., 1977).

Porém, a resistência dessas três introduções aos percevejos ainda não atingia níveis satisfatórios, apesar da citação de Jones & Sullivan (1979) e do trabalho Host-Plant... (1981), como sendo esses materiais portadores de resistência quando comparados com os cultivares Bragg e Bossier, respectivamente.

Miranda et al. (1979b) identificaram uma fonte de resistência ao complexo de percevejos, principal grupo de pragas da soja nas condições paulistas de cultivo dessa leguminosa. A fonte, IAC 73-228, vem sendo utilizada intensivamente nos programas de melhoramento desenvolvidos no IAC. Na genealogia dessa linhagem, como na das demais fontes de resistência a insetos, encontra-se material proveniente do Japão, mais precisamente da ilha de Okinawa.

A incorporação desse novo genoma em material com resistência a insetos tornou-a mais ampla, pois, além de insetos desfolhadores, do complexo de percevejos e da mosca branca, verificou-se que também foi obtida resistência à broca das axilas (Lourenção & Miranda, 1983).

Se em relação à resistência não específica à moléstias as evidências de fatores genéticos (supergenes) são relativamente tênues, com relação às pragas elas são conclusivas, à semelhança do que ocorre em milho (Miranda et al., 1984).

A existência de supergenes para resistência múltipla à pragas dinamiza o programa de melhoramento, pois facilita a transferência rápida dos fatores de resistência e não implica na criação sistemática de todas as pragas simultaneamente, podendo-se trabalhar com as que ocorrerem naturalmente, em condições de campo, fato esse já discutido por Lambert & Kilen (1984) em relação à PI 229.358.

Assim, foi possível o desenvolvimento da linhagem IAC 78-2318, que incorpora em um mesmo material genético resistência a seis espécies de insetos pragas da soja: mosca branca, coleópteros desfolhadores, lagartas (Lourenção & Miranda, 1987), percevejos

* *Seção de Leguminosas, Instituto Agronômico (IAC), Caixa Postal 28, 13.001 Campinas, SP.*

** *Seção de Entomologia Fitotécnica, IAC.*

*** *Com bolsa de Suplementação do CNPq.*

(Lourenção et al., 1987), broca das axilas (Lourenção & Miranda, 1983) e cochonilha de raiz (Lourenção & Miranda)⁽¹⁾.

LITERATURA CITADA

- HOST-PLANT resistance of soybean to stink bugs. 1981. Annual Report for 1980. Ibadan, Nigeria, International Institute of Tropical Agriculture, p. 148-149.
- JONES, W.A. & SULLIVAN, M.J. 1979. Soybean resistance to the souther green stink bug, *Nezara viridula*. Journal of Economic Entomology, 72: 628-632.
- LAMBERT, L. & KILEN, T.C. 1984. Multiple insect resistance in several soybean genotypes. Crop Sci., 24: 887-890.
- LOURENÇÃO, A.L. & MIRANDA, M.A.C. de. 1983. Resistência de soja a insetos. I. Comportamento de linhagens e cultivares em relação a *Epinotia aporema* (Wals) (Lepidoptera: Tortricidae). Bragantia, Campinas, 42: 203-209.
- , MIRANDA, M.A.C. de & NAGAL, V. 1987. Resistência de soja a insetos. VII. Avaliação de danos de percevejos em cultivares e linhagens. Bragantia, Campinas, 46(1).
- MIRANDA, M.A.C.; ROSSETTO, C.J.; ROSSETTO, D.; BRAGA, N.R.; MASCARENHAS, H.A.A.; TEIXEIRA, J.P.F. & MASSARIOL, A. 1979. Resistência de soja a *Nezara viridula* e *Piezodorus guildinii* em condições de campo. Bragantia, Campinas, 38: 181-188.
- MIRANDA, L.T. de; MIRANDA, L.E.C. de & SAWAZAKI, E. 1984. Genética ecológica e melhoramento do milho. Campinas, Fundação Cargill, 30p.
- ROSSETTO, D.; COSTA, A.S.; MIRANDA, M.A.C. de; NAGAI, V. & ABRAMIDES, E. 1977. Diferenças na oviposição de *Bemisia tabaci* em variedades de soja. Anais da Sociedade Entomológica do Brasil, Itabuna, 6(2): 256-263.

⁽¹⁾ Lourenção, A.L. & Miranda, M.A.C. de. Dados não publicados. Campinas, Instituto Agrônomo, 1987.

Nematóides da soja: sua importância e controle

por Amélio Dall'Agnol*

INTRODUÇÃO

Os nematóides são, via de regra, minúsculos seres vivos encontrados em grandes quantidades em cada partícula de solo ou gota de água doce ou salgada. Podem parasitar plantas e animais ou podem viver como saprófitas no solo ou na água. Quando no solo, eles habitam na película de água que existe entre as partículas sólidas e se movimentam lentamente (apenas alguns centímetros por ano) através dessa água. São, geralmente, invisíveis a olho nu e quase transparentes.

Existem milhares de espécies de nematóides, mas apenas alguns tem importância econômica para a agricultura. Estes são denominados de fitoparasitas.

A julgar pela atenção que pesquisadores e produtores dispensam aos nematóides, eles não parecem estar merecendo o destaque que efetivamente deveriam ter como pragas da soja. Talvez porque eles atacam a raiz e danos causados dificilmente são percebidos na parte aérea, a não ser em situações de intenso ataque, associado à deficiência hídrica. Mesmo diante de tais circunstâncias, quando os sintomas do ataque desses parasitas são visíveis na parte aérea, os problemas podem ser confundidos com deficiências nutricionais ou outros problemas fitossanitários.

Os nematóides fitoparasitas são parasitos obrigatórios, uma vez que só conseguem completar seu ciclo biológico na presença de um hospedeiro vivo (Rohde, 1960). Esses nematóides precisam localizar

o hospedeiro, penetrá-lo, alimentar-se dele e serem capazes de desenvolver-se e reproduzir.

Quando um nematóide consegue passar rapidamente por todas essas fases no interior da planta, é porque encontrou um hospedeiro ideal para multiplicar-se, o que indica ser, essa planta, suscetível a esse nematóide. Fosse uma planta resistente e ela ofereceria algum tipo de resistência ao desenvolvimento normal do nematóide. Essa interferência, no ciclo biológico do parasita, se daria por certas características morfológicas e fisiológicas que parece possuir a planta resistente (Crittenden, 1954) e que pode interferir pouco ou muito, dependendo do grau de resistência que ela possui. Assim sendo, podemos ter a multiplicação de alguns ou de muitos nematóides que penetram o hospedeiro. Dificilmente será encontrada uma planta tão resistente, que ofereça uma barreira total à penetração e multiplicação dos nematóides (Sheetz y Crittenden)

IMPORTÂNCIA DOS NEMATÓIDES

Espécies

Mais de 100 espécies de nematóides fitoparasitas já foram identificados vivendo em associação com plantas de soja (Good, 1973; Rebois y Golden, 1978; Robins, 1982a). Muitas mais existirão se fizermos um levantamento mais extensivo em todas as áreas onde se cultiva soja no mundo. Essa associação, contudo, não é evidência suficiente para considerar todas essas espécies como sendo parasitas da soja. Mesmo dentre as espécies de nematóides identificadas como parasitas da cultura, apenas algumas tem real importância, pelos danos causados e pela amplitude de sua distribuição.

* Engenheiro Agrônomo, Ph.D., Coordenador Internacional Oleaginosas PROCISUR.

Incontestavelmente, o nematóide de cisto (*Heterodera glycines* Ichinohe) e os nematóides formadores de galhas (*Meloidogyne spp*) são os mais importantes para a soja. Dentre os nematóides das galhas, *M. incognita* e *M. javanica* são os mais encontrados, vindo a seguir *M. arenaria* e *M. hapla*. A distribuição dessas espécies, segundo J. N. Sasser, citado por Hadisoeganda (Hadisoeganda y Sasser, 1981), é de aproximadamente, 52 por cento de *M. incognita*, 31 por cento de *M. javanica*, 8 por cento de *M. arenaria*, 7 por cento de *M. hapla*, e 2 por cento de outras espécies.

No Brasil, o Centro Nacional de Pesquisa de Soja (CNPSo) procedeu a análise de 24 amostras de plantas de soja infectadas, coletadas em diversos pontos do País e encontrou *M. javanica*, como a espécie mais freqüente atacando a soja. Das 24 amostras de plantas analisadas, 21 estavam infectadas por *M. javanica*, 2 por *M. incognita* e 01 por uma população mista de *M. incognita* e *M. javanica* (Dall'Agnol, 1983).

Apesar de considerado o mais destrutivo para a soja, o nematóide de cisto ainda não foi detectado nas zonas produtoras de soja do Cone Sul, razão porque, nossa preocupação, por enquanto, deve concentrar-se nos nematóides das galhas, com ênfase para *M. incognita* e *M. javanica*. É contra eles que se devem direcionar nossos programas de melhoramento para resistência aos nematóides, a menos que as evidências encontradas até agora sejam modificadas por algum fato novo.

Ocasionalmente, variedades resistentes a um determinado nematóide numa área, podem apresentar-se como suscetíveis, ao mesmo nematóide, numa outra área. Este fenômeno se deve ao fato de que existem diferentes raças, dentro da mesma espécie de nematóide e cada raça reage independentemente da outra com relação aos hospedeiros. Quatro diferentes raças já foram identificadas em *H. glycines* (Golden, Epps, Riggs, Duchos, Fox y Bernard, 1970), enquanto que para *M. incognita* e *M. arenaria* foram identificadas cinco (Boquet, Williams y Birchfield, 1975) e duas (Sasser, 1979), respectivamente. Para *M. javanica*

parece não se ter, ainda, encontrado evidências da presença de raças fisiológicas. Indivíduos da mesma espécie de nematóide, mas pertencentes a raças diferentes, não podem ser identificados através de diferenças morfológicas, conforme feito para separar espécies. Essas raças são identificadas usando-se o teste dos hospedeiros diferenciais (Sasser, 1979).

Danos

A redução do rendimento da soja, pelo ataque dos nematóides, pode variar de perdas insignificantes até a perda total da produção. A dimensão do dano está relacionada com a espécie e tamanho da população do nematóide, com a suscetibilidade da planta hospedeira e com fatores ambientais, como temperatura; tipo de solo (em solos leves os danos são maiores); ciclo da planta atacada (quanto mais longo o ciclo da planta, maiores as possibilidades de dano, porque permite um número maior de gerações do parasita e uma geração a mais significa multiplicar por centenas de vezes a população anterior); disponibilidade de água e nutrientes (sua presença em grandes quantidades pode reduzir sensivelmente os efeitos causados pela ação do parasita) e presença de outros microorganismos fitopatogênicos (a lesão causada pelo ataque do nematóide pode não significar muito, *per se*, mas pode abrir a porta para a entrada de fungos e bactérias, principalmente, causando à planta, danos infinitamente maiores do que os causados pelos nematóides).

Os danos causados pelos nematóides das galhas, são resultado da redução da capacidade da raiz em absorver água e nutrientes, principalmente sob condições de stress hídrico. Isto porque a formação das galhas inibe o aparecimento de novas raízes e degenera as raízes já existentes.

Tentativas no sentido de estabelecer, a nível regional (Whitney, 1978) ou nacional (Feldmesser, 1970), percentagens de perdas do rendimento da soja pelo ataque dos nematóides, tem sido questionadas por causa da metodologia utilizada para chegar-se a esses números. Elas servem, de qualquer maneira, para

indicar a importância que esses parasitas tem na redução do rendimento das culturas.

Controle

É cada vez mais freqüente, nas áreas mais intensamente cultivadas, a existência de propriedades altamente infestadas por alguma espécie de nematóide, onde o plantio das culturas tradicionalmente utilizadas na área, tornaram-se inviáveis. Isto deveu-se ao mau manejo do solo, das culturas e das máquinas. Alguma forma de controle deverá ser praticada para eliminar ou reduzir a população dos nematóides ou a propriedade terá que ser abandonada para fins agrícolas.

Várias são as alternativas que se oferecem ao agricultor para controlar esses parasitas. Algumas alternativas são mais viáveis que outras.

O controle químico, através do uso de nematicidas, parece pouco recomendável para a soja, pelo alto custo do produto químico, comparado ao baixo valor econômico da produção. Ainda assim, teríamos que considerar que o nematicida apenas reduz a população dos nematóides a níveis que permitem à cultura desenvolver-se e produzir normalmente. O plantio de materiais suscetíveis, no entanto, vai rapidamente elevar essa população sobrevivente aos níveis originais, inviabilizando novamente aquela cultura, a menos que se reaplique o nematicida. Considere-se ainda, que se apesar do alto custo do nematicida e de ser sua ação limitada no tempo, o custo/benefício em termos econômicos fosse, mesmo assim, favorável ao uso do produto químico, haveria ainda que considerar-se o custo social do uso do pesticida sobre o meio ambiente. E, por último, haveria ainda, que comparar o custo/benefício da aplicação do nematicida, versus o uso de outros métodos de controle dos nematóides, como rotação de cultivos, pousio ou plantio de materiais resistentes.

A rotação de cultivos é uma prática altamente recomendável quando se tem a opção de uma outra cultura adaptada à região e não hospedeira do nematóide em questão. Problemas com nematóides em

soja surgem, geralmente, após o monocultivo por anos seguidos de materiais suscetíveis ao nematóide presente no solo. Consequentemente, quebrar esse ciclo de plantio, rotacionando a soja com outros cultivos resistentes ou menos suscetíveis ao problema, tem sido uma prática eficiente para o plantio, com sucesso, da soja em áreas infestadas pelos nematóides.

O sucesso de um programa de rotação pode ser afetado pela ampla ou estreita faixa de hospedeiros da espécie de nematóide-problema. A rotação em áreas infestadas pelo nematóide de cisto é mais eficiente, porque seus hospedeiros são mais específicos e restritos do que os nematóides das galhas. Outro fator que pode afetar o sucesso está relacionado com a quantidade de espécies ou raças presentes no solo infestado. Rotação, em solo infestado com uma população mista, pode provocar o desaparecimento ou diminuição de uma, com o conseqüente surgimento de outra espécie ou raça do parasita.

Pousio é outra prática cultural eficiente, desde que o agricultor disponha de outras áreas para cultivar, enquanto deixa a área problema em descanso. Não basta, todavia, deixar a área livre de culturas suscetíveis, pois a maioria das ervas daninhas que infestam a soja são tão bons ou melhores hospedeiros que a própria soja (Antônio y Dall'Agnol, 1982).

Revolvimento da camada superficial (até 20 cm) do solo, em dias secos e quentes, também é prática eficiente para reduzir a população dos nematóides abaixo dos níveis de dano econômico. Essa prática, no entanto, implica em ter disponibilidade de máquinas e equipamentos e o custo dessas operações podem pesar na relação custo/benefício.

Todas as práticas supra citadas não erradicam o parasita, mas tão somente diminuem sua população a níveis toleráveis pela soja. Essa população cresce, no entanto, para os mesmos níveis originais, após alguns plantios de material suscetível. Isto evidencia a necessidade de obter-se variedades resistentes, como método mais eficiente, econômico, prático e ambientalmente seguro, de minimizar os danos causados por esses parasitas.

RESISTÊNCIA GENÉTICA

Herança

Muitos pesquisadores tem tentado determinar a herança da resistência da soja aos nematóides, mas deixam dúvidas sobre o número real de genes que controlam essa resistência. Naqueles estudos onde se logrou estimar o número de genes envolvidos na resistência de uma determinada espécie ou raça de nematóide, essa resistência foi dada como sendo controlada por um a três genes maiores, com variado número de genes menores e para complicar mais, a concorrência de genes modificadores (Caviness y Riggs, 1970).

Apesar de não termos, ainda, um expressivo conhecimento sobre a herança da resistência, um considerável volume de pesquisa tem sido feita no sentido de identificar e desenvolver cultivares de soja resistentes aos nematóides (Antônio y Dall'Agnol, 1982; Boquet, Williams y Birchfield, 1975; Caviness y Riggs, 1970; Dall'Agnol, 1983; Dall'Agnol y Antônio, 1982; Dall'Agnol y Antônio, 1983; Dall'Agnol, Antônio y Barreto, 1984; Stevenson y Jones, 1953).

Vários investigadores (Foster, 1956; Huijamaan, 1956; Riggs y Winstead, 1958) tem mostrado que, os fatores que governam a resistência das plantas aos nematóides estão localizados no interior das células das raízes dessas plantas. Enxertia de cultivares resistentes em cultivares suscetíveis e vice-versa, tem mostrado que a nova planta reage de acordo com o genótipo que fornece o sistema radicular.

Mecanismos de Resistência

Aparentemente, há alguma evidência de que certas características morfológicas e fisiológicas da planta da soja estão associadas com a resistência (Crittenden, 1954). A identificação dessas características poderia auxiliar um programa de melhoramento na busca de genótipos resistentes. Esses genótipos deveriam ter todas ou algumas das seguintes características:

a) raízes longas e pontudas que penetram profundamente no solo e que possuam o mínimo de raízes laterais;

- b) raízes que se lignificam num estágio mais cedo do desenvolvimento da planta;
- c) plantas que se desenvolvem bem e produzem razoavelmente em solos pobres de potássio; e
- d) baixos teores de óleo nas sementes.

Peacock (1959) propôs os seguintes mecanismos para explicar a natureza da resistência:

- a) a planta pode não ter ou inibir o fator que provoca a eclosão dos ovos dos nematóides do interior de suas estruturas protetoras;
- b) a planta pode não possuir um exudato que atraia o nematóide à raiz ou pode secretar exudatos que repelem o nematóide;
- c) a planta pode inibir a penetração do nematóide;
- d) a planta pode matar o nematóide após este penetrar na raiz ou pode inibir seu desenvolvimento;
- e) a planta pode inibir a eficiência das enzimas ou outros componentes das excreções dos nematóides, que são responsáveis pela formação das células gigantes, que são, por sua vez, a fonte de alimento dos parasitas; e
- f) a planta pode alterar a relação machos/fêmeas da população dos nematóides.

Dependendo do nível e tipo de resistência, a planta pode barrar a entrada de qualquer larva de nematóide; pode permitir a entrada de algumas larvas apenas, mas inibir parcial ou totalmente seu desenvolvimento; pode permitir a entrada de muitas larvas, mas inibir o desenvolvimento da maior parte delas; ou pode permitir a entrada de muitas larvas e proporcionar o desenvolvimento da maior parte delas (Peacock, 1959). De acordo a essa reação, teríamos plantas altamente resistentes, resistentes, moderadamente suscetíveis e suscetíveis, respectivamente.

Genericamente, a resistência poderia ser classificada em Pré-infectiva e Pós-infectiva. Na primeira, a infecção simplesmente não ocorreria, evitada por fatores constitutivos da planta. Na segunda, a planta seria infectada, mas ela não sucumbiria ao ataque do patógeno, porque ela reagiria à penetração do nematóide formando barreiras ao redor do parasita ou sintetizando inibidores de proteína, enzimas hidrolí-

ticos ou fitoalexinas. A resistência pré-infectiva, parece ser o tipo mais comum de resistência encontrado nas plantas e, plantas com este tipo de resistência, são, comumente, classificadas como não hospedeiras (Veech, 1982).

Fontes de Resistência

Fontes de resistência para o nematóide de cisto e das galhas não se afigura como problema para quem se disponha montar um programa de melhoramento para desenvolver variedades resistentes a esses organismos. Há centenas de genótipos disponíveis nos bancos de germoplasma de soja de diversos centros de pesquisa do mundo, com resistência a uma ou mais espécies de nematóides.

As primeiras cultivares de soja indenticadas como altamente resistentes aos nematóides das galhas foram Laredo, S 100 e Palmetto (Stevenson y Jones, 1953). Essas variedades foram, por sua vez, fonte de resistência para a maior parte das variedades resistentes aos nematóides das galhas, hoje em cultivo nas zonas produtoras de soja do mundo (ex.: Forrest, Bragg, Centennial, Tropical, Br 6).

Segundo avaliações conduzidas pelo Centro Nacional de Pesquisa de Soja (CNPSo) da EMBRAPA, em Londrina, PR, Brasil, as variedades Tropical, Bragg e IAC 1, combinam resistência a *M. incognita* (Mi), *M. Javanica* (Mj) e *M. arenaria* (Ma); BR 6, apresenta resistência a Mi e Mj; Cobb, apresenta resistência a Mi e Ma; FT 1, IAC 2, Sta. Rosa e Bossier, apresentam resistência Mj e Ma, enquanto que Doko, Hampton e IAC 8 apresentam resistência apenas a Mi (Dall'Agnol, 1983). Observou-se, também, que das centenas de genótipos testados para Mi e Mj (Antônio y Dall'Agnol, 1982; Dall'Agnol y Antônio, 1982; Dall'Agnol y Antônio, 1983; Dall'Agnol, Antônio y Barreto, 1984), as duas espécies realmente importantes para a soja no Brasil, houve muito mais resistência para Mi do que para Mj. Nossa suposição é, de que isto se deve ao fato de a maior parte do material genético de soja existente no Brasil, ser originário dos Estados Unidos, onde se tem dado, ao longo dos anos, muito mais ênfase para

resistência a Mi do que Mj, uma vez que Mi é muito mais importante do que Mj nos Estados Unidos. Mas no Brasil, os dados até agora disponíveis indicam o contrário.

Mj e Ma podem estar crescendo em importância nas zonas produtoras de soja, pelo uso generalizado de cultivares resistentes a Mi, que pela sua maior importância a nível mundial (Hadisoeganda y Sasser, 1981), tem merecido muito maior dedicação dos programas de melhoramento.

Ademais das variedades supra citadas, como fontes de resistência para Mi e/ou Mj, dezenas de outros genótipos foram identificados como resistentes a Mi e/ou Mj e que, ademais dessas características, foram selecionados por possuírem, também, outras características desejáveis, como resistência a molestias (particularmente *Cercospora sojina*, *Pseudomonas phaseoli* e *Pseudomonas tabaci*), porte e estrutura da planta adequados e boa produtividade. Esses genótipos estão disponíveis para programas de melhoramento, quando solicitados.

Resistência múltipla

Cada espécie ou raça de nematóides reage independentemente com relação aos hospedeiros. Por algum tempo se acreditou que variedades resistentes a *H. glycines* também seriam resistentes a *Rotylenchulus reniformis* (Rebois, Epps y Hartwig, 1970). Um estudo mais extensivo, contudo, mostrou que isto nem sempre é verdadeiro (Birchfield, Williams, Hartwig y Brister, 1971). A variedade Mack é resistente a *H. glycines* mas suscetível a *R. reniformis*. Os genes que conferem resistência a uma e outra espécie de nematóide são independentes mas, provavelmente, muito ligados um ao outro.

Apesar de a resistência a cada espécie ou raça de nematóide ser conferida por genes independentes, é possível conseguir-se variedades com resistência a várias espécies ou raças de nematóides (Caviness y Riggs, 1970; Dall'Agnol, 1983).

Parece haver uma tendência, para que genótipos resistentes a Mj sejam também resistentes a Ma.

O mesmo não ocorre, na mesma proporção, entre resistência a Mi e Ma (Dall'Agnol, 1983).

Variedades resistentes nem sempre são obtidas através de programas específicos para resistência a nematóides. Muitas das variedades resistentes, hoje em cultivo, foram obtidas por mero acaso. Os objetivos do programa que as desenvolveu eram outros, que não a resistência aos nematóides. Este é o caso, por exemplo, de Tropical (resistente a Mi, Mj e Ma) e Hill (resistente a Mi).

Resistência absoluta, ou seja, imunidade, parece não existir para nenhuma espécie de nematóide. A reação das plantas parece situar-se entre os limites de muito resistente, até muito suscetível.

Quebra de resistência

Dizemos que uma variedade resistente a determinada espécie de nematóide tem sua resistência quebrada, quando dessa espécie de nematóide surge uma nova raça, que ataca a variedade antes resistente. Isto também pode acontecer e parece bastante provável ocorrer dentro de uma população de nematóides de cisto. Normalmente, porém, a aparente quebra de resistência pode acontecer por uma das seguintes razões:

- a) a população de nematóides é tão alta, que mesmo o material resistente sucumbe à pressão do inóculo;
- b) a variedade apresenta resistência à espécie ou raça dominante do campo infestado e com o plantio sucessivo de material resistente à população dominante do nematóide, cria-se um clima desfavorável para essa população, mas favorável a outra espécie ou raça que está presente com uma população insignificante. Com o passar dos anos, a população dominante vai desaparecendo pela falta de um hospedeiro adequado e simultaneamente vai crescendo a população minoritária, até atingir um nível de dano econômico. Isto pode ocorrer com raças diferentes dentro da mesma espécie ou com espécies diferentes dentro do mesmo gênero.

Métodos de avaliação da resistência

O grau de resistência de uma cultivar de soja pode ser medido através de três maneiras:

- a) Contagem do número de ovos e larvas de nematóides das plantas infectadas. O uso dessa técnica implica em lavar as raízes infectadas, cortá-las em pequenos pedaços, triturá-las em liquidificador com água contendo hipoclorito de sódio e após peneirar, em peneiras de vários tamanhos, sendo que os ovos dos nematóides serão retidos na peneira de 500 mesh. Os nematóides são removidos da peneira com água corrente, diluídos e com o auxílio de lupa, feita a contagem de uma amostra representativa;
- b) Contagem do número de massas de ovos (ootecas) de nematóides em cada raiz infectada. O uso da técnica exige a lavagem das raízes infectadas, a imersão das mesmas em solução aquosa, contendo o corante floxina, e a contagem dos pontos vermelhos da raiz, cada um identificando a presença de uma ooteca;
- c) Avaliação visual do grau de infecção da raiz, baseado numa escala de 0-4 ou 0-5 ou 1-5, onde 0 ou 1 indicam ausência de galhas e 4 ou 5 presença de muitas galhas. As duas primeiras técnicas de avaliação, supra citadas, são morosas, caras e dependem de facilidades que nem sempre o pesquisador possui. Pelo volume de trabalho envolvido na utilização dessas técnicas, só poucos genótipos podem ser manipulados a cada avaliação. O método de avaliação visual, no entanto, é rápido e barato e pode manejar centenas de genótipos a cada avaliação. Ele é muito eficiente para nematóides que produzem sintomas bem visíveis como, por exemplo, as galhas do gênero *Meloidogyne* spp. Correlações feitas entre os valores dados aos mesmos genótipos infectados por *Meloidogyne* spp, pelos três métodos de avaliação, mostraram valores altamente significativos (Antônio y Dall'Agnol, 1982 a; Antônio y Dall'Agnol, 1982 b; Dall'Agnol y Antônio, 1984). Por essa razão, em trabalhos de seleção para resistência aos nematóides das galhas, onde grande número de genótipos devem ser avaliados a cada ano, o método de avaliação visual parece ser o mais indicado.

Nas avaliações feitas pelo CNPSo, utilizando o método visual, as parcelas experimentais constaram de vasos contendo uma ou mais plantas, quando em experimentos de casa de vegetação, ou quando no campo, de covas, com até 10 plantas por cova. As covas ficaram afastadas entre si de 0,4 m, dentro da fileira e 0,5 m, entre fileiras (Antônio y Dall'Agnol, 1982 a; Antônio y Dall'Agnol, 1982 b; Dall'Agnol y Antônio, 1982; Dall'Agnol y Antônio, 1983; Dall'Agnol y Antônio, 1984; Dall'Agnol, Antônio y Barreto, 1984).

A avaliação dos genótipos para resistência aos nematóides pode ser conduzida em casa de vegetação ou a campo, em áreas naturalmente infestadas. Quando a avaliação é feita em casa de vegetação, ela é limitada pelo espaço físico e pelo custo, facultando o teste de apenas alguns genótipos, mas tem as vantagens da uniformidade do inóculo, da proximidade do centro de pesquisa da faculdade de se testar o ano todo. Por causa da uniformidade do inóculo, pode-se usar um menor número de repetições. O inóculo é mais eficiente quando concentrado junto ao sistema radicular da plântula (Antônio y Dall'Agnol, 1982 b; Antônio y Dall'Agnol, 1982 c; Dall'Agnol y Antônio, 1984) do que misturado homogeneamente no solo do vaso, antes do transplante da plântula (Antônio y Dall'Agnol, 1982 a). Misturar o inóculo no solo do vaso, implica na necessidade de um inóculo maior. Outra forma de concentrar mais o inóculo e assim reduzir sua quantidade, é usar vasos menores (Antônio y Dall'Agnol, 1982 c). Uma população de 10.000 nematóides por vaso de 1.000 cc, parece bastante adequada para separar, convenientemente, os genótipos de acordo com sua reação aos nematóides (Antonio y Dall'Agnol, 1982 c).

As avaliações a campo tem a vantagem de proporcionar o teste de grande número de genótipos, a um baixo custo e de reproduzir melhor a realidade que o genótipo irá enfrentar no campo. Apresenta, contudo, as desvantagens de um inóculo desuniforme, o que acarreta a necessidade de um maior número de repetições. Dez repetições parece ser um número que nos dá bastante segurança (Dall'Agnol y Antonio, 1982; Dall'Agnol y Antônio, 1983). Como outras desvantagens, poder-se-ia listar: a distância que a

área infectada pode estar do local de trabalho do pesquisador, a interferência de mais de uma espécie ou raça de nematóides e a ação simultânea de outros microorganismos patogênicos.

LITERATURA CITADA

- ANTÔNIO, H. e DALL'AGNOL, A. 1982 a. Avaliação da resistência a *Meloidogyne arenaria* dos cultivares de Soja recomendados no Brasil em 1980. Publ. Soc. Bras. de Nemat. 6: 33-40.
- e DALL'AGNOL, A. 1982 b. Identificação de hospedeiros alternativos dos nematóides da soja. In: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Soja, Londrina, PR. Resultados de Pesquisa de Soja 1981/82. Londrina. p. 227-230.
- e DALL'AGNOL, A. 1982 c. Reação de dois cultivares de soja a sete níveis de inóculo de *Meloidogyne incognita* em dois tamanhos de vasos. Publ. Soc. Bras. Nemat., 6: 41-49.
- e DALL'AGNOL, A. 1983. Reação de genótipos de girassol a duas espécies de nematóides e eficiência comparativa de três métodos de avaliação. Soc. Bras. Nemat. 7: 5-13.
- BIRCHFIELD, W.; WILLIAMS, C.; HARTWIG, E.E and BRISTER, L.R. 1971. Reniform nematode resistance in soybeans. Plant Dis. Rep. 55: 1043-1045.
- BOQUET, D.J.; WILLIAMS, C. and BIRCHFIELD, W. 1975. Resistance to five Louisiana populations of root-knot nematode. Plant Dis. Rep. 59:197-200.
- CAVINESS, C.E. and RIGGS R.D. 1970. Breeding for nematode resistance, p. 594-601. In: L.D. Hill (ed) World Soybean Research Conference I. Interstate Printers and Publishers, Danville, Illinois.
- CRITTENDEN, H.W. 1954. Factors associated with root-knot nematode resistance in soybeans. Phytopathology 44 (7): 338. (Abstracts).
- DALL'AGNOL, A. 1983. A Brazilian effort to develop soybean cultivars resistant to root-knot nematodes. International Meloidogyne Project-Region III, Proceedings. North Carolina State University, Raleigh, NC. p. 120-131.
- e ANTÔNIO, H. 1982. Reação de genótipos de soja aos nematóides formadores de galhas *Meloidogyne incognita* e *M. javanica*. Publ. Soc. Bras. Nemat. 6:51-78.
- e ANTÔNIO, H. 1983. Grau de suscetibilidade de genótipos de soja aos nematóides *Meloidogyne incognita* e *M. Javanica*. Publ. Soc. Bras. Nemat. 7:15-89.

- e ANTÔNIO, H. 1984. Response of five plant species to three densities of *Meloidogyne incognita*, *M. javanica* and *M. arenaria* according to three parameters of evaluation. Proceedings of the First International Congress of Nematology. Guelph, Ontario, Canada. August 5-10, 1984. p. 21 (Abstracts of contributed papers).
- ; ANTÔNIO, H. e BARRETO, J.N. 1984. Reação de 850 genótipos de soja aos nematóides das galhas *Meloidogyne javanica* e *M. incognita*. Nemat. Bras. 8:67-112.
- FELDMESSER, K. 1970. Estimated crop losses from plant-parasitic nematodes in the United States. Soc. Nematol., Special Publ. nº 1.
- FOSTER, A.R. 1956. The development of *Heterodera rostochiensis* and *Meloidogyne incognita* in cross graft solanaceous plants with different susceptibilities. Nematológica 1: 283-289.
- GOLDEN, A.M.; EPPS, J.M.; RIGGS, R.D.; DUCLOS, L.A.; FOX, J.A. and BERNARD, R.L. 1970. Terminology and identity of infraspecific forms of soybean-cyst nematode (*Heterodera glycines*). Plant Dis. Rep. 54: 544-546.
- GOOD, J.M. 1973. Nematodes. In: Soybeans: Improvement, Production and Uses. (B.E. Caldwell, ed.) Agronomy nº 16. Am. Soc. of Agron. p. 527-543.
- HADISOEGANDA, W.W. and SASSER, J.N. 1981. Resistance of tomato, bean, southern pea, and garden pea cultivars to root-knot nematodes based on host suitability. Plant Dis. 66(2) 145-150.
- HUIJAMAN, C.A. 1956. Breeding for resistance to the potato root eelworm in the Netherlands. Nematológica 1: 94-99.
- PEACOCK, F.C. 1959. The development of a technique for studying the host/parasite relationship of the root-knot nematode *Meloidogyne incognita* under controlled conditions. Nematologica 4:43-55.
- REBOIS, R.V. and GOLDEN, A.M. 1978. Nematode occurrences in soybean fields in Mississippi and Louisiana. Plant Dis. Rep. 62: 433-437.
- ; EPPS, J.M. and HARTWIG, E.E. 1970. Correlation of resistance in soybeans to *Heterodera glycines* and *Rotylenchulus reniformis*. Phytopathology 10 (4): 695-700.
- RIGGS, R.D. and WINSTEAD, N.N. 1958. Attempts to transfer root-knot resistance in tomato by grafting. Phytopathology 48:344.
- ROBBINS, R.T. 1982. Phytoparasitic nematodes associated with soybeans in Arkansas, J. Nematol. 14:466.
- ROHDE, R.A. 1960. Mechanisms of resistance to plant parasitic nematodes. Nematology: Fundamentals and Recent Advances. University of North Carolina Press. 447.
- SASSER, J.N. 1979. Economic importance of *Meloidogyne* spp. in tropical countries. p. 359-374. In: F. Lamberti and C.E. Taylor, eds. Root-knot nematodes (*Meloidogyne* species): Systematics, Biology and Control. Academic Press, London.
- , 1979. Pathogenicity, host ranges and variability in *Meloidogyne* species. p. 257-268. In: F. Lamberti and C.E. Taylor, eds. Root-knot nematodes (*Meloidogyne* species): Systematics, Biology and Control. Academic Press, London.
- SHEETZ, R.W. and CRITTENDEN, H.W. Histochemistry of resistant and susceptible soybean roots infected with the root-knot nematode *Meloidogyne incognita acrita*. Agric. Exp. Sta. Bulletin nº 384. University of Delaware, Newark, De.
- STEVENSON, F.J. and JONES, H.A. 1953. Some sources of resistance in crop plants. In: A. Stefferud (ed) Plant Diseases. U.S. Dep. Agric. Yearb. Agric. Washington. p. 192-216.
- VEECH, J.A. 1982. Phytoalexins and their role in the resistance of plants to nematodes. J. Nematol. 14 (1): 2-9.
- WHITNEY, G. 1978. Southern States soybean disease loss estimate - 1977. Plant Dis. Rep. 62: 1078-1079.

Genética quantitativa das características de interesse do melhoramento - previsão e exploração do potencial genético da soja

por José F. F. de Toledo *

Um programa de melhoramento de soja envolve as seguintes atividades e respectivas tomadas de decisão: a) cruzamentos - escolha dos parentais; b) avanço de gerações - escolha dos métodos de condução de populações segregantes; e testes de linhagens - escolha dos delineamentos mais apropriados, identificação de fatores ambientais relevantes e intensidade dos fatores.

Para que o programa seja eficiente, é necessário trabalhar-se em cada uma das etapas para encontrar os pontos de estrangulamento e eliminar ou suavizar suas influências.

TESTES DE LINHAGENS

Os testes de linhagem são normalmente realizados em diversos anos e locais para assegurar a correta avaliação das mesmas. Como consequência, estes testes são a fase mais dispendiosa de um programa de melhoramento.

Isto ocorre porque, embora se tenha interesse em avaliar o genótipo, ou seja, o valor genético intrínseco de uma linhagem, as avaliações somente podem ser feitas com base nos fenótipos das linhagens.

O fenótipo de uma linhagem é o resultado de diversos componentes ou fatores:

$$f = g + a + l + e$$

onde,

g = genótipo; **l** = interação entre g e a; e
a = ambiente; **e** = erro experimental.

Para a avaliação do efeito de e no fenótipo, usa-se um delineamento experimental com repetições. Para se estimar o efeito do ambiente e da sua interação com o genótipo é preciso repetir o experimento em vários ambientes. Para a soja, como para outras culturas, o efeito ambiente pode ser dividido em efeitos de anos e efeitos de locais de cultivo. Obviamente, dentro do efeito ano encontram-se os efeitos de temperatura, precipitação e outros fatores, enquanto que dentro do efeito local encontram-se efeitos de tipo de solo, relevo, micro-clima e outros.

Para que a amostragem de ambientes seja adequada, é preciso realizar-se um número mínimo de experimentos e para que a experimentação seja financeiramente racional e exequível é preciso determinar-se os fatores, dentre os citados, que são mais relevantes para a avaliação das linhagens e neles concentrar os esforços.

Neste trabalho, utilizou-se os dados dos ensaios intermediários dos anos de 1981/82, 82/83, 83/84, 84/85 e 85/86, realizados em cinco locais do Paraná, para se avaliar a importância relativa dos efeitos ano, local e erro experimental sobre avaliações dos genótipos de soja neste Estado. As avaliações preliminares se concentraram nos genótipos de grupo de maturação L e M (os dois grupos correspondem, conjuntamente, a aproximadamente 70 por cento da área plantada com soja no Paraná).

Os quadros 1, 2 e 3 trazem as análises de variância individuais e conjunta, respectivamente. As análises individuais indicaram que, para o grupo L, os efeitos de ano, de local e da interação ano e local foram significativos. As importâncias relativas dos efeitos, medidas pelas magnitudes dos respectivos

* Engenheiro Agrônomo, Ph.D., Pesquisador da EMBRAPA - Centro Nacional de Pesquisa de Soja, Londrina, PR, Brasil.

componentes de variância dentro do total da variação ambiental, foram:

- erro experimental = 13,8%
- interação ano por local = 12,8%
- ano = 30,5%;
- local = 43,1%.

Para o grupo M, os efeitos de local e da interação ano por cultivar foram significativos. As importâncias relativas dos efeitos foram:

- erro experimental = 28,2%
- interação ano por cultivar = 26,6%
- local = 45,2%

Quadro 1. Análise de variância de anos (A), locais (L) e cultivares (C) do grupo de maturação L para as cultivares comuns (testemunhas da Avaliação Intermediária de Linhagens de Soja do Paraná. Anos de 1981/82 a 1985/86 e locais Londrina, Ponta Grossa e Sertaneja. EMBRAPA-CNPSo. Londrina, PR. 1988.

FV	GL	GM	F
(A)	3	558755,93	5,72*
(L)	2	964595,54	9,79*
A x L	6	98513,76	2,89**
(C)	1	222145,04	6,53*
A x C	3	1486,82	< 1 n.s.
L x C	2	24518,04	< 1 n.s.
A x L x C	6	54662,82	1,61 n.s.
Resíduo	288	34034,60	

*n.s., *e** indicam não significância e significância aos níveis de 5% e 1% respectivamente.*

Quadro 2. Análise de variância de anos (A), locais (L) e cultivares do grupo de maturação M para as cultivares comuns (testemunhas) da Avaliação Intermediária de Linhagens de Soja do Paraná. Anos de 1981/82 a 1985/86 e locais Londrina, Ponta Grossa e Sertaneja. EMBRAPA-CNPSo. Londrina, PR. 1988.

FV	GL	GM	F
(A)	3	265202,72	1,70 n.s.
(L)	2	564038,00	13,84**
A x L	6	79081,56	1,94 n.s.
(C)	1	73040,67	< 1 n.s.
A x C	3	156408,78	3,84*
L x C	2	77797,17	1,91 n.s.
A x L x C	6	56547,29	1,39 n.s.
Resíduo	288	40757,98	

*n.s., * e ** indicam não significância e significância aos níveis de 5% e 1% respectivamente.*

Quadro 3. Análise de variância conjunta de anos (A), locais (L), experimentos (E) e cultivares (C) dos grupos de maturação L e M, para as cultivares comuns (padrões) da Avaliação Intermediária de Linhagens de Soja do Estado do Paraná. Anos agrícolas de 1981/82 e 1985/86 e três locais. Londrina, Ponta Grossa e Sertaneja. EMBRAPA-CNPSo. Londrina, PR. 1987.

FV	GL	GM	F
(A)	3	500281,97	1,22 n.s.
(L)	2	1479314,52	12,00**
A x L	6	123285,74	3,30**
Exp. (E)	1	80606,04	< 1 n.s.
A x E	3	323676,69	8,66**
L x E	2	49319,01	1,32 n.s.
A x L x E	6	54309,60	1,45 n. s.
C/E	2	147592,86	3,95*
A x (C/E)	6	78947,79	2,11 n.s.
L x (C/E)	4	51157,60	1,37 n.s.
A x L x (C/E)	12	55605,04	1,49 n.s.
Resíduo	576	37396,29	

*n.s., * e ** indicam não significância e significância aos níveis de 5% e 1%, respectivamente.*

A análise conjunta dos dois grupos de maturação (L e M) indicou que os efeitos local, da interação ano por local, de cultivar dentro de experimento e da interação ano por experimento foram significativos. As participações relativas dos efeitos ambientais foram:

- erro experimental = 18,7%;
- interação ano por experimento = 23,8%;
- interação ano por local = 10,7%
- local = 42,3%

Os resultados indicam que o efeito local é o de maior importância na composição do fenótipo de uma cultivar de soja. O efeito ano foi mais importante para os materiais de ciclo L do que para os do grupo M. A significância do efeito ano (nível de 5%) para os materiais de grupo L se deveu principalmente à cultivar Paraná (limite inferior) e não ao de Lancer (limite

superior). Aparentemente, portanto, cultivares de ciclo de maturação de aproximadamente 120/125 dias são mais tolerantes aos efeitos de ano. Esta informação está sendo confirmada por outros dados disponíveis, mas ainda não completamente analisados. As análises também indicam que os testes de linhagem devem ser realizados em um grande número de locais para que as avaliações do genótipo sejam corretas e válidas para o Estado como um todo.

AVANÇO DE GERAÇÃO

O avanço de geração ou condução das populações segregantes pode ser feito por quaisquer dos métodos bastante conhecidos na prática (semente única, populacional ou genealógico). A escolha do método vai depender das características do material, da rapidez desejada no avanço da homozigose, etc. A literatura é relativamente vasta sobre o assunto. Pretende-se, em

futuro próximo, realizar as comparações dos métodos para as condições atuais no melhoramento de soja.

CRUZAMENTOS

As metodologias desenvolvidas em passado recente para a seleção de parentais permitiram um grande avanço na eficiência da condução dos programas de melhoramento. A seleção dos cruzamentos com alto potencial genético para produzir genótipos superiores eliminou a aleatoriedade na escolha dos parentais em relação aos caracteres quantitativos e contribui para tornar o melhoramento uma ciência "exata". No presente ano, o processo de seleção de parentais foi adaptado ao melhoramento da soja e o esquema dos procedimentos está mostrado na Figura 1.

As proporções esperadas e observadas de linhagens F4, com produção superior aos padrões BR-5 e Paraná, de diversos cruzamentos entre oito cultivares de soja, estão mostrados no Quadro 4. Estes dados permitem inferir que a classificação dos cruzamentos, de acordo com os respectivos potenciais genéticos, é perfeitamente factível. As discrepâncias entre valores observados e esperados, entretanto, demonstra que seriam necessárias repetições do experimento de avaliação

(em dois locais, por exemplo) para aumentar a precisão quantitativa das estimativas das proporções de linhagens superiores aos padrões. Isto confirma observações anteriores de que as estimativas do potencial genético dos cruzamentos são qualitativas, ou seja, discriminam entre cruzamentos, mas não são rigorosamente quantitativas para permitir a correta avaliação das proporções de linhagens com desempenho superior ou inferior aos padrões.

O Quadro 5 mostra as correlações de postos dos cruzamentos, classificados de acordo com os potenciais genéticos previstos e observados, obtidos por três métodos alternativos de seleção de parentais (média dos pais; média dos pais + a respectiva distância genética; e método proposto - teste de progênies F3). O Quadro 6 compara os três métodos de seleção de parentais, mostrando as eficiências relativas de cada um em termos de sucesso na seleção de cruzamentos superiores. O potencial genético dos cruzamentos foi avaliado pela capacidade de os mesmos gerarem descendentes superiores (linhagens F4) aos padrões BR-5 e Paraná. A superioridade da metodologia proposta (Toledo, 1987) ficou bastante evidenciada pelas várias comparações realizadas.

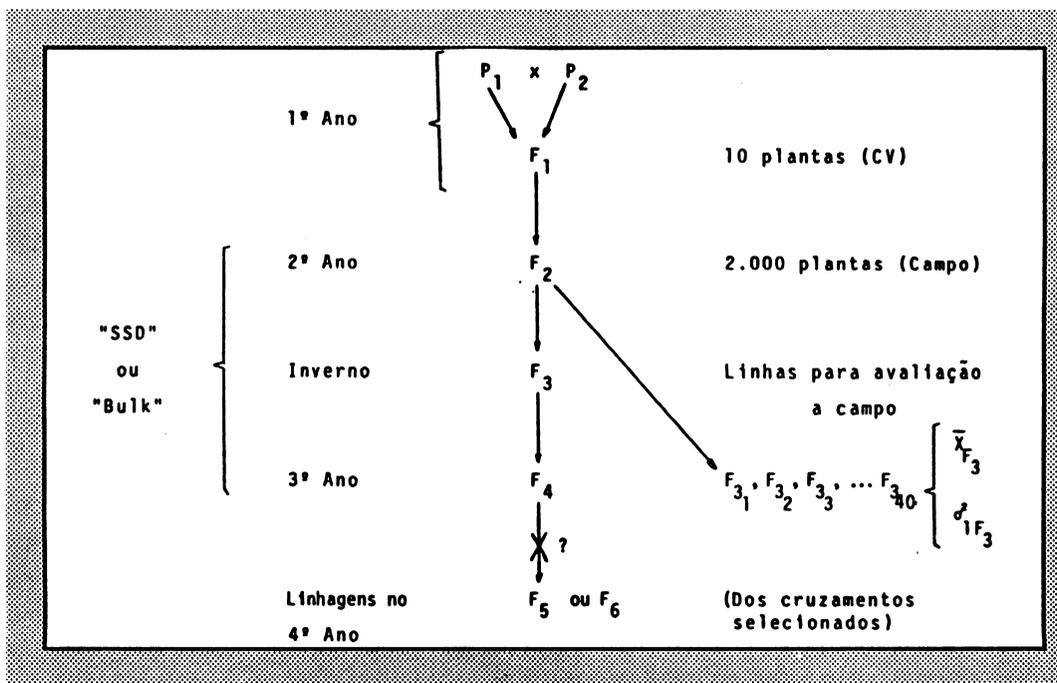


Figura 1. Seleção de parentais através do teste de progênies F3 (Toledo 1987), adaptada ao programa de melhoramento de soja. EMBRAPA-CNPSo, Londrina, PR, 1988.

Quadro 4. Proporções esperadas (E) e observadas (O) de linhagens F4, com produção superior aos padrões BR-5 e Paraná, de diversos cruzamentos entre oito cultivares de soja. EMBRAPA-CNPSo. Londrina, PR. 1988.

Cruzamento	≥ BR-5		≥ Paraná		≥ Média padrões	
	E	O	E	O	E	O
Pérola x BR-5	0,40	0,35	0,23	0,29	0,37	0,37
IAS-4 X BR-5	0,27	0,10	0,37	0,33	0,33	0,23
Bragg x Bossier	0,63	0,64	0,70	0,58	0,63	0,58
Paraná x Davis	0,20	0,27	0,40	0,43	0,30	0,30
Pérola x IAS-4	0,23	0,07	0,17	0,27	0,17	0,18
Pérola x Davis	0,07	0,27	0,53	0,42	0,27	0,31
Davis x Bossier	0,50	0,49	0,47	0,66	0,43	0,60
Paraná x Bossier	0,30	0,17	0,23	0,52	0,23	0,30
Davis x BR-5	0,27	0,27	0,57	0,53	0,47	0,40
Davis x BR-1	0,47	0,26	0,57	0,41	0,50	0,32
Paraná x IAS-4	0,10	0,07	0,27	0,41	0,20	0,26
BR-1 x Bossier	0,67	0,50	0,67	0,67	0,63	0,61
IAS-4 x Bossier	0,47	0,55	0,73	0,62	0,60	0,65
Pérola x Bossier	0,47	0,52	0,53	0,82	0,50	0,72
Pérola x Bragg	0,03	0,23	0,50	0,35	0,17	0,26
Pérola x BR-1	0,17	0,36	0,47	0,58	0,23	0,51
Bragg x BR-5	0,20	0,09	0,30	0,39	0,23	0,16

Proporções esperadas segundo o método proposto (teste de progênies F3).

Quadro 5. Correlações de postos de cruzamentos de soja, classificados de acordo com os potenciais genéticos previstos e observados para gerar descendentes superiores em produtividade aos padrões BR-5 e Paraná segundo três métodos alternativos de seleção de parentais. EMBRAPA-CNPSo. Londrina, PR. 1988

Método	≥ BR-5	≥ Paraná	≥ Média padrões
Média dos parentais	0,58	0,52	0,50
Média + distância genética dos parentais	0,47	0,37	0,59
Método proposto (progênies F3)	0,74	0,61	0,77

Quadro 6. Comparação de três métodos de seleção de cruzamentos de soja. EMBRAPA-CNPSO. Londrina, PR. 1988.

Critério de seleção	Nº de seleções	Classificação dos Cruzamentos Selecionados com base na proporção de linhagens F4 com peso de grãos superiores aos padrões																	
		≥BR-5			≥Paraná			≥Média padrões											
Média dos parentais	6 de 28	1º	3º	5º	6º	9º	10º	3º	5º	6º	7º	10º	11º	3º	5º	6º	8º	9º	13º
Média + distância genética dos parentais	6 de 28	1º	3º	5º	6º	7º	14º	3º	5º	7º	11º	20º	22º	3º	5º	6º	8º	11º	13º
Método proposto (progênies F3)	6 de 28	1º	2º	3º	4º	5º	9º	1º	2º	4º	5º	6º	9º	1º	2º	3º	5º	6º	7º

Fica evidente, pois, que a eficiência de um programa de melhoramento é o resultado do conhecimento científico acumulado sobre as várias etapas do seu desenvolvimento. Sendo a etapa de testes a mais dispendiosa, é natural que grande parte dos esforços de aperfeiçoamento seja a ela dedicada, porque os progressos na identificação dos fatores determinantes

do comportamento dos genótipos propiciam o aperfeiçoamento dos testes. A seleção dos parentais com alto potencial de geração de genótipos superiores, entretanto, torna-se ainda mais fundamental no processo de melhoramento porque permite a seleção precoce dos materiais superiores, evitando que linhagens com baixo desempenho cheguem até a fase de testes.

Lista de Participantes

ARGENTINA

Baigorri, Hector
De Vallone, Silvia
Formica, Ana C.
Fuentes, Francisco
González, Ana C.
Huergo, María del Pilar
Lattanzi, Alfredo
Masiero, Beatriz
Salado Navarro, Luis
Salines, Luis
Scarafoni, Ruth
Tanaka, Hiroshi
 EEA Marcos Juárez/INTA
 Casilla de Correo 21
 2580 Marcos Juárez, Córdoba

Robinet, Hugo A.
 EEA Famaillá/INTA
 Casilla de Correo 9
 4123 Famaillá, Tucumán

Tomasso, Juan C.
 EEA Bordenave/INTA
 Casilla de Correo 44
 8187 Bordenave, Buenos Aires

Vicentini, Raúl
 EEA Paraná/INTA
 Casilla de Correo 128
 3100 Paraná, Entre Ríos

BOLIVIA

Jaramillo, Edilberto
 IBTA
 Casilla de Correo 49
 Yacuiba

Tejerina, Alejandro
 CIAT
 Casilla de Correo 247
 Santa Cruz

Martínez Romero, Carlos
 EE Coroica/IBTA
 Casilla de Correo 5783
 La Paz

BRASIL

Dall'Agnol, Amélio
 DTC/EMBRAPA
 Caixa Postal 04.0315
 70770 Brasilia, DF

De Toledo, José Francisco Ferraz
Kaster, Milton
 CNPSo/EMBRAPA
 Caixa Postal 1061
 86001 Londrina, PR

De Miranda, Manuel Albino Coelho
 IAC/EMBRAPA
 Caixa Postal 28
 13100 Campinas, SP

PARAGUAY

Alvarez, Edgar

IAN/DIA

Ruta II Mariscal Estigarribia Km 48,5

Caacupé

Schapovaloff, Antonio

CRIA/DIA

Itapua

URUGUAY

Mandl, Francisco

EE Dr. Alberto Boerger

INIA La Estanzuela

La Estanzuela, Colonia

Saldain, Néstor

INIA Treinta y Tres

Treinta y Tres

Nota del Editor

Esta nueva entrega de la serie DIALOGO, constituye un valioso aporte en la difusión de conocimientos en el mejoramiento genético de la soja, importante cultivo en el área de influencia del PROCISUR.

Con esta publicación son tres los DIALOGOS que se refieren a temáticas relacionadas con esta importante oleaginosa.

Así hacia finales de 1987, publicamos el DIALOGO XXI " Manejo del cultivo, control de plagas y enfermedades de la soja", con trabajos que presentaban una gran interrelación entre sí.

El DIALOGO XXVI fue el segundo referido a soja y abordó la dinámica poblacional y aspectos vinculados al control de malezas. Su título "Dinámica de poblaciones, control de malezas en soja".

Confiamos en que el contenido de esta publicación sea utilidad para todos los técnicos que trabajan en soja.

En la etapa actual de Institucionalización del PROCISUR hay un Proyecto Soja y otras Oleaginosas, que, seguramente, producirá otros trabajos que el Programa, en su oportunidad, publicará como una herramienta de apoyo en el desarrollo de acciones conjuntas y cooperativas en esta área temática.

Dr. Juan P. Pulgnau
Especialista en Comunicación

Esta publicación constituye el número XXXI de la Serie DIALOGO del PROCISUR, tiene un tiraje de 720 ejemplares y se terminó de imprimir en la ciudad de Montevideo, Uruguay, en el mes de julio de 1991.

Corrección: Dr. Ariel Aldrovandi

Diagramación, composición y armado: Sra. Cristina Díaz

Impresión, encuadernación y portadas: Impresora Maker SRL.

Comisión del Papel. Edición amparada al Artículo 79 de la Ley 13.349.



INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERACION PARA LA AGRICULTURA
Andes 1365, P. 8 - Tel. 92 04 24 - Fax (598) 2 - 92 13 18 - Casilla de Correo 1217 - Telex IICA UY 22571

Digitized by Google