

RESPUESTAS FISIOLÓGICAS QUE CARACTERIZAN EL COMPORTAMIENTO DE DIFERENTES CULTIVARES DE SOJA A LA DEFICIENCIA HIDRICA EN EL SUELO¹

ADRIANA RITA SALINAS², NOGA ZELENER³,
ROQUE MARIO CRAVIOTTO³ y VILMA BISARO⁴

RESUMEN - El objetivo del trabajo fue determinar posibles diferencias en algunos parámetros y su relación con la producción de semillas. Los cultivares fueron: Forrest, Asgrow 5308, Federada I INTA, Pelotas 8549 y Pelotas 8576. Los tratamientos consistieron en tres períodos de sequía (en R2, R3 y R6) hasta 60% de humedad equivalente (HE) y testigos a HE. La tasa transpiratoria fue menor para los dos cultivares Pelotas, en ambos niveles hídricos y en los dos primeros períodos de sequía, presentando ambos cultivares la mayor pilosidad. El potencial agua foliar (ψ_f), la conductancia estomática y la temperatura foliar no presentaron diferencias entre cultivares dentro de los niveles hídricos en los dos primeros períodos de sequía. La producción final de semillas en HE fue en orden decreciente: 'Asgrow 5308', 'Federada I INTA', 'Forrest', 'Pelotas 8576' y 'Pelotas 8549'. El ψ_f fue la variable mejor indicadora de los efectos del estrés hídrico sobre los rendimientos. La sequía aumentó el número de semillas poco desarrolladas, pero las que completaron su crecimiento, superaron en calidad fisiológica a las producidas en condiciones irrigadas.

Términos para índice: *Glycine max*, estrés hídrico, calidad fisiológica, semillas.

PHYSIOLOGICAL RESPONSES OF DIFFERENT SOYBEAN CULTIVARS TO SOIL WATER STRESS

ABSTRACT - The objective of this work was to determine possible varietal differences in some physiological parameters and their relation with seed production. The cultivars used were: Forrest, Asgrow 5308, Federada I INTA, Pelotas 8549 and Pelotas 8576. The treatments were three periods of water stress (in R2, R3 and R6) until 60% of equivalent humidity (EH) and the controls to EH. Transpiration rates were lower in the two Pelotas cultivars among water levels and in the first two periods of water stress, with both cultivars showing the greatest pilosity. The foliar water potentials (ψ_f), stomatal conductancies and foliar temperatures were not different among cultivars within water levels in the first two periods of water stress. Seed production under EH decreased as follow: 'Asgrow 5308', 'Federada I INTA', 'Forrest', 'Pelotas 8576' and 'Pelotas 8549'. The ψ_f was the best indicator of the effects of water stress on seed yield. The water stress increased the number of poorly developed seeds, but the ones which completed their normal size showed better physiological quality than those produced under irrigation conditions.

Index terms: *Glycine max*, water stress, physiological quality, seeds.

INTRODUCCION

Entre los factores ambientales que limitan la productividad en muchas áreas del mundo, la sequía es una de las más frecuentes y impredecibles. El

déficit hídrico afecta tanto al crecimiento como al desarrollo (Pandy et al., 1984a; Pandy et al., 1984b; Brown et al., 1985). Uno de los procesos fisiológicos fuertemente afectados es la disminución en la tasa de intercambio de carbono.

La sequía afecta el crecimiento de las plantas, reduciendo la floración y fructificación, disminuyendo el número y tamaño de las semillas, traduciéndose todo ello en una reducción de la producción. Las respuestas a los factores adversos varían entre cultivares, pudiendo estar las mismas

¹ Aceptado para publicación en 15 de febrero de 1996.

² Ing. Agr., M.Sc., Prof. Adjunta, Fac. de Ciencias Agrarias (UNR). C.C 14, 2123 Zavalla-Santa Fe, Argentina.

³ Ing. Agr., E.E.A. INTA Oliveros. Oliveros-Santa Fe, Argentina.

⁴ Estadística, J.T.P. Fac. de Ciencias Agrarias (UNR).

bajo control genético (Sullivan & Brun, 1975). Condiciones ambientales desfavorables durante el desarrollo y maduración de las semillas reduce la viabilidad y el vigor (Tekrony et al., 1980; Ching, 1986; Salinas et al., 1989; Dornbos et al., 1989). Un estrés lo suficientemente severo, como para interrumpir el crecimiento de las semillas, produce semillas arrugadas y livianas (Delouche, 1980). Las semillas que sufren temperaturas muy altas y sequía durante la maduración, exhiben una reducida germinación en laboratorio y pobre emergencia a campo (Green et al., 1965). Yacklich (1984) determinó que la sequía durante el llenado de las semillas de soja redujo su vigor, evaluado a través de la prueba de envejecimiento acelerado, pero el porcentaje de emergencia no fue alterado.

Se plantea la hipótesis de que los cultivares de soja son afectados en diversa magnitud, en su rendimiento, por sequía en el período reproductivo, debido a particularidades fisiológicas diferenciales que controlan la pérdida de agua y la turgencia celular.

El objetivo del trabajo fue determinar variables fisiológicas que afectan el balance hídrico en cinco cultivares de soja y la incidencia de éstos sobre la producción y la calidad fisiológica de las semillas.

MATERIAL Y METODOS

Se realizó un experimento en vidriera utilizándose cinco cultivares de soja: Forrest [grupo de maduración (GM) 5], Asgrow 5308 (GM 5), Federada I INTA (GM 6), Pelotas 8549 (GM 8) y Pelotas 8576 (GM 8). Las semillas utilizadas provinieron de dos orígenes diferentes: las de los tres primeros cultivares, de la Estación Experimental Agropecuaria Oliveros (Oliveros-Santa Fe, Argentina) y las de los dos últimos, del Centro de Pesquisa Agropecuaria de Clima Temperado (CPACT), de EMBRAPA, Pelotas, Brasil. Las semillas de todos los cultivares estudiados presentaron similar vigor.

Se utilizaron macetas de cinco litros de capacidad con mezcla de suelo agrícola (Planosol):arena (3:1 v/v), las que se colocaron bajo techo plástico translúcido. Las plantas se sometieron a dos regímenes hídricos consistentes en: 1) contenido de humedad del suelo próximo a la humedad equivalente (HE) durante todo el ciclo y 2) igual al anterior, pero con tratamientos de sequía en tres momentos del ciclo.

El nivel de HE se estableció por subirrigación (utilizándose el método de Briggs & McLaine, 1907). Los tratamientos de sequía consistieron en suspender la subirrigación hasta que el contenido de humedad del suelo alcanzó el 60% del valor de la HE en los momentos fenológicos correspondientes a: a) plena floración (R2), b) comienzo de fructificación (R3) y c) cavidad de la vaina completamente ocupada por la semilla (R6). Las determinaciones del nivel de humedad del suelo de las macetas se efectuaron mediante pesadas, realizándose correcciones por el peso de las plantas, que se calcularon tomando el valor promedio de las plantas testigo. Las determinaciones fisiológicas de los tratamientos con y sin sequía, se efectuaron cuando los niveles de humedad, en los tratamientos con sequía, alcanzaron el valor del 60% de la HE.

La tasa transpiratoria se calculó por diferencia de peso de las macetas, las que estuvieron cubiertas con bolsas de polietileno, excepto las plantas, para evitar la pérdida de agua por evaporación, durante un período de 24 horas. La tasa transpiratoria también se determinó mediante el uso de un porómetro de equilibrio dinámico LICOR-LI-1600. El área foliar se midió con un equipo LICOR-LI-3200. La conductancia estomática se determinó a partir de las 10:00 horas, por porometría sobre el envés de la hoja, simultáneamente con la lectura de la temperatura foliar. Los valores de potencial agua foliar (ψ_f) fueron medidos antes del amanecer en la penúltima hoja totalmente expandida al finalizar cada período de sequía, empleando una bomba de Scholander. El recuento de pelos por cm^2 se efectuó en R2 en la cara adaxial del folíolo central de plantas del tratamiento de HE, mediante microscopio estereoscópico (40x). Concluido el ciclo biológico se determinó el número y peso de las semillas por planta, el peso unitario y el número de semillas poco desarrolladas (aquellas que no completaron el llenado del grano). Se evaluó la calidad fisiológica de las semillas cosechadas a través de las pruebas de germinación (Association of Official Seed Analysts, 1983) y conductividad eléctrica de electrolitos lixiviados (Loeffler et al., 1988), esta última mediante el uso de un conductímetro marca ALTRONIX-CPXTX.

Los datos se analizaron mediante un factorial 5x2 (cultivares x regímenes hídricos), utilizándose un diseño estadístico de bloques completos al azar con cinco repeticiones. Las medias se analizaron por las Pruebas de F y Duncan al 5%.

RESULTADOS Y DISCUSION

Con abundante disponibilidad hídrica en plena floración (R2), la tasa transpiratoria por el método gravimétrico difirió entre cultivares (Cuadro 1). Esto

muestra una variabilidad genética, que se relacionó con otra asociada a la duración del ciclo biológico, de tal modo que los cultivares del ciclo más corto tuvieron una tasa más alta que los de ciclo más largo (Cuadro 1). Plantas con una alta tasa respiratoria disminuyen el contenido de agua del suelo más rápidamente que plantas con una tasa menor. En el tratamiento de sequía, sin embargo, el límite inferior de 60% de HE fue alcanzado por los distintos cultivares en forma simultánea, alrededor del cuarto día desde la suspensión del riego. La tasa transpiratoria disminuyó significativamente con la sequía respecto de las determinadas en los tratamientos con agua en abundancia (Cuadro 1) y además, excepto 'Forrest', no presentaron diferencias entre cultivares. Estos hechos indicarían que al reducirse el contenido de agua del suelo, su absorción fue más lenta, disminuyéndose la turgencia celular y provocando un mayor cierre estomático. Con la sequía se evidenció una pronunciada reducción en la conductancia estomática, cercana al 60% en el promedio de los cultivares en R2 y 40% en R3 (Cuadro 1). El cultivar Forrest, con sequía en el suelo, tuvo una tasa transpiratoria de casi el doble de los otros y sin sequía también presentó una tasa transpiratoria muy elevada (Cuadro 1).

CUADRO 1. Tasa transpiratoria (g.dm.⁻²día) de cinco cultivares de soja calculada por el método gravimétrico en los estadios R2 y R3.¹

Cultivares	Sin sequia	Con sequia	% disminución
Estadio R2			
Forrest	464,41 abA	282,57 aB	39
Asgrow 5308	376,23 bcA	103,05 bB	73
Federada I INTA	526,51 aA	145,70 bB	72
Pelotas 8549	319,51 cA	113,10 bB	65
Pelotas 8576	369,83 bcA	131,21 bB	65
Medias	411,30	155,13	
Estadio R3			
Forrest	345,48 aA	288,24 aB	17
Asgrow 5308	234,18 aA	75,34 bB	68
Federada I INTA	330,51 aA	151,98 abB	54
Pelotas 8549	165,95 aA	127,59 abB	23
Pelotas 8576	186,87 aA	91,44 bB	51
Medias	252,60	146,92	

¹ Medias seguidas de igual letra minúscula en la vertical en cada estadio y mayúscula en la horizontal no difieren entre sí al 5% (Duncan).

Las determinaciones de la tasa transpiratoria efectuadas con el porómetro mostraron una sustancial reducción con la sequía respecto del tratamiento a HE. Sin embargo, no se detectaron diferencias entre cultivares en ninguno de los niveles hídricos (datos no mostrados). Es posible que estas determinaciones, prácticamente instantáneas, no permitieran ponderar diferencias en situaciones variables del día como con el otro método. Coincidentemente con los menores valores de la tasa transpiratoria determinada porométricamente, las temperaturas de las hojas se elevaron, proceso conocido como determinante de la disipación del calor.

Como se indicó anteriormente, Forrest mostró poseer una tasa transpiratoria relativamente alta, no solo en el estadio R2 con alta o baja disponibilidad de agua en el suelo, sino también en el estadio R3 (Cuadro 1). En la búsqueda de un factor diferencial que pudiese estar actuando, no escapa a la consideración el posible efecto de la pilosidad (Gorashy et al., 1971; Baldocchi et al., 1983; Specht & Graef, 1989). Analizando este aspecto mediante el recuento del número de pelos por cm², se encontró que este cultivar presentó la menor densidad (Fig. 1) y, en R2 y R3 con sequía, existió una estrecha asociación ($r=0,75$) entre pilosidad y alta tasa transpiratoria (Cuadro 1).

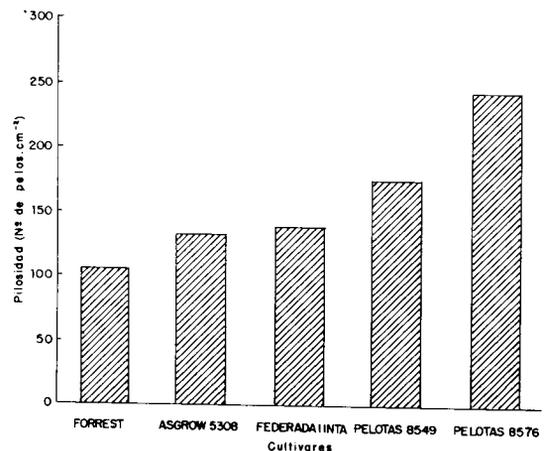


FIG. 1. Pilosidad (nº pelos/cm²) en la cara adaxial de cinco cultivares de soja.

Esta asociación no existió entre los otros cultivos en condiciones de sequía, posiblemente debido a que la capa límite, originada por la transpiración, no alcanzó un espesor que pudiese ser estabilizado por los pelos. La presente observación pondría en duda o al menos sugiere la necesidad de mayores estudios sobre una efectiva ventaja de los pelos en condiciones de extrema sequedad en el período reproductivo de la soja.

En el estadio R3 con alta disponibilidad de agua en el suelo, se observó que la tasa transpiratoria disminuyó un 40% respecto del estadio R2. No se podrían encontrar explicaciones que pudiesen relacionar este hecho con algunos aspectos del desarrollo, pero otros análisis indicaron como posible causa a una demanda transpiratoria. Al evaluar los valores de temperatura y de humedad relativa (HR) registrados en los días que se determinaron las tasas transpiratorias en los estadios R2 y R3, surge como posible factor determinante de la diferencia en las tasas a las variaciones en la demanda atmosférica (Cuadro 2).

Con respecto a la influencia de la temperatura foliar (Cuadro 3) sobre la tasa transpiratoria, no se observaron diferencias entre cultivos con diferentes condiciones de humedad del suelo o estadios reproductivos. Sin embargo, coincidentemente con los menores valores de la tasa transpiratoria, la temperatura de las hojas se elevó, proceso conocido como determinante de la disipación del calor. En relación a la conductancia estomática (Cuadro 4) y el potencial agua foliar (Cuadro 5) en los estadios R2 y R3, no fueron observadas diferencias entre los cultivos. Sin embargo, hubo una marcada disminución en los valores mostrados para ambas variables estudiadas, cuando las plantas fueron sometidas a condiciones de sequía.

CUADRO 2. Temperatura (°C) máxima y mínima y humedad relativa (%) máxima y mínima, registrados durante los estadios R2 y R3.

	T. máx.	T. mín.	H. relat. máx.	H. relat. mín.
R2	27	12	90	50
R3	19	10	95	55

CUADRO 3. Temperatura (°C) en la cara adaxial de hojas de cinco cultivares de soja sometidos a dos regímenes hídricos en los estadios R2 y R3.¹

Cultivar	Sin sequía	Con sequía
	Estadio R2	
Forrest	25,14 a	26,02 a
Asgrow 5308	24,68 a	25,36 a
Federada I INTA	25,20 a	26,08 a
Pelotas 8549	23,16 a	26,50 a
Pelotas 8576	24,54 a	25,78 a
Medias	24,52 A	25,95 B
Estadio R3		
Forrest	23,10 a	22,50 a
Asgrow 5308	22,74 a	23,34 a
Federada I INTA	22,92 a	23,38 a
Pelotas 8549	22,78 a	23,18 a
Pelotas 8576	23,08 a	23,46 a
Medias	22,93 A	23,17 B

¹ Medias seguidas por igual letra minúscula en la vertical en cada estadio no difieren entre sí al 5% (Duncan) y medias seguidas por igual letra mayúscula en la horizontal no difieren entre sí al 5% (Prueba de F).

CUADRO 4. Conductancia estomática (cm.seg⁻¹) en la cara adaxial de hojas de cinco cultivares de soja sometidos a dos regímenes hídricos en los estadios R2 y R3.¹

Cultivar	Sin sequía	Con sequía	% disminución
	Estadio R2		
Forrest	0,32 a	0,07 a	78
Asgrow 5308	0,49 a	0,04 a	92
Federada I INTA	0,36 a	0,11 a	70
Pelotas 8549	0,29 a	0,04 a	86
Pelotas 8576	0,35 a	0,08 a	77
Medias	0,36 A	0,07 B	
Estadio R3			
Forrest	0,36 a	0,30 a	17
Asgrow 5308	0,53 a	0,32 a	40
Federada I INTA	0,33 a	0,14 a	58
Pelotas 8549	0,39 a	0,10 a	74
Pelotas 8576	0,31 a	0,28 a	10
Medias	0,38 A	0,23 B	

¹ Medias seguidas por igual letra minúscula en la vertical en cada estadio no difieren entre sí al 5% (Duncan) y medias seguidas por igual letra mayúscula en la horizontal no difieren entre sí al 5% (Prueba de F).

CUADRO 5. Potencial agua (MPa) de cinco cultivares de soja sometidos a dos regímenes hídricos mediante el método de la bomba de Scholander en los estadios R2 y R3.¹

Cultivar	Sin sequía	Con sequía	% disminución
Forrest	-0,42 a	-0,89 a	212
Asgrow 5308	-0,45 a	-0,92 a	204
Federada I INTA	-0,42 a	-0,94 a	224
Pelotas 8549	-0,40 a	-0,94 a	235
Pelotas 8576	-0,40 a	-0,89 a	223
Medias	-0,42 A	-0,92 B	
Estadio R3			
Forrest	-0,61 a	-1,28 a	210
Asgrow 5308	-0,59 a	-1,08 a	183
Federada I INTA	-0,71 a	-1,39 a	196
Pelotas 8549	-0,66 a	-1,45 a	220
Pelotas 8576	-0,61 a	-1,26 a	207
Medias	-0,64 A	-1,29 B	

¹ Medias seguidas por igual letra minúscula en la vertical en cada estadio no difieren al 5% (Duncan) y medias seguidas por igual letra mayúscula en la horizontal no difieren entre sí al 5% (Prueba de F).

En el estadio R6, se determinaron claras evidencias de senescencia foliar en la mayoría de las hojas aún presentes. La pérdida de agua determinada gravimétricamente al cabo de 24 horas fue pequeña, sin diferencias entre cultivares ni tratamientos. Tanto la tasa transpiratoria como la conductancia estomática y el potencial agua foliar presentaron grandes variaciones, asociados al avance del estado de senescencia foliar, razón por la cuál no se justificó el análisis de los datos obtenidos en R6. En condiciones de HE, si bien Forrest produjo el mayor número de semillas desarrolladas por planta, en condiciones de sequía fue el que manifestó mayor sensibilidad, con una reducción de 34% en el número de las mismas (Cuadro 6). Dicha reducción y el potencial agua foliar en R2 y R3 se correlacionaron estrechamente (Fig. 2).

Para la condición de sequía, no solo hubo reducción en el tamaño de las semillas, sino también un incremento del número de semillas poco desarrolladas en todos los cultivares estudiados (Cuadro 6). Las semillas producidas se

CUADRO 6. Número de semillas desarrolladas y poco desarrolladas por planta y peso (g) de 100 semillas de cinco cultivares de soja sometidos a dos regímenes hídricos.¹

Cultivares	Sin sequía	Con sequía	% disminución
Forrest	83,50 aA	55,20 aB	34
Asgrow 5308	58,10 bA	52,70 aA	9
Federada I INTA	54,30 bA	44,20 aA	19
Pelotas 8549	50,30 bA	43,10 aA	14
Pelotas 8576	47,20 bA	49,10 aA	-
Medias	58,68	48,86	
Semillas poco desarrolladas			
			% aumento
Forrest	4,00 a	4,70 a	15
Asgrow 5308	2,30 ab	4,20 a	45
Federada I INTA	1,50 ab	3,50 a	57
Pelotas 8549	1,20 ab	2,40 a	50
Pelotas 8576	0,40 b	2,70 a	85
Medias	1,88 A	3,50 B	
Peso (g) de 100 semillas			
			% disminución
Forrest	11,91 bc	11,06 b	7
Asgrow 5308	11,01 c	11,45 a	-
Federada I INTA	13,21 ab	12,10 ab	8
Pelotas 8549	12,35 bc	11,65 ab	6
Pelotas 8576	14,56 a	12,78 a	12
Medias	12,61 A	11,80 B	

¹ Medias seguidas por igual letra minúscula en la vertical en cada estadio no difieren al 5% (Duncan) y medias seguidas por igual letra mayúscula en la horizontal no difieren entre sí al 5% (Prueba de F).

caracterizaron por no haber completado el llenado del grano, siendo éstas pequeñas, de forma esférica o lenticelar. 'Pelotas 8576' fue el cultivar que mostró menor efecto en el número de semillas desarrolladas por planta (Cuadro 6) y el que presentó el mayor incremento en el número de semillas poco desarrolladas (Cuadro 6). El ψ_f fue un factor que influyó fuertemente en el llenado de las semillas en condiciones de sequía (Fig. 3).

El peso unitario de las semillas es un carácter varietal pero la sequía lo redujo en la mayoría de los cultivares (Cuadro 6). La Fig. 4 muestra que el cultivar Asgrow 5308, así como superó en peso total de semillas por planta a los demás cultivares, manifestó la mayor reducción en condiciones de sequía (78%), siguiendo en orden decreciente 'Federada I INTA' y 'Forrest', con 69 y 67% respectivamente. Los cultivares Pelotas 8549 y Pelotas 8576, que produjeron menor peso de semillas por planta en condiciones irrigadas, cuando se las sometió a déficit hídrico, mostraron un comportamiento semejante al de los demás cultivares estudiados.

La cuantificación de los efectos del estrés hídrico

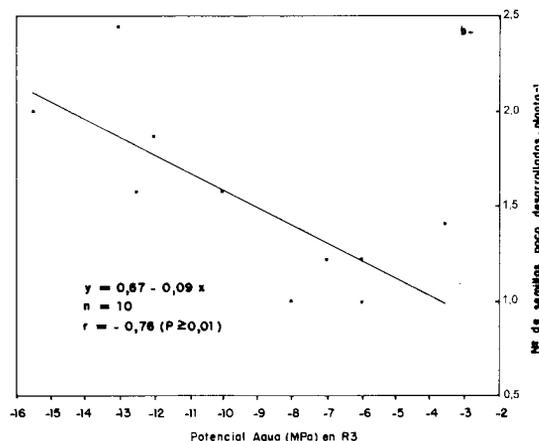
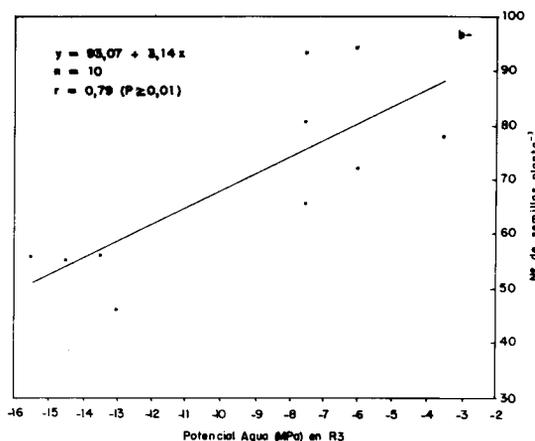
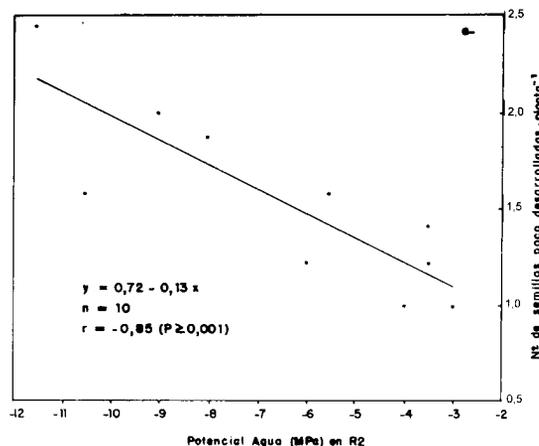
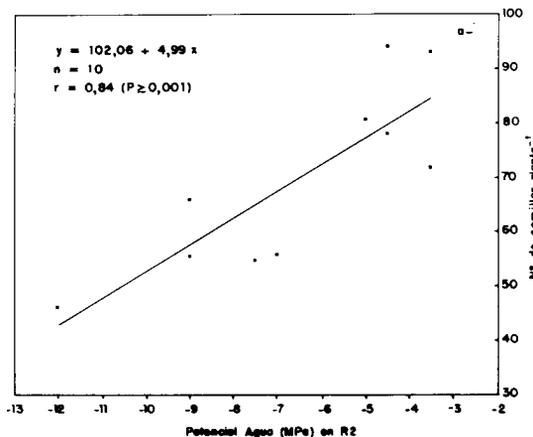


FIG. 2. Influencia del potencial agua foliar (ψ_f) en el estadio R2 (a) y en R3 (b) sobre el número de semillas producidas por planta en el cultivar Forrest.

FIG. 3. Influencia del potencial agua foliar (ψ_f) en el estadio R2 (a) y en R3 (b) sobre el número de semillas poco desarrolladas por planta del cultivar Pelotas 8576.

durante el desarrollo de la semilla sobre la germinación y el vigor y la diferencia de las determinaciones sobre los rendimientos han sido poco estudiados. Desde el punto de vista fisiológico, fueron observadas en las semillas desarrolladas diferencias en la calidad mediante la prueba de germinación (Cuadro 7), presentando 'Asgrow 5308' los mayores porcentajes en ambos tratamientos (irrigado y no irrigado) y Forrest los menores. En la prueba de germinación de laboratorio, no se incluyeron las semillas poco desarrolladas, razón por la cual no se evidenció una reducción de la germinación por condiciones de sequía. Por el contrario, se observó un aumento por dicha condición de estrés hídrico. Probablemente la disminución en el traslado de fotoasimilados producidos por la sequía en R6 podría haberse

compensado por un posterior riego al suelo y rehidratación de los tejidos foliares y seminales. Podría esperarse que el proceso alternado de hidratación y deshidratación de las semillas en maduración estuviera actuando a semejanza del fenómeno de revigorización (Khan, 1977). Según Heydecker (1973/74), semillas humedecidas y luego secadas generalmente presentan embriones de mayor tamaño (por un aumento en el número de células) y germinan más rápidamente cuando posteriormente se las siembra a campo. Sería conveniente estudiar los efectos de un estrés hídrico de igual y/o mayor intensidad y duración sobre la capacidad germinativa final de la semilla.

La prueba de la conductividad eléctrica para evaluar el vigor de las semillas es objetiva, rápida y ampliamente utilizada en un gran número de especies

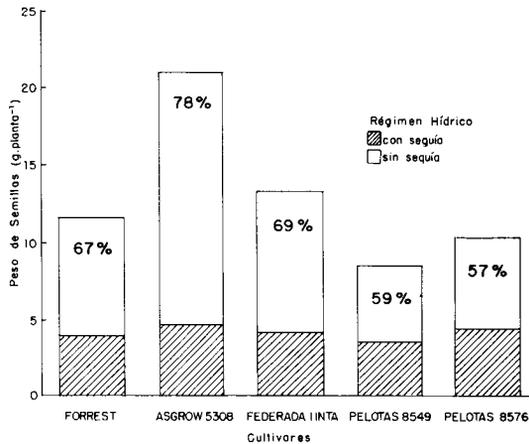


FIG. 4. Peso total (g) de semillas por planta de cinco cultivares de soja sometidos a dos regímenes hídricos. Las cifras indican el porcentaje de disminución respecto del irrigado.

CUADRO 7. Germinación (%) y conductividad eléctrica (μ Siemens.semilla⁻¹) de semillas desarrolladas de cinco cultivares de soja, sometidas o no a sequía durante su formación.¹

Cultivar	Regimen Hídrico		% aumento
	Sin sequía	Con sequía	
	Germinación (%)		
Forrest	45 d	64 c	30
Asgrow 5308	84 a	94 a	11
Federada I INTA	61 c	80 b	24
Pelotas 8549	70 bc	78 b	10
Pelotas 8576	75 ab	78 b	4
Medias	67 A	79 B	
	Conduct. eléctrica (μ Siemens. semilla ⁻¹)		
	Sin sequía	Con sequía	
Forrest	139,53 a	139,86 a	
Asgrow 5308	103,18 c	---2	
Federada I INTA	112,54 b	110,52 c	
Pelotas 8549	---2	108,70 c	
Pelotas 8576	141,39 a	117,24 b	
Medias	124,16 A	119,08 A	

¹ Medias seguidas por igual letra minúscula en la vertical en cada estado no difieren al 5% (Duncan) y medias seguidas por igual letra mayúscula en la horizontal no difieren entre si al 5% (Prueba de F).

² No hubo semillas disponibles.

vegetales (Loeffler et al., 1988). Estos autores han demostrado que puede ser utilizada para evaluar el vigor de las semillas de soja, puesto que se encontró una buena correlación con otras pruebas de vigor. El Cuadro 7 muestra que si bien hubo diferencias en el comportamiento de los cultivares dentro de cada nivel de humedad, éstas no se evidenciaron entre condiciones de alta y baja disponibilidad hídrica. Ello estaría relacionado con lo ocurrido en la prueba de germinación, en donde tampoco hubo efecto negativo de la sequía.

CONCLUSIONES

1. En condiciones de deficiencia hídrica en el suelo, no hubo una única variable fisiológica que determinase el comportamiento de los cultivares, siendo el potencial agua foliar el que más se asoció como mejor indicador de los efectos del estrés hídrico sobre los rendimientos.

2. La sequía en el período reproductivo afectó el llenado de los granos por lo que aumentó el número de semillas poco desarrolladas, pero las que completaron su crecimiento superaron en calidad fisiológica a las producidas en condiciones irrigadas.

REFERENCIAS

ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS. **Seed vigor testing handbook.** Contribution n. 32 to the handbook on seed testing. [S.l.], 1983. 88p.

BALDOCCHI, D.D.; VERMA, S.B.; ROSEMBERG, N.J.; BLAD, B.L.; GARAY, A.; SPECHT, J.E. Leaf pubescens effects on the mass and energy exchange between soybean canopies and the atmosphere **Agronomy Journal**, v. 75, p.537-543, 1983.

BRIGGS, L.T.; McLAINE, J.W. **El equivalente de humedad de los suelos.** [S.l.]: Estados Unidos. Dept. Agric., 1907. (Bull. 45, Oficina de Suelos).

BROWN, E.A.; CAVINESS, C.E.; BROWN, D.A. Response of selected soybean cultivars to soil moisture deficit. **Agronomy Journal**, v.77, p.274-278, 1985.

- CHING, T.M. **Curso de fisiologia do desenvolvimento da semente.**[S.1]: UFPEl-Dept. de Botânica/CETREISEM, 1986. Aula prática.
- DELOUCHE, J. C. Environmental effects on seed development and seed quality. **HortScience**, v.15, p.775-779, 1980.
- DORNBOS, J.; MULLEN, D.L.; SHIBLES, S.R.M. Drought stress effects during seed fill on soybean seed germination and vigor. **Crop Science**, v.29, n.2, p.476-480, 1989.
- GORASHY, S.R.; PENDLETON, J.W.; BERNARD, R.L.; BANER, M.E. Effect of the leaf pubescens on transpiration, photosynthetic rate and seed yield of the three near-isogenic lines of soybean. **Crop Science**, v.11, n.3, p.426-427, 1971.
- GREEN, D.E.; PINNELL, E.L.; CAVANAH, L.E.; WILLIAMS, L.F. Effect of planting date and maturity date on soybean seed quality. **Agronomy Journal**, v.57, p.165-168, 1965.
- HEYDECKER, W. Germination of an idea: the priming of seeds. University of Nottingham School of Agriculture. **Report 1973/74**, Nottingham, p.50-67, 1973/1974.
- KHAN, A. (Ed.). **The physiology and biochemistry of seed dormancy and germination**. Amsterdam: North Holland Pub., 1977. 447p.
- LOEFFLER, T.M.; TEKRONY, D.M.; EGLI, D.B. The bulk conductivity test as an indicator of soybean quality. **Journal of Seed Technology**, v.12, n.1, p.37-53, 1988.
- PANDY, D.K.; HENERA, W.A.T.; PENDLETON, J.W. Drought response of grain legumes under irrigation gradient. I. Yield and yield components. **Agronomy Journal**, v.76, p.549-553, 1984a.
- PANDY, D.K.; HENERA, W.A.T.; PENDLETON, J.W. Drought response of grain legumes under irrigation gradient. II. Yield and yield components. **Agronomy Journal**, v.76, p.549-553, 1984b.
- SALINAS, A.R.; SANTOS, D.S.B.; SANTOS FILHO, B.G.; MELLO, V.D.C.; GOMES, A.S. Evaluación de la calidad fisiológica de semillas de soja producidas en diferentes niveles de humedad en el suelo. In: CONFERENCIA MUNDIAL DE INVESTIGACION EN SOJA, 4., 1989. **Anales...** Buenos Aires: A.J. PASCALE, 1989. p.391-397.
- SPECHT, J.E.; GRAEF, G.L. Soybean water relations: can genetic contrasts in water use be identified? In: CONFERENCIA MUNDIAL DE INVESTIGACION EN SOJA, 4., 1989. **Anales...** Buenos Aires: A.J. PASCALE, 1989. p.244-249.
- SULLIVAN, T.P.; BRUN, W.A. Effect of root genotype on shoot water relations in soybeans. **Crop Science**, v.15, p.319-322, 1975.
- TEKRONY, D.M.; EGLI, D.B.; PHILLIPS, A.D. The effect of weathering on viability and vigor of soybean seed. **Agronomy Journal**, v.72, p.749-753, 1980.
- YACKLICH, R.W. Moisture stress and soybean seed quality. **Journal of Seed Technology**, v.9, p.60-67, 1984.