

EFEITO DA IRRIGAÇÃO COMPLEMENTAR NA CULTURA DA SOJA

RUBEN FRANCO IBARS¹, SIXTO HUGO RABERY-CÁCERES², VÍCTOR RAMÓN ENCISO-CANO³, ROMINA MARICE TORRES GONZÁLEZ⁴

¹ Engenheiro Agrônomo, Prof. M.Sc. FCA/UNA - Facultad de Ciencias Agrarias (Ruta Mcal. Estigarribia Km 10 - San Lorenzo), rubenf27@yahoo.com.mx

² Engenheiro Agrônomo, Prof. Dr. FCA/UNA - Facultad de Ciencias Agrarias (Ruta Mcal. Estigarribia Km 10 - San Lorenzo)

³ Engenheiro Agrônomo, Prof. Doutorando. FCA/UNA - Facultad de Ciencias Agrarias (Ruta Mcal. Estigarribia Km 10 - San Lorenzo)

⁴ Engenheiro Agrônomo. FCA/UNA - Facultad de Ciencias Agrarias (Ruta Mcal. Estigarribia Km 10 - San Lorenzo)

Apresentado no
XLIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2014
27 a 31 de julho de 2014- Campo Grande- MS, Brasil

RESUMO: O trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos da irrigação complementar em cinco variedades de soja na região de Santa Rita (Alto Paraná-Paraguay) de Novembro de 2011 até Março de 2012. O solo da região é classificado como Alfisol, com conteúdo importante de argila, o clima segundo a classificação de Thornthwaite é C2A Clima sub-úmido úmido, megatérmico. As variedades avaliadas foram Nidera 4903, DM 5.9 i, DM 6.2 i, NM 70 RR, BMX Potencia, com e sem irrigação. Foi utilizado um delineamento estatístico em blocos casualizados com 4 repetições. As variáveis avaliadas foram: altura da planta, número de vagens, peso de 100 sementes e rendimento de grãos. O sistema de irrigação foi por pivô central. A precipitação efetiva foi de 306 mm e a irrigação suplementar 116 mm. Com a aplicação de irrigação complementar foi obtida em média uma diferença de 872 kg ha⁻¹ no rendimento de grãos. As variedades sob irrigação com melhor rendimento foram Nidera 4903 e DM 5.9 i com 3.967 e 3.525 kg ha⁻¹, respectivamente.

PALAVRAS-CHAVE: soja irrigada, pivô central, déficit hídrico.

EFFECT OF SUPPLEMENTARY IRRIGATION IN SOYBEAN

ABSTRACT: This study aimed to evaluate the effects of supplementary irrigation at five soybean varieties in the Santa Rita (Alto Parana-Paraguay). The experiment lasted from November 2011 to March 2012. The soil in the area is classified as alfisol with important content of clay, the weather according to the classification of Thornthwaite is C2A sub-humid to humid climate, megathermic. The varieties evaluated were Nidera 4903, DM 5.9 i, 6.2 i DM, NM 70 RR, BMX Potencia, with and without irrigation in a randomized complete blocks design with four replications. The variables evaluated were: plant height, number of pods, 100 seed weight and grain yield. The irrigation system was central pivot. The effective rainfall was 306 mm and the supplementary irrigation was 116 mm. The plots with supplementary irrigation had a yield average difference of 872 kg/ha compared to the ones without the irrigation. The varieties with better yield under irrigation were Nidera 4903 and DM 5.9 i with 3967 and 3525 kg ha⁻¹, respectively.

KEYWORDS: irrigated soybean, center pivot, water deficit

INTRODUÇÃO

Na última década, a soja tem se convertido no principal item produzido pela economia paraguaia e no maior produto de exportação. A partir do ingresso no país na década de 1970, na fronteira Leste, limite com o Brasil, o grão apresentou um crescimento constante e, em alguns

períodos, até acelerado, especialmente nos últimos dez anos (REPORTER BRASIL, 2010). Segundo a CAPECO (2014) e REPORTER BRASIL (2010) a produção marcou novo recorde em 2010 atingindo 7,5 milhões de toneladas (2400 kg ha^{-1}), frente as 3,6 (1445 kg ha^{-1}) milhões de 2009, ano influenciado fortemente pela seca na região. No início do século, a produção estava em volta de três milhões de toneladas. Segundo a CAPECO (2014) as secas provocaram uma diminuição no rendimento da soja nos anos de 2006, 2009 e 2012, não superando 1500 kg ha^{-1} .

A imprevisibilidade das variações climáticas confere à ocorrência de adversidades climáticas o principal fator de risco e de insucesso no cultivo de soja (FARIAS et al. 2001). Na produção comercial da cultura da soja, a disponibilidade hídrica é o principal limitante ao rendimento da cultura, sendo a precipitação pluvial em muitas safras não suficiente para o atendimento da demanda potencial da cultura (VIVAN, 2010).

Dentro de limites, a soja mostra uma notável capacidade de se adaptar a déficit de água. Ao que tudo indica, o déficit de água no período reprodutivo é o que mais afeta a produtividade. Muitas observações mostram que déficit de água, não muito severos, durante o estágio vegetativo, não afeta significativamente a produtividade. (FENDRICH, 2003). Em soja o período crítico começa a partir de R4 em que o número de vagens é fixado. Deficiências de água entre R4 e R5.5 afetam principalmente o número de grãos e em estágios subsequentes diminuem o peso de grãos (RODRIGUEZ et al., 2011). ANDRADE et al. (2000) localizam o período crítico entre R4 e R6. De acordo com a EMBRAPA (1999) a máxima demanda de água pela soja é atingido durante a floração-enchimento de grãos, déficits hídricos importantes, nestes estágios, provocam alterações na fisiologia da planta, fechamento de estomas e o enrolamento das folhas e, em consequência, a queda prematura de folhas e de flores e abortamento de vagens, resultando, finalmente, na redução do rendimento de grãos.

A demanda máxima de água, para produção máxima, varia de 450 a 700 mm, para ciclos de 100 a 130 dias, dependendo do clima. (FENDRICH, 2003). VIVAN (2010) calculou uma lamina media de irrigação suplementar de 204 mm para diferentes cenários de produção de soja em Passo Fundo (RS).

Este trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos da irrigação complementar em cinco variedades de soja na região de Santa Rita (Alto Parana-Paraguai).

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado durante o ano agrícola 2011/12, utilizando a cultura da soja em uma área experimental da empresa DEKALPAR S.A. no município de Santa Rita (Alto Paraná-Paraguay), cujas coordenadas geográficas são: Latitude $25^{\circ}51'40,7''$ S, Longitude $57^{\circ}07'2,5''$ W e Altitude de 285 m. O clima da região, de acordo com a classificação climática de Thornthwaite, é C2A' sub-úmido úmido megatérmico. O solo da região é classificado como alfisol, com conteúdo importante de argila.

As variedades avaliadas foram Nidera 4903, DM 5.9 i, DM 6.2 i, NM 70 RR, BMX Potencia, com e sem irrigação. Foi utilizado um delineamento estatístico em blocos ao acaso com 4 repetições por tratamento, cada unidade experimental com um área aproximada de 16 m^2 .

A semeadura foi realizada no dia 3 de Novembro de 2011, em plantio direto, adubação de base foi de 300 kg ha^{-1} de 08-20-10. Foi utilizado um espaçamento de 0,45 m entre fileiras e 15 plantas por metro, com uma população teórica de $300.000 \text{ plantas ha}^{-1}$.

O sistema de irrigação foi por pivô central para pequenas áreas, com uma capacidade 3 ha por cada posição, da marca Reinke. A ETc da cultura foi calculada semanalmente. A partir da ETc, da capacidade de retenção de água do solo e da profundidade radicular foram calculadas laminas de irrigação com uma frequência de 7 dias, essa lamina devia ser aplicada se não existia nenhuma precipitação nesse período de tempo. A TABELA 1 apresenta um resumo dos requerimentos

hídricos da cultura, precipitação efetiva e irrigação aplicada, os valores de irrigação e precipitação efetiva não são únicos devido à existência de variedades de diferente ciclo.

TABELA 1. Evapotranspiração da cultura - Etc-(mm), Precipitação efetiva (mm), lamina de irrigação (mm) para 5 variedades de soja, Santa Rita. 2011/12. **Crop evapotranspiration - Etc-(mm), effective rainfall (mm), Irrigation depth (mm) of five varieties of soybean, Santa Rita. 2011/12**

ETc (mm)	Precipitação efetiva (mm)	Irrigação (mm)	Precipitação efetiva + Irrigação (mm)
490 ate 514	262 ate 299	116	378 ate 415

As variáveis avaliadas foram: altura da planta, numero de vagens, peso de 100 sementes e rendimento de grãos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A FIGURA 1 apresenta o balanço hídrico para a cultura de soja, no mês de Novembro a precipitação foi bem distribuída e cobrindo grande parte do requerimento da cultura. Em Dezembro a última precipitação foi no dia 8, iniciando um período de seca com uma duração maior a um mês, a seguinte precipitação foi no dia 12 de janeiro, muitas das variedades, no início de esta seca, estavam no final do estágio vegetativo ou no início do estágio reprodutivo. Para o final de este período de tempo a variedade Nidera 4903 RG estava no estágio R3, as variedades DM 5.9i e DM 6.2i no estágio R2 e as variedades NM 70 RR, BMX Potencia no estágio R1.

Numerosos autores indicam que a ocorrência de déficit hídrico durante o período de enchimento dos grãos é mais prejudicial do que durante a floração (FARIAS et al., 2001) e outros indicam R4 como início do período crítico (ANDRADE et al., 2000 e RODRIGUEZ et al., 2011), baseados em essas afirmações as variedades de ciclo mais curto (Nidera 4903, DM 5.9i e DM 6.2i) no ambiente não irrigado foram afetadas pela seca no período mais crítico. Outro período sem irrigação foi desde o dia 24 de Janeiro ate o dia 20 de Fevereiro e as variedades de ciclo mais curto estavam em torno ao estágio R5 e as variedades de ciclos mais longos NM 70 RR, BMX Potencia em torno ao estágio R3 da escala DE FEHR & CAVINESS (1977).

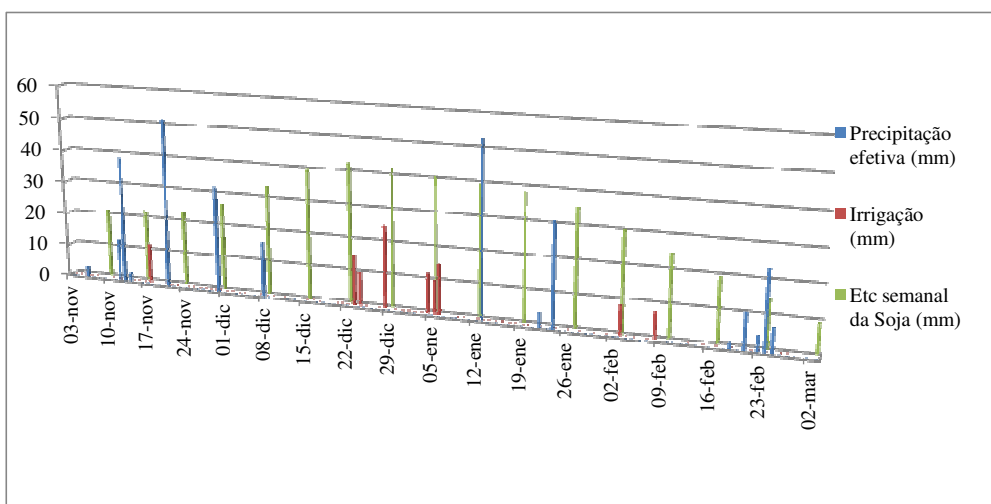


FIGURA 1. Balanço hídrico da soja, Evapotranspiração da cultura – Etc (mm), Precipitação efetiva (mm) e irrigação (mm).

Na TABELA 2 é possível observar a altura final das plantas. Os crescimentos em altura das plantas foram diferentes, em resposta às características particulares de cada variedade. A altura máxima média foi para BMX Potencia com 126 cm, enquanto a menor altura foi em Nidera 4909 RR com 67 cm.

Na mesma TABELA 2, podem ser visto os valores da altura das plantas não irrigadas. Nas variedades com período de crescimento mais longo, a altura das plantas foram maiores (BMX Potencia, NM 70 RR e DM 6.2 i) que as de ciclos mais curtos, diferenças pelas características varietais. Comparando o efeito da irrigação suplementar sobre o crescimento em altura de cada variedade, todas apresentaram maiores valores que as não irrigadas. Em média as plantas com irrigação cresceram 91,0 cm e as não irrigadas 66,9 cm.

TABELA 2. Altura de plantas de cinco variedades de soja (cm) com irrigação e sem irrigação. Santa Rita, 2011/12. **Plant height of five varieties of soybean (cm) with and without irrigation. Santa Rita, 2011/2012**

Variedades	Irigadas	Não irrigadas	Média
NIDERA4903RG	67,0 Da	52,0 Bb	59,0 d
DM 5.9 i	75,0 CDa	57,0 Bdb	66,0 d
DM 6.2 i	84,0 Ca	71,0 Ab	78,0 c
NM 70 RR	102,0 Ba	72,0 Ab	87,0 b
BMX POTENCIA	126,0 Aa	81,0 Ab	103,0 a
Media	91,0 a	66,0 b	
CV (%)	6,72		

Letras maiúsculas diferentes na coluna e minúsculas na fila indicam diferenças estatísticas significativas pela prova de Tukey a 5% de probabilidade

Na TABELA 3 apresenta-se a quantidade média de vagens produzidas por planta. De acordo com a análise realizada dos dados observados, não houve diferenças significativas entre as produzidas pelas plantas irrigadas e não irrigadas, em média, entre 48 e 38 vagens por planta. Também não houve efeito da interação entre os níveis de irrigação. No entanto, a irrigação aplicada permitiu a formação de maior quantidade de vagens atingindo uma média de 50 vagens por planta contra 37 vagens por planta no ambiente que só recebeu chuvas.

TABELA 3. Número de vagens por planta em cinco variedades de soja com irrigação e sem irrigação. Santa Rita, Alto Paraná, Paraguay. 2011/12. **Number of pods for five soybean varieties with and without irrigation. Santa Rita, Alto Paraná, Paraguay. 2011/2012**

Variedades	Irigadas	Não irrigadas	Média
NIDERA4903RG	55,0 Aa	35,0 Aa	45,0 a
DM 5.9 i	50,0 Aa	32,0 Aa	41,0 a
DM 6.2 i	47,0 Aa	42,0 Aa	44,0 a
NM 70 RR	55,0 Aa	41,0 Aa	48,0 a
BMX POTENCIA	42,0 Aa	33,0 Aa	38,0 a
Media	50,0 a	37,0 b	
CV (%)	29,22		

Letras maiúsculas diferentes na coluna e minúsculas na fila indicam diferenças estatísticas significativas pela prova de Tukey a 5% de probabilidade.

O peso das sementes individuais, ou tamanho das sementes, expressado em forma do peso médio de 100 sementes mostra pequenas variações causadas pelas próprias características de cada variedade, cada uma possui um tamanho característico de semente pouco afetado pelos fatores externos. No presente trabalho não foi observada deferência, por efeito da irrigação, no peso das

sementes das variedades avaliadas (TABELA 4).

TABELA 4. Peso de 100 sementes (g) de cinco variedades de soja com e sem irrigação. Santa Rita, Alto Paraná, Paraguay. 2011/12. **Weight of 100 seeds (g) of five varieties of soybean with and without irrigation. Santa Rita, Alto Paraná, Paraguay. 2011/2012**

Variedades	Irigadas	Não irrigadas	Média
NIDERA4903RG	12,28	11,40	11,78 a
DM 5.9 i	10,65	11,80	11,23 a
DM 6.2 i	11,18	12,28	11,73 a
NM 70 RR	10,43	9,95	10,19 a
BMX POTENCIA	9,94	9,49	9,71 a
Media	10,87 a	10,98 a	
CV (%)	6,75		

Letras minúsculas diferentes na fila e na coluna indicam diferenças estatísticas significativas pela prova de Tukey a 5% de probabilidade.

O rendimento, como a potencialidade produtiva de cada variedade, representa a capacidade de formar matéria orgânica a ser colhida. Na TABELA 5 podem ser observados os rendimentos obtidos no ensaio assim como as diferenças significativas dadas pela análise da variância.

A diferença entre as plantas que receberam irrigação suplementar superaram em média 872 kg ha⁻¹ às não irrigadas. Comparando as medias de rendimento de grãos das variedades irrigadas com as medias produzidas a nível nacional nos últimos anos antes da realização do experimento, segundo CAPECO (2014), a diferença flutua entre 600 a 1.700 kg ha⁻¹. Assim, a média dos tratamentos irrigados é próxima aos dados apresentados por GOMES (2007) de 3.120 kg ha⁻¹ na região de Santiago (RS).

Nos dados da TABELA 5 é possível observar que a irrigação complementar permitiu às variedades de ciclos mais curtos (Nidera 4903 RG, DM 5.9i e DM 6.2 i) produzam rendimentos que superaram os 3.000 kg ha⁻¹, por exemplo, a variedade Nidera 4903 RG com irrigação superou em 1.295 kg à não irrigada.

As variedades de ciclos mais curtos precisam de melhores condições ambientais para a expressão de seus potenciais de produção devido ao menor tempo necessário para crescimento e a rápida transformação dos produtos metabólicos em grãos. Por exemplo, NIDERA 4903 RG y DM 5.9 i, duas variedades de ciclos curtos, em condições regulares de boa distribuição de água, podem atingir rendimentos muito superiores a outras variedades. Neste caso, a irrigação complementar permitiu que fosse formada maior quantidade de vagens por planta, que na suma final dos componentes do rendimento resulta em rendimentos superior às outras variedades.

TABELA 5. Rendimento de cinco variedades de soja (kg ha⁻¹) com e sem irrigação. Santa Rita, Alto Paraná, Paraguay. 2011/12. **Grain yield (kg ha⁻¹) for five soybean varieties with and without irrigation. Santa Rita, Alto Paraná, Paraguay. 2011/2012**

Variedades	Irigadas	Não irrigadas	Média
NIDERA4903RG	3.967 Aa	2.672 Ab	3.319 a
DM 5.9 i	3.525 ABa	2.750 Ab	3.137 a
DM 6.2 i	3.330 Ba	2.777 Ab	3.053 a
NM 70 RR	2.836 Ca	2.075 Bb	2.455 b
BMX POTENCIA	2.716 Ca	1.741 Cb	2.228 b
Media	3.275 a	2.403 b	
CV (%)	7,12		

Letras maiúsculas diferentes na coluna e minúsculas na fila indicam diferenças estatísticas significativas pela prova de Tukey a 5% de probabilidade.

CONCLUSÕES

A irrigação complementar teve efeito significativo sobre o rendimento, altura de planta e número de vagens.

Com a aplicação de irrigação complementar foi obtida em media uma diferença de 872 kg ha⁻¹ no rendimento de grãos.

As variedades sob irrigação com melhores rendimento de grãos são Nidera 4903 RG y DM 5.9 i com 3.967 e 3.525 kg ha⁻¹, respectivamente.

AGRADECIMENTOS

Ao INBIO (Instituto de Biotecnología Agrícola) pelo apoio financeiro e à firma DEKALPAR pelo apoio logístico.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, F.H.; AGUIRREZÁBAL, L.A.N.; RIZZALLI, R.H. Crecimiento y rendimiento comparados. In: Bases para el manejo del maíz, el girasol y la soja. Balcarce, INTA/Facultad de Ciencias Agrarias UNMP. p. 61-91. 2000

CAPECO. **Soja: área de siembra, producción y rendimiento**. Disponível em: <http://www.capeco.org.py/> Acesso em: 13 abr. 2014.

EMBRAPA SOJA. Recomendações técnicas para a cultura da soja no Paraná 1999/2000. Londrina, 1999. p.103, 109. (Embrapa Soja. Documentos, 131).

FENDRICH, R. Chuva e produtividade da soja na fazenda experimental gralha azul da PUCPR. **Revista Acadêmica: ciências agrárias e ambientais**, Curitiba, v.1, n.2, p. 37-46, abr./jun. 2003.

FARIAS, J.R.; ASSAD, E.D.; DE ALMEIDA, I.R.; EVANGELISTA, B.A.; LAZZAROTTO, C.; NEUMAIER, N.; NEPOMUCENO, A.L. Caracterização de risco de déficit hídrico nas regiões produtoras de soja no Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Passo Fundo, v.9, n.3, p.415-421. 2001

FEHR, W.R., CAVINESS, C.E. Stages of soybean development. **Special Report 80**. Iowa State University. Ames, Iowa. 11 p. 1977.

FENDRICH, R. Chuva e produtividade da soja na fazenda experimental gralha azul da PUCPR. **Revista Acadêmica: ciências agrárias e ambientais**, Curitiba, v.1, n.2, p. 37-46, abr./jun. 2003.

GOMES, A. C. S. Efeito de diferentes estratégias de irrigação sob a cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) na região de Santiago, RS. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, RS. 2007. 132p.

RODRÍGUEZ, H.; DE BATTISTA, J.; DARDANELLI, J.; PESSOLANI, B.; CASTELLÁ, M.; CHAIX, X. **Efecto del riego en soja y maíz en un vertisol de Entre Ríos**. 2. Crecimiento, rendimiento y sus componentes. Concepción del Uruguay: INTA. 2011. 8 p.

REPORTER BRASIL. **Os impactos socioambientais da soja no Paraguai**. São Paulo: ONG Reporter Brasil, 2010. 34 p.

VIVAN, G. A. **Resposta da irrigação suplementar em diferentes cenários para a cultura da soja na microrregião de Passo Fundo, RS**. 2010. 87 f. Dissertação (mestrado). Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, 2010.