

EFEITOS DO DÉFICIT HÍDRICO NO RENDIMENTO DO MILHO CULTIVADO EM SOLOS DE DIFERENTES TEXTURAS

Reginaldo Ferreira SANTOS¹, Fernando Carlos KRUGER² Reimar CARLESSO³

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito no rendimento da cultura do milho submetida ao déficit hídrico terminal aplicado na fase vegetativa e verificar a existência de interação entre texturas de solo e níveis de manejo da água no solo. O experimento foi conduzido em área experimental do Departamento de Engenharia Rural da Universidade Federal de Santa Maria, RS. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado com dois manejos da água. Os resultados encontrados mostram que as texturas de solo e o manejo da água influenciaram o rendimento de grãos. Ocorreram interações entre as texturas de solo e o manejo de água para massa seca de colmo, peso de semente por espiga, número de semente por espiga, peso de mil grãos e produção por área. A redução na produção final para as plantas cultivadas em solo de textura argilosa submetida ao déficit hídrico chegou a 98,35% em relação ao tratamento irrigado.

PALAVRAS-CHAVE: déficit hídrico, milho e textura.

INTRODUÇÃO

O milho tem sido cultivado no Brasil tradicionalmente em condições não irrigadas, estando sujeito aos elevados riscos causados pela distribuição irregular das chuvas. É comum na região dos cerrados brasileiro a ocorrência de curtos períodos de estiagem denominado “veranicos”. Semelhantemente, esta situação ocorre no Rio Grande do Sul, apesar da precipitação normal anual média ser da ordem de 1540 mm e uniformemente distribuída nas quatro estações do ano. No entanto, janeiro e fevereiro são os meses de maior frequência de estiagem, tornando-se assim, o período mais crítico para a produção agrícola do Estado (Santos, 1997).

A deficiência hídrica provoca alterações, cuja irreversibilidade no comportamento vegetal vai depender do genótipo, duração, severidade e estágio de desenvolvimento da planta. Esta situação é comum na produção de muitas culturas, podendo apresentar um impacto negativo substancial no crescimento e desenvolvimento da planta Lecoeur & Sinclair (1996). Assim, existe um conflito entre a conservação da água e a de assimilação de CO₂ para produção de carboidratos (Taiz & Zeiger, 1991). A necessidade para resolver este conflito leva a planta a desenvolver mecanismos morfo-fisiológico como se estivessem economizando água para períodos posteriores (McCree & Fernández, 1989).

A quantidade de água armazenada no solo disponível às plantas varia com a sua textura e está relacionada principalmente às características físicas do solo, levando a planta a apresentar

¹ Engenheiro Agrônomo MSc. Doutorando em Irrigação e Drenagem - FCA/UNESP, Botucatu CP. 237, CEP 18603-970 pgirrigacao@fca.unesp.br - Tel. (014) 8213883 - FAX: (014) 821 3438.

² Acadêmico do Curso de Engenharia Agrícola UNIOESTE/Cascavel, PR

³ Engenheiro Agrônomo - Pesquisador do CNPq, Ph.D. Prof. Departamento de Engenharia Agrícola UFSM/Santa Maria, RS.

diferentes respostas em seus adaptativos de resistência morfo-fisiológicos. Solos argilosos com textura mais fina retêm água em maior quantidade e intensidade que os solos de textura arenosa devido a maior área superficial e poros menores entre partículas (Taiz & Zeiger, 1991). A medida que o solo seca, torna-se mais difícil às plantas absorver água, isto porque aumenta a força de retenção e diminui a disponibilidade de água no solo às plantas (Bergamaschi et al., 1992). Desta forma, nem toda a água que o solo armazena é disponível às plantas. Contudo a distribuição das aplicações da água é crítica, pois tem se baseado praticamente no estado da água no solo, desconsiderando a planta.

De acordo com Duncam (1980), a produção é um produto da fotossíntese durante o período de enchimento de grão, multiplicado pela duração no período de enchimento do grão, mais as mudanças na reserva. É relatado no trabalho de Carlesso (1993), que a produção de milho é altamente sensível ao déficit hídrico ocorrido no período reprodutivo e de enchimento do grão.

As fase mais sensíveis ao déficit hídrico para a cultura do milho, em ordem decrescente, são: florcimento, enchimento de grãos e desenvolvimento vegetativo (Eck, 1986). Os períodos de maior exigência hídrica da cultura do milho no trabalho de Millar (1984), ocorreram na formação dos grãos de pólen e durante a formação da espiga. Segundo Timm (1991), a deficiência neste período pode acarretar em redução na ordem de 50% na produtividade.

Grant et al. (1989), observou que a ocorrência do déficit na fase inicial da formação do grão, afeta o número final de grãos por espiga em plantas de milho. De acordo com Hall et al. (1981), o número de grãos por espiga é o componente da produção mais sensível no desenvolvimento do milho.

O déficit hídrico se torna mais evidente em solos que possuem baixa capacidade de armazenamento de água (Fiorin, 1993). Para tanto, tem se observado que os efeitos dos períodos de déficit hídrico e da variação temporal da probabilidade de chuvas sobre o crescimento, desenvolvimento e produção do milho pode inviabilizar o sistema de produção agrícola.

O decréscimo da produtividade da cultura do milho está associado a ocorrência de períodos de déficit hídrico de curta duração. De acordo com Matzenauer et al. (1995), o déficit hídrico é o fator que mais tem contribuído para as reduções nas safras de milho do Estado do Rio Grande do Sul. Semelhantes resultados são demonstrados nos trabalhos de Tsunechiro (1994), para a região Central do país.

Segundo Bergamaschi (1992), a produção de milho sob condições natural, de chuvas imprevisíveis e variáveis, requer o amparo de pesquisa através de medições e predição do efeito do déficit hídrico e do armazenamento de água no solo sobre o crescimento, desenvolvimento da cultura. Desse pressuposto, se evidencia a necessidade de um sistema de produção sustentável, menos afetado pelo problema de déficit hídrico.

Resultados de estudos conduzidos em solo de textura arenosa no Estado, buscando um entendimento mais completo das respostas da planta a quantidade de água no solo, vem apresentando um comportamento diferente do demonstrado na literatura para este tipo de solo. Passou-se então a levantar a hipótese de que possivelmente o solo de textura arenosa

apresentasse uma maior disponibilidade de água às plantas. Para testar esta hipótese, este estudo deu-se ênfase no monitoramento e comportamento da água armazenada no solo e o seu efeito na produção final da cultura do milho submetido ao déficit hídrico.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em área experimental do Departamento de Engenharia Rural, Centro de Ciências Rurais, localizado no campus da Universidade Federal de Santa Maria, RS. O clima se enquadra na classe “Cfa” da classificação de Köppen, temperado moderado chuvoso, no qual a temperatura do mês mais frio se situa entre -3°C e 18°C e a temperatura do mês mais quente é superior a 22°C (Moreno, 1961).

O experimento foi instalado em um conjunto de 12 lisímetros de drenagem protegidos das precipitações através de uma cobertura de plástico transparente, constituídos de caixas de cimento amianto de 1000 litros, com dimensões de 156cm de comprimento, 100cm de largura e 80cm de profundidade.

Os solos utilizados foram: solos de textura argila pesada (Latosolo Roxo distrófico), textura franco argilo siltoso (Podzólico Vermelho-Amarelo) e a textura franco arenoso (Podzólico Vermelho-Amarelo). Os solos foram coletados da camada de 0 a 20cm de profundidade.

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado com dois manejos da água de irrigação (irrigado e déficit hídrico terminal aplicado durante o estágio de desenvolvimento vegetativo) e três tipos de solo, com duas repetições, perfazendo 12 parcelas experimentais. A irrigação foi suspensa para os tratamentos com déficit hídrico aos 15 dias após a emergência das plantas.

A adubação de correção e manutenção foi baseada nos resultados da análise do solo seguindo a recomendação da COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO-RS/SC (1989). O calcário foi aplicado 60 dias antes da semeadura e a adubação de manutenção foi realizada em linha por ocasião da semeadura. O nitrogênio foi realizado na linha utilizando uréia parcelada em três aplicações: na base, e aos 30 e 45 dias após a emergência da plantas.

O experimento foi implantado no dia 23 de fevereiro de 1996 e a emergência ocorreu no dia 27/02/96. O espaçamento foi de 15cm entre plantas e 100cm entre-linhas, perfazendo uma população de 66.666 plantas ha^{-1} . O desbaste foi realizado aos cinco dias após a emergência (DAE) das plantas e a irrigação foi realizada igualmente em todos os lisímetros até 15 DAE. Após este período foram realizadas irrigações somente nos tratamentos irrigados.

O conteúdo de água no solo foi determinado através de uma sonda de nêutrons (CPN, Model 503DR). Um tubo de acesso (50mm de diâmetro interno) foi instalado na parte central de cada lisímetro. As leituras foram realizadas a cada dois dias com um incremento de profundidade de 20cm até a base do lisímetro. As aplicações de água nos tratamentos irrigado foram realizados manualmente com um irrigador de jardim de 10 litros, procurando manter a fração de água disponível de 0,75.

Os resultados foram submetidos à análise estatística, utilizando-se o programa Statistical

Analysis System V6.06 (SAS, 1990). Determinou-se a análise da variância e os tratamentos foram comparados em nível de 5% de probabilidade através do teste F (níveis de irrigação) e pelo teste de Tukey para comparação das médias.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados do quadrado médio da análise da variância apresentados nas Tabelas 1 e 2, obtidos para os componentes fenométricos de produção da cultura do milho, mostram diferenças entre as texturas de solo para massa seca de colmo, massa seca total, número de semente por espiga, massa seca de semente por espiga, peso de mil grãos e produção de grãos por área.

Tabela 1 - Valores do quadrado médio da análise da variância para análise dos parâmetros fenométrico de cultivar de milho Pioneer 3069 cultivado em diferentes textura de solo sob dois níveis de manejo da água no solo. Santa Maria, RS.

Causas da variação	Quadrado médio			
	ms.folha (g)	ms. colmo (g)	ms. Espiga (g)	pg. Espiga (g)
textura	18,83 ns	697,67 *	908,93 ns	1421,11 *
nível	248,61 *	6401,01 *	37031,85 *	17105,28 *
textura * nível	7,71 ns	348,03 *	770,62 ns	655,68 *
QM erro	8,74	41,40	365,91	74,44
CV (%)	9,95	10,84	22,51	13,55

*: significativo ($F < 0,05$); ns: não significativo ($F > 0,05$);ms.: massa seca; mss: massa seca de sementes; pg: peso de grão.

Tabela 2 - Valores do quadrado médio da análise da variância para análise dos parâmetros fenométrico de cultivar de milho Pioneer 3069 cultivado em diferentes textura de solo sob dois níveis de manejo da água no solo. Santa Maria, RS, 1996.

Causas da variação	Quadrado médio			
	m.s total (g)	n.g espiga (g)	p.m.g. (g)	produção kg.ha ⁻¹
textura	14374272,49*	27887,26 *	8719,64 *	5839460,54 *
nível	341353066,95*	279004,85 *	58096,52 *	70294902,76 *
textura * nível	6165571,39ns	19648,50 *	5493,38 *	2694418,73 *
QM erro	2714079,26	1934,75	435,98	305851,48
CV (%)	14,77	12,34	12,14	13,55

*: significativo ($F < 0,05$); ns: não significativo ($F > 0,05$);ms.: massa seca; ns: número de semente; p.m.g.: peso de mil grãos

Para o fator níveis de manejo da água no solo os resultados da análise da variância diferirem entre si para todos os parâmetros fenométricos de produção analisados neste trabalho. Há interação na associação entre texturas de solo e manejo da água no solo, para a massa seca de colmo, massa seca de semente por espiga, número de semente por espiga e peso de mil grãos. Isto significa que estas variáveis fenométricas não apresentaram comportamentos semelhantes entre si.

Os resultados das Tabela 1 e 2 mostram ainda que os fatores relacionados com a produção de carboidratos nas plantas como a massa seca de folhas, massa seca de espiga e massa seca total não apresentaram interação entre as texturas de solos e níveis de manejo da água no solo.

Estes resultados indicam que estes parâmetros fenométricos são menos influenciados pelo déficit hídrico. Entretanto, os parâmetros relacionado com o armazenamento de carboidratos (massa seca de colmo, peso semente por espiga, número de semente por espiga, peso de mil grãos e produção de grãos em kg.ha⁻¹) foram mais influenciados pelo déficit hídrico.

As médias das variáveis fenométrica de produção do milho que apresentaram diferenças significativas para as texturas de solo e níveis de manejo da água no solo na Tabela 3, evidenciam que nos tratamentos irrigados, as plantas cultivadas na textura de solo arenosa apresentaram o melhor desempenho dos fatores fenométrico de produção. Entretanto, verifica-se que as plantas cultivadas na textura argilosa para os tratamentos submetidos ao déficit hídrico terminal, apresentaram os menores valores em todas as variáveis fenométricas estudadas, evidenciando portanto, que as plantas destas texturas apresentaram maior dificuldades em desenvolver habilidades suficiente para extrair água do solo, produzir e armazenar fotoassimilados. Segundo Jordan (1983), o déficit hídrico afeta conversão dos fotossintatos para o crescimento das partes novas da planta e a necessidade de carboidratos para a manutenção da matéria seca existente.

Tabela 3 - Valores médios dos parâmetros fenométricos de produção de cultivar de milho Pioneer 3069 cultivados em diferentes texturas de solos, sob dois níveis de manejo da água no solo. Santa Maria, RS.

Texturas de solo	ms. Colmo	pg.espiga	ng.espiga	p.m.g.	produção
(g).....				(kg.ha ⁻¹)
irrigado					
argilosa	66,97 bA*	90,07 bA	496,21 aA	241,99abA	5774,33 bA
franca	72,68 bA	84,26 bA	481,87 aA	211,42 bA	5401,49 bA
arenosa	107,68 aA	129,95 aA	548,37 aA	281,71 aA	8330,77 aA
déficit hídrico					
argilosa	29,25 aB	2,27 bB	31,12 bB	19,75 bB	145,60 bB
franca	39,40 aB	37,31 aB	277,41 aB	131,59 aB	2477,76 aB
arenosa	40,10 aB	38,18 aB	303,04 aB	166,29 aB	2391,36 aB
DMS	16,12	21,61	110,21	53,38	1385,74

*Os valores seguidos da mesma letra minúscula na vertical não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (P 0,05); ms.: massa seca; pg.: peso de semente; ns: número de semente; p.m.g.: peso de mil grãos;

Embora tenha sido significativo a interação entre textura de solo e níveis de manejo da água no solo para as variáveis, número de grãos por espigas, peso de mil grãos e produção, não se constatou diferenças estatísticas entre as texturas arenosa e franca quando submetidas ao déficit hídrico. Entretanto os maiores valores médios foram observados para a textura arenosa. Já as plantas cultivadas na textura argilosa submetidas ao déficit hídrico ficaram com os valores do rendimento e dos componentes do rendimento num teto inferior aos demais tratamentos. Os resultado demonstrados na Tabela 3 evidencia que a redução da produção na textura argilosa submetida ao déficit hídrico chegou a 98,35%. A média de redução no peso de mil grãos da textura argilosa alcançou 92,98%. Nos tratamentos com déficit hídrico, as maiores reduções ocorreram em plantas cultivadas na textura argilosa, para massa seca de espigas (98,56%) e peso de grãos por espiga (98,25%).

O menor efeito final do déficit hídrico foi observado em uma variável de produção de

carboidratos na textura arenosa, apresentando redução para massa seca de folhas de 30,56%. Estes resultados demonstram que as variáveis mais prejudicadas pelo déficit hídrico foram as de acumulação final de carboidratos. As investigações de Grant et al (1992), demonstram redução 51% no peso de grãos em déficit hídrico iniciado duas semanas após o início da antese.

Comparando os níveis de manejo da água no solo, as plantas de milho apresentaram comportamento diferenciado para cada textura de solo, a redução no número de grãos por espiga na textura argilosa submetida ao déficit hídrico chegou a 94,32%, enquanto na textura franca e arenosa com o mesmo manejo da água no solo as reduções não chegaram a 50%. Grant et al. (1989) encontrou redução no número de grãos de 45% em tratamentos com déficit hídrico iniciado no período da antese.

Os resultados dos trabalhos com a cultura do milho de Nesmith & Ritchie (1992) demonstram que o peso e o número de grãos foram os componentes produtivos mais afetado pelo déficit hídrico iniciado na pré-antese. Claassen & Shaw (1970), estudando o efeito do déficit hídrico sobre os componentes do grão encontraram redução na produção de 12 a 30% nos vários estádios do período vegetativo.

CONCLUSÕES

Considerando as condições em que o estudo foi desenvolvido, pode se concluir que:

- O rendimento de grãos da cultura do milho é afetado pelo déficit hídrico terminal;
- As plantas cultivadas em solo de textura arenosa apresentaram os valores mais elevados dos componentes fenométrico, enquanto que as plantas cultivadas na textura argilosa foram as mais prejudicada pelo déficit hídrico terminal.

BIBLIOGRAFIA

BERGAMASCHI, H., BERLATO, M.A., MATZENAUER, R., FONTANA, D.C. et al. **Agrometeorologia aplicada à irrigação**. Porto Alegre: Ed. da Universidade, 1992. 125p.

CARLESSO, R. **Influence of soil water deficits on maize growth and leaf area adjustments**. Ph.D. Dissertation. Michigan State University. East Lansing, MI. EUA. 1993.

CLAASSEN, M.M., SHAW, R.H. Water deficit effects on corn. II Grain components. **Agronomy Journal**, Mandison. v. 62, p. 652-655, 1970.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO-RS/SC. **Recomendações da adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. Passo fundo: SBCS - Núcleo Regional Sul/EMBRAPA-CNPT, 2 ed. 1989. 128p.

DUNCAN, W. G. Maize. In L. T. Evans. **Crop Physiology: Some case histories**. Cambridge University Press, Cambridge, England. p. 23-51. 1980.

ECK, H.U. Effects of water deficits on yield components and water use efficiency of irrigated corn. **Agronomy Journal**, Mandison v. 57, p. 1035-1040, 1986.

FIORIN, J.E. **Armazenamento de água no solo, crescimento e produção do milho e teste de modelo de simulação**. Santa Maria, RS. Santa Maria: UFSM, 1993. 128p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Santa Maria.

GRANT, R.F., JACKSON, B.S., KINIRY, J.R. et al. Water deficit timing effects on yield components in maize. **Agronomy Journal**, Madison, v.81, p.61-65. 1989.

HALL, A.J., LEMCOFF, J.H., TRAPANI, N. Water stress before and during flowering in maize and its effects on yield, its component, and their determinants. **Maydic**. v. 26, p. 19-38, 1981.

JORDAN, W.R. Whole plant response to water deficits: An overview. In TAYLOR, H.M., JORDAN, W.R., SINCLAIR, T.R. **Limitations to efficient water use in crop production**. ASA, CSSA, and SSSA, Madison, WI. p. 289-317, 1983.

LECOEUR, J., SINCLAIR, R.T. Field pea transpiration and leaf growth in response to soil water deficits. **Crop Sci**. n.36, p.331-335, 1996.

MILLAR, A.A. **Manejo racional da irrigação: uso das informações básicas sobre diferentes culturas**. Brasília, Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura, 1984. 54p.

MATZENAUER, R. BERGAMASCHI, H., BERLATO, M.A. et al. Modelo agrometeorológico para estimativa do rendimento de milho em função da disponibilidade hídrica. In: **XXXIX Reunião técnica anual do milho, ATA**. FUNDACEP-FECOTRIGO, Cruz Alta, RS. p.11, 1995.

McCREE, K.J., FERNÁNDEZ, C.J. Simulation model for studying physiological water stress responses of whole plants. **Crop Science**, v. 29, p. 353-360, 1989.

MORENO, J.A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, Secretaria da Agricultura, Diretoria de Terras e Colonização, Seção de Geografia, 1961. 46p.

NeSMITH, D.S. & RITCHIE, J.T. Short and long-term responses of corn to a pre-anthesis soil water deficit. **Agronomy Journal**, Madison, v.84, p.107-113. 1992.

SANTOS, R.F. **Comportamento morfo-fisiológico de plantas de milho submetidas a déficit hídrico em solos de diferentes texturas**. Santa Maria, RS. Santa Maria: UFSM, 1997. 128p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Santa Maria.

SAS. Institute Inc. **SAS Procedures Guide, Version 6**. Third edition. Cary, NC: SAS Institute Inc., 1990. 705p.

TAIZ, L. & ZEIGER. **Plant Physiology**. The Benjamin/ Cummings Publishing Company, Inc., Redwood City, California, 1991.

TIMM, J.L.G. **Comportamento da resistência estomática em folhas de milho (Zea mays,**

L) submetidas a diferentes tensões de água no solo e demanda atmosférica. Santa Maria, RS. Santa Maria:UFSM, 1991 00p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola)- Universidade Federal de Santa Maria, 1991).

TSUNECHIRO, A. II Seminário sobre a cultura do milho ``safrinha``. **Resumos**, Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), Estação Experimental de Agronomia do Vale do Paranapanema, Assis, 8 Fev. p.1-5, 1994.