

PROJECTO AGRO 727

DEMONSTRAÇÃO E DIVULGAÇÃO DE TÉCNICAS DE GESTÃO
INTEGRADA DA SALINIDADE E DE FERTILIZAÇÃO AZOTADA EM
SOLOS REGÁVEIS DO ALENTEJO

INTERACÇÃO DA SALINIDADE E DA FERTILIZAÇÃO AZOTADA NA PRODUTIVIDADE DO MILHO-GRÃO

Folha Informativa nº 3

INSTITUIÇÕES INTERVENIENTES

UE - Universidade de Évora-Departamento de Eng. Rural

EAN - Estação Agronómica Nacional do Instituto Nacional de Investigação Agrária.

COTR - Centro Operativo e de Tecnologia de Regadio.

LNEC - Laboratório Nacional de Engenharia Civil.

IST - Instituto Superior Técnico.

ICAM - Instituto de Ciências Agrárias Mediterrânicas

INIAP - Instituto Nacional de Investigação Agrária e das Pescas

Introdução

O objectivo dos estudos realizados no âmbito deste projecto é avaliar se a variação da salinidade da água da rega pode ser compensada com a variação de nutrientes azotados, conseguindo-se obter bons níveis de produção mesmo regando com águas de rega de qualidade inferior (salinas), sem, por outro lado, provocar a salinização e/ou sodicização do solo.

Segundo a FAO (1998), em presença de sais a cultura de milho mantém níveis de produção aceitáveis até um limiar em que a condutividade eléctrica do extracto de saturação do solo na zona das raízes atinge 1,7 dS m⁻¹. Acima deste valor limite, os decréscimos nas produções

ocorrem de modo directamente proporcional aos acréscimos de salinidade, a uma taxa expressa pelo declive da recta, em que por cada dS m⁻¹ de aumento da condutividade eléctrica do extracto de saturação há um decréscimo na produção de 12 %.

Pretende-se obter a combinação adequada do binómio sais-fertilizante azotado que melhor responda às necessidades do milho-grão, maximizando a sua produtividade e minimizando os impactes ambientais da rega e do uso de azoto no solo e nas águas subterrâneas e superficiais.

Descrição das Actividades

Com a metodologia de rega gota a gota em Fonte Tripla Linear descrita nas Folhas Informativas n.º 2.1 e 2.2 deste projecto, aplicou-se água de rega salina e água de rega mais fertilizante com concentrações variáveis à cultura de milho-grão. Durante as campanhas de rega de 2004 e 2005, foram avaliadas as produções em palha e grão em função dos vários tratamentos aplicados. Efectuou-se uma análise de regressão múltipla relacionando as produções obtidas nos dois locais, com as quantidades totais de sal (NaCl) e de fertilizante azotado (N) aplicados em cada grupo e modalidade nos dois anos do ensaio. A função de produção obtida foi analisada, os seus máximos calculados e determinadas as curvas de resposta.

Quadro I Quantidade total de sais na água de rega salina e de fertilizante azotado (N), aplicados em cada Grupo e modalidade, nos 2 anos de ensaio (calculadas com base na concentração de sais e fertilizante da água aplicada).

Grupos	Mod.	Sal (g/m ²)				Fertilizante (g/m ²)			
		2004		2005		2004		2005	
		Alvalade	Mitra	Alvalade	Mitra	Alvalade	Mitra	Alvalade	Mitra
I	A	1365	1352	2055	962	12	6	13	10
	B	910	901	1027	481	12	6	13	10
	C	455	451	0	0	12	6	13	10
	D	0	0	-	-	12	6	-	-
II	A	1365	1352	2055	962	8	4	9	7
	B	910	901	1027	481	8	4	9	7
	C	455	451	0	0	8	4	9	7
	D	0	0	-	-	8	4	-	-
III	A	1365	1352	2055	962	4	2	4	3
	B	910	901	1027	481	4	2	4	3
	C	455	451	0	0	4	2	4	3
	D	0	0	-	-	4	2	-	-
IV	A	1365	1352	2055	962	0	0	0	0
	B	910	901	1027	481	0	0	0	0
	C	455	451	0	0	0	0	0	0
	D	0	0	-	-	0	0	-	-

Resultados

Verificou-se variações nas produções de grão e palha (Figura 1), de acordo com os gradientes de salinidade e fertilizante estabelecidos (Ver Folha informativa n.º 2.1).



Figura 1 Produções da cultura de milho, grão e palha (folhas, colmo e carolo) e altura média dos pés de milho por modalidade, em 2004 e 2005, para Alvalade e Mitra.

No Grupo IV (sem aplicação de fertilizante) foram registados os valores mais baixos de produção em ambos os campos experimentais e nos 2 anos, assim como a altura média das plantas, o que era expectável por este grupo não ter tido adubação azotada.

As produções foram, de um modo geral, mais baixas em 2005 do que no ano anterior, devido provavelmente ao facto

do Inverno e da Primavera terem sido extremamente secos, o que condicionou o estado de humidade do solo à sementeira, a emergência das plantas e o seu desenvolvimento posterior, e por o solo apresentar salinidade acumulada proveniente do 1º ciclo de rega. De facto, em Setembro de 2004 (fim do 1º ciclo de rega), o solo apresentava uma salinidade entre 2 e 4 dS m⁻¹, em Alvalade, e entre 3 a 5 dS m⁻¹ na Mitra.

Para Alvalade, as produções de milho-grão obtidas nos 2 anos (Figuras 1A e B) mostram que para o Grupo I (máximo de sal e fertilizante aplicados) se registou um decréscimo, de 2004 para 2005, de cerca de 4000 kg/ha na modalidade A e de cerca de 3000 kg/ha na modalidade D (em 2004), a qual equivale à C em 2005, ambas as modalidades sem aplicação de sal. Para as modalidades B e C (2004) as produções foram semelhantes às registadas na modalidade B em 2005. No Grupo III, para 2004, notou-se um rendimento máximo de 15500 kg/ha na modalidade A, mas um decréscimo para cerca de metade, em 2005. Esta redução drástica de rendimento deve ser consequência da salinidade do solo, pois em Setembro de 2004, a CE ultrapassava os 5 dS m^{-1} naquela modalidade. A produção de palha foi, quase sempre, inferior à produção de milho-grão nos dois anos estudados.

Para a Mitra, os rendimentos em milho-grão em 2004 (Figura 1A) atingiram os maiores valores na modalidade A do Grupo I e na modalidade C do Grupo II, com cerca de 12000 kg/ha, e ainda na modalidade A do Grupo III (13100 kg/ha). A produção de palha foi em regra ligeiramente inferior à produção de milho-grão. Porém, em 2005, verificou-se uma inversão da

produção de milho-grão em relação à produção de palha, em todos os Grupos. As produções de milho-grão, em 2005, foram bastante mais baixas que em 2004, com valores entre 3700 e 6800 kg/ha mas crescentes da modalidade A para a C, ou seja, com o decréscimo da salinidade da água de rega, em todos os Grupos. Esta situação também ocorreu para a produção de palha.



Figura 3
Vista do campo de ensaios

Parece, assim, ter havido apenas em Alvalade, uma interação positiva da aplicação da água salina com os teores mais baixos de solução azotada (Grupos II e III), dado que em todas as modalidades em que foi aplicada água salina conjuntamente com as menores doses de fertilizante azotado (4 e $8/9 \text{ g m}^{-2}$ em Alvalade), as produções revelaram-se superiores.

Funções de Produção

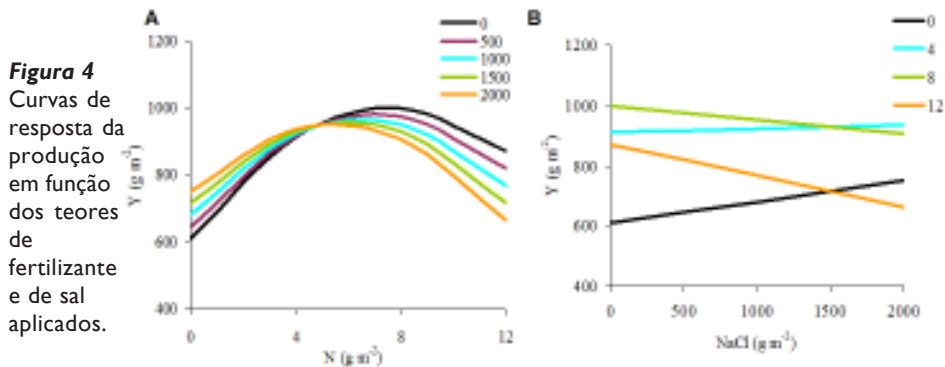
Obteve-se a seguinte função de produção cuja equação justifica 62% da variação total da produção observada:

$$Y = 611.2 + 102.1N - 6.7N^2 + 0.07NaCl - 0.0145N \times NaCl$$

$$(R^2 = 0.62^{***}, n = 55)$$

em que Y é a produção de grão no conjunto dos locais ($g\ m^{-2}$), N e NaCl são os teores aplicados de azoto e de cloreto de sódio ($g\ m^{-2}$)

As curvas de resposta da produção de milho-grão em função dos teores de fertilizante azotado e de sal aplicados:



Os máximos das curvas da produção do milho-grão, obtidos a partir das derivadas das funções de produção, encontram-se na tabela seguinte.

Tabela 1

Máximos das curvas de resposta da produção em função dos teores de azoto e de sal ($\partial Y / \partial N = 0$ e $\partial Y / \partial NaCl = 0$)

NaCl (g/m^2)	N (g/m^2)	Y (g/m^2)	N (g/m^2)	Y (g/m^2)
0	7.62	1000.2	4.83	947.9
500	7.08	981.9	4.83	947.9
1000	6.54	967.6	4.83	947.9
1500	6.00	957.1	4.83	947.9
2000	5.46	950.6	4.83	947.9

Devido ao facto da **interacção N×NaCl ter sido negativa**, o aumento da concentração salina antecipou de forma muito evidente o nível de N, a que corresponde o máximo de produção, e de forma menos evidente o respectivo nível de produção (Figura 4A, Tabela I). Pela mesma razão, a resposta à concentração salina começa por ser positiva para baixos níveis de azoto e torna-se negativa a partir de 4.83 g m^{-2} de N (Figura 4B, Tabela I).

O efeito benéfico da salinidade da água de rega em carência de fertilização azotada, também verificado na análise dos valores de produções reais, poderá ser explicado pela substituição, ou troca, no complexo coloidal do solo do ião NH_4^+ , lá existente, pelo ião Na^+ , da água de rega, ficando o primeiro disponível para a planta.

Segundo Nommik e Vahtras (1982), a fixação do N-NH_4^+ nos minerais de argila confere-lhe protecção contra a lixiviação e permite que, de forma gradual, vá sendo fornecido às plantas ao longo do ciclo vegetativo, à medida que for sendo substituído pelos catiões que expandem a malha, nomeadamente pelo Mg^{2+} , Ca^{2+} , Na^+ e H_3O^+ . De acordo com Stevenson (1986), o ião sódio expande o espaçamento dos minerais silicatos, permitindo a libertação dos iões NH_4^+ retidos.

Aquele efeito é mais notório em Alvalade do que na Mitra devido às diferenças na textura dos solos (textura franco-arenosa na Mitra e franca a franco-limoso em Alvalade) e respectiva capacidade de troca catiónica (entre 13.7 e 10.6 cmolc Kg⁻¹ na Mitra, e 13.6 e 16.0 cmolc Kg⁻¹ em Alvalade).



Figura 5 Amostragem da produção de milho grão.

Conclusões

Relativamente às produções obtidas neste 2 anos de ensaios, infere-se que o efeito conjunto da água de rega mais salina ou de salinidade intermédia, e de adubação azotada (4 e 8/9 g m⁻² em Alvalade e 2/3 e 4/7 g m⁻² na Mitra), deram origem aos valores de rendimento em milho-grão mais elevados.

Pelo contrário, e como seria de esperar, os valores mais baixos de produção, em ambos os ensaios, corresponderam ao grupo sem aplicação de fertilizante (Grupo IV).

As produções de milho-grão em 2005, foram, nos 2 campos

experimentais, inferiores às de 2004, especialmente na Mitra.

As funções de produção obtidas confirmam o efeito positivo que a salinidade da água de rega teve nas produções de milho-grão até uma aplicação de 4.83 g m⁻² de N. A partir de teores de azoto mais elevados verifica-se um efeito oposto.

Pensa-se que o efeito positivo do NaCl da água de rega será devido à troca catiónica entre o ião NH₄⁺ retido no complexo coloidal do solo e o catião Na⁺ da água de rega.

Referências

- ◆ Alvim, A. J. 1975. Factores elementares dos regadios alentejanos. A água. Curso de reciclagem de regadio. INIA – Oeiras, 5:5-18.
- ◆ FAO. 1998. Crop evapotranspiration – Guidelines for computing crop water requirements, Irrigation and Drainage paper, 56, Rome.
- ◆ Heimann, H. 1966. Plant growth under saline conditions and the balance of the ionic environment. In: Bokyo, K. Salinity and Aridity. Dr W. Junk Publishers.
- ◆ Levy, Y., Columbus, D., Sadan, D. & Lifshitz, J. 1999. Trickle linear gradient for assessment of the salt tolerance of citrus rootstocks in the orchard. *Irrigation Science* 18: 181-184.
- ◆ Nommik, H., Vahtras, K. 1982. Retention and fixation of ammonium and ammonia in soils. In: Stevenson, F. J. (ed.). Nitrogen in Agricultural Soils. *Agronomy*, nº 22: 123-171.
- ◆ Stevenson, F. J. 1986. Cycles of Soil. Carbon, Nitrogen, Phosphorus, Sulfur, Micronutrients. John Wiley & Sons,



Centro Operativo e de Tecnologia de Regadio

Quinta da Saúde, Apartado 354,
7801-904 Beja
Tel: 284 321 582 Fax: 284 321 583

**Folha Informativa do
Projecto AGRO 727**

Editor: COTR

Tiragem: 200

Programa AGRO
Medida 8 - Desenvolvimento Tecnológico e Experimentação
Acção 8.1 - Desenvolvimento Experimental e Demonstração

