

tion design. Glendora, California, Rain Bird Manufacturing Corp., 1975. 133 p.

KEMPER, W.D.; HEINEMANN, W.H.; KINCAID, D.C. & WORSTELL, R.V. Cablegation: I. Cable controlled plugs in perforated supply pipes for automatic furrow irrigation. *Trans. Am. Soc. Agric. Engrs.*, 24(6): 1526-32, 1981.

LEY, T.W. & CLYMA, W. Furrow irrigation practices in Northern Colorado. *Trans. Am. Soc. Agric. Engrs.*, 24(3): 610-6, 623, 1981. 1.

OSTER, J.D.; HOFFMAN, G.J. & ROBINSON, F.E. Dealing with salinity. *California Agriculture*, 38(10): 29-32, 1984.

PAIR, C.H.; HINZ, W.W.; REID, C. & FROST, K.T. (ed.). *Sprinkler irrigation*. Silver Spring, Maryland, Sprinkler Irrigation Association, 1975. 615 p.

SCALOPPI, E.J. Exigências de energia para irrigação. *ITEM - Irrigação e Tecnologia Moderna.*, 21: 13-7, 1985.

Aplicação de fertilizantes via água de irrigação

Enio Fernandes da Costa 1/
Gonçalo Evangelista de França 2/
Vera Maria Carvalho Alves 1/

A política nacional de irrigação, expressa pelos programas Nacional e do Nordeste de Irrigação (PRONI e PROINE), que deve irrigar, até 1990, um total de dois milhões de hectares, induz os usuários dos sistemas de irrigação a utilizar tecnologias competitivas que, ao mesmo tempo, possam simplificar as operações e diminuir os custos na condução da lavoura (PMID 1986).

Em países onde a agricultura irrigada é desenvolvida, uma das práticas utilizadas, para se atingirem os objetivos mencionados, é a aplicação de fertilizantes, herbicidas e inseticidas, via água de irrigação, também chamada "fertirrigação".

No Brasil, a aplicação de fertilizantes, notadamente o nitrogênio, via água de irrigação, está começando a ser utilizada pelos produtores para diferentes culturas e sistemas de irrigação. Esta prática apresenta diversas vantagens como:

- economia de mão-de-obra e maquinaria;
- aplicação no momento exato em que a planta necessita;
- possibilidade de aplicar o produto em qualquer fase do ciclo cultural;
- fácil parcelamento e controle;
- distribuição uniforme com a água de irrigação;

- maior flexibilidade das operações;
- simplificação das práticas culturais, como por exemplo, a aplicação simultânea de pesticidas e fertilizantes;
- maior eficiência na utilização de nutrientes;
- maior facilidade de aplicação de micronutrientes;
- menor dano físico ao solo e à cultura.

Embora essa prática apresente vantagem e já esteja sendo utilizada em algumas áreas irrigadas, existe no Brasil falta de informações sobre dosagens, tipo de fertilizantes, modo e época de aplicação. Devido a estas limitações, apresentam-se algumas sugestões, baseadas em conhecimentos sobre adubação, nutrição e irrigação de diversas culturas e também em resultados obtidos em outros países, que possam servir de orientação para o uso desta técnica.

TIPOS DE FERTILIZANTES

Existe um grande número de fertilizantes usados para aplicação via água de irrigação, e a escolha se processa conforme a situação de cada caso em particular. Esses fertilizantes são oferecidos na forma líquida ou sólida.

Fertilizantes Líquidos

Fertilizantes líquidos são produtos que contêm nutrientes em suspensão

ou solução, podendo fornecer um único elemento ou combinação deles: Nitrogênio (N), Fósforo (P) e Potássio (K). No Brasil, algumas fórmulas de adubos líquidos já são comercializados, como, por exemplo, o 32-00-00 (solução) e 10-30-00 (suspensão).

Fertilizantes Sólidos

Existem no mercado vários fertilizantes sólidos que contêm N, P, e K, em elemento isolado ou em combinação, os quais são dissolvidos e aplicados no fluxo d'água via equipamento de irrigação. O fertilizante sólido pode ser dissolvido e misturado à água em separado, em tanque aberto, e, após bombeamento, passa a fazer parte do fluxo d'água de irrigação. Pode, também, ser colocado em tanques pressurizados, onde parte do fluxo d'água, através de "by pass", irá dissolvendo-o continuamente, até que ele seja totalmente aplicado. No Quadro 1 são apresentados os fertilizantes sólidos mais comumente encontrados no comércio.

Na escolha do fertilizante a ser utilizado, alguns aspectos devem ser considerados:

Solubilidade

Os fertilizantes sólidos utilizados através de água de irrigação devem ser altamente solúveis. No caso de se utilizar mais de um fertilizante, deve-se observar a compatibilidade entre eles, para que não ocorram precipitações (Fig. 1).

Pureza

Os fertilizantes devem possuir alto grau de pureza, para se evitarem entupimentos nos bocais dos equipamentos. No caso específico da uréia, a concentração

1/ Engº Agrº, M.S - Pesquisador/EMBRAPA/CNPMS, Caixa Postal 151 - 35.700 Sete Lagoas-MG

2/ Engº Agrº, Ph.D., - Pesquisador/EMBRAPA/CNPMS, Caixa Postal 151 - 35.700 Sete Lagoas-MG

QUADRO 1 – Fertilizante em Pó para Aplicação Via Água

Produto	Fórmula	Nitrogênio Total (%)	Fósforo Disponível %P ₂ O ₅	Potássio Solúvel em Água %K ₂ O	Enxofre Total %S	kg de CaCO ₃ Necessários para Neutralizar 100 kg do Adubo
Nitrato de amônio	NH ₄ NO ₃	32	–	–	–	60
Nitrocálcio Petrobrás	CaNH ₄ (NO ₃) ₃	27	–	–	–	28
Fosfato Monoamônico (MAP)	NH ₄ H ₂ PO ₄	10 - 12	46 - 48	–	–	60
Fosfato diamônico (DAP)	(NH ₄) ₂ HPO ₄	16 - 20	46 - 50	–	–	88
Ácido Fosfórico	H ₃ PO ₄	–	64	–	–	–
Sulfato de amônio	(NH ₄) ₂ SO ₄	20 - 21	–	–	24	110
Nitrato de cálcio	Ca(NO ₃) ₂	15,5	–	–	–	básico
Nitrato de sódio	NaNO ₃	16	–	–	–	básico
Nitrato de potássio	KNO ₃	13	–	44	–	básico
Cloreto de potássio	KCl	–	60 - 62	–	–	–
Uréia	CO(NH ₂) ₂	45 - 46	–	–	–	84

de biureto não deve ultrapassar 0,25%, para se evitar toxicidade para as plantas.

Poder Corrosivo

Os fertilizantes apresentam poder corrosivo variável, podendo danificar os equipamentos utilizados (Quadro 2). É recomendável que, após o término da fertilização, o equipamento de irrigação continue a funcionar por, pelo menos, uma hora, para lavagem dos resíduos. Esta prática evita, também, o possível desenvolvimento de microorganismos.

Acidificação do Solo

Provocada por diversas fontes de nitrogênio, é variável (Quadro 1). O sulfato de amônio produz consideravelmente mais acidez que os outros fertilizantes necessitando por isso maior dosagem de calcário para ser neutralizado. Isto pode trazer problemas quando a aplicação deste adubo é feita por gotejamento, porque, neste caso, ela é localizada. Assim, o potencial de acidificação deste fertilizante é aumentado consideravelmente. Neste caso, é conveniente que, periodicamente, se faça um acompanhamento da evolução do pH do solo, fazendo-se a correção quando necessário (Ferrerres 1981).

DOSAGEM

A quantidade total de fertilizante a ser aplicada depende de fatores como:

Nitrogênio

A demanda de nitrogênio pelas culturas de arroz, milho, sorgo e trigo, em função da produtividade, é mostrada no Quadro 3. Conhecendo-se a demanda, a capacidade de suprimento de nitrogênio pelo solo e a perda estimada dos fertilizantes nitrogenados, pode-se determinar a quantidade a ser aplicada para se atingir uma dada produtividade. Pesquisas conduzidas no CNPMS, em solo Aluvial e em Latossolo Vermelho-escuro, fase cerrado (LEd), ambos

textura argilosa e com capacidade de suprimento de 70 kg e 40 kg de nitrogênio respectivamente, mostraram perdas elevadas do N aplicado em cobertura. As perdas estimadas na cultura de milho foram de 34% e 41%, para o solo Aluvial e LEd. Para o sorgo, a perda foi de 58% para o solo LEd. A quantidade de N aplicada foi de 60 kg/ha, utilizando-se uréia, para os dois solos e culturas. É possível que as perdas sejam menores quando o N é aplicado parceladamente via água de irrigação. Neste tipo de aplicação, o parcelamento é feito de acordo

QUADRO 2 – Corrosão Relativa de Vários Metais, após Quatro Dias de Imersão em Soluções Comerciais de Fertilizantes

Perfil	Metal			pH do Solo Fertil.
	Ferro Galvanizado	Alumínio	Aço Inox	
N. Cálcio	2	0	0	5,6
N. Sódio	1	2	0	8,6
N. Amônio	4	1	0	5,9
S. Amônio	3	1	0	5,0
Uréia	1	0	0	7,6
A. Fosfórico	4	2	1	0,4
D A P	1	2	0	8,0
Sol. 17-17-10	2	1	0	7,3

0 - 5 : Escala crescente de corrosão.

Solução : 45 kg de material em 379 l d'água.

Solução 17-17-10 : mistura de S.A., D e S. POT.

FONTE: McCulloch & Schrunk (1969).

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1						x					x				x
2															
3						x	0	0			xx				
4						x					x				x
5						x	0				0				0
6	x		x	x	x		x	x	x						
7			0		0	x					x				x
8			0			x					x	0			x
9						x					0				x
10															
11	x		x	x	0		x	x	0						
12								0							
13															
14															
15	x			x	0		x	x	x						

adubos que podem ser misturados
 0 adubos que só podem ser misturados um pouco antes da aplicação
 x adubos que não podem ser misturados

- 1 – Sulfato de amônio
- 2 – Nitrato de sódio e nitrato de potássio
- 3 – Nitrocálcio
- 4 – Nitrato de amônio e sulfonitrato de amônio
- 5 – Uréia
- 6 – Calciocianamida
- 7 – Superfosfatos
- 8 – Fosfatos de amônio
- 9 – Fosfato bicálcico
- 10 – Farinha de ossos
- 11 – Escória de Thômas e termofosfatos
- 12 – Fosfatos naturais ou rochas fosfatadas
- 13 – Cloreto de potássio
- 14 – Sulfato de potássio
- 15 – Calcário

FONTE: Associação Nacional para Difusão de Adubos (1975).

Fig. 1 – Orientação para misturas de fertilizantes.

com a demanda de nutrientes pela planta, nos diversos estádios de desenvolvimento fisiológico, determinada através da mancha de absorção de nutrientes pela cultura.

Embora não se tenham ainda informações definidas de como parcelar o N aplicado via água de irrigação, em função do desenvolvimento da planta, sugere-se o esquema de aplicação mostrado no Quadro 4, baseado na marcha

de absorção do nutriente.

Fósforo

Devido à pouca mobilidade de P no solo, a sua aplicação na superfície, através da água de irrigação, não é recomendada. Pesquisas recentes, entretanto, indicam que a irrigação por gotejamento é uma exceção (Rauschkoß et al 1976). Tem-se observado que o

QUADRO 3 – Extração de Nitrogênio pelas Culturas de Arroz, Milho, Sorgo e Trigo, em Função da Produtividade

Cultura	Produtividade (kg/ha)	N Total Extraído (kg)
Arroz ^{1/}	1.500	42
	8.000	141
Milho ^{2/}	4.000	67
	5.000	88
	6.000	110
	7.000	129
Sorgo ^{2/}	8.000	138
	3.000	59
	4.000	67
Trigo ^{2/}	5.000	107
	2.000	40
	4.000	100

FONTE: ^{1/} Sanchez (1976).
^{2/} CNPMS –
 Dados não publicados.

P se movimenta consideravelmente, quando aplicado através do sistema de gotejamento, em pequenas doses. O aumento na mobilidade se deve ao fato do P, aplicado em área pequena, causar a saturação dos pontos de fixação próximos das saídas de solução, permitindo o seu movimento com a água de irrigação. O parcelamento do P, durante o ciclo da cultura, não produz os mesmos benefícios esperados com o parcelamento de N. As plantas necessitam de P no início de seu desenvolvimento. Portanto, em solos deficientes em P, é necessário aplicá-lo antes do plantio, no plantio, ou logo depois do plantio. A dose de fósforo a ser aplicada deve ser a mesma recomendada para a adubação convencional.

Potássio

A mobilidade do potássio em solos argilosos é pequena; por isso, recomenda-se que a sua aplicação seja feita no sulco, por ocasião do plantio. Entretanto, em solos de textura arenosa, é possível que a aplicação parcelada via água de irrigação dê melhores resultados. Não há, porém, necessidade de parcelá-lo tantas vezes quanto o nitrogênio. Como sugestão, pode-se aplicar parte do fertilizante no plantio e o restante par-

QUADRO 4 – Sugestão para o Parcelamento da Aplicação de Nitrogênio Via Água de Irrigação

Cultura	Dias Após Germinação									
	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65
	% do total									
Arroz	–	–	20	20	10	10	20	20	–	–
Milho	–	–	5	5	10	10	25	25	10	10
Sorgo	–	10	15	15	15	15	10	10	10	–
Trigo	10	10	10	20	20	10	10	5	5	–

celado em duas a quatro aplicações via água de irrigação.

EQUIPAMENTO DE EJEÇÃO DE FERTILIZANTE E OPERAÇÃO

Os fertilizantes químicos a serem aplicados por equipamentos, como ejetores e bombas dosadoras, através de sistema de irrigação, devem possuir as seguintes características:

- ser miscível ou líquido emulsional;

- ser solúvel-criстал (pó seco);

- ser molhável (pó dispersivo);

Os equipamentos de ejeção de fertilizantes, via água de irrigação, foram projetados para aplicar uma específica forma de componente químico, ou adaptados para atender a uma gama de produtos. É importante estar seguro de que determinado equipamento fará as aplicações das formas químicas dos materiais recomendados. As características técnicas do ejetor devem ser tais que a sua capacidade seja adequada a satisfazer a área pretendida, volume e dosagem do sistema de irrigação em apreço.

Os métodos de ejeção de fertilizantes, via água de irrigação, mais comuns são gravidade e sucção (McCulloch & Schrunk 1969).

Gravidade

Este sistema opera um função da pressão existente na linha de irrigação, pelo trabalho desenvolvido pelo conjunto motobomba, fazendo com que o piston do conjunto hidráulico injete a

solução do fertilizante no sistema de irrigação. A Figura 2 mostra os principais componentes de uma bomba dosadora que opera por gravidade.

Sucção

O conjunto motobomba succiona a solução de fertilizante do depósito, que é injetado automaticamente na linha, numa pressão superior ao do sistema de irrigação. A Figura 3 mostra os principais componentes de um conjunto motobomba de sucção. A Figura 4 mostra outro tipo de conjunto por sucção.

A aplicação de fertilizante via água de irrigação tem despertado interesse crescente nos usuários de sistemas de irrigação, visto que esta prática está aliada à redução dos custos e ao incremento da produção.

FERTILIZAÇÃO VIA PIVOT CENTRAL

Para ilustrar o uso da fertirrigação, apresenta-se o caso do pivot central. O irrigante tem que dispor de duas decisões e três fontes de informação, antes de aplicar a solução de fertilizante via sistema de irrigação pivot central (Fischbach 1973).

A primeira decisão necessária é a quantidade de nitrogênio a ser aplicado por hectare, através do sistema de irrigação pivot central em kg/ha (Quadro 5). Dois pontos importantes devem ser lembrados:

a) A quantidade total de nitrogênio a ser aplicado, por hectare, é determinada pela produtividade esperada, capacidade de suprimento de N pelo solo e perda estimada do fertilizante pelo solo.

b) O total de nitrogênio requerido pela cultura pode ser parcelado em diversas aplicações, conforme os vários estágios de desenvolvimento (Quadro 4).

A segunda decisão necessária refere-se ao tipo de solução do fertilizante a ser aplicado, que pode ser determinado a partir do Quadro 5.

Quanto às informações requeridas, elas são:

a) O número de hectares que será irrigado num círculo do pivot central, isto é, num giro completo, pode ser en-

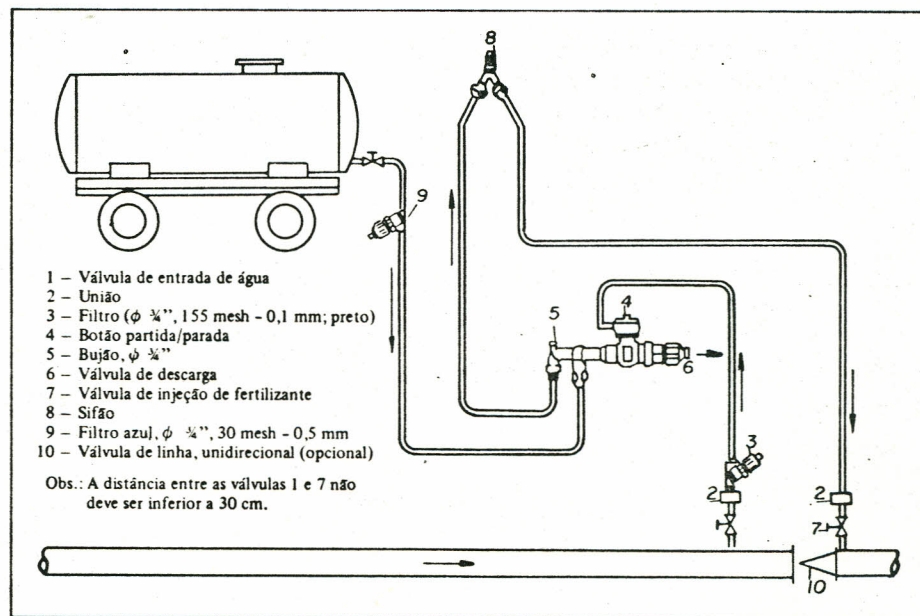


Fig. 2 – Bomba dosadora de fertilizantes, com funcionamento por gravidade.

FONTE: Fertilizer... (1983).

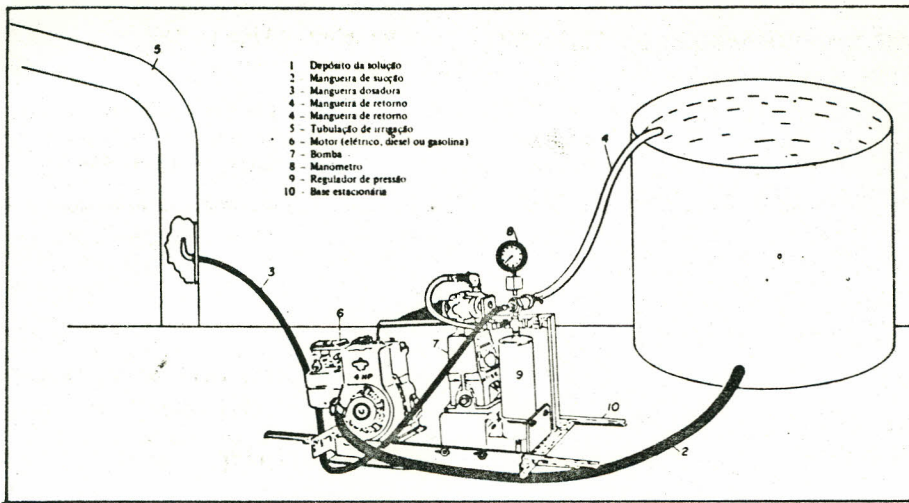


Fig. 3 – Bomba dosadora de fertilizantes, tipo sucção.

FONTE: Gentileza da Fábrica de Motores Cocco.

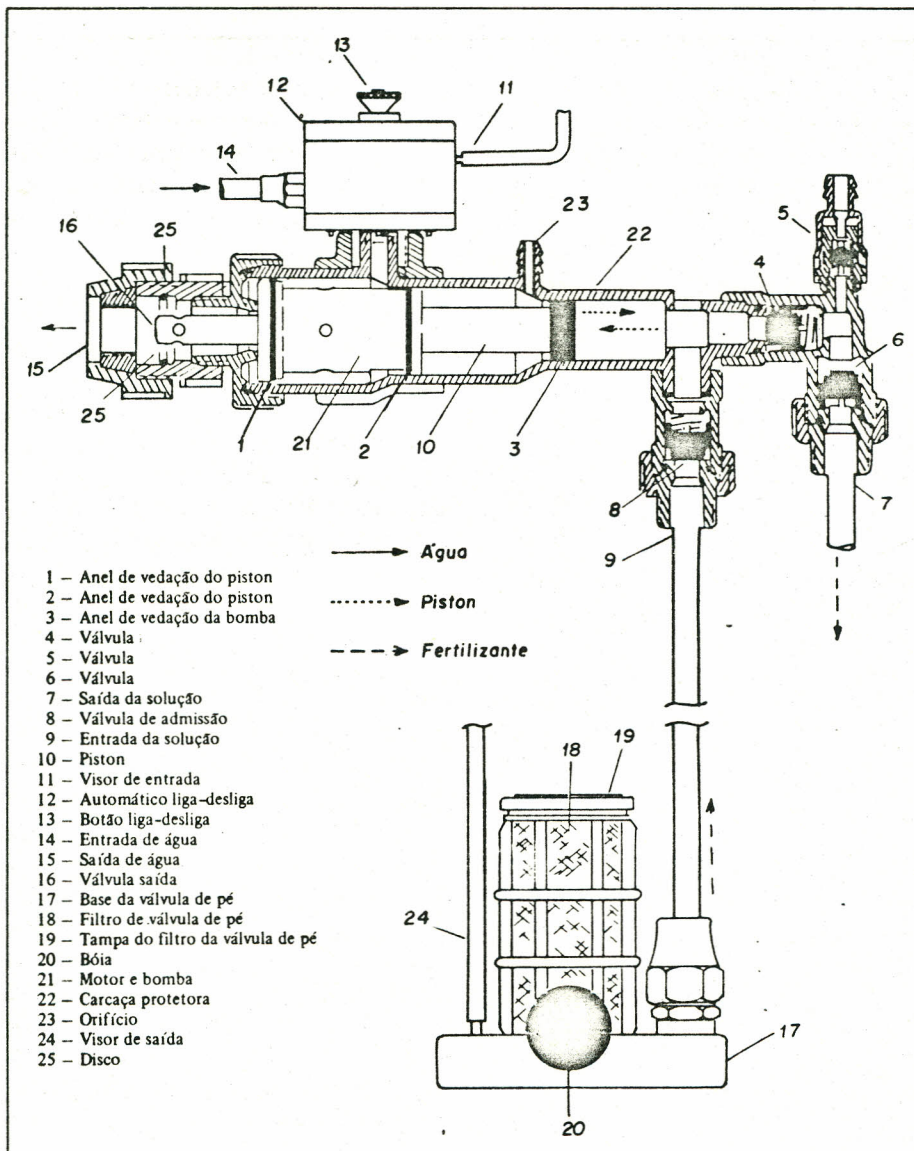


Fig. 4 – Bomba dosadora de fertilizantes, tipo sucção.

FONTE: Fertilizer... (1983).

contrado no manual do operador, ou através de cálculo:

$$A = \frac{\pi D^2}{4} \quad \text{ou} \quad \pi R^2$$

A = área (ha)
 D = diâmetro do círculo do pivot (m)
 R = raio do pivot (m)

b) Para calcular o tempo requerido para o pivot central efetuar uma volta, ou giro completo, ver manual do operador. O tempo variará em função da capacidade do sistema de irrigação, capacidade de retenção de água no solo, clima e cultura.

c) A capacidade da bomba dosadora de ejetar a solução de fertilizante no sistema de irrigação pode ser encontrada no manual do operador, nos aspectos dos fluxos, dosagem e ajustes.

Exemplo de Cálculo

Apresenta-se, em seguida, um exemplo numérico, utilizando-se o pivot central, onde a seguinte memória de cálculo foi obtida:

01. Quantidade de nitrogênio a ser aplicado por hectare, 30 kg N/ha kg/ha (Quadro 5)	
02. Tipo de nitrogênio a ser aplicado (Quadro 5)	21% N
03. Número de litros de solução de fertilizante necessário, 110,94 l/ha por hectare (Quadro 5)	
04. Número de hectares irrigados, por uma volta completa do pivot central	16 ha
05. Resultado do produto litros/ha x ha/volta (multiplicar item 3 pelo item 4)	1.775 l/volta
06. Tempo gasto pelo pivot para completar uma volta	22 horas
07. Velocidade do fluxo da solução de fertilizante, para o sistema de irrigação (dividir o item 5 pelo item 6)	81 l/hora
Obs.: Adequar a capacidade da bomba dosadora, para aplicar a solução na quantidade requerida.	

QUADRO 5 – Tipos e Quantidades de Fertilizantes Necessários para Fornecer 20, 30 e 40 kg de Nitrogênio Disponível por Hectare

Tipo de Solução de Fertilizante	Nitrogênio %	kg/ℓ	Nitrogênio (N)/ha		
			20	30	40
Uréia – Nitrato de amônio Nitrato de amônio	32	1,27	49,21	73,81	98,43
	21	1,28	74,40	110,94	148,80

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA DIFUSÃO DE ADUBOS – São Paulo. Manual de adubação. São Paulo, 1975. 346 p.

FERRERES, E. (ed). Drip irrigation management. Berkeley, University of California, 1981. 39 p.

FERTILIZER and chemical injector manual. Israel, AMIAD Filtration & Irrigation Systems, 1983. 30 p.

FISCHBACH, P.E. Fertilizing through center pivot. Lincoln, University of Nebraska/Extension Service, 1973. 2 p.

McCULLOCH, A.N. & SCHRUNK, J.F. Sprinkler irrigation. Washington, Sprinkler Irrigation Association, 1969. 444 p.

PLANO mineiro de irrigação e drenagem – PMID 1986-1990. Belo Horizonte, MINTER Sec. de Estado da Agricultura e Pecuária Sec. de Estado do Planejamento e Coordenação Geral, 1986. 252 p.

RAUSCHKOLB, R.S.; ROLSTON, D.E.; MILLER, R.J.; CARLTON, A.B. & BURAU, R.G. Phosphorus fertilization with drip irrigation. Soil Sci. Soc. Amer. J., 40:68-72, 1976.

SANCHEZ, P.A. Properties and management of soils in the tropics. Canadá, Wiley Interscience, 1976. 618 p.

Engenharia de drenagem na agricultura

Eugênio Ferreira Coelho ^{1/}
Humberto Paulo Euclides ^{2/}
Shirley Campos Neto ^{2/}

DRENAGEM NA AGRICULTURA

Um desbalanceamento na relação entre as porcentagens de ar e de água existentes na porosidade total do solo pode afetar sensivelmente suas características físico-químicas, refletindo diretamente no desenvolvimento das plantas.

O oxigênio ajuda a compor o ar da atmosfera do solo, participando com um teor em torno de 18-21%, enquanto o gás carbônico participa com um teor entre 0,1% e 5,0%. Num solo com excesso de umidade, o espaço aéreo será preenchido com água reduzindo assim a quantidade de oxigênio disponível às raízes das plantas. Quando a quantidade de oxigênio atinge níveis abaixo de 10%, ocorrem sérios prejuízos ao desenvolvimento das plantas, sendo que, conforme Konke (1968), a taxa de cres-

cimento cai completamente quando a quantidade de oxigênio atinge porcentagens inferiores a 2%. O gás carbônico, que é produto da respiração dos seres vivos, no solo, aumenta sua concentração, ao contrário do oxigênio, com o excesso de umidade, podendo chegar a níveis máximos de 20%. As culturas, dependendo do tipo, apresentam diferentes sensibilidades à maior concentração de gás carbônico e à menor concentração de oxigênio no solo.

Culturas como tomate, batata e aveia possuem baixas tolerâncias à falta de oxigênio. Por outro lado, culturas como milho, trigo e soja são mais tolerantes. Conforme Konke (1968); Pizarro (1978) e Millar (1978), as gramíneas de pastagem são as culturas menos sensíveis a baixos teores de oxigênio no solo. O déficit de oxigênio e o excesso de gás carbônico no solo acarretam redução nas atividades respiratórias e fisiológicas das raízes, trazendo, como consequência, a redução na absorção de ions, redução no transporte desses ions às partes aéreas da planta e redução na absorção de água (Pizarro

1978). O efeito da redução da aeração do solo na absorção de nutrientes varia para diferentes elementos, sendo mais acentuado no caso de potássio e, sequencialmente, em ordem decrescente: cálcio, magnésio, nitrogênio e fósforo (Lawton 1945). Sabe-se que a mineralização dos nutrientes existentes na matéria orgânica se faz por decomposição, pela atividade microbológica do solo. A redução da concentração de oxigênio no solo diminui sensivelmente a atividade microbiana, limitando-a às bactérias anaeróbicas, reduzindo a taxa de suprimento de NH_4^+ e NO_3^- . O nitrato é decomposto, pelos microrganismos, em nitrito e nitrogênio, em forma gasosa. As bactérias anaeróbicas utilizam o pouco oxigênio existente no solo, havendo assim redução de algumas substâncias como ferro e manganês, que passam às formas mais solúveis no solo e à produção de ácido butírico, ambos tóxicos às plantas.

As deficiências de drenagem, em estado contínuo, provocam alterações físicas, no que diz respeito à estrutura, permeabilidade e temperatura do solo, alterações estas que refletem diretamente no desenvolvimento das plantas. Em regiões semi-áridas, há o sério problema do excesso de sais, conseqüente da má drenagem, que pode deteriorar

^{1/} Eng^o Agr^o, M.S. – Pesquisador/EPAMIG-CRGO – Caixa Postal 295 – 35.700 Sete Lagoas-MG

^{2/} Eng^o Agr^o – RURALMINAS – Rua Alvarenga Peixoto, 914 – 30.180 Belo Horizonte-MG