AVALIAÇÃO AGRONOMICA DO SUPORTE SOLIDO CAPILAR PARA
FERTILIZANTES FLUIDOS

GERD SPAROVEK

Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof. Dr. André Martin Louis Neptune

Dissertação apresentada à Escola
Superior de Agricultura "Luiz de
Queiroz", da Universidade de São
Paulo, para obtenção do título de
Mestre em Agronomia, Área de
Concentração: Solos e Nutrição de
Plantas

P I R A C I C A B A

Estado de São Paulo - Brasil

Maio - 1988

S736a Sparovek, Gerd
Avaliação agronômica do suporte sólido capilar para fertilizantes fluidos. Piracicaba, 1988.
117p.

Diss.(Mestre) - ESALQ
Bibliografia.

1. Adubo líquido - Avaliação I. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba

CDD 631.8

AVALIAÇÃO AGRÔNOMICA DO SUPORTE SÓLIDO CAPILAR PARA FERTILI-
ZANTES FLUÍDOS

GERD SPAROVEK

APROVADA EM: 11/07/88

COMISSÃO JULGADORA:

PROF. DR. ANDRÉ MARTIN LOUIS NEPTUNE - ESALQ/USP

PROF. DR. RONALDO IVAN SILVEIRA - ESALQ/USP

PROF. DR. EDSON LUIS MENDES COUTINHO - FCAVJ/UNESP

PROF. DR. ANDRÉ MARTIN LOUIS NEPTUNE

- Orientador -

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. André Martin Louis Neptune pela orientação.

A ULTRAFERTIL pela cessão dos Suportes Sólidos Capilares para Fertilizantes Fluídos e suporte financeiro.

A FAPESP pelo suporte financeiro.

Ao Eng. Agr. Luciano P. Cintrão pelo auxílio na parte experimental.

Aos colegas Euclides Malheiros e José Carlos Barbosa da FCAVJ-UNESP pela orientação nas análises estatísticas.

Aos funcionários do Depto. de Solos, Geologia e Fertilizantes da ESALQ-USP e do Depto. de Solos e Adubos da FCAVJ-UNESP que auxiliaram na realização do trabalho.

A todos outros que de alguma forma contribuíram,

meus sinceros agradecimentos.

SUMARIO

	Página
LISTA DE QUADROS	vii
LISTA DE ABREVIATURAS	ix
RESUMO	x
SUMMARY	xi
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	8
2.1. Problemática	8
2.2. Tipos de fertilizante de solubiliza- ção lenta (FSL)	10
2.3. Comportamento dos FSL	12
2.4. Manejo dos FSL	16
2.5. Resultados experimentais	19
2.5.1. Resultados favoráveis	19
2.5.2. Resultados desfavoráveis	21
3. MATERIAL E METODOS	24
3.1. Suporte capilar para fertilizantes fluidos (SC) e seu preparo	24
3.1.1. Preparo do SC nos ensaios de efeito residual e de micronu- trientes	24
3.1.2. Preparo do SC no ensaio de lixiviação	27

3.2. Ensaaios realizados	28
3.2.1. Ensaio de efeito residual	30
3.2.1.1. Tratamentos básicos ...	30
3.2.1.2. Doses de N, P e K	32
3.2.1.3. Solos	32
3.2.1.4. Calagem	34
3.2.1.5. Cultura	35
3.2.1.6. Cortes	36
3.2.1.7. Tratos e considera- ções gerais	36
3.2.1.8. Delineamento experimen- tal	38
3.2.2. Ensaio com micronutrientes	38
3.2.2.1. Tratamentos básicos ...	38
3.2.2.2. Doses	40
3.2.2.3. Solo	41
3.2.2.4. Calagem	42
3.2.2.5. Culturas	43
3.2.2.6. Colheita	43
3.2.2.7. Tratos e considera- ções gerais	44
3.2.2.8. Delineamento experimen- tal	44

3.2.3. Ensaio de lixiviação	45
3.2.3.1. Tratamentos básicos ...	45
3.2.3.2. Instalação do ensaio ..	46
3.2.3.3. Condução do ensaio	47
3.2.3.4. Coleta das amostras ...	48
3.3. Metodologia analítica	48
3.3.1. Análises de terra	48
3.3.2. Análises do material vegetal ...	50
4. RESULTADOS, DISCUSSÃO E CONCLUSÕES	
PARCIAIS	51
4.1. Ensaio de efeito residual	51
4.1.1. Resultados da análise das	
plantas	52
4.1.1.1. Matéria seca (g/vaso)	
M.S.	52
4.1.1.2. Nitrogênio (% na folha)	
N	53
4.1.1.3. Fósforo (% na folha)	
P	54
4.1.1.4. Potássio (% na folha)	
K	55
4.1.1.5. Cálcio (% na folha)	
Ca	56

4.1.1.6. Magnésio	(% na folha)	
Mg	.....	57
4.1.1.7. Manganês	(ppm na folha)	
Mn	.....	58
4.1.1.8. Zinco	(ppm na folha)	
Zn	.....	58
4.1.1.9. Ferro	(ppm na folha)	
Fe	.....	59
4.1.2. Resultados das análises de		
terra	.....	59
4.1.2.1. Atividade do hidrogénio		
(pH CaCl ₂) - pH ₃	.....	59
4.1.2.2. Fósforo solúvel (ug/cm ³)		
P	.....	60
4.1.2.3. Potássio	trocável	
(meq/100 cm ³) - K	.....	60
4.1.2.4. Cálcio	trocável	
(meq/100 cm ³) - Ca	....	61
4.1.2.5. Magnésio	trocável	
(meq/100 cm ³) - Mg	....	62
4.1.2.6. Soma de Bases		
(meq/100 cm ³) - S	.....	62

4.1.2.7. Capacidade de troca de	3	
cátions (meq/100 cm)		
CTC		62
4.1.2.8. Saturação por bases (%)		
V%		63
4.1.2.9. Enxofre	solúvel	
-2	3	
(SO ug/100 cm)		
4		
SO		63
4		
4.1.3. Discussão dos resultados		64
4.1.4. Conclusões do ensaio		68
4.2. Ensaio com micronutrientes		79
4.2.1. Apresentação dos resultados		79
4.2.1.1. Colza		79
4.2.1.2. Arroz		82
4.2.2. Discussão dos resultados		86
4.2.3. Conclusões do ensaio		89
4.3. Ensaio de lixiviação		95
4.3.1. Apresentação dos resultados		95
4.3.2. Discussão dos resultados		98
4.3.3. Conclusões do ensaio		101
5. CONCLUSÕES		105
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS		107

LISTA DE QUADROS

Página

1 - Médias gerais dos tratamentos no ensaio de efeito residual dos quatro cortes - Análise das Plantas (Capim Colonião)	69
2 - Interação entre os tratamentos do ensaio de efeito residual - Análise das Plantas dos quatro cortes (Capim Colonião)	70
3 - Interações entre as épocas de corte e os tratamentos no ensaio de efeito residual - Análise das Plantas (Capim Colonião)	73
4 - Médias gerais dos tratamentos do ensaio de efeito residual - Análise das terras	75
5 - Interação entre tratamentos do ensaio de efeito residual - Análise das terras	76
6 - Interação entre tratamentos no ensaio de micronutrientes. Análise da parte aérea da colza	91
7 - Interação entre tratamentos no ensaio de micronutrientes. Análise da parte aérea do arroz	93

8 - Resultados da análise de terra do ensaio de lixiviação - Médias e teste F	102
9 - Resultados da análise de terra do ensaio de lixiviação - Resultados com interação signi- ficativa entre Tratamentos e Profundidade	103

LISTA DE ABREVIATURAS

FSL	-	Fertilizante de Solubilização Lenta
UCE	-	Uréia Coberta por Enxofre
SC	-	Suporte Sólido Capilar para Fertilizantes Fluidos
U	-	Uréia
NA	-	Nitrato de Amônio
IBDU	-	Isobutileno - Diuréia
FPEE	-	Fertilizantes Potássicos Envolvidos por Enxofre
UF	-	Uréia Formaldeído
SA	-	Sulfato de Amônio
FS	-	Fertilizantes de alta Solubilidade
NAC	-	Nitrato de Amônio e Cálcio
SAN	-	Sulfato de Amônio Nitrato
SSCE	-	Superfosfato Simples Coberto com Enxofre

AVALIAÇÃO AGRONÔMICA DO SUPORTE SÓLIDO CAPILAR PARA
FERTILIZANTES FLUIDOS

Autor: GERD SPAROVEK

Orientador: PROF. DR. ANDRÉ MARTIN LOUIS NEPTUNE

RESUMO

Procurou-se avaliar o comportamento agronômico do Suporte Sólido Capilar para Fertilizantes Fluidos (SC) * - efeito sobre as plantas e sobre os solos além de compará-lo com fertilizantes convencionais - através de três ensaios: a) Ensaio de Efeito Residual com o objetivo de verificar seu comportamento de Fertilizante de Solubilização Lenta (FSL); b) Ensaio com Micronutrientes com o objetivo de avaliar a possibilidade de aplicação de micronutrientes via SC e c) Ensaio de Lixiviação, a fim de verificar a lixiviação de cátions devido à presença do SC no solo.

O SC não apresentou características de FSL, mostrou-se viável na aplicação de micronutrientes no solo e não provocou a lixiviação de cátions ou a neutralização de Al^{+3} em profundidade.

*

O SC é um produto fertilizante experimental desenvolvido pela ULTRAFERTIL.

AGRONOMIC EVALUATION OF THE SOLID CAPILAR SUPPORT FOR FLUID FERTILIZERS

Author: GERD SPAROVEK

Adviser: PROF. DR. ANDRE MARTIN LOUIS NEPTUNE

SUMMARY

By conducting tree experiments the agronomic behaviour of the Solid Capilar Support for Fluid Fertilizers (SC)^{*} was evaluated: a) Residual Effect Experiment with the objective to verify the behaviour as Slow Release Fertilizer (SRF); b) Micronutrient experiment with the objective to evaluate the possibility of application of micronutrients via SC and, c) Leaching Experiment with the objective to verify the leaching of cations due the presence of the SC in the soil.

The SC did not demonstrate FSL characteristics; it is a viable way of applying micronutrients to the soil, and did not induce leaching of cations or the neutralization of deep placed Al⁺³.

* SC is an experimental fertilizer developped by ULTRAFERTIL.

1. INTRODUÇÃO

Define-se a região tropical como sendo a parte do globo onde a variação da temperatura média mensal dos três meses mais quentes do ano difere em menos de 5 °C da temperatura média dos três meses mais frios. Esta região estende-se geograficamente do equador a 23,5 ° Norte ou Sul, aproximadamente.

O clima chuvoso predomina em 25% das áreas tropicais e o clima estacional, com uma estação seca definida, em 50% das áreas. Nesses dois casos ocorrem chuvas de alta intensidade e curta duração.

Qualquer generalização a respeito dos solos dessa região é no mínimo perigosa. Afirmar que todos os solos tropicais são bastante lixiviados e pouco férteis, seria o mesmo que dizer que todos os solos temperados são jovens e férteis (SANCHEZ, 1981). Apesar disso, sem dúvida alguma, uma parte considerável dos solos tropicais reúne as seguintes características: a) avançado estágio de

intemperismo, consequentemente baixa reserva mineral; b) baixa capacidade de troca de cátions, devido à dominância de argila de atividade baixa e baixo teor de matéria orgânica; c) alta intensidade de lixiviação, devido à boa permeabilidade e à elevada intensidade das chuvas e d) caráter distrófico e acidez, associados ou não à toxicidade de Alumínio.

Em resumo, são solos que necessitam de correções, principalmente do ponto de vista químico, para se tornarem mais produtivos.

Dessa forma, nos trópicos os rendimentos dos cultivos e a produção de alimentos podem aumentar drasticamente mediante a aplicação de técnicas modernas.

Pelo exposto acima, fica clara a necessidade de corrigir o solo e adubar as plantas para atingir níveis razoáveis de produção em grande parte das terras dos trópicos.

Os fertilizantes normalmente utilizados na região tropical têm em comum com aqueles de regiões temperadas sua alta solubilidade em água. Na maioria dos

fertilizantes, os elementos fertilizante estão presentes na sua maior proporção, em formas prontamente solúveis; ficando assim imediatamente disponíveis à absorção pelas raízes das plantas. Entretanto temos o seguinte a considerar: a) as plantas não absorvem os nutrientes de uma vez, fazem-no ao longo de todo o seu ciclo; b) estando dissolvidos, os nutrientes não serão necessariamente absorvidos pelas raízes das plantas, participarão dos processos químicos, físico-químicos e biológicos do solo como um todo e c) esses processos levam, principalmente no ambiente tropical, a perdas ou a uma indisponibilização dos nutrientes em relação às plantas cultivadas.

Em relação ao nitrogênio, metade do N aplicado pode ser perdido por lixiviação, volatilização ou imobilização, sendo a lixiviação o processo mais importante (ALLISON, 1966). Como vimos, a lixiviação assume intensidades muito pronunciadas nos trópicos.

O potássio, apesar de ser menos móvel no solo, também pode sofrer perdas por lixiviação. A fixação ou imobilização do K nas condições tropicais não assume papel importante.

Normalmente, para evitar essas perdas, principalmente a lixiviação do nitrogênio, procede-se o parcelamento da aplicação, ao longo do ciclo da cultura.

O fósforo, apesar de não ser lixiviado em condições normais, liga-se muito fortemente aos óxidos de ferro cristalinos, ficando ligado ou fixado a esses minerais de forma praticamente irreversível.

A maneira encontrada de contornar esse problema é aplicar doses muito superiores às necessárias ou exigidas pelas plantas e diminuir o contato do fertilizante com o solo.

Uma outra maneira de amenizar esses problemas, principalmente a perda de N e K por lixiviação em solos de baixa atividade de cargas e sujeitos a chuvas muito intensas, seria reduzir a solubilidade dos fertilizantes (ENGELSTAD & RUSSEL, 1971).

A liberação lenta dos nutrientes, ao longo do ciclo das culturas, proporciona uma relação entre a quantidade absorvida pelas plantas e a quantidade perdida (lixiviação, imobilização e volatilização) mais favorável às

plantas, -aumentando a eficiência dos fertilizantes. O parcelamento da aplicação nesses casos, para evitar as perdas por lixiviação, também não seria tão necessário.

Diversos Fertilizantes de Solubilização Lenta (FSL), principalmente nitrogenados, têm sido estudados e utilizados nas mais distintas condições.

No Brasil a utilização em escala comercial de FSL nitrogenados ou potássicos ainda inexiste. Poucas pesquisas vêm sendo conduzidas. O número de trabalhos publicados por autores nacionais a respeito de FSL é muito pequeno frente à complexidade e potencialidade desses produtos.

Os produtos têm potencialidade de utilização como FSL apresentam duas limitações, apontadas na maioria dos estudos a seu respeito: elevado custo de produção e/ou eficácia questionável e pouco previsível.

Nesse contexto, a busca de novos produtos fertilizante, com potencialidade de apresentarem um comportamento de Solubilização Lenta, de custo baixo e utilizando matéria prima disponível com facilidade é de

extrema importância.

A ULTRAFERTIL desenvolveu em caráter experimental um produto com potencial de comportar-se como um FSL, chamado de Suporte Capilar para Fertilizantes Fluidos ou SC. O SC consiste de um cilindro de gesso compactado, formando um corpo sólido e poroso, que é imerso numa solução aquosa de fertilizantes solúveis. Esses fertilizantes solúveis, absorvidos pelo SC da solução, ficariam retidos no seu interior ou associados ao mesmo, sendo liberados por difusão para a solução do solo de uma maneira mais lenta.

Partindo da hipótese de que o SC é um fertilizante de solubilização lenta em potencial e a fim de avaliar o comportamento desse novo produto fertilizante, montou-se um ensaio de efeito residual. Nesse ensaio o SC foi comparado a formas solúveis.

A fim de avaliar se o gesso aplicado via SC provocaria a lixiviação de outros cátions foi conduzido um ensaio de lixiviação em colunas de solo.

Dada a dificuldade de aplicação uniforme de

micronutrientes na forma sólida no solo e a facilidade com que os mesmos poderiam ser adicionados à solução que é absorvida pelo SC, conduziu-se um ensaio a fim de avaliar a possibilidade de aplicação de micronutrientes via SC.

2. REVISAO DE LITERATURA

2.1. Problemática

Em extenso trabalho de revisão bibliográfica, a respeito do uso de fertilizantes em condições tropicais, ENGELSTAD & RUSSEL (1975), concluem que os maiores problemas nessas condições são a lixiviação e a fixação dos nutrientes aplicados via fertilizantes. A lixiviação do N e do K pode ser resolvida diminuindo-se a solubilidade, conseqüentemente a liberação desses nutrientes. Cobrir formas solúveis de fósforo com enxofre pode reduzir sua fixação.

Estudando o destino das formas de nitrogênio aplicadas ao solo, ALLISON (1966), afirma que na maioria dos casos apenas a metade do N aplicado é aproveitado pelas plantas. O restante é perdido por lixiviação, volatilização ou imobilização, sendo a lixiviação a responsável pela maior parte das perdas. A maneira de solucionar o problema, segundo o autor, é fornecer apenas o necessário às plantas e em doses que possam ser absorvidas prontamente. Decorre daí a necessidade de parcelamento das adubações nitrogenadas,

principalmente quando realizadas com fertilizantes altamente solúveis na solução do solo (VOLK & HORN, 1975; GASCHO & SNYDER, 1976; SHELTON, 1976; NNADI & ABED, 1983; PUCHADES et alii, 1984 e MAQUIEIRA, 1984).

VERSTRAETEN & LIVENS (1975) consideram que o fertilizante nitrogenado ideal é aquele que libera o nutriente numa intensidade que se aproxima da necessidade das plantas evitando assim perdas por lixiviação ou desnitrificação. Uma fonte dessas poderia ser aplicada em dose única pré-plantio, evitando as coberturas. NNADI & ABED (1983) afirmam que o uso de formas muito solúveis de N aplicadas em culturas como o algodão e o sorgo em pré-plantio, levam a perdas devido à lixiviação. Essas culturas, absorvem muito pouco N no início ficando o fertilizante sujeito à lixiviação.

A redução da solubilidade dos fertilizantes principalmente os nitrogenados, parece ser uma solução para os problemas acima apontados, minimizando as perdas dos nutrientes e liberando-os numa proporção ligeiramente acima da demanda das plantas (CHITOLINA & GLORIA, 1980; EGELSTAD & RUSSEL, 1975 & TISDALE & NELSON, 1974).

Em boletim editado pela FAO (1984) indica-se o uso de fertilizantes de solubilização lenta para

culturas de ciclo longo como a cana-de-açúcar e abacaxi e recomenda-se sempre verificar a relação custo/benefício.

Os solos de baixa CTC e baixa capacidade de tamponamento como é o caso dos solos das savanas africanas, são quimicamente pouco tamponados, podendo por exemplo ocorrer uma acidificação drástica capaz de diminuir a produção pelo simples uso de sulfato de amônio como fonte de nitrogênio (BACHE & HEATHCOTE, 1968).

Nesses casos, deve-se estudar não apenas o efeito dos fertilizantes nas culturas, mas também avaliar o efeito dos fertilizantes no solo, em ensaios de longa duração (NNADI & ABED, 1983).

2.2. Tipos de fertilizante de solubilização lenta (FSL)

De uma maneira geral os FSL podem ser divididos em três grupos:

i) produtos cujos constituintes apresentam baixa solubilidade na solução do solo; ii) materiais que precisam passar por transformações microbiológicas antes de serem disponíveis às plantas e iii) produtos solúveis que foram envolvidos por materiais pouco permeáveis, pouco solúveis ou degradáveis lentamente pelos microorganismos do

solo (JARRELL & BOERSMA, 1980).

No primeiro grupo, isto é, fertilizantes que apresentam baixa solubilidade na solução do solo podemos citar oxamida, isobutileno-diuréia, crotonilidina-diuréia como fontes de N (PRASAD et alii, 1971). Como fontes de K o fosfato de amônio e potássio e K-fritas (HOLCOMB, 1981) e de P o fosfato de rocha (ENGELSTAD & RUSSEL, 1975).

Como produtos que precisam passar por transformações microbiológicas antes de serem disponíveis às plantas podemos citar diversas combinações de uréia com formaldeído, uréia-form (HAAN & WERKHOVEN, 1975) e as triazinas (PRASAD et alii, 1971).

No último grupo, isto é, em produtos solúveis que foram envolvidos por materiais pouco permeáveis, pouco solúveis ou degradáveis lentamente pelos microorganismos do solo, pode-se utilizar como substância envolvente polímeros (polietileno, acrílico, acetato e outras resinas), ceras, parafinas, borrachas, piches, metais evaporados, substâncias asfálticas, enxofre (PRASAD et alii, 1971), óleos vegetais (KHANDELWAZ et alii, 1977) ou acondicionar os produtos em sacos plásticos ou de celofane (SNYDER & YOUNG, 1974 e PEREGRINE et alii, 1981).

A vermiculita, expandida ou não, quando tratada com gás de amônia resulta num produto no qual o N nitrifica de forma lenta. O produto é considerado um excelente meio de cultura, tanto pelas propriedades físicas como pela lenta liberação de N (STONE & WILD, 1977).

Interessante trabalho vem sendo feito por HOROWITZ et alii (1978) no qual os pesquisadores fundem fosforita, micaxisto e biotita - matérias primas de ocorrência comum no nordeste brasileiro - e vem obtendo produtos cujos testes de solubilidade indicam um comportamento de solubilização lenta.

2.3. Comportamento dos FSL

Estudando a liberação de nutrientes de FSL através de uma série de testes de lixiviação, OERTLI & LUNT (1962) descreveram o fenômeno como sendo uma difusão na qual há a entrada de água através da película que envolve o fertilizante, formando uma solução saturada que se difunde para o exterior onde a concentração é mais baixa. Com isso as perdas por lixiviação, imobilização, volatilização ou fixação são menores, bem como o consumo de luxo é evitado. Como todo processo de difusão a liberação de nutrientes pelos FSL é dependente da temperatura.

Trabalhando com isobutileno-diuréia (IBDU) VOLK & HORN (1975) perceberam que a dissolução ou liberação de nitrogênio foi maior quando a granulação do produto é pequena, indicando tratar-se de um fenômeno de superfície sendo consequentemente regulado pela superfície específica. PRASAD et alli (1971) afirmam que para a maioria dos fertilizantes de solubilização lenta nitrogenados, a liberação é afetada pela superfície exposta.

HOLCOMB (1981) estudou a liberação de potássio de fertilizantes potássicos solúveis envolvidos por enxofre (SCK) e por resina (OSMOCOTE) e observou que a liberação se dá de forma linear. Produtos potássicos de baixa solubilidade com K-fritas, liberaram muito potássio inicialmente, desintensificando-se a liberação posteriormente. O autor lembra que a absorção de potássio pelas plantas é praticamente linear. Num estudo semelhante SNYDER & GASCHO (1976) trabalharam com uréia e cloreto de potássio envolvidos por enxofre (SCU e SCK, respectivamente). O comportamento do K e do N foram muito semelhantes, sendo que a diminuição da espessura da cobertura de enxofre, elevadas temperaturas e precipitação favoreceram a liberação dos nutrientes. Nas condições de trabalho dos autores (Podzóis arenosos, cana-de açúcar, ensaio de campo, Flórida-USA) 10 % do N permaneceu insolúvel por vários anos.

JARREL & BOERSMA (1980) quantificaram e equacionaram a liberação de nitrogênio pelos microporos da SCU, através de modelos matemáticos. A liberação depende principalmente do tamanho dos poros na cobertura de enxofre e da temperatura do meio.

Num estudo realizado na Espanha com laranja PUCHADES et alii (1984b) observaram que SCU manteve teores adequados de N na solução do solo mesmo nas épocas de lixiviação e perdas mais intensas, quando comparada a formas mais solúveis. NNADI & ABED (1983) chegaram à conclusão semelhante trabalhando com algodão e sorgo na Nigéria.

As perdas de nutrientes por lixiviação, principalmente de N e K, são muito inferiores nos FSL quando comparados às formas mais solúveis nas mais variadas condições (ENGELSTAD & RUSSEL, 1975; PUCHADES et alii, 1984a e CHITOLINA, 1978).

ATANASIU (1959) estudou a taxa de nitrificação da uréia-formaldeído (UF) comparada ao nitrato de amônio (NA), observando que durante um ano a nitrificação da UF foi mais lenta. MATOCHA (1976) mediu a volatilização da amônia em Podzólico distrófico textura média no Texas-USA, após incorporação de NA, SCU, uréia (U) e sulfato de amônio (SA). As perdas de N por volatilização foram

inferiores a 1 % no NA, SA e SCU e 18,5 % na U. DALAL (1974) afirma que o uso de FSL nitrogenados previne as perdas por volatilização ou desnitrificação.

NNADI & ABED (1983) observaram que a SCU não altera o pH de solos com baixo poder de tamponamento na Nigéria. Observação semelhante foi feita por DALAL (1975), comparando SCU e uréia. A uréia diminuiu o pH do solo e aumentou a quantidade de Al trocável. A SCU não afetou significativamente o pH ou o teor de Al trocável no solo.

No caso de gramíneas, que permitem vários cortes sucessivos, quando comparamos FSL com fertilizantes solúveis, podemos esperar uma resposta inicial rápida das formas solúveis refletindo em colheitas iniciais maiores. Contudo as formas de FSL proporcionam, principalmente nos últimos cortes, teores mais elevados de N nas plantas, colheitas maiores e maior recuperação final do N aplicado (BEATON et alli 1967 e BOONDUANG et alli, 1976).

As doses elevadas de FSL aplicados de uma só vez não afetam negativamente o desenvolvimento das plantas ou a germinação das sementes (SHELTON, 1976 e DERTLI & LUNT, 1962). Trabalhando com trigo no campo na Bélgica, testando diversas combinações de uréia-aldeído em comparação com formas solúveis de nitrogênio, VERSTRAETEN & LIVENS (1975)

observaram que a incidência de doenças foi menor nos tratamentos com FSL. Na cultura do arroz, inundado intermitentemente no Arkansas-USA, WELLS & SHOCKLEY (1975) observaram através da produção de grãos, peso da matéria seca e absorção de nitrogênio das plantas que as formas de FSL podem regular a absorção de N e o crescimento durante a fase vegetativa. As plantas dos tratamentos com FSL cresceram inicialmente menos do que aquelas com aplicação de formas mais solúveis.

WATSCHKE & WADDINGTON (1974) relacionaram o teor de carboidratos livres na folha de gramíneas com sua resistência a doenças e ao calor e observaram que formas de FSL nitrogenadas não causam distúrbios ou provocam comportamento diferente no teor de carboidratos livres em relação a uréia em (Poa pratensis L.).

DALAL et alii (1974) num estudo realizado com milho e uma gramínea forrageira em vasos comparou a absorção de diversos nutrientes em relação à utilização de SCU, U e SA como fontes de Nitrogênio. O uso de SCU fez com que as plantas absorvessem mais K e Mg.

2.4. Manejo dos FSL

Os FSL são indicados para uso em condições

onde a intensidade de lixiviação e a temperatura são muito elevadas, como as condições tropicais (ENGELSTAD & RUSSEL, 1975) ou lavouras inundadas como o arroz (PRASAD et alii, 1971).

A utilização de FSL nitrogenados dispensa o fracionamento do fertilizante. WATSCHKE & WADDINGTON (1974) observaram que uma aplicação de FSL equivalem à aplicação contínua de pequenas doses de uréia em gramínea forrageira. A aplicação única pré-plantio de SCU em tomate, na Carolina do Norte-USA, substitui cinco aplicações em cobertura de NA, suprimindo toda a necessidade de N da cultura (SHELTON, 1976). Na Nigéria, NNADI & ABED (1983) constataram que a aplicação de SCU produziu um resultado melhor do que duas coberturas de nitrato de amônio e cálcio (CAN) em sorgo e algodão. A aplicação única de FSL nitrogenados em várias gramíneas produziu resultados semelhantes à aplicação semanal de NA (VOLK & HORN, 1975). Em cana-de-açúcar num Podzol arenoso da Flórida-USA, GASCHO & SNYDER (1976) observaram que a SCU aplicada uma vez substitui quatro coberturas de sulfato de amônio (SA). Resultados semelhantes foram observados por SHARMA et alii (1976) para uma série de hortaliças. SHELTON (1976) lembra que pelo fato do FSL não precisar ser fracionado a dose a ser aplicada antes do plantio é maior, sendo por isso mais fácil distribuí-la eficiente e uniformemente na área.

Na cultura da laranja na Espanha, MAQUIEIRA et alii (1984) e PUCHADES et alii (1984) observaram que a aplicação de SCU na metade da dose de uma forma mais solúvel - sulfato de amônio nitrato (ANS) - atingiam produções equivalentes.

O nitrogênio quando aplicado via FSL não precisa necessariamente preceder imediatamente o plantio, a aplicação pode ser feita um bom tempo antes (SANCHEZ et alii, 1973).

NO caso de SCU e calcário, ambos não devem ser aplicados conjuntamente. Quando isso ocorre aumenta a perda devido a volatilização do nitrogênio (MATOCHA, 1976).

Segundo DALAL (1975) a aplicação de SCU deve ser feita na superfície, produzindo assim melhores resultados. A uréia por outro lado deve ser incorporada a pelo menos 5 cm de profundidade.

Trabalhando com NA envolto por uma membrana de resina LUNT & OERTLI (1962) constataram que o teor de água no solo entre o ponto de murcha permanente e a capacidade de campo não afeta a liberação do nitrogênio. A aplicação em cobertura, quando comparada à incorporação, diminui e retarda muito a liberação.

LIEGEL & WALSH (1976) trabalhando com milho e batata irrigada numa Areia Quartzosa em Wisconsin-USA, constataram que a SCU quando aplicada numa porção do solo que sempre permanece úmida sua eficiência aumenta muito.

2.5. Resultados experimentais

Apresentaremos inicialmente os resultados que atribuíram alguma vantagem pela utilização de FSL e posteriormente aqueles em que os resultados foram semelhantes ou inferiores em relação às fontes mais solúveis.

2.5.1. Resultados favoráveis

DALAL (1975) trabalhou com milho em Trinidad, num solo ácido de textura média numa época chuvosa. Utilizou SCU e U e constatou que em todos os tratamentos a SCU se comportou melhor, levando a maior produtividade das plantas. Resultados semelhantes foram obtidos para a cultura do milho por DALAL (1974) e FRYE (1977).

KHANDELWAL et alii (1977), obteve maiores produções de trigo com uréia coberta por óleo de (*Azadirachta indica*), tanto de palha como de grãos, do que com uréia.

Citrus tiveram produções maiores e com doses menores de N quando adubadas com FSL em relação às fontes mais solúveis (PUCHADES et alii, 1984b).

A produção de batata, aveia e trigo foi maior no campo e em casa de vegetação quando foi utilizada a combinação uréia formaldeído em relação a NA (ATANASIU, 1959).

Diversas gramíneas forrageiras responderam melhor a FSL em relação às fontes solúveis ao longo de cortes sucessivos em ensaios conduzidos por BOONDUANG et alii (1976) e por WADDINGTON & DUICH (1976).

Nas culturas de algodão e sorgo na Nigéria, NNADI & ABED (1983) obtiveram melhores resultados com fontes nitrogenadas de FSL comparadas às fontes mais solúveis.

SANCHEZ et alii (1973) trabalhando com arroz irrigado intermitentemente no Peru, obtiveram uma colheita 59 % superior com SCU em relação a U e SA.

A produção e a qualidade de hortaliças (SHARMA et alii, 1976) e plantas ornamentais (SCOTT et alii, 1984) também melhoradas devido à utilização de FSL.

LIEGEL & WALSH (1976) encontraram um desempenho melhor do milho e da batatinha irrigada da SCU em relação a U, só quando não houve coberturas no tratamento com U e quando a intensidade de lixiviação foi muito intensa.

TERMAN & MORTVEDT (1978) trabalhando diversos tipos de FSL nitrogenados e NA com milho e arroz inundado em vasos alertam para o fato de elevadas doses de P (mais elevadas do que em condições de campo) terem que ser usadas para avaliar qualquer fonte de N ou K, senão esse nutriente se torna limitante e não há diferenças entre as fontes.

2.5.2. Resultados desfavoráveis

VAUGHN et alii (1979) aplicaram Uréia, Uréia + Enxofre em pó e SCU numa pastagem natural na Califórnia-USA e estudaram o efeito da aplicação durante cinco anos. Constataram que a SCU se comportou de maneira semelhante a Uréia + Enxofre em relação a efeito residual, absorção de N e diminuição da sazonalidade da pastagem. O efeito favorável desses dois tratamentos em relação a Uréia foi atribuído à presença do enxofre e não à cobertura com enxofre.

TERMAN et alii (1970) compararam superfosfato simples coberto com enxofre (SCSS) com superfosfato simples (SS) em arroz inundado num ensaio em vasos. Constataram que o SCSS não ficou disponível às plantas no primeiro ano de cultivo e que as formas mais solúveis de fósforo produzem resultados melhores.

BEAUCHAMP (1977) estudou a adubação do milho no outono e plantio na primavera de FSL nitrogenados em comparação à uréia. Não foi observado nenhum efeito residual dos FSL em relação à uréia, não havendo vantagem na produção pela aplicação de FSL no outono ao invés da uréia.

GILLIAM et alii (1983) compararam a adubação de samambaia ornamental (Nephrolepis exaltata) com FSL e fertilizantes fluidos e não encontraram diferença na qualidade ou na produção das plantas.

A produção de feno de diversas espécies no Colorado-USA, em três Molissois a grande altura (aprox. 2.400 m NM) não foi aumentada pelo uso de FSL nitrogenados, não sendo detectado efeito residual dessas fontes.

HAAN & WERKHOVEN (1975) estudaram 20 produtos da condensação da uréia com algum aldeído em ensaios de incubação por 16 semanas. Os produtos

apresentaram um comportamento muito variado e foram menos recomendados do que as fontes mais solúveis para utilização na agricultura.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Suporte capilar para fertilizantes fluídos (SC) e seu preparo

O SC é basicamente um cilindro de gesso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) compactado. Esse cilindro é imerso numa solução, contendo fertilizantes fluídos. Essa solução fica retida no interior do SC.

3.1.1. Preparo do SC nos ensaios de efeito residual e de micronutrientes

No caso desses dois ensaios foi utilizado gesso agrícola¹ e o produto final, sem ter absorvido a solução de fertilizantes fluídos, apresentou as seguintes características:

1 O gesso agrícola é um gesso residual ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) sub-produto da produção de ácido fosfórico.

- . 6,0 cm de comprimento
 - . 2,0 cm de diâmetro
 - . 14,0 g de massa
 - . 84% de poros ou 31 cm³ por 50 g
- forma cilíndrica

A capacidade de absorver uma solução cristalina foi da ordem de 13,0 g. Preparou-se a seguir utilizando KOH, H₃PO₄ e uréia três soluções:

3 4

Solução 1 - 300 mg N, 250 mg P, 300 mg K
por 13 g de solução;
correspondente ao nível 1
(300 mg N/vaso 5,0 kg TFSA, 250
mg P/vaso 5,0 kg TFSA, 300 mg
K/vaso 5,0 kg TFSA).

Solução 2 - 600 mg N, 500 mg P, 600 mg K
por 13 g de solução;
correspondente ao nível 2
(600 mg N/vaso 5,0 kg TFSA, 500
mg P/vaso 5,0 kg TFSA, 600 mg
K/vaso 5,0 kg TFSA).

Solução 3 - 900 mg N, 750 mg P, 900 mg K
por 13 g de solução;
correspondente ao nível 3
(900 mg N/vaso 5,0 kg TFSA, 750
mg P/vaso 5,0 kg TFSA, 900 mg
K/vaso 5,0 kg TFSA).

Os SCs foram imersos nessas soluções, até absorverem 13 g de solução e posteriormente secos ao ar.

Dessa maneira foram preparados os SCs dos níveis 0, 1, 2 e 3 do ensaio de efeito residual.

No ensaio de micronutrientes procedeu-se de maneira semelhante para o preparo dos SCs. Nos SCs que continham micronutrientes utilizou-se os seguintes compostos:

$\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	como fonte de	Mg
H_3BO_3	como fonte de	B
$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	como fonte de	Cu
$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	como fonte de	Fe
$\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	como fonte de	Mn
$\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	como fonte de	Mo
ZnSO_4	como fonte de	Zn

Preparou-se duas soluções que em 13 g corresponderam aos níveis finais seguintes:

Nível 1 com micronutrientes e magnésio:
 *
 300 mg N/vaso, 250 mg P/vaso, 300 mg K/vaso,
 150 mg Mg/vaso, 5 mg B/vaso, 5 mg Cu/vaso,
 0,5 mg Mo/vaso, 25 mg Zn/vaso e 25 mg
 Fe/vaso.

Nível 2 com micronutrientes e magnésio: 600
 *
 mg N/vaso, 500 mg P/vaso, 600 mg K/vaso, 150
 mg Mg/vaso, 5 mg B/vaso, 5 mg Cu/vaso, 0,5 mg
 Mo/vaso, 25 mg Zn/vaso e 25 mg Fe/vaso.

Adicionou-se às soluções com micronutrientes
 1% EDTA como agente quelatizante, para estabilizar a solução
 e evitar precipitações.

3.1.2. Preparo do SC no ensaio de lixiviação

Neste ensaio os SCs foram preparados com
 $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ para análise, possuindo forma cilíndrica e 15 g
 de massa. Cada SC com N, P e K absorveu 5,0 g de solução
 contendo os fertilizantes.

Como fontes de N, P e K utilizou-se uma
 solução de uréia, ácido ortofosfórico e hidróxido de

 *

vasos com 5,0 kg de TFSA

potássio respectivamente. A mesma solução foi utilizada como fonte de fertilizantes solúveis (FS).

A dose utilizada em todos os tratamentos que receberam adição de fertilizantes foi de 46 ppm de K, 23 ppm de P e 23 ppm de N.

3.2. Ensaios realizados

Ao todo, foram realizados três ensaios: i) ensaio de efeito residual, ii) ensaio de micronutrientes e iii) ensaio de lixiviação.

- Ensaio de efeito residual: os fertilizantes de solubilização lenta (FSL) apresentam, quando comparados a fertilizantes mais solúveis (FS), uma resposta inicial mais lenta. Se considerarmos entretanto, cultivos ou cortes sucessivos espera-se que ao longo do tempo os FSL mantenham produções mais elevadas do que os FS (BEATON et alii, 1967 e BOONDUANG et alii, 1976).

Baseados nessa observação instalou-se um ensaio em vasos, utilizando Capim Colônia cv tobiatã (Panicum maximum cv tobiatã) como planta teste, procedendo-se quatro cortes sucessivos. Ainda nesse ensaio, utilizou-se tratamentos com e sem calagem, dois tipos de solos e quatro

doses de N, P e K.

Os tratamentos básicos consistiram de uso de SC com solução de fertilizantes, fertilizantes solúveis (FS) misturados ao solo e SC sem solução de fertilizantes (apenas o cilindro de gesso) + aplicação de FS misturados ao solo.

- Ensaio de micronutrientes: pensou-se na aplicação de micronutrientes via SC, isto é incluídos na solução de fertilizantes fluidos que é absorvida e armazenada dentro do SC.

A fim de avaliar essa possibilidade, instalou-se um ensaio em vasos, utilizando a colza (Brassica napus) e o arroz (Oryza sativa) como plantas teste e duas doses de N, P e K.

Os tratamentos básicos consistiram de:

- * SC com micro - SC armazenando solução de fertilizantes fluidos N, P e K + micronutrientes;

- * SC micro no solo - SC armazenando solução de fertilizantes fluidos N, P e K e os micronutrientes misturados ao solo;

- * SC sem micro - SC armazenando solução de fertilizantes fluidos N, P e K sem aplicação de

micronutrientes;

* FS + SC micro no solo - SC sem fertilizantes (apenas o cilindro de gesso) + fertilizantes de alta solubilidade (FS) e micronutrientes misturados ao solo e

* FS + SC sem micro - SC sem fertilizantes + FS misturados ao solo sem aplicação de micronutrientes.

- Ensaio de lixiviação: a fim de avaliar a lixiviação de nutrientes do SC instalou-se um ensaio em colunas de solo. Provocou-se a lixiviação adicionando-se água às colunas.

Os tratamentos básicos consistiram: SC armazenando solução de fertilizantes fluidos N, P e K, SC sem fertilizantes (apenas o cilindro de gesso) + aplicação de fertilizantes de alta solubilidade (FS), FS e uma testemunha.

3.2.1. Ensaio de efeito residual

3.2.1.1. Tratamentos básicos

Os tratamentos básicos foram os seguintes:

i) Suporte Capilar com Fertilizantes Fluidos-

SC com; ii) Fertilizantes de Alta Solubilidade -FS e iii) Fertilizantes de Alta Solubilidade mais Suporte Capilar sem Fertilizantes Fluídos - FS + SC sem.

Os SCs do tratamento SC com foram preparados conforme descrito no item 3.1.1.. Os SCs desse tratamento contém os elementos N, P e K, referentes aos níveis 1, 2 e 3 armazenados nos seus poros.

No tratamento FS, fertilizantes de alta solubilidade, utilizou-se as mesmas fontes de N, P e K, isto é, uréia, H_3PO_4 e KOH respectivamente. Esses fertilizantes foram misturados com o solo na forma de solução.

No tratamento FS + SC sem procedeu-se da mesma maneira do que no tratamento FS, isto é, o N, P e K foi misturado com o solo em solução. Além disso, foi adicionada a cada parcela um SC sem N, P ou K. Dessa forma, pode-se avaliar o efeito isolado da presença do SC sem fertilizantes (apenas o cilindro de gesso).

O SC foi localizado na porção mediana do vaso. Em todos os vasos foi adicionado, na forma de solução 30 ppm Mg, 1 ppm B, 1 ppm Cu, 0,1 ppm Mo, 5 ppm Mn, 5 ppm Zn e 5 ppm de Fe.

3.2.1.2. Doses de N, P e K

As dosagens utilizadas nos níveis 0, 1, 2 e 3 estão representadas a seguir:

Nível	0	1	2	3
Dose ppm				
N	0	60	120	180
P	0	50	100	150
K	0	60	120	180

Não foi utilizada adubação em cobertura ou qualquer outro tipo de adição de N, P ou K após a instalação do ensaio.

3.2.1.3. Solos

Foram utilizados dois solos: i) Latossolo Vermelho Escuro distrófico, A moderado, textura média - LE e ii) Latossolo Roxo distrófico, A moderado - LR.

Os dois solos foram coletados no Município de

Piracicaba, utilizando-se a camada de 0 a 30 cm.

Análises químicas para fins de fertilidade foram realizadas e os resultados estão representados a seguir:

	pH	%	3		3						V%	m%
			ug/cm	P	meq/100 cm							
SOLO	CaCl2	M.D.	resina	K	Ca	Mg	Al	Al+H	S	T		
LE	4,4	1,6	12,6	0,17	0,58	0,22	0,48	2,77	0,97	3,74	26	33
LR	4,4	2,9	34,2	0,54	0,98	0,43	1,12	7,16	1,95	9,11	21	36

O terra foi destorroado e peneirado com peneira de 2,0 mm. A terra foi acondicionada em vasos de cerâmica impermeabilizados internamente com "neutrol". Em cada vaso foram colocados 5,0 kg de terra fina seca ao ar (TFSA).

Para todos os tratamentos básicos e para os dois solos foram utilizados tratamentos com e sem calagem.

3.2.1.4. Calagem

Nos tratamentos com calagem, a aplicação do calcário precedeu a acomodação da terra nos vasos.

Utilizou calcário comercial da região, tendo o mesmo as seguintes características:

PRNT		PASSOU		CaO%	MgO%
Peneira 10		Peneira 50			
58,78	99,12	51,85	24,08	16,12	

Estimou-se a quantidade necessária para elevar a saturação por bases a 70%. A terra, após peneirada, foi misturada com o calcário e mantida próximo à capacidade de campo por 60 dias. Ao término desse período, nova amostra foi coletada e submetida a análise química para fins de fertilidade. Os resultados, após a calagem são apresentados a seguir:

SOLO	pH	Z	M.O.	resina	K	Ca	Mg	Al	Al+H	S	T	VZ	mZ	3	
														ug/cm	meq/100 cm
LE	6,4	1,3		13,8	0,10	2,90	2,09	0,06	1,20	5,09	6,29	80,92	1,2		
LR	5,9	3,3		24,00	0,50	4,00	2,80	0,03	2,50	7,30	9,80	74,49	1,1		

3.2.1.5. Cultura

A cultura vegetal utilizada foi o Capim Colônia cultivar Tobiata (*Panicum maximum* cv. Tobiata), escolhido devido a sua alta exigência e possibilidade de efetuar cortes sucessivos. Foram plantadas 5 mudas de 10 dias em cada vaso e 10 dias após o plantio, procedeu-se o desbaste deixando apenas duas plantas em cada vaso.

3.2.1.6. Cortes

Os cortes do capim foram feitos a 5 cm de altura da superfície do vaso. Ao todo foram realizados 4 cortes sucessivos. Após o quarto corte não houve mais rebrota significativa do capim. Os períodos correspondentes aos quatro cortes foram os seguintes:

o				
1	corte	05/02	a	12/03/86
o				
2	corte	12/03	a	15/04/86
o				
3	corte	15/04	a	20/06/86
o				
4	corte	20/06	a	27/08/86

3.2.1.7. Tratos e considerações gerais

Os vasos foram colocados sobre mesas de madeira de 1,30 m de altura, em cima de pratos de plástico, dentro de casa de vegetação.

A água utilizada para as regas foi água comum de torneira, sendo os vasos irrigados pelo menos uma vez por dia. O excesso de água era retornado ao vaso.

Lagartas e outras pragas foram na medida do possível eliminadas manualmente. Foi necessária uma pulverização para prevenir um ataque de trips (*Ihris*

tabaci) realizada no dia 12/02/86. Utilizou-se o produto comercial FOLIDOL (Paration metílico) na dosagem recomendada pelo fabricante.

No dia 20/02/86, isto é, na metade do período do primeiro corte, as plantas começaram a evidenciar um distúrbio fisiológico, cujos sintomas eram o enrugamento dos bordos das folhas, semelhante à uma deficiência de Zn. Foi aplicada uma solução de 15 ppm de Zn - $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ via foliar. Os sintomas, apesar de terem diminuído um pouco, não desapareceram por completo. Descartou-se a possibilidade de deficiência de Zn. O pesquisador J. USBERTI¹, depois de analisar uma amostra do material, pensou na possibilidade de algum resíduo de herbicida presente na terra poder estar causando o distúrbio.

A fim de aumentar a atividade biológica dos microorganismos na terra do vaso e, conseqüentemente, degradar rapidamente qualquer resíduo de herbicida presente, irrigou-se os vasos com aproximadamente 0,5 l de uma solução de sacarose a 10 % durante quatro semanas, uma vez por semana. Logo após a primeira irrigação os sintomas diminuíram sensivelmente, desaparecendo por completo após a

1

USBERTI, J. (Instituto Agronômico do Estado de São Paulo - Campinas). Comunicação pessoal, 1986.

quarta semana e não voltando a se manifestar. Consideramos que esse distúrbio não afetou significativamente o comportamento das plantas, não comprometendo os resultados.

Os vasos, dentro de cada bloco, foram casualizados repedidas vezes durante o ensaio.

3.2.1.8. Delineamento experimental

O ensaio foi instalado em Blocos Inteiramente Casualizados com 3 Tratamentos Básicos x 2 Níveis de Calagem x 2 Solos x 4 Níveis de N, P e K x 3 Repetições x 4 Épocas de Colheita (Sub-Parcelas) de modo fatorial. O total de tratamentos é 48, totalizando 144 parcelas e 576 sub-parcelas (4 épocas de colheita).

3.2.2. Ensaio com micronutrientes

3.2.2.1. Tratamentos básicos

Os tratamentos básicos foram os seguintes:

- i) Suporte Capilar com Fertilizantes NPK com Micronutrientes - SC com micro; ii) Suporte Capilar com Fertilizantes NPK e aplicação dos Micronutrientes no solo - SC micro no solo; iii) Suporte Capilar com Fertilizantes

NPK sem aplicação de Micronutrientes - SC sem micro; iv) Suporte Capilar sem Fertilizantes NPK com aplicação dos Fertilizantes de Alta Solubilidade no solo e aplicação dos Micronutrientes no solo - FS + SC micro no solo e v) Suporte Capilar sem Fertilizantes NPK com aplicação dos Fertilizantes de Alta Solubilidade no solo e sem aplicação dos Micronutrientes - FS + SC sem micro.

Os SCs foram preparados conforme o item 3.1.1.. No tratamento SC com micro os fertilizantes N, P, K e os micronutrientes foram localizados no interior dos SCs, absorvidos de uma solução.

No tratamento SC micro no solo, apenas os fertilizantes N, P e K foram aplicados no interior dos SCs. Os micronutrientes foram aplicados ao solo, através de uma solução que foi misturada com a terra.

No tratamento SC sem micro os fertilizantes N, P e K foram introduzidos nos SCs e não houve aplicação adicional de micronutrientes no solo ou pelo SC.

As parcelas do tratamento FS + SC micro no solo receberam a aplicação dos fertilizantes de alta solubilidade no solo, misturando-se a terra com uma solução contendo KOH, H_2PO_4 e uréia. Os micronutrientes foram

misturados com a terra da mesma maneira. Os SCs utilizados nesse tratamento não continham nenhum tipo de fertilizante.

No tratamento FS + SC sem micro procedeu-se da mesma maneira descrita no caso anterior, apenas omitindo-se a aplicação dos micronutrientes no solo.

Os SCs foram também localizados na porção mediana dos vasos.

Procedeu-se dois cultivos sucessivos. A primeira cultura foi a colza (*Brassica napus*) e a segunda o arroz (*Oryza sativa*).

3.2.2.2. Doses

As doses utilizadas corresponderam aos níveis 1 e 2 do ensaio de efeito residual (item 3.2.1.2.), conforme esquema abaixo:

	N	P p p m	K
Nível 1	60	50	60
Nível 2	120	100	120

Em todos os tratamentos com aplicação de micronutrientes e magnésio utilizou-se as seguintes doses: Mg 30 ppm, B 1 ppm, Cu 1 ppm, Fe 10 ppm, Mn 5 ppm, Mo 0,1 ppm e Zn 5 ppm.

No segundo cultivo (arroz) reaplicou-se a metade da dose de N, P, K em todos os tratamentos sem contudo reaplicar os micronutrientes. Dessa forma, foram reaplicados no plantio do arroz no nível 1: 30 ppm de N, 25 ppm de P e 30 ppm de K e no nível 2: 60 ppm de N, 50 ppm de P e 60 ppm de K. Essa meia dose foi aplicada da mesma forma do tratamento, isto é, na forma de fertilizantes de alta solubilidade nos tratamentos FS + SC micro no solo e FS + SC sem micro e armazenados nos SCs nos tratamentos SC com micro, SC micro no solo e SC sem micro.

3.2.2.3. Solo

O solo utilizado foi uma Areia Quartzosa, álica, A moderado - AQ, coletada próxima ao distrito de Artemis, no município de Piracicaba - SP. A camada coletada é de 0 a 30 cm de profundidade.

A análise química para fins de fertilidade revelou os seguintes resultados:

			3										
			ug/cm	3									
				meq/100 cm									
	pH	%	P										
SOLD	CaCl2	M.O.	resina	K	Ca	Mg	Al	Al+H	S	T	V%	m%	
AQ	4,2	1,44	1,63	0,01	0,10	0,04	1,06	4,23	0,1	4,5	5,6	82,2	

O terra foi destorroada e peneirada com peneira de 2,0 mm. A terra foi acondicionada em vasos de cerâmica impermeabilizados com "neutrol". Foram utilizados 5, 0 kg de terra fina seca ao ar por vaso.

3.2.2.4. Calagem

A calagem foi realizada em todos os tratamentos. O calcário utilizado foi o mesmo do ensaio de efeito residual (item 3.2.1.4.). A quantidade de calcário foi estimada para elevar a saturação por bases a 70 %.

Misturou-se toda a terra com o calcário e foi mantida a capacidade de campo por 60 dias.

3.2.2.5. Culturas

Realizou-se dois cultivos sucessivos. No primeiro período, de 15/06/86 a 27/08/86 optou-se pelo cultivo da colza (*Brassica napus* L.), pelo fato do plantio ter sido realizado numa época mais fria do ano e esta planta adaptar-se melhor a essas condições. O plantio foi feito por mudas, transferindo-se 6 plantas para cada vaso que foram posteriormente desbastadas, permanecendo apenas duas.

No segundo período de cultivo optou-se pelo arroz (*Oryza sativa* L.) variedade IAC 165. O período mais quente do ano é mais favorável ao desenvolvimento dessa espécie. O plantio foi realizado no dia 15/10/86 e a colheita no dia 20/01/87. Foram utilizadas mudas, sendo a população final de 5 plantas por vaso.

3.2.2.6. Colheita

Os cortes foram realizados na colza e no arroz quando a maioria das plantas já havia florescido, removendo-se toda a parte aérea das plantas.

Os períodos correspondentes a cada cultivo foram os seguintes:

Colza 15/06/86 a 27/08/86 (colheita)

Arroz 15/10/86 a 20/01/87 (colheita)

3.2.2.7. Tratos e considerações gerais

Os vasos foram colocados sobre mesas de madeira de 1,30 m de altura, em cima de pratos plásticos e mantidos em casa de vegetação.

Para as regas utilizou-se água destilada, sendo os vasos irrigados pelo menos uma vez por dia. Quando havia excesso de água a mesma era retornada ao vaso.

Não houve necessidade de controle de pragas ou doenças.

Os vasos foram casualizados repetidas vezes durante o transcorrer do ensaio.

3.2.2.8. Delineamento experimental

O ensaio foi instalado em Blocos Inteiramente Casualizados com 5 Tratamentos Básicos x 2 Níveis de

N, P e K x 4 Repetições de modo fatorial. O total de tratamentos é 10, totalizando 40 parcelas. Os ensaios com colza e arroz foram analisados separadamente.

3.2.3. Ensaio de lixiviação

3.2.3.1. Tratamentos básicos

Em colunas de terra provocou-se a lixiviação nas seguintes condições:

a) Suporte Capilar para Fertilizantes Fluidos (SC) com N, P e K - SC com;

b) Suporte Capilar para Fertilizantes Fluidos (SC) sem N, P e K + Fertilizantes de Alta Solubilidade (FS) como fontes de N, P e K - SC sem;

c) Fertilizantes de Alta Solubilidade como fonte de N, P e K - FS e

d) Testemunha, sem aplicação de N, P e K - TEST.

Os SC foram preparados conforme descrito no item 3.1.2.

O solo utilizado foi o Latossolo Vermelho Escuro, distrófico textura média, A moderado, do município de Jaboticabal. O solo se encontrava sob uma mata de Eucalipto bastante antiga (aprox. 10 anos), não tendo sofrido correção ou adubação durante esse período. A camada coletada é de 20 a 40 cm. Escolheu-se essa camada para evitar a CTC mais elevada da superfície, ocasionada pela presença de matéria orgânica e pelo fato da lixiviação ser um fenômeno que ocorre em profundidade.

3.2.3.2. Instalação do ensaio

As colunas de terra foram montadas a partir de sete segmentos de 10 cm de altura de cano de PVC com 14,4 cm de diâmetro interno.

O volume de Terra Fina Seca ao Ar (TFSA) adicionado a cada coluna foi de $11.400,2 \text{ cm}^3$ e a massa dessa terra corresponde a 15.012,9 g. Dessa relação chegamos a um valor de $1,32 \text{ g/cm}^3$ de densidade da terra dentro das colunas. Como a densidade das partículas desse solo é de $2,34 \text{ g/cm}^3$ (determinada pelo método do álcool) chegamos a um porcentagem de poros de 43,72 % em cada coluna, com sete segmentos de 10 cm cada. O volume total de poros é de 4.984 cm^3 em cada coluna.

Os SC e os FS foram posicionados na parte superior do primeiro segmento e cobertos com 3,0 cm de terra.

Cada coluna foi repetida quatro vezes sendo o delineamento estatístico montado em Blocos Inteiramente Casualizados com 4 Tratamentos Básicos x 4 Repetições x 7 Profundidades (sub-parcelas) de modo fatorial.

Antes de iniciar o ensaio as colunas foram levadas à capacidade de campo.

3.2.3.3. Condução do ensaio

Após as colunas estarem montadas procedeu-se o início das lixiviações, utilizando água destilada. A primeira lixiviação foi feita com 2,50 l de água por coluna (adicionados em 10 x 250 ml com 15 minutos de intervalo entre cada nova adição). Com essa quantidade de água as colunas ficaram saturadas com água.

Duas semanas após, iniciou-se novo ciclo de lixiviação com 750 ml de água (3 x 250 ml). Após novo período de duas semanas foram adicionados mais 700 ml de água (7 x 100 ml) e após igual período mais 700 ml (7 x 100 ml).

Cada coluna recebeu ao todo 4.650 ml de água, o que corresponde a cerca de 1.030 mm de lâmina de água, considerando a área da superfície das colunas.

3.2.3.4. Coleta das amostras

Após os ciclos de lixiviação os segmentos foram separados e foi coletada uma amostra de terra da parte mediana de cada segmento. A análise da terra foi feita seguindo metodologia descrita no item 3.3.1.

3.3. Metodologia analítica

3.3.1. Análises de terra

Os vasos foram amostrados com coletor de amostras cilíndrico, retirando-se 5 amostras simples em diferentes posições da superfície do vaso, obtendo-se dessa maneira uma amostra composta por vaso.

Tomou-se o cuidado de não coletar amostras na posição em que foi localizado o Suporte Capilar.

As amostras de terra foram secas ao ar e peneiradas utilizando peneira de 2,0 mm.

A matéria orgânica foi determinada, utilizando-se 1,0 cm³ de terra, pelo método de WALKLEY & BLACK (1934). Nesse método a matéria orgânica é oxidada por solução de dicromato de potássio em presença de ácido sulfúrico. A titulação do excesso de dicromato é feita com solução de sulfato ferroso amoniacal.

O pH foi determinado em solução centimolar de cloreto de cálcio, conforme RAIS & QUAGGIO (1983).

A avaliação da acidez potencial, isto é, o valor de $H + Al$, foi feita pela depressão causada no pH de uma solução tampão, conforme descrito em RAIS & QUAGGIO (1983).

O fósforo, cálcio, magnésio e potássio foram extraídos com resina trocadora de ions. Cálcio, magnésio e potássio foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica e o fósforo por determinação espectrofotométrica da cor azul do complexo fosfomolibdico formado entre o fosfato e molibdato, segundo método descrito por RAIS & QUAGGIO (1983).

O enxofre na forma de sulfato do solo foi determinado pelo método turbidimétrico conforme VITTI & SUZUKI (1978).

3.3.2. Análises do material vegetal

As plantas coletadas foram pesadas após secagem em estufa a 60 °C. Todo o material foi moído e analisado quimicamente. Para o nitrogênio e fósforo foram utilizadas as metodologias do semi-micro Kjeldhal descrito por BATAGLIA et alii (1983) e do ácido fosfovanado molíbdico conforme descrito por SARRUGE & HAAG (1974), respectivamente.

Para a determinação do potássio, cálcio, magnésio e micronutrientes utilizou-se a espectrofotometria de absorção atômica, conforme descrito por JORGENSEN (1977).

4. RESULTADOS, DISCUSSÃO E CONCLUSÕES PARCIAIS

4.1. Ensaio de efeito residual

A abordagem dos resultados desse ensaio será feita da maneira descrita a seguir.

A produção de matéria seca por vaso será utilizada como indicador da eficácia dos diferentes tratamentos e os outros parâmetros analisados (teor de alguns nutrientes na parte aérea das plantas e complexo de troca do solo) servirão para explicar o comportamento das plantas. Para tanto apresentaremos inicialmente os valores da produção de matéria seca, considerando as interações duplas entre os tratamentos e as interações entre os tratamentos e as épocas de corte do capim (quatro épocas sucessivas). Em seguida serão apresentadas as relações significativas entre os tratamentos e entre os tratamentos e as épocas, dos outros parâmetros analisados e que podem explicar o comportamento das plantas.

Os resultados apresentados serão

posteriormente discutidos e serão tiradas as conclusões do ensaio.

No Quadro 2 (pág. 70 a 72) estão as interações entre os tratamentos, no Quadro 3 (pág. 73 e 74) as interações entre tratamentos e épocas de corte e no Quadro 1 (pág. 69) as médias gerais dos tratamentos. Os resultados das análises de terra estão no Quadro 5 (pág. 76 a 78) (interações entre tratamentos) e no Quadro 4 (pág. 75) (médias gerais).

4.1.1. Resultados da análise das plantas

4.1.1.1. Matéria seca (g/vaso) - M.S.

a) Interações entre tratamentos

A maior produção de M.S. ocorreu nos tratamentos FS e FS + SC (em média 8,6 g/vaso) e a menor - 7,6 g/vaso - no tratamento SC. Com o aumento das doses houve um aumento da produção até a última dose. No LR as produções foram quase o dobro das produções do LE (6,0 g/vaso no LE e 10,6 g/vaso no LR). A calagem não teve nenhum efeito expressivo nos tratamentos básicos. As produções com e sem calagem nos tratamentos SC, FS e FS + SC foram muito semelhantes.

b) Interação entre tratamentos e cortes

Nos três tratamentos as produções decresceram do primeiro ao quarto corte. Apenas no primeiro corte houve diferença significativa entre os tratamentos. Nesse corte o tratamento FS + SC apresentou maior produção e o SC a menor.

Novamente a calagem teve pouca influência na produção ao longo dos cortes. O LR apresentou produção significativamente superior nos quatro cortes.

4.1.1.2. Nitrogênio (% na folha) - N

a) Interação entre tratamentos

A média geral do teor de N, em relação aos tratamentos básicos, à calagem e aos solos é pouco variável (em média 1,3%). Em relação as doses de N, P e K, há um aumento de 1,2% da dose 0 a 1,6% na dose 3.

No LR, em todas as doses os teores de N foram significativamente superiores ao LE.

b) Interação entre tratamentos e cortes

Nos quatro cortes o teor de N foi

praticamente igual nos três tratamentos básicos. Há um decréscimo do primeiro para o segundo corte, e os teores são semelhantes do segundo ao quarto corte.

No primeiro corte há um decréscimo do teor de N da dose três para a zero. Do segundo corte em diante, os teores de N não apresentam diferenças nas quatro doses.

4.1.1.3. Fósforo (% na folha) - P

Dos três tratamentos básicos o SC apresentou os menores teores de P (0,75%). Os tratamentos FS e FS+ SC, com 0,89%, apresentaram teores um pouco mais elevados.

Com a calagem houve uma diminuição do teor de P na folha.

As doses dois e três se igualaram no teor de P. Até a dose dois houve um aumento gradativo de P.

Nos três tratamentos há um aumento do teor de P do primeiro ao último corte. No último corte os teores se igualam nos três tratamentos básicos. No primeiro corte o teor mais elevado foi encontrado no FS (0,88%) seguido do FS + SC (0,75%) e SC (0,53%).

Nos quatro cortes, a calagem diminuiu significativamente os teores de P.

Entre os dois solos não houve uma tendência definida dos teores de P ao longo do tempo.

Na primeira época, as doses dois e três apresentaram teores significativamente mais elevados do que as duas doses inferiores. Com o tempo, essas diferenças diminuíram e os teores aumentaram.

4.1.1.4. Potássio (% na folha) - K

O teor de K foi mais elevado no tratamento SC (4,0%) em relação ao FS (2,9%) e FS + SC (3,0%), se considerarmos as médias gerais.

NO LR o teor de K foi maior se comparado ao LE.

Com o aumento da dose de N, P e K há uma diminuição no teor de K. Na dose 0 o teor é de 4,19% diminuindo gradativamente até 2,82% na dose 3. Entretanto, com o aumento da dose há um aumento da absorção total de K. Na dose 0 o total de K absorvido é de 19,8 mg/vaso e na dose 3 32,5 mg/vaso.

Nos três tratamentos básicos o LR apresentou teores de K mais elevados e nos dois solos os SC foi significativamente superior.

Nos três tratamentos há um decréscimo do teor de K da menor para a maior dose. Essa diferença é mais acentuada nos tratamentos FS e FS + SC do que no SC. A diferença entre as doses se acentua com o passar do tempo.

Nos três tratamentos básicos há uma diminuição do teor de K do primeiro ao quarto corte e em todos os cortes o SC apresentou valores significativamente superiores aos outros dois tratamentos.

4.1.1.5. Cálcio (% na folha) - Ca

A variação das médias gerais do teor de Ca é muito pequena. As maiores diferenças foram encontradas quando comparamos os tratamentos com calagem (0,61%) e sem calagem (0,53%). Entre os dois solos o teor de Ca na folha foi maior no LE. Essas tendências se repetiram nas interações solo x tratamentos principais, calagem x tratamentos principais, solo x doses e calagem x doses.

Nos três tratamentos básicos há um aumento no teor de Ca ao longo do tempo, entretanto o total de Ca

absorvido diminui drasticamente, de 5,1 mg/vaso no primeiro corte a 2,7 mg/vaso no quarto corte.

Os tratamentos com calagem mantiveram teores significativamente superiores aos sem calagem ao longo dos quatro cortes.

4.1.1.6. Magnésio (% na folha) - Mg

Se considerarmos a variação das médias gerais dos tratamentos percebemos que apenas a calagem motivou variação sensível nos teores de Mg (0,70% nos tratamentos com calagem e 0,38% nos tratamentos sem calagem). No tratamento SC o efeito da calagem nos teores de Mg foi menos expressivo. No LE a calagem aumentou os teores de Mg mais do que no LR.

Ao longo dos quatro cortes há uma tendência do aumento do teor de Mg nos três tratamentos básicos. Nos quatro cortes o teor de Mg no tratamento SC foi menor.

Durante os quatro cortes os teores de Mg permanecem mais elevados nas folhas das plantas que receberam calagem quando comparadas àquelas que não receberam. Essa diferença permanece praticamente constante (em torno de 0,4%).

4.1.1.7. Manganês (ppm na folha) - Mn

Considerando as médias gerais dos tratamentos isoladamente, percebe-se que apenas a calagem e as doses de N, P e K afetaram sensivelmente o teor foliar de Mn. Nos tratamentos sem calagem o teor foi de 920 ppm e com calagem 190 ppm. Com o aumento da dose de N, P e K há também um aumento do teor de Mn, de 324 ppm na dose 0 para 799 ppm na dose 3.

Não há uma tendência muito bem definida de variação do Mn ao longo dos quatro cortes em relação aos tratamentos.

4.1.1.8. Zinco (ppm na folha) - Zn

O teor de Zn na folha apresentou interação não significativa (TUKEY 5%) entre os tratamentos e entre os tratamentos e as épocas de corte.

As médias gerais nos indicam grande uniformidade dos valores com uma amplitude de variação de 495 ppm na dose 0 a 551 ppm na dose 2. Os valores dos outros tratamentos são intermediários a esses. Os dados parecem não ter sido afetados pelos tratamentos aplicados.

4.1.1.9. Ferro (ppm na folha) - Fe

As médias gerais nos indicam que o teor de Fe nas folhas das plantas cultivadas em LR foram sensivelmente superiores às aquelas cultivadas em LE (LR = 566 ppm e LE = 390 ppm). A época de corte parece não ter influenciado os valores de maneira a levá-los a assumir uma tendência de variação bem definida.

4.1.2. Resultados das análises de terra

Os resultados estão nos Quadros 5 (pág. 76 a 78) e 4 (pág. 75).

4.1.2.1. Atividade do hidrogênio (pH CaCl₂) - pH

A média geral do valor pH dos tratamentos é muito semelhante, igualmente ocorre entre os solos e doses. Já nos tratamentos com calagem o valor é bem superior aos sem calagem (6,2 com calagem e 4,5 sem calagem).

Os valores mais baixos de pH nas quatro doses ocorreram no tratamento FS.

A calagem elevou mais o valor pH no LE do que

no LR (LE com calagem 6,5 e LR com calagem 5,9).

4.1.2.2. Fósforo solúvel (ug/cm^3) - P

Analisando as médias gerais dos tratamentos observa-se que o teor mais baixo de P ocorreu no tratamento FS (85 ug/cm^3) o LR apresenta teores de P mais elevados do que o LE (87 no LE e 127 ug/cm^3 no LR).

Com o aumento da dose de N, P e K há um aumento equivalente do teor de P no solo, passando de um teor baixo a elevado (12 na dose 0 a 246 ug/cm^3 na dose 3).

Nas primeiras três doses os valores de P são semelhantes entre os três tratamentos, já na dose mais elevada, o maior teor é encontrado no tratamento SC e o mais baixo no FS.

No LR com exceção da dose 0, em todas as outras, o teor de P é mais elevado do que no LE.

4.1.2.3. Potássio trocável (meq/100 cm^3) - K

As médias gerais do teor de K no solo são muito semelhantes.

Na interação entre tratamentos, apesar de existirem diferenças estatísticas entre os valores, a variação nominal é muito pequena, não sendo possível estabelecer qualquer tendência de comportamento diferencial em relação aos tratamentos.

4.1.2.4. Cálcio trocável (meq/100 cm³) - Ca

Analisando as médias gerais dos tratamentos observa-se que os teores de Ca mais elevados estão associados aos tratamentos com adição de SCs (SC e FS + SC). A calagem também aumentou os teores de Ca trocável no solo (3,47 meq/100 cm³ nos tratamentos com calagem e 1,64 no sem calagem, em média).

O LR apresentou teores mais elevados do que o LE (1,92 no LE e 3,18 meq/100 cm³ no LR).

A dose de N, P e K pouco afetou o teor de Ca no solo.

No tratamento FS não houve diferença do teor de Ca em relação às doses, já nos outros dois tratamentos há uma tendência de aumento do teor de Ca com o aumento da dose de N, P e K.

4.1.2.5. Magnésio trocável (meq/100 cm³) - Mg

Analisando as médias gerais dos tratamentos, observa-se que não há grande diferença entre os tratamentos básicos. O intervalo de variação em relação aos tratamentos básicos é de 0,87 no SC a 1,06 no FS. A calagem por sua vez aumentou consideravelmente o teor de Mg. Nos tratamentos sem calagem o teor médio é de 0,31 e nos tratamentos com calagem 1,61. No LR o teor de Mg também é mais elevado.

Entre as diferentes doses de N, P e K não há grande variação no teor de Mg.

4.1.2.6. Soma de bases (meq/100 cm³) - S

Analisando-se a média geral dos tratamentos observa-se que a S é ligeiramente superior nos tratamentos SC e FS + SC 3,99 e 3,77, respectivamente. Os tratamentos com calagem também apresentam S muito mais elevada do que os sem calagem, o mesmo ocorre com o LR em relação ao LE. As doses de N, P e K pouco afetaram a soma de bases.

4.1.2.7. Capacidade de troca de cátions (meq/100 cm³) - CTC

Analisando-se a média geral dos tratamentos,

observa-se que há pouca diferença entre a CTC dos tratamentos básicos, dos tratamentos com e sem calagem e entre as diferentes doses. Apenas a CTC do LR é maior do que a do LE, 4,44 e 9,17, respectivamente.

4.1.2.8. Saturação por bases (%) - V%

Pelas médias gerais observa-se que dos tratamentos isoladamente, apenas a calagem afetou a variação da saturação por bases em maior proporção (74% nos tratamentos com calagem e 31% no sem, em média).

Nos tratamentos com e sem calagem não há grande diferença entre os três tratamentos básicos.

Nas quatro doses, o tratamento FS apresentou V% ligeiramente inferior aos outros dois tratamentos.

4.1.2.9. Enxofre solúvel - $$\begin{array}{ccc} -2 & 3 & - \\ (SO & ug/100\ cm) & - SO \\ 4 & & 4 \end{array}$$

As médias gerais nos mostram que nos dois tratamentos com adição de SC (SC e FS + SC) o teor de SO é maior do que no FS; SC = 99, FS + SC = 95 e FS = 55.

NO LR o teor de SO é superior ao LE, LR =
4
109 e LE = 57.

Nesses dois solos o teor mais elevado foi observado no tratamento SC.

4.1.3. Discussão dos resultados

Segundo as observações de BEATON et alii (1967) e BOONDUANG et alii (1976) os fertilizantes de solubilização lenta, especialmente os nitrogenados, levam as culturas a terem produções mais elevadas com o tempo ou com cortes sucessivos quando comparados a formas mais solúveis. A produção inicial das formas mais solúveis é maior. Dessa forma, o fato dos três tratamentos básicos terem se igualado em termos de produção de Matéria Seca a partir do segundo corte, indica-nos que o SC não se comporta como um fertilizante de solubilização lenta (FSL).

O tratamento FS + SC apresentou no primeiro corte a maior produção de Matéria Seca, seguido do tratamento FS e por último o SC. Podemos inferir daí, que há um efeito benéfico causado pela presença do SC sem fertilizantes, efeito esse, anulado quando os fertilizantes são introduzidos no SC.

A constância do teor de Nitrogênio na folha ao longo dos quatro cortes em relação aos três tratamentos básicos, reforça a afirmação de que o SC não se comporta como um fertilizante de solubilização lenta. Resultados semelhantes foram obtidos por VAUGHN et alii (1979) comparando uréia com uréia envolvida por enxofre (SCU) em pastagem natural na Califórnia-USA.

O teor mais elevado de K na folha do tratamento SC ao longo dos quatro cortes, nos dois solos, com e sem calagem e nas quatro doses de N, P e K; indica que há um aproveitamento melhor do K quando aplicado dessa forma, uma vez que o teor no solo é semelhante em todos os tratamentos. Este fato pode ser explicado devido a uma menor lixiviação do K aplicado dessa forma.

Em relação aos tratamentos principais os teores na folha dos outros elementos analisados (P, Ca, Mg, Mn, Fe e Zn) apresentaram variações ou interações significativas, mas não seguindo uma tendência que explique o comportamento (produção de matéria seca) das plantas.

A pequena variação do N nos tratamentos básicos, ao longo dos quatro cortes, explica a semelhança das produções de matéria seca. O teor mais elevado de K na folha, no tratamento SC e em todas as suas interações, leva-

nos a inferir uma melhor absorção de K quando este é aplicado via SC.

A calagem, quando analisada isoladamente como tratamento, provocou um aumento da produção de matéria seca (M.S.), porém esse aumento foi muito inferior àquele devido ao efeito isolado dos solos. Com a calagem observa-se teores menores de P e Mn nas folhas, em relação aos tratamentos sem calagem. O efeito da calagem desaparece a partir do terceiro corte, igualando-se a partir daí a produção de M.S..

A média de produção no LR é de 10,6 g/vaso e no LE 6,0 g/vaso. No LR observa-se teores na folha sensivelmente mais elevados de K e Fe. O teor de N é semelhante. A produção nos dois solos diminui do primeiro ao quarto corte, mas nos quatro cortes o LR é em média 59% mais produtivo.

Observa-se, analisando as doses isoladamente, que há um aumento de produção de M.S. da menor para a maior dose. Da dose 0 para a 1 o aumento é de 64%, da 1 para a 2, 78% e da 2 para a 3, 82%.

Esse aumento vem acompanhado de um aumento do teor de N na folha de 1,2% na dose 0 para 1,6% na dose 3. O teor de K na folha, pelo contrário, é mais elevado nas doses

menores.

As diferenças de produção entre as doses se mantêm durante os quatro cortes, apesar de haver uma diminuição do primeiro ao quarto corte em todas as doses. O teor de N na folha aumenta da dose 0 para a 3 apenas no primeiro corte, nos três cortes subsequentes os valores não apresentam diferença significativa entre as doses. Apesar de não haver diferença no teor de N na folha, a diferença de produção de Matéria Seca existiu.

Os principais efeitos dos tratamentos básicos nas propriedades do solo, relacionam-se aos teores de P, Ca, V% e S-SO₄ no solo. O valor pH e os teores de K e Mg não foram sensivelmente alterados. Esse efeito é devido principalmente pela presença do SC e não pela colocação ou não dos fertilizantes em seu interior, uma vez que os tratamentos SC e FS + SC apresentaram variações semelhantes. O teor de P solúvel é de 127 ug/cm³ no tratamento SC, 108 no FS + SC e 85 no FS.

O teor de cálcio e enxofre no solo também é elevado nos tratamentos SC e FS + SC e mais baixo no FS, devido à solubilização do gesso. O teor mais elevado de Ca leva a uma elevação da saturação por bases nesses tratamentos.

4.1.4. Conclusões do ensaio

a) O SC não se comporta como um Fertilizante de Solubilização Lenta;

b) o K quando aplicado via SC é melhor aproveitado pelas plantas;

c) o efeito do tipo de solo na produção, analisado isoladamente é maior do que o efeito da calagem e

d) os tratamentos básicos não afetaram o valor pH, e os teores de K e Mg no solo. As variações de P, Ca e $S-SO_4^{2-}$, encontradas no solo, devido a ação dos tratamentos, devem-se principalmente à presença do SC.

Quadro 1 - Médias gerais dos tratamentos no ensaio de efeito residual dos quatro cortes - Análise das Plantas (Capim Colonião)

P A R A M E T R O										
		M.S. g	N %	P %	K %	Ca %	Mg %	Mn ppm	Zn ppm	Fe ppm
T R A T A M E N T O	SC	7,61	1,34	0,75	3,96	0,57	0,46	559	535	464
	FS	8,49	1,40	0,89	2,73	2,94	0,56	509	511	481
	FS+SC	8,72	1,35	0,89	2,96	0,60	0,60	597	520	488
C A L A G E M	c/calagem	8,48	1,38	0,73	3,24	0,61	0,70	190	502	511
	s/calagem	8,07	1,34	0,96	3,33	0,53	0,30	920	542	444
S O D O	LE	5,98	1,38	0,84	2,94	0,60	0,54	512	532	390
	LR	10,57	1,34	0,84	3,64	0,53	0,55	598	512	566
D O S	0	4,73	1,19	0,74	4,19	0,51	0,40	324	495	466
	1	7,39	1,27	0,81	3,16	0,60	0,57	495	541	540
	2	9,45	1,43	0,91	2,95	0,59	0,61	602	551	468
	3	11,52	1,56	0,91	2,82	0,58	0,59	799	500	437

Quadro 2 - Interações entre os tratamentos do ensaio de efeito residual - Análise das Plantas dos quatro cortes (Capim Colonião)

TRATAMENTO		SOLO		CALAGEM		DOSE			
		LE	LR	COM	SEM	0	1	2	3
M.S. g	SC			7,55Ab	7,65Ab	4,68Da	6,34Cb	7,64Bc	11,7BAa
	FS			8,90Aa	8,093AB	4,700a	7,64Ca	10,30Bb	11,25Aa
	FS+SC			8,99Aa	8,46Aa	4,730a	8,21Ca	14,42Aa	11,53Ba
N % folha	SC	1,33Ab	1,35Aa						
	FS	1,44Aa	1,37Ba						
	FS+SC	1,40Aa	1,30Bb						
P % folha	SC	0,67Bb	0,83Aa			0,75Aa	0,74Ab	0,74Ab	0,78Ab
	FS	0,94Aa	0,83Ba			0,72Ca	0,84Ba	1,03Aa	0,97aa
	FS+SC	0,92Aa	0,86Aa			0,76Ba	0,85Ba	0,97Aa	0,99Aa
K % folha	SC	3,71Ba	4,21A	4,06Aa	3,85Ba	4,22Aa	3,91Aa	3,69Ba	4,02Aa
	FS	2,55Bb	3,33AB	2,77Bb	3,11Ab	4,23Aa	2,76Bb	2,54Bb	2,23Cb
	FS+SC	2,56Bb	3,37Ab	2,91Ab	3,02Ab	4,14Aa	2,83Bb	2,65Bb	2,24Cb
Ca % folha	SC	0,41Aa	0,35Bb	0,62Aa	0,52Bb	0,55Ba	0,59Ab	0,59Aab	0,54Bb
	FS	0,37Ab	0,35Ab	0,50Ab	0,50Bb	0,45Bb	0,57Ab	0,50Ab	0,57Ab
	FS+SC	0,43Aa	0,38Ba	0,63Aa	0,57Ba	0,53Ba	0,63Aa	0,62Aa	0,63Aa
Mg % folha	SC			0,50Ac	0,34Bc	0,41Ba	0,48Ab	0,52Ab	0,433b
	FS			0,75Ab	0,37Bb	0,36Bb	0,61Aa	0,63Aa	0,65Aa
	FS+SC			0,78Aa	0,42Ba	0,42Ba	0,64Aa	0,67Aa	0,68Aa
Mn ppm folha	SC			181Ba	938Aa	334Ca	475Ca	550Bb	878Aa
	FS			194Ba	825Ab	300Ca	4823a	5563b	700Ab
	FS+SC			195Ba	999Aa	339Da	528Ca	700Ca	822Aa
Fe ppm folha	SC								
	FS								
	FS+SC								

1 - Os espaços em branco referem-se à interações não significativas

2 - As letras maiúsculas diferentes indicam diferenças significativas na horizontal (TUKEY 5%)

3 - As letras minúsculas diferentes indicam diferenças significativas na vertical (TUKEY 5%)

continua

continuação

Quadro 2 - Interações entre os tratamentos do ensaio de efeito residual - Análise das Plantas dos quatro cortes (Capim Colonião)

		CALAGEM		D O S E			
SOLO		COM	SEM	0	1	2	3
N.S. g	LE			2,360b	5,360b	7,230b	8,70Ab
	LR			6,830a	7,43Ca	11,673a	14,84Aa
N % folha	LE	1,42Aa	1,350a	1,200a	1,30Ca	1,46Ba	1,60Aa
	LR	1,35Ab	1,33Aa	1,200a	1,25Ca	1,390b	1,52Ab
P % folha	LE			0,640b	0,78Ba	0,97Aa	0,99Aa
	LR			0,85Aa	0,84Aa	0,85Ab	0,84Ab
K % folha	LE						
	LR						
Ca % folha	LE	0,66Aa	0,56Ba	0,57Ca	0,63Aa	0,63Aa	0,60Ba
	LR	0,57Ab	0,500b	0,450b	0,56Ab	0,56Ab	0,56Ab
Mg % folha	LE	0,73Aa	0,340b	0,45Ca	0,58Aa	0,58Ab	0,540b
	LR	0,60Ab	0,480a	0,35Ca	0,570a	0,64Aa	0,64Aa
Mn ppm folha	LE	169Ba	856Ab				
	LR	2410a	785Aa				
Fe ppm folha	LE						
	LR						

1 - Os espaços em branco referem-se à interações não significativas

2 - As letras maiúsculas diferentes indicam diferenças significativas na horizontal (TUKEY 5%)

3 - As letras minúsculas diferentes indicam diferenças significativas na vertical (TUKEY 5%)

continua

continuação

Quadro 2 - Interações entre os tratamentos do ensaio de efeito residual - Análise das Plantas dos quatro cortes (Capim Colonião)

CALAGEM		D O S E			
		0	1	2	3
M.S.	COM				
	SEM				
N	g				
	% folha				
P	COM	1,26Ca	1,27Ca	1,45Ba	1,55Aa
	SEM	1,13Db	1,27Ca	1,41Ba	1,56Aa
K	COM				
	SEM				
Ca	COM	0,57Ba	0,63Aa	0,63Aa	0,61Aa
	SEM	0,45Cb	0,56Ab	0,56Ab	0,51Bb
Mg	COM	0,55Ca	0,73Ba	0,77Aa	0,76ABa
	SEM	0,25Cb	0,42ABb	0,45Ab	0,41Bb
Mn	COM	958b	154ABb	221Ab	290Ab
	SEM	554Da	836Ca	9830a	1309Aa
Fe	COM	483Aa	565Aa	505Aa	495Aa
	SEM	450ABa	517Aa	431ABa	300Ba

1 - Os espaços em branco referem-se à interações não significativas

2 - As letras maiúsculas diferentes indicam diferenças significativas na horizontal (TUKEY 5%)

3 - As letras minúsculas diferentes indicam diferenças significativas na vertical (TUKEY 5%)

Quadro 3 - Interações entre as épocas de corte e os tratamentos no ensaio de efeito residual - Análise das Plantas (Capim Colonião)

		TRATAMENTOS				C A L A G E M	
		EPOCA	SC	FS	FS+SC	CDM	SEM
M.S. g	1	13,41Ca	15,25Ba	16,29Aa	14,65Aa	15,31Aa	
	2	9,28Bb	9,74Ab	10,15Ab	10,89Ab	0,76Bb	
	3	4,29Ac	4,93Ac	4,63Ac	4,07Ac	4,37Ac	
	4	3,45Ad	4,05Ad	3,81Ac	3,70Ad	3,84Ac	
N % folha	1	2,13Aa	2,22Aa	2,07Aa	2,28Aa	2,01Ba	
	2	1,03Ac	1,10Ac	1,06Ac	1,07Ac	1,06Ac	
	3	0,96Ac	1,08Ac	1,07Abc	1,01Ac	1,06Ac	
	4	1,25Ab	1,21Ab	1,17Ab	1,18Ab	1,23Ab	
P % folha	1	0,53Cc	0,08Ab	0,75Bc	0,61Bc	0,83Ac	
	2	0,59Bc	0,68ABc	0,76Ac	0,59Bc	0,76Ad	
	3	0,83ABb	0,87ab	0,93Ab	0,72Bb	1,04Ab	
	4	1,05Ba	1,13ABa	1,14Aa	1,01Ba	1,20Aa	
K % folha	1	4,72Ab	3,67Ba	3,61Ba	3,88Ba	4,13Aa	
	2	4,25Ab	3,03Bb	2,91Bc	3,37Ab	3,42Ab	
	3	3,16Ad	1,85Cc	2,15Bd	2,27Ac	2,48Ac	
	4	3,70Ac	3,19Bb	3,18Bb	3,46Ab	3,28Bc	
Ca % folha	1	0,35Ac	0,32Ac	0,35Ad	0,40Ac	0,28Bc	
	2	0,45Bb	0,40ABb	0,50Ac	0,51Ab	0,44Bb	
	3	0,73Ba	0,67Ca	0,79Aa	0,76Aa	0,71Ba	
	4	0,74Aa	0,68Ba	0,76Ab	0,76Aa	0,69Ba	
Mg % folha	1	0,31Bc	0,44Ad	0,45Ac	0,57Ac	0,23Bd	
	2	0,48Cb	0,56Bc	0,61Ab	0,73Ab	0,37Bc	
	3	0,52Ba	0,65Aa	0,68Aa	0,80Aa	0,43Bb	
	4	0,53Ca	0,60Bb	0,67Aa	0,71Ab	0,49Ba	
Mn ppm folha	1	395Bc	503Aa	478Ac	206Bb	711Ab	
	2	551Bb	512Ba	624Ab	177Bb	947Aa	
	3	676Aa	536Ba	695Aa	189Ba	695Ab	
	4	595Ab	407Ba	591Ab	187Ba	591Ac	
Fe ppm folha	1	326AB	242Ab	217Ac	263Ab	262Ab	
	2	599Ba	714ABa	810Aa	735Aa	681Aa	
	3	669Aa	733Aa	646Ab	768Aa	597Ba	
	4	265Ab	236Ab	279Ac	282Ab	238Ab	

1 - Os espaços em branco referem-se à interações não significativas

2 - As letras maiúsculas diferentes indicam diferenças significativas na horizontal (TUKEY 5%)

3 - As letras minúsculas diferentes indicam diferenças significativas na vertical (TUKEY 5%)

continua

continuação

Quadro 3 - Interações entre as épocas de corte e os tratamentos no ensaio de efeito residual - Análise das Plantas (Capim Colonião)

		S O L O			D O S E			
		EPOCA	LE	LR	0	1	2	3
M.S.	g	1	10,05Ba	19,92Aa	7,61Ca	15,11Ba	18,14Aa	19,07Aa
		2	7,48Bb	11,97Ab	4,84Db	6,95Cb	10,80Bb	16,32Ab
		3	3,50Bc	5,74Ac	3,38Cc	4,02Bc	4,07Cc	6,21Ac
		4	2,89Bd	4,65Ad	3,10Bc	3,50ABc	4,00ABc	4,48Ad
N	% folha	1	2,20Aa	2,02Ba	1,51Da	1,78Ca	2,34Ba	2,76Aa
		2	1,08Ac	1,04Ac	1,03Cc	1,00Ab	1,11Ab	1,12Abc
		3	1,01Ac	1,06Ac	1,03Ac	1,11Ac	1,04Abc	1,00Ac
		4	1,18Ab	1,24Ab	1,22Ab	1,12Ab	1,22Ab	1,16Ab
P	% folha	1	0,07Ab	0,56Bd	0,46Cc	0,50Bd	0,80Ab	0,95Ab
		2	0,67Ac	0,60Ac	0,73Ab	0,69ABc	0,60ABd	0,61Bc
		3	0,82Bb	0,93Ab	0,80Bb	0,80ABb	0,93Ab	0,70ABb
		4	1,02Ba	1,19Aa	0,90Ba	1,10Aa	1,16Aa	1,10Aa
K	% folha	1	3,08Bb	4,93Aa	4,68Aa	3,67Ba	3,81Ba	3,07Ba
		2	2,87Bc	3,93Ab	4,85Aa	3,15Bb	2,86Cb	2,72Cb
		3	2,33Ad	2,43Ad	3,19Ac	2,37Cc	2,11Cc	1,86Cc
		4	3,48Aa	3,24Bc	4,07Ab	3,45Ba	3,05Cb	2,88Cb
Ca	% folha	1	0,38Ad	0,30Bc	0,36Ac	0,32Bc	0,34ABc	0,34ABc
		2	0,52Ac	0,43Bb	0,44Bb	0,52Ab	0,50Ab	0,46Bb
		3	0,78Aa	0,70Ba	0,64Ba	0,78Aa	0,78Aa	0,76Aa
		4	0,75Ab	0,71Ba	0,61Ba	0,76Aa	0,75Aa	0,75Aa
Mg	% folha	1	0,44Ac	0,37Bd	0,29Cd	0,40Bb	0,45Ac	0,47Ad
		2	0,58Aa	0,52Bc	0,38Cc	0,64Aa	0,63Ab	0,55Bc
		3	0,58Bb	0,66Aa	0,43Cb	0,63Ba	0,70Aa	0,70Aa
		4	0,55Bb	0,65Aa	0,40Ba	0,62Aa	0,66Aab	0,64Ab
Mn	ppm folha	1	438Ab	479Ad	312Ca	410Bb	495Bc	617Ad
		2	583Aa	541Ac	337Ca	572Ba	637ABab	700Ac
		3	568Ba	717Aa	333Da	544Ca	606Ba	1006Aa
		4	460Bb	655Ab	315Da	453Cb	508Bb	874Ab
Fe	ppm folha	1	254Ab	271Ab	300Ab	283Ab	211Ab	256Ab
		2	540Ba	875Aa	700Aa	732Aa	733Aa	666Aa
		3	570Ba	795Aa	627Ba	861Aa	663Ba	580Ba
		4	197Ab	323Ab	240Ab	287Ab	266Ab	247Ab

1 - Os espaços em branco referem-se à interações não significativas

2 - As letras maiúsculas diferentes indicam diferenças significativas na horizontal (TUKEY 5%)

3 - As letras minúsculas diferentes indicam diferenças significativas na vertical (TUKEY 5%)

Quadro 14 - Médias gerais dos tratamentos do ensaio de efeito residual - Análise das Terras

P A R A M E T R O										
		pH CaCl ₂	P sol.	K troc.	Ca troc.	Mg troc.	Soma de bases	CTC	VZ	² S-S/4
			ug/cm ³	meq/100cm ³	meq/100cm ³	meq/100cm ³	meq/100cm ³	meq/100cm ³		ug/100cm ³
T R A T A M E N T O	SC	5,3	127	0,06	2,99	0,87	3,93	7,17	55	99
	FS	5,3	85	0,04	1,90	1,06	3,01	6,29	48	55
	FS+SC	5,4	108	0,06	2,77	0,94	3,77	6,97	54	95
C A L A B E M	COM	6,2	113	0,06	3,47	1,61	5,14	6,91	74	72
	SEM	4,5	100	0,05	1,64	0,31	1,99	6,71	31	94
S O D O	LE	5,5	87	0,05	1,92	0,63	2,60	4,44	56	57
	LR	5,1	127	0,06	3,18	1,29	4,53	9,17	49	109
	0	5,4	12	0,07	2,20	1,05	3,32	6,41	53	84
S O D O	1	5,3	53	0,05	2,33	0,95	3,34	6,52	52	83
	2	5,3	115	0,05	2,64	0,93	3,62	6,91	53	85
	3	5,3	246	0,05	3,04	0,88	3,99	7,40	54	82

Quadro 5 - Interação entre tratamento do ensaio de efeito residual - Análise das Terras

TRATA	SOLO		CALAGEM		D O S E			
	LE	LR	COM	SEM	0	1	2	3
pH CaCl2	SC		6,14Ab	4,500b	5,37Aa	5,34Aa	5,36Aa	5,238b
	FS		6,19Aa	4,35Bc	5,29Ab	5,25Ab	5,25Ab	5,30Ab
	FS+SC		6,22Aa	4,59Ba	5,43Ba	5,30BCa	5,31Ca	5,52Aa
P solúvel mg/100cm3	SC		149Aa	1050a	120a	45Ca	1433a	309Aa
	FS		86Ac	85Ab	110a	58Ca	838b	190Ac
	FS+SC		104Ab	112Aa	130a	58Ca	1203a	241Ab
K trocável mg/100cm3	SC	0,05Ba	0,08Aa		0,07Aa	0,05Ba	0,06ABa	0,07Aa
	FS	0,04Aa	0,05Ab		0,07Aa	0,043a	0,043b	0,033c
	FS+SC	0,05Ba	0,06Ab		0,07Aa	0,05Ba	0,058ab	0,058b
Ca trocável mg/100cm3	SC	2,138a	3,85Aa		2,32Ca	2,583a	3,43Aa	3,65Aa
	FS	1,498b	2,31Ac		1,86Ab	1,91Ab	1,90Ac	1,95Ab
	FS+SC	2,158a	3,30Ab		2,420a	2,528a	2,573b	3,55Aa
Mg trocável mg/100cm3	SC		1,46Ac	0,20Ba				
	FS		1,80Aa	0,32Ba				
	FS+SC		1,57Ab	0,31Ba				
S.B. mg/100 cm3	SC	2,748a	5,12Aa		3,318ab	3,558a	4,35Aa	4,52Aa
	FS	2,238b	3,80Ac		3,13Ab	2,98Ab	2,96Ac	2,90Ab
	FS+SC	2,848a	4,69Ab		3,548a	3,508a	3,573b	4,46Aa
CTC mg/100 cm3	SC	4,598a	9,76Aa		6,280b	6,63Ca	7,598a	8,19Aa
	FS	4,068b	8,53Ac		6,31Ab	6,19Ab	6,24Ac	6,45Ac
	FS+SC	4,688a	9,52Ab		6,648a	6,750a	6,928b	7,56Ab
VZ	SC		75Aab	358a	533a	543a	58Aa	358b
	FS		74Ab	248b	50Ab	49Ab	49Ac	48Ac
	FS+SC		76Aa	348a	553a	533a	538b	59Aa
S-90A mg/cm3	SC	658a	134Aa					
	FS	418b	69Ac					
	FS+SC	678a	124Ab					

1 - Os espaços em branco referem-se à interações não significativas

2 - As letras maiúsculas diferentes indicam diferenças significativas na horizontal (TUKEY 5%)

3 - As letras minúsculas diferentes indicam diferenças significativas na vertical (TUKEY 5%)

continua

Quadro 5 - Interação entre tratamentos do ensaio de efeito residual - Análise das Terras

SOLO		CALAGEM		DOSE			
		COM	SEM	0	1	2	3
pH	CaCl ₂	6,49Aa	4,60Ba				
	LR	5,80Ab	4,37Ba				
P solúvel mg/100cm ³	LE			90a	40Cb	103Bb	193Ab
	LR			150a	64Ca	128Ba	300Aa
K trocável mg/100cm ³	LE			0,05Ab	0,04Aa	0,05Aa	0,05Aa
	LR			0,09Aa	0,05Ba	0,05Ba	0,05Ba
Ca trocável mg/100cm ³	LE	2,51Ab	1,35Bb				
	LR	4,43Aa	1,94Ba				
Mg trocável mg/100cm ³	LE	1,02Ab	0,23Bb				
	LR	2,20Aa	0,38Ba				
S.B. mg/100 cm ³	LE	3,59Ab	1,62Bb				
	LR	6,70Aa	2,37Ba				
CTC mg/100 cm ³	LE	4,64Ab	4,26Bb				
	LR	9,19Aa	9,17Aa				
VZ	LE	77Aa	36Ba				
	LR	73Ab	26Bb				
S-GD ug/cm ³	LE						
	LR						

1 - Os espaços em branco referem-se à interações não significativas

2 - As letras maiúsculas diferentes indicam diferenças significativas na horizontal (TUKEY 5%)

3 - As letras minúsculas diferentes indicam diferenças significativas na vertical (TUKEY 5%)

continua

continuação

Quadro 5 - Interação entre tratamentos do ensaio de efeito residual - Análise das Terras

CALAGEN		D O S E			
		0	1	2	3
pH CaCl2	COM	6,27Aa	6,20Ba	6,14BCa	6,17Ca
	SEN	4,45Bb	4,44Bb	4,47Bb	4,57Ab
P solúvel mg/100cm3	COM				
	SEN				
K trocável mg/100cm3	COM	0,07Aa	0,06ABa	0,05Ba	0,06ABa
	SEN	0,07Aa	0,04Bb	0,04Ba	0,04Bb
Ca trocável mg/100cm3	COM				
	SEN				
Mg trocável mg/100cm3	COM				
	SEN				
S.d. mg/100 cm3	COM				
	SEN				
CTC mg/100 cm3	COM				
	SEN				
VZ	COM	76Aa	74Aa	74Aa	74Aa
	SEN	298b	298b	33Ab	34Ab
S-SD4 ug/cm3	COM				
	SEN				

1 - Os espaços em branco referem-se à interações não significativas

2 - As letras maiúsculas diferentes indicam diferenças significativas na horizontal (TUKEY 5%)

3 - As letras minúsculas diferentes indicam diferenças significativas na vertical (TUKEY 5%)

4.2. Ensaio com micronutrientes

Inicialmente vamos apresentar o efeito dos tratamentos aplicados sobre cada um dos fatores analisados isoladamente para as duas culturas.

Numa segunda parte da discussão, analisaremos o ensaio de uma forma geral, chegando dessa forma a conclusões mais abrangentes.

4.2.1. Apresentação dos resultados

4.2.1.1. Colza

A colza foi cultivada num primeiro período, de 15/06/86 a 27/08/86, e o efeito dos tratamentos foi o seguinte (os resultados dos parâmetros avaliados estão no Quadro 6 pág. 91 e 92):

. Matéria Seca (g/vaso)- M.S.- A matéria seca (M.S.) corresponde ao peso da parte aérea das plantas de cada vaso, secas em estufa a 60 °C até peso constante. Analisando os dados do Quadro 6 observa-se que a aplicação de micronutrientes teve resposta significativa por parte das plantas, uma vez que nos tratamentos em que eles foram aplicados (SC com micro -22,72-, SC micro no solo -15,97- e

FS + SC micro no solo -18,68-) a produção de M.S. foi significativamente maior, em relação à média dos outros dois tratamentos -10,42. A maior produção ocorreu com a aplicação dos micronutrientes dentro do SC;

. Nitrogênio (% na parte aérea) - N - O teor de N% na prte aérea teve igual comportamento em todos os tratamentos em que os nutrientes foram aplicados via SC. Apenas no tratamento FS + SC micro no solo houve na dose 2 um incremento significativo do teor de nitrogênio, passando de 1,48 (média dos outros tratamentos) para 2,22.

De qualquer forma o teor de nitrogênio foi pouco afetado pelos tratamentos ou pelas doses, apesar do valor significativo de "F" para tratamentos e para a interação tratamentos x doses;

. Fósforo (% na parte aérea) - P - O teor de fósforo na parte aérea mostrou-se bastante variável.

Os valores mais baixos foram encontrados nos tratamentos SC micro no solo e SC sem micro, 0,64 e 0,57, respectivamente. Os três tratamentos restantes apresentaram valores mais elevados de P, mesmo o tratamento FS + SC sem micro.

. Potássio (% na parte aérea) - K - O teor de potássio na parte aérea também mostrou grande variação. O seu comportamento mostra as mesmas tendências do fósforo. O valor médio é de 2,62 nos cinco tratamentos básicos.

. Cálcio (% na parte aérea) - Ca - O teor de cálcio não apresentou variação em relação aos tratamentos ou às doses, não sendo afetado pela forma de aplicação dos micronutrientes. O valor médio é 1,78 nos cinco tratamentos básicos.

. Magnésio (% na parte aérea) - Mg - O teor de magnésio também não apresentou muita variação, apenas nos tratamentos sem aplicação de micronutrientes verificou-se valores significativamente inferiores, 0,16 em média nos tratamentos sem micronutrientes e 0,23 naqueles em que houve a aplicação.

. Manganês (ppm na parte aérea) - Mn - Os teores de manganês mais elevados foram verificados nos tratamentos em que os fertilizantes foram aplicados na forma de FS, independentemente da aplicação de micronutrientes, 164 em média. Nos tratamentos SC, em que foram adicionados micronutrientes o teor de manganês foi mais elevado.

. Ferro (ppm na parte aérea) - Fe - O teor de ferro apresenta-se variável com tendências pouco definidas. Os valores mais elevados concentram-se nos tratamentos FS (168 em média) e os mais baixos nos tratamentos SC (66 em média).

4.2.1.2. Arroz

O arroz foi cultivado num segundo período, de 15/10/86 a 20/01/87 com reaplicação de meia dose de N, P e K sendo o efeito dos tratamentos sobre os parâmetros avaliados, o seguinte (os resultados numéricos dos parâmetros avaliados estão no Quadro 7 pág. 93 e 94):

. Matéria Seca g/vaso - M.S. - A matéria seca (M.S.) corresponde ao peso da parte aérea das plantas de cada vaso secas em estufa a 60 °C até peso constante. Os tratamentos SC com micro -11,31-, FS + SC micro no solo - 11,35- e FS + SC sem micro -12,19-, apresentaram o mesmo desempenho. Os dois tratamentos restantes, SC micro no solo e SC sem micro, tiveram uma produção de matéria seca significativamente menor, 8,31 em média. Na dose 2 o desempenho das plantas foi superior, não havendo interação entre as doses e os tratamentos.

. Nitrogênio (% na parte aérea) - N - Os três tratamentos sem aplicação de FS apresentaram os mesmos valores de N% na parte aérea, considerando os tratamentos em si e as duas doses. O valor médio nos tratamentos SC é de 0,90 em relação a 1,00 nos tratamentos FS. Nos tratamentos com aplicação de FS a dose 2 esteve associada a valores mais elevados de N%. Comparando-se os tratamentos, houve pouca variação, sendo os valores bastante uniformes.

. Fósforo (% na parte aérea) - P - Da mesma maneira como para o nitrogênio, os três tratamentos com aplicação do N, P e K via SC, se comportaram de forma idêntica. Entretanto, o teor de P nos tratamentos com aplicação de FS foi significativamente maior e, nesses dois tratamentos, a dose 2 apresentou valores também superiores. O valor médio dos tratamentos SC é de 0,44 e dos tratamentos FS, 0,81.

. Potássio (% na parte aérea) - K - Como nos dois casos anteriores os três tratamentos com aplicação de N, P e K via FS tiveram teores mais baixos de K na parte aérea. Os dois tratamentos com aplicação de FS não diferiram entre si. Na dose 2, em todos os casos, o valor de K foi superior. Não foi verificada interação significativa entre as doses e tratamentos. O valor médio dos tratamentos SC é 3,03 e dos tratamentos FS, 3,90.

. Cálcio (% na parte aérea) - Ca - O tratamento SC sem micro apresentou o valor mais elevado de Ca (0,81) e o FS + SC micro no solo o mais baixo (0,61). Os três tratamentos restantes apresentaram valores intermediários e semelhantes entre si. Na dose 1 o teor de Ca na parte aérea foi superior. Não houve interação significativa entre os tratamentos e as doses. De uma maneira geral a variação dos valores não é muito grande e não segue uma tendência bem definida em relação aos tratamentos.

. Magnésio (% na parte aérea) - Mg - O teor de Mg foi significativamente superior nos três tratamentos em que os nutrientes N, P e K foram aplicados via SC, sendo que os valores, dentro desses tratamentos são semelhantes (0,32 em média). Os valores de Mg nos tratamentos com FS são inferiores em relação aos SC e semelhantes entre si. Não há influência da dose de N, P e K sobre os teores de Mg e não há também interação significativa entre tratamentos e doses. A forma de aplicação dos micronutrientes não afetou significativamente os teores de Mg. O teor de Mg, bem como no caso do P e K foi influenciado mais pela forma de aplicação dos nutrientes N, P e K (via SC ou via FS).

. Manganês (ppm na parte aérea) - Mn - Os tratamentos SC com micro e SC micro no solo apresentaram os

valores mais elevados de Mn, 964 e 989, respectivamente. Todos os outros tratamentos tiveram valores inferiores, mas semelhantes entre si (424 em média). A dose de N, P e K não apresentou efeito sobre os valores de Mn e também não foi verificada interação significativa entre doses e tratamentos. A forma de aplicação dos micronutrientes parece também não ser a causa da variação dos resultados.

. Ferro (ppm na parte aérea) - Fe - O teor de Fe é bastante uniforme nos tratamentos. Todos os tratamentos, com exceção do FS + SC sem micro, são semelhantes entre si (205 em média). Nestes tratamentos também não há diferença da dose 1 em relação à dose 2. O teor de Fe no tratamento FS + SC sem micro na dose 1 apresentou um valor significativamente maior do que todos os demais (513). A forma de aplicação dos micronutrientes parece também não influenciar o teor de Fe na parte aérea.

. Zinco (ppm na parte aérea) - Zn - A aplicação de micronutrientes teve influência significativa no teor de Zn das plantas, uma vez que em todos os tratamentos em que eles foram aplicados os teores de Zn são significativamente maiores, mas semelhantes entre si (119 em média). Nos dois tratamentos sem aplicação de micronutrientes os valores são inferiores aos dos outros tratamentos e semelhantes entre si (29 em média). Não há

influência das doses de N, P e K sobre o teor de Zn e também não foi verificada interação significativa entre doses e tratamentos. A forma de aplicação dos micronutrientes parece também não afetar o teor de Zn das plantas.

4.2.2. Discussão dos resultados

Para a discussão dos resultados assumiremos a produção de matéria seca (M.S.) de cada tratamento como sendo o indicador da sua eficácia e, através dos teores dos nutrientes na folha, tentaremos explicar o comportamento apresentado.

No primeiro cultivo (colza 15/06 a 27/08/86) ficou evidente o efeito significativo da aplicação dos micronutrientes, uma vez que nos dois tratamentos em que eles não foram aplicados -SC sem micro e FS + SC sem micro- a produção de M.S. foi significativamente menor.

Considerando as três formas de aplicação dos micronutrientes via SC com micro, via SC micro no solo e FS + SC micro no solo o tratamento via SC com micro apresentou a maior produção de M.S. não diferindo estatisticamente do tratamento FS + SC micro no solo.

Através da análise do teor de alguns

nutrientes na parte aérea das plantas (Quadro 6) não foi possível definir com clareza qual fator isoladamente contribuiu em maior proporção induzindo o comportamento observado.

Nos dois tratamentos de maior desempenho na produção de M.S. os teores de todos os elementos está em níveis elevados, em quase todos os casos apresentando os valores mais elevados de todos os tratamentos, porém não excessivos. O pior desempenho do tratamento SC micro no solo não pode ser explicado pelos parâmetros analisados.

Nos dois tratamentos sem aplicação de micronutrientes o SC sem micro apresentou os teores mais baixos de praticamente todos os nutrientes analisados, principalmente o zinco, fato que pode explicar esse comportamento. O outro tratamento sem aplicação de micronutrientes FS + SC sem micro apresentou desempenho semelhante ao anterior mas teores de nutrientes semelhantes aos tratamentos de maior produção de matéria seca.

Como principais conclusões da discussão feita até o momento podemos citar que, para as condições experimentais, a aplicação de micronutrientes teve efeito significativo sobre a produção de M.S. das plantas, e que, a aplicação via SC é perfeitamente viável proporcionando

produção igual ou superior em relação à aplicação dos micronutrientes no solo. Como segunda conclusão podemos citar que os parâmetros analisados, isto é, o teor de alguns nutrientes na folha, não permitira explicar de maneira definitiva a diferença de comportamento, existente e observada, dos tratamentos.

No segundo cultivo realizado nos mesmos vasos (arroz 15/10/86 a 20/01/87) a influência da aplicação dos micronutrientes já é bem menos evidente, uma vez que tratamentos com e sem aplicação de micronutrientes tiveram o mesmo desempenho.

O tratamento FS + SC sem micro teve produção de M.S. semelhante ao FS + SC micro no solo e SC com micro. Já o tratamento SC sem micro apresentou produção inferior aos três anteriormente citados mas semelhante ao SC micro no solo.

Os teores de P, K e Mg tiveram seu comportamento influenciado principalmente pela forma de aplicação dos nutrientes N, P e K. No caso do P e K os teores na folha foram mais elevados nos tratamentos em que foram utilizados FS.

O bom desempenho dos tratamentos com

aplicação de FS possivelmente possa ser explicado em parte pelos teores mais elevados de P e K, uma vez que o teor de N é bastante homogêneo entre os tratamentos e os outros nutrientes analisados não apresentarem uma tendência de comportamento bem definida.

O teor de Zn foi afetado pela aplicação ou não de micronutrientes, sendo os teores de Zn na parte aérea das plantas significativamente inferiores nos tratamentos sem aplicação de micronutrientes. Entre os diferentes modos de aplicação o comportamento foi semelhante.

Como conclusões dos resultados desse segundo cultivo podemos citar que já não é evidente o efeito da aplicação de micronutrientes e já não existe diferença entre os modos de aplicação. A produção de matéria seca dos tratamentos, muito mais uniforme se comparada ao primeiro cultivo, pode apenas em parte ser explicada pelos parâmetros avaliados.

4.2.3. Conclusões do ensaio

Como conclusões gerais desse ensaio podemos afirmar que:

a) a aplicação de micronutrientes, via SC para as condições experimentais, é eficiente e viável, sendo comparável ou superior a aplicação no solo;

b) o efeito do modo de aplicação dos micronutrientes restringe-se a um período de cultivo. No segundo período de cultivo, sem reaplicação dos micronutrientes, o comportamento das plantas tende a se tornar mais uniforme, atenuando o efeito dos tratamentos e

c) os parâmetros analisados para explicar as diferentes produções de matéria seca (teor de alguns nutrientes na parte aérea das plantas) só permitiram explicações parciais.

Quadro 6 - Interação entre tratamentos no ensaio de micronutrientes. Análise da parte aérea da colza

TEOR NA PARTE AÉREA									
	M.S. g	N %	P %	K %	Ca %	Mg %	Mn ppm	Fe ppm	Zn ppm
SC C/MICRO	22,12A	1,57	0,76AB	2,54ABC	1,75A	0,23A	1313C	81	249C
M SC MICRO SOLO	15,97BC	1,37	0,64BC	2,11C	1,55A	0,24A	1308C	52	30ABC
E SC S/MICRO	8,07D	1,25	0,57C	2,50BC	1,80A	0,18AB	94C	64	17C
I FS+SC MICRO SOLO	18,60AB	1,86	0,78A	2,83AD	1,82A	0,21A	181A	113	41A
S FS+SC S/MICRO	12,77CD	1,57	0,79A	3,13A	1,96A	0,14B	147AB	222	37AB
D.M.S.	(5,17)		(0,13)	(0,62)	(0,44)	(0,06)	(47)		(14)
"F" TRATAMENTO	**	**	**	**		**	**	**	**
	19,65	7,86	9,41	6,32	1,55NS	7,22	7,89	20,60	8,44
M DOSE 1	13,76B	1,43	0,69A	2,54A	1,70A	0,22A	128A	93	28
E DOSE 2	17,76A	1,63	0,73A	2,70A	1,86A	0,19A	145A	121	31
I DOSE 2									
S DOSE 2									
D.M.S.	(2,31)		(0,06)	(0,26)	(0,19)	(0,03)	(21)		(6,01)
"F" DOSE	**	**						*	
	11,18	7,31	2,42NS	1,57NS	2,80NS	3,32NS	2,52NS	4,41	0,91NS
"F" TxD		*						**	
	0,98NS	3,32	1,82NS	0,42NS	1,90NS	1,05NS	1,62NS	4,03	2,13NS
** TUKEY 1%									
* TUKEY 5%									

continua

continuação

Quadro 6 - Parâmetro com interação significativa entre tratamento
x dose

TRATAMENTO DOSE	SC C/MICRO	SC MICRO SOLO	SC S/MICRO	FS+SC MICRO SOLO	FS+SC S/MICRO
--------------------	------------	---------------	------------	------------------	---------------

NITROGENIO %

DOSE 1	1,48Aa	1,30Aa	1,28Aa	1,50Ab	1,58Aa
DOSE 2	1,67Ba	1,43Ba	1,23Ba	2,22Aa	1,58Ba

D.M.S. (0,48) maiúsculo (5%)

D.M.S. (0,34) minúsculo (5%)

TUKEY

FERRO ppm

DOSE 1	91Aa	55Ba	75Ba	74Bb	168Ab
DOSE 2	72BCa	51Ca	54Ca	152Ca	275Aa

D.M.S. (87) maiúsculo (5%)

D.M.S. (62) minúsculo (5%)

TUKEY

Quadro 7 - Interação entre tratamentos no ensaio de micronutrientes. Análise da parte aérea do arroz

TEOR NA PARTE AÉREA										
	M.S. g	N %	P %	K %	Ca %	Mg %	Mn ppm	Fe ppm	Zn ppm	
M É D I A	SC C/MICRO	11,31A	0,07	0,52	2,92B	0,76A	0,33A	764A	170	127A
	SC MICRO SOLO	8,45B	0,92	0,39	3,06B	0,60AB	0,30A	989A	157	112A
	SC S/MICRO	8,16B	0,91	0,40	3,12B	0,81A	0,31A	487B	147	34B
	FS+SC MICRO SOLO	11,35A	0,9B	0,82	4,00A	0,61B	0,22B	459B	172	118A
	FS+SC S/MICRO	12,19A	1,02	0,80	3,79A	0,66AB	0,17B	325B	35B	24B
	D.M.S.	(2,62)			(0,40)	(0,17)	(0,05)	(207)		(53)
	"F" TRATAMENTO	** 8,35	* 3,04	** 40,25	** 24,35	* 3,01	** 30,71	** 19,49	** 6,07	** 15,00
M É D I A	DOSE 1	8,43B	0,90	0,61	3,20B	0,74A	0,29A	675A	23B	87A
	DOSE 2	12,15A	0,98	0,56	3,56A	0,66B	0,26A	614A	172	80A
	D.M.S.	(1,17)			(0,10)	(0,07)	(0,02)	(120)		(23,57)
	"F" DOSE	** 42,27	** 8,57	** 3,40NS	** 16,15	* 4,22		* 0,93NS	* 4,33	* 0,30NS
	"F" TxD		* 3,13	* 2,78				* 1,59NS	* 3,74	* 0,59NS

*
TUKEY 5%

**
TUKEY 1%

continua

Quadro 7 - Parâmetros com interação significativa entre
tratamento x dose

TRATAMENTO DOSE	SC C/MICRO	SC MICRO SOLO	SC S/MICRO	FS+SC MICRO SOLO	FS+SC S/MICRO		
N I T R O G E N I O %							
DOSE 1	0,81Aa	0,96Aa	0,91Aa	0,89Ab	0,91Ab	D.M.S.	(0,19) maiúsculo 5%
						D.M.S.	(0,14) minúsculo 5%
							TUKEY
DOSE 2	0,920a	0,89Ba	0,920a	1,06ABa	1,12Aa		
F Ó S F O R O %							
DOSE 1	0,53Ba	0,39Ba	0,42Ba	0,75Ab	0,71Ab	D.M.S.	(0,10) maiúsculo 5%
						D.M.S.	(0,14) minúsculo 5%
							TUKEY
DOSE 2	0,51Ba	0,39Ba	0,38Ba	0,89Aa	0,89Aa		
F E R R O ppm							
DOSE 1	193Ba	174Ba	142Ba	168Ba	513Aa	D.M.S.	(205) maiúsculo 5%
						D.M.S.	(145) minúsculo 5%
							TUKEY
DOSE 2	187Aa	152Aa	141Aa	176Aa	204Ab		

4.3. Ensaio de lixiviação

Os resultados da análise de terra do ensaio de lixiviação estão representados no Quadro 8 (pág. 102) e Quadro 9 (pág. 103 e 104).

Inicialmente apresentaremos aqueles que consideramos ser relevantes para a discussão e conclusões apresentadas na sequência.

4.3.1. Apresentação dos resultados

3
 . Fósforo solúvel (ug/cm) - P - Na
 profundidade um dos teores mais elevados de fósforo solúvel ocorrem nos tratamentos SC sem (256) e FS (286) entretanto não diferem estatisticamente do tratamento SC com (163) que apresenta um valor de P mais baixo. A testemunha é inferior a todos os outros tratamentos (5). Na profundidade dois novamente os três tratamentos, SC com (43), SC sem (169) e FS (131) se igualam estatisticamente, mas os dois valores mais elevados são encontrados nos tratamentos SC sem e FS. Na terceira profundidade o mesmo fato se repete, porém os tratamentos SC com e SC sem diferem estatisticamente sendo o valor mais baixo novamente associado ao tratamento SC com. A partir da profundidade quatro, até a última profundidade (sete), todos os tratamentos se igualam entre si e à

testemunha, não sendo mais constatado o efeito dos tratamentos.

3

. Potássio trocável (meq/100 cm³) - K - O teor de potássio trocável até a profundidade três é mais elevado e igual entre si nos tratamentos SC sem (0,99 em média) e FS (0,92 em média), do que os tratamentos SC com (0,46 em média) e testemunha (0,15 em média), que por sua vez também são iguais entre si. Essa diferença entre os dois grupos de tratamentos é confirmada pela análise estatística em quase todas as interações entre eles. A partir da profundidade quatro todos os tratamentos se igualam entre si, e à testemunha inclusive.

3

. Cálcio trocável (meq/100 cm³) - Ca - O teor de cálcio trocável é bastante homogêneo se compararmos os tratamentos em profundidade. Apenas na profundidade um foi observado um teor significativamente mais elevado no tratamento SC sem (2,28). Com exceção dessa situação todos os tratamentos se igualam entre si e à testemunha. O teor médio de Ca em todo o ensaio é de 0,93.

3

. Magnésio trocável (meq/100 cm³) - Mg - Até a profundidade dois o teor de magnésio é mais elevado nos tratamentos SC sem (0,42 em média) e FS (0,41 em média), se comparados ao tratamento SC com (0,20 em média). Essa

diferença é estatisticamente significativa. A testemunha se iguala ao tratamento SC com em todas as profundidades. A partir da profundidade três todos os tratamentos e a testemunha se igualam entre si.

3

. Alumínio trocável (meq/cm³) - Al - Não há interação significativa entre tratamentos e profundidade em relação ao teor de alumínio trocável em profundidade. Não há diferença significativa do teor de Al até a profundidade seis, apesar da baixa Diferença Mínima Significativa (DMS = (0,04)meq/100 cm³). Em relação aos tratamentos também houve pouca variação. O teor mais elevado foi verificado no tratamento SC sem (0,43). Os tratamentos SC com (0,38), FS (0,42) e TEST (0,37) se igualam entre si. A Diferença Mínima Significativa também é muito baixa (DMS = (0,05)meq/100 cm³).

3

. Soma de bases (meq/100 cm³) - S - Até a profundidade dois a Soma de Bases da testemunha (1,34 em média) e do tratamento SC com (1,73 em média) se igualaram. O valor S dos tratamentos SC sem e FS foram, nessas mesmas profundidades, superiores à testemunha. A partir da profundidade três não há mais efeito dos tratamentos em relação a Soma de Bases, uma vez que todos os tratamentos se igualaram à testemunha e a si próprios.

A Saturação por Bases e a CTC tiveram comportamento muito semelhante à Soma de Bases, sendo os mesmos comentários válidos também para esse caso.

4.3.2. Discussão dos resultados

O teor mais elevado de potássio trocável nos tratamentos SC sem e FS e a semelhança entre a testemunha e o tratamento SC com leva-nos a inferir que a aplicação de K via SC faz com que esse nutriente seja menos lixiviado se comparado ao FS, ficando conseqüentemente retido dentro do SC. Apesar da grande quantidade de gesso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) adicionado às colunas na forma de SC (15,0 g por coluna) não houve lixiviação do potássio causado pelo gesso. Essa inferência baseia-se no fato do teor de potássio ser semelhante nos tratamentos FS e SC sem, sendo que ambos tiveram adição de 46 ppm de K-KOH por coluna no solo, aplicado da mesma forma e, apenas o tratamento SC sem recebeu adição de 15,0 g de gesso na forma de SC sem N, P e K. Caso esse gesso estivesse lixiviando o potássio os teores de potássio do tratamento SC sem e possivelmente também do SC com, deveriam ser mais elevados em profundidade. ENGELSTAD & RUSSEL (1975) alertam para o fato da lixiviação ser menos intensa para as formas FSL de potássio quando comparadas aos fertilizantes potássicos altamente solúveis.

O comportamento do Mg, teores mais elevados nos tratamentos SC sem e FS e mais baixos no tratamento SC com e testemunha, também nos levam a presumir que não esteja havendo lixiviação de magnésio devido à presença do gesso.

O teor de cálcio, bastante uniforme entre os tratamentos em profundidade (apenas o tratamento SC sem profundidade um apresentou um teor de cálcio trocável mais elevado, os outros tratamentos nessa profundidade e todos os tratamentos, a testemunha inclusive, nas outras mostraram valores semelhantes), indica-nos que não está havendo lixiviação de $\text{Ca} - \text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O}$ ou Ca^{+2} em profundidades, apesar da aplicação de gesso na forma de SC. Esse fato é confirmado pelo comportamento do Al, isto é, não há diminuição de teor de Al trocável nos tratamentos com aplicação de SC em relação àqueles sem aplicação e, também não há diminuição do teor de Al trocável em profundidade em nenhum caso. O comportamento do K, Ca e da Soma de Bases também convergem para essa hipótese.

A Diferença Mínima Significativa bastante elevada no caso do fósforo (DMS entre tratamentos = 3 (132) $\mu\text{gP/cm}$) torna difícil o aparecimento de diferenças significativas entre os tratamentos. Baseando-nos no comportamento dos outros parâmetros analisados e na

tendência do valor nominal dos teores de fósforo trocável teceremos alguns comentários.

O teor de P é mais elevado nos tratamentos SC sem e FS em relação aos tratamentos SC com e TEST até a profundidade três (na profundidade três o teor de P é significativamente superior no tratamento SC sem, em relação a SC com e TEST). Os valores de P trocável da testemunha tornam-se muito próximos dos do tratamento SC com a partir da profundidade três, fato que em relação aos tratamentos SC sem e FS só ocorre a partir da profundidade quatro. Esses resultados levam-nos a crer que houve certa lixiviação de fósforo nos tratamentos SC sem e FS, provavelmente por fluxo de massa, devido a enorme intensidade de percolação de água provocada artificialmente (equivalente a 1030 mm de água). Resultados semelhantes foram observados por SPENCER (1957) e HUMPHEREYS & PRITCETT (1971). No tratamento SC com, provavelmente essa lixiviação por fluxo de massa foi menos intensa (os valores de P são mais baixos e diminuem rapidamente, igualando-se à testemunha), devido a retenção do $P - H_3PO_4$ dentro do SC. A redução da solubilidade do P ^{3 4} pode diminuir sua fixação (ENGELSTAD & RUSSEL, 1975).

4.3.3. Conclusões do ensaio

a) a aplicação de gesso na forma de SC nas condições experimentais, não provocou a lixiviação de outros cátions (K^+ , Mg^{+2}) nem a neutralização do Al^{+3} em profundidade;

b) o K aplicado via SC e provavelmente também o P, ficam retidos parcialmente dentro do SC, interagindo menos com o meio e sendo consequentemente lixiviados e liberados em menor intensidade e

c) a metodologia adotada permitiu testar a hipótese e explicar suficientemente bem os resultados obtidos.

Quadro 8 - Resultados de Análise de Terra do Ensaio de Lixiviação
- Médias e Teste F

		pH	N.O. %	P ug/cm3	K	Ca	Mg	Al mg/100 cm3	H+Al	S	T	V %	m %
T R E S T E S	1- SC C/	4,04	2,40A	34	0,33	0,85	0,26	0,38B	4,65	1,45	6,09	24	22
	2- SC S/	4,18	2,52A	85	0,59	0,97	0,33	0,43A	4,22	1,89	6,12	29	22
	3- FS	4,13	2,57A	75	0,54	0,97	0,36	0,42AB	4,42	1,87	6,29	29	20
	4- TEST	4,18	2,54A	5	0,18	0,91	0,33	0,37B	4,16	1,41	5,57	25	21
D.M.S.			(0,48)					(0,05)					
F - TRATA		1,41NS	0,11NS	12,47**	34,59**	0,33NS	2,00NS	6,55**	2,63NS	4,00*	2,08NS	2,76NS	0,32NS
P R O D U T O R I O S	1	4,32	2,48A	178	0,76	1,38	0,34	0,40A	3,93	2,47	6,41	37	16
	2	4,19	2,50A	87	0,62	0,86	0,32	0,43A	4,39	1,80	6,20	29	20
	3	4,08	2,49A	64	0,51	0,77	0,29	0,42A	4,54	1,60	6,15	25	21
	4	3,98	2,54A	7	0,30	0,72	0,26	0,41A	4,62	1,27	5,89	21	25
	5	3,97	2,55A	6	0,23	0,75	0,27	0,41A	4,67	1,25	5,92	21	26
	6	4,03	2,56A	6	0,21	0,87	0,32	0,39A	4,58	1,39	5,98	24	23
	7	4,38	2,58A	5	0,24	1,12	0,44	0,32B	3,80	1,00	5,60	32	16
D.M.S.			(0,14)					(0,04)					
F - PROF		17,35**	1,39NS	12,37**	13,85**	17,72**	15,06**	15,84**	11,44**	19,17**	3,95**	20,58**	12,86**
F - TxP		4,64**	1,10NS	2,05*	2,94**	5,88**	3,17**	1,69NS	3,80**	5,29**	2,04**	4,76**	3,10**

* TUKEY 5%

** TUKEY 1%

Quadro 9 - Resultados da Análise de Terra do Ensaio de Lixiviação
- Resultados com interação significativa entre
Tratamentos e Profundidade

		PROFUNDIDADE						
		1	2	3	4	5	6	7
pH CaCl2	SC C/	4,18ABb	3,888b	3,888b	3,908a	3,988a	4,008a	4,40Aab
	SC S/	4,55Aa	4,40ABa	4,108Cab	3,93Ca	3,88Ca	3,95Ca	4,40ABab
	FS	4,48Aab	4,35Aa	4,23ABa	3,988Ca	3,80Ca	3,938Ca	4,15ABCb
	TEST	4,088a	4,138ab	4,058ab	4,138a	4,153a	4,23A8a	4,50Aa
P ug/cm3	SC C/	163Aa	43ABab	13Abb	58a	58a	58a	58a
	SC S/	256Aa	169Aa	147Aba	98a	68a	68a	58a
	FS	286Aa	131ABab	89ab	78a	68a	68a	68a
	TEST	5Ab	5Ab	5Ab	6Aa	6Aa	6Aa	6Aa
K meq/100cm3	SC C/	0,56Ab	0,50Abc	0,31Ab	0,26Aa	0,22Aa	0,21Aa	0,24Aa
	SC S/	1,22Aa	0,93Aa	0,83ABa	0,403Ca	0,28Ca	0,23Ca	0,25Ca
	FS	1,11Aa	0,88Aab	0,76ABa	0,358Ca	0,23Ca	0,20Ca	0,268Ca
	TEST	0,14Ab	0,17Ac	0,16Ab	0,17Aa	0,19Aa	0,21Aa	0,23Aa
Ca meq/100cm3	SC C/	1,28Ab	0,728a	0,648a	0,748a	0,698a	0,798a	1,06ACa
	SC S/	2,28Aa	0,878Ca	0,758Ca	0,54Ca	0,56Ca	0,778Ca	1,058a
	FS	1,04ABb	1,00ABa	0,89ABa	0,768a	0,828a	0,95ABa	1,34Aa
	TEST	0,91Ab	0,84Aa	0,83Aa	0,84Aa	0,74Aa	0,95Aa	1,03Aa
Mg meq/100cm3	SC C/	0,188b	0,228b	0,228a	0,278a	0,268a	0,29ABa	0,40Aa
	SC S/	0,46Aa	0,38ABa	0,318Ca	0,21Ca	0,21Ca	0,308Ca	0,45Aa
	FS	0,41ABa	0,4088Ca	0,338CDa	0,268a	0,278Da	0,348CDa	0,50Aa
	TEST	0,32Aab	0,30Aab	0,27Aa	0,27Aa	0,33Aa	0,34Aa	0,40Aa

- As letras maiúsculas indicam diferença significativa na horizontal (TUKEY 5%)

- As letras minúsculas indicam diferença significativa na vertical (TUKEY 5%)

continua

continuação

Quadro 9 - Resultados da Análise de Terra do Ensaio de Lixiviação
- Resultados com interação significativa entre
Tratamentos e Profundidade

		PROFUNDIDADE						
		1	2	3	4	5	6	7
HAI meq/100cm ³	SC C/	4,248Ca	5,37Aa	4,96ABa	4,83ABa	4,71ABab	4,77ABab	3,64Cab
	SC S/	3,72 8Ca	3,928Cb	4,35ABCa	4,58ABa	4,97Aa	4,40ABCab	3,64Cab
	FS	3,53Ca	3,948Cb	4,27ABCa	4,71AbA	4,96Aa	5,09Aa	4,47ABa
	TEST	4,24ABa	4,36ABb	4,60Aa	4,36ABa	4,04ABb	4,07ABb	3,47Bb
Soma de Bases S-meq/100cm ³	SC C/	2,01Abc	1,44ABbc	1,27ABa	1,26AbA	1,17Ba	1,28ABa	1,70ABa
	SC S/	3,95Aa	2,188ab	1,888Ca	1,15Ca	1,05Ca	1,30Ca	1,758Ca
	FS	2,56Ab	2,26ABa	1,99ABCa	1,36Ca	1,31Ca	1,498Ca	2,10ABCa
	TEST	1,37Ac	1,31Ac	1,28Aa	1,30Aa	1,46Aa	1,50Aa	1,66Aa
CTC meq/100cm ³	SC C/	6,26ABb	6,81Aa	6,23ABa	6,09ABa	5,88ABa	6,06ABa	5,33Bb
	SC S/	7,67Aa	6,078a	6,238a	5,748a	6,023a	5,678a	5,398ab
	FS	6,09Ab	6,22Aa	6,25Aa	6,07Aa	6,27Aa	6,58Aa	6,57Aa
	TEST	5,61Ab	5,67Aa	5,08Aa	5,66Aa	5,51Aa	5,57Aa	5,13Ab
Saturação por Bases VZ	SC C/	31ABbc	21ABb	20Bb	21AbA	20Ba	22ABa	32Aa
	SC S/	51Aa	368a	268CDab	200a	180a	23CDa	328Ca
	FS	42Aab	37Aa	32ABa	238a	218a	238a	32ABa
	TEST	25Ac	23Ab	22Aab	23Aa	27Aa	27Aa	32Aa
Saturação por Alumínio m%	SC C/	20Aa	24Aa	23Aa	23Aa	25Aa	23Aa	16Aa
	SC S/	90b	17CDa	210Ca	29ABa	33Aa	20ABa	17CDa
	FS	158ab	17ABa	19ABa	24Aa	25Aab	23ABa	17ABa
	TEST	22Aa	24Aa	22Aa	24Aa	22Ab	20Aa	16Aa

- As letras maiúsculas indicam diferença significativa na horizontal (TUKEY 5%)

- As letras minúsculas indicam diferença significativa na vertical (TUKEY 5%)

5. CONCLUSÕES

Como conclusões gerais dos três ensaios podemos citar:

a) o SC não se comportou como um Fertilizante de Solubilização Lenta, porém não contribuiu negativamente na produção das plantas;

b) a aplicação de micronutrientes via SC é eficiente e viável;

c) o efeito do modo de aplicação dos micronutrientes restringe-se a um cultivo. A aplicação de micronutrientes via SC apresenta vantagens em relação à aplicação no solo apenas no primeiro cultivo;

d) a aplicação de gesso na forma de SC não provocou a lixiviação de K^{+} ou Mg^{+2} do solo nem a neutralização do Al^{+3} em profundidade e

e) o SC provoca aumentos do teor de P, Ca e S - SO₄ no solo, pelo menos próximo ao local de aplicação.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ALLISON, F.E. The fate of nitrogen applied to soils. *Advances in Agronomy*, 18: 219-258, 1966.
- ATANASIU, N. Zur Wirkung schwerloslicher N - Verbindungen. *Z. Pflanzenern. Dung. Bodenkunde*, 84(1-3): 103-110, 1959.
- BACHE, B.W. & HEATHCOTE, R.G. Long-term effects of fertilizers and manure on soil and leaves of cotton in Nigeria. *Experimental Agriculture*, 5: 241-247, 1969.
- BATAGLIA, O.C.; FURLANI, A.M.C.; TEIXEIRA, J.P.F.; FURLANI, P.R. & GALLO, J.A. Métodos de análise química de plantas. *Bol. Téc. no. 78*, Instituto Agronômico. Campinas-SP, 48p. 1983.
- BEATON, J.D.; HUBBARD, W.A. & SPEER, R.C. Coated urea, thiourea, urea-formaldehyde, hexamine, oxamine, glycoluril, and oxidized nitrogen-enriched coal as slowly available sources of nitrogen for orchardgrass. *Agron.*, 59(2): 127-133, 1967.

BEAUCHAMP, E.G. Slow release N fertilizers applied in fall for corn. *Can. J. Soil Sci.*, 57: 487-496, 1977.

BOONDUANG, A.; KANEHIRO, Y & MURDOCH, C.L. Response of "sunturf" bermudagrass to slow-release nitrogen sources under greenhouse conditions. *Hort Science*, 11(4): 379-381, 1976.

CHITOLINA, J.C. Perdas de nitrogênio por lixiviação: efeitos da uréia coberta com enxofre. Piracicaba, 1978. 90p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).

CHITOLINA, J.C. & GLORIA, N.A. da. Efeitos da uréia coberta com enxofre sobre a perda de nitrogênio por lixiviação em um Latossol Roxo. *Anais da E.S.A. "Luiz de Queiroz"*, Piracicaba, 37: 719-735, 1980.

DALAL, R.C. Comparative efficiency of soluble and controlled-release sulfur-coated urea nitrogen for corn in tropics. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 38: 970-974, 1974.

DALAL, R.C.; DATTOO, R.F. & INDALSINGH, T. Relative efficiency of sulphur coated urea, urea and ammonium sulphate in a calcareous soil. *Tropical Agriculture, Trinidad*, 51(4): 515-522, 1974.

DALAL, R.C. The use of urea and sulfur-coated urea for corn production in a tropical soil. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 39: 1004-1005, 1975.

ENGELSTAD, D.P. & RUSSEL, D.A. Fertilizers for use under tropical conditions. *Advances in Agronomy*, 27: 175-208, 1975.

FAO. Fertilizer and plant nutrition guide. Bulletin 9. In: _____ . Rome, FAO, 1984. p.65-66.

FRYE, W.W. Fall-vs. spring-applied sulfur-coated urea, uncoated urea, and sodium nitrate for corn. *Agronomy Journal*, 69: 278-282, 1977.

GASCHO, G.J. & SNYDER, G.H. Sulfur-coated fertilizers for sugarcane: I. Plant response to sulfur-coated urea. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 40: 119-122, 1976.

GILLIAM, C.H.; SHUMACK, R.L. & EVANS, C.E. The effects of slow-release fertilizers on the growth and postproduction performance of Boston fern. Hort Science, 18(4): 442-444, 1983.

HAAN, V.S. de & WERKHOVEN, C.H.E. Die Wirkung des Stickstoffs in langsamwirkenden synthetisch-organischen Stickstoffduengemitteln oder Mischduengern mit einer langsamwirkenden Stickstoffkomponente. Z. Pflanzenern. Bodenk. 3: 349-360, 1975.

HOLCOMB, E.J. Potassium release from selected slow-release fertilizers. Commun. in Soil Sci. Plant Anal., 12(12): 1303-1310, 1981.

HOROWITZ, A.; PINTO, F.B.; DUARTE, P.J. & CARNEIRO, M.O.M. Produção de adubos de solubilidade controlada. Rev. bras. Ci. Solo, 2: 144-147, 1978.

JARREL, W.M. & BOERSMA, L. Release of urea by granules of sulfur-coated urea. Soil Sci. Soc. Am. J., 44(2): 418-422, 1980.

JORGENSEN, S.S. Metodologia utilizada para análises químicas de rotina. Guia analítico. Piracicaba, Centro de Energia Nuclear na Agricultura, 1977. 24p.

KHANDELWAL, K.C.; SINGH, D.P. & KAPOOR, K.K. Mineralization of urea coated with neem extract and response of wheat. *Indian J. agric. Sci.* 47(6): 267-270, 1977.

LIEGEL, E.A. & WALSH, L.M. Evaluation of sulfur-coated urea (SCU) applied to irrigated potatoes and corn. *Agronomy Journal*, 68: 457-463, 1976.

LUDWICK, A.E.; RUMBURG, C.B. & SIEMER, E.G. Nitrogen sources for hay production on flooded meadows. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 42: 509-512, 1978.

LUNT, O.R. & DERTLI, J.J. Controlled release of fertilizer minerals by encapsulating membranes: II. Efficiency of recovery, influence of soil moisture, mode of application, and other considerations related to use. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 26: 584-587, 1962.

MAQUIEIRA, A.; CLIMENT, M.D., PUCHADES, R. & PRIMO YUFERA, E. Fertilization of orange trees with sulfur-coated urea. Nitrogen levels in leaves and fruits. *Plant and Soil*, 80(2): 247-254, 1984.

MATOCHA, J.E. Ammonia volatilization and nitrogen utilization from sulfur-coated ureas and conventional nitrogen fertilizers. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 40: 597-601, 1976.

NNADI, L.A. & ABED, S.M. Evaluation of sulphur-coated urea fertilizers in savannah soils 1. Response of cotton and sorghum. *J. agric. Sci.*, 101: 119-123, 1983.

NNADI, L.A. & ABED, S.M. Evaluation of sulphur-coated urea fertilizers in savannah soils 2. Effects on soil pH and residual nitrogen. *J. agric. Sci.*, 101: 125-129, 1983.

OERTLI, J.J. & LUNT, D.R. Controlled release of fertilizer minerals by encapsulating membranes: I. Factors influencing the rate of release. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 26: 579-583, 1962.

PEREGRINE, W.T.H; CATES, A.H. & MOMIN, D.K.M. Biodegradable cellophane bags - a controlled release system for pest and disease control and fertilizer application in watermelon. *Tropical Pest Management*, 27(4): 449-451, 1981.

PRASAD, R.; RAJALE, G.B. & LAKHDIVE, B.A. Nitrification retarders and slow-release nitrogen fertilizers. *Advances in Agronomy*, 27: 337-383, 1971.

PUCHADES, R.; YUFERA, E.P.; MAQUIEIRA, A. & RUBIO, J.L. Soil nitrogen fluctuations in citrus plots fertilized with sulfur-coated urea and ammonium nitro sulfate. *Plant and Soil*, 78: 357-365, 1984a.

PUCHADES, R.; YUFERA, E.P. & RUBIO, J.L. The release, diffusion and nitrification of nitrogen in soils surrounding sulfur-coated urea granules. *Plant and Soil*, 78: 345-356, 1984b.

RAIJ, B. van & QUAGGIO, JA. Métodos de análise de solo para fins de fertilidade. Bol. Téc. no. 81, Instituto Agronômico. Campinas-SP. 39p. 1983.

REDDY, R.N.S. & PRASAD, R. Studies on the mineralization of urea, coated urea, and nitrification inhibitor treated urea in soil. *Journal of Soil Science*, 26(3): 304-312, 1975.

SANCHEZ, P.A.; GAVIDIA, A.D.; RAMIREZ, G.E.; VERGARA, R. & MINGUILLO, F. Performance of sulfur-coated urea under intermittently flooded rice culture in Peru. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 37: 789-792, 1973.

SANCHEZ, P.A. Suelos del trópico. Características y manejo. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José, Costa Rica, 1981. p.55.

SARRUGE, J.R. & HAAG, H.P. Análises químicas em plantas. Piracicaba - ESALQ, 1974. 57p. (mimeografado)

SHARMA, G.C.; PATEL, A.J. & MAYS, D.A. Effect of sulfur-coated urea on yield, N uptake, and nitrate content in turnip greens, cabbage, and tomato. J. Amer. Soc. Hort. Sci., 101(2): 142-145, 1976.

SHARMA, S.N. & PRASAD, R. Effect of rates of nitrogen and relative efficiency of sulphur-coated urea and nitrapyrin-treated urea in dry matter production and nitrogen uptake by rice. Plant and Soil, 55: 389-396, 1980.

SHELTON, J.E. An evaluation of sulfur-coated urea as a preplant total season nitrogen supply for trellised tomatoes. Soil Sci. Soc. Am. J., 40(1): 126-129, 1976.

SCOTT, L.F.; BLESSINGTON, T.M. & PRICE, J.A. Influence of controlled-release fertilizers, storage duration, and light source on postharvest quality of poinsettia. Hort Science, 19(1): 111-112, 1984.

SNYDER, G.H & YOUNG, T.W. Fertilizer pockets, fertilizer tablets, and a plastic mulch method for flower production of field grown roses. J. Amer. Soc. Hort. Sci., 99(3): 276-278, 1974.

SNYDER, G.H. & GASCHO, G.J. Sulfur-coated fertilizers for sugarcane: II Release characteristics of sulfur-coated urea and KCl. Soil Sci. Soc. Am. J., 40(1): 119-122, 1976.

STONE, M.H. & WILD, A. Rate of nitrification of ammoniated vermiculite. Plant and Soil, 46: 633-636, 1977.

TERMAN, G.L.; ALLEN, S.E. & ENGELSTAD, O.P. Response by paddy rice to rates and sources of applied phosphorus. Agronomy Journal, 62: 390-394, mai-jun, 1970.

TERMAN, G.L. & MORTVEDT, J.J. Nutrient effectiveness in relation to rates applied for pot experiments: I. Nitrogen and potassium. Soil Sci. Soc. Am. J., 42: 297-302, 1978.

TISDALE, S. & NELSON, W. Soil fertility and fertilizers. In: 3a. Ed. NY-USA, Collier Mac Millan International Editions, 1974. p.378-379.

VAUGHN, C.E., JONE, M.B. & RUCKMAN, J.E. Effects of sulfur-coated urea on California annual grassland yield and chemical composition. *Agronomy Journal*, 71: 297-300, 1979.

VERSTRAETEN, L.M.J. & LIVENS, J. Effect of slow-release nitrogenous fertilizers on growth. Yield and quality of winter wheat. *Z. Pflanzenern. Bodenkunde*, 4/5: 435-446, 1975.

VERSTRAETEN, L.M.J. Mineralization of Hexamethylenetetramine in soils. *Z. Pflanzenern. Bodenk.*, 140: 175-181, 1977.

VITTI, G.C. & SUZUKI, J. A determinação do enxofre sulfato do solo pelo método turbidimétrico. Jaboticabal, FCAV, 1978, 13p. (mimeografado)

VOLK, G.M. & HORN, G.C. Response curves of various turfgrasses to application of several controlled-release nitrogen sources. *Agronomy Journal*, 67: 201-204, 1975.

WADDINGTON, D.V. & DUICH, J.M. Evaluation of slow-release fertilizers on pennpar creeping bentgrass. *Agronomy Journal*, 68: 812-815, set-out., 1976.

WALKLEY, A. & BLACK, I.A. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science*, 37: 29-38, 1934.

WATSCHKE, T.L. & WADDINGTON, D.V. Effect of nitrogen source, rate, and timing on growth and carbohydrates of Merion Bluegrass. *Agronomy Journal*, 66: 691-696, 1974.

WELLS, B.R. & SHOCKLEY, P.A. Conventional and controlled-release nitrogen sources for rice. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 39(3): 549-51, 1975.