**DOSES DE N E K APLICADOS VIA FERTIRRIGAÇÃO NA
CULTURA DA ROSEIRA (Rosa sp.) EM AMBIENTE PROTEGIDO**

EDIVALDO CASARINI

Tese apresentada à Escola Superior de
Agricultura “Luiz de Queiroz”,
Universidade de São Paulo, para
obtenção do título de Doutor em
Agronomia, Área de Concentração:
Irrigação e Drenagem.

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Agosto – 2004

**DOSES DE N E K APLICADOS VIA FERTIRRIGAÇÃO NA
CULTURA DA ROSEIRA (Rosa sp.) EM AMBIENTE PROTEGIDO**

EDIVALDO CASARINI
Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof. Dr. **MARCOS VINÍCIUS FOLEGATTI**

Tese apresentada à Escola Superior de
Agricultura “Luiz de Queiroz”,
Universidade de São Paulo, para obtenção
do título de Doutor em Agronomia, Área
de Concentração: Irrigação e Drenagem.

PIRACICABA
Estado de São Paulo – Brasil
Agosto – 2004

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - ESALQ/USP

Casarini, Edivaldo

Doses de N e K aplicados via fertirrigação na cultura da roseira (*Rosa* sp.) em ambiente protegido / Edivaldo Casarini. - - Piracicaba, 2004.
102 p. : il.

Dissertação (mestrado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2004.
Bibliografia.

1. Ambiente protegido 2. Fertirrigação 3. Fertilizantes nitrogenados 4. Fertilizantes potássicos 5. Irrigação por gotejamento 6. Rosa I. Título

CDD 635.933372

“Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor”

*Aos meus pais, Orlando e
Maria, muito obrigado pelo meu
passado, presente e com certeza,
futuro, pois a semente foi semeada
com muito amor e carinho.*

*A DEUS,
Meu companheiro eterno.*

AGRADEÇO

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Marcos Vinícius Folegatti, pela confiança e amizade durante todos esses anos de convívio;

Ao Departamento de Engenharia Rural da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ/USP) pela oportunidade de cursar o doutorado;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudo;

À FAPESP, pelo auxílio financeiro concedido para realização do projeto;

Aos professores Antonio José Frizzzone, Sérgio Nascimento Duarte, Rubens Duarte Coelho, Tarlei Botrel e Iran José de Oliveira por toda orientação e amizade;

Aos funcionários do Departamento de Engenharia Rural - ESALQ/USP, Gilmar, Hélio, Davilmar, Antonio e César (*in memorian*) pela ajuda prestada durante o curso;

Aos alunos GPID, em especial a aluna, Luciana Montebelo de Oliveira (Barrok) pela imensa ajuda durante todo o experimento;

A todos os colegas do curso de Pós-Graduação pela ajuda e amizade durante todo o curso;

A Luciana M. de Rezende Naccarato pelo apoio incondicional às minhas atitudes e aspirações, acreditando sempre no futuro.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS.....	viii
LISTA DE TABELAS.....	xiii
RESUMO.....	xv
SUMMARY.....	xvii
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	5
2.1 A cultura da rosa.....	5
2.2 Condução da roseira.....	7
2.3 Método e manejo da irrigação.....	8
2.4 Evapotranspiração da roseira.....	10
2.5 Fertirrigação.....	12
2.6 Fertirrigação em rosas.....	14
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	17
3.1 Descrição do local.....	17
3.2 Características químicas e físico-hídricas do solo.....	18
3.3 Monitoramento dos elementos climáticos e da evapotranspiração.....	19
3.4 Sistema e manejo da irrigação.....	20
3.5 Implantação da cultura.....	22
3.6 Fertilização.....	23
3.6.1 Fertirrigação.....	23
3.6.2 Fase de formação.....	24

3.6.3	Fase de produção.....	25
3.7	Delineamento experimental.....	26
3.8	Análise da solução do solo e folhas.....	29
3.9	Análise estatística e parâmetros avaliados.....	30
3.9.1	Produção de hastes comerciais.....	30
3.9.2	Dimensões das hastes comerciais.....	30
3.9.3	Dimensões dos botões florais.....	31
3.9.4	Massa fresca dos botões.....	31
3.9.5	Massa seca dos botões.....	31
3.9.6	Índice de área foliar.....	32
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	33
4.1	Características meteorológicas no ambiente protegido.....	33
4.2	Manejo da irrigação.....	36
4.3	Nutrientes e fertilizantes aplicados.....	42
4.3.1	Fase de formação.....	42
4.3.2	Fase de produção.....	44
4.4	Avaliação da primeira colheita de rosas.....	46
4.4.1	Variáveis qualitativas da primeira colheita.....	47
4.4.2	Produtividade da primeira colheita.....	53
4.5	Avaliação da segunda colheita de rosas.....	57
4.5.1	Variáveis qualitativas da segunda colheita.....	57
4.5.2	Produtividade da segunda colheita.....	64
4.5.3	Índice de área foliar.....	66
4.6	Condutividade elétrica na solução do solo.....	68
4.7	Concentração de nitrato e potássio na solução do solo.....	71

4.8	Estado nutricional das plantas.....	74
4.8.1	Macronutrientes.....	74
4.8.2	Micronutrientes.....	81
	CONCLUSÕES.....	87
	ANEXOS.....	89
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	95

LISTA DE FIGURAS

	Página
1 Área das estufas geminadas (A); Confecção e montagem do sistema de irrigação (B).....	18
2 Curva característica de retenção de água no solo.....	19
3 Vista do tanque evaporimétrico reduzido (B); Canteiro com uma bateria de tensiômetros e uma bateria de extratores de solução (B).....	22
4 Enxerto da variedade Versilha sobre o porta-enxerto (A); Canteiro após pegamento das mudas de rosas(B)....	23
5 Poda da roseira iniciando a fase de produção.....	24
6 Croqui da área experimental.....	28
7 Valores mensais máximo, médio e mínimo de temperatura do ar (A) e umidade relativa (B) no ambiente protegido entre os meses de fevereiro e setembro.....	34
8 Variação padrão da temperatura do ar e umidade relativa durante 24 horas no ambiente protegido sem aplicação (A) e com aplicação (B) de água via microaspersor.....	35
9 Variação da radiação solar global no interior do ambiente protegido durante o experimento.....	36

10	Variação da evaporação (Ev. Red.) e da fração de evaporação (f) do tanque reduzido no interior do ambiente protegido entre os meses de fevereiro e setembro.....	37
11	Variação do potencial matricial da água no solo nos meses de fevereiro (A), março (B) e abril (C).....	38
12	Variação o potencial matricial da água no solo nas camadas de 0 - 20 cm e 20 - 40 cm para os meses de maio (A), junho (B), julho (C), agosto (D) e setembro (E).....	40
13	Lâmina mensal aplicada na cultura da roseira entre os meses de fevereiro e setembro.....	41
14	Quantidades de nutrientes aplicados nas etapas 1 (A) e 2 (B) da fase formação da roseira.....	43
15	Quantidade de N e K aplicados de acordo com os tratamentos (A) e quantidade de fósforo, cálcio e magnésio (B).....	46
16	Comprimento (A e B) e diâmetro (C e D) das hastes de rosas em relação às doses de N e K aplicados.....	48
17	Relação entre o comprimento do botão e as doses de nitrogênio aplicadas.....	49
18	Comprimento do botão floral em relação às doses de potássio aplicadas.....	50
19	Diâmetro do botão em relação às doses de nitrogênio e potássio aplicados.....	51
20	Massa fresca dos botões florais com relação a interação N x K.....	52
21	Massa seca dos botões florais em relação às doses de nitrogênio (A) e potássio (B) aplicados.....	53

22	Produtividade de rosas em função das doses de nitrogênio aplicado.....	54
23	Produtividade de rosas em relação às doses de potássio aplicado.....	55
24	Comprimento da haste em função das doses de nitrogênio.....	58
25	Comprimento da haste em função das doses de potássio aplicadas.....	59
26	Diâmetro da haste em relação às doses de nitrogênio (A) e potássio (B) aplicados.....	60
27	Comprimento dos botões em relação às doses de nitrogênio (A) e potássio (B) aplicados.....	61
28	Diâmetro dos botões em relação às doses de nitrogênio (A) e potássio (B) aplicados.....	62
29	Massa fresca dos botões florais em relação às doses de nitrogênio (A) e potássio (B) aplicados.....	63
30	Massa seca dos botões florais em relação às doses de nitrogênio (A) e potássio (B) aplicados.....	64
31	Produtividade de rosas em relação às doses de nitrogênio.....	65
32	Produtividade de rosas em relação às doses de potássio aplicados.....	66
33	Relação entre IAF e doses de potássio aplicado.....	67
34	Índice de área foliar em relação às doses de nitrogênio aplicado.....	68
35	Condutividade elétrica (dS.m^{-1}) na solução do solo em relação às doses de potássio para colheita 1 (A) e 2 (B).....	70

36	Concentração de NO_3^- na solução do solo na camada de 0 a 20 cm em relação às doses de N aplicados na primeira colheita.....	71
37	Concentração de K^+ na solução do solo na camada de 0 a 20 cm em relação às doses de K aplicados na primeira colheita.....	72
38	Concentração de NO_3^- na solução do solo na camada de 0 a 20 cm em relação às doses de N aplicados na segunda colheita.....	73
39	Concentração de K^+ na solução do solo na camada de 0 a 20 cm em relação às doses de K aplicados na segunda colheita.....	73
40	Concentração de nitrogênio nas folhas de rosas em relação as doses aplicadas.....	75
41	Concentração de P nas folhas em relação às doses de nitrogênio aplicado.....	76
42	Concentração de potássio nas folhas de rosas em relação às doses de potássio aplicadas.....	77
43	Concentração de Ca nas folhas de rosas em relação às doses de potássio aplicadas.....	78
44	Relação entre potássio e cálcio nas folhas de acordo com as doses de potássio aplicadas.....	79
45	Concentração de Mg nas folhas em relação às doses de potássio aplicado.....	80
46	Concentração de S nas folhas em relação às doses de N (A) e K (B).....	81
47	Concentração de Boro nas folhas de rosas em relação à interação N x K.....	83
48	Concentração de ferro nas folhas de rosas com relação às doses de nitrogênio aplicadas.....	84

49	Concentração de manganês nas folhas de rosas com relação às doses de nitrogênio aplicadas.....	85
50	Concentração de Zn nas folhas em relação às doses de nitrogênio aplicado.....	86

LISTA DE TABELAS

	Página
1 Características químicas do solo.....	18
2 Quantidade de nutrientes a ser aplicado na fase de formação.....	25
3 Quantidade de nutrientes a ser aplicado na fase de produção.....	26
4 Níveis de N e K utilizado nos tratamentos.....	26
5 Combinações entre os níveis de N e K.....	27
6 Quantidade de nutrientes aplicados na fase de formação das rosas.....	42
7 Quantidade de fertilizantes aplicados em cada fertirrigação na etapa 1.....	43
8 Quantidade de fertilizantes aplicados em cada fertirrigação na etapa 2.....	44
9 Quantidade de nutrientes aplicados na fase de produção da roseira.....	45
10 Quantidade de fertilizantes aplicados na fase de produção de rosas.....	45
11 Resumo da análise de variância para comprimento da haste (CH), diâmetro da haste (DH), comprimento de botão (CB), diâmetro do botão (DB), massa fresca (MFB) e massa seca do botão (MSB).....	47
12 Quadro de variância para produtividade de rosas na primeira colheita.....	54

13	Produtividade da roseira na primeira colheita.....	56
14	Resumo da análise de variância para comprimento da haste (CH), diâmetro da haste (DH), comprimento de botão (CB), diâmetro do botão (DB), massa fresca (MFB) e massa seca do botão (MSB).....	57
15	Quadro de variância da produtividade de rosas na segunda colheita.....	65
16	Análise de variância para IAF na segunda colheita de rosas.....	67
17	Resumo do quadro de variância para concentração de macronutrientes nas folhas de rosas.....	74
18	Resumo da análise de variância para micronutrientes nas folhas.....	82
19	Valores de evaporação do tanque reduzido (Ev. Red.), fração de evaporação (f) e Evapotranspiração da cultura (Etc) para os meses de Fevereiro e Março.....	98
20	Valores de evaporação do tanque reduzido (Ev. Red.), fração de evaporação (f) e Evapotranspiração da cultura (Etc) para os meses de Abril e Maio.....	99
21	Valores de evaporação do tanque reduzido (Ev. Red.), fração de evaporação (f) e Evapotranspiração da cultura (Etc) para os meses de Junho e Julho.....	100
22	Valores de evaporação do tanque reduzido (Ev. Red.), fração de evaporação (f) e Evapotranspiração da cultura (Etc) para os meses de Agosto e Setembro.....	101
23	Produtividade de rosas na segunda colheita.....	102

DOSES DE N E K APLICADOS VIA FERTIRRIGAÇÃO NA CULTURA DA ROSEIRA (*Rosa* sp.) EM AMBIENTE PROTEGIDO

Autor: EDIVALDO CASARINI

Orientador: Prof. Dr. MARCOS VINÍCIUS FOLEGATTI

RESUMO

A fertirrigação em rosas é uma técnica bastante utilizada pelos produtores de flores. O nitrogênio e o potássio são os nutrientes mais exigidos nas distintas fases da cultura, onde a aplicação de quantidades corretas aumenta a produtividade e a qualidade das flores. Com o objetivo foi avaliar a produtividade e a qualidade das hastes florais na cultura da roseira, cultivar “Versilha”, em ambiente protegido conduziu-se um experimento na área experimental do Departamento de Engenharia Rural da ESALQ/USP, localizado no município de Piracicaba, SP, entre os meses de novembro/2002 a setembro/2003. Os tratamentos foram dispostos numa combinação de 4 doses de N (10; 20; 30 e 40 g.pl⁻¹.ano⁻¹), 4 doses de K (10; 20; 30 e 40 g.pl⁻¹.ano⁻¹). O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados com 3 repetições, sendo os fatores arranjados em esquema fatorial 4 x 4. O sistema de irrigação utilizado foi o gotejamento, adotando manejo de irrigação com tensiômetros e tanque evaporimétrico reduzido. Foram avaliados os parâmetros qualitativos das hastes e botões de rosas, a produtividade, a condutividade elétrica e os níveis de NO₃⁻ e K⁺ na

solução do solo através de medidor de íons (HORIBA) e as concentrações de macro e micronutrientes nas folhas.

A lâmina total aplicada entre os meses de fevereiro e setembro foi de 839,43 mm com média de 3,46 mm.dia⁻¹ e o potencial matricial médio da água no solo foi de -10 kPa na camada de 0 – 20 cm. A produtividade de rosas nas duas colheitas reduziu linearmente com as doses de K aplicadas. Para a qualidade das hastes não houve diferença significativa para a maioria dos parâmetros avaliados nas duas colheitas. A condutividade elétrica e as concentrações de NO₃⁻ e K⁺ na solução do solo aumentaram linearmente de acordo com as doses de N e K aplicados. Para as concentrações de N e P nas folhas observou-se a influência das doses de N, para Ca²⁺ e Mg²⁺ observou-se a influencia das doses de K, mostrando o antagonismo entre eles. Nas concentrações de micronutrientes, o boro foi influenciado pelo N e K e as concentrações de Fe²⁺ e Mn²⁺ foram influenciadas pelo N.

LEVELS OF N AND K APPLIED BY FERTIGATION ON ROSE (ROSA SP.) CROP IN A PROTECTED ENVIRONMENT

Author: EDIVALDO CASARINI

Adviser: Prof. Dr. MARCOS VINÍCIUS FOLEGATTI

SUMMARY

The rose plant fertigation is a technique quite useful by flowers growers. The nitrogen and the potassium are the most required nutrients in the distinct crop phases, where the application of correct amounts increases the yield and flower quality. A study was carried out under protected environment conditions, at the experimental area of the Department of Rural Engineering of “Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz”, Piracicaba, São Paulo State, Brazil, from November/2002 to September/2003. The aim of the experiment was to evaluate the yield and quality of rose flowers, “Versilha” cultivar. The treatments were disposed in combination of 4 N levels (10; 20; 30 and 40 g.pl⁻¹.year⁻¹) and 4 K levels (10; 20; 30 and 40 g.pl⁻¹.year⁻¹). The statistical test was performed in randomized blocks, with 3 replications, arranged in a 4 x 4 factorial design. Drip system irrigation was used with tensiometers and a reduced evaporation pan in order to manage water depth. The parameters evaluated were: stem and bud quality, yield, electric conductivity, NO₃⁻ and K⁺ soil solution levels by ion meter (HORIBA) and concentrations of macro and micronutrients in the leaves.

Total irrigation water depth applied between February and September was 839,43 mm with an average of 3,46 mm.d⁻¹ and the average soil matric potencial was -10 kPa in a 0 – 20 cm in depth. The two flushes rose yield was linearly reduced with the applied K levels. Stems quality showed no difference for majors evaluated parameters. The electric conductivity, NO₃⁻ and K⁺ soil solution levels linearly increased according to the levels of N and K. The N and P concentrations in the leaves were influenced by N levels. Ca²⁺ and Mg²⁺ concentrations in the leaves were influenced by K levels, showing antagonism between them. In micronutrients concentrations, boron showed an interaction, influenced by N and K levels and Fe²⁺ and Mn²⁺ influenced by N levels.

1 INTRODUÇÃO

A produção de rosas no Brasil vem crescendo nos últimos anos na ordem de 20%, com os produtores aumentando a área de produção a fim de profissionalizarem neste setor que é bastante promissor, pois em épocas de datas comemorativas, a dúzia da rosa é comercializada a preços compensatórios (Arruda et al. 1996).

Em relação ao comércio de flores em 1994 a cultura da rosa respondeu por aproximadamente 10 milhões de dúzias produzidas em dois municípios do estado de São Paulo, Holambra e Atibaia. A sua exportação respondeu por aproximadamente US\$ 2 milhões, ficando em segundo lugar, perdendo apenas para as mudas de plantas ornamentais (Instituto Brasileiro de Floricultura, 1997). O mercado varejista brasileiro de floricultura movimentou, em 2001, cerca de R\$ 1 bilhão, sendo o estado de São Paulo responsável por 70% desse montante (Kiyuna et al., 2002). A influência de São Paulo no mercado de flores deve-se a localização próxima aos centros de comercialização, consumo, com disponibilidade de escoamento rápido, condições edafoclimáticas e pela adoção de tecnologias modernas que minimizam as adversidades e aumentam a produtividade das culturas (Francisco et al., 2003)

A adoção de técnicas como utilização de ambiente protegido, sistema de irrigação por gotejamento e fertirrigação fez com que os produtores aumentassem a produtividade da roseira conseguindo reduzir os custos de produção e aumentar consideravelmente a qualidade das hastes florais. Entretanto, a implementação dessas técnicas não foi

realizada de modo técnico e sim comercial. As empresas importaram materiais e tecnologias de outros países sem se preocupar com as consequências que poderiam ocorrer, como por exemplo, salinização do solo em ambiente protegido devido ao excesso de fertilizantes aplicados, entupimento de gotejadores devido à má qualidade da água de irrigação somado à incompatibilidade de fertilizantes e manejo inadequado da irrigação e do clima no interior desses ambientes.

Um dos fatores mais importantes relacionado à exigência das plantas é sem dúvida a necessidade de água. Com a irrigação, consegue-se fornecer água para as plantas de acordo com a sua necessidade, na fase em que mais necessita, mas a questão é quando e quanto de água aplicar para obter melhor produtividade e qualidade. Neste contexto, a prática de manejo da irrigação pode ser aplicada, onde através de métodos e instrumentos de medições, consegue-se obter dados climatológicos do ambiente para estimar a demanda de água pela planta durante seu desenvolvimento e saber o momento correto de aplicar. No entanto, há metodologias mais precisas para cálculo da evapotranspiração da cultura, sendo uma delas o uso de coeficiente de cultivo (K_c), obtido através da evapotranspiração de referência (E_{t_0}) e da evapotranspiração da cultura (E_{t_c}) medida de forma direta através de lisímetros.

Não apenas quando e quanto de água aplicar na roseira, a quantidade de fertilizantes a aplicar reflete de modo fundamental no cultivo de rosas em ambiente protegido.

O sistema de irrigação por gotejamento apresenta muitas vantagens na cultura da rosa, principalmente por aplicar os nutrientes de forma uniforme, alcançando maior eficiência de aplicação e por não molhar as folhas, diminuindo a ocorrência de doenças.

A fertirrigação permite que as raízes recebam os fertilizantes prontamente solubilizados para a absorção, mas para que ocorra uma aplicação correta dos fertilizantes há necessidade de conhecer a fenologia

da cultura, quais as fases que a roseira demanda maior ou menor quantidade de nutrientes e quais nutrientes aplicar. Além deste ponto, deve-se haver conhecimento da qualidade da água utilizada para esta operação, que tipos de fertilizantes a serem utilizados, tipo de solo, mobilidade dos nutrientes e manejo da irrigação.

A aplicação correta dos nutrientes via fertirrigação faz com que os produtores tenham maior rendimento e qualidade das flores produzidas, diminuindo seus custos, principalmente de fertilizantes. Entretanto o conhecimento de vários fatores que cercam esse sistema é de difícil compreensão por parte dos produtores, que necessitam de dados de pesquisas realizadas e de técnicos capacitados para poderem melhorar seu sistema produtivo.

Entre os nutrientes mais requeridos pela rosa estão o nitrogênio e o potássio, que apresentam papéis importantes e distintos no desenvolvimento da roseira em ambiente protegido. O nitrogênio é absorvido em maior quantidade na fase de crescimento vegetativo, onde a planta forma sua massa foliar e suas reservas. Já o potássio é absorvido em maior quantidade na fase de desenvolvimento do botão floral conferindo tamanho e coloração às pétalas. Entretanto, a aplicação desses nutrientes não é tão simples, pois apresentam problemas de antagonismos, perdas por lixiviação e até causam fitotoxicidade às plantas se não forem manejados corretamente.

Atualmente, as concentrações de nutrientes aplicados na roseira cultivada em ambiente protegido são determinadas de forma empírica, sem conhecimento da real necessidade da planta e sem nenhum tipo de manejo, onde os danos causados pelo excesso de fertilizantes podem prejudicar de forma irreversível a produtividade e qualidades das rosas.

O objetivo deste trabalho é estudar os efeitos de diferentes doses de N e K aplicados via fertirrigação no desenvolvimento das hastes de rosas e avaliar sua produtividade e qualidade, além de monitorar as concentrações de NO_3^- e K^+ na solução do solo e as concentrações de macro e micronutrientes nas folhas.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A cultura da rosa

O gênero *Rosa* sp teve origem na Ásia, sendo distribuída para a Europa e América. Taxonomicamente, pertence à Classe das Angiospermas, Subclasse Dicotiledônea, Ordem Rosales e Família Rosaceae (Urcullu, 1953).

Por apresentar grande facilidade de cruzamentos, possibilitando gerar híbridos, e a grande aceitação e comercialização, fizeram com que houvesse interesse pela realização de vários cruzamentos artificiais, obtendo-se cultivares de alto valor comercial (Urcullu, 1953). No mundo, estima-se que haja em torno de 30 mil variedades de rosas, produzidas através de cruzamentos artificiais. Os países que mais investem em pesquisas para obtenção de novas variedades são: Holanda, Alemanha, Estados Unidos e Colômbia, sendo estas pesquisas patrocinadas geralmente por empresas privadas. Atualmente, as variedades de rosas são distinguidas principalmente pela coloração das pétalas, forma do botão, tamanho das hastes, produtividade (hastes.m^{-2}) e resistência às doenças.

A roseira é uma planta arbustiva, perene, com hábito de crescimento ereto, caule lenhoso e normalmente espinhoso. As folhas são pinadas, caducas e compostas de cinco a sete folíolos ovalados. Emite ramos basais na primavera e em condições de casa de vegetação, onde a temperatura é mais alta. Os ramos basais são mais grossos permitindo a

planta formar seu esqueleto e produzir hastes florais para comercialização. As flores se desenvolvem no ápice das hastes contendo normalmente cinco sépalas com lóbulos laterais e fruto do tipo carnosos (Bañon Arias et al., 1993).

A faixa ótima de temperatura para o crescimento da roseira está entre 17°C e 26°C. Temperaturas acima de 25°C aceleram o florescimento, deixando as flores pequenas e de coloração pálida, enquanto que temperaturas baixas podem atrasar o crescimento e floração (Salinger, 1991).

Em relação à radiação solar, Mastalerz (1987) cita que a luminosidade em ambiente protegido é um fator limitante para a produção de rosas. Quanto maior a disponibilidade de luz, maior a fotossíntese. No entanto, quando as folhas atingem o máximo em absorção de luminosidade não há mais incremento na fotossíntese, permanecendo estável. Com isto, quanto maior o número de folhas, maior será a área foliar para realização de fotossíntese, elevando a produtividade e a qualidade das hastes de rosas.

Vários estudos relacionando temperatura e radiação solar, comprovaram que temperatura abaixo de 15°C e baixa intensidade de radiação solar acarretou em diminuição de assimilados nas plantas acarretando em brotos cegos. Com isto, a planta perde sua capacidade de fornecer hastes florais de valor comercial devido a diminuição da produtividade da cultura (Moe, 1971; Mastalerz, 1987).

De acordo com Bañon Arias et al. (1993) a umidade relativa do ar ideal para a cultura da roseira, está entre 70 – 75%, sendo que para o período de brotação das gemas e crescimento dos brotos é aconselhável entre 80 – 90%. A permanência de alta umidade relativa do ar no interior do ambiente protegido pode provocar doenças como podridão de Botrytis e a umidade relativa baixa do ar (<60%) pode provocar distúrbios fisiológicos

Mastalerz (1987) considera que a alta umidade do solo com nível adequado de adubação contribui para um rápido crescimento e bom tamanho de folhas para a realização da fotossíntese. O estresse hídrico juntamente com uma frequência de irrigação inadequada restringe essa expansão foliar.

2.2 Condução da roseira

A condução da roseira ocorre desde seu plantio até a fase de produção. A maneira como a planta é conduzida desde o seu plantio influenciará no seu vigor e no seu crescimento. São dois os objetivos no plantio de rosas, primeiro, produzir hastes longas e folhas grandes e segundo, produzir hastes em tempo reduzido (Langhans, 1987).

Logo após o plantio, deve-se permitir o crescimento de maior número possível de ramos e folhas para haver acúmulo de carboidratos que posteriormente serão usados na formação dos ramos basais, formando assim o esqueleto da roseira. Para tanto, em todos os ramos são retirados os botões florais permitindo assim a brotação das gemas axilares. Após a brotação dos ramos basais é efetuada a retirada do botão floral para engrossamento do ramo basal. Após esta fase o ramo basal é podado a 0,60 m de altura colocando a roseira em produção comercial (Salinger, 1991).

O vigor dos ramos basais, particularmente os originados na base da planta são muito importantes porque seu tamanho e sua taxa de crescimento estão associados com ramos grossos (Durkin, 1992).

Kool & Lenssen (1997), cita que a brotação de ramos basais em rosas cultivadas em ambiente protegido sofre influência na quantidade e no diâmetro dos ramos devido a competição entre os próprios ramos por luz solar.

Outra técnica utilizada para deixar os ramos basais mais grossos é a dobradura dos ramos finos no início do desenvolvimento da planta. Com isto, há retenção das folhas produzindo assimilados para brotação de ramos basais mais saudáveis e grossos para aumentar a produtividade e qualidade das hastes florais (Lieth & Kim, 2001).

2.3 Método e manejo de irrigação

O uso de sistema de irrigação localizada tem sido difundido em todo mundo possibilitando o fornecimento de água e nutrientes para as plantas (Bar Yosef, 1977). Muitos trabalhos têm demonstrado a eficiência do sistema de irrigação por gotejamento aumentando a produtividade e a qualidade de frutos, flores e hortaliças, pois o sistema apresenta como característica, a capacidade de manter o solo sempre a capacidade de campo diminuindo sensivelmente a ocorrência de estresse hídrico para as culturas. Além disso, a possibilidade de aplicação de nutrientes para as plantas no momento em que se faz necessário, aplicando diretamente na zona efetiva do sistema radicular aumentando a eficiência no uso dos insumos (Goldberg et al, 1971; Papadopoulos, 1992).

Entretanto, Clark & Smajstrla (1996) citam que o sucesso dos sistemas de irrigação por gotejamento só é possível quando o projeto possui um bom dimensionamento hidráulico juntamente com instalação e operação adequada, respeitando a qualidade da água de irrigação utilizada e dos insumos aplicados via água de irrigação.

Na cultura da roseira em ambiente protegido, o sistema de irrigação por gotejamento é o mais utilizado devido a inúmeras vantagens, entre elas, economia de água e energia, baixa vazão, possibilidade de aplicação de água salina, evitar o molhamento das folhas, maior rendimento e qualidade, mão de obra reduzida para operar o

sistema e possibilitar a aplicação de fertilizantes através da fertirrigação diretamente na zona efetiva do sistema radicular (Papadopoulos, 1999).

Segundo Souza et al. (1997), o manejo da água em culturas irrigadas tem como ponto chave decidir como, quanto e quando irrigar. A quantidade de água a ser aplicada é normalmente determinada pela necessidade hídrica da cultura, podendo ser estimada através da evapotranspiração ou por meio da tensão de água no solo.

Tjosvold e Schulbach (1991) examinando alternativas para manejo da irrigação em flores de corte e monitoramento da tensão de água no solo observaram que os produtores irrigavam com uma frequência irregular evidenciando que o uso de tensiômetros é uma ferramenta importante para manejo de irrigação em rosas. Em outro estudo, Oki et al. (2001) trabalhando com tensiômetros em rosas, iniciando a irrigação quando a tensão do solo atingia -5kPa e encerrando quando atingisse -1 kPa observou economia de 26% na aplicação de água e produtividade 67% maior comparado com o manejo realizado pelo produtor. A irrigação baseada na tensão de água no solo permite economizar água em números de irrigação e no volume de água aplicado.

Outros trabalhos (Plaut et al., 1976; Kiehl et al., 1992) também trabalhando com tensiômetros na cultura da rosa encontraram valores de tensão de água no solo em torno de - 6kPa e produtividades satisfatórias.

Casarini (2000) trabalhando com manejo de irrigação em rosas cultivadas em ambiente protegido, utilizando tanque evaporimétrico reduzido observou que a tensão média no solo de -6 kPa resultou numa diferença de produtividade entre a maior e menor lâmina aplicada de 9300 dúzias, demonstrando que o uso de tanque reduzido e tensiômetros é uma excelente alternativa para produtores de rosas, aplicando volume adequado de água e no momento correto.

Em outro trabalho realizado por Chimonidou-Pavlidou (1998) com três níveis de sombreamento e quatro frequências de irrigação em rosas

cultivadas em ambiente protegido, manejando a irrigação com tanque Classe A observou que os tratamentos irrigados 6 e 3 vezes por semana apresentaram tensão de água no solo de -45 e -52 kPa, respectivamente. As outras frequências de irrigação, 2 e 1 dia/semana apresentaram valores de tensão de -100 kPa. Ficou evidenciado que menor frequência de irrigação reduziu o comprimento das hastes comerciais, mas a produtividade não variou significativamente, pois o tempo em que a cultura ficou sob a tensão de água no solo de -100 kPa não foi suficiente para resultar perda de produtividade.

2.4 Evapotranspiração da roseira

A taxa de evapotranspiração da roseira depende da planta, do solo e de fatores atmosféricos. Canteiros com plantas novas tende a evaporar mais água da superfície do solo do que canteiros com plantas adultas, pois estas fazem mais sombra, diminuindo a taxa de evaporação. A taxa de transpiração depende da planta e de fatores atmosféricos como, a radiação solar no interior da estufa, a umidade relativa do ar, movimento do ar e temperatura do ar no interior do ambiente protegido. Na roseira, a necessidade de água depende primeiramente da taxa de transpiração, que geralmente fica em torno de 500 e 1000 gramas de água para cada grama de peso seco. Geralmente, plantas que estão em pleno florescimento tendem a consumir maior quantidade de água do que plantas que estão na fase vegetativa (White & Holcomb, 1987).

Caballero et al. (1996) mediu a evapotranspiração (Etc) da roseira cultivada em substrato em ambiente protegido observando que no verão a Etc era de 2,5 a 3,6 mm.dia-1 e no inverno era de 1,0 a 2,5 mm.dia-1, mas em dias muito quentes e secos as folhas novas apresentavam

sintomas de estresse hídrico resultando em flores impróprias para a comercialização.

Na roseira, a transpiração pode ser parcialmente reduzida com o molhamento da parte aérea. Gisleröd et al. (1987) observou uma redução de aproximadamente 50% na transpiração quando a umidade relativa do ambiente foi aumentada de 55% para 90% e que os teores de nutrientes nas folhas diminuíram sem apresentar sintomas de deficiência nas folhas.

Plaut & Zieslin (1977) também estudando o efeito do molhamento da parte aérea da roseira observaram que houve uma diminuição no número de flores colhidas e um aumento no peso médio dos botões florais. Concluíram desta forma, que a redução da taxa de transpiração foi um efeito direto do molhamento da parte aérea.

O estresse hídrico na roseira pode ocorrer sem que haja reflexo negativo na qualidade e produtividade, mas isto depende em qual estágio de desenvolvimento da formação da haste floral ocorreu o estresse. Chimonidou-Pavlidou (1999) testando estresse hídrico em rosas em várias fases do desenvolvimento de hastes comerciais verificou que estresse hídrico durante a formação da primeira folha da haste atrasou a colheita, mas não influenciou na sua qualidade. Estresse hídrico durante o início da formação botão floral comprometeu a qualidade diminuindo o comprimento da haste, o comprimento e diâmetro do botão.

A estimativa da evapotranspiração de uma cultura pode ser feita pelos métodos diretos e indiretos. O método direto é realizado através de lisímetros de pesagem onde permite a determinação da evapotranspiração de uma cultura em períodos curtos e o método indireto é realizado através de modelos matemáticos baseado em dados climáticos. Entre os vários métodos de estimativa da evapotranspiração de uma cultura está a utilização do coeficiente da cultura (K_c), onde relaciona a evapotranspiração de referência (E_{to}) com a evapotranspiração da cultura (E_c) medida de forma direta. Os fatores que influenciam no K_c , são

principalmente as características da cultura, data de plantio, desenvolvimento da cultura e duração do período vegetativo, condições climáticas e, especialmente durante a primeira fase de crescimento, onde a cultura não cobre totalmente a superfície do solo, podendo haver maior evaporação (Doorenbos & Pruitt, 1976).

Mais recentemente, foram desenvolvidos modelos para estimar a evapotranspiração baseados em fatores climáticos como a radiação solar global, o déficit de pressão de vapor e parâmetros específicos da cultura como a resistência estomática e o índice de área foliar. Esses modelos de equações como o proposto por Monteith (1965) são mais elaborados e fornecem dados mais precisos da necessidade de água pela cultura e também condições para um manejo eficiente do ambiente (Stanghellini & Van Meurs, 1989).

2.5 Fertirrigação

A aplicação simultânea de água e fertilizantes ao solo ou substrato, através dos vários sistemas de irrigação é denominada fertirrigação. No Brasil, é muito utilizada no cultivo de frutas, flores e hortaliças, principalmente em ambiente protegido (Coelho, 1994; Carrijo et al., 1999).

A fertirrigação visa aplicação de nutrientes na região de maior concentração de raízes promovendo uma eficiente absorção dos elementos disponíveis. A forma como os nutrientes são aplicados ao solo depende do sistema de irrigação utilizado, do manejo da irrigação e do tipo de solo. O uso de sistema de irrigação por gotejamento apresenta alta eficiência em solos com pouca capacidade de retenção de água, onde sistema de irrigação convencional apresenta dificuldade para alcançar a

freqüência necessária de irrigação para atender as necessidades hídricas das culturas nos períodos de maior consumo (Vivancos, 1993).

Neste contexto, Vivancos (1993) e Papadopoulos (1999) citam que a fertirrigação está diretamente associada aos sistemas melhorados de irrigação e ao manejo da água. O sistema de irrigação localizado é o mais adequado para este fim, considerando as várias vantagens, como por exemplo, eficaz assimilação dos nutrientes, devido a aplicação diretamente na zona de maior concentração de raízes; maior rendimento devido à maior umidade na zona radicular, evitando estresse hídrico para a planta; excelente distribuição dos elementos nutritivos; podem ser operados com uma limitada taxa de vazão a uma altura manométrica relativamente baixa e automatizados através de válvulas; baixo custo de aplicação de fertilizantes; e a possibilidade de fornecer nutrientes de acordo com a marcha de absorção da planta.

De acordo com Costa et al. (1986), a fertirrigação é de comprovada eficácia no aumento da produtividade e na qualidade da colheita, na redução da mão-de-obra para aplicação, no consumo de energia, nos gastos com equipamentos e na maior eficiência na utilização dos nutrientes, principalmente os mais móveis como o nitrogênio na forma de nitrato.

O cultivo de plantas ornamentais em vasos, inclusive o cultivo de rosas em substrato inerte como sustentação, tem aumentado em todo o mundo. Os métodos de aplicação de água e nutrientes estão sendo realizados de forma hidropônica havendo um reaproveitamento da solução. Entretanto, alguns sistemas não reusam a água e fertilizantes aplicados, liberando-os para o meio ambiente gerando poluição das fontes de água. O mercado demanda um crescimento rápido das culturas com produtividades cada vez maiores impondo nenhuma restrição ao uso de fertilizantes no sistema produtivo (Chagvardieff et al., 1999).

2.6 Fertirrigação em rosas

O estudo da necessidade de nutrientes em rosas tem recebido muita atenção, pois é fundamental suprir as plantas com fertilizantes que não conduzam a um aumento excessivo da condutividade elétrica do solo ou do substrato, promovendo o melhor equilíbrio possível entre os nutrientes. Entretanto, para elaborar uma solução ótima de nutrientes é necessário conhecer a absorção de cada elemento químico pela planta, relacionando-os com os fatores ambientais, substrato e características da espécie (Eymar et al., 1998).

A quantidade de fertilizantes a aplicar na cultura deve ser exata, pois existe o perigo de salinização do solo devido ao acúmulo de sais na região do sistema radicular. Para agravar a situação, em ambiente protegido não há lixiviação natural do excesso de sais pelas chuvas (Goldberg et al., 1971).

Outro ponto fundamental na produção de rosas em ambiente protegido é a qualidade da água de irrigação, altas concentrações de sais bem como alguns elementos tóxicos podem causar danos a roseira. Howard & Hanan (1978) observaram que as plantas de rosa apresentaram redução de produtividade e qualidade quando a água de irrigação apresentava uma CE de 1,8 dS/m e níveis de HCO_3^- , Na^+ e Cl^- na ordem de 2, 4 e 4 meq.l^{-1} , respectivamente. Nestes níveis, as plantas apresentaram problemas de toxicidade, apresentando sintomas de clorose e mal formação dos novos ramos basais.

Em relação à absorção de nutrientes pela roseira, Eymar et al. (1998) cita que a maior taxa de absorção de nutrientes pelas raízes de rosas ocorre durante o desenvolvimento das hastes florais e folhas visando aumentar as reservas da planta. Durante a brotação das gemas até o crescimento da haste floral não há absorção de nutrientes, sendo utilizada a energia armazenada pela planta. Quando se colhe hastes

florais, diminui a quantidade de hastes, folhas e flores, diminuindo também a absorção até o desenvolvimento das hastes e folhas seguintes. Com isto, o ritmo de absorção é descontínuo, dependendo das podas realizadas e do corte de flores.

Cadahía et al., (1998) trabalharam com rosas testando várias cultivares e observou que a absorção de P aumentou quando houve uma redução do pH da solução devido ao aumento da concentração de N-NH_4^+ . A maior absorção de N ocorreu após a poda, durante o desenvolvimento das hastes da primeira floração. Segundo o autor, isto ocorreu para suprir a planta durante seu desenvolvimento e aumentar suas reservas para a próxima brotação e desenvolvimento das hastes. Após esta fase, a absorção de N diminuiu e se manteve constante durante as florações posteriores. Para o K, a absorção oscilou, ocorrendo taxas maiores de absorção durante a formação dos botões florais em cada ciclo de produção de rosas.

Cabrera et al. (1995) estudou a absorção de nitrato e amônio em rosas cultivadas em hidroponia testando duas soluções nutritivas, uma contendo nitrato ou amônio e outra solução com nitrato e amônio. Nas duas soluções houve controle do pH da solução, verificando que não diferiram significativamente na qualidade e na produtividade da roseira. Verificou também que a maior taxa de absorção de N ocorreu quando a haste floral alcançou o maior comprimento. Este resultado também foi encontrado por Feigin et al. (1986) onde, em dois anos de experimento observou maior produtividade de rosas quando as plantas recebiam uma mistura contendo 25% de NH_4^+ e 75% de NO_3^- na solução nutritiva.

Alterações no balanço de cátions devido ao uso de N na forma de NH_4^+ tem sido observado por outros autores. Barker et al. (1967) observou sintomas de toxicidade nas folhas de tomate devido a utilização de NH_4^+ na solução quando as plantas apresentavam deficiência de K^+ . Lorenzo et al. (2000) também encontrou antagonismo entre NH_4^+/K^+

apresentando baixo nível de K^+ nas folhas com elevada concentração de NH_4^+ .

Woodson & Boodley (1982) estudaram a influência de duas concentrações de potássio (1,0 e 10,0 meq.L⁻¹) combinados com nitrogênio na concentração de 10 meq.L⁻¹ nas formas de nitrato e amônio em roseira cultivada em sistema hidropônico. Os resultados mostraram que níveis inadequados de potássio limitaram o crescimento e florescimento de rosas bem como a qualidade das hastes. Quando a concentração de K era elevada, as concentrações de Ca e Mg aumentavam nas folhas das plantas adubadas com NO_3^- e diminuía nas plantas fertilizadas com NH_4^+ . Plantas que receberam concentrações altas de NH_4^+ tinham maior concentração de N total do que as plantas que receberam NO_3^- , mas níveis elevados de NH_4^+ causaram toxicidade nas folhas baixas das plantas apresentando clorose internerval, devido ao acúmulo de amônio nas folhas.

Padilla (1999) cita algumas características das duas formas de nitrogênio enfatizando que as plantas absorvem pouco nitrogênio na forma de amônio e que sua acumulação pode ser tóxica para as plantas. O amônio necessita que seja metabolizado rapidamente para que não acumule na planta, entretanto para isto, requer maior quantidade de fósforo. Este fato faz com que as plantas absorvam mais fósforo, visto que o amônio abaixa o pH da solução, disponibilizando o nutriente. Por ser um cátion, o amônio toma o lugar de elementos como K^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+} nos colóides do solo. Com o nitrogênio na forma de nitrato, a planta absorve em grande quantidade, necessitando quantidades pequenas de fósforo para sua metabolização. Além disto, a utilização de nitrato aumenta a assimilação de Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+ .

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Descrição do local

O experimento foi instalado em ambiente protegido localizado em área experimental do Departamento de Engenharia Rural da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo (ESALQ/USP), no município de Piracicaba-SP, cujas coordenadas geográficas são 22°42' latitude Sul, 47°38' longitude Oeste e, altitude de 546m. Segundo Sentelhas (1998), o clima da região pela classificação de Koppen é do tipo Cwa, tropical úmido com temperaturas do mês mais quente superior a 22°C e do mês mais frio inferior a 18 °C.

Foram utilizadas duas estufas geminadas do tipo Arco com cobertura de polietileno de baixa densidade (PEBD) transparente, com espessura de 0,15 mm aditivada contra raios ultra-violeta e difusor de luz. As laterais tinham cortinas de plástico transparente com espessura de 0,10 mm, e dispositivo de levantamento durante o dia para manejo da temperatura e umidade relativa do ar. As dimensões de cada estufa eram de 7,0 m de largura e 25,0 m de comprimento, totalizando uma área de 350,0 m² e altura máxima do pé direito de 4,60 m (Figura 1(A e B)).

Para a realização do experimento, foram cavadas valetas de 0,40 m de largura por 0,40 m de profundidade e 4,0 m de comprimento para a confecção das parcelas.

O local do experimento era provido de água fornecida pelo Sistema de abastecimento de Água e Esgoto de Piracicaba (SEMAE) com nível de condutividade elétrica média a $0,3 \text{ dS.m}^{-1}$.

Figura 1 - Área das estufas geminadas (A); Confeccção dos canteiros e montagem do sistema de irrigação (B)

3.2 Características químicas e físico-hídricas do solo

A análise química do solo foi realizada pelo Departamento de Solos e Nutrição Mineral de Plantas da ESALQ/USP (Tabela 1).

Tabela 1. Características químicas do solo

Camada cm	pH (CaCl_2)	MO* gKg^{-1}	P Mgdm^{-3}	S Mgdm^{-3}	K^+ ----- $\text{Mmol}_\text{c}\text{dm}^{-3}$ -----	Ca^{2+}	Mg^{2+}	$\text{H}+\text{Al}^{3+}$	CTC	V	m
										%	
0-20	4,3	7	2	4	1,1	9	4	18	32,1	44	18

O solo utilizado foi classificado pela Sociedade Brasileira de Ciência do Solo como franco argilo-arenoso com teores de argila, silte e areia de 25, 4 e 71 %, respectivamente e densidade média de 1300 Kg. m^{-3} .

A curva de retenção de água no solo foi caracterizada por Blanco (2004), sendo de textura arenosa (71% de areia) possui baixa capacidade de retenção de água (Figura 2).

Figura 2 - Curva característica de retenção de água no solo

3.3 Monitoramento dos elementos climáticos e da evapotranspiração

As condições climáticas foram monitoradas no interior do ambiente protegido durante o experimento para obtenção dos parâmetros climáticos para estimar a evapotranspiração da cultura. As informações foram armazenadas por um sistema de aquisição de dados, datalogger modelo CR10 da “Campbell Scientific” onde eram realizadas leituras automáticas a cada segundo e calculada as médias a cada 60 minutos. Os dados eram coletados uma vez por semana e transferidos para um computador para tabulação e análise. Os sensores instalados para coleta de dados foram:

a) Radiação Solar Global através de um piranômetro instalado a 2,0 m de altura na parte central de um dos módulos do ambiente protegido (modelo:WNI-Solar/ML11.), com Spectrum: 400 à 1100 nm.

b) Temperatura e umidade relativa, modelo WNI-RH-Temp/SL9 instalado a uma altura de 1,5 m do solo.

A evaporação da água no interior do ambiente protegido foi medida através de um tanque evaporimétrico reduzido instalado na parte central dos dois módulos do ambiente protegido, tendo como bordadura os próprios canteiros de rosa. As dimensões do tanque eram 0,60 m de diâmetro e 0,25 m de altura, instalado sobre um estrado de madeira com 0,15 cm de altura. As leituras foram realizadas diariamente às 8 horas através de um parafuso micrométrico de gancho com precisão de até 0,02mm (Figura 3(A)).

3.4 Sistema e manejo da irrigação

O sistema de irrigação era composto por três bombas de 0,5 cv, em cada uma foi acoplada uma caixa de 1000 litros para mistura dos fertilizantes. Na primeira caixa misturava-se todos os fertilizantes menos o potássio, na segunda caixa continha todos os fertilizantes menos o nitrogênio e na terceira caixa continha todos os elementos menos o nitrogênio e o potássio. O tratamento que recebia as maiores doses de N e K era aplicado o tempo total de fertirrigação utilizando as duas primeiras caixas. Nos tratamentos que não recebiam as maiores doses de N e K, o tempo restante era complementado com os fertilizantes da terceira caixa.

Foi utilizado tubo gotejador da marca Carborundum, modelo Carbo Drip AC (autocompensante) com emissores integrados a linha de polietileno com espaçamento de 0,33 m, pressão de serviço de 15 m.c.a. e vazão de 2,3 L.h⁻¹. Nos tratamentos que recebiam as maiores doses de N

e K possuíam 2 linhas de gotejadores e nos tratamentos que eram complementados com os outros nutrientes possuíam 3 linhas (Figura 3(B)).

O manejo da irrigação foi realizado fixando a frequência de irrigação em dois dias. Os cálculos foram realizados à partir do somatório dos valores de evaporação do tanque reduzido neste intervalo. A evapotranspiração da cultura (Etc) foi estimada através da equação 1, onde uma fração de evaporação (f) do tanque evaporimétrico reduzido era ajustado através das leituras dos tensiômetros para manter o solo com leituras tensiométricas de aproximadamente - 10 kPa. De acordo com a evapotranspiração acumulada, o tempo de irrigação foi determinado através de uma planilha de cálculo onde se considerava a área do canteiro (2,4 m²) para calcular o volume de água aplicada (Equação 2). Através da vazão dos gotejadores calcula-se o tempo de aplicação por canteiro.

$$hi = \sum Ev \times f \quad (1)$$

onde,

hi – Lâmina de irrigação (mm)

$\sum Ev$ – Somatório da evaporação do tanque reduzido

f – Fração de evaporação do tanque reduzido

$$Vi = hi \times A_c \quad (2)$$

Onde,

Vi = volume aplicado (litros/canteiro)

A_c = Área do canteiro

Foram instaladas na área experimental 4 baterias de tensiômetros nas profundidades de 0,10 e 0,30 m para monitoramento do potencial matricial de água no solo, sendo as leituras realizadas com tensímetro

digital de punção diariamente às 8:30 horas (Figura 3 (B)). Cada bateria foi instalada na parte central do canteiro, próximo das plantas e do tubo gotejador.

Figura 3 - Vista do tanque evaporimétrico reduzido (B); Canteiro com uma bateria de tensiômetros e uma bateria de extratores de solução (B)

3.5 Implantação da cultura

A cultura plantada foi a *Rosa* sp., porta enxerto *Multiflora indica*, variedade Versilha com coloração chanpagne das pétalas, apresentando alta produtividade e comprimento médio (40 - 50 cm) a longo (>60 cm) das hastes florais (Figura 4 (A)). A cultura foi plantada no início do mês de novembro em fila única sobre canteiros de 15 cm de altura espaçadas de 10,0 cm entre plantas e 1,0 m entre linhas (Figura 4 (B)). Nos primeiros quinze dias após o transplântio das mudas procurou-se manter o solo bem úmido para pegamento das mesmas irrigando através de um sistema de microaspersão instalado a 2,0 m de altura.

Figura 4 - Enxerto da variedade Versilha sobre o porta-enxerto (A); Canteiro após pegamento das mudas de rosas(B)

3.6 Fertilização

Antes do transplântio das mudas, o solo sofreu uma correção de acordo com os níveis de pH e fósforo para corrigir e normalizar os índices de fertilidade do solo. Foram aplicados em cada canteiro 0,13 e 0,6 Kg de Yorin Master e Calcáreo Dolomítico, respectivamente.

3.6.1 Fertirrigação

A fertirrigação da roseira se constituiu de duas fases, uma de formação e outra de produção. As concentrações de fósforo, cálcio, magnésio, enxofre, zinco, cobre, boro e manganês foram mantidos na mesma quantidade durante a fase de produção. As quantidades de nitrogênio e potássio foram aplicadas de acordo com os tratamentos estabelecidos. A quantidade de nutriente foi dividida em 135 aplicações durante o experimento, realizadas de acordo com a frequência de irrigação. As fontes de nutrientes a serem aplicadas foram o nitrato de amônio, uréia, cloreto de potássio, monoamônio fosfato, ácido fosfórico,

cloreto de cálcio, nitrato de cálcio, sulfato de magnésio e os micronutrientes foram aplicados através de um coquetel contendo todos os microelementos.

3.6.2 Fase de formação

O transplantio das mudas de rosas ocorreu em novembro de 2002 estendendo-se a fase de formação até o final do mês de abril. Para esta fase, a quantidade de nutrientes foi de acordo com a tabela 2 com o objetivo de atender a formação da planta, proporcionando a formação do sistema radicular, o aumento da massa foliar e a formação dos ramos basais. Após este período as plantas foram podadas para dar início à diferenciação dos tratamentos (Figura 5).

Figura 5 - Poda da roseira iniciando a fase de produção

Tabela 2. Quantidade de nutrientes a ser aplicado na fase de formação

Nutrientes	Quantidade de nutrientes (g.planta ⁻¹ .ano ⁻¹)
N	10,00
P	2,76
K ₂ O	10,00
Ca	2,71
Mg	0,885

3.6.3 Fase de produção

Após o período de formação da roseira iniciou-se o período de produção, onde os ramos basais foram podados para brotação das hastes comerciais. Neste período, as quantidades de nutrientes seguiram a recomendação de Padilla (1999) e teve início a aplicação de diferentes quantidades de N e K, mantendo-se constante os outros nutrientes (Tabela 3 e 4).

A fertilização nitrogenada foi através da aplicação de nitrato e amônio, onde em cada tratamento a proporção foi de 50% na forma de NO₃⁻ e 50% na forma de NH₄⁺. Segundo Padilla (1999), a quantidade de N e K que a roseira necessita para a produção de hastes com qualidade e produtividade satisfatória é de 20 g.planta⁻¹.ano⁻¹ de cada nutriente. Para fertilização potássica foi utilizado o cloreto de potássio (KCl) com 52% de K⁺.

Tabela 3. Quantidade de nutrientes a ser aplicado na fase de produção

Nutrientes	Quantidade de nutrientes (g.planta ⁻¹ .ano ⁻¹) Fase de produção 121 – 360 DAP
P	5,51
Ca	5,41
Mg	1,71

Tabela 4. Níveis de N e K utilizado nos tratamentos

Níveis de N (g.planta ⁻¹ .ano ⁻¹)			
N1	N2	N3	N4
10	20	30	40
Níveis de K ₂ O (g.planta ⁻¹ .ano ⁻¹)			
K1	K2	K3	K4
10	20	30	40

3.7 Delineamento experimental

O delineamento experimental adotado foi o de blocos inteiramente casualizados com 3 repetições e os fatores arranjados em esquema fatorial constando de 4 níveis de N e 4 níveis de K₂O, totalizando 48 parcelas.

A unidade experimental era composta por um canteiro de 4,0 m de comprimento, com 0,15 m de altura. As rosas foram plantadas em fila única com espaçamento de 0,10 m entre plantas, totalizando aproximadamente 40 plantas em cada parcela. O espaçamento entre canteiros era de 1,0 m, sendo as parcelas dispostas perpendicularmente ao sentido da estufa. Para as avaliações de qualidade das hastes florais, foram coletadas as hastes dispostas em 2,0 m na parte central de cada parcela deixando 1,0 m de cada lado da parcela como bordadura (Figura

6). A combinação entre os níveis de N e os níveis de K foi de acordo com a tabela 5.

Tabela 5. Combinações entre as doses de N e K

Tratamentos (N x K)			
N1K1	N2K1	N3K1	N4K1
N1K2	N2K2	N3K2	N4K2
N1K3	N2K3	N3K3	N4K3
N1K4	N2K4	N3K4	N4K4

Figura 6 - Croqui da área experimental

3.8 Análise da solução do solo e folhas

Durante a fase de colheita de rosas foi monitorado a salinidade do solo (CE) e nutrientes (NO_3^- e K^+) na profundidade 0,20 m através da coleta da solução do solo com extratores de solução com cápsulas porosas.

A coleta da solução do solo foi realizada em cada pico de colheita através da aplicação de vácuo nos extratores de solução utilizando uma bomba manual. O vácuo era aplicado inserindo uma agulha no tubo do extrator e através da bomba era retirado o ar com uma força de aproximadamente 70 kPa. O momento de aplicação do vácuo no extrator era de aproximadamente 24 horas após a última fertirrigação, isto é, na manhã seguinte. Os extratores foram instalados na parte central de cada parcela, sendo cada extrator instalado entre uma planta e outra e próximos ao tubo gotejador. A retirada da solução do solo ocorria 24 horas após a aplicação do vácuo utilizando uma seringa de 60 mL, acoplada a um tubo flexível.

A solução do solo era acondicionada em frasco de vidro devidamente etiquetado e a determinação dos níveis de NO_3^- e K^+ foram realizados através de medidor de íons HORIBA e a CE através de medidor. Os dados de CE, NO_3^- e K^+ foram analisados para averiguar os níveis em cada pico de produção de rosas comparando com as doses de N e K nos tratamentos.

A fim de avaliar o estado nutricional das plantas, foi coletada uma amostra de folhas em cada parcela durante a segunda colheita de rosas com a finalidade de avaliar o teor de nutrientes nas folhas. Foi escolhida a segunda colheita pelo motivo da cultura estar inteiramente sob influência das doses de nitrogênio e potássio de acordo com cada tratamento e por não estar sob influência dos fertilizantes aplicados durante a fase de formação da cultura.

As folhas foram analisadas pelo Departamento de Nutrição Mineral de Plantas da ESALQ/USP. A amostragem foi realizada conforme método utilizado por White (1987) e Vetanovetz (1996), retirando a primeira folha de cinco folíolos abaixo do botão floral, no momento em que as sépalas estavam abertas e mostrando a cor das pétalas.

3.9 Análise estatística e parâmetros avaliados

O período de coleta de dados foi de aproximadamente dez meses a partir do transplântio das mudas. As análises dos resultados obtidos no experimento foram através de análise de variância, seguido pela análise de regressão dos parâmetros significativos, onde foram realizadas correlações entre os tratamentos e os parâmetros avaliados.

3.9.1 Produção de hastes comerciais

A produtividade de rosas foi realizada através da contagem de todas as hastes em cada parcela. Foi considerada haste produzida aquela que apresentava haste reta e sem o botão floral torto. A contagem das hastes em cada colheita foi realizada uma única vez quando as hastes estavam com os botões florais totalmente formados.

3.9.2 Dimensões das hastes comerciais

A colheita para avaliação da qualidade das hastes iniciou quando 60% das hastes estavam em ponto de corte. O ponto de colheita era determinado quando as sépalas estavam totalmente abertas e as pétalas em início de abertura. O corte de cada haste era realizado na segunda folha de cinco folíolos contados a partir do ponto em que a haste brotou.

As colheitas foram realizadas diariamente até o final do ciclo produtivo, acondicionadas em feixes e etiquetadas com a denominação de cada parcela e repetição. Os feixes eram levados para o laboratório de física do solo do Departamento de Engenharia Rural da ESALQ/USP, onde se iniciava a medições de comprimento e diâmetro das hastes. O comprimento da haste foi medido entre o ponto de corte até a base do botão através de uma régua graduada em centímetros. O diâmetro foi medido na parte média da haste através de um paquímetro digital graduado em milímetros.

3.9.3 Dimensões dos botões florais

As medidas do comprimento e diâmetro dos botões florais foram determinadas após a leitura das dimensões das hastes. O comprimento foi determinado a partir da base do botão até seu ápice e o diâmetro, medido na parte basal do botão através de um paquímetro digital.

3.9.4 Massa fresca dos botões

Após a realização das medidas da haste e do botão, a massa fresca dos botões florais era determinada através de uma balança digital com precisão de centésimo de grama, marca Marte, modelo AS 2000.

3.9.5 Massa seca dos botões

Após a determinação da massa fresca, os botões foram acondicionados em sacos de papel kraft para secagem em estufa, marca Marconi, modelo MA 037, dotadas de sistema de circulação e renovação de ar a uma temperatura de 65°C, até atingir peso constante. Após esta etapa, o material foi pesado em balança digital, marca Marte, modelo AS

2000, logo após da retirada da estufa para evitar a rehidratação da amostra.

3.9.6 Índice de área foliar (IAF)

A determinação do índice de área foliar (IAF) foi realizado durante a metade da segunda colheita, devido as plantas estarem totalmente sob efeito dos tratamentos. Na primeira colheita o IAF não foi realizado, pois as plantas estavam sob efeito dos fertilizantes aplicados durante o período de formação das plantas. Foram coletados 20 folhas de 5 folíolos de cada parcela retirados conforme Vetanovetz (1996). Para a determinação da área foliar foi utilizado um medidor de área foliar da marca LICOR do Departamento de Fisiologia Vegetal da ESALQ/USP.

À partir dos valores observados de AF dividiu-se o valor total pelo número de folhas da amostra (20 folhas) estimando a área foliar de cada folha. Para estimar a área foliar de cada haste produzida na parcela, foi realizada amostragem do número de folhas (5 folíolos) por haste encontrando um valor médio de 11. Com isto, estimou-se a área foliar de cada parcela multiplicando pela produtividade da mesma (Tabela 23-anexo). O IAF foi determinado através da equação 3, somando a área foliar de todas as hastes de rosas produzidas em cada parcela e a área ocupada pela planta como sendo a área da parcela.

$$IAF = \frac{AF}{Apl} \quad (3)$$

Em que:

IAF: Índice de Área Foliar (m²/m²)

AF: Área foliar da parcela (m²)

Apl: Área ocupada pela parcela (m²)

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Características meteorológicas do ambiente protegido

Durante a fase experimental a temperatura máxima média no interior do ambiente protegido foi de 44,4°C para o mês de Abril e nos outros meses foi em torno de 40°C. Os valores de temperatura média variaram de 19,54 a 27,39°C nos meses de Agosto e Fevereiro, respectivamente. A temperatura mínima observada durante o experimento foi de 5,95°C ocorrida no mês de Agosto (Figura 7(A)).

Na cultura da rosa, temperaturas médias diárias abaixo de 15°C causam inibição da formação dos botões florais dando o nome de broto cego (blind shoot). Nas condições climáticas onde foi realizado o experimento, não foi observado este distúrbio, mas em locais onde a temperatura média diária alcança valores abaixo deste nível é normal ocorrer a má formação das hastes reduzindo significativamente a produtividade (Moe, 1971).

A umidade relativa média observada durante o experimento variou de 69,45% a 82,83% para os meses de setembro e abril, respectivamente. O valor máximo observado foi de 100 % ocorrendo em todos os meses e o valor mínimo foi de 16,61%, ocorrendo no mês de setembro.

As maiores variações de temperatura e umidade relativa no interior do ambiente protegido foram observadas quando analisado as médias horárias durante 24 horas. A menor temperatura observada ocorreu entre 5 e 6 horas e a maior temperatura entre 14 e 15 horas. A

umidade relativa do ar apresentava comportamento oposto ao da temperatura com valores próximo ou igual a 100% durante a noite e valores mínimos entre 12 e 15 horas (Figura 7(B)). Nas condições climáticas de Piracicaba, a amplitude dos valores de umidade relativa é elevada durante o dia, não conseguindo manter uma umidade ideal para a cultura. Banõn Arias et al. (1993) indica valores de UR em torno de 75% para a cultura se desenvolver. Tentando diminuir esta amplitude, em dias de temperatura elevada aplicava-se água via microaspersores instalados acima da cultura visando reduzir a temperatura e aumentar a umidade relativa, proporcionando maior conforto térmico às plantas (Figura 8(A e B)). Esta operação era realizada no período mais quente do dia durante um tempo máximo de 30 minutos. As aplicações de água via microaspersor eram realizadas no máximo até as 15 horas, pois as folhas não podiam permanecer molhadas durante a noite devido o risco de infecção por míldio (*Peronospora sparsa*).

Figura 7 - Valores mensais máximo, médio e mínimo de temperatura do ar (A) e umidade relativa (B) no ambiente protegido entre os meses de fevereiro e setembro

Figura 8 - Variação padrão da temperatura do ar e umidade relativa durante 24 horas no ambiente protegido sem aplicação (A) e com aplicação (B) de água via microaspersor

A radiação solar global no interior do ambiente protegido foi medida durante o experimento em médias horárias e somadas para compor a radiação solar global total. Na figura 9 são apresentados os valores médios mensais indicando um decréscimo na quantidade de radiação solar entre os meses de fevereiro e setembro. O mês de fevereiro apresentou o maior valor médio com $17,47 \text{ MJ.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$ e o mês de julho o menor com $4,38 \text{ MJ.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$. A amplitude entre os dois meses foi de $13,09 \text{ MJ.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$ devido ao período de inverno e a localização do ambiente protegido estar posicionada a leste de uma faixa de árvores o que reduziu ainda mais a insolação no local, principalmente após as 14:00 hs. A partir do mês de agosto passou a ter mais horas de luz aumentando a radiação solar global.

A radiação solar influencia diretamente a cultura aumentando sua produtividade e qualidade das hastes (Mastalerz, 1987). Farina e Veruggio (1996) estudaram a produtividade de rosas em cultivo protegido sob influência de várias intensidades de radiação artificial com fotoperíodo de $16 \text{ horas.dia}^{-1}$ observando hastes com qualidade superior e incremento de 19% na produtividade.

Figura 9 - Variação da radiação solar global no interior do ambiente protegido durante o experimento

4.2 Manejo da irrigação

A lâmina de irrigação aplicada na roseira foi estimada a partir da evaporação do tanque reduzido multiplicada por um coeficiente que expressa a fração de evaporação do tanque reduzido. Estes coeficientes sofreram variações a partir do pegamento total das mudas até a fase final do experimento em função do seu desenvolvimento vegetativo, fase de produção e das variações de potencial matricial da água no solo, o qual era mantido acima de -10 kPa (Figura 10). O valor de K_p para o tanque reduzido no interior do ambiente protegido foi igual a 1,0 devido, a baixa velocidade dos ventos (Medeiros et al., 1997).

Os valores de evaporação do tanque reduzido, fração de evaporação e evapotranspiração da cultura para os meses de fevereiro a setembro são apresentados em anexo. Os valores mínimo e máximo de evaporação do tanque reduzido foram de 0,06 e 8,07 mm.dia⁻¹ ocorridos nos dias 06/06 e 25/04, respectivamente (Figura 10).

Figura 10 - Variação da evaporação (Ev. Red.) e da fração de evaporação (f) do tanque reduzido no interior do ambiente durante o experimento

Durante a fase de formação da roseira que se estendeu até o início de abril as lâminas de irrigação foram aplicadas com uma frequência de irrigação de 2 dias. Na figura 11 é apresentado o comportamento do potencial matricial de água no solo na camada de 0 – 20 cm, variando entre -7,33 e -70 kPa, com variação brusca de um dia para o outro. Nesta fase, a cultura apresentava pleno crescimento vegetativo e conseqüentemente elevada demanda hídrica. À medida que os valores de tensão medidos um dia após a irrigação não regredia a nível próximo de -10 kPa, a fração de evaporação do tanque reduzido era aumentado. Valores elevados de fração de evaporação do tanque reduzido ocorreram na fase de desenvolvimento vegetativo, após a poda, estes valores reduziram significativamente.

Figura 11 - Variação do potencial matricial da água no solo nos meses de fevereiro (A), março (B) e abril (C)

Na camada entre 20 – 40 cm o potencial matricial da água no solo apresentou valores menores do que na camada superficial indicando reduzido movimento da água para as camadas mais profundas. Este resultado é explicado através da maior concentração de raízes na camada entre 0 a 20 cm de profundidade havendo maior absorção de água nesta profundidade e reduzindo a percolação de água para abaixo do sistema radicular.

No início do mês de maio houve a poda dos ramos basais com a finalidade de iniciar a produção, reduzindo significativamente o número de folhas na área experimental. Com isto, a fração de evaporação do

tanque reduzido diminuiu a valores de 1,3; 1,0; 0,8 e 0,5 durante este mês mantendo a tensão abaixo de -10 kPa. Devido ao desenvolvimento das brotações após a poda e a utilização da fração de evaporação do tanque reduzido abaixo de 1,0, a tensão na camada de 0 – 20 e 20 - 40 cm se elevaram-se (Figura 12(A)). Para manter a umidade próxima de -10kPa, a fração de evaporação do tanque reduzido foi elevada para 1,0 no início de junho, diminuindo a tensão nesta camada para próximo da camada de 0 – 20 cm (Figura 12(B)). Nos meses seguintes a fração de evaporação do tanque reduzido se manteve constante, variando o potencial matricial da água no solo entre -5 kPa e -20 kPa (Figura 12 (C, D e E)).

Vários trabalhos foram realizados com tensiômetros na cultura de rosas, encontrando produtividades satisfatórias com níveis potencial matricial da água no solo entre -6 e -52 kPa (Plaut et al., 1976; Chimonidou-Pavlidou, 1998; Casarini, 2000).

Figura 12 - Variação o potencial matricial da água no solo nas camadas de 0 -20 cm e 20 - 40 cm para os meses de maio (A), junho (B), julho (C), agosto (D) e setembro (E)

A lâmina de irrigação total aplicada na cultura da roseira pelo sistema de gotejamento foi de 839,43 mm entre os meses de fevereiro e setembro, totalizando 242 dias. A lâmina média foi de 3,46 mm.dia⁻¹, sendo que houve variação da lâmina aplicada entre a época do ano e a fase fenológica da cultura. Os meses de fevereiro, março e abril foram os meses de maior demanda hídrica da cultura com valor médio de 165,44 mm, nos meses seguintes o valor médio foi de 68,62 mm devido a poda dos ramos basais e crescimento controlado das hastes florais (Figura 13).

Figura 13 - Lâmina mensal aplicada na cultura da roseira entre os meses de fevereiro e setembro

4.3 Nutrientes e fertilizantes aplicados

4.3.1 Fase de formação

A aplicação de nutrientes na roseira foi dividida em 2 etapas, a primeira iniciando 30 DAT¹ e a segunda 90 DAT. As quantidades de nutrientes aplicados nas duas etapas são apresentadas na tabela 6, procurando fornecer nutrientes para seu desenvolvimento inicial, massa foliar e formação dos ramos basais para compor o esqueleto da planta. A segunda etapa se estendeu até 174 DAT, após esta data iniciou a fase de produção da cultura e diferenciação dos tratamentos.

Tabela 6. Quantidade de nutrientes aplicados na fase de formação das rosas

Nutriente	Quantidade de nutrientes (g)		
	Etapa 1	Etapa 2	Total
N	1600,00	4266,67	5866,67
P₂O₅	441,60	1177,60	1619,20
K₂O	1600,00	4266,67	5866,67
Ca	435,20	1156,27	1591,47
Mg	168,80	377,60	546,40

Na figura 14 é apresentada a quantidade de nutrientes aplicados em cada fertirrigação. Para N e K as quantidades na primeira etapa foram de 53,3 g e para P₂O₅, Ca e Mg foram de 14,7; 14,5 e 5,6 g, respectivamente. Para a segunda etapa de formação as quantidades dobraram apresentando valores para N e K de 106,7 g e para P₂O₅, Ca e Mg de 29,4; 28,9 e 9,4 g, respectivamente (Figura 14(A e B)).

¹ Dias Após Transplantio

Figura 14 - Quantidades de nutrientes aplicados nas etapas 1 (A) e 2 (B) da fase formação da roseira

Os fertilizantes utilizados durante a fase de formação e suas quantidades são apresentados nas tabelas 7 e 8. Procurou-se fornecer nitrato e amônio como fontes de nitrogênio na proporção de 60 e 40%, respectivamente, utilizando para isto, nitrato de amônio e uréia. O número de fertirrigações realizadas durante as etapas 1 e 2 de formação da roseira foram de 30 e 40, respectivamente.

Tabela 7. Quantidade de fertilizantes aplicados em cada fertirrigação na etapa 1

Fertilizante	Quantidade (g)	NFP	Total (g)
Uréia	29,03	30	870,90
Nitrato de Amônio	30,87	30	926,10
MAP	28,86	30	865,80
Nitrato de Potássio	115,94	30	3478,20
Nitrato de Cálcio	76,35	30	2290,50
Sulfato de Magnésio	26,79	30	803,70

NFP: Número de fertirrigações no período

Tabela 8. Quantidade de fertilizantes aplicados em cada fertirrigação na etapa 2

Fertilizante	Quantidade (g)	NFP	Total (g)
Uréia	50,82	40	2032,80
Nitrato de Amônio	62,26	40	2490,40
MAP	57,73	40	2309,20
Nitrato de Potássio	231,88	40	9275,20
Nitrato de Cálcio	152,14	40	6085,60
Sulfato de Magnésio	44,95	40	1798,00

NFP: Número de fertirrigações no período

4.3.2 Fase de produção

Durante a fase de produção da roseira foram realizadas 60 fertirrigações com as quantidades de nitrogênio e potássio definidos a partir dos tratamentos estabelecidos (Tabela 9). As quantidades dos outros nutrientes (P, Ca, Mg, B, Cu, Fe, Mn e Zn) foram mantidas constantes. Nesta fase, a proporção de NO_3^- e NH_4^+ foi de 1:1, utilizando nitrato de amônio como fonte de N. As quantidades de fertilizantes fornecidas são apresentadas na tabela 10.

Tabela 9. Quantidade de nutrientes aplicados na fase de produção da roseira

Nutriente	Quantidade de nutrientes (g)			
	Doses (g.pl ⁻¹ .ano ⁻¹)			
	10	20	30	40
N	1600,00	3200,00	4800,00	6400,00
P₂O₅	881,60	881,60	881,60	881,60
K₂O	1600,00	3200,00	4800,00	6400,00
Ca	865,60	865,60	865,60	865,60
Mg	273,60	273,60	273,60	273,60

Tabela 10. Quantidade de fertilizantes aplicados na fase de produção de rosas

Fertilizantes	Quantidade de fertilizantes (g)				Totais (g)
	Doses (g.pl ⁻¹ .ano ⁻¹)				
	10	20	30	40	
Nitr. de Amônio	4848,48	9696,97	14545,45	19393,94	48484,85
Ác. Fosfórico	3265,19	3027,10	3027,10	3027,10	12346,48
Clor. de Potássio	3018,87	6037,74	9056,60	12075,47	30188,68
Clor. de Cálcio	3205,93	2972,16	2972,16	2972,16	12122,41
Sulf. de Magnésio	1302,86	1207,85	1207,85	1207,85	4926,43

As quantidades de nutrientes aplicados em cada fertirrigação foram estabelecidas de acordo com as doses de N e K aplicados durante a fase de produção de rosas. As quantidades em cada fertirrigação foram de 26,7 g para N1 e K1, 53,3 g para N2 e K2, 80,0 g N3 e K3 e 106,7 g para N4 e K4 (Figura 15 (A)). Para os nutrientes P, Ca e Mg, as quantidades foram 14,7; 14,4 e 4,6 g, respectivamente (Figura 15 (B)).

Figura 15 - Quantidade de N e K aplicados de acordo com os tratamentos (A) e quantidade de fósforo, cálcio e magnésio (B)

4.4 Avaliação da primeira colheita de rosas

A fim de iniciar a fase de produção, as plantas foram podadas durante a segunda quinzena de abril iniciando a primeira colheita na segunda quinzena de junho. Em cada haste colhida deixava-se brotar outra gema para a colheita seguinte (segunda colheita) que ocorreu no final do mês de agosto. O tempo para formar a haste comercial de rosas foi em média 45 dias nesta primeira produção. No verão, o tempo gasto para colher uma haste é em torno de 35 dias. No inverno, consegue-se hastes mais longas com diâmetro maior e botões maiores, refletindo em maior qualidade e preço favorável no varejo, porém o tempo para seu desenvolvimento é de 50 a 60 dias.

No verão, a seleção das hastes de rosa deve ser mais rigorosa para manter uma qualidade satisfatória do produto, pois a qualidade diminui devido a elevadas temperaturas no interior de ambiente protegido.

4.4.1 Variáveis qualitativas da primeira colheita

Na tabela 11 é apresentado o resumo da análise de variância para comprimento da haste (CH), diâmetro da haste (DH), comprimento do botão (CB), diâmetro do botão (DB), massa fresca (MFB) e massa seca (MSB) do botão floral. Os valores médios totais para essas variáveis foram 47,74 cm, 5,16 mm, 52,13 mm, 25,53 mm, 9,45g e 1,60 g, respectivamente.

Tabela 11. Resumo da análise de variância para comprimento da haste (CH), diâmetro da haste (DH), comprimento de botão (CB), diâmetro do botão (DB), massa fresca (MFB) e massa seca do botão (MSB)

Causa da variação	GL	CH	DH	CB	DB	MFB	MSB
					F		
Bloco	2	1,98	6,04	10,59	12,35	0,86	10,34
Nitrogênio(N)	3	0,48	0,51	3,03*	2,42	0,90	1,04
Potássio (K)	3	0,22	1,10	1,11	0,65	0,18	1,17
Interação (N x K)	9	1,23	1,00	1,41	1,66	2,35*	1,34

* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Entre as variáveis analisadas para a primeira colheita de rosas, os valores médios observados para comprimento do botão variaram estatisticamente com as doses de nitrogênio, para massa fresca do botão houve interação significativa entre as doses de nitrogênio e potássio.

O comprimento da haste é uma característica especial na comercialização de rosas de corte devido a aumento de seu valor comercial de acordo com seu comprimento. O valor médio total na primeira colheita foi de 47,74 cm. Entre os tratamentos com doses de N, os valores máximo e mínimo observados foram de 48,76 e 47,10 cm para

os tratamentos N4 e N2, respectivamente. Entre os tratamentos com doses de K os valores máximo e mínimo observados foram 48,31 e 47,14 cm para os tratamentos K2 e K1, respectivamente (Figura 16 (A e B)). No geral, para a maioria dos tratamentos, os valores médios de comprimento da haste foram abaixo de 50 cm, o que diminui o valor comercial da produção.

Em relação ao diâmetro das hastes, os maiores valores observados foram de 5,28 e 5,32 mm para os tratamentos N4 e K3, respectivamente (Figura 16 (C e D)).

Figura 16 - Comprimento (A e B) e diâmetro (C e D) das hastes de rosas em relação às doses de N e K aplicados

Para comprimento do botão, houve diferença significativa de 5% de probabilidade pelo teste F em função das doses de nitrogênio aplicadas. O valor médio total observado foi de 52,13 mm, sendo que um aumento de 10 g.pl⁻¹.ano⁻¹ entre os tratamentos N1 e N2, elevou em 2,15 mm o comprimento dos botões. Com o aumento das doses de nitrogênio, a partir do tratamento N2 o comprimento do botão diminuiu observando valor de 50,86 mm no tratamento N4. O ajuste de uma regressão quadrática com coeficiente de determinação de 0,84 indicou que o comprimento do botão alcança 53,29 mm com uma dose de 22,88 g.pl⁻¹.ano⁻¹ de N (Figura 17).

Figura 17 - Relação entre o comprimento do botão e as doses de nitrogênio aplicadas

Entre as doses de K aplicadas, os valores de comprimento de botão não variaram estatisticamente, observando valores médios máximo e mínimo de 53,11 e 51,49 mm para os tratamentos K3 e K4, respectivamente (Figura 18). Sendo o nitrogênio responsável pela formação de proteína influenciando no crescimento das hastes e botões,

deve haver equilíbrio entre N e K para não formar hastes flácidas com o botão floral desproporcional ao diâmetro da haste.

Figura 18 - Comprimento do botão floral em relação às doses de potássio aplicadas

Em outra característica da rosa, o diâmetro do botão não variou significativamente em relação às doses de N e K aplicadas durante o experimento, apresentando valor médio total de 25,53 mm. Os tratamentos que apresentaram maiores médias foram N1 e K1, com valores médios de 26,09 e 25,83 mm, respectivamente. Apesar de não apresentar diferença entre os tratamentos, houve uma tendência de diminuição do diâmetro dos botões à medida que aumentava as doses de N e K, com médias de 24,66 e 25,03 mm para os tratamentos N4 e K4, respectivamente (Figura 19 (A) e (B)).

Figura 19 - Diâmetro do botão em relação às doses de nitrogênio (A) e potássio (B) aplicados

Para massa fresca do botão floral houve interação significativa entre as doses de nitrogênio e potássio aplicados durante o experimento ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F. O valor médio total para massa fresca foi de 9,45 g. Pelos resultados observados, as melhores doses aplicadas foram N2 (20 g N.pl⁻¹.ano⁻¹) e K3 (30 g K₂O.pl⁻¹.ano⁻¹) com valores médios de 9,94 g e 9,56 g, respectivamente.

Foi ajustada uma superfície de resposta através do programa Table Curve 3D para representar os valores médios observados em cada tratamento. Através deste, gerou-se uma equação polinomial de terceiro grau com oito parametrizações que melhor representa os dados observados no experimento e coeficiente de determinação de 0,553 (Figura 20).

Figura 20 - Massa fresca dos botões florais com relação à interação N x K

Para massa seca do botão floral, foi constatada pequena variação entre os valores médios obtidos, não havendo diferença significativa entre os tratamentos aplicados. Embora sem diferenças entre os tratamentos, verificou-se que houve uma diminuição da massa seca dos botões em relação às doses de N aplicado, com valores médios entre 1,64 e 1,55 g para as doses N1 e N4, respectivamente (Figura 21 (A)). Para as doses de K, a massa seca oscilou, mostrando valores médios de 1,60 g para K1 e 1,66 g para o tratamento K2. Nos tratamentos K3 e K4 os valores de massa seca foram iguais com média de 1,58 g (Figura 21 (B)).

Figura 21 - Massa seca dos botões florais em relação às doses de nitrogênio (A) e potássio (B) aplicados

4.4.2 Produtividade da primeira colheita

A análise estatística da primeira colheita de rosas indicou que as doses de nitrogênio não influenciaram na produtividade. Os maiores valores médios observados foram 73,17 e 72,75 hastes/canteiro para os tratamentos N1 e N4, respectivamente. Nos tratamentos N2 e N3 observaram-se médias de 71 e 67,92 hastes/canteiro, respectivamente (Figura 22). Em relação às doses de potássio aplicadas, a análise estatística indicou significância de 5% de probabilidade pelo teste F com valor médio total de 71,21 haste/canteiro (Tabela 12).

A cultura da rosa apresenta a característica de armazenar nitrogênio para posterior utilização (Eymar et al., 1998). Com isto, a produtividade de rosas não apresentou variação entre os tratamentos. Cabrera et al. (1995) cita que na roseira há uma mobilização muito grande das reservas de N na planta observando nenhuma relação entre N e produtividade durante as primeiras quatro colheitas de rosas.

Tabela 12. Quadro de variância para produtividade de rosas na primeira colheita

Causas da variação	GL	Quadrado médio	F
Bloco	2	1199,52	9,81
N	3	68,361	0,56
K	3	449,63	3,68 *
N x K	9	161,69	1,32
Resíduo	30	122,32	
Total	47		

Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Figura 22 - Produtividade de rosas em função das doses de nitrogênio aplicado

Em relação ao potássio, a dose de 10 g.pl⁻¹.ano⁻¹ (K1) indicou maior produtividade de rosas, enquanto a dose de 40 g.pl⁻¹.ano⁻¹ (K4) menor produtividade, com valores médios de 78,75 e 65,08 hastes/canteiro, respectivamente. Os tratamentos intermediários, K2 e K3 apresentaram valores médios de 67,58 e 73,42 hastes/canteiro,

respectivamente. De acordo com os resultados, observou-se uma tendência de redução da produtividade em função do aumento das doses de potássio aplicado. O tratamento K3 apresentou valor médio maior do que o tratamento K2. Este resultado ocorreu devido ao Bloco I estar posicionado do lado direito do ambiente protegido onde havia melhores condições climáticas, pois outra estufa ao seu lado promovia melhor aeração e sombreamento das parcelas. Com isto, a parcela que recebia o tratamento N4K3 obteve uma produtividade de 105 hastes, elevando a média geral para o tratamento K3 (Tabela 13). A análise de regressão mostrou que a aplicação de diferentes doses de potássio favoreceu o efeito linear decrescente com ajuste significativo a 5% de probabilidade com coeficiente de determinação de 0,55 (Figura 23).

Figura 23 - Produtividade de rosas em relação às doses de potássio aplicado

Cabrera (2000) estudando a produtividade de rosas em ambiente protegido sob diferentes doses de nitrogênio não observou diferença entre os tratamentos em colheitas realizadas durante o inverno, obtendo resultado oposto de produtividade e matéria seca durante o verão.

Segundo o autor, a diminuição da produtividade foi devido ao aumento da CE do solo medido através da pasta saturada, onde plantas que receberam dose de 220 mg.L^{-1} de N apresentaram valores de CE acima de $4,0 \text{ dS.m}^{-1}$. Além da condutividade elétrica afetar a produtividade de rosas, o autor cita que durante o inverno, a intensidade luminosa e o fotoperíodo decrescem, diminuindo a absorção de N nesta estação, recomendando a diminuição das doses de nitrogênio em até 50%.

Tabela 13. Produtividade da roseira na primeira colheita

Tratamentos	Bloco I	Bloco II	Bloco III	Média
N1K1	83	79	83	82
N1K2	90	56	50	65
N1K3	85	69	62	72
N1K4	85	80	56	74
N2K1	77	78	65	73
N2K2	66	80	67	71
N2K3	84	72	77	78
N2K4	87	39	60	62
N3K1	95	68	78	80
N3K2	75	72	68	72
N3K3	84	43	51	59
N3K4	64	56	61	60
N4K1	81	89	69	80
N4K2	59	80	48	62
N4K3	105	74	75	85
N4K4	73	66	54	64

Analisando a produtividade de rosas por hectare, o valor máximo e mínimo observado foi de 27.344 dúzias e 22.598 dúzias para os tratamentos K1 e K4, respectivamente. Ou seja, aplicando a menor dose

de potássio, a produtividade de rosas foi 21 % maior do que o tratamento que recebeu a maior dose. Este resultado difere de Padilla (1999) que avaliando a quantidade de K requerida pela roseira, encontrou valor de 20 g.pl⁻¹.ano⁻¹.

4.5 Avaliação da segunda colheita de rosas

Após a primeira colheita iniciou-se a brotação da segunda colheita de rosas culminando com a segunda produção em setembro de 2003. O tempo para formação das hastes florais foi de aproximadamente 60 dias, retardada pelo período de inverno. A segunda colheita iniciou em 25/08/03 estendendo-se até 10/09/03.

4.5.1 Variáveis qualitativas da segunda colheita

Na tabela 14 é apresentado o resumo da análise de variância para os parâmetros qualitativos da segunda colheita de rosas.

Tabela 14. Resumo da análise de variância para comprimento da haste (CH), diâmetro da haste (DH), comprimento de botão (CB), diâmetro do botão (DB), massa fresca (MFB) e massa seca do botão (MSB)

Causa da variação	GL	CH	DH	CB	DB	MFB	MSB
					F		
Bloco	2	10,06	8,28	1,95	0,26	1,52	5,77
Nitrogênio(N)	3	4,68 **	2,47	0,87	1,14	1,12	2,00
Potássio (K)	3	1,79	0,57	0,33	2,11	1,29	0,77
Interação (N x K)	9	0,35	0,58	0,81	1,21	1,36	0,89

*, ** Significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente pelo teste F.

Na análise do comprimento das hastes, o valor médio total foi de 50,51 cm. Analisando o efeito do nitrogênio, o valor médio máximo e mínimo observados foram 53,33 e 48,65 cm para os tratamentos N1 e N3, respectivamente. Pelo resumo da análise de variância (Tabela 14), constatou-se efeito significativo a 1% de probabilidade pelo teste F para doses de nitrogênio, indicando uma regressão quadrática altamente significativa com coeficiente de determinação de 0,98 (Figura 24).

A aplicação de N na forma de nitrato de amônio desde o início do experimento conduziu a uma maior aplicação na forma de NH_4^+ o que pode ter contribuído para redução do comprimento das hastes. Este resultado foi obtido por Woodson e Boodley (1982) que, avaliando a fertilização de rosas com NO_3^- e NH_4^+ observou redução do tamanho das hastes em função do aumento da dose de N na forma de NH_4^+ .

Figura 24 - Comprimento da haste em função das doses de nitrogênio

Entre as doses de potássio aplicadas, não houve variação no comprimento da haste, encontrando valores médios em torno de 50,0 cm para os tratamentos K1, K2 e K3. O tratamento K4 resultou em comprimento de haste de 48,46 cm (Figura 25).

Figura 25 - Comprimento da haste em função das doses de potássio aplicadas

A análise de diâmetro da haste mostrou que as doses de nitrogênio e potássio não foram significativas. Nos tratamentos com doses de nitrogênio houve uma tendência de redução dos diâmetros em função das doses de nitrogênio aplicadas, com médias entre 4,90 e 4,54 mm para os tratamentos N1 e N4, respectivamente (Figura 26 (A)). Entre as doses de potássio aplicadas, houve um aumento dos valores médios observados entre 4,61 e 4,76 mm para K1 e K3, respectivamente. O tratamento K4 apresentou um valor médio observado de 4,60 mm (Figura 26 (B)).

Figura 26 - Diâmetro da haste em relação às doses de nitrogênio (A) e potássio (B) aplicados

Na análise de comprimento de botão, na segunda colheita de rosas não foi constatada diferença entre os tratamentos aplicados observando valor médio de 48,57 mm. Entre os tratamentos com nitrogênio houve uma diminuição dos valores observados entre a maior e menor dose com valores médios de 49,33 e 48,16 mm para N1 e N4, respectivamente, sendo que os tratamentos N3 e N4, os resultados foram iguais (Figura 27 (A)). Nos tratamentos com potássio, a dose K2 apresentou valor médio de 48,97 mm e K4, 48,14 mm (Figura 27 (B)).

Figura 27 - Comprimento dos botões em relação às doses de nitrogênio (A) e potássio (B) aplicados

Em relação ao diâmetro do botão floral, não foi observada diferença significativa entre os tratamentos, apresentando valor médio de 21,36 mm. Nos tratamentos com nitrogênio houve uma tendência de diminuição do diâmetro com o aumento das doses resultando em médias entre 21,93 e 20,84 mm para os tratamentos N1 e N4, respectivamente (Figura 28 (A)). Entre as doses de potássio, o maior e menor diâmetro de botão foi observado nos tratamentos K2 e K3 com médias de 22,30 e 20,92 mm, respectivamente (Figura 28 (B)).

Figura 28 - Diâmetro dos botões em relação às doses de nitrogênio (A) e potássio (B) aplicados

Para massa fresca dos botões não houve diferença na análise estatística entre os tratamentos observando valor médio total de 7,85 g. Entre as doses de nitrogênio aplicadas, o tratamento que resultou em maior massa foi o N1 com valor médio de 8,26 g e o menor foi N4 com 7,66 g (Figura 29 (A)). Entre as doses de potássio, o tratamento K2 obteve maior valor médio com 8,17 g e menor valor médio observado foi o tratamento K1 com valor médio de 7,50 g (Figura 29 (B)).

Figura 29 - Massa fresca dos botões florais em relação às doses de nitrogênio (A) e potássio (B) aplicados

Os resultados de massa seca dos botões florais mostraram que as doses de nitrogênio e potássio não variaram estatisticamente. O valor médio total foi de 1,25 g. Nas doses de nitrogênio os tratamentos que apresentaram maior e menor médias foram N1 e N3 com valores médios de 1,31 e 1,22 g, respectivamente (Figura 30 (A)). Nas doses de potássio, os tratamentos K2 e K3 apresentaram valores médios iguais de 1,27 g e os tratamentos K1 e K4 apresentaram valores médios também iguais de 1,23 g (Figura 30 (B)).

Figura 30 - Massa seca dos botões florais em relação às doses de nitrogênio (A) e potássio (B) aplicados

4.5.2 Produtividade da segunda colheita

Seguindo a tendência da primeira colheita, as doses de nitrogênio não influenciaram na produtividade de rosas na segunda colheita, mas as doses de potássio apresentaram significância de 1% pelo teste F com valor médio total de 74,31 hastes.canteiro⁻¹ (Tabela 15).

Entre as doses de nitrogênio, houve uma tendência de diminuição da produtividade com o aumento da dose, apresentando valores médios de 78,67; 76,42; 71,58 e 70,58 hastes.canteiro⁻¹ para os tratamentos N1, N2, N3 e N4, respectivamente (Figura 31).

Tabela 15. Quadro de variância da produtividade de rosas na segunda colheita

Causas da variação	GL	Quadrado médio	F
Bloco	2	840,06	9,09
N	3	178,97	1,94
K	3	605,41	6,55 * *
N x K	9	79,31	0,86
Resíduo	30	92,37	
Total	47		

** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

Figura 31 - Produtividade de rosas em relação às doses de nitrogênio

Entre as doses de potássio aplicadas, houve redução da produtividade em função do aumento das doses, apresentando uma diferença entre a maior e menor dose aplicada de 17,25 hastes.canteiro⁻¹. Na análise de regressão, o efeito quadrático apresentou significância de

1% de probabilidade pelo teste F e coeficiente de determinação de 0,94. O tratamento K1 apresentou maior valor médio com 82,25 hastes.canteiro⁻¹, enquanto o K4 apresentou valor médio de 65 hastes.canteiro⁻¹. Os tratamentos K2 e K3 apresentaram valores médios de 75,58 e 74,42 hastes.canteiro⁻¹, respectivamente (Figura 32).

Figura 32 - Produtividade de rosas em relação às doses de potássio aplicadas

Analizando a produtividade de rosas por hectare, o valor máximo observado foi de 28.559 dz.ha⁻¹ e o mínimo de 22.569 dz.ha⁻¹ para os tratamentos K1 e K4, respectivamente. Ou seja, aplicando a menor dose de potássio houve uma produtividade de 26,54 % maior do que o tratamento que recebeu a maior dose nesta segunda colheita de rosas.

4.5.3 Índice de área foliar

A tabela 16 mostra a análise de variância para índice de área foliar indicando que os tratamentos com diferentes doses de potássio foram altamente significativo com 1% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 16. Análise de variância para IAF na segunda colheita de rosas

Causas da variação	GL	Quadrado médio	F
Bloco	2	0,66	12,35
N	3	0,08	1,39
K	3	0,29	5,34**
N x K	9	0,04	0,80
Resíduo	30	0,054	
Total	47		

** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

Os valores médios observados variaram de 1,393 a 1,036 entre os tratamentos K1 e K4, respectivamente, indicando que maiores doses de potássio interfere negativamente no IAF por diminuir o número de folhas da planta devido a senescência precoce. A análise de regressão mostrou que o IAF seguiu uma tendência linear significativa a 5% de probabilidade pelo teste F e coeficiente de determinação de 0,63 (Figura 33).

Figura 33 - Relação entre IAF e doses de potássio aplicado

O valor médio total de IAF foi de 1,99. Em relação às doses de nitrogênio, o tratamento N1 e N2 apresentaram as maiores médias com valores de 1,28 e 1,25, respectivamente. A menor média observada foi de 1,14 para o tratamento N3 (Figura 34).

Na cultura de rosas, elevada área foliar é fundamental para obter produtividade e qualidade de hastes. Neste aspecto, umidade e nutrição adequada conduz a rápido crescimento das folhas (Mastalerz, 1987).

Figura 34 - Índice de área foliar em relação às doses de nitrogênio aplicadas

4.6 Condutividade elétrica da solução do solo

A condutividade elétrica da solução do solo foi determinada durante os dois picos de colheita para a profundidade de 0 a 20 cm. Para a profundidade de 20 a 40 cm a solução do solo foi descartada devido a dificuldade de extraí-la, pois a umidade do solo nas camadas inferiores não permitiu a extração. Foi dado maior ênfase também na camada superior devido a maior concentração de raízes.

A condutividade elétrica na solução do solo (CE_s) no pico da primeira colheita apresentou relação linear com as diferentes doses de potássio mostrando a tendência de elevação da CE_s em função do aumento das doses (Figura 35(A)). O valor médio observado para a primeira colheita foi de $6,07 \text{ dS.m}^{-1}$ com valor médio mínimo e máximo de $4,95$ e $6,85 \text{ dS.m}^{-1}$ para os tratamentos K1 e K4, respectivamente.

Para o segundo pico de colheita seguiu-se a mesma tendência da colheita 1 com aumento da CE_s em função das doses de potássio aplicados com valores mínimo e máximo de $5,63$ e $5,70 \text{ dS.m}^{-1}$ para os tratamentos K1 e K4, respectivamente. O valor médio total para o segundo pico de colheita foi de $5,69 \text{ dS.m}^{-1}$ (Figura 35 (B)).

De acordo com Davidson & Boodley (1987) redução de produtividade na roseira tem sido demonstrado quando a condutividade elétrica alcança valores acima de 3 dS.m^{-1} .

Em outros trabalhos, a redução da produtividade de rosas ocorre ao redor de 15% com valores de CE acima de $1,8 \text{ dS.m}^{-1}$, contendo HCO_3^- , Na^+ e Cl^- , ocasionando clorose e má formação de novos ramos (Howard & Hanan, 1978).

Figura 35 - Condutividade elétrica (dS.m⁻¹) na solução do solo em relação às doses de potássio para colheita 1 (A) e 2 (B)

4.7 Concentração de nitrato e potássio na solução do solo

Com a coleta de solução do solo nos picos das duas colheitas, foram medidos através do Horiba as concentrações de NO_3^- e K^+ na solução do solo.

Para a primeira colheita os valores médios observados indicaram o acúmulo desses nutrientes na camada de 0 a 20 cm sendo ajustados por uma regressão linear com coeficiente de determinação de 0,99 e 0,95 de acordo com as doses de N e K, respectivamente. A concentração de NO_3^- apresentou valor médio mínimo e máximo de 1255,00 e 1619,58 mg.L^{-1} para os tratamentos N1 e N4, respectivamente com incremento de 11,85 mg.L^{-1} para cada um grama de nitrogênio aplicado (Figura 36). Para o potássio, concentração variou de 326,25 a 495,42 mg.L^{-1} entre os tratamentos K1 e K4, respectivamente com incremento de 6,06 mg.L^{-1} para cada um grama de potássio aplicado (Figura 37).

Figura 36 - Concentração de NO_3^- na solução do solo na camada de 0 a 20 cm em relação às doses de N aplicadas na primeira colheita

Figura 37 - Concentração de K^+ na solução do solo na camada de 0 a 20 cm em relação às doses de K aplicadas na primeira colheita

Para a segunda colheita de rosas os valores de NO_3^- e K^+ seguiram a mesma tendência da primeira colheita ajustando-se linearmente à concentração de NO_3^- e K^+ da solução do solo com coeficiente de determinação de 0,89 e 0,98 para os tratamentos com N e K, respectivamente. A concentração de NO_3^- na solução do solo variou de 1827,92 mg.L^{-1} a 2328,33 mg.L^{-1} para os tratamentos N1 e N4, respectivamente com incremento de 17,154 mg.L^{-1} de NO_3^- para cada um grama de N aplicado (Figura 38). Para o potássio, a concentração na solução do solo também seguiu a mesma tendência apresentando valores médios entre os tratamentos K1 e K4 de 777,08 e 1126,67 mg.L^{-1} , respectivamente com incremento de 11,249 mg.L^{-1} de K^+ para cada um grama de K aplicado (Figura 39).

Figura 38 - Concentração de NO_3^- na solução do solo na camada de 0 a 20 cm em relação às doses de N aplicadas na segunda colheita

Figura 39 - Concentração de K^+ na solução do solo na camada de 0 a 20 cm em relação às doses de K aplicadas na segunda colheita

4.8 Estado nutricional das plantas

A forma mais utilizada de avaliar o estado nutricional das plantas é através da análise foliar, informando como está ocorrendo a absorção dos nutrientes pelas raízes e se os níveis estão dentro dos padrões recomendados (Vetanovetz, 1996).

Foram analisadas as concentrações de macronutrientes: nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S); e micronutrientes: boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn).

4.8.1 Macronutrientes

A análise de variância para a concentração de macronutrientes nas folhas é apresentada na tabela 17 indicando que as concentrações de N e P foram influenciadas pela doses de nitrogênio aplicadas com 5 e 1% de probabilidade pelo teste F. Para cálcio e magnésio, as concentrações nas folhas foram influenciadas pelas doses de potássio com 1 e 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

Tabela 17. Resumo do quadro de variância para concentração de macronutrientes nas folhas de rosas

Causa da variação	GL	N	P	K	Ca	Mg	S
				F			
Bloco	2	4.22	3.57	2.08	2.45	0.34	7.07
Nitrogênio (N)	3	3.02*	10.15**	1.11	1.21	1.95	0.97
Potássio (K)	3	0.96	2.17	2.55	5.61**	3.00*	1.07
Interação (N x K)	9	1.71	0.85	0.69	0.38	0.58	0.20

*, ** Significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente pelo teste F.

A concentração de nitrogênio nas folhas seguiu uma tendência linear de aumento de acordo com o aumento das doses de nitrogênio aplicadas, apresentando valores mínimo e máximo de 3,51 e 3,87 % para os tratamentos N1 e N4, respectivamente com valor médio total de 3,69%. (Figura 40).

Figura 40 - Concentração de nitrogênio nas folhas de rosas em relação as doses aplicadas

A aplicação de determinadas fontes de N influencia na absorção de outros nutrientes devido ao balanço de cátion-ânion que deve ser mantido pelas plantas. Aplicação de quantidades maiores de amônio diminui a absorção de potássio, cálcio e magnésio aumentando a absorção de manganês, fósforo e enxofre. A aplicação de maiores quantidades de nitrato diminui a absorção de ferro e zinco aumentando a de cálcio, magnésio e potássio. Além destes fatores, o amônio no processo de nitrificação libera hidrogênio acidificando o meio. Com isto, ocorre maior liberação de fósforo, ferro, zinco, cobre e manganês (Pill & Lambeth, 1977; Burt et al., 1998). Por este motivo, Dickinson (1995) relata a importância de manter as concentrações de nitrato e amônio em 60% e 40%, respectivamente.

A concentração de fósforo nas folhas de rosas foi altamente significativa com 1% de probabilidade pelo teste F em relação às doses de nitrogênio aplicadas com valor médio observado de 0,27 % seguindo um ajuste quadrático de aumento da concentração de P de acordo com o aumento das doses de nitrogênio com coeficiente de determinação de 0,96 (Figura 41). O aumento do P está relacionado com a aplicação de amônio como fonte de nitrogênio (Mills & Jones, 1996), apresentando sinergismo entre si. Com isto, maiores doses de N disponibilizou maiores quantidades de fósforo para as plantas (Lorenzo et al., 2000). Além disto, o sistema de irrigação por gotejamento também aumenta a disponibilidade de P, devido seu maior caminhamento através da água de irrigação (Rauschokolb et al., 1976).

Figura 41 - Concentração de P nas folhas em relação às doses de nitrogênio aplicadas

A concentração de potássio nas folhas de rosas não apresentou diferença significativa em relação aos tratamentos (Tabela 17). A figura 42 indica um aumento nas concentrações médias de potássio nas folhas de rosas de acordo com as doses de potássio aplicadas entre 2,92 e 3,32 %

para os tratamentos K1 e K4, respectivamente com valor médio total de 3,15 %.

Normalmente, a concentração de potássio aumenta devido à absorção de nitrato em maior quantidade do que o amônio. A concentração de K observada nas folhas ficou pouco acima quando comparado com alguns autores que encontraram valores entre 1,8 a 2,7 % (Vetanovetz, 1996; Mills & Jones, 1996; Cadahía et al., 1998).

Comparando as concentrações médias de N e K nas folhas de rosas observou-se uma relação de N:K igual a 1,17. Este valor ficou um pouco acima do que o encontrado por Nelson (1996) e Burt et al. (1998) que recomendam uma relação igual a 1 nos programas de fertilização. Cadahia et al. (1998) estudando a absorção de nutrientes em rosas cultivadas em hidroponia observou valores médios de N e K nas folhas de 2,84 e 2,50 %, respectivamente.

Figura 42. Concentração de potássio nas folhas de rosas em relação às doses de potássio aplicadas

O aumento das doses de K alterou consideravelmente a concentração de Ca^{2+} nas folhas, sendo significativo a 1% de

probabilidade pelo teste F. Foi observada a redução na concentração de Ca^{2+} de acordo com o aumento das doses de potássio aplicado (Tabela 17) apresentando valores médios entre 1,41 e 1,24 % para os tratamentos K1 e K4, respectivamente. A análise de regressão apresentou um ajuste quadrático com coeficiente de determinação de 0,99 (Figura 43). Mills & Jones (1996) encontraram valores médios de Ca^{2+} nas folhas de até 2,33 % para alguns híbridos de rosas e valores mínimos de 1,0 %.

Ganmore-Neumann & Davidov (1993) estudaram o efeito de doses de cálcio e boro sobre a absorção de Ca^{2+} pela roseira observando que baixas doses de Ca^{2+} apresentaram raízes pequenas, finas e pouco ramificadas. Com altas doses, as raízes tiveram crescimento normal com ramificações. Nas folhas, observaram aumento da concentração de Ca^{2+} quando a concentração de B foi aumentada. Além disso, verificou-se redução da infecção por Botrytis (*Botrytis cinerea*) nas flores devido ao aumento da concentração de C^{2+} .

Figura 43 - Concentração de Ca nas folhas de rosas em relação às doses de potássio aplicadas

A absorção de Ca^{2+} pelas raízes é fortemente influenciada pela concentração de K na zona radicular, devido a este antagonismo, maiores

doses de K fornecidas durante o experimento resultaram em menor concentração de Ca^{2+} nas folhas de rosas (Figura 44). Woodson & Boodley (1982) estudando o efeito das formas de nitrogênio e a concentração de potássio no crescimento de rosas em ambiente protegido observou que as concentrações de Ca^{2+} e Mg^{2+} nas folhas diminuíram nas plantas fertirrigadas com amônio como fonte de nitrogênio e altas doses de potássio.

A concentração de Mg^{2+} nas folhas seguiu a mesma tendência do Ca^{2+} diminuindo em relação ao aumento das doses de potássio. Os valores médios observados variaram entre 0,287 a 0,236 % para os tratamentos K1 e K4, respectivamente, sendo significativo a 5% de probabilidade pelo teste F e ajuste linear com $R^2=0,99$ (Figura 45). Valores médios encontrados sugerem concentrações ideais entre 0,3 e 0,5% (Mills & Jones, 1996).

Figura 44 - Relação entre potássio e cálcio nas folhas de acordo com as doses de potássio aplicadas

Figura 45 - Concentração de Mg nas folhas em relação às doses de potássio aplicado

O enxofre é um nutriente facilmente disponível na atmosfera por ser resíduo da combustão de combustível fóssil e pela aplicação de fungicidas nas culturas. A concentração de enxofre nas folhas não variou com os tratamentos aplicados no experimento. O valor médio observado foi de 0,285 %, os valores médios máximos observados foram para os tratamentos N4 e K1 com 0,298 e 0,296 %, respectivamente. Para as doses de potássio, a concentração de S diminuiu entre os tratamentos K1 e K3 e elevou-se no tratamento K4 (Figura 46 (A) e (B)).

Figura 46 - Concentração de S nas folhas em relação às doses de N (A) e K (B)

4.8.2 Micronutrientes

Na tabela 18 é apresentada a análise de variância para as concentrações de micronutrientes nas folhas indicando interação significativa para a concentração de boro nas folhas com 5% de probabilidade. Para Fe e Mn houve diferença significativa entre as doses de nitrogênio aplicadas com significância de 1% pelo teste F.

Tabela 18. Resumo da análise de variância para micronutrientes nas folhas

Causa da variação	GL	B	Cu	Fe F	Mn	Zn
Bloco	2	1.64	0.03	4.16	0.06	1.04
Nitrogênio (N)	3	0.12	0.59	5.86 **	5.38**	1.84
Potássio (K)	3	0.98	1.45	1.25	0.65	0.68
Interação (N x K)	9	2.24 *	1.27	1.19	0.49	1,55

*, ** Significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente pelo teste F.

A concentração de boro nas folhas de rosas variou com as doses de N e K aplicados com probabilidade de 5% pelo teste F. O valor médio total observado foi de 54,60 mg.L⁻¹. O tratamento que apresentou maior valor médio foi N4K2 com 61,57 mg.L⁻¹ de B nas folhas. Valores médios de B nas folhas encontrados por alguns pesquisadores variou de 40 à 85 mg.L⁻¹ (Vetanovetz, 1996; Mills & Jones, 1996) (Figura 47). A interação entre N e K permitiu ajustar uma superfície de resposta para esta variável com coeficiente de determinação igual a 0,13.

O boro no solo é altamente influenciado pelo pH, valores de pH acima de 7,0 aumentam sua disponibilidade para as plantas sem que apresente sintomas de toxicidade. Além disso, alta concentração de B pode ser tolerada na presença de altos níveis de Ca²⁺. A relação Ca:B na planta diminui quando há aumento na concentração de K, devido ao antagonismo entre K⁺ e Ca²⁺. Na cultura da roseira o boro deve ser absorvido sempre, mas em pequenas quantidades, pois a planta não armazena para seu uso posterior e a faixa entre ótimo e tóxico é muito estreita. Outro ponto é que o boro é um elemento facilmente lixiviado, com isto, solos de textura arenosa e com excesso de água pode ocorrer sintomas de deficiência de boro (White, 1987; Mills & Jones, 1996).

Figura 47 - Concentração de Boro nas folhas de rosas em relação à interação N x K

A concentração de Cu^{2+} nas folhas de rosas não variou com as doses de nitrogênio e potássio. O valor médio observado foi de $6,53 \text{ mg.L}^{-1}$. Analisando somente as doses de potássio aplicadas, a concentração de cobre nas folhas se manteve em torno de $6,20 \text{ mg.L}^{-1}$ para os tratamentos K1, K2 e K3, aumentando no tratamento K4 para $7,49 \text{ mg.L}^{-1}$. Entre as doses de nitrogênio aplicadas, a concentração de cobre nas folhas diminuiu entre os tratamentos N1 e N3 com médias observadas entre $7,01$ e $5,98 \text{ mg.L}^{-1}$, respectivamente. Para o tratamento N4 a concentração nas folhas elevou-se para $6,53 \text{ mg.L}^{-1}$.

O valor médio de Cu^{2+} nas folhas de rosas encontrado por Mills & Jones (1996) e Vetanovetz (1996) está em torno de 6 a 12 mg.L^{-1} .

Em relação ao Fe^{2+} , sua concentração nas folhas de rosas variou estatisticamente, com as doses de nitrogênio aplicadas, a 1% de probabilidade pelo teste F observando valores médios entre 196,38 a 241,09 mg.L^{-1} para os tratamentos N1 e N4, respectivamente, sendo o valor médio total dos tratamentos de 211,31 mg.L^{-1} . Na análise de regressão ajustou-se uma equação polinomial com coeficiente de determinação de 0,97 para representar graficamente as médias observadas (Figura 48).

Haag et al., 1981 estudando a cultura da roseira cultivada em solo vermelho-amarelo na região de Atibia-SP durante nove anos, observaram valores médios de Fe^{2+} nas folhas entre 119 e 490 mg.L^{-1} e que havia uma tendência de aumento na concentração durante os anos. Outra observação realizada pelos mesmos autores é que os micronutrientes são acumulados em maiores quantidades após 3 – 4 anos de idade e que são pequenas as variações durante os anos seguintes.

Figura 48 - Concentração de ferro nas folhas de rosas com relação às doses de nitrogênio aplicadas

Para a concentração de Mn^{2+} nas folhas, a análise estatística foi altamente significativa com 1% de probabilidade pelo teste F para as

doses de nitrogênio aplicado. O valor médio total observado foi de 287,27 mg.L⁻¹ variando de 251,13 mg.L⁻¹ para 318,45 mg.L⁻¹ para os tratamentos N1 e N4, respectivamente. Neste elemento, os resultados permitiram ajustar uma equação linear para a concentração de Mn²⁺ com coeficiente de determinação de 0,94 (Figura 49).

Há várias hipóteses para o aumento da concentração de Mn²⁺ nas folhas. Segundo Mills & Jones (1996), solo pobre em microrganismos diminui a oxidação deste elemento, aumentando a concentração no solo e conseqüentemente a absorção a níveis tóxicos para a planta. Além disto, o Mn²⁺ é fortemente influenciado pela pH do solo, onde sua solubilização aumenta de acordo com a redução de pH. Outro fator é a fonte de nitrogênio utilizada na adubação, afetando sua absorção devido a aplicação elevada de nitrato resultando em aumento da absorção de Mn²⁺ pelas plantas.

Figura 49 - Concentração de manganês nas folhas de rosas com relação às doses de nitrogênio aplicadas

A concentração de Zn²⁺ nas folhas não variou significativamente entre os tratamentos aplicados. O valor médio observado foi de 28,96 mg.L⁻¹, sendo o valor máximo observado de 31,06 mg.L⁻¹ para o

tratamento N4. Valores médios de Zn^{2+} em folhas de rosas tende a ficar entre 20 e 50 mg.L^{-1} (Figura 50).

Figura 50 - Concentração de Zn nas folhas em relação às doses de nitrogênio aplicado

CONCLUSÕES

Pelo presente estudo, os resultados observados permitiram concluir que:

- As frações de evaporação do tanque reduzido ajustados pelas leituras dos tensiômetros permitiram manter a umidade do solo a níveis ideais para a cultura de rosas em ambiente protegido na camada da zona efetiva do sistema radicular (0 – 20 cm).

- Para a primeira colheita de rosas, as doses de N influenciaram apenas no comprimento do botão floral e para massa fresca houve interação N x K.

- Para a segunda colheita, as doses de N influenciaram no comprimento das hastes florais reduzindo-o com o aumento das doses.

- Para a produtividade de rosas na primeira e segunda colheitas, o aumento das doses de potássio refletiram negativamente na produtividade com redução máxima de 26,54%.

- Para o IAF, houve efeito significativo das doses de K aplicados reduzindo linearmente o IAF com o aumento das doses de K.

- Com o auxílio de extratores de cápsulas porosas, foi possível o monitoramento da condutividade elétrica da solução do solo na camada de 0 – 20 cm nas duas colheitas, observando efeito linear da CE a partir do aumento das doses de K.

- Através de medidores de íons (HORIBA) foi possível o monitoramento das concentrações de NO_3^- e K^+ na solução do solo observando o aumento da concentração de acordo com as doses de N e K.

- As concentrações de N nas folhas elevou-se linearmente com as doses de N aplicados, mas na concentração de K este efeito não foi significativo.

- As concentrações de Ca e Mg foram influenciadas pelas doses de K aplicados evidenciando o antagonismo entre estes elementos e K^+ nas folhas.

ANEXOS

ANEXO A. Valores de evaporação do tanque reduzido (Ev. Red.), fração de evaporação (f) e evapotranspiração da cultura (Etc) para os meses de Fevereiro e Março.

Fevereiro				Março			
Dia	Ev. Red.	f	Etc	Dia	Ev. Red.	f	Etc
1	3,50	1,25	4,38	1	5,56	1,9	10,56
2	3,87	1,25	4,84	2	4,43	1,9	8,42
3	5,85	1,25	7,31	3	3,50	1,9	6,65
4	5,58	1,25	6,98	4	5,83	1,9	11,08
5	3,60	1,25	4,50	5	2,38	1,9	4,52
6	3,07	1,25	3,84	6	3,73	1,9	7,09
7	5,51	1,25	6,89	7	4,17	1,9	7,92
8	3,52	1,25	4,40	8	3,64	1,9	6,92
9	4,62	1,25	5,78	9	2,38	1,9	4,52
10	3,18	1,25	3,97	10	1,62	1,9	3,08
11	5,76	1,25	7,20	11	2,58	1,9	4,90
12	3,42	1,5	5,13	12	0,64	1,9	1,22
13	5,40	1,5	8,10	13	1,68	1,7	2,86
14	4,54	1,5	6,81	14	3,90	1,7	6,63
15	1,28	1,5	1,92	15	5,68	1,7	9,66
16	1,30	1,5	1,95	16	1,62	1,7	2,75
17	4,48	1,5	6,72	17	4,14	1,7	7,04
18	1,09	1,5	1,64	18	3,54	1,7	6,02
19	1,31	1,5	1,97	19	4,36	1,7	7,41
20	4,38	1,5	6,57	20	2,52	1,7	4,28
21	4,28	1,5	6,42	21	1,86	1,7	3,16
22	5,11	1,5	7,66	22	2,88	1,7	4,90
23	4,05	1,8	7,29	23	3,30	1,7	5,61
24	0,99	1,8	1,78	24	3,30	1,7	5,61
25	8,07	1,8	14,53	25	3,24	1,8	5,83
26	5,70	1,8	10,26	26	4,04	1,8	7,27
27	3,97	1,8	7,15	27	3,60	1,8	6,48
28	6,07	1,8	10,93	28	0,68	1,8	1,22
				29	4,02	1,8	7,24
				30	3,40	1,8	6,12
				31	3,24	1,8	5,83

ANEXO B. Valores de evaporação do tanque reduzido (Ev. Red.), fração de evaporação (f) e evapotranspiração da cultura (Etc) para os meses de Abril e Maio.

Abril				Maio			
Dia	Ev. Red.	f	Etc	Dia	Ev. Red.	f	Etc
1	0,00	1,9	0,00	1	3,08	1,9	5,85
2	4,14	1,9	7,87	2	3,12	1,9	5,93
3	2,14	1,9	4,07	3	2,24	1,9	4,26
4	3,16	1,9	6,00	4	2,34	1,3	3,04
5	1,00	1,9	1,90	5	2,42	1,3	3,15
6	1,20	1,9	2,28	6	0,78	1,3	1,01
7	2,32	1,9	4,41	7	2,72	1,3	3,54
8	2,02	1,9	3,84	8	2,70	1,0	2,70
9	5,38	1,9	10,22	9	5,62	1,0	5,62
10	0,22	1,9	0,42	10	3,30	1,0	3,30
11	1,36	1,9	2,58	11	2,36	1,0	2,36
12	1,52	1,9	2,89	12	5,50	1,0	5,50
13	3,60	1,9	6,84	13	2,50	1,0	2,50
14	4,18	1,9	7,94	14	2,34	0,8	1,87
15	1,72	1,9	3,27	15	4,20	0,8	3,36
16	2,58	1,9	4,90	16	1,60	0,8	1,28
17	2,62	1,9	4,98	17	3,30	0,8	2,64
18	2,52	1,9	4,79	18	2,31	0,8	1,85
19	4,00	1,9	7,60	19	3,69	0,8	2,95
20	2,04	1,9	3,88	20	2,76	0,8	2,21
21	3,86	1,9	7,33	21	2,76	0,5	1,38
22	1,82	1,9	3,46	22	2,76	0,5	1,38
23	2,24	1,9	4,26	23	1,44	0,5	0,72
24	4,38	1,9	8,32	24	0,46	0,5	0,23
25	3,52	1,9	6,69	25	4,13	0,5	2,07
26	3,80	1,9	7,22	26	1,85	0,5	0,93
27	1,40	1,9	2,66	27	3,78	0,5	1,89
28	4,38	1,9	8,32	28	1,66	0,5	0,83
29	4,06	1,9	7,71	29	2,20	0,5	1,10
30	3,56	1,9	6,76	30	1,96	0,5	0,98
				31	1,40	0,5	0,70

ANEXO C. Valores de evaporação do tanque reduzido (Ev. Red.), fração de evaporação (f) e evapotranspiração da cultura (Etc) para os meses de Junho e Julho.

Junho				Julho			
Dia	Ev. Red.	f	Etc	Dia	Ev. Red.	f	Etc
1	2,46	1,0	2,46	1	4,36	1,0	4,36
2	3,12	1,0	3,12	2	1,30	1,0	1,30
3	3,68	1,0	3,68	3	2,66	1,0	2,66
4	0,86	1,0	0,86	4	0,56	1,0	0,56
5	2,14	1,0	2,14	5	4,50	1,0	4,50
6	0,06	1,0	0,06	6	1,44	1,0	1,44
7	1,66	1,0	1,66	7	3,59	1,0	3,59
8	2,98	1,0	2,98	8	2,11	1,0	2,11
9	2,66	1,0	2,66	9	3,80	1,0	3,80
10	3,16	1,0	3,16	10	0,88	1,0	0,88
11	1,20	1,0	1,2	11	1,22	1,0	1,22
12	3,86	1,0	3,86	12	1,42	1,0	1,42
13	2,44	1,0	2,44	13	1,26	1,0	1,26
14	2,12	1,0	2,12	14	0,62	1,0	0,62
15	2,42	1,0	2,42	15	2,46	1,0	2,46
16	2,22	1,0	2,22	16	2,24	1,0	2,24
17	3,70	1,0	3,7	17	1,30	1,0	1,30
18	1,68	1,0	1,68	18	3,56	1,0	3,56
19	1,92	1,0	1,92	19	1,66	1,0	1,66
20	1,72	1,0	1,72	20	3,88	1,0	3,88
21	2,96	1,0	2,96	21	3,54	1,0	3,54
22	2,78	1,0	2,78	22	2,06	1,0	2,06
23	2,34	1,0	2,34	23	2,60	1,0	2,60
24	2,76	1,0	2,76	24	0,92	1,0	0,92
25	2,46	1,0	2,46	25	1,36	1,0	1,36
26	1,76	1,0	1,76	26	0,78	1,0	0,78
27	0,72	1,0	0,72	27	2,04	1,0	2,04
28	1,86	1,0	1,86	28	0,78	1,0	0,78
29	2,27	1,0	2,27	29	1,48	1,0	1,48
30	2,63	1,0	2,63	30	1,40	1,0	1,40
				31	3,32	1,0	3,32

ANEXO D. Valores de evaporação do tanque reduzido (Ev. Red.), fração de evaporação (f) e evapotranspiração da cultura (Etc) para os meses de Agosto e Setembro.

Agosto				Setembro			
Dia	Ev. Red.	f	Etc	Dia	Ev. Red.	f	Etc
1	2,42	1,0	2,42	1	0,78	1,0	0,78
2	1,10	1,0	1,10	2	2,92	1,0	2,92
3	1,28	1,0	1,28	3	3,28	1,0	3,28
4	2,50	1,0	2,50	4	2,18	1,0	2,18
5	3,70	1,0	3,70	5	1,62	1,0	1,62
6	2,06	1,0	2,06	6	2,58	1,0	2,58
7	0,54	1,0	0,54	7	3,00	1,0	3,00
8	1,80	1,0	1,80	8	1,10	1,0	1,10
9	1,52	1,0	1,52	9	0,76	1,0	0,76
10	0,74	1,0	0,74	10	1,06	1,0	1,06
11	2,04	1,0	2,04	11	0,50	1,0	0,50
12	2,72	1,0	2,72	12	2,02	1,0	2,02
13	1,96	1,0	1,96	13	3,44	1,0	3,44
14	1,46	1,0	1,46	14	2,20	1,0	2,20
15	2,60	1,0	2,60	15	1,80	1,0	1,80
16	2,34	1,0	2,34	16	3,46	1,0	3,46
17	2,16	1,0	2,16	17	0,38	1,0	0,38
18	1,14	1,0	1,14	18	2,40	1,0	2,40
19	2,18	1,0	2,18	19	3,16	1,0	3,16
20	0,56	1,0	0,56	20	4,59	1,0	4,59
21	4,92	1,0	4,92	21	3,61	1,0	3,61
22	0,72	1,0	0,72	22	3,36	1,0	3,36
23	2,54	1,0	2,54	23	3,44	1,0	3,44
24	0,77	1,0	0,77	24	3,90	1,0	3,90
25	3,11	1,0	3,11	25	3,94	0,7	2,76
26	1,46	1,0	1,46	26	4,59	0,7	3,21
27	3,06	1,0	3,06	27	0,21	0,7	0,15
28	0,62	1,0	0,62	28	2,86	0,7	2,00
29	2,40	1,0	2,40	29	3,03	0,7	2,12
30	1,66	1,0	1,66	30	1,81	0,7	1,27
31	1,78	1,0	1,78				

ANEXO E. Produtividade de rosas na segunda colheita.

Tratamentos	Bloco I	Bloco II	Bloco III
N1K1	93	101	72
N1K2	96	75	75
N1K3	82	99	56
N1K4	78	60	57
N2K1	84	88	69
N2K2	84	75	77
N2K3	73	62	79
N2K4	92	65	69
N3K1	82	91	81
N3K2	89	57	55
N3K3	83	77	63
N3K4	64	53	64
N4K1	90	72	64
N4K2	79	69	76
N4K3	80	64	75
N4K4	65	60	53

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARRUDA, S.T.; OLIVETTE, M.P.A.; CASTRO, C.E.F. Diagnóstico da floricultura do Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, v.2, n.2, p.1–18, 1996.
- BAKKER, A.V.; MAYNARD, D.N.; LACHMAN, W.H. Induction of tomato stem and leaf lesions and potassium deficiency by excessive ammonium nutrition. **Soil Science**, v.103, p.319-327, 1967.
- BAÑON ARIAS, S.; CIFUENTES ROMO, D.; HERNANDEZ, J.A.F.; BENEVENTE-GARCIA, A. La Rosa. In: BAÑON ARIAS, S.; CIFUENTES ROMO, D.; HERNANDEZ, J.A.F.; BENEVENTE-GARCIA, A. **Gerbera, Lilium, Tulipán y Rosa**. Madrid: Mundi-Prensa, 1993, cap.4, p.202-250.
- BAR-YOSEF, B. Trickle irrigation and fertilization of tomatoes in sand dunes: water, N, and P distributions in the soil an uptake by plants. **Agronomy Journal**, v.69, p.486-491, 1977.
- BLANCO, F. F. Tolerância do tomateiro à salinidade sob fertirrigação e calibração de medidores de íons específicos para determinação de nutrientes na solução do solo e na planta. Piracicaba 2004, 115p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- BURT, C.; O'CONNOR, K. O.; RUEHR, T. **Fertigation. Irrigation Training and Research Center**. California Polytechnic State University, 1998. 320p. San Luis Obispo, California, USA.

- CABALLERO, M.; MANSITO, P.; ZIESLIN, N. Water use and crop productivity of roses growing on volcanic lapilli(Picon) in Canary Islands. **Acta Horticulturae**, n.424, p.41-44, 1996.
- CABRERA, R.I. Evaluating yield and quality of roses with respect to nitrogen fertilization and leaf nitrogen status. **Acta Horticulturae**, n.511,p.133-141, 2000.
- CABRERA, R.I.; EVANS, R.Y.; PAUL, J.L. The uptake of nitrate and ammonium by greenhouse roses. **Acta Horticulturae**, n.424, p.53-58, 1995a.
- CABRERA, R.I.; EVANS, R.Y.; PAUL, J.L. Nitrogen partitioning in rose plants over a flowering cycle. **Scientia Horticulturae**, n.63, p.67-76, 1995b.
- CADAHÍA, C.; EYMAR, A.; SÁNCHEZ, A.; LÓPEZ-VELA, D. Differences in nutrient uptake of four rose cultivars in sand culture. **Acta Horticulturae**, n.458, p.335-341, 1998.
- CARRIJO, O.A.; SILVA, W.L.C.; MAROUELLI, W.A.; SILVA, H.R. Tendências e desafios da fertirrigação no Brasil. In: FOLEGATTI, M.V. - Coord. **Fertirrigação: Citrus, Flores, Hortaliças, Guaíba: Agropecuária**, 1999, cap. 1, p.155-169.
- CASARINI, E. Manejo da irrigação na cultura da roseira cultivada em ambiente protegido. Piracicaba, 2000. 66p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- CHAGVARDIEFF, P.; PEAN, M.; RAVEL, C.; VIDAL, J.C. Plant nutrition management: presentation of nutriente delivery system connected to real growth. **Acta Horticulturae**, n.481, p.361-369, 1999.
- CHIMONIDOU-PAVLIDOU, D. Yield and quality of rose “Madelon” as affected by four irrigation and three shadings regimes. **Acta Horticulturae**, n.458, p.95-102, 1998.

- CHIMONIDOU-PAVLIDOU, D. Irrigation and sensitive stages of rose development. **Acta Horticulturae**, n.481, p.393-401, 1999.
- CLARK, G.A.; SMAJSTRLA, A.G. Design considerations for vegetable crop drip irrigation systems. **Hort Technolgy**, v.6, n.3, p.155-159, 1996.
- COELHO, A.C. Fertigação. In: COSTA, E.F.; VIEIRA, R.F.; VIANA, P.A.; **Quimigação**: aplicação de produtos químicos e biológicos via irrigação. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994, cap.8, p.201-227.
- COSTA, E.F.; FRANÇA, G.E.; ALVES, V.M.C. Aplicação de fertilizantes via água de irrigação. **Informe Agropecuário**, v.12, n.139, p. 63-69, 1986.
- DAVIDSON, J.W.; BOODLEY, J.W. Physiological disorders. In: LANGHANS, R.W. **A manual of greenhouse rose production**. Michigan: Roses 1987. cap.20, p.245-260.
- DOORENBOS, J.; PRUITT, W. O. Las necesidades de agua de los cultivos. Roma: Organizacion de las naciones unidas para la agricultura y la alimentacion. FAO, 1976. 194p. (Estudio FAO: Riego y drenaje, 24).
- DURKIN, D.J. Roses In: LARSON, R.A. **Introdution to floriculture**. San Diego: Academic Press, 2. ed. 1992, cap.2, p.67-91.
- EYMAR A.E.; LÓPEZ VELA, D.; CADAHÍA LÓPEZ, C. Fertirrigacion de coníferas y rosas, In: CADAHÍA LOPEZ, C. **Fertirrigacion**: cultivos hortícolas y ornamentales, Madrid: Mundi-Prensa, 1998, cap.2, p.417-463.
- FARINA, E.; VERUGGIO, R. The effects of high-intensity lighting on flower yield of rose "Dallas". **Acta Horticulturae**, n.424, p.35-39, 1996.
- FEIGIN, A.; GINZBURG, C.; GILEAD, S.; ACKERMAN, A. Effect of NH₄/NO₃ ratio in nutrient solution on growth and yield of greenhouse roses. **Acta Horticulturae**, n.189, p.127-135, 1986.

- FRANCISCO, V.L.F.S., PINO, F.A., KIYUNA, I. Floricultura no Estado de São Paulo. **Informações Econômicas**, v.33, n.3, p.17-32, 2003.
- GANMORE-NEUMANN, R.; DAVIDOV, S. Uptake and distribution of calcium in rose plantlets as affected by calcium and boron concentration in culture solution. **Plant and Soil**, n.155/156, p.151-154, 1993.
- GISLERÖD, H.R.; SELMER-OLSEN, A. R.; MORTENSEN, L. M. The effect of air humidity on nutrient uptake of some greenhouse plants. **Plant and Soil**, n.102, p.193-196, 1987.
- GOLDBERG, D.; GORNAT, B.; BAR, Y. The distribution of roots, water and minerals as a result of trickle irrigation. **Journal of American Society of Horticultural Science**, v.96, n.5, p.645-648, 1971.
- HAAG, H.P.; OLIVEIRA, G.D.; DECHEN, A.R.; MATTOS, J.R. Nutrição mineral das plantas ornamentais. Carências nutricionais em roseira. **Anais da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**, Piracicaba, v.31, p.437-447, 1974.
- HOWARD, E.H.; HANAN, J.J. Effect of salinity in water supplies on greenhouse rose production. **Journal of American Society of Horticultural Science**, v.103, n.5, p.694-699, 1978.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE FLORICULTURA. Boletim Ibraflor. Campinas: IBRAFLOR, 1997. 96p.
- KIEHL, P.A.; LIETH, J.H.; BURGER, D.W. Growth response of crisanthemum to various container medium moisture levels. **Journal of American Horticultural Science**, v.114, n.2, p.224-229, 1992.
- KIYUNA I., Estimativa do valor do mercado de flores e plantas ornamentais do Estado de São Paulo. **Informações econômicas**, v.32, n.5, p.7-22, 2002.
- KOOL, M.T.N.; LENSSEN, E.F.A. Basal shoot formation in young rose plants: Effects of bending practices and plant density. **Journal of Horticultural Science**, v.72, n.4, p.635-466, 1997.

- LANGHANS, R.W. Building young plants. In: LANGHANS, R.W, **A manual of greenhouse rose production**. Michigan: Roses, 1987. cap.10, p.61-63.
- LIETH, J.H.; KIM, S.H. Effects of shoot-bending in relation to root media on cut flower production in roses. **Acta Horticulturae**, n.547, p.303-310, 2001.
- LORENZO, H.; CID, M.C.; SIVERIO, J.M.; CABALLERO, M. Influence of additional ammonium supply on some nutritional aspects in hydroponic rose plants. **Journal of Agricultural Science**, v.134, p.421-425, 2000.
- MASTALERZ, J.W. Environmental factors light, temperature, and carbon dioxide. In: LANGHANS, R.W. **A manual of greenhouse rose production**. Michigan: Roses, 1987. cap.15, p.147-170.
- MEDEIROS, J.F.; PEREIRA, F.A.C.; FOLEGATTI, M.V.; PEREIRA, A.R.; VILLA NOVA, N.A. Comparação entre evaporação em tanque classe A padrão e em minitanque, instalados em estufa e estação meteorológica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, Piracicaba, 1997. **Anais**. Piracicaba: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1997. p.228-230.
- MILLS, H.A.; JONES, J.B. **Plant analysis handbook II**. Athens: MicroMacro Publishing, 1996, 422p.
- MOE, R. Factors affecting flower abortion and malformation in roses. **Physiologia Plantarum**, n.24, p.291-300, 1971.
- MONTEITH, J.L. Evaporation and environment. **Symp. Society Expl. Biological**, v.19, p.205-234, 1965.
- NELSON, P.V. Macronutrient fertilizer programs. IN: REED, D.W. **Water, media and nutrition for greenhouse crops**. Batavia:Ball Publishing, 1996, Cap.7, p.141-170.

- OKI, L.R.; LIETH, J. H.; TJOSVOLD, S. Irrigation of rosa hybrida L. 'kardinal' based on soil moisture tension increases productivity and flower quality. **Acta Horticulturae**, n.547, p.213-219, 2001.
- PADILLA, W.A. El uso de la fertirrigacion en cultivos de flores en latinoamerica. In: FOLEGATTI, M.V. - Coord. **Fertirrigação: Citrus, Flores, Hortaliças**. Guaíba: Agropecuária, 1999, Cap. 5, p.355-384.
- PAPADOPOULOS, I. Fertigation of vegetables in plastic houses: present situation and future prospects. **Acta Horticulturae**, n.323, p.151-174, 1992.
- PAPADOPOULOS, I. Fertirrigação: situação atual e perspectivas para o futuro. In: FOLEGATTI, M.V. (Coord.) **Fertirrigação: Citrus, Flores, Hortaliças**. Guaíba: Agropecuária, 1999. cap.1, p.11-84.
- PILL, W.G.; LAMBETH, V.N. Effects of NH₄ and NO₃ nutrition with and without pH adjustment on tomato growth, ion composition, and water relations. **Journal of American Society of Horticultural Science**, v.102, n.1, p.78-81, 1977.
- PLAUT, Z.; ZIESLIN, N.; LEVEV, N. Effect of different soil moisture regimes and canopy wetting on 'Baccara' roses. **Scientia Horticulturae**, n.5, p.277-285, 1976.
- PLAUT, Z.; ZIESLIN, N. The effect of canopy wetting on plant water status, CO₂ fixation, ion content and growth rate of 'Baccara' roses. **Physiologia Plantarum**, n.39, p.317-322, 1977.
- RAUSCHKOLB, R.S.; ROLSTON, D.E.; MILLER R.J.; CARLTON, A.B.; BURAU, R.G. Phosphorus fertilizer with drip irrigation. **Soil Science Society of American Journal**, v.40, p.68-72, 1976.
- SALINGER, J.P. Rosas de invernadero. In: SALINGER, J.P. **Producción comercial de flores**, Zaragoza: Acribia, 1991, cap.4, p.279-294.
- SENTELHAS, P.C. Estimativa diária da evapotranspiração de referência com dados de estação meteorológica convencional e automática.

- Piracicaba, 1998. 97p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- SOUZA, V.F. de; AGUIAR NETO, A. O.; ANDRADE JÚNIOR, A.S. et al. **Manejo de irrigação a través do balanço de água no solo.** Teresina: EMBRAPA-CPAMN, 1997. 36p. (EMBRAPA-CPAMN. Documentos, 23).
- STANGHELLINI, C.; VAN MEURS, W. Th. M. Crop transpiration: Agreenhouse climate control parameter. **Acta Horticulturae**, n.245, p.384-388, 1989.
- WHITE, J.W.; HOLCOMB, E.J. Water requirements and irrigation practices. In: LANGHANS, R.W. **A manual of greenhouse rose production.** Michigan:Roses, 1987. cap.12, p.71-86.
- WOODSON, W.R.; BOODLEY, J.W. Effects of nitrogen form and potassium concentration on growth, flowering and nitrogen utilization of greenhouse roses. **Journal of American Society of Science**, v.107, n.2, p.275-278, 1982.
- VIVANCOS, A.D. **Fertirrigacion.** Madrid: Mundi-Prensa, 1993, 217p.
- URCULLU, G.B. **Cultivos ornamentales para flor cortada:** Cultivo del rosal. Barcelona: Salvat, 1953. 512p.
- TJOSVOLD, S.A.; SCHULBACH, K.F. How to reduce water use and maximize yields in greenhouse roses. **California Agriculture**, v.45, n.3, p.31-32, 1991.
- VETANOVETZ, R.P. Tissue analysis and interpretation. In: REED, D.W. **Water, media and nutrition for greenhouse crops.** Batavia: Ball Publishing, 1996. cap.9, p.197-219.