**RESPOSTA À APLICAÇÃO DE URÉIA E CLORETO DE POTÁSSIO
EM DOIS GENÓTIPOS DE SOJA, INOCULADOS COM
Bradyrhizobium japonicum, CULTIVADOS NO INVERNO**

MARIA DO CARMO DE SALVO SOARES NOVO
Engenheira Agrônoma

Orientador: Prof. Dr. ÁLVARO AUGUSTO TEIXEIRA VARGAS

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

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Junho - 1995

**RESPOSTA À APLICAÇÃO DE URÉIA E CLORETO DE POTÁSSIO
EM DOIS GENÓTIPOS DE SOJA, INOCULADOS COM
Bradyrhizobium japonicum, CULTIVADOS NO INVERNO**

MARIA DO CARMO DE SALVO SOARES NOVO

Aprovada em 29.08.1995

Comissão Julgadora:

Prof. Dr. Álvaro Augusto Teixeira Vargas

ESALQ/USP

Prof. Dr. Márcio Rodrigues Lambais

ESALQ/USP

Dr. Roberto Tetsuo Tanaka

IAC/SAA/SP

Dr. ALVARO AUGUSTO TEIXEIRA VARGAS
Orientador

138 74 100 001 17

CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - CAMPUS "LUIZ DE QUEIROZ"/USP

Novo, Maria do Carmo de Salvo Soares

Resposta à aplicação de uréia e cloreto de potássio em dois genótipos de soja, inoculados com *Bradyrhizobium japonicum*, cultivados no inverno. - Piracicaba, 1995.

113p. ilus.

Diss.(Mestre) - ESALQ

Bibliografia.

1. Soja de inverno - Adubação nitrogenada 2. Soja de inverno - Adubação potássica 3. Soja de inverno - Nutrição I. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba

CDD 633.34

Aos meus pais, Ary e Wilma
pelos esforços dedicados à minha educação,
OFEREÇO

Para José, Carolina e Bruno, com amor,
DEDICO

AGRADECIMENTOS

Ao **Prof. Dr. Álvaro Augusto Teixeira Vargas**, pela orientação no desenvolvimento do presente trabalho.

Aos Professores do Departamento de Solos da ESALQ/USP pelos ensinamentos.

Aos Pesquisadores Científicos **Hipólito Assunção Antonio Mascarenhas** e **Roberto Tetsuo Tanaka** pela colaboração no desenvolvimento do experimento.

A Pesquisadora Científica **Violeta Nagai** pelas sugestões na análise estatística.

A Pesquisadora Científica **Sandra Sevá Nogueira** pelo constante apoio, amizade e sugestões apresentadas.

As ex-funcionárias da Seção de Microbiologia do Solo do Instituto Agronômico **Maria Madalena Caetano** e **Sonia José Lopes Silva** e à funcionária **Maria Leonilde Machado Souza** pelo auxílio na contagem e pesagem de nódulos.

Aos Pesquisadores Científicos **José Carlos Vila Nova Alves Pereira, Nelson Bortoleto e Paulo Boller Gallo** pela condução dos experimentos nas Estações Experimentais de Ribeirão Preto, Votuporanga e Mococa, respectivamente.

Ao Engenheiro Agrônomo **Claúdio Fernando De Gáspari** pelo auxílio nas amostragens e análises de plantas.

Ao Pesquisador Científico **José Polese Soares Novo** pela colaboração na edição do texto.

Ao Instituto Agrônômico pelas condições oferecidas.

As demais pessoas que direta ou indiretamente colaboraram na realização deste trabalho.

Ao CNPq pela concessão de Bolsa de Estudo durante parte do curso.

SUMÁRIO

	página
LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE TABELAS	x
RESUMO	xviii
SUMMARY	xxi
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1. Efeito de Cultivar	5
2.2. Efeito do Nitrogênio	6
2.3. Efeito do Potássio	12
3. MATERIAL E MÉTODOS	16
3.1. Local de Condução do Experimento e Características do Solo	16
3.2. Preparo do Solo	17
3.3. Tratamentos e Características das Parcelas	17
3.4. Tratos Culturais	18
3.5. Amostragens das Plantas e Determinações.....	20
3.6. Métodos Analíticos	20
3.7. Colheita	21
3.8. Análise Estatística	21
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
4.1. Efeito de Cultivar	23

4.1.1. Mococa	24
4.1.1.1. Cultivar Dentro de Doses de Nitro- gênio	26
4.1.1.2. Cultivar Dentro de Doses de Potás- sio	29
4.1.2. Ribeirão Preto	32
4.1.2.1. Cultivar Dentro de Doses de Nitro- gênio	34
4.1.2.2. Cultivar Dentro de Doses de Potás- sio	34
4.1.3. Votuporanga	39
4.1.3.1. Cultivar Dentro de Doses de Nitro- gênio	39
4.1.3.2. Cultivar Dentro de Doses de Potás- sio	43
4.2. Efeito de Doses de Nitrogênio	46
4.2.1. Mococa	46
4.2.1.1. Doses de Nitrogênio Dentro de Cul- tivar	50
4.2.1.2. Doses de Nitrogênio Dentro de Do- ses de Potássio.....	53
4.2.2. Ribeirão Preto	57
4.2.2.1. Doses de Nitrogênio Dentro de Cul- tivar	59
4.2.2.2. Doses de Nitrogênio Dentro de Do- ses de Potássio	61
4.2.3. Votuporanga	65

4.2.3.1. Doses de Nitrogênio Dentro de Cul-	
tivar	67
4.2.3.2. Doses de Nitrogênio Dentro de Do-	
ses de Potássio	70
4.3. Efeito de Doses de Potássio	70
4.3.1. Mococa	73
4.3.1.1. Doses de Potássio Dentro de Culti-	
var..	75
4.3.1.2. Doses de Potássio Dentro de Doses	
de Nitrogênio	78
4.3.2. Ribeirão Preto	82
4.3.2.1. Doses de Potássio Dentro de Culti-	
var	82
4.3.2.2. Doses de Potássio Dentro de Doses	
de Nitrogênio	86
4.3.3. Votuporanga	90
4.3.3.1. Doses de Potássio Dentro de Culti-	
var	90
4.3.3.2. Doses de Potássio Dentro de Doses	
de Nitrogênio	93
5. CONCLUSÕES	96
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	98

LISTA DE FIGURAS

	página
Figura 1. Respostas dos cultivares de soja IAC-8 e IAC-14 às doses de potássio quanto a matéria seca (1A) e número de nódulos (1B) e à % de N da parte aérea (1C) em Votuporanga. Médias.....	44
Figura 2. Efeito de doses de nitrogênio sobre os teores de N da parte aérea (2A) e dos grãos (2B) e sobre a produtividade de grãos (2C) em Mococa (MC), Ribeirão Preto (RP) e Votuporanga (VT).....	48
Figura 3. Efeito de doses de potássio dentro de cultivares sobre a % de N da parte aérea (3A) e sobre a matéria seca (3B) e número de nódulos (3C) em Votuporanga.....	92
Figura 4. Efeito de doses de potássio dentro de doses de nitrogênio sobre a matéria seca (4A) e o número de nódulos (4B) em Votuporanga.....	94

LISTA DE TABELAS

página

Tabela 1.	Resultado das análises químicas da camada superficial do solo (0-20cm) das áreas experimentais.....	17
Tabela 2.	Datas da semeadura, germinação, florescimento e colheita dos cultivares de soja IAC-8 e IAC-14 em Mococa, Ribeirão Preto e Votuporanga.....	19
Tabela 3.	Matéria seca e teores de N e de K da parte aérea, matéria seca e número de nódulos, redução do acetileno, teor de N e produtividade de grãos dos cultivares de soja IAC-8 e IAC-14 em Mococa. Médias.....	25
Tabela 4.	Matéria seca e teores de N e de K da parte aérea, teor de N e produtividade de grãos dos cultivares de soja IAC-8 e IAC-14 dentro de doses de nitrogênio em Mococa. Médias.....	27
Tabela 5.	Matéria seca e número de nódulos e redução do acetileno dos cultivares de soja IAC-8 e IAC-14 dentro de doses de nitrogênio em Mococa. Médias.....	28
Tabela 6.	Matéria seca e teores de N e de K da parte aérea, teor de N e produtividade de grãos dos cultivares de soja IAC-8 e IAC-14 dentro de doses de potássio em Mococa. Médias.....	30
Tabela 7.	Matéria seca e número de nódulos e redução do acetileno dos cultivares de soja IAC-8	

e IAC-14 dentro de doses de potássio em Mococa. Médias.....31

- Tabela 8. Matéria seca e teores de N e de K da parte aérea, matéria seca e número de nódulos, redução do acetileno, teor de N e produtividade de grãos dos cultivares de soja IAC-8 e IAC-14 em Ribeirão Preto. Médias...33
- Tabela 9. Matéria seca e teores de N e de K da parte aérea, teor de N e produtividade de grãos dos cultivares de soja IAC-8 e IAC-14 dentro de doses de nitrogênio em Ribeirão Preto. Médias.....35
- Tabela 10. Matéria seca e número de nódulos, redução do acetileno dos cultivares de soja IAC-8 e IAC-14 dentro de doses de nitrogênio em Ribeirão Preto. Médias.....36
- Tabela 11. Matéria seca e teores de N e de K da parte aérea, teor de N e produtividade de grãos dos cultivares IAC-8 e IAC-14 dentro de doses de potássio em Ribeirão Preto. Médias.....37
- Tabela 12. Matéria seca e número de nódulos e redução do acetileno dos cultivares de soja IAC-8 e IAC-14 dentro de doses de potássio em beirão Preto. Médias.....38
- Tabela 13. Matéria seca e teores entre de N e de K da parte aérea, matéria seca e número de nódulos, redução do acetileno, teor de N e produtividade de grãos dos cultivares de soja IAC-8 e IAC-14 em Votuporanga. Médias.40
- Tabela 14. Matéria seca e teores de N e de K da parte aérea, teor de N e produtividade de grãos dos cultivares de soja IAC-8 e IAC-14 dentro de doses de nitrogênio em Votuporanga. Médias.....41
- Tabela 15. Matéria seca e número de nódulos e redução do acetileno dos cultivares de soja IAC-8 e IAC-14 dentro de doses de nitrogênio em Votuporanga. Médias.....42

- Tabela 16. Médias das variáveis, significância das análises de regressão polinomial linear e quadrática, seus coeficientes de determinação e o ponto de inflexão com a referente produção quanto ao efeito de doses de nitrogênio quanto as matérias secas da parte aérea e de nódulos, número de nódulos, % de N da parte aérea e dos grãos, % de K da parte aérea, redução do acetileno e produtividade de grãos em Mococa.....47
- Tabela 17. Médias das variáveis, significância das análises de regressão polinomial linear e quadrática, seus coeficientes de determinação e o ponto de inflexão com a referente produção quanto ao efeito de doses de nitrogênio dentro de cultivares na matéria seca da parte aérea, % de N da parte aérea e dos grãos, % de K da parte aérea e produtividade de grãos em Mococa.....51
- Tabela 18. Médias das variáveis, significância das análises de regressão polinomial linear e quadrática, seus coeficientes de determinação e o ponto de inflexão com a referente produção quanto ao efeito de doses de nitrogênio dentro de cultivares na matéria seca e número de nódulos e quanto a redução do acetileno em Mococa.....52
- Tabela 19. Médias das variáveis, significância das análises de regressão polinomial linear e quadrática, seus coeficientes de determinação e o ponto de inflexão com a referente produção quanto ao efeito de doses de nitrogênio dentro de doses de potássio na matéria seca da parte aérea, % de N da parte aérea e dos grãos, % de K da parte aérea e produtividade de grãos.....54
- Tabela 20. Médias das variáveis, significância das análises de regressão polinomial linear e quadrática, seus coeficientes de determinação e o ponto de inflexão com a referente produção quanto ao efeito de doses de nitrogênio dentro de doses de potássio na

matéria seca e número de nódulos e quanto a redução do acetileno em Mococa.....55

Tabela 21. Médias das variáveis, significância das análises de regressão polinomial linear e quadrática, seus coeficientes de determinação e o ponto de inflexão com a referente produção quanto ao efeito de doses de nitrogênio dentro de doses de potássio nas matérias secas da parte aérea e de nódulos, número de nódulos, % de N da parte aérea e dos grãos, % de K da parte aérea, redução do acetileno e produtividade de grãos em Ribeirão Preto.....58

Tabela 22. Médias das variáveis, significância das análises de regressão polinomial linear e quadrática, seus coeficientes de determinação e o ponto de inflexão com a referente produção quanto ao efeito de doses de nitrogênio dentro de cultivares na matéria seca da parte aérea, % de N da parte aérea e dos grãos, % de K da parte aérea e produtividade de grãos em Ribeirão Preto.....60

Tabela 23. Médias das variáveis, significância das análises de regressão polinomial linear e quadrática, seus coeficientes de determinação e o ponto de inflexão com a referente produção quanto ao efeito de doses de nitrogênio dentro de cultivares na matéria seca e número de nódulos e redução do acetileno em Ribeirão Preto.....62

Tabela 24. Médias das variáveis, significância das análises de regressão polinomial linear e quadrática, seus coeficientes de determinação e o ponto de inflexão com a referente produção quanto ao efeito de doses de doses de nitrogênio dentro de doses de potássio na matéria seca da parte aérea, % de N da parte aérea e dos grãos, % de K da parte aérea e produtividade de grãos em Ribeirão Preto.....63

Tabela 25. Médias das variáveis, significância das análises de regressão polinomial linear e

quadrática, seus coeficientes de determinação e o ponto de inflexão com a referente produção quanto ao efeito de doses de nitrogênio dentro de doses de potássio na matéria seca e número de nódulos e quanto a redução do acetileno em Ribeirão Preto...64

Tabela 26. Médias das variáveis, significância das análises de regressão polinomial linear e quadrática, seus coeficientes de determinação e o ponto de inflexão com a referente produção quanto ao efeito de doses de nitrogênio nas matérias secas da parte aérea e de nódulos, número de nódulos, % de N da parte aérea e dos grãos, % de K da parte aérea, redução do acetileno e produtividade de grãos em Votuporanga.....66

Tabela 27. Médias das variáveis, significância das análises de regressão polinomial linear e quadrática, seus coeficientes de determinação e o ponto de inflexão com a referente produção quanto ao efeito de doses de nitrogênio na matéria seca da parte aérea, % de N da parte aérea e dos grãos, % de K da parte aérea e produtividade de grãos em Votuporanga.....68

Tabela 28. Médias das variáveis, significância das análises de regressão polinomiais linear e quadrática, seus coeficientes de determinação e o ponto de inflexão com a referente produção quanto ao efeito de doses de nitrogênio dentro de cultivares na matéria seca e número de nódulos e quanto a redução do acetileno em Votuporanga.....69

Tabela 29. Médias das variáveis, significância das análises de regressão polinomial linear e quadrática, seus coeficientes de determinação e o ponto de inflexão com a referente produção quanto ao efeito de doses de nitrogênio dentro de doses de potássio na matéria seca da parte aérea, % de N da parte aérea e dos grãos, % de K da parte aérea e produtividade de grãos em Votuporanga.....71

- Tabela 30. Médias das variáveis, significância das análises de regressão polinomial linear e quadrática, seus coeficientes de determinação e o ponto de inflexão com a referente produção quanto ao efeito de doses de doses de nitrogênio dentro de doses de potássio na matéria seca e número de nódulos e quanto a redução do acetileno em Votuporanga.....72
- Tabela 31. Médias das variáveis, significância das análises de regressão polinomial linear e quadrática, seus coeficientes de determinação e o ponto de inflexão com a referente produção quanto ao efeito de doses de potássio nas matérias secas da parte aérea e de nódulos, número de nódulos, % de N da parte aérea e dos grãos, % de K da parte aérea, redução do acetileno e produtividade de grãos em Mococa 74
- Tabela 32. Médias das variáveis, significância das análises de regressão polinomial linear e quadrática, seus coeficientes de determinação e o ponto de inflexão com a referente produção quanto ao efeito de doses de potássio dentro de cultivares na matéria seca da parte aérea, % de N da parte aérea e dos grãos, % de K da parte aérea e produtividade de grãos em Mococa.....76
- Tabela 33. Médias das variáveis, significância das análises de regressão polinomial linear e quadrática, seus coeficientes de determinação e o ponto de inflexão com a referente produção quanto ao efeito de doses de potássio dentro de cultivares na matéria seca e número de nódulos e quanto a redução do acetileno em Mococa.....77
- Tabela 34. Médias das variáveis, significância das análises de regressão polinomial linear e quadrática, seus coeficientes de determinação e o ponto de inflexão com a referente produção quanto ao efeito de doses de potássio dentro de doses de nitrogênio na matéria seca da parte aérea, % de N da

parte aérea e dos grãos % de K da parte aérea e produtividade de grãos em Mococa...79

- Tabela 35. Médias das variáveis, significância das análises de regressão polinomial linear e quadrática, seus coeficientes de determinação e o ponto de inflexão com a referente produção quanto ao efeito de doses de doses de potássio dentro de doses de nitrogênio na matéria seca e número de nódulos e quanto a redução do acetileno em Mococa.....81
- Tabela 36. Médias das variáveis, significância das análises de regressão polinomial linear e quadrática, seus coeficientes de determinação e o ponto de inflexão com a referente produção quanto ao efeito de doses de potássio nas matérias secas da parte aérea e de nódulos, número de nódulos, % de N da parte aérea e dos grãos, % de K da parte aérea, redução do acetileno e produtividade de grãos em Ribeirão Preto.....83
- Tabela 37. Médias das variáveis, significância das análises de regressão polinomial linear e quadrática, seus coeficientes de determinação e o ponto de inflexão com a referente produção quanto ao efeito de doses de potássio dentro de cultivares na matéria seca da parte aérea, % de N da parte aérea e dos grãos, % de K da parte aérea e produtividade de grãos em Ribeirão Preto.....84
- Tabela 38. Médias das variáveis, significância das análises de regressão polinomiais linear e quadrática, seus coeficientes de determinação e o ponto de inflexão com a referente produção quanto ao efeito de doses de potássio dentro de cultivares na matéria seca e número de nódulos e quanto a redução do acetileno em Ribeirão Preto.....85
- Tabela 39. Médias das variáveis, significância das análises de regressão polinomial linear e quadrática, seus coeficientes de determinação e o ponto de inflexão com a referen-

te produção quanto ao efeito de doses de potássio dentro de doses de nitrogênio quanto a matéria seca da parte aérea, % de **N** da parte aérea e dos grãos, % de **K** da parte aérea e produtividade de grãos em Ribeirão Preto.....87

Tabela 40. Médias das variáveis, significância das análises de regressão polinomial linear e quadrática, seus coeficientes de determinação e o ponto de inflexão com a referente produção quanto ao efeito de doses de potássio dentro de doses de nitrogênio na matéria seca e número de nódulos e quanto a redução do acetileno em Ribeirão Preto...88

Tabela 41. Médias das variáveis, significância das análises de regressão polinomial linear e quadrática, seus coeficientes de determinação e o ponto de inflexão com a referente produção quanto ao efeito de doses de potássio na matérias secas da parte aérea e de nódulos, número de nódulos, % de **N** da parte aérea e dos grãos, % de **K** da parte aérea, redução do acetileno e produtividade de grãos em Votuporanga.....91

RESPOSTA À APLICAÇÃO DE URÉIA E CLORETO DE POTÁSSIO EM DOIS GENÓTIPOS DE SOJA, INOCULADOS COM *Bradyrhizobium japonicum*, CULTIVADOS NO INVERNO

Autora: MARIA DO CARMO DE SALVO SOARES NOVO

Orientador: DR. ÁLVARO AUGUSTO TEIXEIRA VARGAS

RESUMO

Com o objetivo de estudar a resposta de dois genótipos de soja cultivados no inverno à aplicação de doses de nitrogênio e de potássio foi instalado um experimento nas Estações Experimentais de Mococa, Ribeirão Preto e Votuporanga.

O delineamento experimental empregado foi o de blocos ao acaso, com esquema fatorial, sendo utilizados 3 doses de nitrogênio (0, 50 e 100 kg/ha de N), 3 doses de potássio (0, 30 e 60 kg/ha de K₂O) e dois cultivares de soja (IAC-8 e IAC-14). Como fontes de nitrogênio e de potássio foram usadas, respectivamente, uréia e cloreto de potássio. As parcelas eram compostas de 4 linhas de 6 m de comprimento espaçadas em 0,60 m. Pouco antes da semeadura, as sementes foram inoculadas com inoculante turfoso sendo

empregadas as estirpes de *Bradyrhizobium japonicum* SEMIA 587 + SEMIA 5019.

No estágio de florescimento pleno, retiraram-se 3 plantas por parcela, sendo as raízes destinadas à avaliação da nodulação e à determinação da nitrogenase. Foram determinados também a matéria seca da parte aérea e os teores de N e de K da parte aérea. No final do ciclo, determinou-se a produtividade e o teor de N do grão.

A inoculação das sementes com as estirpes recomendadas não foi capaz de suprir adequadamente a soja de maneira a se obter rendimentos similares àsquelas obtidas com a adição de nitrogênio. A adição de nitrogênio prejudicou a nodulação e a fixação simbiótica do nitrogênio. Em Votuporanga, a nodulação e a fixação do nitrogênio do cultivar IAC-8 mostrou ser menos sensível à adição de nitrogênio. Tanto o nitrogênio quanto o potássio adicionados não afetaram significativamente a maior parte dos componentes da produção nos dois cultivares mostrando que existe um ponto de equilíbrio entre as diversas funções dos componentes da produtividade.

Houve resposta para a produção de grãos pela adição de nitrogênio para ambos os cultivares. Os cultivares foram semelhantes quanto à produtividade, com exceção em Mococa, onde IAC-14 mostrou ser mais produtivo.

O fornecimento de potássio não afetou a produção de grãos em nenhuma das condições do experimento, fato

talvez explicado pelo já existente alto teor do nutriente dos solos originais.

RESPONSES TO UREA AND POTASSIUM CHLORIDE APPLICATIONS BY TWO SOYBEAN GENOTYPES INOCULATED WITH *Bradyrhizobium japonicum* DURING THE WINTER SEASON

Author: MARIA DO CARMO DE SALVO SOARES NOVO

Adviser: DR. ÁLVARO AUGUSTO TEIXEIRA VARGAS

SUMMARY

To study the response of two soybean genotypes (IAC-8 and IAC-14) to winter planting, with the use of inoculant, and the application of increasing doses of nitrogen and potassium, an experiment was installed at three Experimental Stations - Mococa, Ribeirão Preto and Votuporanga.

The experimental design was a factorial with three doses of nitrogen (0, 50 and 100 kg/ha of N as urea) and three doses of potassium (0, 30 and 60 kg/ha of K_2O as potassium chloride). The plots consisted of four lines of 6 meters and the spacing between the lines was 0.60m. Just before planting soybean, seeds were inoculated with *Bradyrhizobium japonicum* strains SEMIA 587 + SEMIA 5019. At flowering (full bloom) three plants per plot were harvest and the roots were used to evaluate nodulation and determine nitrogenase activity. Shoots were dried and your

determine nitrogenase activity. Shoots were dried and your N and K were determined. At the end of cycle, the grain yield and nitrogen in the grain were evaluated.

Inoculation with the recommended strains were not capable to supply nitrogen adequately as compared to nitrogen fertilization. Nitrogen fertilization had a negative effect on nodulation and the symbiotic nitrogen fixation.

At Votuporanga, nitrogen fertilization showed less effect on genotype IAC-8 nodulation and nitrogen fixation. At the other two sites the nodulation was reduced.

Both nitrogen and potassium did not affect significantly the yield of the genotypes regarding dry matter of the above ground parts. The concentration of the nutrients showed that there is an equilibrium point between the different functions of yield components production.

There was a response for the grain yield with nitrogen application to the two genotype. The yield of the two genotypes were similar at Ribeirão Preto and Votuporanga where the cultivar IAC-8 showed to be more productive.

The application of potassium did not effect the grain yield, possibly because of high potassium concentration in the soil.

1. INTRODUÇÃO

A soja é tradicionalmente cultivada no verão devido à sensibilidade da maioria dos cultivares comerciais ao fotoperíodo, obtendo-se altos rendimentos de grãos (MIYASAKA et al., 1970).

A possibilidade de cultivar soja com o objetivo de produzir sementes em regiões de inverno pouco rigoroso usando-se irrigação, levou os agricultores a intensificarem a sua exploração, diminuindo os custos da tecnologia aplicada e amortizando o preço da terra. A produção da estação de inverno é menor que a do verão mas, como se destina à semente e, seu preço é superior em de 40% ao da soja industrial, esse cultivo pode-se tornar econômico. Além disso, os fatores climáticos dessa época são limitantes às pragas e doenças, reduzindo o investimento com defensivos agrícolas.

A cultura da soja é exigente em nitrogênio (N) principalmente nos estádios finais de seu desenvolvimento. Vários trabalhos mostraram que a simbiose rizóbio-leguminosa, nas condições de verão, é eficiente e pode maximizar a produção desde que nenhum fator ambiental ou

prática cultural limite a nodulação e a fixação simbiótica (THOMAS & RAPER JR, 1976). Para a soja cultivada no inverno, pouco se conhece sobre a eficiência das estirpes de rizóbio. TANAKA & MASCARENHAS (1992) observaram que nessas condições, a simbiose não era capaz de suprir o N adequadamente à cultura.

Na região Mogiana do Estado de São Paulo, o cultivo de inverno tem sido feito sob pivô central com aplicação pesada de adubo nitrogenado, causando intenso crescimento vegetativo, com acamamento no cultivar IAC-8. Quando não se aplicava N, o sistema radicular desenvolvia-se apenas superficialmente causando deficiência do elemento.

Suspeita-se que a ineficiência das estirpes de rizóbio em suprir com nitrogênio à soja cultivada no inverno em quantidades suficiente para seus processos metabólicos seja devido à menor disponibilidade de fotossintetizados em decorrência da baixa temperatura. BUIS et al. (1988) observaram que com o resfriamento do ar, ocorre bloqueio da translocação de assimilados, reduzindo a fixação simbiótica do N.

O potássio (K) é essencialmente importante para a simbiose e são necessários maiores quantidades desse elemento que de qualquer outro para que ocorra acúmulo de N nas leguminosas. Também há resposta à adubação potássica para a produção de matéria seca e acúmulo de N nessa

cultura quando cultivada no verão (MARKUS & BATTLE, 1965; ADAMS & SHEARD, 1966; JONES et al., 1977).

Os objetivos deste experimento foram:

- 1) verificar se há resposta da soja IAC-8 e IAC-14 inoculada com *Bradyrhizobium japonicum* à aplicação de N mineral e potássio;
- 2) verificar se a nodulação em condições de inverno é influenciada pelas adubações nitrogenada e potássica;

2. REVISÃO DE LITERATURA

A pesquisa em soja tem sido favorecida pelo aumento da demanda de produtos provenientes dessa planta. O acúmulo de nutrientes durante o desenvolvimento vegetativo, quando a disponibilidade no solo é suficiente, é controlado pelas condições climáticas da estação de crescimento (BATAGLIA & MASCARENHAS, 1982). Mesmo quando favoráveis, o rendimento de grãos pode ser reduzido se a disponibilidade de algum nutriente for limitante ou excessiva no solo, prejudicando a absorção de outros nutrientes e, por vezes, a fixação do nitrogênio.

A determinação da necessidade de inocular e/ou de adicionar N ao cultivo de leguminosas é uma consideração importante quando se trata de cultivo de inverno. Freqüentemente, a decisão de usar inoculante não é condicionada a qualquer efeito mensurável do ambiente. Geralmente, a história do cultivo, a magnitude e a eficiência de populações naturalizadas de rizóbio, a disponibilidade de N e de outros nutrientes do solo em relação à necessidade da leguminosa e os fatores ambientais que interagem com o manejo, determinam o potencial de

produção da planta e suas necessidades nutricionais.

Por isso, serão discutidos a seguir os efeitos do cultivar, do nitrogênio e do potássio na cultura da soja.

2.1. EFEITO DE CULTIVAR

O ambiente e a carga genética influenciam o processo de infecção e de nodulação (SINCLAIR *et al.*, 1991), a resposta à fertilizantes e, conseqüentemente o rendimento de grãos. NANGJU (1980) verificou que há diferença na resposta de cultivares ao rizóbio quanto a nodulação, crescimento, exudação de N-amínico e o rendimento de grãos.

PATTERSON & LARUE (1983) verificaram que a fixação do nitrogênio em soja estava relacionada com o grupo de maturação sendo que, os cultivares tardios fixavam mais N que os precoces. Entretanto, dentro dos grupos de maturação foi observado que havia pouca variação entre cultivares quanto a atividade fixadora do N.

Os cultivares IAC-8 e IAC-14 foram desenvolvidos por MIRANDA *et al.* (1980, 1988). IAC-8 é um cultivar de ciclo médio (130-140 dias), de crescimento determinado desenvolvido para ser semeado em outubro, ampliando o período de semeadura da soja, e próprio para ser também cultivado no cerrado. O cultivar IAC-14 é de ciclo médio, de crescimento determinado e apresenta maior resistência ao

acamamento que o IAC-8, além de ser menos sujeito a fatores climáticos após a maturação. Nenhum desses cultivares entretanto foi desenvolvido para ser cultivado no inverno e se obter altos rendimentos de grãos.

OUATTARA & WEAVER (1994) relataram que o plantio fora da época normal reduz a produtividade e afeta a maioria das características agronômicas. Essa redução na produtividade parece estar associada com falta de crescimento vegetativo suficiente para o bom desenvolvimento da soja. Mudanças na temperatura exercem efeito pronunciado no crescimento na planta pois alteram a taxa de reações químicas e com isso, restringe a absorção e a translocação de água e minerais. Além disso, com o abaixamento da temperatura, ocorrem mudanças diferenciais nos processos de divisão celular e alongação (BUIS et al., 1988).

2.2. EFEITO DO NITROGÊNIO

Para se obter uma produtividade satisfatória de soja é necessário grande quantidade de N, podendo ser utilizado pela planta o proveniente do solo, o do fertilizante ou o fixado simbioticamente.

É prática comum em áreas de cultivo de soja de verão que esta seja mais dependente do N proporcionado pela fixação simbiótica que do adubo pois, a aplicação deste

insumo raramente compensa economicamente (KURTZ, 1976). Segundo TANAKA & MASCARENHAS (1992), quando a inoculação é feita de acordo com as recomendações técnicas, pode-se obter rendimento de grãos superiores a 4t/ha.

BOONKERD *et al.* (1978) observaram que há resposta à inoculação somente em áreas novas ao cultivo de soja pois em solos cultivados anteriormente a população de rizóbio já estabelecida é altamente competitiva por sítios de infecção (JOHNSON & MEANS, 1960). De acordo com HERRIDGE & BERGENSEN (1988), quando existe no solo uma população de rizóbio infectiva com alto número de indivíduos, os mesmos formam uma barreira à eficiência das estirpes do inoculante sendo que, menos de 10% dos nódulos formados são originados do inoculante.

Em um período curto, de três a quatro meses, grandes quantidades de N são necessárias para suprir as exigências da soja demandando alta disponibilidade desse elemento do solo e, especialmente, da fixação. Foi demonstrado por VEST *et al.* (1973) que a simbiose soja-*Bradyrhizobium japonicum* fixa entre 100 e 160 kg/ha de N dependendo de seu potencial de produção, da disponibilidade de N do solo e da interação entre o genótipo da planta hospedeira e da estirpe de rizóbio. De acordo com WEBER (1966), o N requerido para o rendimento de 2750 kg/ha de grãos é de, aproximadamente, 215 kg/ha. A fixação biológica

do **N** fornece de 25 a 60% do **N** total que as plantas adultas necessitam (MASCARENHAS et al., 1983).

De acordo com VERNETTI (1983), para níveis de rendimento em torno de 2000 kg/ha a necessidade de **N** pode ser suprida pela fixação simbiótica. Para rendimento de grãos superiores a 3000 kg/ha, alguns autores, afirmam que há necessidade de nitrogênio de outras fontes para absorção pós-florescimento (HARPER, 1976 e REESE JR & BUSS, 1992). Alguns produtores de soja da Virgínia, Estados Unidos, tentando obter produções máximas, adotaram o uso de fertilizante nitrogenado visando suplementar a fixação simbiótica.

REESE JR & BUSS (1992) estudando esse sistema concluíram que a soja pode usar tanto o **N** combinado como o simbiótico mas, que a quantidade deste elemento produzido pelo rizóbio era inversamente relacionada com a quantidade de **N** combinado disponível. Quando era aplicada a dose preconizada pelos agricultores, o **N** combinado inibia a fixação simbiótica e não ocorria aumento no rendimento de grãos. BOUNIOLS et al. (1986) verificaram que presença de **N** residual reduzia ou suprimia a capacidade de fixação das leguminosas em simbiose (PUECH & BOUNIOLS, 1986).

O nitrato afeta, ao mesmo tempo, o processo de infecção, o desenvolvimento dos nódulos, a expressão da nitrogenase e, ativa os processos de envelhecimento dos nódulos. GIBSON & HARPER (1985) observaram que se o

nitrato é aplicado antes da inoculação, ele inibe o reconhecimento da soja pelo rizóbio e o estabelecimento dos nódulos. Segundo esses autores, a inibição depende mais da concentração do nitrato da solução do que da quantidade absorvida pela planta.

ALCÁNTAR GONZÁLES & TIRADO TORRES (1991) relataram que pequenas doses de nitrato no solo favoreciam o crescimento da planta mesmo quando inoculada, sobretudo nos primeiros estádios de crescimento vegetativo mas, até um limite próximo de 1mMol. A mudança no efeito de inibidor para estimulador de nodulação parece ocorrer entre 0,5 e 1mMolar.

Com o cultivo da soja irrigada nas estações de outono-inverno no Estado de São Paulo, houve necessidade de se estudar melhor se há necessidade de se aplicar adubo nitrogenado. Os produtores de soja têm observado que a inoculação de sementes não tem sido capaz de suprir adequadamente a cultura instalada nessa época do ano. No entanto, TANAKA & MASCARENHAS (1992) observaram nesse plantio redução da atividade simbiótica com a adição de N mineral como ocorre no plantio de verão. Na ausência desse adubo, apesar de maior atividade simbiótica, esse tratamento não resultou em produtividade de grãos semelhantes àqueles alcançados pela adubação. HAM *et al.* (1975) mostraram que a aplicação de N no solo inibia a

nodulação mas aumentava a produtividade, sendo o teor de óleo no grão, o único parâmetro reduzido.

EAGLESHAM *et al.* (1982) observaram que quando foi adicionado ao solo 25 kg/ha de N, houve excelente nodulação e alta atividade na redução do acetileno. Com a adição de 100 kg/ha de N houve efeito adverso na formação e desenvolvimento do nódulo e na atividade da nitrogenase. A síntese proteica, ativada com a adição de N suplementar, utiliza esqueletos carbônicos para formar as moléculas de aminoácidos que seriam usados na síntese de açúcares da fotossíntese, produtos da nutrição dos nódulos. Foi observado que a adição de quantidades maiores de N não aumentou, significativamente, o rendimento de grãos. O efeito desfavorável do N do adubo sobre a simbiose ocorre porque a adubação nitrogenada induz síntese de maior quantidade de proteína para o crescimento da planta o que acarreta desvios de produtos da fotossíntese que iriam alimentar as bactérias dos nódulos.

BOSWELL & ANDERSON (1969), BHANGOO & ALBRITTON (1972) e HINSON (1975) mostraram resultados conflitantes quanto a resposta da produção à adição de N. FRANCO *et al.* (1978) mostraram que quando não foi adicionado N na forma de adubo, 40% do N total das plantas se devia à fixação mas, quando se forneceu 150 kg/ha, esse total abaixou para 16%.

SINCLAIR & DE WIT (1975) observaram que o rendimento em grãos, que é consequência da atividade fotossintética, é restringido pela ineficiência das plantas em acumular N em quantidades suficientes à gerada para enchimento dos mesmos. Esses autores desenvolveram um modelo que postulava que o N disponível para a planta, tanto de fontes internas como externas, limitava a produtividade de sementes. Concluíram que se houvesse aumento na quantidade do N total disponível ocorreria um alongamento do período de enchimento e acarretaria um aumento na produção. Porém, quando o suprimento de N externo foi aumentado pela adição N na forma de adubo, a produção de soja não aumentou. O que ocorria era que o fertilizante nitrogenado reduzia o suprimento interno de N, reduzindo a fixação de modo que, o N total disponível não aumentava.

UZIAKOWA (1959) e UZIAK (1960) citados por HAM et al. (1975) observou que a fonte de N que menos interfere com a nodulação é a uréia. Segundo SUTTON (1993), a uréia quando espalhada sobre a superfície do solo, tende a hidrolizar-se rapidamente a carbonato de amônio que se decompõe em amoníaco e dióxido de carbono. O amoníaco se volatiliza e se perde. Essas perdas são variáveis mas, podem alcançar 60% do N aplicado.

2.3. EFEITO DO POTÁSSIO

O potássio é um dos elementos mais importantes na nutrição da soja pois atua sobre o metabolismo do N e síntese de proteína, além de outras funções fisiológicas.

YAMADA (1993) relatou que a falta de potássio na soja causava alto índice de acamamento, presença de haste verde, retenção foliar, vagens chochas, o que reduzia a qualidade da semente e a produtividade da soja. MASCARENHAS et al. (1971) verificaram que a inclusão de potássio na adubação em bases mínimas favorecia a retenção de vagens, reduzia a deiscência e, em combinação com o nitrogênio e fósforo, poderia aumentar o conteúdo de óleo das sementes.

MALAVOLTA & CRÓCOMO (1982) verificaram que tanto fatores internos como os externos da planta influenciam a velocidade de absorção de potássio podendo citar o fator genético, a idade, taxas de crescimento, de respiração e transpiração, a aeração do solo e, a presença de íons como magnésio e cálcio.

Os fatores que limitam a resposta à adição de potássio são:

- a) presença de quantidades adequadas para um crescimento ótimo;
- b) presença de outros fatores limitantes da produção.

O potássio tem ainda papel importante na simbiose parecendo que seu efeito na nodulação e na fixação é

indireto. Como a resposta à adubação potássica é variável pode-se esperar que exista uma correlação positiva ou nula entre as taxas de fixação de N, o número e a massa nodular com doses de potássio.

DUKE & COLLINS (1985) relataram que os efeitos positivos do potássio na fixação do N parecem ser devidos aos aumentos da taxa de fotossíntese, do transporte de fotoassimilados ao nódulo, do aumento do crescimento da raiz ou pela combinação desses fatores induzidos pela nutrição potássica.

O potássio não tem efeito sobre a massa nodular. O fato não indica, necessariamente, que este elemento não afete a fixação de nitrogênio pois, esta é função da produtividade do nódulo. Embora o número e a massa de nódulos sejam úteis para verificar os efeitos de potássio na fixação de nitrogênio, sozinhos são insuficientes para compreensão total do fenômeno. JONES et al. (1977) observaram que a aplicação de potássio aumentava o número de nódulos por planta e por unidade de volume. O número, o peso total e individual do nódulo foram também aumentados pelo potássio. Esses autores observaram ainda que com a aplicação de potássio a sua concentração nos nódulos aumentava mas, tinha pouca influência na concentração de N, P, Ca, Cu, Fe, Mn e Zn e diminuía a de Mg.

RAPER JR & BARBER (1970) observaram que a eficiência na absorção de potássio é dependente do cultivar e da concentração na solução.

DE MOOY & PESEK (1966) demonstraram que os genótipos de soja têm exigências à nutrição potássica diferentes na nodulação durante o desenvolvimento da planta. Porém, a maioria dos autores concorda que não há evidência alguma sobre o aumento da eficiência do nódulo devido a K. Embora vários pesquisadores tenham relatado que o acúmulo de N seja responsivo à adubação potássica, quando ocorre deficiência de K nas leguminosas não há sintoma de deficiência de N (ANDREW & BRIAN, 1955). Essa deficiência é, geralmente, associada com concentrações de N na folha ou no grão (ou ambos) iguais ou superiores àsquelas de plantas que cresceram com potássio suficiente para que obtivessem produções ótimas.

MUZILLI (1982) verificou que a curva de acumulação de K acompanhava a produção de matéria seca sendo a velocidade de absorção mais acentuada nos primeiros trinta dias que precederam ao florescimento. Isso sugere que a deficiência de K não limita fatores da planta que, subsequente, limitariam àqueles parâmetros.

MASCARENHAS et al. (1982) aconselham aplicações anuais para restituir as quantidades extraídas e favorecer a retenção e a redução de deiscência das vagens,

contribuindo ainda para melhorar a qualidade das sementes e aumentar a resistência das plantas às doenças.

De maneira geral, a reserva de potássio nos solos não é suficiente para suprir a quantidade extraída pela cultura da soja por longos períodos. Assim, o seu suprimento às plantas deve ser feito através de adubação potássica.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 LOCAL DE CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO E CARACTERÍSTICAS DO SOLO

O experimento foi instalado nas Estações Experimentais de Mococa, Ribeirão Preto e Votuporanga, do Instituto Agrônomo do Estado de São Paulo. Os solos de Mococa, Ribeirão Preto e Votuporanga possuem características diferentes e foram classificados como:

MOCOCA: Podzólico Vermelho-Escuro, eutrófico, A moderado, Tb, textura argilosa ou muito argilosa (LEPSCH)¹.

RIBEIRÃO PRETO: Latossolo Roxo, eutrófico, A moderado, textura muito argilosa (OLIVEIRA & PRADO, 1983).

VOTUPORANGA: Latossolo Vermelho-Escuro, câmbico, eutrófico, A moderado, textura média (PRADO & JORGE)².

Os resultados das análises químicas do solo das áreas onde foi instalado o experimento são apresentados na Tabela 1.

¹ LEPSCH, I.F. Comunicação pessoal, 1993.

² PRADO, H. & JORGE, J.A. Levantamento pedológico detalhado e caracterização físico-hídrica dos solos da Estação Experimental de Votuporanga. Campinas, Instituto Agrônomo (boletim técnico, no prelo).

Tabela 1. Resultado das análises químicas da camada superficial do solo (0-20cm) das áreas experimentais.

LOCAIS	P	Mat.Org.	pH	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	H+Al	S	T	V
	ug/cm ³	%	CaCl ₂			meq/100cm ³				%
Mococa	43,0	13,2	5,45	0,29	3,90	1,07	2,25	5,3	7,5	70,0
Rib.Preto	71,7	4,6	6,55	0,41	9,74	5,34	2,02	15,5	17,5	88,5
Votupor.	52,0	1,9	5,80	0,24	2,77	0,94	1,41	4,0	5,4	73,7

3.2. PREPARO DO SOLO

O solo para o cultivo da soja foi preparado no sistema convencional, com aração e gradagem. Cultivos anteriores feitos nas áreas experimentais foram adubados para obter máximas produtividades, o que explicaria o alto teor de fósforo e de potássio no solo.

3.3. TRATAMENTOS E CARACTERÍSTICAS DAS PARCELAS

O delineamento experimental empregado foi em blocos ao acaso, com esquema fatorial (3x3x2). Neste estudo foram utilizados três doses de nitrogênio - 0 (N₀), 50 (N₁) e 100 (N₂) kg/ha de N -, três doses de potássio - 0 (K₀), 30 (K₁) e 60 (K₂) kg/ha de K₂O - e dois cultivares de soja (IAC-8 e IAC-14).

Como fontes de N e de K foram utilizados, respectivamente, uréia e cloreto de potássio. Um terço da dose dos dois nutrientes foi aplicado em cobertura e em faixas, dez dias após a germinação e o restante vinte dias após. Os adubos foram levemente recobertos com solo para evitar perdas por volatilização.

As parcelas eram compostas por quatro linhas de seis metros espaçadas em 0,60m. Entre parcelas foi deixado um espaço de dois metros sem plantio. As duas linhas centrais foram mantidas para avaliação da produção e as duas laterais foram sorteadas para a amostragem.

3.4. TRATOS CULTURAIS

As datas da semeadura, germinação, florescimento e colheita da soja dos três locais são apresentados na Tabela 2.

Foram semeadas 30 sementes por metro linear, inoculadas com *Bradyrhizobium japonicum*. Utilizou-se inoculante turfoso comercial (NITRAL - Indústria e Comércio de Inoculantes e Produtos Agropecuários Ltda) na base de 5 gramas por quilograma de sementes. As estirpes empregadas foram a SEMIA 587 e a SEMIA 5019 (=W-29). No estágio de plântula foi realizado desbaste de modo a serem mantidas vinte plantas por metro linear.

Tabela 2. Datas da sementeira, germinação, florescimento e colheita dos cultivares de soja IAC-8 e IAC-14 em Mococa, Ribeirão Preto e Votuporanga.

ESTÁDIOS DE DESENVOLVIMENTO	MOCOCA	RIBEIRÃO PRETO	VOTUPORANGA
SEMEADURA	29/5/91	6/6/91	18/6/91
GERMINAÇÃO	10/6/91	17/6/91	26/6/91
FLORESCIMENTO	12/8/91	88/8/91	16/8/91
COLHEITA	8/11/91	1/11/91	24/10/91

Como a produção de soja é limitada pelo déficit hídrico (FOROUD et al., 1993) e durante o inverno a precipitação é escassa, o experimento foi irrigado por aspersão, sempre que apareciam sintomas iniciais de deficiência hídrica nas plantas.

No decorrer do desenvolvimento da cultura foram efetuadas capinas manuais.

Em Mococa e Ribeirão Preto houve necessidade de controlar percevejos. Em Mococa foi realizada uma aplicação de monocrotofós na dose de 150 g/ha e 5 aplicações de endossulfan a 525 g/ha em 6/9/91, 13/9/91, 18/8/91, 26/9/91 e 2/10/91. Em Ribeirão Preto foram feitas quatro aplicações de endossulfan a 525 g/ha em 15/8/91, 27/8/91, 26/9/91 e 11/10/91. Em Votuporanga não houve necessidade de controlar pragas.

3.5. AMOSTRAGENS DAS PLANTAS E DETERMINAÇÕES

A amostragem foi realizada nos três locais, na época do florescimento pleno das plantas: no estádio R₁ segundo COSTA & MARCHESAN (1982) ou R₅ segundo HANWAY & THOMPSON (1971).

Para a amostragem foram escolhidas três plantas representativas da parcela dentro da linha sorteada. Foram avaliadas as matérias secas da parte aérea e de nódulos, o número de nódulos, os teores de N e de K da parte aérea e a atividade da nitrogenase dos nódulos das raízes de três plantas da amostra.

3.6. MÉTODOS ANALÍTICOS

As raízes foram separadas das partes aéreas na região do colo do nó cotiledonar e imediatamente usadas para medir a atividade da nitrogenase, usando-se o método da redução do acetileno, desenvolvido por HARDY et al. (1973) e modificado por PATTERSON & LARUE (1983).

No laboratório, as raízes com os nódulos foram lavadas, os nódulos retirados, contados, secos a 65°C em estufa e pesados.

As partes aéreas foram lavadas com água destilada, secas em estufa a 65°C, pesadas e moídas

finamente em moinho tipo Wiley para avaliação posterior dos seus teores de N e K.

As determinações dos teores de N e K da parte aérea foram efetuadas pelo método descrito por BATAGLIA et al. (1978).

3.7. COLHEITA

Visando à obtenção de dados de rendimento de grãos, foram colhidas a duas linhas centrais descontando-se 0,5m das extremidades. A seguir, os grãos foram limpos, moídos em moinho do tipo Wiley, determinando-se o seu teor em N pelo mesmo método utilizado para a parte aérea.

3.8. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Na análise estatística de variância e dos dados desse experimento utilizou-se o programa estatístico SANEST.

O efeito dos tratamentos para cada local foi verificado pelo teste F. As médias de cultivares foram comparadas pelo teste de Tukey. Para a análise das doses de N e K foi usada regressão polinomial. Neste trabalho, somente foram comentados os desdobramentos da análise de regressão polinomial significativos pelo teste F.

Não foi realizada análise conjunta para locais pois os dados mostraram ser heterogêneos pelo teste de HARTLEY para alguns parâmetros (NOGUEIRA, 1991).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. EFEITO DE CULTIVAR

Nas três localidades estudadas não houve diferença entre cultivares, quanto aos teores de **N** e de **K** da parte aérea (Tabelas 3, 8 e 13). Em Mococa, também não houve diferença quanto a matéria seca da parte aérea, atividade total do nódulo e o teor de **N** no grão (Tabela 3). Em Ribeirão Preto, não houve diferença quanto a matéria seca da parte aérea e o rendimento de grãos nos dois cultivares (Tabela 8).

HANWAY & WEBER (1971a e b) verificaram que o acúmulo de **N** nas plantas segue padrão similar ao da matéria seca e portanto, a semelhança entre cultivares para matéria seca e % de **N** da parte aérea já era esperada.

MUZILLI (1982) relatou o mesmo comportamento para potássio. Os teores de **K** encontrados na parte aérea em ambos os cultivares foram superiores aos valores médios citados por MASCARENHAS et al. (1980). Já os teores de **N** no grão foram inferiores em Mococa e superiores em Votuporanga aos obtidos por HAMMOND (1949) que variaram de 6,20 a 6,30%. Embora não tenha ocorrido diferença entre cultivares

no rendimento de grãos de Ribeirão Preto, verificou-se maior acúmulo de N no cultivar IAC-8.

Em Votuporanga, também não houve diferença entre cultivares quanto ao teor de N e o rendimento de grão (Tabela 13). No entanto, MASCARENHAS *et al.* (1980) observaram que cada cultivar de soja tem exigência nutricional própria e diferente capacidade de extração de nutrientes fato que não ocorreu no presente estudo quanto ao teor de N.

4.1.1. MOCOCA

Pelos dados da Tabela 3, pode-se observar que IAC-8 produziu mais nódulos e estes tinham mais matéria seca que o IAC-14 entretanto, não houve diferença entre cultivares quanto a atividade da nitrogenase. CALDWELL & VEST (1968) mostraram que existem diferenças significativas entre genótipos de soja quanto a sua aceitação por *Bradyrhizobium japonicum*, e que essa especificidade em relação à bactéria e à planta ocorre ao nível de cultivar, o que explicaria a diferença obtida nesse experimento.

Quanto ao rendimento de grãos, observou-se que embora o IAC-14 tenha sido mais produtivo que o IAC-8, esta foi bem inferior à média de verão do Estado de São Paulo, em 1991, que foi de 2134 kg/ha (CARRIERI *et al.*, 1993).

Tabela 3. Matéria seca e teores de N e de K da parte aérea, matéria seca e número de nódulos, redução do acetileno, teor de N e produtividade de grãos dos cultivares de soja IAC-8 e IAC-14 em Mococa. Médias.

CULTIVARES	PARTE AÉREA			NÓDULOS		REDUÇÃO DO ACETILENO ²		GRÃOS	
	Matéria	N	K	Matéria	Número ¹	%	%	N	Produtiv.
	Seca (g/3pl)			Seca (g/3pl)	(n°/3pl)				
IAC-8	15,1a ³	3,43a	2,32a	0,242a	9,5a	233a		6,19a	1702b
IAC-14	15,8a	3,32a	2,42a	0,214b	7,0b	247a		6,17a	1943a

1 Dados transformados em $\sqrt{x+1}$.

2 Expressa em nMol de C₂H₄/ (planta.hora).

3 Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

4.1.1.1. CULTIVAR DENTRO DE DOSES DE NITRO- GÊNIO

Quando se avaliou a interação de cultivares dentro de doses de **N** (Tabelas 4 e 5), observou-se que sem nitrogênio (**N**₀), o cultivar IAC-8 foi superior ao IAC-14 quanto à nodulação e a atividade total do nódulo (Tabela 5).

Quando a dose de **N** foi aumentada para 50 kg/ha (**N**₁), somente houve diferença entre cultivares quanto ao teor de **K** da parte aérea (Tabela 4) e quanto ao número de nódulos e atividade total do nódulo (Tabela 5). O teor de **K** da parte aérea foi maior no IAC-14 (Tabela 4). IAC-8 produziu maior número de nódulos que IAC-14 mas, estes tiveram atividade total do nódulo menor.

Vários autores mostraram que há relação inversa entre a aplicação de **N** mineral e a nodulação e fixação simbiótica de nitrogênio em soja. VERNETTI (1983) relatou que quando o **N** é absorvido do solo ou de fertilizantes incorporados, a planta utiliza certa quantidade de fotoassimilado que antes ficava disponível ao nódulo para aumentar seu crescimento e para sintetizar proteína. Essa redução de fotoassimilado resulta em decréscimo na fixação do **N**.

Com a aplicação de **N**₂, o rendimento de grãos foi maior no IAC-14 mas, o número de nódulos foi menor nesse

Tabela 4. Matéria seca e teores de N e de K da parte aérea, teor de N e produtividade de grãos dos cultivares de soja IAC-8 e IAC-14 dentro de doses de nitrogênio em Mococa. Médias.

CULTIVARES	PARTE AÉREA						GRÃOS								
	Matéria Seca						K			N			Produtividade		
	g/3pl						%						kg/ha		
	N0	N1	N2	N0	N1	N2	N0	N1	N2	N0	N1	N2	N0	N1	N2
IAC-8	13,9a ¹	17,5a	14,1a	3,28a	3,51a	3,51a	2,53a	2,31b	2,12a	5,88a	6,30a	6,38	1313a	2052a	1722b
IAC-14	14,0a	18,8a	14,8a	3,00a	3,64a	3,32a	2,18a	2,73a	2,35a	5,80a	6,40a	6,33a	1481a	2074a	2274a

1 Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Tabela 5. Matéria seca e número de nódulos e redução do acetileno dos cultivares de soja IAC-8 e IAC-14 dentro de doses de nitrogênio em Mococa. Médias.

CULTIVARES	NÓDULO				REDUÇÃO DO ACETILENO			
	Massa Seca g/3pl		Número ¹ n°/3pl		nmol C ₂ H ₄ / (planta.hora)			
	NO	N1	N2	NO	N1	N2	NO	N2
IAC-8	0,365a ²	0,206a	0,156a	10,0a	10,4a	7,9a	377a	151a
IAC-14	0,266b	0,208a	0,167a	7,4b	7,2b	6,5b	300b	170a

1 Dados transformados em $\sqrt{x+1}$.

2 Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

cultivar. IAC-8 e IAC-14 produziram quantidades similares de grãos com N_0 e N_1 mas, quando se adicionou N_2 , IAC-14 produziu 551,56 kg/ha a mais que IAC-8 indicando que este cultivar responde diferentemente ao elevado fornecimento de nitrogênio.

4.1.1.2. CULTIVAR DENTRO DE DOSES DE POTÁSSIO

Os dados relativos a interação entre cultivares dentro de doses de K são apresentados nas tabelas 6 e 7.

Sem a adubação potássica verificou-se que o IAC-8 teve maior nodulação e maior atividade total do nódulo que IAC-14 (Tabela 7).

Verificou-se que apenas a dose K_1 afetou a matéria seca da parte aérea. Foi observado melhor desenvolvimento do cultivar IAC-14 quanto a matéria seca da parte aérea, atividade total do nódulo e no rendimento de grãos. Nessa dose, IAC-8 teve melhor desempenho somente quanto ao número de nódulos. Entretanto, MASCARENHAS *et al.* (1976) relataram que a produtividade não reage positivamente à aplicação de K . A aplicação deste nutriente deve ser normalmente feita para restituir o que foi retirado do solo, favorecendo a retenção de vagens e melhorando a qualidade da semente.

DUKE & COLLINS (1985) relataram que em solos onde

Tabela 6. Matéria seca e teores de N e de K da parte aérea, teor de N e produtividade de grãos dos cultivares de soja IAC-8 e IAC-14 dentro de doses de potássio em Mococa. Médias.

CULTIVARES	PARTE AÉREA						GRÃOS								
	Matéria Seca			N			K			Produtividade					
	g/3pl						%			kg/ha					
	K0	K1	K2	K0	K1	K2	K0	K1	K2	K0	K1	K2			
IAC-8	17,1a ¹	14,4b	13,9a	3,30a	3,47a	3,53a	2,41a	2,27a	2,28a	6,26a	6,13a	6,17a	1863a	1515b	1729a
IAC-14	14,9a	17,6a	15,0a	3,32a	3,30a	3,35a	2,32a	2,57a	2,37a	6,23a	6,15a	6,14a	1818a	2114a	1896a

1 Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Tabela 7. Matéria seca e número de nódulos e redução do acetileno dos cultivares IAC-8 e IAC-14 dentro de doses de potássio em Mococa. Médias.

CULTIVARES	NÓDULO			REDUÇÃO DO ACETILENO			
	Matéria Seca		Número ¹				
	g/3pl			n°/3pl			
	K0	K1	K2	K0	K1	K2	nMol C2H4/(planta.hora)
IAC-8	0,303a ²	0,194a	0,230a	10,7a	8,3a	9,4a	234a
							144b
							322a
IAC-14	0,202b	0,220a	0,174a	6,2b	7,5b	7,4b	163b
							308a
							270a

1 Dados transformados em $\sqrt{x+1}$.

2 Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

há quantidades adequadas de **K** (como os solos estudados nesse trabalho) o aumento na concentração desse elemento nos tecidos é moderada. RITCHEY et al. (1979) acrescentaram que só há respostas positivas à adição de **K**, em 90% dos casos, em solos com menos de 0,15 emq/100 ml de solo.

O cultivar IAC-8 produziu maior número de nódulos em todas as doses utilizadas inclusive quando foi adicionado **K₂**.

4.1.2. RIBEIRÃO PRETO

Os cultivares não apresentaram diferenças significativas para os parâmetros fisiológicos avaliados (Tabela 8). Apenas o teor de **N** no grão foi maior no cultivar IAC-8. As diferenças entre cultivares aparecem nos parâmetros da fixação simbiótica.

A nodulação e atividade total dos nódulos foram estatisticamente maiores no cultivar IAC-8 (Tabela 8). JIMENEZ et al. (1991) relataram que a melhor nodulação de um cultivar está relacionada com a preferência deste a uma determinada estirpe. VERNETTI (1971) verificou que em soja, a capacidade de fixar **N** simbioticamente de uma estirpe de rizóbio varia de cultivar para cultivar, isto é, há uma variação hereditária dependendo da constituição genética das plantas em relação à bactéria.

Tabela 8. Matéria seca e teores N e de K da parte aérea, matéria seca e número de nódulos , redução do acetileno, teor de N e produtividade de grãos dos cultivares de soja IAC-8 e IAC-14 em Ribeirão Preto. Médias.

CULTIVARES	PARTE AÉREA			NÓDULOS		REDUÇÃO DO ACETILENO ²		GRÃOS	
	Matéria Seca (g/3pl)	N	K	Matéria Seca (g/3pl)	Número ¹ (n°/3pl)			N	Product.
		%						%	(kg/ha)
IAC-8	13,5a ³	3,58a	2,55a	0,144a	11,0a	316a		6,30a	2570a
IAC-14	13,1a	3,66a	2,48a	0,094b	8,1b	190b		6,15b	2557a

1 Dados transformados em $\sqrt{x+1}$

2 Expressa em nMol de C₂H₄/ (planta.hora).

3 Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

4.1.2.1. CULTIVAR DENTRO DE DOSES DE NITRO- GÊNIO

As Tabelas 9 e 10 mostram que, embora nem sempre tenha havido diferença estatística, se observou maiores matérias secas da parte aérea e de nódulos, número de nódulos, atividade total do nódulo e % de N no grão no cultivar IAC-8 para quaisquer das doses de N aplicadas. Sem adição de N (N_0), essa diferença entre cultivares é significativa apenas para matéria seca, número e atividade total do nódulo; com adição de N_1 para número de nódulo; com N_2 para massa seca e número de nódulos. O teor de N da parte aérea no tratamento N_0 mostrou superioridade do cultivar IAC-14.

4.1.2.2 CULTIVAR DENTRO DE DOSES DE POTÁSSIO

Em relação à interação entre cultivares dentro de doses de K (Tabelas 11 e 12) verificou-se, que IAC-8 teve maior número de nódulo quando não foi adicionado K. Com a adição de K, IAC-8 mostrou superioridade quanto a matéria seca e número de nódulos com quaisquer das doses aplicadas. Houve maior acúmulo de N no grão e maior atividade total do nódulo no cultivar IAC-8 quando da adição de K_2 . Nos parâmetros agronômicos não houve interação significativa (Tabela 11).

TABELA 9. Matéria seca e teores de N e de K da parte aérea, teor de N e produtividade de grãos dos cultivares de soja IAC-8 e IAC-14 dentro de doses de nitrogênio em Ribeirão Preto. Médias.

CULTIVARES	PARTE AÉREA						GRÃOS								
	Matéria Seca			K			N			Produt.					
	g/3pl			%						kg/ha					
	N0	N1	N2	N0	N1	N2	N0	N1	N2	N0	N1	N2			
IAC-8	13,2a1	13,9a	13,5a	3,21b	3,87a	3,67a	2,57a	2,33a	2,76a	6,11a	6,24a	6,54a	2253a	2730a	2728a
IAC-14	13,1a	13,0a	13,0a	3,56a	3,71a	3,70a	2,53a	2,35a	2,58a	5,97a	6,13a	6,35a	2123a	2604a	2943a

1 Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Tabela 11. Matéria seca e teores de N e de K da parte aérea, teor de N e produtividade de grãos dos cultivares IAC-8 e IAC-14 dentro de doses de potássio em Ribeirão Preto. Médias.

CULTIVARES	PARTE AÉREA												GRÃOS							
	Matéria Seca g/3pl						N						K						Produt. kg/ha	
							%													
	K0		K1		K2		K0		K1		K2		K0		K1		K2			
	K0	K1	K2	K0	K1	K2	K0	K1	K2	K0	K1	K2	K0	K1	K2	K0	K1	K2		
IAC-8	13,8a ¹	14,1a	12,7a	3,56a	3,52a	3,67a	2,62a	2,49a	2,55a	2,49a	6,25a	6,28a	6,36a	2617a	2519a	2575a				
IAC-14	13,9a	12,5a	12,8a	3,86a	3,60a	3,51a	2,53a	2,59a	2,32a	2,59a	6,18a	6,19a	6,08b	2510a	2663a	2497a				

1 Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Tabela 12. Matéria seca e número de nódulos e redução do acetileno dos cultivares de soja IAC-8 e IAC-14 dentro de doses de potássio em Ribeirão Preto.Médias.

CULTIVARES	NÓDULO				REDUÇÃO DO ACETILENO			
	Matéria Seca g/3pl		Número ¹ n°/3pl		nMol C ₂ H ₄ /(planta.hora)			
	K0	K1	K2	K0	K1	K2	K0	K2
IAC-8	0,122a ²	0,097a	0,215a	10,6a	10,9a	11,5a	146a	570a
IAC-14	0,117a	0,071b	0,095b	8,5b	7,3b	8,4b	216a	136b

1 Dados transformados em $\sqrt{x+1}$.

2 Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

4.1.3. VOTUPORANGA

Pelos dados da Tabela 13, verificou-se que houve diferença significativa entre cultivares para as matérias secas da parte aérea e de nódulos, número de nódulos e atividade total do nódulo. Em todos os parâmetros onde houve diferença estatística, IAC-8 respondeu melhor que IAC-14. Nas condições edafoclimáticas de Votuporanga, onde se tem solo típico de cerrado esse fato não causa estranheza visto que, MIRANDA et al. (1980) desenvolveram o cultivar IAC-8 para ser cultivado nessa condição.

4.1.3.1. CULTIVAR DENTRO DE DOSES DE NITRO- GÊNIO

O efeito da interação de cultivar dentro de doses de **N** nas condições de Votuporanga são apresentadas nas Tabelas 14 e 15.

A matéria seca da parte aérea foi maior em IAC-8 nos tratamentos **N₀** e **N₁**, não havendo diferença entre cultivares com a adição de **N₂** (Tabela 14).

Houve efeito de cultivar na nodulação devido a aplicação de nitrogênio (Tabela 15). Verificou-se que IAC-8 produziu mais massa nodular que IAC-14 nos tratamentos sem nitrogênio ou onde foi aplicado **N₁**. Já o número de nódulos, com quaisquer das doses de nitrogênio aplicadas foi maior no cultivar IAC-8.

Tabela 13. Matéria seca e teores de N e de K da parte aérea, matéria seca e número de nódulos, redução do acetileno, teor de N e produtividade de grãos dos cultivares de soja IAC-8 e IAC-14 em Votuporanga. Média.

CULTIVARES	PARTE AÉREA		K	NÓDULOS		REDUÇÃO DO ACETILENO ²		GRÃOS	
	Matéria Seca (g/3pl)	N		Matéria Seca (g/3pl)	Número ¹ (n°/3pl)			N	Produt.
			%					%	(kg/ha)
IAC-8	43,4a ³	4,02a	2,26a	0,133a	8,7a	257a	6,82a	2085a	
IAC-14	39,2b	3,85a	2,17a	0,094b	5,2b	161b	6,83a	2196a	

1 Dados transformados em raiz de $\sqrt{x+1}$

2 Expressa em nMol de C₂H₄/ (planta.hora).

3 Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Tabela 14. Matéria seca e teores de N e de K da parte aérea, teor de N e produtividade de grãos dos cultivares de soja IAC-8 e IAC-14 dentro de doses de nitrogênio em Votuporanga. Médias.

CULTIVARES	PARTE AÉREA						GRÃOS								
	Matéria Seca g/3pl			N			K			N			Produt. kg/ha		
				%											
	N0	N1	N2	N0	N1	N2	N0	N1	N2	N0	N1	N2	N0	N1	N2
IAC-8	44,1a ¹	46,8a	39,2a	3,76a	4,20a	4,10a	2,33a	2,20a	2,25a	6,58a	6,88a	7,00a	1918a	2158a	2179a
IAC-14	39,0b	39,6b	39,0a	3,51a	3,96a	4,07a	2,12a	2,25a	2,14a	6,61a	6,87a	7,03a	2004a	2263a	2323a

1 Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Tabela 15. Matéria seca e número de nódulos e redução do acetileno dos cultivares de soja IAC-8 e IAC-14 dentro de doses de nitrogênio em Votuporanga. Médias.

CULTIVARES	NÓDULO				REDUÇÃO DO ACETILENO			
	Matéria Seca g/3pl	Número ¹ n°/3pl	nMol C ₂ H ₄ / (planta.hora)					
	NO	N1	N2	N0	N1	N2	N0	N2
IAC-8	0,118a2	0,162a	0,120a	10,3a	9,3a	6,6a	565a	120a 88a
IAC-14	0,071b	0,084b	0,126a	6,4b	5,0b	4,0b	413b	52a 19a

1 Dados transformados em $\sqrt{x+1}$.

2 Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Pode-se observar ainda que houve diferença entre cultivares quanto à atividade total do nódulo na dose N_0 sendo que, o cultivar IAC-8 apresentou maior atividade total de nódulo na dose N_0 (Tabela 15).

4.1.3.2. CULTIVAR DENTRO DE DOSES DE POTÁSSIO

O teor de K do solo nas condições de Votuporanga eram altos (Tabela 1) e, talvez por isso, houve poucas diferenças entre cultivares dentro de doses de potássio para as características avaliadas (Figura 1).

HANWAY & WEBER (1971c) relataram que aplicações moderadas de K tiveram pouco efeito sobre os pesos das diferentes partes das plantas ou sobre o rendimento de grãos. Quando, porém, se fazia aplicações pesadas de KCl o peso total da massa seca da planta e o rendimento de grãos eram significativamente reduzidos. Tal comportamento não foi observado neste estudo.

As diferenças foram registradas quando se avaliou o efeito de doses de potássio no teor de N da parte aérea e nos parâmetros da nodulação. O cultivar IAC-8 apresentou teor de N da parte aérea superior ao do IAC-14 somente no tratamento K_0 . IAC-8 apresentou maior matéria seca de nódulos somente na ausência de potássio ou com a adição de K_1 (Figura 1A) mas, seu número de nódulo foi superior ao do

Figura 1. Respostas dos cultivares de soja IAC-8 e IAC-14 a doses de potássio quanto a matéria seca (1A) e número de nódulos (1B) e % de N da parte aérea (1C) em Votuporanga. Médias .

IAC-14 em quaisquer dos tratamentos com potássio (Figura 1B).

JONES et al. (1977) observaram que aplicação de potássio aumentava o número de nódulos por planta e por unidade de volume de solo, o peso total e individual dos nódulos e o número de vagens por planta. Relataram ainda que o aumento na produção, no número e tamanho de nódulos e na fixação do nitrogênio não podiam ser inteiramente atribuídos a tratamentos com potássio o que já havia sido verificado por PERKINS (1924). A adição de potássio, possivelmente, produz plantas mais vigorosas que por sua vez são capazes de nutrir melhor os nódulos.

DUKE & COLLINS (1985) observaram que o efeito da deficiência de potássio sobre a nodulação ou sobre a fixação do nitrogênio parece ser indireto. A deficiência de potássio não é acompanhada por qualquer sintoma de deficiência de N. São geralmente associadas com concentrações de N na folha ou no grão (ou ambos) iguais ou maiores que aquelas de plantas crescidas com K suficiente para obter produtividades ótimas.

Quanto ao teor de N da parte aérea verificou-se que a não adição de potássio beneficiou IAC-8 não havendo diferença entre cultivares nos tratamentos K_1 e K_2 (Figura 1C) indicando que IAC-14 é mais exigente em potássio que o IAC-8. DUKE & COLLINS (1985) verificaram que com o aumento da dose de potássio a concentração de nitrogênio nos

tecidos das leguminosas permaneciam relativamente constante e que esse **N** acumulava-se como função do acúmulo da matéria seca.

4.2. EFEITO DE DOSES DE NITROGÊNIO

4.2.1. MOCOCA

A matéria seca da parte aérea, o teor de **N** da parte aérea, o número de nódulos e o rendimento de grãos responderam às doses de **N** de acordo com uma equação quadrática (Tabela 16). A dose que esteve relacionada com a produção máxima de cada parâmetro, exceto quanto ao número de nódulos e produtividade, esteve no intervalo entre 50 e 61,5 kg/ha de **N** (Tabela 16). O maior número de nódulos e o maior rendimento de grãos seriam obtidos, respectivamente com 28,05 kg/ha e 70,51 kg/ha de **N**.

Nesse experimento, observou-se que aplicações de doses crescentes de uréia resultaram em acúmulo no teor de **N** da parte aérea atingindo-se um máximo de 3,59% de **N** com a dose de 61,48 kg/ha de **N**. O teor mais baixo de **N** da parte aérea obtido no tratamento onde não foi aplicado **N** demonstra que a fixação simbiótica não foi capaz de suprir a planta adequadamente (Figura 2A). O acúmulo de **N** no grão, foi linearmente aumentado com o aumento da dose de **N** (Figura 2B).

Tabela 16. Médias gerais, significância das análises de regressão polinomial linear e quadrática, seus coeficientes de determinação e o ponto de inflexão com a referente produção quanto ao efeito de doses de nitrogênio quanto as massas secas da parte aérea e do nódulo e produtividade de grãos em Mococa.

DOSES DE NITRO-	PARTE AÉREA			NÓDULOS		REDUÇÃO DO ACETILENO ²		GRÃOS	
	Massa	N	K	Matéria	Número ¹			N	Produt.
	Seca (g/3pl)		%	Seca (g/3pl)	(n°/3pl)			%	(kg/ha)
N0	13,9	3,14	2,36	0,305	8,7	329	5.93		1408
N1	18,1	3,58	2,52	0,228	8,8	240	6.18		2063
N2	14,4	3,42	2,24	0,151	7,2	151	6.44		1998
RL ³	NS	*	NS	**	**	**	**	**	**
RQ ⁴	**	*	NS	NS	**	NS	NS	**	**
R ² 5	98,85	61,25	81,98	94,72	30,19	96,72	75,57		33,13
P.I. ⁶	51,56	61,48	-	-	28,05	-	-	-	70,51
M/m ⁷	18,1	3,59	-	-	9,0	-	-	-	2123

1 Dados transformados em raiz de $\sqrt{x+1}$

2 Expressa em mMol de C₂H₄/ (planta.hora).

3 RL = Significância da Regressão Linear

5 RQ = Significância da Regressão Quadrática.

5 R² = Coeficiente de Determinação

6 P.I. Ponto de Inflexão

7 M/m = Produção observada com a dose máxima ou mínima obtida no ponto de inflexão.

Figura 2. Efeito de doses de nitrogênio sobre os teores de N da parte aérea (2A) e dos grãos (2B) e sobre a produtividade de grãos (2C) em Mococa (MC), Ribeirão Preto (RP) e Votuporanga (VT).

O rendimento de grãos aumentou até a dose de 70,51 kg/ha de N sendo calculado que neste caso este seria de 2123 kg/ha (Figura 2C). A diferença estimada na produtividade de grãos entre a não aplicação de N e a adição de 70,47 kg/ha foi de 316 kg/ha correspondendo a 33,7%.

De acordo com OHLROGGE (1960), o rendimento de grãos de soja está intimamente correlacionado com a quantidade de N acumulada pela planta durante seu ciclo. Observando-se as doses de N nas quais se obteve os maiores teores de N da parte aérea, verificou-se que este está próximo daquele em que se obteve produção máxima. TANAKA (1985) verificou que a adição de adubo nitrogenado aumentaria a disponibilidade desse elemento e, sendo absorvido pelas plantas acarretaria maior acúmulo de N no grão com reflexos na produção.

Esse aumento expressivo obtido no rendimento de grãos com o aumento da dose de N indica que nas condições de inverno, para maximizar a produtividade, é conveniente adicionar nitrogênio. Como a produtividade respondeu ao suprimento de N₁ é provável que as estirpes do inoculante comercial e as prováveis existentes na área não foram capazes de suprir a planta com quantidades de N suficiente.

A massa seca e a atividade total dos nódulos diminuíram linearmente com o aumento da dose de N. mas,

estimou-se que o número de nódulos aumentaria até a adição de 28,05 kg/ha de N (Tabela 16).

4.2.1.1. DOSES DE NITROGÊNIO DENTRO DE CULTIVAR

Poucos caracteres agronômicos responderam a doses de nitrogênio. Houve interação entre doses de N dentro de cultivares para teor de K da parte aérea (Tabela 17).

No cultivar IAC-8, houve diminuição linear no acúmulo de K da parte aérea com o aumento da dose de N. O cultivar IAC-14, ao contrário, respondeu positivamente à adição de N até a dose de 54,62 kg/ha indicando metabolismo sensível a condições nutricionais ideais (Tabela 17).

As doses de nitrogênio afetaram os cultivares quanto a nodulação. As massas secas dos nódulos e a atividade total dos nódulos para ambos os cultivares foram linearmente reduzidas com o aumento da dose de N (Tabela 18). O número de nódulos, entretanto, foi reduzido linearmente com o aumento da dose de N no cultivar IAC-14. No IAC-8 houve redução no número até a dose de 31,55 kg/ha (Tabela 18).

WATERER & VESSEY (1993) demonstraram que, embora o nitrogênio seja particularmente inibitório ao crescimento do nódulo e à atividade da nitrogenase é menos prejudicial ao processo de infecção.

Tabela 17. Médias das variáveis, significância das análises de regressão polinomial linear e quadrática, seus coeficientes de determinação e o ponto de inflexão com a referente produção quanto ao efeito de doses de nitrogênio dentro de cultivares na matéria seca da parte aérea, % de N da parte aérea e dos grãos, % de K da parte aérea e produtividade de grãos em Mococa.

DOSES	PARTE AÉREA						GRÃOS			
	Matéria seca		N		K		N		Produtividade	
	g/3pl				%				kg/ha	
GÊNIO	IAC-8	IAC-14	IAC-8	IAC-14	IAC-8	IAC-14	IAC-8	IAC-14	IAC-8	IAC-14
N0	13,9	13,9	3,28	3,00	2,52	2,18	5,88	5,80	1333	1481
N1	17,5	18,8	3,51	3,64	2,32	2,73	6,30	6,40	2052	2074
N2	14,1	14,8	3,51	3,32	2,11	2,35	6,38	6,33	1722	2274
RL ¹	NS	NS	NS	NS	*	NS	NS	NS	NS	NS
RQ ²	NS	NS	NS	NS	NS	**	NS	NS	NS	NS
R ² 3	-	-	-	-	99,79	90,69	-	-	-	-
P.I. ⁴	-	-	-	-	-	54,62	-	-	-	-
M/m ⁵	-	-	-	-	-	2,73	-	-	-	-

1 RL = Significância da Regressão Linear

2 RQ = Significância da Regressão Quadrática.

3 R² = Coeficiente de Determinação (%)

4 P.I. = Ponto de Inflexão

5 M/m = Produção observada com a dose máxima ou mínima obtida no ponto de inflexão.

Tabela 18. Médias das variáveis, significância das análises de regressão polinomial linear e quadrática, seus coeficientes de determinação e o ponto de inflexão com a referente produção quanto ao efeito de doses de nitrogênio dentro de cultivos na matéria seca e número de nódulos e quanto a redução do acetileno do nódulo em Mococa.

DOSES	NÓDULOS			REDUÇÃO DO ACETILENO		
	DE NITRO-	Matéria Seca g/3pl	Número ¹ n°/3pl	nMol C ₂ H ₄ / (planta.hora)		
	GÊNIO	IAC-8	IAC-14	IAC-8	IAC-14	IAC-14
	N0	0,347	0,263	10,0	7,5	312
	N1	0,242	0,214	10,4	7,0	247
	N2	0,138	0,164	7,9	6,6	182
	RL 2	**	**	**	*	**
	RQ 3	NS	NS	**	NS	NS
	R ² 4	91,74	98,98	37,98	88,30	91,17
	P.I.5	-	-	31,55	-	-
	M/m 6	-	-	10,6	-	-

1 Dados transformados em $\sqrt{x+1}$

2 RL = Significância da Regressão Linear

3 RQ = Significância da Regressão Quadrática.

4 R² = Coeficiente de Determinação (%)

5 P.I. = Ponto de Inflexão

6 M/m = Produção observada com a dose máxima ou mínima obtida no ponto de inflexão.

O grau de inibição da nodulação é dependente da concentração de **N** e, varia com os cultivares. Se a concentração exceder a determinados valores, pode reduzir o número final de nódulos e até acarretar a completa supressão da nodulação. HINSON (1975) constatou que o efeito do nitrogênio pode ser manifestado no desenvolvimento do nódulo de maneira que, o número permaneça inalterado mas, a matéria seca por planta é reduzida por afetar o seu desenvolvimento.

4.2.1.2. DOSES DE NITROGÊNIO DENTRO DE DOSES DE POTÁSSIO

A interação de doses de **N** dentro de doses de **K** são apresentadas nas Tabelas 19 e 20. Observou-se que a matéria seca da parte aérea com quaisquer das doses de potássio aplicadas respondeu positivamente ao aumento de dose de **N** segundo uma equação quadrática (Tabela 19). Na dose **K₀**, a matéria seca da parte aérea aumentou, até a dose de 53,80 kg/ha de nitrogênio. Quando foi adicionado **K₁**, estimou-se que houve aumento na matéria seca da parte aérea até a aplicação até 55,27 kg/ha de **N**. Já com a adição de **K₂** houve respostacrescente com a aplicação de 42,98 kg/ha de **N** para a parte aérea.

Não houve interação entre doses de nitrogênio dentro de doses de potássio nos teores de **N** da parte aérea

Tabela 19. Médias das variáveis, significância das análises de regressão polinomial linear e quadrática, seus coeficientes de determinação e o ponto de inflexão com a referente produção quanto ao efeito de doses de nitrogênio dentro de doses de potássio na matéria seca da parte aérea, % de N da parte aérea e dos grãos, % de K da parte aérea e produtividade de grãos.

DOSES	PARTE AÉREA												GRÃOS											
	Matéria Seca						N						K			N			Produtividade					
	g/3pl												%									kg/ha		
GÊNIO	K0	K1	K2	K0	K1	K2	K0	K1	K2	K0	K1	K2	K0	K1	K2	K0	K1	K2	K0	K1	K2			
N0	14,0	13,7	14,1	3,00	3,05	3,39	2,46	2,25	2,36	5,98	5,82	5,73	1611	1300	1311									
N1	18,9	18,8	16,7	3,61	3,65	3,47	2,31	2,89	2,35	6,33	6,25	6,48	2005	1911	2272									
N2	15,3	15,5	12,5	3,32	3,46	3,47	2,32	2,12	2,27	6,44	6,35	6,27	1905	2233	1855									
RL 1	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS									
RQ 2	**	**	**	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS									
R2 3	93.52	88.23	85.41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-									
P. I. 4	53,80	55,27	43,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-									
M/m 5	18,9	18,9	16,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-									

1 RL = Significância da Regressão Linear

2 RQ = Significância da Regressão Quadrática.

3 R2 = Coeficiente de Determinação (%)

4 P.I. = Ponto de Inflexão

5 M/m = Produção observada com a dose máxima ou mínima obtida no ponto de inflexão.

Tabela 20. Médias das variáveis, significância das análises de regressão polinomial linear e quadrática, seus coeficientes de determinação e o ponto de inflexão com a referente produção quanto ao efeito de doses de nitrogênio dentro de doses de potássio na matéria seca e número de nódulos e quanto a redução do acetileno total do nódulo em Mococa.

DOSES	NÓDULOS						REDUÇÃO DO ACETILENO		
	Matéria Seca			Número ¹			nMol C2H4/(planta.hora)		
	g/3pl			n°/3pl			nMol C2H4/(planta.hora)		
GÊNIO	K0	K1	K2	K0	K1	K2	K0	K1	K2
N0	0,289	0,274	0,352	8,0	7,8	10,1	211	251	505
N1	0,252	0,207	0,224	10,0	8,6	8,4	143	323	296
N2	0,216	0,140	0,097	7,4	7,3	6,7	243	103	87
RL ²	**	**	**	NS	NS	**	NS	**	**
RQ ³	NS	NS	NS	**	*	NS	**	**	NS
R2 ⁴	90,53	97,58	85,09	94,15	85,13	94,02	90,45	56,33	85,92
P.I. ⁵	-	-	-	46,40	43,97	-	45,31	37,29	-
M/m ⁶	-	-	-	10,0	8,6	-	142	332	-

1 Dados transformados em $\sqrt{x+1}$

2 RL = Significância da Regressão Linear

3 RQ = Significância da Regressão Quadrática.

4 R² = Coeficiente de Determinação (%)

5 P.I. = Ponto de Inflexão

6 M/m = Produção observada com a dose máxima ou mínima obtida no ponto de inflexão.

e dos grãos, no teor de potássio da parte aérea e na produtividade de grãos (Tabela 19).

O potássio não afetou a matéria seca de nódulos que, foi linearmente reduzida com o aumento da dose de nitrogênio (Tabela 20). O número de nódulos, entretanto, com a aplicação de **K₁** e sem **K** foram aumentados até as doses respectivas de 46,40 e 43,97 kg/ha de **N**. Porém, quando foi adicionado **K₂**, o aumento da dose de **N** reduziu linearmente os valores daquele parâmetro (Tabela 20).

Nos tratamentos sem **K**, verificou-se que houve redução na atividade total do nódulo sendo obtido uma atividade mínima com a adição de 45,31 kg/ha (Tabela 20). Quando se adicionou **K₁**, foi observado que a atividade aumentou com a adição de **N** atingindo seu ponto máximo com a adição de 37,29 kg/ha de **N**. A adição de **K₂** provocou redução linear com o aumento da dose de nitrogênio na atividade total do nódulo.

WATERER et al.(1992) relataram que plantas supridas com nitrogênio, têm taxas de crescimento mais rápida do que as sem esse elemento devido ao seu acesso imediato ao nutriente. Deve-se porém, considerar que as mudanças na temperatura podem ter exercido influência na absorção do nitrogênio mineral afetando a taxa de crescimento da planta e a relação entre a parte aérea e raízes afetando a absorção desse elemento por unidade da raiz (HATCH & MACDUFF, 1991).

Os resultados sugerem que a interação entre os dois elementos contribui apenas para um melhor desenvolvimento da planta, em tamanho. Na nodulação, os efeitos foram, na maioria dos parâmetros, depressivos.

4.2.2. RIBEIRÃO PRETO

Na Tabela 21 são apresentadas os efeitos de doses de N sobre os diferentes parâmetros analisados. Esses dados mostram que não houve efeito de doses de N na matéria seca da parte aérea.

A Figura 2A mostra que embora a regressão quadrática seja significativa para % de N da parte aérea, seu coeficiente de determinação foi baixo (48,64%) mostrando que a equação de 2º grau não deu bom ajuste para esse parâmetro. Estimou-se que houve acúmulo de N na parte aérea até a dose de 64,83 kg/ha de N e depois ocorreu ligeiro decréscimo. ALLOS & BARTHOLOMEW (1959) também observaram a influência de doses crescentes de N inorgânico sobre a absorção de N. O teor de N da parte aérea foram superiores aos encontrados por HAMMOND (1949) durante o florescimento os quais variaram de 2,5 a 2,9%.

Com relação ao teor de K da parte aérea, verificou-se redução desse parâmetro com o aumento da dose de N, sendo estimado um valor mínimo de 2,34% com adição de 43,64 kg/ha de N.

TABELA 21. Médias das variáveis, significância das análises de regressão polinomial linear e quadrática, seus coeficientes de determinação e o ponto de inflexão com a referente produção quanto ao efeito de doses de nitrogênio nas matérias secas da parte aérea e de nódulos, número de nódulos, % de N da parte aérea e dos grãos, % de K da parte aérea, redução do acetileno e produtividade de grãos em Ribeirão Preto.

DOSES	PARTE AÉREA			NÓDULOS		REDUÇÃO DO		GRÃOS	
	Matéria	N	K	Matéria	Número ¹	ACETILENO ²	N	Produt.	
	Seca (g/3pl)	%		Seca (g/3pl)	(n°/3pl)		%	(kg/ha)	
N0	13,2	3,38	2,55	0,185	19,0	472	6,02	2240	
N1	13,5	3,79	2,34	0,119	8,8	253	6,22	2564	
N2	13,2	3,69	2,67	0,054	9,8	35	6,43	2888	
RL 3	NS	*	NS	**	NS	**	**	**	**
RQ 4	NS	*	*	NS	**	NS	NS	NS	NS
R ² 5	-	48,64	86,42	77,69	99,51	91,09	97,38	92,86	
P.I 6	-	64,83	44,28	-	51,01	-	-	-	-
M/m 7	-	4,26	2,34	-	8,8	-	-	-	-

1 Dados transformados em $\sqrt{x+1}$

2 Expressa em mMol de C₂H₄/(planta.hora).

3 RL = Significância da Regressão Linear

4 RQ = Significância da Regressão Quadrática.

5 R² = Coeficiente de Determinação (%)

6 P.I. Ponto de Inflexão

7 M/m = Produção observada com a dose máxima ou mínima obtida no ponto de inflexão.

O efeito de **N** na matéria seca dos nódulos e na atividade total dos nódulos foi linear e inversamente correlacionado com a dose de **N** aplicado. KANAYAMA & YAMAMOTO (1990) verificaram que a diminuição na atividade da nitrogenase em nódulos de soja suplementados com nitrogênio é causada pela diminuição no nível de oxileghemoglobina carregador do oxigênio para o bacteróide resultando na formação de nitroselecthemoglobina.

O aumento nas doses de **N** causou redução no número de nódulos, sendo estimado que com 51,01 kg/ha de **N** seria alcançado o nível mínimo.

Em relação ao teor de **N** do grão e à produtividade de sementes verificou-se que houve efeito linear positivo com o aumento da dose de **N** (Figuras 2B e 2C). TANAKA & MASCARENHAS (1992) recomendam que seja adicionado à soja de inverno 50 kg/ha de **N**. Adicionando-se essa quantidade de **N** à soja cultivada nas condições de Ribeirão Preto haveria um acréscimo na produção de 324 kg/ha de grãos em relação ao tratamento sem **N** e inoculado.

4.2.2.1. DOSES DE NITROGÊNIO DENTRO DE CULTIVAR

Pelos dados da Tabela 22 verificou-se que não houve efeito de doses de **N** dentro de cultivares em nenhum dos parâmetros agrônômicos estudados.

Tabela 22. Médias das variáveis, significância das análises de regressão polinomial linear e quadrática, seus coeficientes de determinação e o ponto de inflexão com a referente produção quanto ao efeito de doses de nitrogênio dentro de cultivares na matéria seca da parte aérea, % de N da parte aérea e dos grãos, % de K da parte aérea e produtividade de grãos em Ribeirão Preto.

DÓSES	PARTE AÉREA						GRÃOS					
	Matéria seca		N		K		N		Produtividade			
	g/3pl				%				kg/ha			
GÊNIO	IAC-8	IAC-14	IAC-8	IAC-14	IAC-8	IAC-14	IAC-8	IAC-14	IAC-8	IAC-14	IAC-8	IAC-14
N0	13,2	13,1	3,21	3,56	2,57	2,53	6,12	5,97	2253	2123		
N1	13,9	13,0	3,87	3,71	2,33	2,35	6,24	6,13	2730	2604		
N2	13,5	13,0	3,67	3,70	2,76	2,58	6,54	6,35	2728	2943		
RL 1	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS		
RQ 2	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS		
R ² 3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
P.I. ⁴	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
M/m ⁵	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		

1 RL = Significância da Regressão Linear

2 RQ = Significância da Regressão Quadrática.

3 R² = Coeficiente de Determinação (%)

4 P.I. = Ponto de Inflexão

5 M/m = Produção observada com a dose máxima ou mínima obtida no ponto de inflexão.

Pelos dados da Tabela 23 verificou-se que a resposta da matéria seca de nódulos do cultivar IAC-14 e da atividade total dos nódulos de ambos os cultivares foi linear e inversamente relacionada com a dose aplicada. A matéria seca de nódulos do cultivar IAC-8 foi reduzida com o aumento do N adicionado sendo estimado que com a adição de 71,69 kg/ha de N seria obtida a menor massa.

4.2.2.2. DOSES DE NITROGÊNIO DENTRO DE DOSES DE POTÁSSIO

Nas Tabelas 24 e 25 pode-se observar o efeito de dose de nitrogênio dentro de doses de K nos diferentes parâmetros.

A produção da matéria seca da parte aérea aumentou linearmente quando não foi aplicado K_0 e, com a adição de K_2 , ocorreu aumento até a adição de 46,92 kg/ha de N (Tabela 24). Os outros parâmetros não mostraram diferença estatística devido a interação de N dentro de doses de potássio.

O aumento da dose do N aplicado, tanto na presença como na ausência de K, fez com que a massa nodular fosse reduzida (Tabela 25). Quando se aplicou K_1 e K_2 , o aumento da dose de N reduziu linearmente a massa nodular. A não aplicação de K fez com que houvesse redução na massa nodular até a aplicação de 66,31 kg/ha de N e, a partir de

Tabela 23. Médias das variáveis, significância das análises de regressão polinomiais linear e quadrática, seus coeficientes de determinação e o ponto de inflexão com a referente produção quanto ao efeito de doses de nitrogênio dentro de cultivares na matéria seca e número de nódulos e quanto a redução do acetileno em Ribeirão Preto.

DOSES	NÓDULOS			REDUÇÃO DO ACETILENO		
	Matéria Seca g/3pl	Número ¹ n°/3pl		IAC-8	IAC-14	IAC-14
DE NITROGÊNIO						nMol C ₂ H ₄ /(planta.hora)
N0	0,255	0,145	11,2	8,8	613	331
N1	0,083	0,094	10,3	7,3	317	190
N2	0,095	0,044	11,5	8,2	20	50
RL ²	**	**	NS	NS	**	**
RQ ³	**	NS	NS	NS	NS	NS
R ² ⁴	30,69	90,19	-	-	85,77	98,73
P.I. ⁵	71,69	-	-	-	-	-
M/m ⁶	0,066	-	-	-	-	-

1 Dados transformados em $\sqrt{x+1}$

2 RL = Significância da Regressão Linear

3 RQ = Significância da Regressão Quadrática.

4 R² = Coeficiente de Determinação (%)

5 P.I. Ponto de Inflexão

6 M/m = Produção observada com a dose máxima ou mínima obtida no ponto de inflexão.

Tabela 24. Médias das variáveis, significância das análises de regressão polinomial linear e quadrática, seus coeficientes de determinação e o ponto de inflexão com a referente produção quanto ao efeito de doses de doses de nitrogênio dentro de doses de potássio na matéria seca da parte aérea, % de N da parte aérea e dos grãos, % de K da parte aérea e produtividade de grãos em Ribeirão Preto.

DOSES DE NITRO	PARTE AÉREA						GRÃOS								
	Matéria Seca			K			N			Produtividade					
	g/3pl			%						kg/ha					
GÊNIO	K0	K1	K2	K0	K1	K2	K0	K1	K2	K0	K1	K2			
N0	12,6	14,4	12,4	3,48	3,42	3,25	2,68	2,39	2,58	5,99	6,09	6,06	2135	2421	2008
N1	13,8	12,6	14,1	3,74	3,68	3,95	2,31	2,44	2,27	6,15	6,18	6,24	2752	2596	2655
N2	15,0	12,8	11,9	3,90	3,58	3,57	2,75	2,81	2,47	6,51	6,45	6,38	2805	2757	2946
RL ¹	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
RQ ²	NS	NS	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
R ²³	98,95	-	95,62	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P.I. ⁴	-	-	46,91	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M/m ⁵	-	-	14,1	-	-	-	-	*	-	-	-	-	-	-	-

1 RL = Significância da Regressão Linear

2 RQ = Significância da Regressão Quadrática.

3 R² = Coeficiente de Determinação (%)

4 P.I. Ponto de Inflexão

5 M/m = Produção observada com a dose máxima ou mínima obtida no ponto de inflexão.

Tabela 25. Médias das variáveis, significância das análises de regressão polinomial linear e quadrática, seus coeficientes de determinação e o ponto de inflexão com a referente produção quanto ao efeito de doses de nitrogênio dentro de doses de potássio na matéria seca e número de nódulos e quanto a redução do acetileno em Ribeirão Preto.

DOSES	NÓDULOS						REDUÇÃO DO ACETILENO					
	Massa Seca g/3pl			Número ¹ n°/3pl			nMol C ₂ H ₄ /(planta.hora)					
GÊNIO	K0	K1	K2	K0	K1	K2	K0	K1	K2	K0	K1	K2
N0	0,206	0,097	0,280	10,6	8,0	11,2	315	321	780			
N1	0,061	0,084	0,155	7,5	9,1	9,9	181	226	353			
N2	0,092	0,071	0,029	10,7	10,2	8,7	47	131	-74			
RL ²	**	*	**	NS	**	**	**	*	**			
RQ ³	**	NS	NS	**	NS	NS	NS	NS	NS			
R ² ⁴	43,82	69,87	88,23	99,86	97,65	95,52	76,81	68,62	82,60			
P.I. ⁵	66,34	-	-	49,46	-	-	-	-	-			
M/m ⁶	0,052	-	-	1,2	-	-	-	-	-			

1 Dados transformados em $\sqrt{x+1}$

2 RL = Significância da Regressão Linear

3 RQ = Significância da Regressão Quadrática.

4 R² = Coeficiente de Determinação (%)

5 P.I. = Ponto de Inflexão

6 M/m = Produção observada com a dose máxima ou mínima obtida no ponto de inflexão.

então, um ligeiro aumento (Tabela 25).

Embora BEARD & HOOVER (1971) tenham relatado que há relação inversa entre o número de nódulo e a dose de **N** aplicada, foi observado que quando não foi aplicado **K** ocorria diminuição até a aplicação de 49,46 kg/ha de **N**. Quando se aplicava **K₁** ocorria aumento linear no número de nódulos; somente quando se aplicou **K₂** é que se observou redução linear com o aumento da dose de **N** (Tabela 25).

A atividade total do nódulo (Tabela 25), com quaisquer das doses de **K** aplicadas foi reduzida linearmente com o aumento da dose de **N** o que já havia sido relatado por VERNETTI (1983).

4.2.3. VOTUPORANGA

Nas condições de Votuporanga, verificou-se que só não houve efeito de doses de **N** no teor de **K** da parte aérea (Tabela 26). A matéria seca da parte aérea foi aumentada pela adição de **N**, sendo estimado que sua produção máxima seria obtida com a adição de 39,67 kg/ha de **N**.

Com relação ao teores de **N** da parte aérea e do grão e à produtividade de grãos ocorreu aumento linear com a adição de **N** (Figuras de 2A a 2C).

Os teores de **N** no grão foram elevados conseguindo-se com a adição de 100 kg/ha de **N** acúmulo de 7,04% (Figura 2B). Embora tenha ocorrido efeito linear positivo no rendimento de grãos (Figura 2C) esta foi baixa

TABELA 26. Médias das variáveis, significância das análises de regressão polinomial linear e quadrática, seus coeficientes de determinação e o ponto de inflexão com a referente produção quanto ao efeito de doses de nitrogênio nas matérias secas da parte aérea e de nódulos, número de nódulos, % de N da parte aérea e dos grãos, % de K da parte aérea, redução do acetileno e produtividade de grãos em Votuporanga.

DOSES	PARTE AÉREA			NÓDULOS		REDUÇÃO DO ACETILENO ²		GRÃOS	
	Matéria Seca (g/3pl)	N	K	Matéria Seca (g/3pl)	Número ¹ (n°/3pl)			N	Produt. (kg/ha)
NITROGÊNIO			%					%	
N0	41,5	3,71	2,22	0,212	8,45	427	6,62		1996
N1	43,2	3,93	2,22	0,113	6,93	209	6,83		2141
N2	39,1	4,16	2,20	0,015	5,40	-9	7,04		2286
RL ³	*	*	NS	**	**	**	**	**	**
RQ ⁴	**	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
R ² ⁵	66,1	-	-	84,59	98,00	80,55	96,00		85,23
P.I. ⁶	39,67	-	-	-	-	-	-	-	-
M/m ⁷	43,3	-	-	-	-	-	-	-	-

1 Dados transformados em $\sqrt{x+1}$

2 Expressa em nMol de C₂H₄/(planta.hora).

3 RL = Significância da Regressão Linear

4 RQ = Significância da Regressão Quadrática.

5 R² = Coeficiente de Determinação (%)

6 P.I. Ponto de Inflexão

7 M/m = Produção observada com a dose máxima ou mínima obtida no ponto de inflexão.

em relação ao potencial dos cultivares. Como a temperatura não foi limitante ao desenvolvimento da planta nessa localidade, suspeita-se que esse efeito seja devido a problemas de manejo do solo e fertilidade.

OHLROGGE (1960) relatou que o rendimento de grãos de soja está intimamente correlacionada com o teor de N da planta. VASILAS & FUHRMANN (1993) mostraram ainda que essa relação, se for negativa, é um fator limitante à produção.

A matéria seca e o número de nódulos e a atividade total do nódulo foram linearmente reduzidos com o aumento da dose de N aplicada. Tal comportamento foi verificado anteriormente por WEBER (1966) e EAGLESHAM *et al.* (1982).

4.2.3.1. DOSES DE NITROGÊNIO DENTRO DE CULTIVAR

Houve interação dupla entre doses de N dentro de cultivares quanto as matérias secas da parte aérea e nódulos e número de nódulos (Tabelas 27 e 28).

Somente houve resposta para dose de N na matéria seca da parte aérea no cultivar IAC-8. Houve aumento na matéria seca da parte aérea até a dose de 38,42 kg/ha de N (Tabela 27).

Nos dois genótipos de soja estudados, verificou-se que houve redução linear na nodulação com o aumento da

Tabela 27. Médias das variáveis, significância das análises de regressão polinomial linear e quadrática, seus coeficientes de determinação e o ponto de inflexão com a referente produção quanto ao efeito de doses de nitrogênio na matéria seca da parte aérea, % de N da parte aérea e dos grãos, % de K e produtividade de grãos em Votuporanga.

DOSES	PARTE AÉREA					GRÃOS				
	DE	Matéria seca	N		K	N		Produtividade		
			g/3pl	%	IAC-8	IAC-14	IAC-8	IAC-14	IAC-8	IAC-14
GÊNIO	IAC-8	IAC-14	IAC-8	IAC-14	IAC-8	IAC-14	IAC-8	IAC-14	IAC-8	IAC-14
N0	44,0	40,0	3,76	3,51	2,33	2,12	6,58	6,61	1918	2004
N1	46,8	39,6	4,20	3,96	2,20	2,25	6,88	6,87	2158	2263
N2	39,2	39,0	4,10	4,07	2,25	2,14	7,00	7,03	2179	2323
RL ¹	**	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
RQ ²	**	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
R ² ₃	60,84	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P.I. ⁴	38,42	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M/m ⁵	47,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-

1 RL = Significância da Regressão Linear

2 RQ = Significância da Regressão Quadrática.

3 R² = Coeficiente de Determinação (%)

4 P.I. Ponto de Inflexão

5 M/m = Produção observada com a dose máxima ou mínima obtida no ponto de inflexão.

Tabela 28. Médias das variáveis, significância das análises de regressão polinomiais linear e quadrática, seus coeficientes de determinação e o ponto de inflexão com a referente produção quanto ao efeito de doses de nitrogênio dentro de cultivares na matéria seca e número de nódulos e quanto a redução do acetileno em Votuporanga.

DOSES	NÓDULOS			REDUÇÃO DO ACETILENO		
	Matéria Seca g/3pl		Número ¹ n°/3pl	nMol C ₂ H ₄ / (planta.hora)		
GÊNIO	IAC-8	IAC-14	IAC-8	IAC-14	IAC-8	IAC-14
N0	0,243	0,182	10,6	6,4	565	413
N1	0,133	0,094	8,7	5,2	120	52
N2	0,024	0,006	6,9	4,0	87	19
RL ²	**	**	**	**	NS	NS
RQ ³	NS	NS	NS	NS	NS	NS
R ² ⁴	79,67	90,21	92,44	99,41	-	-
P.I. ⁵	-	-	-	-	-	-
M/m ⁶	-	-	-	-	-	-

1 Dados transformados em $\sqrt{x+1}$

2 RL = Significância da Regressão Linear

3 RQ = Significância da Regressão Quadrática.

4 R² = Coeficiente de Determinação (%)

5 P.I. Ponto de Inflexão

6 M/m= Produção observada com a dose máxima ou mínima obtida no ponto de inflexão.

dose de N. A matéria seca dos nódulos de ambos os cultivares foi pequena mesmo sem a adição de N (Tabela 28).

TANNER & ANDERSON (1964) observaram o mesmo efeito de diminuição na nodulação na presença de N adicional.

4.2.3.2. DOSES DE NITROGÊNIO DENTRO DE DOSES DE POTÁSSIO

Não houve resposta à interação de doses de N dentro de doses de potássio em nenhum dos parâmetros agronômicos estudados (Tabela 29).

Somente houve resposta às doses de nitrogênio dentro de doses de potássio na matéria seca e no número de nódulos (Tabelas 29 e 30).

A matéria seca e o número de nódulos em quaisquer dos tratamentos com potássio foram linearmente reduzidos com o aumento da dose de nitrogênio (Tabela 30).

4.3. EFEITO DE DOSES DE POTÁSSIO

O efeito de doses de potássio não foi significativo nos três locais em estudo para os seguintes parâmetros analisados: % de N da parte aérea, % de K da parte aérea, número de nódulos, % de N no grão e rendimento de grãos. Também não houve efeito de doses de potássio em

Tabela 29. Médias das variáveis, significância das análises de regressão polinomial linear e quadrática, seus coeficientes de determinação e o ponto de inflexão com a referente produção quanto ao efeito de doses de doses de nitrogênio dentro de doses de potássio na matéria seca da parte aérea, % de N da parte aérea e dos grãos, % de K da parte aérea e produtividade de grãos em Votuporanga.

DOSES DE	PARTE AEREA						GRÃOS								
	Matéria Seca			N			K			Produtividade					
	g/3pl			%			%			kg/ha					
NITRO-	K0	K1	K2	K0	K1	K2	K0	K1	K2	K0	K1	K2	K0	K1	K2
GÊNIO															
N0	49,4	43,5	40,6	3,57	3,65	3,69	2,31	2,31	2,05	6,50	6,60	6,68	2000	1990	1892
N1	43,0	41,4	45,4	4,09	4,08	4,06	2,19	2,25	2,24	6,99	6,78	6,86	2067	2257	2109
N2	38,9	40,1	38,4	3,86	4,18	4,22	2,26	2,22	2,12	7,06	7,01	6,98	2149	2278	2325
RL ¹	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
RQ ²	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
R ² ³	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P.I. ⁴	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M/m ⁵	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

1 RL = Significância da Regressão Linear

2 RQ = Significância da Regressão Quadrática.

3 R² = Coeficiente de Determinação (%)

4 P.I. Ponto de Inflexão

5 M/m=Produção observada com a dose máxima ou mínima obtida no ponto de inflexão.

Tabela 30. Médias das variáveis, significância das análises de regressão polinomial linear e quadrática, seus coeficientes de determinação e o ponto de inflexão com a referente produção quanto ao efeito de doses de nitrogênio dentro de doses de potássio na matéria seca e número de nódulos e quanto a redução do acetileno em Votuporanga.

DOSES DE NITRO- GÊNIO	NÓDULOS						REDUÇÃO DO ACETILENO		
	Matéria Seca g/3pl			Número ¹ n°/3pl			nMol C2H4/(planta.hora)		
	K0	K1	K2	K0	K1	K2	K0	K1	K2
N0	0,167	0,229	0,241	7,60	8,41	9,36	403	616	447
N1	0,094	0,123	0,122	6,70	7,01	7,08	88	81	88
N2	0,022	0,017	0,004	5,80	5,61	4,81	35	94	30
RL ²	**	**	**	**	**	**	NS	NS	NS
RQ ³	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
R ² ⁴	87,45	78,84	87,73	73,51	99,29	81,83	-	-	-
P.I. ⁵	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M/m ⁶	-	-	-	-	-	-	-	-	-

1 Dados transformados em $\sqrt{x+1}$

2 RL = Significância da Regressão Linear

3 RQ = Significância da Regressão Quadrática.

4 R² = Coeficiente de Determinação

5 P.I. = Ponto de Inflexão

6 M/m = Produção observada com a dose máxima ou mínima obtida no ponto de inflexão

Ribeirão Preto e Votuporanga para massa seca da parte aérea (Tabelas 31, 36 e 41).

Os teores de potássio do solo das três áreas experimentais estavam elevados. DUKE & COLLINS (1985) relataram que quando o teor de potássio do solo é adequado, se o mesmo for adicionado, sua concentração nos tecidos aumenta muito pouco. Nessa mesma condição, observaram ainda que a concentração de N no tecido permanecia a mesma podendo inclusive diminuir. A ausência de resposta da produtividade de grãos a potássio é explicada por LATHWELL & EVANS (1951) que observaram que esse parâmetro está intimamente associado com a quantidade de N acumulado dentro da planta. MUZILLI (1982) constatou que a maior disponibilidade de potássio no solo não correspondeu a maior rendimento de grãos.

4.3.1.MOCOCA

Pode-se observar que a matéria seca da parte aérea foi linearmente reduzida com o aumento da dose de potássio ocorrendo o inverso para a atividade total do nódulo (Tabela 31). BARTA (1982) observou que ao contrário do que ocorreu nesse experimento, o peso seco da parte aérea era significativamente aumentado com a adição de potássio.

A matéria seca de nódulo foi reduzida com o

Tabela 31. Médias das variáveis, significância das análises das análises de regressão linear e quadrática, seus coeficientes de determinação e o ponto de inflexão com a referente produção quanto ao efeito de doses de potássio nas matéria secas da parte aérea e de nódulos, número de nódulos, % de N da parte aérea e dos grãos, % de K da parte aérea, redução do acetileno e produtividade de grãos em Mococa.

DOSES	PARTE AÉREA			NÓDULOS		REDUÇÃO DO ACETILENO ²		GRÃOS	
	Matéria Seca	N	K	Matéria Seca	Número ¹			N	Produt.
	(g/3pl)		%	(g/3pl)	(n°/3pl)			%	(kg/ha)
POTÁSSIO									
K0	16,2	3,31	2,36	0,252	8,48	199		6,25	1841
K1	15,5	3,39	2,42	0,207	7,91	226		6,14	1814
K2	14,7	3,44	2,32	0,224	8,36	296		6,16	1813
RL ³	*	NS	NS	NS	NS	**		NS	NS
RQ ⁴	NS	NS	NS	*	NS	NS		NS	NS
R ² ⁵	77,14	-	-	62,72		93,74		-	-
P.I. ⁶	-	-	-	36,67	-	-		-	-
M/m ⁷	-	-	-	0,205	-	-		-	-

1 Dados transformados em $\sqrt{x+1}$

2 Expressa em nMol de C₂H₄/ (planta.hora).

3 RL = Significância da Regressão Linear

4 RQ = Significância da Regressão Quadrática.

5 R² = Coeficiente de Determinação (%)

6 P.I. Ponto de Inflexão

7 M/m = Produção observada com a dose máxima ou mínima obtida no ponto de inflexão.

aumento da dose de potássio até a adição de 36,67 kg/ha de K_2O (Tabela 31). FRANCO & DOBEREINER (1967) também observaram maiores valores de massa e maior quantidade de nódulos onde não havia sido aplicado potássio.

4.3.1.1. DOSES DE POTÁSSIO DENTRO DE CULTIVAR

Houve interação de doses de potássio dentro dos dois cultivares em estudo para os seguintes parâmetros analisados: matéria seca da parte aérea, matéria seca de nódulos, número de nódulos e atividade total do nódulo. (Tabelas 32 e 33). A não diferença entre variedades quanto à produtividade em relação a potássio já havia sido relatada por FRANCO & DOBEREINER (1967) em feijoeiro.

A matéria seca da parte aérea do cultivar IAC-8 foi linearmente reduzida com o aumento da dose de potássio e, a do IAC-14 aumentou seguindo uma equação do segundo grau até a doses de 30,13 kg/ha de K_2O (Tabela 32). BARTA (1982) observou que em solos com mais de 3% de potássio, o crescimento vegetativo era aumentado mas, não relata ser esse aumento dependente da variedade.

Embora JONES et al. (1977) tenham observado que o efeito de potássio na nodulação são inconsistentes, pode-se observar que tanto a matéria como o número de nódulos no IAC-8 foram reduzidos com o aumento do potássio aplicado

Tabela 32. Médias das variáveis, significância das análises de regressão polinomial linear e quadrática, seus coeficientes de determinação e o ponto de inflexão com a referente produção quanto ao efeito de doses de potássio dentro de cultivares na matéria seca da parte aérea, % de N da parte aérea e dos grãos, % de K da parte aérea e produtividade de grãos em Mococa.

DOSES	PARTE AÉREA					GRÃOS				
	Matéria seca		N		K		N		Produtividade	
	g/3pl				%				kg/ha	
POTÁSSIO	IAC-8	IAC-14	IAC-8	IAC-14	IAC-8	IAC-14	IAC-8	IAC-14	IAC-8	IAC-14
K0	16,8	14,9	3,30	3,32	2,41	2,32	6,26	6,23	1868	1818
K1	15,1	17,6	3,47	3,30	2,26	2,57	6,13	6,15	1515	2114
K2	13,5	15,0	3,53	3,35	2,28	2,37	6,17	6,14	1729	1896
RL ¹	**	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
RQ ²	NS	**	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
R23	85,94	99,98	-	-	-	-	-	-	-	-
P.I. ⁴	-	30,13	-	-	-	-	-	-	-	-
M/m ⁵	-	17,6	-	-	-	-	-	-	-	-

1 RL = Significância da Regressão Linear

2 RQ = Significância da Regressão Quadrática.

3 R² = Coeficiente de Determinação(%)

4 P.I. Ponto de Inflexão

5 M/m = Produção observada com a dose máxima ou mínima obtida no ponto de inflexão.

Tabela 33. Médias das variáveis, significância das análises de regressão polinomiais linear e quadrática, seus coeficientes de determinação e o ponto de inflexão com a referente produção quanto ao efeito de doses de potássio dentro de cultivares na matéria seca e número de nódulos e quanto a redução do acetileno em Mococa.

DOSES	NÓDULOS			REDUÇÃO DO ACETILENO		
	Matéria Seca		Número ¹ n°/3pl	nMol C ₂ H ₄ /(planta.hora)		
	IAC-8	IAC-14		IAC-8	IAC-14	IAC-14
K0	0,303	0,202	10,7	234	6,2	163
K1	0,194	0,220	8,3	143	7,5	308
K2	0,230	0,219	9,4	322	7,4	270
RL ²	**	NS	**	**	**	**
RQ ³	**	NS	**	**	*	**
R ² ⁴	56.82	-	68.90	75.81	34.96	49.57
P.I. ⁵	37.55	-	35.82	25.07	41.81	38.74
M/m ⁶	0.1891	-	8.24	139.89	7.62	315.60

1 Dados transformados em $\sqrt{x+1}$

2 RL = Significância da Regressão Linear

3 RQ = Significância da Regressão Quadrática.

4 Coeficiente de Determinação (%)

5 P.I. Ponto de Inflexão

6 M/m= Produção observada com a dose máxima ou mínima obtida no ponto de inflexão.

segundo uma equação quadrática. Entretanto, o número de nódulos do cultivar IAC-14 foi aumentado até a adição de 40 kg/ha de K_2O (Tabela 33). STAMFORD *et al.* (1980) observaram que há efeito depressivo do potássio no número de nódulos relatando que o nível desse elemento para que haja formação de nódulos deve ser baixo.

A atividade total do nódulo do cultivar IAC-8 foi reduzida pelo aumento da dose de potássio segundo uma equação do segundo grau. No cultivar IAC-14 verificou-se que a atividade total do nódulo mostrou um comportamento quadrático positivo (Tabela 33). Por esses dados verificou-se uma maior resposta do cultivar IAC-14 à adição de potássio.

DUKE & COLLINS (1985) observaram que quando o potássio afetava a produtividade do nódulo, ocorria uma correlação baixa entre massa nodular e fixação de nitrogênio. Isso ocorria porque nódulos com a mesma massa tem taxas muito diferentes de fixação de nitrogênio.

4.3.1.2. DOSES DE POTÁSSIO DENTRO DE DOSES DE NITROGÊNIO

Não houve interação entre doses de potássio e de de nitrogênio em nenhum dos parâmetros agronômicos estudados (Tabela 34).

Houve interação somente para matéria seca e

Tabela 34. Médias das variáveis, significância das análises de regressão polinomial linear e quadrática, seus coeficientes de determinação e o ponto de inflexão com a referente produção quanto ao efeito de doses de potássio dentro de doses de nitrogênio na matéria seca da parte aérea, % de N da parte aérea e dos grãos, % de K da parte aérea e produtividade de grãos em Mococa.

DOSES DE POTÁSSIO	PARTE AÉREA					GRÃOS				
	Matéria Seca g/3pl					N				
	N0	N1	N2	N0	N1	N2	N0	N1	N2	Produtividade kg/ha
K0	14,0	18,86	15,27	3,00	3,61	3,32	2,46	2,31	2,32	5,99 6,33 6,44 1611 2005 1905
K1	13,7	18,80	15,48	3,05	3,65	3,46	2,25	2,89	2,12	5,82 6,25 6,36 1300 1911 2233
K2	14,1	16,68	12,54	3,39	3,47	3,47	2,36	2,35	2,27	5,73 6,48 6,27 1311 2272 1855
RL 1	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS NS NS
RQ 2	NA	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS NS NS
R ² 3	-	*	-	-	-	-	-	-	-	- - -
P.I. 4	--	-	-	-	-	-	-	-	-	- - -
M/m 5	--	-	-	-	-	-	-	-	-	- - -

1 RL = Significância da Regressão Linear

2 RQ = Significância da Regressão Quadrática.

3 R² = Coeficiente de Determinação (%)

4 P.I. Ponto de Inflexão

5 M/m = Produção observada com a dose máxima ou mínima obtida no ponto de inflexão.

número de nódulos e atividade total (Tabela 35). A matéria seca e o número de nódulos nos tratamentos sem nitrogênio foram reduzidos até a adição de 20,85 e 17,35 kg/ha de K_2O , respectivamente. Com a adição de nitrogênio (N_1 e N_2), ambos os parâmetros foram linearmente reduzidos com o aumento da dose de potássio não sendo, entretanto, significativo para número de nódulos a dose N_2 (Tabela 35).

A atividade total do nódulo cresceu linearmente com o aumento da dose de potássio em tratamentos onde não foi aplicado nitrogênio (Tabela 35). Com a adição de N_1 , a atividade aumentou com a dose de potássio seguindo uma equação quadrática positiva. A adição de N_2 reduziu a atividade total do nódulo até a adição de 39,34 kg/ha de K_2O . TSAI et al. (1993) verificaram que quando quantidades baixas de uréia são adicionados ao feijoeiro, há um aumento substancial da nodulação e, conseqüentemente, altas quantidades de nitrogênio fixado são obtidos, com aumentos correspondentes na biomassa da planta.

FRANCO & DOBEREINER (1967) verificaram, como nesse experimento, que o potássio foi prejudicial para a simbiose e a fixação do nitrogênio. DUKE et al. (1980) explicaram que o potássio favorecia o aumento da disponibilidade de fotossintetizado mas, não aumentava necessariamente a nodulação ou a ação da nitrogenase.

Tabela 35. Médias das variáveis, significância das análises de regressão polinomial linear e quadrática, seus coeficientes de determinação e o ponto de inflexão com a referente produção quanto ao efeito de doses de doses de potássio dentro de doses de nitrogênio na matéria seca e número de nódulos e quanto a redução do acetileno em Mococa.

DOSES		NÓDULOS					REDUÇÃO DO ACETILENO				
DE	POTÁSSIO	Matéria Seca g/3pl			Número ¹ n°/3pl		nMol C ₂ H ₄ / (planta.hora)				
		N0	N1	N2	N0	N1	N2	N0	N1	N2	
K0		0,296	0,245	0,209	8,0	9,9	7,4	167	143	243	
K1		0,268	0,207	0,161	7,8	8,8	7,3	339	323	103	
K2		0,383	0,169	0,114	10,3	7,8	6,9	510	198	136	
RL ²		**	**	**	**	**	NS	**	NS	**	
RQ ³		**	NS	NS	**	NS	NS	NS	**	**	
R ^{2,4}		47,26	92,59	79,62	31,90	96,12	-	83,63	90,95	46,23	
P.I. ⁵		20,85	--	-	17,4	-	-	-	32,73	39,34	
M/m ⁶		0,268	-	-	7,6	-	-	-	324	95	

1 Dados transformados em $\sqrt{x+1}$

2 RL = Significância da Regressão Linear

3 RQ = Significância da Regressão Quadrática.

4 R² = Coeficiente de Determinação (%)

5 P.I. Ponto de Inflexão

6 M/m = Produção observada com a dose máxima ou mínima obtida no ponto de inflexão.

4.3.2. RIBEIRÃO PRETO

Analisando-se o efeito de doses de potássio nos diferentes parâmetros pode-se observar que houve significância apenas para a matéria seca de nódulos com o aumento da dose de potássio (Tabela 36). A matéria seca de nódulo foi reduzida com o aumento da dose de potássio, estimando-se que atingiria um produção mínima com a adição de 25,10 kg/ha de K_2O .

A atividade total do nódulo foi linear e positivamente aumentada com o aumento da dose de potássio.

DUKE & COLLINS (1985) verificaram que a fixação do nitrogênio aumentava com a adição de potássio. Esse aumento na fixação devido a esse elemento pode ser atribuído ao aumento da nodulação, da produtividade dos nódulos ou, de ambos.

4.3.2.1. DOSES DE POTÁSSIO DENTRO DE CULTIVAR

Nas condições de Ribeirão Preto, o efeito de doses de potássio dentro de cultivares, não foi significativo para nenhum dos parâmetros agrônômicos (Tabela 37). Foi significativo no cultivar IAC-14 para a massa seca de nódulos (Tabela 38). O efeito foi do tipo quadrático correspondendo a um ponto de mínimo ao

Tabela 36. Médias das variáveis, significância das análises de regressão polinomial linear e quadrática, seus coeficientes de determinação e o ponto de inflexão com a referente produção quanto ao efeito de doses de potássio nas matérias secas da parte aérea e de nódulos, número de nódulos, % de N da parte aérea e dos grãos, % de K da parte aérea, redução do acetileno e produtividade de grãos em Ribeirão Preto.

DOSES	PARTE AÉREA			MÓDULOS		REDUÇÃO DO ACETILENO ²		GRÃOS	
	Matéria Seca	N	K	Massa Seca (g/3pl)	Número ¹ (n°/3pl)			N	Produt. (kg/ha)
POTÁSSIO	(g/3pl)	%						%	
K0	13,8	3,71	2,58	0,120	9,6	167		6,22	2564
K1	13,3	3,56	2,54	0,084	9,1	253		6,24	2591
K2	12,8	3,59	2,44	0,155	9,9	339		6,22	2536
RL 3	NS	NS	NS	**	NS	**		NS	NS
RQ 4	NS	NS	NS	**	NS	NS		NS	NS
R ² 5	-	-	-	75,73	-	92,86		-	-
P.I. ⁶	-	-	-	25,10	-	-		-	-
M/m ⁷	-	-	-	0,082	-	-		-	-

1 Dados transformados em $\sqrt{x+1}$

2 Expressa em nMol de C₂H₄/(planta.hora).

3 RL = Significância da Regressão Linear

4 RQ = Significância da Regressão Quadrática.

5 R² = Coeficiente de Determinação (%)

6 P.I. Ponto de Inflexão

7 M/m = Produção observada com a dose máxima ou mínima obtida no ponto de inflexão.

Tabela 37. Médias das variáveis, significância das análises de regressão polinomial linear e quadrática, seus coeficientes de determinação e o ponto de inflexão com a referente produção quanto ao efeito de doses de potássio dentro de cultivares na matéria seca da parte aérea, % de N da parte aérea e dos grãos, % de K da parte aérea e produtividade de grãos em Ribeirão Preto.

DOSES	PARTE AÉREA					GRÃOS			
	Matéria seca		N		K	N		Produtividade	
POTÁSSIO	g/3pl				%			kg/ha	
	IAC-8	IAC-14	IAC-8	IAC-14	IAC-8	IAC-14	IAC-8	IAC-14	IAC-14
K0	13,8	13,9	3,56	3,86	2,62	2,53	6,25	6,18	2617
K1	14,1	12,5	3,52	3,60	2,50	2,59	6,28	6,19	2519
K2	12,7	12,89	3,67	3,51	2,5	2,32	6,36	6,08	2575
RL 1	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
RQ 2	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
R2 3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P.I. 4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M/m 5	-	-	-	-	-	-	-	-	-

1 RL = Significância da Regressão Linear

2 RQ = Significância da Regressão Quadrática.

3 R2 = Coeficiente de Determinação (%)

4 P.I. Ponto de Inflexão

5 M/m = Produção observada com a dose máxima ou mínima obtida no ponto de inflexão.

Tabela 38. Médias das variáveis, significância das análises de regressão polinomiais linear e quadrática, seus coeficientes de determinação e o ponto de inflexão com a referente produção quanto ao efeito de doses de potássio dentro de cultivares na matéria seca e número de nódulos e quanto a redução do acetileno em Ribeirão Preto.

DOSES DE POTÁSSIO	NÓDULOS			REDUÇÃO DO ACETILENO		
	Matéria Seca g/3pl	Número ¹ n°/3pl		nMol C ₂ H ₄ / (planta.hora)		
	IAC-8	IAC-14	IAC-8	IAC-14	IAC-8	IAC-14
K0	0,122	0,117	10,6	8,5	105	216
K1	0,097	0,071	10,4	7,3	316	218
K2	0,215	0,095	11,5	8,4	528	136
RL ²	**	*	NS	NS	**	NS
RQ ³	**	**	NS	NS	NS	NS
R ² ⁴	44,2	76,99	-	-	89,73	-
P.I. ⁵	20,3	34,73	-	-	-	-
M/m ⁶	0,089	0,070	-	-	-	-

1 Dados transformados em $\sqrt{x+1}$

2 RL Significância da Regressão Linear

3 RQ = Significância da Regressão Quadrática.

4 R² = Coeficiente de Determinação (%)

5 P.I. Ponto de Inflexão

6 M/m = Produção observada com a dose máxima ou mínima obtida no ponto de inflexão.

fornecimento de 35 kg/ha de K_2O .

No cultivar IAC-8, houve significância para matéria seca de nódulos e atividade total do nódulo. A regressão significativa foi quadrática negativa para matéria seca de nódulos, sendo o ponto mínimo atingido pelo fornecimento de 20 kg/ha de K_2O .

A atividade total do nódulo se ajustou a uma função linear crescente com o aumento da dose de potássio somente no cultivar IAC-8 (Tabela 38).

O efeito diferencial do potássio para variedades ou linhagens já havia sido observado por FRANCO & DOBEREINER (1967). A exigência de potássio também varia com o genótipo e o estágio de desenvolvimento, como observaram DUKE & COLLINS (1985).

4.3.2.2. DOSES DE POTÁSSIO DENTRO DE DOSES DE NITROGÊNIO

As médias da interação de doses de potássio dentro de doses de nitrogênio nos diferentes parâmetros são apresentados nas Tabelas 39 e 40.

A associação entre N_0 e doses de potássio aumentou a matéria seca da parte aérea, estimando-se que com a adição de 28,56 kg/ha de K_2O atingiria a produção máxima da parte aérea. Entretanto, com a adição de N_2 , ocorreu redução linear na matéria seca da parte aérea com o

Tabela 39. Médias das variáveis, significância das análises de regressão polinomial linear e quadrática, seus coeficientes de determinação e o ponto de inflexão com a referente produção quanto ao efeito de doses de potássio dentro de doses de nitrogênio quanto a matéria seca da parte aérea, % de N da parte aérea e dos grãos, % de K da parte aérea e produtividade de grãos em Ribeirão Preto.

DOSES DE POTÁSSIO	PARTE AÉREA									GRÃOS					
	Matéria Seca			K			N			Produtividade					
	g/3pl			%						kg/ha					
	N0	N1	N2	N0	N1	N2	N0	N1	N2	N0	N1	N2	N0	N1	N2
K0	12,7	13,7	14,8	3,48	3,74	3,90	2,68	2,31	2,74	5,99	6,15	6,51	2135	2752	2805
K1	14,4	12,6	13,2	3,42	3,68	3,58	2,40	2,44	2,81	6,09	6,18	6,45	2421	2596	2757
K2	12,4	14,1	11,6	3,25	3,95	3,57	2,58	2,27	2,47	6,06	6,24	6,38	2008	2655	2946
RL 1	NS	NS	**	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
RQ 2	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
R2 3	97,33	-	94,61	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P.I. 4	28,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M/m 5	14,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

1 RL = Significância da Regressão Linear

2 RQ = Significância da Regressão Quadrática.

3 R2 = Coeficiente de Determinação (%)

4 P.I. Ponto de Inflexão

5 M/m = Produção observada com a dose máxima ou mínima obtida no ponto de inflexão.

Tabela 40. Médias das variáveis, significância das análises de regressão polinomial linear e quadrática, seus coeficientes de determinação e o ponto de inflexão com a referente produção quanto ao efeito de doses de potássio dentro de doses de nitrogênio na matéria seca e número de nódulos e quanto a redução do acetileno em Ribeirão Preto.

DOSES	NÓDULOS						REDUÇÃO DO ACETILENO			
	Matéria Seca			Número ¹						
	g/3pl			n°/3pl			nMol C ₂ H ₄ /(planta.hora)			
POTÁSSIO	N0	N1	N2	N0	N1	N2	N0	N1	N2	
K0	0,206	0,059	0,092	10,6	7,7	10,8	244	96	90	
K1	0,104	0,079	0,074	8,0	8,8	9,9	511	300	94	
K2	0,307	0,099	0,056	11,4	9,4	8,9	779	127	39	
RL ²	**	**	**	NS	**	**	**	NS	NS	
RQ ³	**	NS	NS	**	NS	NS	NS	*	NS	
R ^{2 4}	75,97	95,45	99,57	95,40	86,01	97,19	64,82	98,10	-	
P.I. ⁵	25,1	-	-	28,1	-	-	-	31,2	-	
M/m ⁶	0,097	-	-	7,9	-	-	-	300	-	

1 Dados transformados em $\sqrt{x+1}$

2 RL = Significância da Regressão Linear

3 RQ = Significância da Regressão Quadrática.

4 R² = Coeficiente de Determinação (%)

5 P.I. Ponto de Inflexão

6 M/m = Produção observada com a dose máxima ou mínima obtida no ponto de inflexão.

aumento da dose de potássio (Tabela 39).

Tanto a massa nodular como o número de nódulos apresentaram o mesmo comportamento em relação a interação de doses de potássio dentro de doses de nitrogênio. Ambos os parâmetros, no tratamento sem **N**, foram reduzidos com o aumento da dose de potássio atingindo um ponto mínimo com a dose estimada de 25,1 e 28,1 kg/ha de **K₂O**, respectivamente (Tabela 40). Com a adição de **N₁**, tanto a matéria seca como o número de nódulos foram linearmente aumentados com o aumento da dose de potássio; ocorreu o oposto no tratamento com **N₂**.

Houve aumento linear na atividade total dos nódulos com o aumento da dose de potássio no tratamento sem **N**. No tratamento com **N₁**, houve aumento na atividade total do nódulo, estimando-se uma fixação máxima com a adição de 31,20 kg/ha de **K₂O** (Tabela 40).

THOMAS & HUNGRIA (1988) observaram que o potássio pode contribuir para o transporte do **N** fixado dos nódulos para os órgãos reprodutivos. Verificaram também que quando se adicionava doses acima de 40 mg/kg de solo havia efeito sinérgico do **N** mineral sobre a nodulação.

Em relação a atividade específica do nódulo, verificou-se que no tratamento sem nitrogênio, com o aumento da dose havia aumento linear na fixação (Tabela 40). Já com a aplicação de **N₁**, ocorria um aumento na atividade total do nódulo até a dose de 31,2 kg/ha de **K₂O**.

Não houve resposta à doses de potássio quando se aplicou K_2 .

4.3.3. VOTUPORANGA

Somente houve efeito de doses de potássio em Votuporanga na matéria seca dos nódulos e na atividade total dos nódulos (Tabela 41). Houve aumento linear positivo na matéria seca de nódulos com o aumento da dose de potássio aplicada. O mesmo comportamento foi também verificado por JONES et al. (1977). O efeito na atividade total do nódulo foi positivo e quadrático. Verificou-se que ocorreria ponto de máxima fixação na dose de 31,21 kg/ha de K_2O .

4.3.3.1. DOSES DE POTÁSSIO DENTRO DE CULTIVAR

Houve interação significativa entre doses de potássio e cultivares somente quanto ao teor de N da parte aérea e matéria seca e número de nódulos (Figura 3).

Em relação ao teor de N da parte aérea (Figura 3A) o efeito de doses de potássio no cultivar IAC-14 foi do tipo quadrático estimando-se que ocorreria um acúmulo máximo com a adição de 39,06 kg/ha de K_2O .

A nodulação foi positivamente afetada pelo aumento das doses de potássio (Figuras 3B e 3C). A matéria

Tabela 41. Médias das variáveis, significância das análises de regressão polinomial linear e quadrática, seus coeficientes de determinação e o ponto de inflexão com a referente produção quanto ao efeito de doses de potássio nas matérias secas da parte aérea e de nódulos, número de nódulos, % de N da parte aérea e dos grãos, % de K da parte aérea, redução do acetileno e produtividade de grãos em Votuporanga.

DOSES	PARTE AÉREA			NÓDULOS		REDUÇÃO DO ACETILENO ²		GRÃOS	
	Matéria Seca (g/3pl)	N	K	Matéria Seca (g/3pl)	Númerol (n°/3pl)			N	Produt. (kg/ha)
POTÁSSIO			%					%	
K0	40,8	3,83	2,25	0,099	6,7	175	6,85	2139	
K1	41,7	3,97	2,26	0,113	7,0	264	6,80	2175	
K2	41,4	4,01	2,13	0,128	7,1	189	6,84	2109	
RL 3	NS	NS	NS	*	NS	NS	NS	NS	
RQ 4	NS	NS	NS	NS	NS	**	NS	NS	
R ² 5	-	-	-	74,75	-	98,09	-	-	
P.I. 6	-	-	-	-	-	31,21	-	-	
M/m 7	-	-	-	-	-	264	-	-	

1 Dados transformados em $\sqrt{x+1}$

2 Expressa em nMol de C₂H₄/(planta.hora).

3 RL = Significância da Regressão Linear

4 RQ = Significância da Regressão Quadrática.

5 R² = Coeficiente de Determinação (%)

6 P.I. Ponto de Inflexão

7 M/m = Produção observada com a dose máxima ou mínima obtida no ponto de inflexão.

Figura 3. Efeito de doses de potássio dentro de cultivares sobre a % de N da parte aérea (3A) e sobre a matéria seca (3B) e número de nódulos (3C) em Votuporanga.

seca e o número de nódulos no cultivar IAC-8 seguiram uma equação do segundo grau com coeficientes de determinação elevados. Estimou-se que ocorreria aumento na matéria e no número de nódulos até a adição de 30,42 e 27,86 kg/ha de K_2O , respectivamente. Com a aplicação de 60 kg/ha de K_2O tanto a matéria seca como o número de nódulos praticamente se igualavam com o tratamento sem potássio.

No cultivar IAC-14, verificou-se que a nodulação foi linear e positivamente aumentada com o aumento da dose de potássio (Figuras 3B e 3C).

4.3.3.2. DOSES DE POTÁSSIO DENTRO DE DOSES DE NITROGÊNIO

Em relação ao efeito de doses de potássio dentro de doses de nitrogênio verificou-se que somente houve resposta para a nodulação (Figuras 4A e 4B). Para os dados de matéria seca de nodulos observou-se que somente onde não foi aplicado N houve resposta a potássio. Nos tratamentos sem N, observou-se que houve aumento linear na massa nodular com o aumento da dose de K_2O (figura 4A). A aplicação de N_1 e N_2 não se ajustou a nenhuma função matemática. Já para número de nódulos (Figura 4B) verificou-se que ocorreria aumento linear com o aumento das doses de potássio quando tratados com N_0 e N_1 . Quando da

FIGURA 4. Efeito de doses de potássio dentro de doses de nitrogênio sobre a matéria seca (4A) e o número de nódulos (4B) em Votuporanga.

adição de N_2 ocorreria diminuição do número de nódulos com o aumento da dose de potássio adicionada.

5. CONCLUSÕES

Com os resultados obtidos nesse experimento pode-se concluir que:

- 1) Apenas a inoculação da sementes com as estirpes recomendadas não forneceu nitrogênio em quantidades exigidas para a máxima produtividade, em condições de inverno, nos três locais estudados.
- 2) A adição de nitrogênio afetou negativamente o processo de nodulação, mas não as demais características agronômicas avaliadas.
- 3) A adição de potássio não afetou a produção dos cultivares em nenhum dos locais estudados. Houve apenas efeito diferencial na absorção do elemento para o crescimento, sendo o cultivar IAC-14 mais exigente.
- 4) Em condições de inverno, nos locais estudados, deve-se adicionar nitrogênio para maximizar a produção.

- 5) Os cultivares estudados comportaram-se distintamente nos três locais quanto aos parâmetros estudados. O cultivar IAC-14 mostrou ser melhor adaptado às condições de Mococa e, o IAC-8 em Votuporanga. Em Ribeirão Preto ambos os cultivares se comportaram de modo similar.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADAMS, C. A. & SHEARD, R. W. Alterations in the nitrogen metabolism of *Medicago sativa* and *Dactylis glomerata* as influenced by potassium and sulfur nutrition. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, **46**:671-680, 1966.
- ALCÁNTAR GONZÁLES, G. & TIRADO TORRES, J. L. Las dos vías de asimilación del nitrógeno en soya y otras leguminosas. **Terra**, Chapingo, **9**: 59-68, 1991.
- ALLOS, H. F. & BARTHOLOMEW, W. Y. Replacement of symbiotic fixation by available nitrogen. **Soil Science**, Baltimore, **87**: 61-66, 1959.
- ANDREW, C. S. & BRYAN, W. W. Pasture studies on the coastal lowlands of sub-tropical Queensland: I - Introduction and initial plant nutrient studies. **Australian Journal of Agricultural Research**, Melbourne, **6**: 265-290, 1955.
- BARTA; A. L. Response of symbiotic N₂ fixation and assimilate partitioning to K supply in alfalfa. **Crop Science**, Madison, **22**: 89-92, 1982.

- BATAGLIA, O. C.; MASCARENHAS, H. A. A. Nutrição mineral da soja In: **A soja no Brasil Central**. Campinas, Fundação Cargill. 1982. 2a. ed. rev. ampl. p115-133.
- BATAGLIA, O. C.; TEIXEIRA, J. P. F. ;FURLANI, P. R.; FURLANI; A. M. C.; GALLO, J. R. **Análise química de plantas**. Campinas, Instituto Agronômico, 1978. 31p (Circular,87)
- BEARD, B. H. & HOOVER, R. M. Effect of nitrogen on nodulation and yield of irrigated soybeans. **Agronomy Journal**, Madison, **63**: 815-816, 1971.
- BHANGOO, M. S. & ALBRITTON, D. J. Effect of fertilizer nitrogen, phosphorus, and potassium on yield and nutrient content of Lee soybeans. **Agronomy Journal**, Madison, **64**: 743-746, 1972.
- BOONKERD, N.; WEBER, D. F.; BEZDICEK, D. F. Influence of *Rhizobium japonicum* strains and inoculation methods on soybeans grown in Rhizobia-populated soil. **Agronomy Journal**, Madison, **70**: 547-549, 1978.
- BOSWELL, F. C. & ANDERSON, O. E. Effect of time of molybdenum application on soybean yield and nitrogen, oil and molybdenum contents. **Agronomy Journal**, Madison, **61**: 58-60, 1969.

BOUNIOIS, A.; CABELGUENNE, M.; JONES, C. A.; CHALAMET, A.; CHARPENTEAU, J. L.; MARTY, J. R. Simulation of soybean nitrogen nutrition for a silty clay soil in southern France. **Field Crops Research**, Amsterdam, **26**: 19-34, 1991.

BOUNIOIS, A.; CLEYENT-MAREL, J. C.; CROZAT, Y., DREVON, J. J.; HECKMAN, M.O.; ABATON, J.; SALSAC, L.; LAGACHERIE, B.; CONEJERO, G.; ROBIN, O.; WERY, J.; WARENBOURG, F. F. Nutrition azotée du soya: les 2 voies de l'assimilation de l'azotée. In: **Le soja: physiologie de la plante et adaptation aux conditions françaises**. Ed. Ceyton-INRA, 1986, p38-46.

BUIS, R.; BARTHOU, H.; ROUX, B. Effect of temporary chilling on foliar and caulinary growth and productivity in soybean (*Glycine max*). **Annals of Botany**, Londres, **61**:705-715, 1988.

CALDWELL, B. E. & VEST, G. Nodulation interaction between soybean genotypes and serogroups of *Rhizobium japonicum*. **Crop Science**, Madison, **8**: 680-682, 1968.

CARRIERI, A. P.; TSUNECHIRO, A.; BESSA JUNIOR, A. A.; ALMEIDA, A.; AGUIAR, A. R. C.; AMARO, A. A.; FERREIRA, C. R. R. P. T.; SILVA, C. R. L.; BASTOS FILHO, G. S.; OKAWA, H.; KIYUNA, I.; SILVA, J. R.; GONÇALVES, J. S.;

MIRANDA, L. C.; ROCHA, M. B.; MARGARIDO, M. A.; OLIVEIRA, M. D. M.; MIRANDA, M. C.; MARTIN, N. B.; JUNQUEIRA, P. C.; OLIVEIRA, S. J. M.; NOGUEIRA JUNIOR, S.; FREITAS, S. M.; ARRUDA, S. T.; MARTINS, S. S.; OLIVEIRA, V. F. Prognóstico agrícola 1993/94: algodão, amendoim, arroz, feijão, mandioca, milho, soja. **Informações Econômicas**, São Paulo, **23**: 86-95, 1993.

COSTA, J. A. & MARCHEZAN, E. **Características dos estádios de desenvolvimento da soja**. Campinas, Fundação Cargill, 1982. 30p.

DE MOOY, C. J. & PESEK, J. Nodulation responses of soybeans to added phosphorus, potassium and calcium salts. **Agronomy Journal**, Madison, **58**: 275-280, 1966.

DUKE, S. H. & COLLINS, M. Role of potassium in legume dinitrogen fixation. In: MUNSON, R. D. (ed.) **Potassium in agriculture**. Madison, American Society of Agronomy, 1985. p443-465.

DUKE, S. H.; COLLINS, M.; SOBERALSKE, R. M. Effects of potassium fertilization on nitrogen fixation and nodules enzymes of nitrogen metabolism in alfalfa. **Crop Science**, Madison, **20**: 213-219, 1980.

- EAGLESHAM, A. R. J.; AYANABA, A.; RANGA RAO, V.; ESKEW, D. L. Mineral N effects on cowpea and soybean crops in a Nigerian soil. I. Development, nódulation, acetylene reduction and grain yield. **Plant and Soil**, Haia, **68**: 171-178, 1982.
- FRANCO, A. A. & DOBEREINER, J. Especificidade hospedeira na simbiose com *Rhizobium*-feijão e influência de diferentes nutrientes. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, **2**: 467-474, 1967.
- FRANCO, A. A.; FONSECA, O. O. M.; MARRIEL, I. E. Efeito do nitrogênio mineral na atividade da nitrogenase e da nitrato-redutase durante o ciclo da soja no campo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, **2**: 110-114, 1978.
- GIBSON, A. H. & HARPER, J. E. Nitrate effect on nodulation of soybean by *Bradyrhizobium japonicum*. **Crop Science**, Madison, **25**:497-501, 1985.
- HAM, G. E.; LIENER, I. E.; EVANS, S. D.; FRAZIER, R. D.; NELSON, W. W. Yield and composition of soybean seed as affected by N and S fertilization. **Agronomy Journal**, Madison, **67**: 293-297, 1975.

HAMMOND, L. C. Rate nutrient uptake by soybeans on two Iowa soils. Ames, 1949. 104p. (M.S. Thesis, Iowa State University).

HANWAY, J. J. & THOMPSON, H. E. **How a soybean plant develops?** Ames. Iowa State University of Science and Technology. Cooperative Extension Service. Ames. 1971. 17p (Special Report, 53 rev).

HANWAY, J. J. & WEBER, C. R. Accumulation of N, P, and K by soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) plants. **Agronomy Journal**, Madison, **63**: 406-408, 1971a.

HANWAY, J. J. & WEBER, C. R. Dry matter accumulation in soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) plants as influenced by N, P, and K fertilization. **Agronomy Journal**, Madison, **63**: 263-266, 1971b.

HANWAY, J. J. & WEBER, C. R. N, P, and K percentages in soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) plant parts. **Agronomy Journal**, Madison, **63**: 286-290, 1971c.

HARDY, R. W. F.; BURNS, R. C.; HOLSTEN, R. D. Applications of the acetylene-ethylene assay for measurement of nitrogen fixation. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, **5**: 47-81, 1973.

HARPER, J. E. Contribution of dinitrogen and soil fertilizer nitrogen to soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) production. In: HILL, L.D. (ed.) **World Soybean Research**. 1976. Proceedings of the World Soybean Conference. Danville. Interstate Printers & Publishers Inc., p101-107

HATCH, D. J. & MACDUFF, J. H. Concurrent rates of N₂ fixation, nitrate and ammonium uptake by white clover in response to growth at different root temperatures. **Annals of Botany**, Londres, **67**: 265-274, 1991.

HERRIDGE, D. F. & BERGENSEN, F. J. Symbiotic nitrogen fixation In: WILSON, J.R. (ed.) **Advances in nitrogen cycling in agricultural ecosystems**. Symposium on Advances in Nitrogen Cycling in Agricultural Ecosystems. 1987. CAB, Brisbane. 1988. p46-65.

HINSON, K. Nodulation responses from nitrogen applied to soybean half-root systems. **Agronomy Journal**, Madison, **67**: 799-804, 1975.

JIMÉNEZ J., A. M.; OLALDE-PORTUGAL, V. ; PEÑA-CABRIALES Evaluación en campo de *Bradyrhizobium japonicum* en dos variedades de soya (*Glycine max* L.). **Terra**, Chapingo, **9**: 79-86, 1991.

- JOHNSON, H. W. & MEANS, U. M. Interactions between genotypes of soybean and genotypes of nodulating bacteria. **Agronomy Journal**, Madison, **52**: 651-654, 1960.
- JONES, G. D.,; LUTZ, J. A.; SMITH, T. J. Effects of phosphorus and potassium on soybean nodules and seed yield. **Agronomy Journal**, Madison, **69**:1003-1006, 1977.
- KANAYAMA, Y. & YAMAMOTO, Y. Inhibition fo nitrogen in soybean plants supplied with nitrate. II. Accumulation and properties of nitrosylleghemoglobin in nodules. **Plant Cell Physiology**, Kyoto, **31**: 207-214, 1990
- KURTZ, L. T. Fertilizer needs of the soybean. In: HILL, L.D. (ed.) **World Soybean Research**: Proceedings of the World Soybean Research Conference. Danville, Interstate Printers & Publishers 1976. p85-100.
- LATHWELL, D. J. & EVANS, E. E. Nitrogen uptake from solution by soybeans at successive stages of grown. **Agronomy Journal**, Madison, **43**: 264-270, 1951.
- MALAVOLTA, E. & CRÓCOMO, O. J. O potássio e a planta. In: Simpósio sobre potássio na agricultura brasileira. Piracicaba. **Anais**. Fundação IAPAR, Londrina, 1982. p95-112.

MARKUS, O. K. & BATTLE, W. R. Soil and plant responses to long-term fertilization of alfalfa (*Medicago sativa* L.). **Agronomy Journal**, Madison, 57:613-616, 1965.

MASCARENHAS, H. A. A.; BRAGA, N. R.; MIRANDA, M. A. C.; TISSELLI FILHO, O.; MIYASAKA, S. Calagem e adubação da soja. In: **A soja no Brasil Central**. Fundação Cargill. 2a. ed. rev. ampl. Campinas, 1982 p 137-211.

MASCARENHAS, H. A. A.; BRAGA, N. R.; TISSELI FILHO, O.; MIRANDA, M. A. C.; ROSTON, A. J. **Calagem e adubação para a soja**. Campinas, Instituto Agronômico, 1976. 7p. (Circular, 51).

MASCARENHAS, H. A. A.; DEMATTÊ, J. D.; MIYASAKA, S.; IGUE, T. Estudos preliminares sobre a adubação econômica da soja (*Glycine max* (L.) Merrill), na região da Alta Mogiana, em latosol roxo e latosol vermelho-escuro, fase arenosa. Instituto Agronômico, Projeto BNDE/ANDA/CIA (3) 1971 7p.

MASCARENHAS, H. A. A.; HIROCE, R.; BRAGA, N. R.; MIRANDA, M. A. C.; BULISANI, E. A.; POMMER, C. V.; SAWAZAKI, E.; GALLO, P. B.; PEREIRA, J. C. V. N. A. Efeito do N residual de soja na produção do milho. 2 ed. rev. atual. Campinas, Instituto Agronômico, 1983. 24p (Boletim técnico, 58).

MASCARENHAS, H. A. A.; NEPTUNE, A. M. L.; MURAOKA, T.; BULISANI, E. A.; HIROCE, R. Absorção de nutrientes por cultivares de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, 4: 92-96, 1980.

MIRANDA, M. A. C.; BULISANI, E. A.; MASCARENHAS, H. A. A.; PEREIRA, J. C. V. N. A.; GALLO, P. B.; LÉLIS, L. G. L.; TAVARES, D. Q.; COSTA, A. S. **Cultivar de soja IAC-14**. Campinas. Instituto Agronômico, 1988. 4p. (Folder).

MIRANDA, M. A. C.; MASCARENHAS, H. A. A.; BRAGA, N. R.; KIIHL, R. A. S. **Cultivar de soja "IAC-8"** Campinas, Instituto Agronômico, 1980. 8p. (Circular,113).

MIYASAKA, S.; GUIMARÃES, G.; KIIHL, R.; LOVADINI, L. A. C.; DEMATTÊ, J. D. Variedades de soja indiferentes ao fotoperiodismo e tolerantes a baixas temperaturas. **Bragantia**, Campinas, 29:169-173, 1970.

MUZILLI, O. Nutrição e adubação potássica da soja no Brasil. In: YAMADA, T. et al. Piracicaba, Instituto da Potassa & Fosfato/Instituto Internacional da Potassa. 1982. p.339-372.

- NANGJU, D. Soybean response to indigenous rhizobia as influenced by cultivar origin. **Agronomy Journal**, Madison, **72**: 403-406, 1980.
- NOGUEIRA, M. C. S. **Curso de estatística experimental aplicada a experimentação agronômica**. Piracicaba. ESALQ. 1991. 168p.
- OHLROGGE, A. J. Mineral nutrition of soybeans. **Advances in Agronomy**, Ann Arbor, **122**: 229-263, 1960.
- OLIVEIRA, J. B. & PRADO, H. **Levantamento pedológico semi-detalhado do Estado de São Paulo: quadricula de Ribeirão Preto SF-233-V-C-I**. Campinas. Instituto Agrônomo, 1983. Escala 1:100.000 (Convênio Embrapa-SAA).
- OUATTARA, S. & WEAVER, D. B. Effect of growth on yield and agronomic characteristics of late-planted soybean. **Crop Science**, Madison, **34**: 870-873, 1994.
- PATTERSON, T. G. & LARUE, T. A. Nitrogen fixation by soybeans: seasonal and cultivar effects and comparisons of estimates. **Crop Science**, Madison, **23**: 488-492, 1983.

- PERKINS, A. T. The effect of several mineral fertilizers upon nodulation of Virginia soybeans. **Soil Science**, Baltimore, 17: 439-447, 1924.
- PUECH, J. & BOUNIOLS, A. Besoins en eau en azote du soya: importance des phases sensibles. In: **Le soya: physiologie de la plante et adaptation aux conditions françaises**. CETION-INRA.1986. p33-37.
- RAPER JR, C. D. & BARBER, S. A. Rooting system of soybeans. II. Physiological effectiveness as nutrient absorption surfaces. **Agronomy Journal**, Madison, 62: 585-588, 1970.
- REESE JR, P. F. & BUSS, G. R. Response of dryland soybeans to nitrogen in full-season and doublecrop systems. **Journal of Production Agriculture**, Madison, 5:528-531, 1992.
- RITCHEY, K. D.; SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. Potássio em solo de cerrado.I. Resposta à adubação potássica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, 3: 29-32, 1979.
- SINCLAIR, T. R. & DE WIT, C. T. Photosynthate and nitrogen requiremens for seed production by various crops. **Science**, Washington, 189: 565-567, 1975.

SINCLAIR, T. R.; SOFFES, A. R.; HINSON, K.; ALBRECHT, S. L.; PFAHLER, P. L. Genotypic variation in soybean nodule number and weight. **Crop Science**, Madison, **31**: 301-304, 1991.

SUTTON, C. D. Cual es la mejor fuente de nitrógeno? **Agricultura de las Americas**, Overland Park, **42**: 6-11, 1993.

STAMFORD, N. P.; NEPTUNE, A. M. L.; SILVA, E. P. Efeito do potássio em presença de N-mineral, na nodulação, crescimento e absorção de nutrientes por *Vigna unguiculata* (L.) Walp. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, **4**: 99-103, 1980.

TANAKA, A. The physiology of soybean yields improvement. In: SHANMUGASUNDARAM, S. & SULZBERGER, E.W. (ed.) **Soybean in Tropical and subtropical cropping systems**. The Asian Vegetable Research and Development Center, Shanhua, Taiwan, China. 1985. p323-331.

TANAKA, R. T. & MASCARENHAS, H. A. A. **Soja: nutrição, correção do solo e adubação**. Campinas, Fundação Cargill, 1992. 60p.

TANNER, J. W. & ANDERSON, I. C. External effect to combined nitrogen on nodulation. **Plant Physiology**, Lancaster, **39**:1039-1043, 1964.

THOMAS, J. F. & RAPER JR, C. D. Photoperiodic control of seed filling for soybeans. **Crop Science**, Madison, **16**: 667-672, 1976.

THOMAS, R. J. & HUNGRIA, M. Effect of K on N₂ fixation transport and n harvest index of beans (*Phaseolus vulgaris*). **Journal of Plant Nutrition**, New York, **11**: 175-188, 1988.

TSAI, S. M.; BONETTI, R.; AGBALA, S. M.; ROSSETTO, R. Minimizing the effect of mineral nitrogen on biological nitrogen fixation in common bean by increasing nutrient levels. **Plant and Soil**, Haia, **152**: 131-138, 1993.

UZIAK, Z. Investigations on nitrogen of soybean (*Glycine hispida*) and tomato (*Solanum lycopersicum*). **Annales Universitatis Mariae Curie-Sklodowska**, Lublin, **15E**: 145-176, 1960.

UZIAKOWA, Z. The influence of different forms nitrogen nutrition upon the growth and symbiosis of soybeans. **Acta Microbiologica Polonica**, Warszawa, **8**: 315-318, 1959.

VASILAS, B. L. & FUHRMANN, J. J. Field response of soybean to increased dinitrogen fixation. **Crop Science**, Madison, 33: 785-787, 1993.

VERNETTI, F. J. **Soja**. Campinas. Fundação Cargill, 2v. 1983. 990p.

VERNETTI, F. J. **Inoculação da soja**. Ministério da Agricultura. Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária do Sul. 1971. Pelotas. 31p. (Boletim técnico, 75).

VEST, G. D.; WEBER, F.; SLOGER, C. Nodulation and nitrogen fixation. In: CALDWELL, B. E.; JOHNSON, H. W. (ed.) **Soybeans: Improvement, production and uses**. Madison, American Society of Agronomy, 1973. p353-390.

WATERER, J. G.; VESSEY, J. K.; RAPER JR, C. D. Stimulation of nodulation in field peas (*Pisum sativum*) by low concentrations of ammonium in hydroponic culture. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, 86: 215-220, 1992.

WEBER, C. R. Nodulating and nonnodulating soybean isolines: II. Response to applied nitrogen and modified soil conditions. **Agronomy Journal**, Madison, 58: 46-49, 1966.

YAMADA, T. O **potássio na cultura da soja**. Associação Brasileira para pesquisa da Potassa e do Fosfato, Piracicaba, 1993. 4p (Informações Agronômicas, 64)