

**EFEITO DE DOSES E MODOS DE
APLICAÇÃO DE POTÁSSIO EM
CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS
DA SOJA**

RICARDO AUGUSTO DIAS KANTHACK
Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof. Dr. GIL MIGUEL DE SOUSA CÂMARA

Dissertação apresentada à
Escola Superior de Agricultura
"Luiz de Queiroz", da
Universidade de São Paulo, para
a obtenção do título de Mestre
em Agronomia, Área de
Concentração: Fitotecnia.

P I R A C I C A B A
Estado de São Paulo-Brasil
Fevereiro de 1995

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

Kanthack, Ricardo Augusto Dias
K16e Efeito de doses e modos de aplicação de potássio em características agrônômicas da soja. Piracicaba, 1995.
118p. ilus.

Diss.(Nestor) - ESALQ
Bibliografia.

1. Potássio em soja 2. Soja - Característica agrônômica 3. Soja - Nutrição
I. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba

CDD 633.34

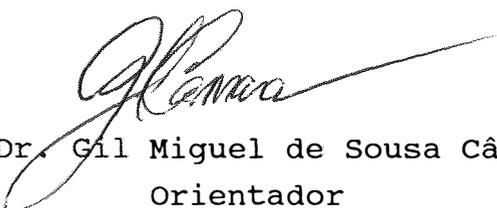
**EFEITO DE DOSES E MODOS DE
APLICAÇÃO DE POTÁSSIO EM
CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS
DA SOJA**

RICARDO AUGUSTO DIAS KANTHACK

Aprovada em: 24.04.1995

Comissão julgadora:

Prof. Dr. Gil Miguel de Sousa Câmara	ESALQ/USP
Pqc. Dr. Carlos Antonio Menezes Ferraz	IAC/SAA
Pqc. Dr. Eduardo Antonio Bulisani	IAC/SAA


Prof. Dr. Gil Miguel de Sousa Câmara
Orientador

DEDICATÓRIA

Ao DEUS que é soberano sobre todas as coisas;
e, acima dessa soberania, é DEUS de amor.

"O temor do SENHOR é o princípio da sabedoria; bom entendimento teem todos os que lhe obedecem; o seu louvor permanece para sempre." Salm., cp.111, v.10.

À Neusa,

"Mulher virtuosa quem achará? O seu valor em muito excede o de rubins. O coração do seu marido está nela confiado,...e a sua lâmpada não se apaga de noite....A força e glória são seus vestidos, e ri-se do dia futuro. Abre a boca com sabedoria, e não come o pão da preguiça. Levantam-se seus filhos e chamam-na de bem-aventurada, como também seu marido, que a louva dizendo: Muitas filhas obraram virtuosamente, mas tu a todas és superior." Prov., cp.31, v.10 a 29.

À Carolina e Thiago,

Geração santa que DEUS me colocou nas mãos, como flechas abençoadas nas mãos do arqueiro.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, por me ensinarem a honrá-los segundo os mandamentos de DEUS e pela abnegação amorosa no transcorrer do caminho.

Aos meus irmãos pelo apoio amoroso dispensado nas diversas circunstâncias, não só acadêmicas da vida.

Aos meus avós, Albert, Hertha, José Florêncio e Laudelina, pelo investimento em uma geração que continua a acreditar que, "tudo vale a pena, quando a mente não é pequena."

Ao Instituto Agronômico de Campinas - IAC, através dos Drs. Carlos A. Menezes Ferraz e Otávio Tisselli filho, incentivadores ao iniciar e findar do curso, respectivamente.

À Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", que através da pessoa do Prof. Dr. Gil M. de Sousa Câmara, possibilitou a efetivação de ensinamentos fundamentais para o exercício das atividades de Pesquisador Científico.

Aos Drs. Hipólito A. A. Mascarenhas, Eduardo A. Bulisani, Pedro R. Furlani e Tsuioshi Yamada pelas sugestões oferecidas.

Às PqCs Dayse S. Spoladore, e Gláucia M. B. Ambrosano, pelos auxílios nas realizações das análises bioquímicas e estatísticas, respectivamente.

Aos funcionários da EEAVP - IAC: Adriana de Almeida, Alvacir J. da Silva, Aparecido Petris, Erasmo A. O. Santos, José C. Donellas, José C. Pugliesi, Paulo C. Recco e Silvio R. Nascimento, pelos auxílios nas coletas, tabulações e digitações dos dados.

À XV turma de Agronomandos da FCA - Botucatu - UNESP, pela contribuição inestimável na formação acadêmica e pessoal.

ÍNDICE

	Pág.
RESUMO.....	viii
SUMMARY.....	x
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DA LITERATURA.....	4
2.1. Potássio no solo.....	4
2.2. Potássio na planta.....	6
2.3. Respostas da soja à adubação potássica.....	8
2.3.1. Resposta da soja a doses de potássio.....	8
2.3.2. Resposta da soja aos modos e doses de aplicação de potássio.....	13
2.3.3. Resistência a doenças e doses de potássio..	15
2.4. Crescimento.....	17
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	21
3.1. Local e época.....	21
3.2. Cultivar.....	21
3.3. Solo.....	22
3.4. Instalação do experimento.....	23
3.5. Delineamento experimental.....	24
3.6. Características agronômicas avaliadas.....	27
3.6.1. Altura de planta (cm).....	27
3.6.2. Número de nós vegetativos.....	27
3.6.3. Comprimento médio de internódios (cm).....	27
3.6.4. Estimativa da área foliar.....	28

	vi
3.6.5. Índice área foliar.....	28
3.6.6. Taxa assimilatória líquida (TAL).....	28
3.6.7. Acúmulo da massa seca da parte aérea.....	29
3.6.8. Taxa de crescimento cultural (TCC).....	29
3.6.9. Massa seca de hastes.....	30
3.6.10. Massa seca de folhas.....	30
3.6.11. Massa seca de vagens por dez plantas.....	30
3.6.12. Rendimento de grãos (kg/ha).....	30
3.6.13. Teores de macronutrientes nas folhas.....	31
3.6.14. Teores de macronutrientes e micronutrien- tes nos grãos.....	31
3.6.15. Teores de óleo e proteínas nos grãos.....	31
3.6.16. Análise do solo após colheita.....	32
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	33
4.1. Condições ambientais do experimento.....	33
4.2. Altura de plantas.....	35
4.3. Número de nós vegetativos.....	38
4.4. Comprimento de internódios.....	38
4.5. Estimativa da área foliar.....	41
4.6. Índice área foliar (IAF).....	44
4.7. Taxa Assimilatória Líquida (TAL).....	50
4.8. Acúmulo da massa seca da parte aérea.....	53
4.9. Taxa de Crescimento Cultural (TCC).....	58
4.10. Massa seca de hastes.....	60
4.11. Massa seca de folhas.....	64

4.12. Massa seca de vagens por dez plantas.....	68
4.13. Rendimento de grãos (kg/ha).....	71
4.14. Teores de macronutrientes nas folhas.....	73
4.15. Teores de macronutrientes nos grãos.....	87
4.16. Teores de micronutrientes nos grãos.....	92
4.17. Teores de óleo e proteínas nos grãos.....	94
4.18. Análise do solo após a colheita.....	95
5. CONCLUSÕES.....	103
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	105

**EFEITO DE DOSES E MODOS DE
APLICAÇÃO DE POTÁSSIO EM
CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS
DA SOJA**

Autor: Ricardo Augusto Dias Kanthack

Orientador: Prof. Dr. Gil Miguel de Sousa Câmara

RESUMO

Com objetivo de se estudar os efeitos de doses de potássio, bem como as modalidades de sua aplicação em área total em pré-semeadura, no sulco de semeadura, e em parcelamento na semeadura e em cobertura aos 30 dias após a emergência, sobre caracteres agronômicos da cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill), instalou-se um ensaio em Piracicaba SP), Campus da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"-USP, em LVe textura média com 0,07 meq de K^+ no solo. O delineamento utilizado foi o de blocos ao acaso com 4 repetições, com os tratamentos distribuídos em fatorial 3x4 (doses x modos), com 4 tratamentos adicionais que consistiram na não adição e parcelamentos de K_2O .

Dos resultados, pôde-se concluir que, as doses,

os modos de aplicação e parcelamentos de doses de K_2O no solo, tiveram efeitos significativos para a estimativa da área foliar, índice área foliar, taxa assimilatória líquida, taxa de crescimento cultural e acúmulo da massa seca da parte aérea da soja. Entretanto, tais efeitos não influenciaram significativamente na produção, teores de óleo, proteínas e micronutrientes nos grãos. As doses e o parcelamento de 30 + 90 kg de K_2O/ha no sulco de semeadura e aos 30 dias da emergência aumentaram os teores de K^+ nos grãos. Foram obtidas correlações significativas para os teores de P, K^+ , Ca^{++} e Mg^{++} nos tecidos foliares, em função de doses e modos de aplicação e parcelamento do K_2O . As doses de K_2O interferiram significativamente no acúmulo de massa seca nos períodos de 28 a 56 dias da emergência, e por ocasião da maturação fisiológica; no peso das folhas, observou-se o efeito de doses até os 70 dias da emergência. O modo de aplicação de K_2O mostrou efeitos significativos para o peso de hastes e vagens aos 140 dias da emergência. Obtiveram-se correlações significativas para os teores de P no solo e nos tecidos foliares devido aos modos e doses de aplicação do K_2O . A exportação de macronutrientes pelos grãos, considerando a produtividade média do ensaio de 3.168 kg/ha, encontra-se dentro das amplitudes de valores observadas por outros pesquisadores. Para os micronutrientes, obtiveram-se valores diferenciados para Fe (215 g/ha), Zn (124 g/ha) e B (95g/ha).

**EFFECT OF THE DOSIS AND
METHODS OF APPLICATION OF
POTASSIUM IN AGRONOMIC
CHARACTERISTICS OF SOYBEAN**

Author: Ricardo Augusto Dias Kanthack

Adviser: Prof. Dr. Gil Miguel de Sousa Câmara

SUMMARY

The unavailability of potassium for the soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) crop under several soil condition in the State of São Paulo, Brazil, may be induced by the excess of liming and long term utilization of inadequate fertilizer formulas, in addition to erosion, leaching and the cultivation of highly yielding cultivars with high K^+ demand. Up to now, soybean yield decreases and nutritional disorders symptoms were assumed to be due to stink bug attack or even failure in polinization and/or fertilization.

A field trial was carried out in Piracicaba, SP at the ESA "Luiz de Queiróz" campus, in a LVe soil with 0,07 meq available K^+ . The aim of the experiment was to study the effect of amounts of applied K^+ in the soil on the agronomic

characteristics of soybeans plants. Potassium was applied in three different ways: a) incorporated into soil before sowing, b) distributed in the sowing row with the seeds, c) sidedressed one month after emergence.

The experiment design was a randomized complete block with 4 replications and treatments were arranged in a factorial 3 x 4 (dosis vs. time of K^+ application) plus four additional treatments: three of sidedressing and one control without K^+ .

No effects were observed for applied K^+ on grain yield, protein, oil and micronutrients contents in the seeds. Applied K^+ on sidedressing (60 kg K^+ /ha) increased K content in the seeds. Significant correlations were obtained for leaf P, K^+ , Ca^{++} and Mg^{++} as function of amounts and times of K^+ application. Amounts of applied potassium influenced significantly on the dry matter yields of aerial parts from 28 to 56 days and then also after 140 days post germination; and on the leaves from 28 to 70 day after germination. Shoot and pod weight at 140 days after germination were influenced for K application, as well. Soil P determined in post harvest and P in the leaves were also influenced by added K^+ . The accumulation of macronutrients in the grains, considering an average productivity of 3,168 kg/ha, was found to be within the range of values observed by other researchers, Whereas it was differentiated for Fe (215 g/ha), Zn (124 g/ha) and B (95 g/ha).

1. INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é a mais importante espécie oleaginosa cultivada no mundo, participando com uma produção de 115,20 milhões de toneladas, representando 51% da produção mundial das principais oleaginosas (soja, algodão, amendoim, girassol, colza, linho, copra e palma) considerando-se o ano agrícola 1992/93.

Estudos realizados pelo BANCO MUNDIAL (1988) apontam que aumentos significativos na produção e comercialização da soja em nível mundial não são factíveis, devendo permanecer nos patamares de 110 a 120 milhões de toneladas anuais. Por esse motivo, países como Brasil, Argentina e Paraguai, produtores de soja, deverão fazer grandes investimentos para tornar sua sojicultura mais competitiva internacionalmente.

A soja é, concomitantemente, importante fonte de proteína, sendo seu farelo, o principal produto protéico vegetal comercializado no mundo.

Dados da Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (1992) mostram que, no final da década de 60, a produção de soja aumentou significativa e

proporcionalmente à área cultivada, até a década de 80, quando passou de 1,5 milhão para 15 milhões de toneladas de grãos. Porém, a média nacional de 1.800 kg/ha de grãos, está aquém do verdadeiro potencial produtivo da espécie, que se situa ao redor de 4.000 kg/ha. Entre vários fatores que determinam a baixa produtividade, destacam-se falta de política agrícola, a inadequação nutricional em função da fertilidade do solo e altos custos dos insumos, o cultivo contínuo, ou seja, em monocultivo do binômio soja-trigo e a expansão para os solos sob cerrado que são, naturalmente, de baixa fertilidade.

Neste contexto, tanto as novas recomendações para correção do solo (calagem para elevar a saturação por bases (V%) e aumentar a disponibilidade de cálcio e magnésio), como o uso de poucas fórmulas de adubação por período relativamente longo e, também, o cultivo de genótipos mais produtivos e mais responsivos às adubações, podem ter causado desequilíbrio na disponibilidade de potássio no solo para as plantas, quer pelas alterações devido às adições entre as relações dos cátions trocáveis (Ca + Mg/K), quer pela maior exportação do nutriente.

Vários foram os fatores que levaram à expansão da sojicultura e seu estabelecimento nas condições do cerrado. Entre outros, citam-se a rusticidade da planta e relações econômicas, até então, favoráveis. Entretanto, atualmente, o quadro está modificado, e para o sucesso do

cultivo são necessários conhecimentos mais aprofundados das tecnologias disponíveis dentro do manejo da cultura, solo e do meio ambiente, para produções economicamente viáveis.

Dessa forma, o presente trabalho foi elaborado para estudar os efeitos de doses de K_2O , bem como as modalidades de aplicação em área total em pré-plantio, no sulco de semeadura e em parcelamento em cobertura, e parcelamento em tratamentos adicionais, analisando-se as possíveis alterações em caracteres agronômicos da planta da soja.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Potássio no solo

Além do potássio estrutural dos minerais, este elemento ocorre também na forma de cátion trocável e na solução do solo como íon hidratado, o qual é absorvido pelas plantas (MALAVOLTA, 1982), (YAMADA & BORKERT, 1992).

Segundo YAMADA & BORKERT (1992), o potássio do solo provém da decomposição de minerais primários, sendo seu teor dependente da natureza do material de origem, do grau de intemperização e do uso agrícola a que este solo foi submetido. Esses autores, ainda, citam que os solos da Região Sul do Brasil, área tradicional da cultura da soja, apresentam um adequado suprimento de potássio, exceto naqueles de baixa CTC. Apontam, ainda, que nas áreas de expansão agrícola, especialmente no Centro-Oeste brasileiro sob cerrados, os solos encontram-se com teores deficientes do nutriente.

Após a intemperização inicial da muscovita e da biotita (minerais primários micáceos com até 98% do K estrutural) são formados os secundários, (feldspatos e illitas), de fácil intemperização, a partir dos quais ocorre

a liberação do potássio para a solução do solo (MIELNICZUK, 1982).

TANAKA et al. (1993) afirmam que o potássio é disponível para a planta e sujeito à absorção tanto na forma de cátion monovalente da solução do solo, quanto na forma trocável, que fica adsorvida aos colóides orgânicos e minerais. A terceira forma, não disponível, é aquela presente nas rochas e minerais não intemperizados, ou ainda fixada pela ausência de argilas expansivas do tipo 2:1. Os autores resumem que as interações do cálcio e magnésio sobre a dinâmica do potássio é a seguinte: por serem cátions, ambos competem pelos mesmos sítios de trocas catiônicas dos colóides e, dessa forma, a atividade de um diminui a dos outros, provocando o deslocamento para a solução do solo.

Com relação ao K trocável, RAIJ (1982) discute que somente nessa forma existem informações suficientes para o estabelecimento dos limites de disponibilidade nos solos, e embora seja reconhecida a importância da relação Ca+Mg/K, não é ainda satisfatoriamente delimitada. Afirma, ainda, que estudos para o conhecimento sobre reservas de potássio de camadas mais profundas do solo devem ser intensificadas.

Em solos nos quais somente a matéria orgânica, caulinita e óxidos de ferro e alumínio são os responsáveis pela CTC, o potássio trocável representa o teor disponível do elemento, sendo o potássio na solução do solo pouco representativo e de difícil determinação. Nos solos com

minerais potássicos, inclusive com argila do tipo 2:1, a situação é outra, pois existe equilíbrio entre o potássio trocável e uma parte do potássio não trocável (RAIJ, 1991).

Para os solos de clima temperado, o mesmo autor menciona que as frações não trocáveis são muito importantes e chegam a condicionar, em parte, os teores trocáveis, impedindo-os de aumentar ou diminuir, dentro de limites, devido à uma reação de equilíbrio reversível.

MALAVOLTA (1982) aponta a necessidade de outros estudos sobre a dinâmica do K, sua relação com outros nutrientes nos solos tropicais ácidos e sobre a localização do fertilizante potássico no solo.

2.2. Potássio na planta

Conforme MALAVOLTA (1980), as funções fisiológicas do potássio nas plantas são: participação no metabolismo e formação de carboidratos; quebra e translocação do amido; atuação no metabolismo do nitrogênio e síntese de proteínas; regulação da atividade de vários nutrientes; neutralização de ácidos orgânicos; e ajuste da relação entre o movimento estomatal e água, através da turgidez da célula.

Quantitativamente, o potássio é o segundo nutriente mais exigido pela soja, visto que a maior parte é absorvida pelas plantas durante a fase de crescimento vegetativo, quando altas taxas de absorção implicam numa

competição com outros cátions (TANAKA et al., 1990).

Segundo RAIJ (1991), o potássio é absorvido como K^+ e mantém-se sempre nesta forma no interior da planta, sendo o mais importante cátion na fisiologia vegetal, não fazendo parte de compostos específicos e não possuindo função estrutural. É extremamente móvel na planta, sendo comum sua distribuição das folhas velhas para as novas. Os órgãos de plantas em gênese são supridos preferencialmente; assim, os tecidos meristemáticos e frutos novos têm altos teores de potássio. MALAVOLTA (1976) aponta os teores mínimos adequados de potássio em folhas, nos grãos e na planta inteira de soja, como 1,7 , 1,9 e 1,28% respectivamente. Faixas de suficiência de potássio nas folhas foram obtidas por Peck (1979)¹, citado por TANAKA & MASCARENHAS (1992) de 1,71 a 2,5%. Segundo esses autores, para uma produção de 18 toneladas/hectare de massa seca, da parte aérea extraiu-se mais de 340 kg de potássio/hectare, e por volta de 60 kg de K_2O /ha foram exportados pelos grãos. Por esses dados, infere-se que para cada 1.000 kg de grãos produzidos exporta-se em torno de 20 kg de K_2O , acarretando um déficit de 30 kg de K_2O /hectare/ano. Isso confirma a necessidade de doses mais altas das que são, atualmente, recomendadas nas regiões tradicionais no cultivo da soja, onde são utilizadas novas variedades de maior

¹PECK, T.R. Plant analysis for production agriculture. In: **SOIL PLANT ANALYSIS WORKSHOP**, 7., Bridgetown, 1979, **Proceedings**, 1979. p.1-45.

potencial genético-produtivo.

Os sintomas de deficiência de potássio, em áreas tradicionais de cultivo da soja, no Estado de São Paulo, são descritos por MASCARENHAS et al. (1987) que, além da clorose internerval com queima dos bordos dos folíolos, provocam também os sintomas de haste verde, retenção foliar, mau pegamento das vagens e formação de sementes, com frutos partenocárpicos, à semelhança de plantas macho estéreis. Os autores apontam que a utilização de fórmulas inadequadas por tempo prolongado, a nova recomendação de correção do solo que alteram as relações Ca+Mg/K, a lixiviação e a erosão são principais causas dos sintomas descritos. Descrições semelhantes foram obtidas por MEURER (1981) e VERNETTI et al. (1983).

2.3. Respostas da soja à adubação potássica

2.3.1. Resposta da soja a doses de potássio

Em função da grande mobilidade do potássio no solo, tornou-se prática bastante utilizada, a aplicação de K_2O a lanço antes do plantio, com posterior aplicação complementar no sulco de semeadura no Estado da Flórida (EUA), onde os solos são, na maioria dos casos, arenosos. Essa prática é fomentada pelo fato da soja ter seu preço subsidiado pelo governo, sendo a relação custo/benefício

pouco considerada para a situação (HINSON, 1967). Porém, para as condições do Brasil com constantes aumentos nos custos de produção, essa prática pode ser inviável, sendo necessários estudos relativos às doses e modos de aplicação dos fertilizantes potássicos, visando maiores subsídios técnicos às recomendações e utilização pelos agricultores.

Por serem bastante intemperizadas, as reservas de K nos solos de cerrado, geralmente são insuficientes para suprir a quantidade extraída pela cultura por anos consecutivos de cultivo. Para tanto, é necessário a complementação por meio de adubação mineral. Dados revisados por SOUZA et al. (1992) mostram que o simples incremento de 24 para 45 ppm no teor de potássio no solo propiciou um aumento de 840 kg de grãos/hectare. Esse aumento foi obtido pela adubação de 100 ou 170 kg de K_2O ou KCL/ha respectivamente. Os autores apontam que essa adubação foi suficiente para elevar os teores de potássio próximo ao nível de suficiência (50 ppm) e para suprir a cultura. Concluem, ainda, que para cada kg de K_2O aplicado ao solo, a soja produziu 8,4 kg de grãos a mais do que o solo sem adubação. Já SOUZA (1988) indica que o nível de suficiência de potássio para solos arenosos é de 30 ppm, contrastando com os dados de RITCHY (1979) que é de 50 ppm.

Apesar dessas considerações, nota-se que, genericamente, nos experimentos em condições de campo são encontradas respostas discretas quando utilizadas doses

crescentes de potássio. O fato deve-se, provavelmente, aos solos possuírem reservas significativas desse nutriente, recomendações de saturação por base menores que a atual, cultivares mais rústicos e menos responsivos a adubações, e serem realizados experimentos de curta duração, não permitindo um equacionamento mais preciso do problema (MASCARENHAS et al., 1973, 1981).

Em ensaios preliminares, MIYASAKA & SILVA (1960) não observaram respostas significativas da soja durante três safras consecutivas em solos com diferentes teores de K. Consideraram os autores ser dispensável a adubação para aquelas condições.

A partir da década de 60, o IAC passa a relatar os resultados de ensaios de adubação potássica em soja em diferentes regiões e tipos de solo, onde se conclue que as respostas foram pouco expressivas mesmo em solos com teores abaixo de 0,15 meq/100 g de terra, não superando 15% do rendimento e, em alguns casos, ocorreu interação negativa na produtividade (MIYASAKA et al., 1962; 1964; 1966; MASCARENHAS et al., 1968; 1969; 1970).

MASCARENHAS & MIRANDA (1974) obtiveram aumentos de 12 kg de grãos/hectare para cada 30 kg de K₂O aplicados em um LVa textura arenosa. Nesses estudos, os autores atribuíram as baixas respostas em LR, ao efeito residual de adubações anteriores.

VIDOR & FREIRE (1971) concluem que não há

resposta à dose de potássio quando o teor do solo é superior a 80 ppm, no Rio Grande do Sul. Já MASCARENHAS et al. (1982) citam que para o Estado de São Paulo não há essa resposta em solos com teores maiores que 0,12 meq de K/100 ml ou 48 ppm.

BRAGA et al. (1975) concluíram que a soja possui capacidade de exploração das reservas de K não solúvel, em função da não observação de respostas na produção de soja quanto à aplicação de K em solo com baixo teor do nutriente, para as condições do Triângulo Mineiro (MG).

De MOOY & PESEK (1970) determinaram que os teores de N, P, Ca e Mg nas folhas de soja foram afetados pela adubação, definindo também, que as porcentagens médias críticas de P, K e Ca, no final do florescimento, para a produção de sementes foram de 0,45; 2,15 e 1,51% respectivamente.

HANWAY & WEBER (1971a) observaram que, em 8 genótipos de soja, o efeito da aplicação de N, P, K em sucessivos estádios de desenvolvimento da planta, as concentrações decrescem nos órgãos das plantas com o tempo, com excessão das sementes. O fornecimento de nutrientes resultou em maiores teores, em todos os órgãos da planta.

Em outro estudo, HANWAY & WEBER (1971b) determinaram que o acúmulo de N, P e K na parte aérea da soja, seguiu a curva do aumento da matéria seca nos estádios fenológicos da planta. Esses acúmulos foram lentos no início, havendo um incremento por volta dos 46 dias da emergência. As

aplicações de fertilizantes proporcionaram maiores teores de N, P e K nas plantas, e o acúmulo de nutrientes foi homogêneo para diferentes genótipos.

LEGGETT & FRERE (1971), em estudos com soja em solução nutritiva, observaram respostas significativas no peso da matéria seca da parte aérea e na absorção de íons totais. Correlacionou-se também, a taxa de crescimento com as concentrações de nutrientes dos tratamentos, mesmo quando haviam teores maiores que as faixas limitantes. A taxa de crescimento foi proporcional à taxa de absorção iônica durante o período de maior crescimento.

Com relação aos teores de suficiência de nutrientes para as folhas de soja, MASCARENHAS (1972) obteve para o N - 4,3%, P - 0,31%, K - 1,8%, Ca - 2,2%, Mg - 0,43% e S - 0,18% aos 60 dias após emergência.

SMALL & OHLROGGE (1973) consideram que as faixas de suficiências encontram-se entre os seguintes valores para os nutrientes: N - 4,26 a 5,50%; P - 0,26 a 0,50%; K - 1,71 a 2,5%; Ca - 0,36 a 2,00% e Mg - 0,26 a 1,00%.

SFREDO *et al.* (1986), em extensa revisão de literatura, relataram que a ordem decrescente na exigência nutricional da soja era N, K, Ca, Mg, P e S, e o acúmulo máximo dos nutrientes ocorre entre 82 a 92 dias de idade das plantas. O período de maior taxa de absorção dos macronutrientes estava entre 39-58 dias de idade e que dos 20

aos 39 dias, 50% da quantidade total dos nutrientes já estavam absorvidos, independentemente do tipo de solo e da variedade da soja.

2.3.2. Resposta da soja a modos e doses de aplicação de potássio

Quanto ao modo de aplicação, SCOTT & ALDRICH (1972) recomendam, para solos arenosos, que não se deve ultrapassar a dose de 30 kg/ha de K_2O , quando aplicada no sulco para a soja.

Dados obtidos por BORKERT et al. (1985) concordam com os relatados por ROSOLEM et al. (1984), nos quais houve menor produtividade de soja como resposta a doses superiores a 80 kg/ha de K_2O aplicadas no sulco, em relação à aplicação na área total, em função da salinização junto às sementes.

Já MUZILLI (1982) observou que a dose de 60 kg de K_2O aplicada no sulco de semeadura, foi superior em produtividade, se comparada à adubação a lanço e em faixas. Por outro lado, ROSOLEM et al. (1979), aplicando diferentes doses de K_2O , observaram que a aplicação em área total apresentou maiores produções em relação à aplicação em sulcos de semeadura.

OLIVEIRA (1985) notou que o parcelamento da dose de 60 kg de K_2O /ha, sendo 1/2 no sulco e 30 kg de K_2O em

cobertura após 30 dias da emergência, resultou em maior produtividade de grãos de soja, em LVe de textura arenosa.

O trabalho de SOUZA et al. (1979), efetuado em LVe, fase arenosa, indicou que houve maior produção com adubação potássica no sulco em comparação a lanço e mostrou também efeitos positivos e significativos de doses nos dois sistemas de adubação para as condições de cerrado.

FERRARI et al. (1974) concluíram, em seus estudos de aplicação de P, K e calcário em latossolo do Triângulo Mineiro, que o potássio disponível no solo correlacionou-se positivamente com o rendimento de grãos de soja, e com a resposta ao uso de fósforo. No entanto, não houve correlação entre a produção relativa ao potássio aplicado e os dados de análise química do solo, em função do extrator "North Carolina" não determinar o potássio que poderia ser liberado durante o ciclo da cultura.

HANWAY & WEBER (1971c), em estudos da adubação de N, P e K sobre o acúmulo de matéria seca em plantas de soja, observaram pequenos efeitos sobre o peso das diferentes partes da planta ou no rendimento de sementes, porém quando maiores doses de KCl foram aplicadas, ocorreu redução nesses parâmetros.

A experimentação agrônômica no Brasil com fertilizante potássico tem se preocupado principalmente com respostas das culturas às doses aplicadas, não levando em consideração o método em que essas doses são distribuídas

(YAMADA, 1980) e, também, não considera que o KCl aplicado em doses elevadas ficam sujeitos à lixiviação, salinização e podem causar desbalanço entre cátions na solução do solo. Como solução alternativa, MIELNICZUK (1982) recomenda a utilização de correções em área total, colocando-se fertilizantes apenas nas doses de manutenção em sulcos, no Sul do País; e a realização de estudos de longa duração para melhor conhecimento das diversas correlações existentes sobre os íons, disponibilidade e comportamento dos novos genótipos, modos de aplicação e suas doses. Esse mesmo autor acrescenta a sugestão de realização de ensaios de longa duração, para doses crescentes, buscando avaliar a capacidade de suprimento de K pelo solo, e modos de aplicação dos adubos potássicos, para maior eficiência e menores danos na germinação e emergência das plantas.

2.3.3. Resistência a doenças e doses de potássio

McNEW (1953) afirma que muitas doenças de plantas têm sido controladas pelo uso do adubo potássico, mais do que por qualquer outro elemento, talvez por ser catalizador das atividades celulares.

Em estudos de doses da adubação potássica na qualidade das sementes em solos com 20 ppm de K, FRANÇA NETO et al. (1985, 1987) concluíram que com doses a partir de 80 kg de K₂O/ha houve controle com eficiência de *Phomopsis*, e

inversamente proporcional à ocorrência de *Cercospora kikuchi*. Os autores também relatam a ocorrência do controle de percevejo nas doses maiores, havendo 42% das sementes danificadas nas testemunhas.

No entanto, BORBA et al. (1980), estudando a adubação potássica e fosfatada em solos arenosos, não verificaram efeito sobre a germinação e vigor das sementes.

A diminuição dos danos por doenças, pela aplicação de K^+ , é atribuída pelo seu efeito no desenvolvimento estrutural de espessamento de paredes externas da epiderme (ELLET, 1973), e sua ação em atividades enzimáticas e síntese de proteínas (KIRALY, 1976).

O K reduziu 70% dos casos das doenças bacterianas e fúngicas (PERRENOUD, 1977) e, também, a proporção de sementes infectadas por *Phomopsis* de 75%, com baixos teores de K, para 13%, com altos teores, em dois cultivares (CRITTENDEM & SVEC, 1974).

GRIFFIT (1977) verificou que a aplicação de 112 kg/ha de K_2O diminuiu a porcentagem de sementes infectadas e danificadas de 27% para 5%, em média.

O potássio também reduziu a incidência de doenças provocadas por *Phomopsis* e o mofo do grão, conforme TISDALE et al. (1985).

2.4. Crescimento

O crescimento de um vegetal é caracterizado pelo aumento do seu peso ou tamanho, possuindo um caráter quantitativo, consistindo-se em processo essencial de vida e propagação da espécie; é um processo contínuo durante o ciclo vital do vegetal. Nas plantas superiores, os meristemas possuem relação direta com o crescimento, em função do número e tamanho de células (FELIPPE, 1979).

Empiricamente, LOOMIS (1953) define que o crescimento pode ser expresso de modo mais abrangente como uma função do genótipo x ambiente.

Neste raciocínio, o crescimento é mais fácil de descrever do que definir. Segundo GARDNER et al. (1985), em senso restrito, o crescimento é a divisão de células (aumento em número) e o seu aumento em tamanho, sendo necessário a síntese de proteínas e outros compostos orgânicos, e são processos irreversíveis. O aumento em tamanho necessita ainda da hidratação e vacuolização (FELIPPE, 1979).

Agronomicamente, o crescimento pode ser definido como o aumento da massa seca, incluindo o processo de diferenciação que contribui grandemente para o seu acúmulo.

A análise de crescimento tem por finalidade interpretar analiticamente o crescimento de uma planta, uma população ou mesmo uma comunidade vegetal, guardando as

devidas modificações nas análises, objetivando avaliar a produção líquida das plantas, como resultado da assimilação fotossintética durante um certo período. A análise de crescimento fundamenta-se na seqüência de acúmulo da matéria orgânica, sendo sua determinação feita através da massa seca da planta (MAGALHÃES, 1979).

Henderson & Kamprath² (1970), citados por CASTRO (1980), verificaram que num período de três anos, houve variação considerável no acúmulo de massa seca da soja, tendo o maior acúmulo ocorrido em períodos mais favoráveis ao crescimento da planta, por volta de 110 a 120 dias após o plantio, variando os totais anuais de 7.600 a 12.390 kg/ha, para as condições da Carolina do Norte-USA.

HANWAY & WEBER (1971a) determinaram que o acúmulo de massa seca em diferentes partes de plantas de oito cultivares de soja, em diversos estádios de crescimento, durante duas estações de cultivo, foi semelhante entre os cultivares nas duas estações cultivadas, nos diferentes órgãos analisados. Porém, as taxas diárias de acúmulo de massa seca variaram após o florescimento até ao início de amarelecimento das folhas, de 88 a 149 kg.ha⁻¹.dia⁻¹ entre os cultivares. Já nas sementes, esta taxa ficou em torno de 99 kg.ha⁻¹.dia⁻¹ em todos os cultivares. As vagens tiveram sua

²HENDERSON, J.B. & KAMPRATH, E.J. Nutrient and dry matter accumulation by soybeans. Raleigh, North Carolina Agriculture Experiment Station, 1970. 27p. (Technical Bulletin, 1970).

massa aumentada a uma razão de $51 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{dia}^{-1}$ durante 20 dias após o florescimento.

MASCARENHAS (1972,, utilizando o cultivar Pelicano, em estudos de acúmulo de massa seca, absorção e distribuição de elementos na soja durante o seu ciclo vegetativo, observou que o total de massa seca acumulada foi de $16.084 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. A maior velocidade desse acúmulo na planta ocorreu entre os 60 e 80 dias da emergência, diminuindo após este período. Considerando as vagens e as sementes, o acúmulo de massa seca foi contínuo até a maturação. HAMMOND (1949) revelou uma primeira diferenciação na taxa de acúmulo por ocasião do florescimento da planta, e outra por ocasião da sua altura máxima.

Estudando o acúmulo de massa seca em soja, HAMMOND & KIRKAM (1949) observaram que compõe-se de três segmentos coincidentes com três estádios de crescimento da planta.

SHIBLES & WEBER (1965) correlacionaram positivamente a taxa de produção de massa seca e a porcentagem de intercepção da radiação solar com o aumento da área foliar até a um máximo, quando a massa seca permanece constante apesar de qualquer aumento no Índice Área Foliar (IAF).

Os valores do IAF na soja possuem um incremento alto após um período inicial. Até o final da floração, adquire uma forma linear, podendo atingir valores da ordem

até de 8. A partir desse estágio, esse índice diminui por ocasião da abscisão das folhas basais, durante o enchimento das sementes para valores de 4 a 6, seguindo-se da maturidade fisiológica (OJIMA & FUKUI, 1966).

Estudos realizados por SHIBLES & WEBER (1966) correlacionaram positivamente a produção da massa seca com a porcentagem de interceptação da radiação solar. Não houve interação significativa da produção de sementes de soja com o total de massa seca produzida durante a formação das sementes ou com a radiação solar interceptada. Concluíram, ainda, que altas populações ou espaçamentos reduzidos tendem a reduzir a produção de grãos.

OJIMA et al. (1968) observaram que maior produtividade era apresentada em novos cultivares de soja com maiores taxas assimilatórias líquidas (TAL). KOLLER et al. (1972) observaram que a taxa de crescimento cultural (TCC) por órgão da planta de soja, atingiu um máximo para então decrescer, ocorrendo primeiramente com as folhas, seguido pelas hastes, vagens sem sementes e pelas sementes. O aumento da Taxa de Crescimento Cultural foi devido ao aumento da Taxa Assimilatória Líquida (TAL).

OLIVER et al. (1976) correlacionaram reduções do Índice Área Foliar, peso da massa seca e Taxa de Crescimento Cultural com a porcentagem de redução na produção, em ensaios de competição com *Ipomea purpurea*.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Local e Época

O estudo foi desenvolvido em área experimental da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz-USP, município de Piracicaba (SP). O experimento foi semeado a 05.12.91 a emergência, completada em 12.12.91, e a colheita realizou-se em 10.5.92.

3.2. Cultivar

Foi utilizado o cultivar de soja IAC-8, cujo ciclo de maturação é médio para as condições de Piracicaba (SP), com cerca de 150 dias para a maturação, altura média de 0,98 m, altura da primeira vagem de 0,13 m, hipocótilo e flores roxos, pubescência e vagens marrons, tegumento da semente e cotilédonos amarelos, com período juvenil bem definido, o que permite uma flexibilidade maior no manejo da cultura, especialmente no que diz respeito à época de semeadura.

3.3. Solo

O experimento foi instalado em latossolo vermelho escuro, textura arenosa, distrófico, com pastagem de gramíneas instalada anteriormente ao cultivo do ensaio.

A área foi previamente corrigida, visando elevar a saturação por base (V%) a 70%, mediante a aplicação de 2,23 t/ha de calcário dolomítico com PRNT de 75%. A calagem foi realizada em 16 de outubro de 1991, com distribuidor do tipo cocho. Simultaneamente, realizou-se adubação fosfatada de correção, com o objetivo de elevar os níveis de fósforo no solo a uma faixa compatível com produtividade média a alta de soja e sem promover desbalanceamento entre P e K. Na adubação de correção fosfatada, utilizou-se superfosfato simples a lanço, dose de 400 kg de P_2O_5 /ha em duas etapas, incorporando-se a 1ª metade por aração profunda e a 2ª por gradagem leve em 2 de dezembro de 1991.

Os resultados da análise química do solo da área experimental, referentes à pré-correção encontram-se na tabela 1. As amostras compostas foram retiradas nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm, e analisadas segundo método descrito por RAIJ et al. (1983).

Tabela 1-Resultados da análise química do solo, antes da correção.¹

Prof. Amostra cm	pH CaCl ₂	MO	P	K	Ca	Mg	H+Al	SB	T	V%
		%	µg/cm ³	----- meq/100 cm ³ -----						
0 - 20	4,1	1,7	4	0,07	0,7	0,2	2,8	1,0	3,8	26
20 - 40	4,0	1,1	4	0,06	1,2	0,5	2,0	1,8	3,8	47

¹Análises realizadas pela Seção de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas do Instituto Agronômico de Campinas.

3.4. Instalação do experimento

As sementes certificadas foram tratadas com fungicida à base de thiabendazole na proporção de 200 g para 100 kg de sementes, e semeadas em excesso visando obter uma população de 400 mil plantas/hectare. Na ocasião, as sementes foram submetidas a inoculante específico da soja (*Bradyrhizobium japonicum*), conforme recomendações técnicas.

Após a abertura dos sulcos de semeadura, acrescentaram-se, e manualmente, a dose de 60 kg de P₂O₅/ha e micronutrientes na forma de óxidos silicatados FTE BR-12* à razão de 50 kg/ha.

*FTE BR-12, fórmula centesimal: (9% Zn, 1,8% B, 0,8% Cu, 3% Fe, 2% Mn e 0,1% Mo)

Para a demarcação das parcelas, os sulcos foram espaçados de 0,5 m entre linhas, profundidade de 0,15 m para incorporação do adubo do sulco evitando-se o efeito de salinização junto à semente. O K_2O foi aplicado na forma de cloreto de potássio. Em seguida, sementes foram distribuídas manualmente e cobertas com aproximadamente 0,05 m de terra.

Por ocasião do 21º dia após a emergência, realizou-se a contagem do número de plantas nascidas em cada linha das parcelas, para uniformização por desbastes, visando obter uma população de 400 mil plantas por hectare.

Para os tratamentos de aplicação de K_2O em área total em pré-semeadura, a adição de KCl foi feita a lanço, antes da semeadura, e a incorporação por meio de enxadas manuais.

Foram realizadas duas capinas, conforme o aparecimento de comunidades vegetais infestantes em pós-emergência da soja, nas datas de 20.12.91 e 20.1.92.

Em levantamentos semanais, não se verificou nível de dano econômico para realizações de controle de insetos pragas, ou de moléstias durante o ciclo da cultura.

3.5. Delineamento experimental

O delineamento estatístico utilizado foi o de blocos ao acaso com quatro repetições, em fatorial 3x4 (modos x doses), com quatro tratamentos adicionais, abaixo

especificados:

- 3 modos:
- a) Aplicação de K_2O em área total e pré-semeadura
 - b) Aplicação de K_2O no sulco de semeadura
 - c) Aplicação de K_2O aos 30 dias após emergência em cobertura ao lado das plantas

- 4 doses:
- a) 30 kg de K_2O/ha
 - b) 60 kg de K_2O/ha
 - c) 90 kg de K_2O/ha
 - d) 120 kg de K_2O/ha

4 tratamentos adicionais:

- a) Testemunha - 0 kg de K_2O/ha
- b) 30 kg no sulco de semeadura e 30 kg de K_2O aos 30 dias após emergência.
- c) 30 kg no sulco de semeadura e 60 kg de K_2O aos 30 dias após emergência.
- d) 30 kg no sulco de semeadura e 90 kg de K_2O aos 30 dias após emergência.

Totalizou-se, assim, 16 tratamentos e 64 parcelas. Após as análises estatísticas realizadas, aplicou-se o teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

O esquema de distribuição dos tratamentos é apresentado na tabela 2.

Tabela 2: Esquema de distribuição dos tratamentos:
doses, modo de aplicação e tratamentos adicionais.

Trat.	Área total		
	(Pré-semeadura)	(Sulco)	(30 DAE ¹)
	-----kg de K ₂ O/ha-----		
T	0		
A	30		
B	60		
C	90		
D	120		
E		30	
F		60	
G		90	
H		120	
I			30
J			60
K			90
L			120
M		30	30
N		30	60
O		30	90

¹DAE = Dias Após Emergência.

Cada parcela experimental constou de 6 linhas de 6 m lineares de comprimento, distanciadas entre si 0,5 m, e entre parcelas 1,0 m de espaço livre.

As duas linhas centrais de cada parcela foram utilizadas para avaliações das características agronômicas de natureza não destrutiva ao longo do ciclo da soja, como crescimento através da fenometria e produção final de grãos. As demais linhas, foram utilizadas para características de natureza destrutiva, como peso dos órgãos vegetativos, amostras para diagnose nutricional, e para todas as linhas, excluiu-se 0,5 m das suas extremidades consideradas como bordaduras.

3.6. Características agronômicas avaliadas

3.6.1. Altura de planta (cm)

Em cada parcela foram marcadas cinco plantas ao acaso para determinação da altura nos diferentes estádios fenológicos, a partir de 28 dias após emergência (V_4) até os 98 dias ($V_{13}-R_4$), medidas obtidas de 14 em 14 dias, conforme escala de Fehr & Caviness (1977)³, adaptada por COSTA & MARCHEZAN, (1982).

3.6.2. Número de nós vegetativos

Acompanhando as determinações de altura, nas mesmas plantas e simultaneamente, foram anotados os números de nós vegetativos que foram utilizados para determinação dos estádios de desenvolvimento da soja, conforme COSTA & MARCHEZAN (1982).

3.6.3. Comprimento médio de internódios (cm)

Calculado pela razão entre altura de planta e número de nós formados por planta.

³FEHR, W.R. & CAVINESS, C.E. Stages of soybean development. Ames, Iowa State University of Science and Technology, 1977. 11p.

3.6.4. Estimativa da área foliar

Obtida através da massa das folhas de 10 plantas por parcela, coletadas por amostragem, correlacionando-se com as massas secas de amostras do limbo foliar de área conhecida, conforme MAGALHÃES (1979).

3.6.5. Índice Área Foliar (IAF)

Obteve-se o índice área foliar de cada tratamento por ocasião das amostragens, mediante estimativa da área foliar pela respectiva massa seca de amostras de área conhecida de círculos do limbo foliar, correlacionando-se com as massas secas totais das folhas, e com a superfície ocupada no solo, conforme MAGALHÃES (1979).

Assim, o método utilizado foi através de 25 folhas do terço médio, que sobrepostas permitiu a retirada de 50 círculos de modo simétrico, obtendo-se a massa dos círculos e suas respectivas áreas por estágio fenológico, a partir do 14º dia da emergência, para posteriores estimativas dos "IAFs".

3.6.6. Taxa Assimilatória Líquida (TAL)

Foi obtida através do incremento em massa seca da parte aérea, por unidade de superfície foliar no intervalo

de 14 dias, a partir do 28º dia da emergência.

A equação para cálculos dos valores médios da TAL, considera a relação entre a massa da planta e a área foliar no tempo conforme MAGALHÃES (1979), sendo o resultado expresso em $\text{gramas.dm}^{-2}.\text{dia}^{-1}$.

3.6.7. Acúmulo da massa seca da parte aérea

Coletaram-se dez plantas por período de amostragem, as quais foram previamente secas em casa de vegetação para posterior secagem em estufa com circulação de ar quente a 70°C durante 72 horas, possibilitando a avaliação da massa seca da parte aérea do vegetal, cujos órgãos colhidos foram previamente separados para outras determinações.

3.6.8. Taxa de Crescimento Cultural (TCC)

Determinada para avaliação do crescimento da comunidade cultural (parcelas), cujos valores foram obtidos pelo produto dos valores de TAL e IAF de cada tratamento, no intervalo de 14 dias a partir do 28º dia da emergência. O método utilizado, segundo GARDNER (1985), possibilitou valores médios com as unidades de $\text{g.dm}^{-2}.\text{dia}^{-1}$.

3.6.9. Massa seca de hastes

Obtido pela pesagem direta desses órgãos, incluindo-se os pecíolos e excluindo-se as vagens e folhas, das amostras das parcelas coletadas.

3.6.10. Massa seca de folhas

Das dez plantas coletadas por amostra e por parcela, destacou-se o limbo foliar dos pecíolos, obtendo-se a massa seca foliar.

3.6.11. Massa seca de vagens por dez plantas

Por ocasião dos 98, 112, 126 e 140 dias após emergência coletaram-se amostras para obtenção do número de vagens por dez plantas, obtendo-se a massa seca dessas vagens.

3.6.12. Rendimento de grãos (kg/ha)

A área útil das parcelas de 5,0 m², foi colhida manualmente, debulhada mecanicamente, após atingir a maturação em condições de campo, em 10.5.92.

Após pesagem dos grãos colhidos, foram tiradas amostras para determinação do teor de umidade.

Os dados foram transformados em kg/ha e corrigidos para a produção de grãos com 13% de umidade, por meio do mesmo princípio adotado para o peso de 1.000 grãos.

3.6.13. Teores de macronutrientes nas folhas

Coletaram-se amostras das 20 folhas 3^a por parcela, que foram analisadas para N, P, K, Ca, Mg e S, aos 28, 56 e 84 dias da emergência, conforme método proposto por BATAGLIA et al. (1983).

3.6.14. Teores de macronutrientes e micronutrientes nos grãos

Após a determinação do rendimento de grãos em kg.ha⁻¹, realizou-se amostragem por parcelas desses grãos, para determinação dos teores de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn, conforme método descrito por BATAGLIA et al. (1983).

3.6.15. Teores de óleo e proteínas nos grãos

Parte da colheita utilizada para obter o rendimento de grãos foi utilizada para conseguir os teores de óleo e proteína por parcela. O óleo foi determinado por processo gravimétrico após lavagem exaustiva das amostras com

solvente orgânico, hexano, a quente, em extratores soxhlet, conforme TEIXEIRA et al. (1984).

O método utilizado para obtenção dos teores de proteínas nos tratamentos foi de microKjeldahl. As análises foram efetuadas pela Seção de Fitoquímica do Instituto Agronômico de Campinas.

3.6.16. Análise do solo após colheita

Por ocasião da colheita, realizou-se amostragem composta por parcela, na profundidade de 0 a 0,20 m e de 0,20 a 0,40 m para N, P, K, Ca e Mg no solo.

Os nutrientes analisados quimicamente foram determinados conforme método descrito por RAIJ et al. (1983), e as análises foram realizadas pela Seção de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas do Instituto Agronômico de Campinas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Condições ambientais do experimento

Na figura 1, nota-se que, pelo balanço hídrico decendial conforme proposto por THORNTHWAITE & MATHER (1955) para o município de Piracicaba (SP), houve condições iniciais para o estabelecimento da cultura, apesar do déficit hídrico de pouca intensidade, indicando que ocorreram precipitações suficientes para que a cultura da soja chegasse ao seu ponto cultural crítico (florescimento) e nas demais fases, sem a ocorrência de deficiência hídrica, prejudicial ao experimento.

Por ocasião da colheita, ocorreram condições favoráveis (figura 1), e após os 140 dias da emergência não ocorreram mais chuvas que pudessem prejudicar a colheita.

Observa-se que não houve restrições ao crescimento e desenvolvimento das plantas, em função das condições ambientais favoráveis durante o ciclo da soja.

BALANÇO HIDRICO DECENDIAL-PIRACICABA
CAD-125mm 20 NOVEMBRO-91 A 10 JUNHO-92

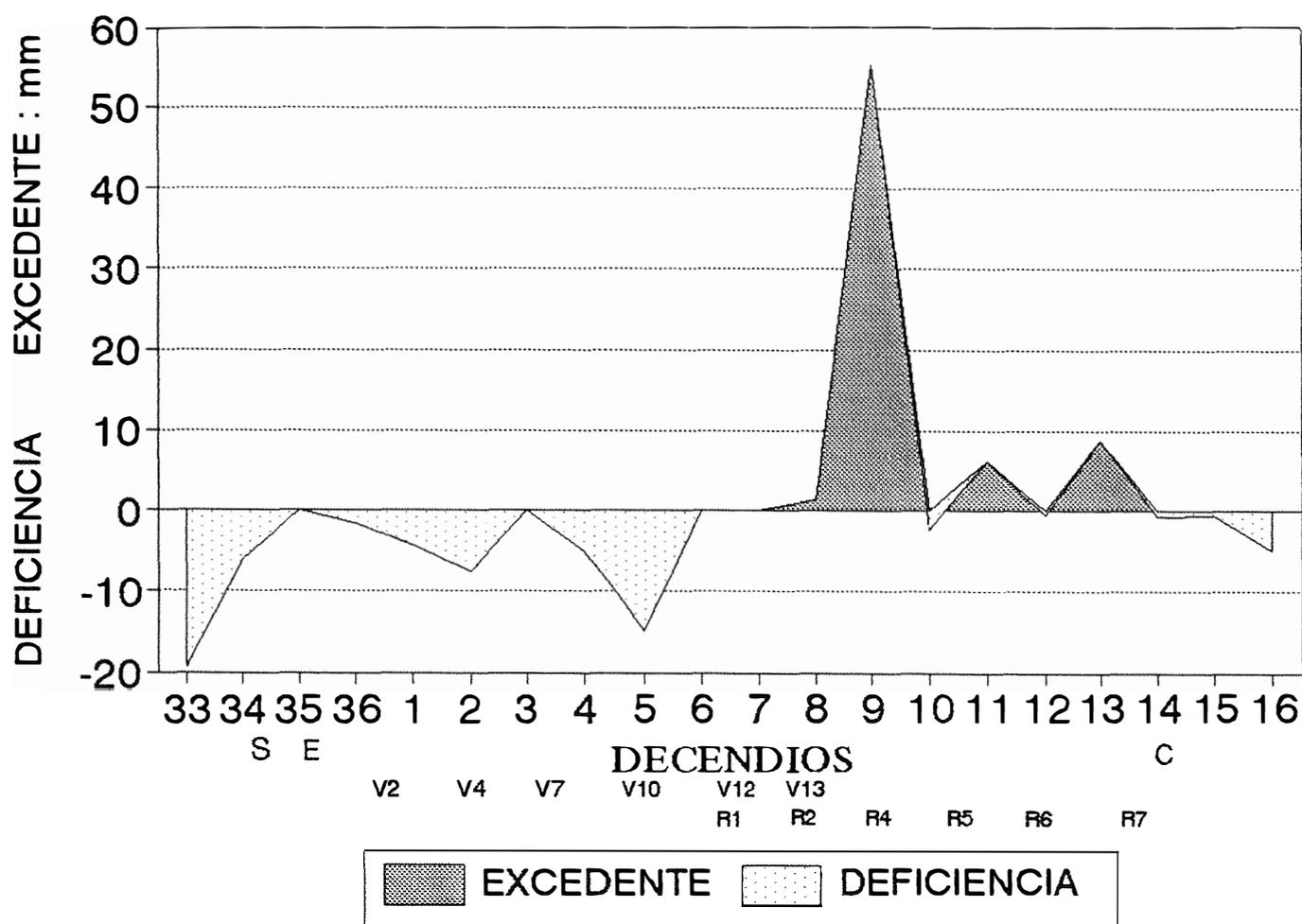


Figura 1- Balanço hídrico decendial de 20 de novembro a 10 de junho em Piracicaba, segundo método proposto por THORNTHWAIT & MATHER (1955), considerando os estádios de desenvolvimento da cultura da soja: S = semeadura; E = emergência; V₂ a V₁₃ = desenvolvimento vegetativo; R₁ a R₇ = desenvolvimento reprodutivo; C = colheita. Dados obtidos na Estação Experimental de Piracicaba (IAC), e tabulados na Seção de Climatologia Agrícola (IAC).

4.2. Altura de planta

Na tabela 3, observa-se que não ocorreram diferenças significativas para altura média das plantas em função das doses, dos modos de aplicação de potássio, bem como dentro dos tratamentos adicionais. Nota-se, no entanto, que os tratamentos adicionais apresentaram-se com médias superiores a partir dos 70 dias da emergência, correspondente ao estágio $V_{12}-R_1$, em relação aos demais modos de aplicação. Considerando que a altura média das plantas atingiu um máximo aos 84 dias da emergência, correspondente ao estágio de desenvolvimento ($V_{13}-R_2$) pela escala utilizada, com valores superiores a 1,0 m, pode-se considerar que as plantas do cultivar IAC-8, mesmo sendo semeado tardiamente, atingiram altura média compatível ao plantio normal. Esse fato deve ter ocorrido em função do IAC-8 possuir período juvenil bastante definido, o que favorece o manejo cultural deste cultivar, possibilitando um período de semeadura de maior flexibilidade, que influirá na eficácia da colheita.

A figura 2 revela que a altura média do cultivar IAC-8, em função da média geral, doses e modos de aplicação potássica, ocorreram valores superiores para o parcelamento do adubo após 70 dias da emergência ($V_{12}-R_1$). O fato pode sugerir que o parcelamento do potássio, nas variedades de crescimento determinado, favorece o crescimento das plantas, uma vez que este é também

Tabela 3- Altura média de plantas de soja, em função de doses e modos de aplicação de K₂O no solo, aos 28, 42, 56, 70, 84 e 98 dias após emergência.

Tratamento	Dias após emergência					
	28	42	56	70	84	98
K ₂ O (kg/ha)	----- cm -----					
30	30	50	80	99	103	102
60	30	49	81	103	107	105
90	30	48	79	99	103	102
120	29	46	75	95	98	94
Modos de aplic. K ₂ O						
Área total	30	47	77	97	101	99
Sulco	29	48	78	100	103	100
Cobertura	31	49	80	101	104	103
Trat. adic. K ₂ O (kg/ha)						
0	30	51	84	103	108	108
30+30	31	48	81	104	109	109
30+60	28	45	75	99	106	101
30+90	30	47	76	96	101	99
Média	30	48	79	100	104	102
F<0,05						
Dose	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Modo	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
MxD	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Adic.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
C.V.%	7,7	9,1	9,3	9,3	8,6	9,9
Estádio Desenv.	V ₄	V ₇	V ₁₀	V ₁₂ R ₁	V ₁₃ R ₂	R ₄

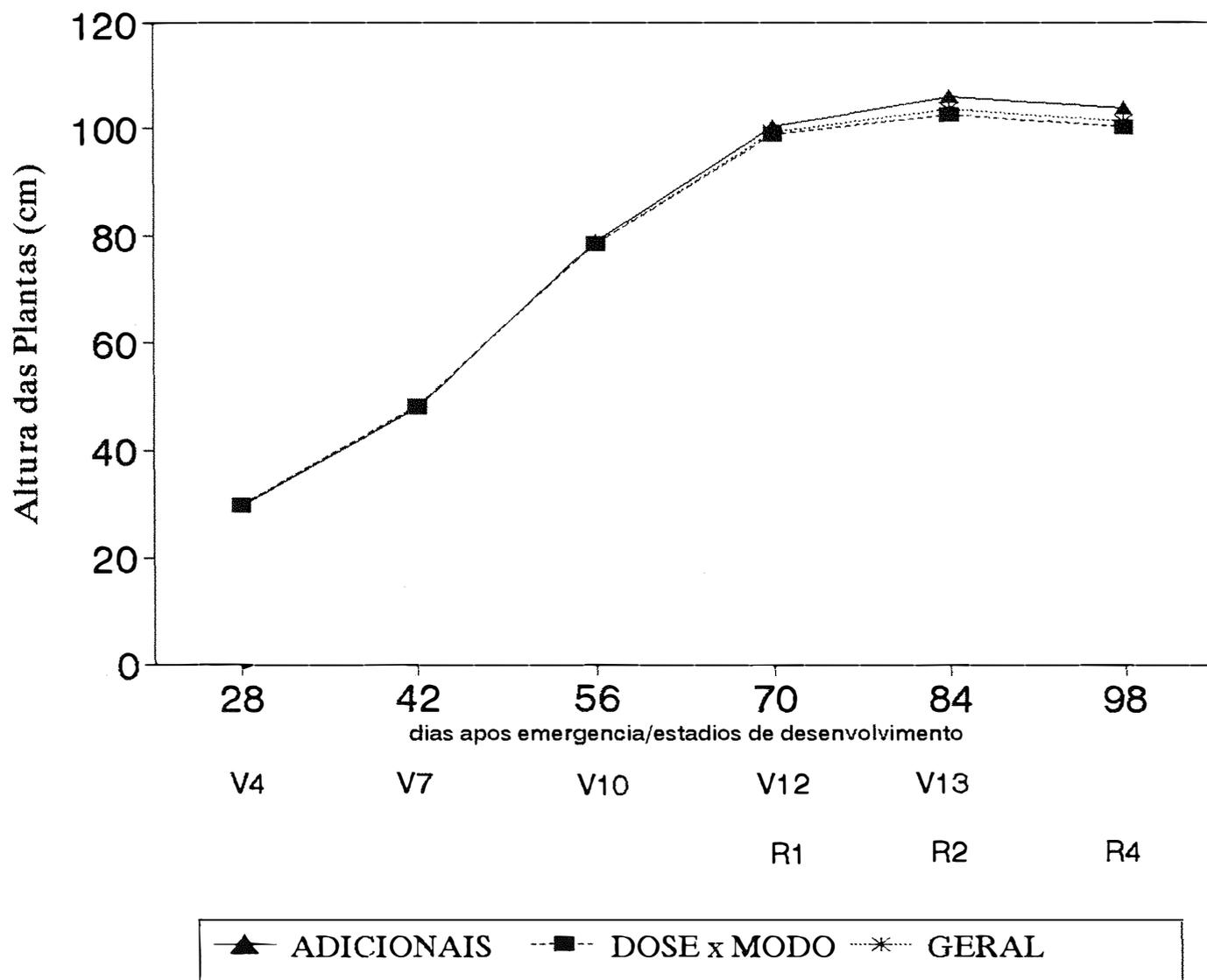


Figura 2- Altura de plantas de soja, em função da época de amostragem, considerando as médias gerais dos modos e doses de aplicação de K_2O .

influenciado pelo número de nós e da elongação internodal.

4.3. Número de nós vegetativos

A exemplo da altura de plantas, os mesmos fenômenos foram observados para o número de nós vegetativos, que não sofreram efeitos significativos de doses e modos de aplicação de potássio no solo, conforme tabela 4. Houve também maiores médias para doses parceladas de potássio porém não significativas pelo teste de Tukey a partir do estágio V_{12} R_1 , representadas na figura 3. Nota-se um aumento no número de nós até os 70 dias da emergência, com médias superiores a 12 nós, podendo ser este o principal fator de incremento em altura média das plantas de soja, uma vez que o comprimento internodal médio não teve alterações após os 56 dias da emergência, coincidindo com o estágio de desenvolvimento (V_{10}).

4.4. Comprimento de internódios

Não foram observadas diferenças significativas nos comprimentos dos internódios devido aos modos e doses de aplicação de potássio no solo, conforme tabela 5. O mesmo efeito observado para as médias de altura e de nós vegetativos das plantas foram, também, detectados para as médias dos espaços entre os nós vegetativos, representados na

Tabela 4- Número médio de nós de plantas de soja, em função de doses e modos de aplicação de K_2O no solo, aos 28, 42, 56, 70, 84 e 98 após emergência.

Tratamento	Dias após emergência					
	28	42	56	70	84	98
K_2O						
(kg/ha)						
30	5	7	9	12	13	12
60	5	7	10	13	14	14
90	5	7	10	12	12	12
120	5	7	10	13	13	13
Modos de aplic.						
K_2O						
Área total	5	7	10	12	13	13
Sulco	5	7	10	13	13	13
Cobertura	5	7	10	13	13	13
Trat. adic.						
K_2O (kg/ha)						
0	5	7	10	12	13	13
30+30	5	7	9	13	13	13
30+60	4	7	10	13	13	13
30+90	4	7	9	12	12	12
Média	5	7	10	13	13	13
F<0,05						
Dose	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Modo	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
MxD	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Adic.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
C.V.%	7	8	10	11	9	10
Estádio	V₄	V₇	V₁₀	V₁₂	V₁₃	
Desenv.				R₁	R₂	R₄

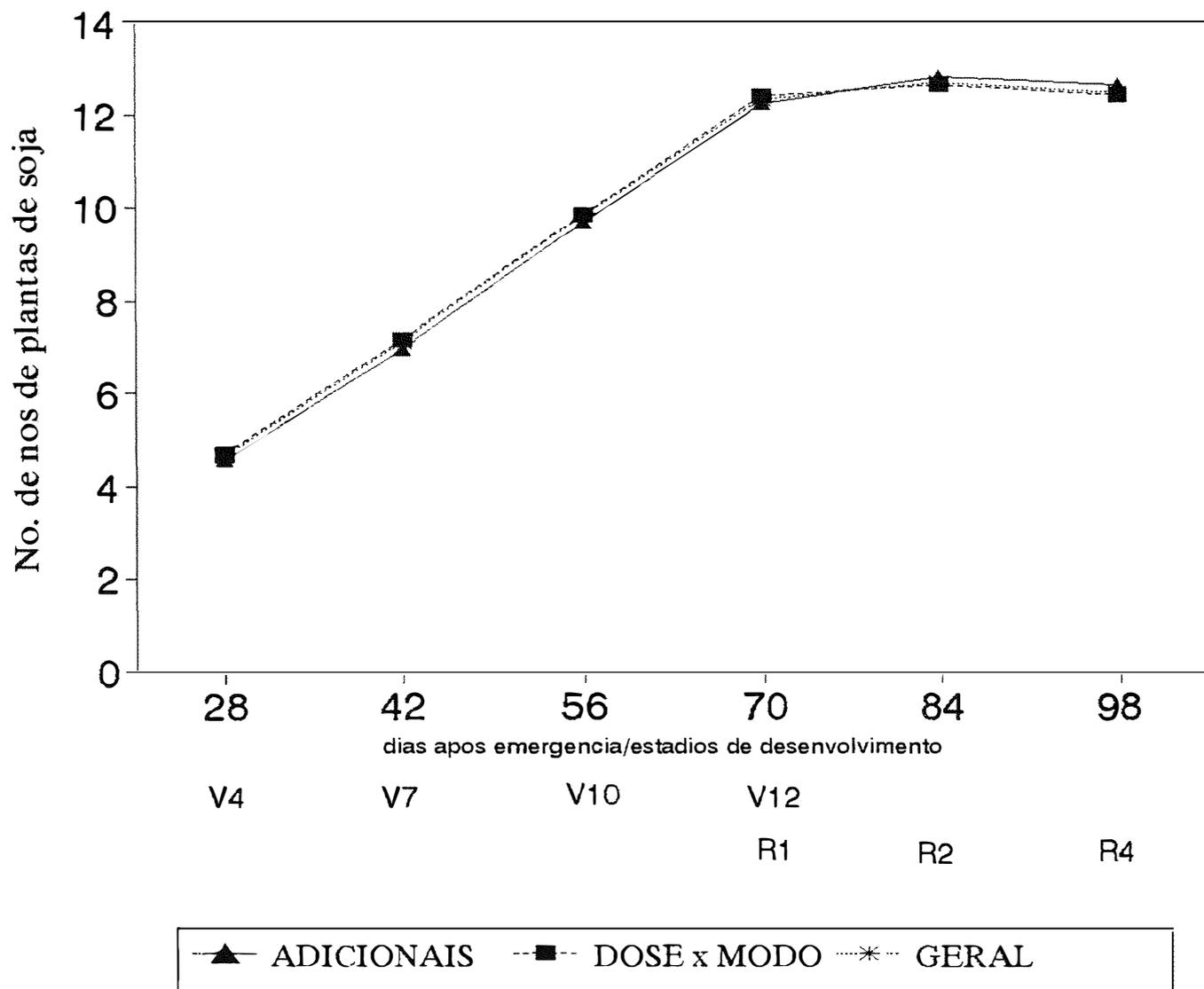


Figura 3- Número de nós em plantas de soja, em função de época da amostragem, considerando as médias gerais dos modos e doses de aplicação de K_2O .

figura 4.

Visualiza-se, então, que após o estágio de desenvolvimento (V_{10}), as médias mantiveram-se constantes e próximas do valor de 8,4 cm. Se considerarmos todo o ciclo da planta, observa-se que dos 28 aos 98 dias após a emergência, a variação máxima entre as amostragens foi inferior a 2 cm. Isso pode significar que esse parâmetro pouco contribui para a altura média final das plantas.

4.5. Estimativa da área foliar

Para área foliar estimada nas oito amostragens, somente aos 84 dias da emergência notou-se o efeito de doses de potássio no solo, conforme a figura 5. Nas demais determinações não se observaram diferenças significativas para modos, doses e tratamentos adicionais (tabela 6). A significância de doses verificada por ocasião do estágio fenológico $V_{13} R_2$ é devido, provavelmente, pelos efeitos da adubação potássica realizada aos 30 dias da emergência, cuja regressão linear mostra médias maiores, acima de 96 dm^2 para as doses de 90 e 120 kg de K_2O/ha .

A menor média de 85 dm^2 , observada aos 112 dias da emergência (R_5), se comparada com os 113 dm^2 e 103 dm^2 , obtidas aos 98 e 126 dias após emergência respectivamente, pode ser explicada pelo discreto déficit hídrico que antecedeu o estágio de desenvolvimento (R_5),

Tabela 5- Comprimento de internódios de plantas de soja, em função de doses e modos de aplicação de K_2O no solo, aos 28, 42, 56, 70, 84 e 98 dias após emergência.

Tratamento	Dias após emergência					
	28	42	56	70	84	98
K_2O (kg/ha)	----- cm -----					
30	6,7	7,1	8,8	8,9	8,3	8,6
60	6,2	6,8	8,1	8,1	8,0	7,9
90	6,7	7,1	8,7	8,6	8,4	8,3
120	6,3	6,5	8,0	7,8	8,0	8,4
Modos de aplic. K_2O						
Área total	6,3	6,8	8,2	8,6	8,3	8,3
Sulco	6,7	6,8	8,3	8,3	8,2	8,2
Cobertura	6,5	7,0	8,7	8,2	8,1	8,5
Trat. adic. K_2O (kg/ha)						
0	6,3	7,3	8,6	8,4	8,4	8,6
30+30	6,5	6,9	9,0	8,3	8,6	8,3
30+60	6,5	6,7	7,6	8,4	8,2	8,1
30+90	7,3	7,7	8,5	8,6	8,4	8,4
Média	6,5	6,9	8,4	8,5	8,2	8,3
F<0,05						
Dose	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Modo	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
MxD	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Adic.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
C.V.	8,3	10,9	14,9	13,5	13,3	10,2
Estádio Desenv.	V ₄	V ₇	V ₁₀	V ₁₂ R ₁	V ₁₃ R ₂	R ₄

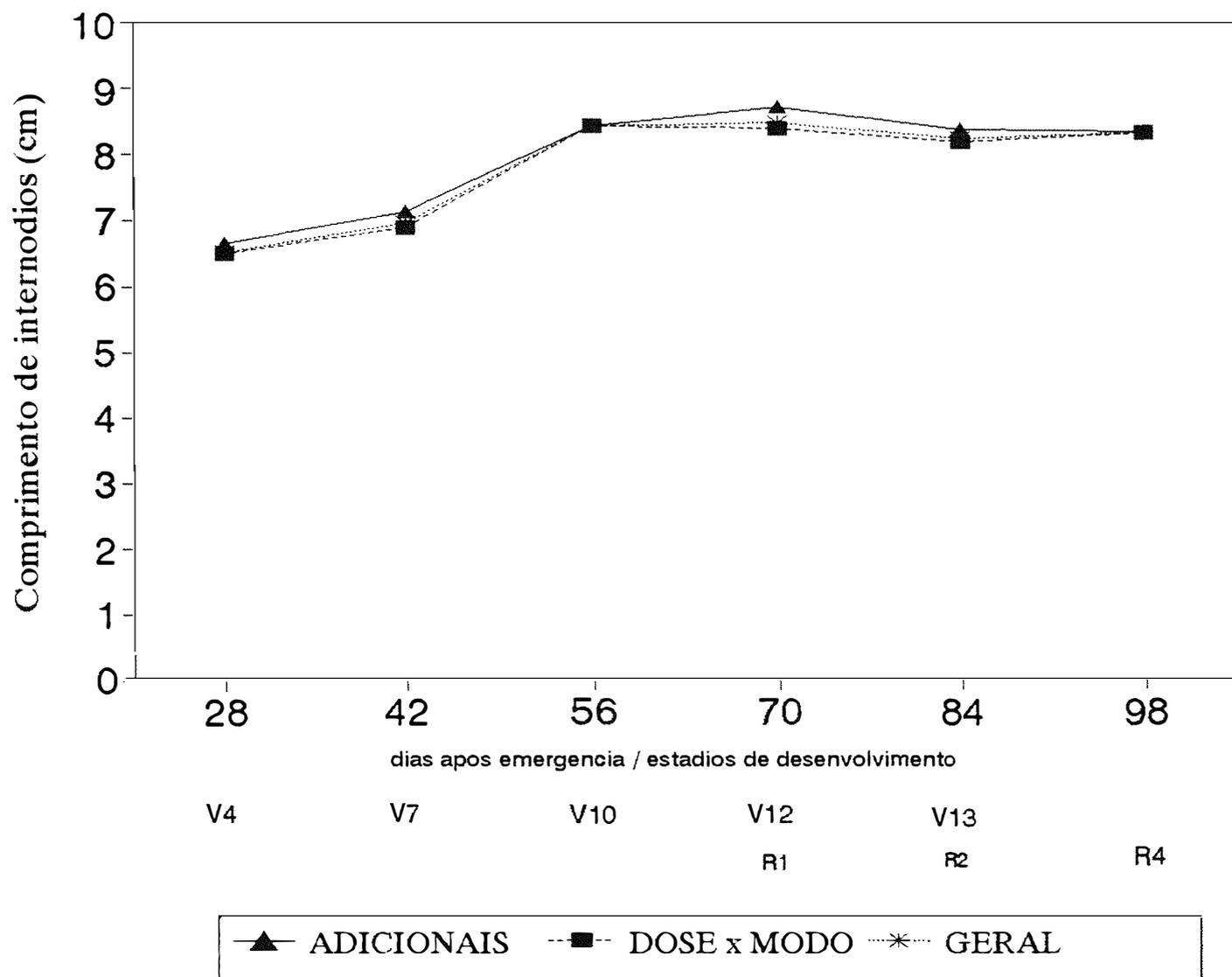


Figura 4- Comprimento de internódios em plantas de soja, em função da época de amostragem, considerando as médias gerais dos modos e doses de aplicação de K_2O .

coincidindo com a queda dos primeiros trifólios.

Apesar da estimativa da área foliar aos 140 dias (R_7) estar com valores médios relativamente altos (83 dm^2), nas condições de campo, observou-se que estas folhas encontravam-se amareladas e em fase final de translocação de fotossintetizados para as vagens e grãos. Aos 145 dias da emergência, constatou-se visualmente, que já não havia folhas verdes nos tratamentos, com excessão da testemunha, que apresentou grande variabilidade nas suas parcelas. Percebe-se na tabela 6, que aos 140 dias (R_7) da emergência, a dose zero de K_2O/ha revelou a maior média com 105 dm^2 de folhas que, em campo, ainda estavam em plena atividade fotossintética, indicada pela visualização do verde intenso das folhas e bastante desuniforme entre plantas, podendo ser a causa do alto coeficiente de variação de 37% apresentado.

4.6. Índice área foliar (IAF)

De modo geral, o potássio não interferiu de modo significativo no índice área foliar, exceto por ocasião dos 84 dias da emergência ($V_{13}-R_2$) conforme tabela 7, quando houve diferenças significativas do IAF, para as doses de K^2O , coincidindo com os resultados obtidos para a estimativa da área foliar. A figura 6 mostra o efeito das doses de potássio nos IAFs dos tratamentos. O efeito de doses mencionados tanto para a estimativa da área foliar como para o índice área

Tabela 6- Estimativa da área foliar de plantas de soja, em função das doses e modos de aplicação de K₂O, aos 28, 42, 56, 70, 84, 98, 112, 126 e 140 dias após emergência.

Tratamento	Dias após emergência								
	28	42	56	70	84	98	112	126	140
K ₂ O (kg/ha)	----- dm ² .10 plantas ⁻¹ -----								
30	13	36	46	72	78	103	82	101	92
60	12	43	45	96	91	119	83	98	83
90	12	39	50	102	97	104	91	104	78
120	12	38	53	98	97	126	84	109	72
Modos de aplic. K ₂ O									
Área total	12	38	52	93	89	113	87	104	75
Sulco	13	39	47	99	90	118	83	106	88
Cobertura	12	40	48	86	93	108	85	99	81
Trat. adic. K ₂ O (kg/ha)									
0	10	43	47	89	73	110	87	101	105
30+30	12	39	50	87	89	111	97	111	66
30+60	12	39	46	66	87	126	92	102	98
30+90	11	38	49	82	78	99	72	107	81
Média	12	39	49	89	88	113	85	103	83
F<0,05									
Dose	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	L	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Modo	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
MxD	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Adic.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
C.V.%	17	18	23	34	26	22	21	18	37
Estádio Desenv.	V ₄	V ₇	V ₁₀	V ₁₂ R ₁	V ₁₃ R ₂	R ₄	R ₅	R ₆	R ₇

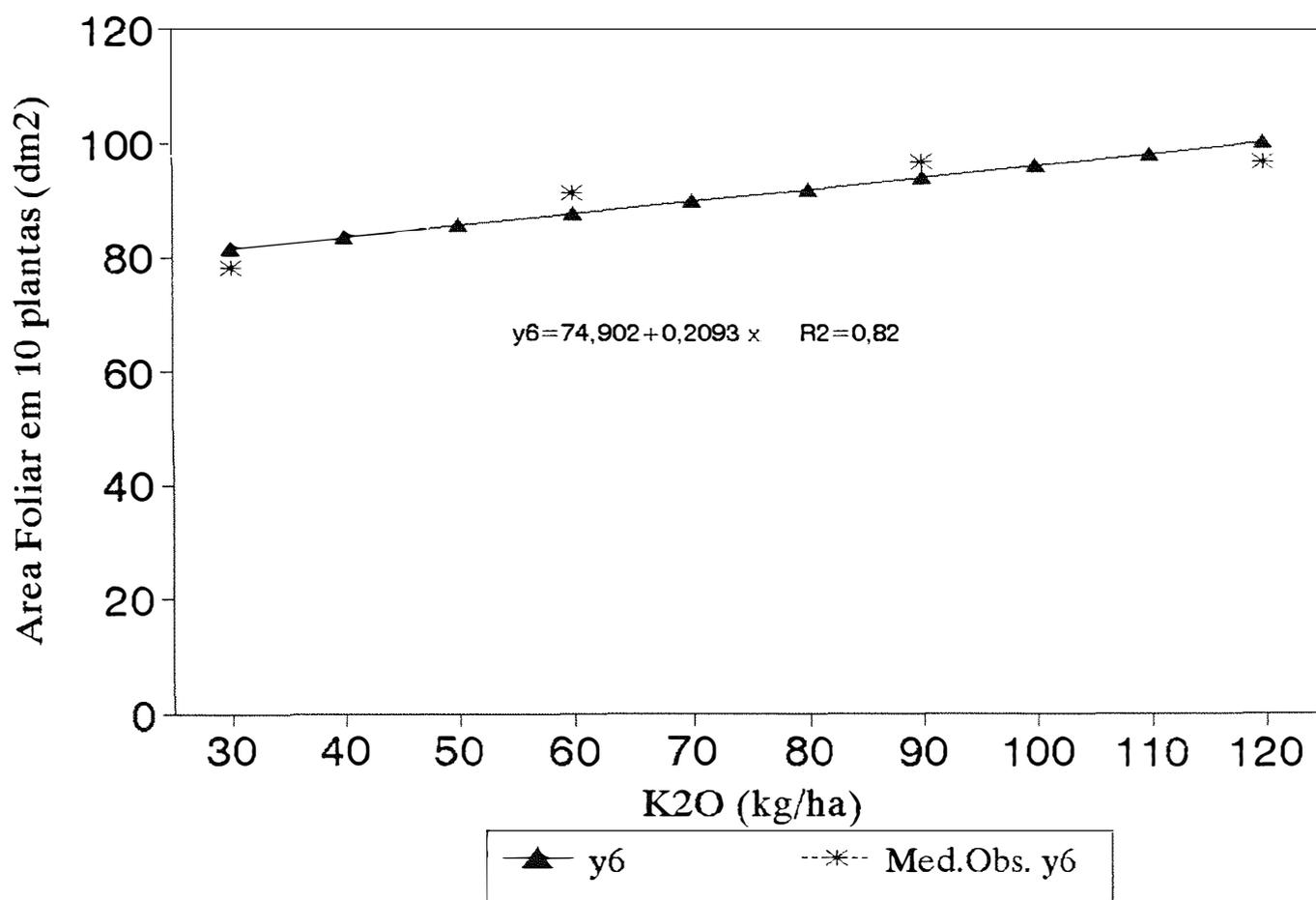


Figura 5- Estimativa da área foliar de dez plantas de soja, em função das doses de K₂O, aos 84 dias (y₆) da emergência.

foliar ocorreu por ocasião do acúmulo da massa seca na cultura da soja entre os 70 e 84 dias após a emergência, que pode ser visualizada na figura 10. Esses dados estão de acordo com os obtidos por SHIBLES & WEBER (1966). As doses possibilitaram uma resposta de caráter linear, quando as aplicações de 90 e 120 kg de K_2O/ha , apresentaram médias superiores a 3,8, enquanto que as doses menores não atingiram médias superiores a 3,6. A resposta para a área foliar e índice área foliar evidencia que para essas características fisiológicas seriam necessários ensaios, utilizando-se doses maiores de K_2O no solo para estabelecimento de um máximo dos valores a serem obtidos nesses parâmetros.

Os valores de IAFs obtidos nesse experimento estão bastante aquém dos encontrados por OJIMA & FUKUI (1966), que obtiveram IAFs da ordem de 8 até o final do florescimento, diminuindo para 4 a 6 no enchimento dos grãos. As maiores médias de IAFs observadas no presente estudo foram por ocasião dos 98 dias da emergência, cujo estágio de desenvolvimento era (R_4), com média de 4,5. As menores médias apresentadas aos 112 dias após a emergência, com valores de 3,4 em relação às amostragens realizadas aos 98 e 126 dias, com IAFs de 4,5 e 4,1 respectivamente, são também explicadas pelo discreto déficit hídrico que antecedeu o estágio de desenvolvimento (R_5), a exemplo do ocorrido para a estimativa da área foliar, coincidindo com o início das quedas das folhas basais.

Tabela 7- Índice de Área Foliar (IAF) da cultura da soja, em função das doses e modos de aplicação de K_2O , aos 28, 42, 56, 70, 84, 98, 112, 126 e 140 dias após emergência.

Tratamento	Dias após emergência								
	28	42	56	70	84	98	112	126	140
K_2O (kg/ha)	----- IAF -----								
30	0,5	1,4	1,9	2,9	3,1	4,1	3,3	4,1	3,7
60	0,5	1,7	1,8	3,9	3,6	4,8	3,3	3,9	3,3
90	0,5	1,5	2,0	4,1	3,9	4,2	3,7	4,2	3,1
120	0,5	1,5	2,1	3,9	3,9	5,0	3,4	4,4	2,9
Modos de aplic. K_2O									
Área total	0,5	1,5	2,1	3,7	3,6	4,5	3,5	4,2	3,0
Sulco	0,5	1,6	1,9	3,9	3,6	4,7	3,3	4,2	3,5
Cobertura	0,5	1,6	1,9	3,4	3,7	4,3	3,4	4,0	3,2
Trat. adic. K_2O (kg/ha)									
0	0,4	1,7	1,9	3,6	2,9	4,4	3,4	4,0	4,2
30+30	0,5	1,6	2,0	3,5	3,6	4,4	3,9	4,4	2,6
30+60	0,5	1,5	1,8	2,7	3,5	5,0	3,7	4,1	3,9
30+90	0,5	1,5	2,0	3,3	3,1	4,0	2,9	4,3	3,3
Média	0,5	1,6	1,9	3,6	3,5	4,5	3,4	4,1	3,3
F<0,05									
Dose	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	L	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Modo	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
MxD	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Adic.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
C.V.%	17,0	17,7	22,7	34,3	25,6	21,5	20,7	18,3	36,9
Estádio Desenv.	V ₄	V ₇	V ₁₀	V ₁₂ R ₁	V ₁₃ R ₂	R ₄	R ₅	R ₆	R ₇

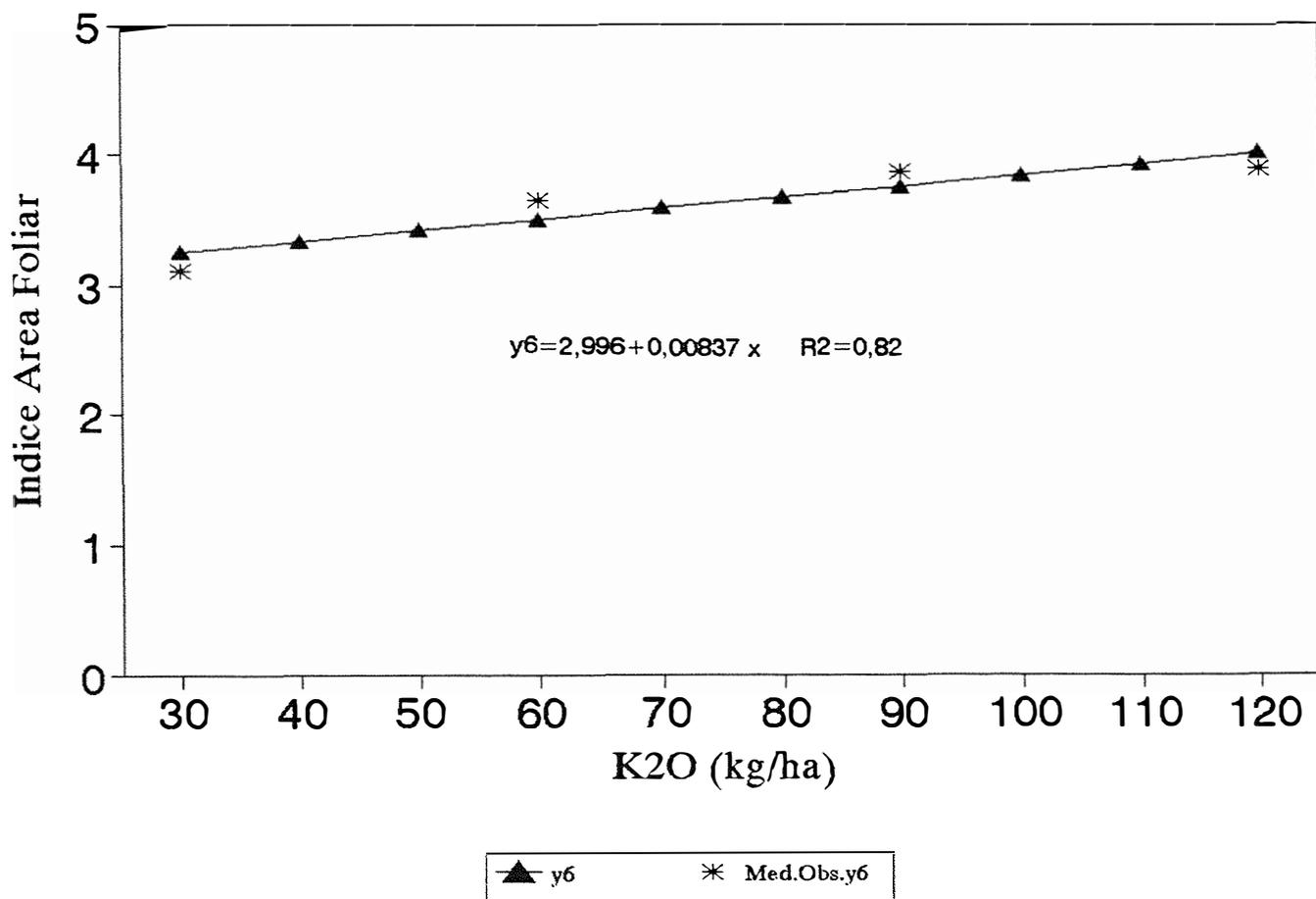


Figura 6- Índice área foliar de plantas de soja em função das doses de K₂O, aos 84 dias (y_6) da emergência.

4.7. Taxa Assimilatória Líquida (TAL)

As doses de K_2O mostraram seus efeitos na taxa de assimilação líquida, nos períodos próximos à sua aplicação no solo, ou seja, nas amostragens realizadas aos 28 dias após as adubações de área total e sulco de semeadura, como também aos 56 dias da emergência, provavelmente pela influência da adubação em cobertura realizada aos 30 dias da emergência, conforme a tabela 8 e figura 7. Nessa tabela, notam-se diferenças significativas a partir do estágio de desenvolvimento R_4 a R_5 , dentro dos tratamentos adicionais, nos quais a testemunha obteve os menores incrementos de matéria seca por unidade de superfície foliar, mostrando que o parcelamento de potássio pode fazer diferença neste parâmetro, na fase de translocação de fotossintetizados para vagens e grãos.

Observa-se pelos dados da tabela 8, que o cloreto de potássio age de modo imediato, ao diminuir a TAL da cultura da soja, provavelmente pelo seu efeito de salinização. Considerando-se um prazo maior após a aplicação, por volta de 56 a 70 dias, ocorrem efeitos positivos da adubação potássica nesse parâmetro. Esse fato é ratificado pela amostragem realizada aos 42 dias da emergência (estádio V_7) onde a cobertura de KCl apresentou as menores médias com $0,07 \text{ g.dm}^{-2}.\text{dia}^{-1}$, dos modos de aplicação, e considerando os tratamentos adicionais, as maiores doses de KCl em

Tabela 8- Taxa Assimilatória Líquida (TAL) de plantas de soja, em função das doses e modos de aplicação de K₂O, aos 28, 42, 56, 70, 84, 98, 112 e 126 dias após emergência.

Tratamento	Dias após emergência*							
	28	42	56	70	84	98	112	126
K ₂ O (kg/ha)	----- TAL ----- g.dm ⁻² .dia ⁻¹							
30	0,04	0,07	0,10	0,14	0,18	0,25	0,39	0,49
60	0,05	0,07	0,11	0,12	0,18	0,22	0,39	0,54
90	0,05	0,08	0,11	0,12	0,17	0,25	0,40	0,53
120	0,05	0,08	0,10	0,13	0,18	0,22	0,37	0,48
Modos de aplic. K ₂ O								
Área total	0,05	0,08 a	0,10	0,13	0,18	0,24	0,39	0,50
Sulco	0,05	0,08 ab	0,11	0,12	0,18	0,23	0,39	0,54
Cobertura	0,05	0,07 b	0,11	0,13	0,18	0,24	0,39	0,49
Trat. adic. K ₂ O (kg/ha)								
0	0,05	0,08	0,11	0,12	0,19	0,21 b	0,35 b	0,48
30+30	0,05	0,07	0,10	0,13	0,18	0,26 a	0,39 ab	0,56
30+60	0,05	0,07	0,09	0,14	0,17	0,23 ab	0,36 b	0,46
30+90	0,05	0,06	0,09	0,11	0,16	0,24 ab	0,41 a	0,52
Média	0,05	0,07	0,10	0,13	0,18	0,24	0,39	0,51
F<0,05								
Dose	Q	n.s.	Q	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Modo	n.s.	*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
MxD	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Adic.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*	*	n.s.
C.V.%	13,9	14,1	13,1	16,2	13,5	11,6	8,4	18,0
Estádio Desenv.	V ₄	V ₇	V ₁₀	V ₁₂ R ₁	V ₁₃ R ₂	R ₄	R ₅	R ₆

*Médias seguidas por letras diferentes nas colunas, diferem entre si ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

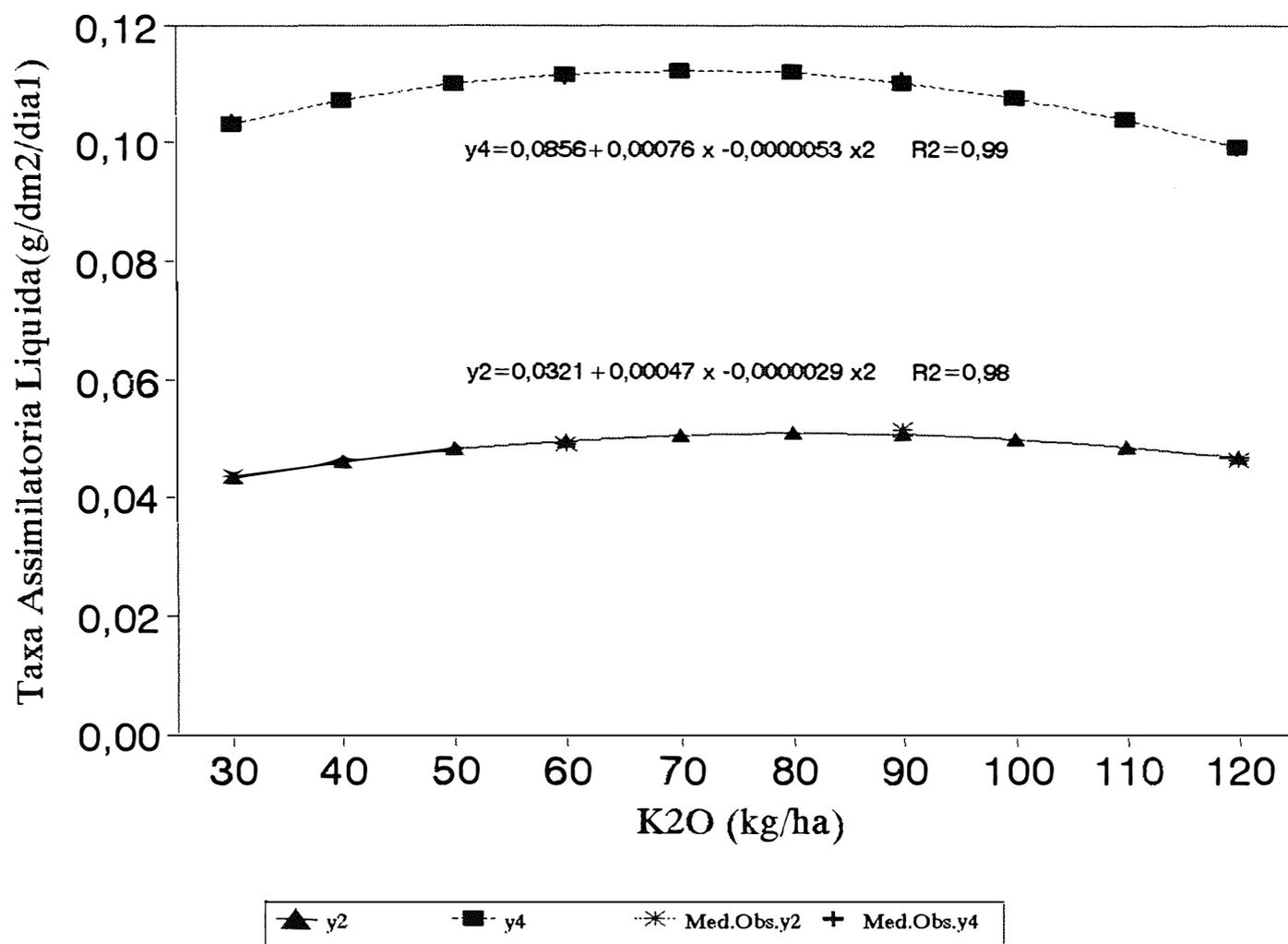


Figura 7- Taxa assimilatória líquida de plantas de soja, em função das doses de aplicação de K₂O no solo, aos 28 dias (y₂) e 56 dias (y₄) da emergência.

cobertura também apresentaram médias inferiores nessa ocasião. Entretanto, esse efeito reverteu-se dentro dos tratamentos adicionais nas amostragens relativas aos estádios de desenvolvimento R_4 e R_5 .

Assim, observa-se que doses de potássio e os modos de aplicação possuem efeito no resultado de ganhos fotossintéticos de modo diversificado, ou seja: podem ocorrer efeitos de salinização em razão do efeito imediato da solubilização do KCl, que se dilui no tempo, favorecendo a translocação e conseqüente aumento nas taxas de assimilação líquida.

4.8. Acúmulo da massa seca da parte aérea

Os dados de acúmulo da massa seca da parte aérea, em função das doses e modos de aplicação de K_2O , encontram-se na tabela 9, na qual, evidencia-se o efeito das doses aplicadas por ocasião dos 28, 42, 56 e 140 dias da emergência, como esquematizado nas figuras 8 e 9. Aos 126 dias (R_6) ocorreram diferenças significativas devido aos modos de aplicação do potássio, e a aplicação no sulco de semeadura com valores de 471 g/10 plantas diferiu da menor média apresentada pelo modo, em área total com 352 g/10 plantas.

O efeito causado pelas doses de K_2O no acúmulo da massa seca da parte aérea das plantas de soja deveu-se, principalmente, ao aumento de peso das folhas conforme

indica a tabela 12, onde as doses intermediárias alcançaram maiores médias nos estádios de desenvolvimento V_4 , V_7 e V_{10} .

As diferenças significativas observadas no peso de vagens (tabela 13), para os modos de aplicação de potássio aos 126 dias da emergência, foram o fator de diferenciação ao acúmulo da massa seca total, onde a aplicação no sulco de semeadura apresentou maiores médias de pesos para vagens e massa seca.

Nota-se também, na tabela 9, que as doses de K mostraram efeito no acúmulo da matéria seca total da parte aérea até próximo ao florescimento da soja, e os modos de aplicação atuaram a partir do estádio R_4 dentro dos tratamentos adicionais, e R_6 dentro dos modos. Com relação às doses, esses dados estão de acordo com os obtidos por HANWAY & WEBER (1971b) que observaram redução no acúmulo de massa seca em presença de doses maiores de KCl na cultura da soja.

As diferenças observadas neste parâmetro deveram-se, provavelmente, pela evidente ação do potássio no metabolismo vegetal descrita por MENGEL & KIRKBY (1987), na qual há maior assimilação do CO_2 , maior translocação de fotossintéticos para os demais órgãos da planta e controle no fechamento e abertura dos estômatos.

Estudos realizados por SHIBLES & WEBER (1966), OJIMA & FUKUI (1966), OJIMA et al. (1968) comprovam a relação positiva entre a produção da massa seca, o IAF e TAL com a produção de grãos na cultura da soja, fato não observa-

Tabela 9- Acúmulo de massa seca da parte aérea de 10 plantas de soja, em função das doses e modos de aplicação de K_2O , aos 14, 28, 42, 56, 70, 84, 98, 112, 126 e 140 dias após emergência.

Tratamento	Dias após emergência*									
	14	28	42	56	70	84	98	112	126	140
K_2O (kg/ha)	----- gramas.10 plantas ⁻¹ -----									
30	6	15	42	80	127	188	239	373	418	280
60	6	18	44	93	144	217	224	364	422	363
90	6	17	48	108	152	196	257	393	415	365
120	5	16	50	94	155	229	227	370	343	381
Modos de aplic. K_2O										
Área total	6	16	50	97	146	200	247	380	352 b	379
Sulc	6	17	43	98	138	218	230	385	471 a	359
Cob.	6	17	46	87	149	204	233	361	376 ab	303
Trat. adic. K_2O/ha										
0	6	18	48	92	120	205	202	337	473	343
30+30	6	18	45	90	141	207	300	392	404	326
30+60	6	17	38	69	139	212	262	335	423	413
30+90	6	16	42	81	110	163	218	379	396	436
Média	6	17	46	94	145	207	237	375	400	347
F<0,05										
Dose	n.s.	Q	L	Q	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	L
Modo	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*	n.s.
MxD	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Adic.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
C.V.%	10	18	22	23	29	22	27	20	32	32
Estádio Desenv.	V ₂	V ₄	V ₇	V ₁₀	V ₁₂ R ₁	V ₁₃ R ₂	R ₄	R ₅	R ₆	R ₇

*Médias seguidas por letras diferentes nas colunas, diferem entre si ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

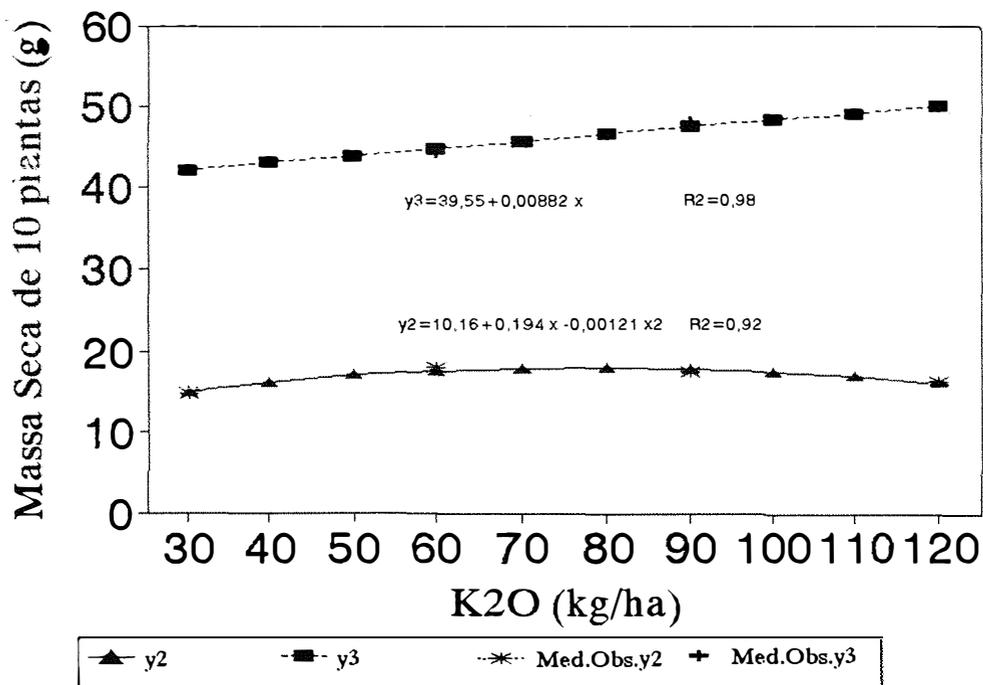


Figura 8- Acúmulo da massa seca da parte aérea de dez plantas (folhas, hastes e vagens) de soja, em função das doses de K₂O aos 28 dias (y₂) e 42 dias (y₃) da emergência.

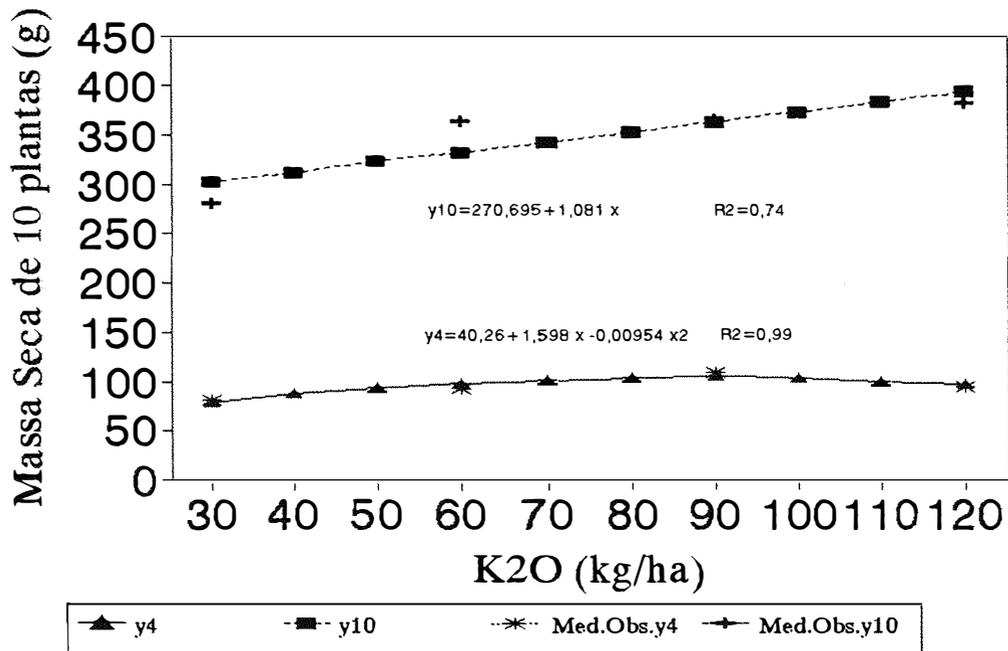


Figura 9- Acúmulo da massa seca da parte aérea de dez plantas (folhas, hastes e vagens) de soja, em função das doses de K₂O aos 56 dias (y₄) e 140 dias (y₁₀) da emergência.

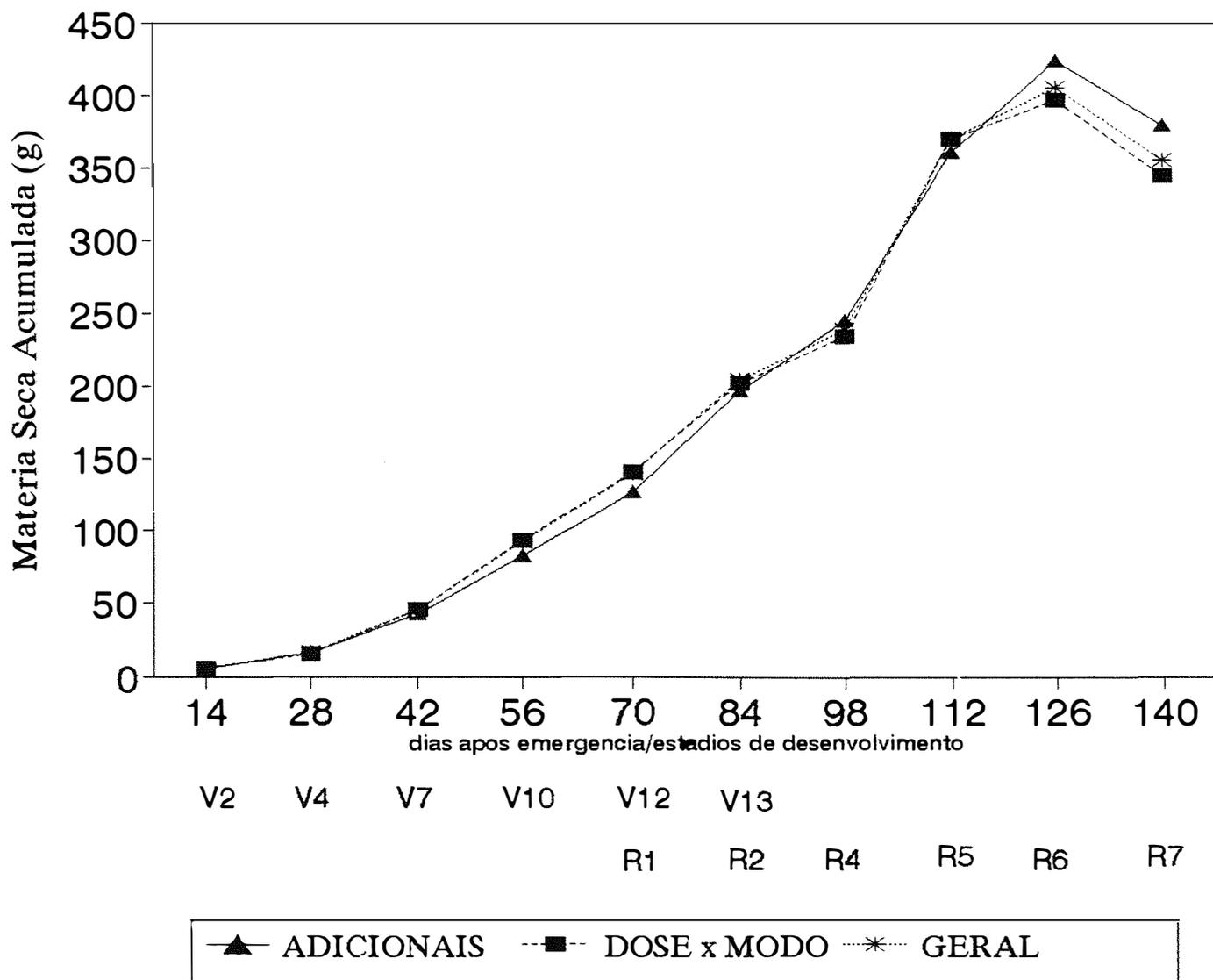


Figura 10- Acúmulo da massa seca de plantas de soja, em função da época de amostragem, considerando as médias gerais dos modos e doses de K_2O aplicado.

-do para as condições deste experimento, uma vez que não houve diferenças significativas no rendimento de grãos, apesar dos resultados significativos obtidos para o IAF, MS e TAL, provavelmente, em função das condições iniciais do solo, que permitiram teores suficientes de potássio para as plantas, evitando-se quebras na produtividade.

Os resultados médios de acúmulo de massa seca no tempo, representados na figura 10, estão de acordo com os obtidos por HAMMOND (1949), que revelam uma primeira diferenciação na taxa de acúmulo por ocasião do florescimento e outra, por ocasião da sua altura máxima, pelo acúmulo médio nas folhas (figura 13) e nas hastes (figura 14).

4.9. Taxa de crescimento cultural (TCC)

A taxa de crescimento cultural (TCC) está descrita na tabela 10, observando-se diferenças significativas dentro dos tratamentos adicionais apenas aos 42 dias da emergência, quando a testemunha se apresentou com maiores médias, diferindo dos tratamentos N e O, que levaram as doses parceladas 30 + 60 e 30 + 90 kg de $K_2O \cdot ha^{-1}$, respectivamente. Este efeito foi diluído na amostragem seguinte, e após a sexta determinação, a testemunha apresentou menores médias que não diferiram estatisticamente das demais.

Assim, nota-se que a adubação de cobertura

Tabela 10- Taxa de Crescimento Cultural (TCC) da soja, em função das doses e modos de aplicação de K₂O, aos 28, 42, 56, 70, 84, 98, 112 e 126 dias após emergência.

Tratamento	Dias após emergência*							
	28	42	56	70	84	98	112	126
K ₂ O kg/ha	-----g.dm ⁻² .dia ⁻¹ -----							
30	0,02	0,10	0,19	0,38	0,56	1,00	1,29	1,99
60	0,02	0,12	0,20	0,46	0,64	1,07	1,28	2,05
90	0,02	0,12	0,22	0,49	0,66	1,02	1,45	2,19
120	0,02	0,12	0,21	0,48	0,69	1,11	1,25	2,07
Modos de aplic. K ₂ O								
Área total	0,02	0,12	0,21	0,47	0,62	1,06	1,36	2,06
Sulco	0,02	0,11	0,20	0,45	0,64	1,08	1,29	2,24
Cobertura	0,02	0,12	0,20	0,45	0,66	1,01	1,30	1,91
Trat. adic. K ₂ O (kg/ha)								
0	0,02	0,13 a	0,20	0,43	0,56	0,94	1,16	1,94
30+30	0,02	0,11 ab	0,20	0,44	0,61	1,16	1,51	2,42
30+60	0,02	0,10 b	0,17	0,37	0,59	1,16	1,32	1,84
30+90	0,02	0,10 b	0,18	0,35	0,49	0,95	1,17	2,14
Média	0,02	0,11	0,20	0,44	0,62	1,05	1,31	2,08
F<0,05								
Dose	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Modo	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
MxD	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Adic.	n.s.	*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
C.V.%	19,5	16,5	18,6	27,5	24,0	20,8	21,6	20,8
Estádio Desenv.	V ₄	V ₇	V ₁₀	V ₁₂ R ₁	V ₁₃ R ₂	R ₄	R ₅	R ₆

*Médias seguidas por letras diferentes nas colunas, diferem entre si ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

realizada nos tratamentos adicionais, aos 30 dias da emergência, resultou em menores médias visto que a testemunha apresentou TCC de $0,13 \text{ g.dm}^{-2}.\text{dia}^{-1}$ diferindo dos tratamentos que receberam maiores doses de KCl, com TCCs de $0,10 \text{ g.dm}^{-2}.\text{dia}^{-1}$, provavelmente causado pela salinização momentânea do adubo junto às plantas. Esse efeito não foi observado e nem interferiu nas demais fases analisadas, nas quais não houve mais diferenças significativas na TCC.

Os maiores valores médios absolutos para a estimativa da área foliar (tabela 6) com 112 dm^2 e IAF (tabela 7) com 4,50 coincidiram aos 98 dias da emergência, quando a taxa de assimilação líquida-TAL (tabela 8) e de crescimento cultural (tabela 10) obtiveram maiores incrementos com valores que passaram de 0,18 para $0,24 \text{ g.dm}^{-2}.\text{dia}^{-1}$ (TAL) e de 0,62 para $1,1 \text{ g.dm}^{-2}.\text{dia}^{-1}$ (TCC), embora estes continuassem a aumentar até por ocasião dos 126 dias da emergência.

Considerando que a TCC é uma das medidas mais adequadas para se avaliar o crescimento de uma planta ou de uma comunidade vegetal (GARDNER, 1985), nota-se que para essas condições, a adubação potássica teve efeito não representativo no contexto.

4.10. Massa seca de hastes

Na tabela 11, observa-se o efeito de doses por ocasião do 28º dia da emergência, e indicado na figura 11,

quando as doses intermediárias de 60 e 90 kg de K_2O/ha apresentaram maiores médias, com 8 g. Constata-se, também, o efeito significativo que o modo de aplicação no sulco de semeadura, com maiores médias, seguida da aplicação em área total antes da semeadura, diferiu da cobertura nos estádios R_6 e R_7 de desenvolvimento da soja.

Os efeitos significativos observados após os 126 e 140 dias da emergência nos pesos das hastes, revelaram-se bem mais representativos que o efeito de doses verificado aos 28. Tal afirmação pode estar firmada no fato de que as menores médias obtidas pelo modo de cobertura aos 30 dias da emergência nos estádios (R_6) e (R_7), provavelmente tenha proporcionado maiores translocações às folhas, vagens e grãos, através de um possível favorecimento do metabolismo da planta. Entretanto, esse efeito somente refletiu-se significativamente para a matéria seca de vagens no estágio de desenvolvimento (R_6), onde o modo de aplicação em sulco obteve a maior média.

Na figura 12, percebe-se que o incremento médio da massa seca das hastes ocorreu até o estágio de desenvolvimento (R_4) correspondente aos 98 dias da emergência, e após, verificou-se decréscimo nesses valores. A partir de então, o peso de hastes não foi o principal efeito nos aumentos médios da matéria seca acumulada, que continuaram a aumentar até aos 126 dias da emergência (R_6).

Tabela 11- Massa seca das hastes de plantas de soja, em função das doses e modos de aplicação de K₂O no solo, aos 14, 28, 42, 56, 70, 84, 98, 112, 126 e 140 dias após emergência.

Tratamento	Dias após emergência*											
	14	28	42	56	70	84	98	112	126	140		
K ₂ O (kg/ha)	----- g/10 plantas-----											
30	2	7	23	47	84	174	136	132	176	104		
60	2	8	22	49	79	166	121	131	165	119		
90	2	8	26	63	97	188	144	138	176	125		
120	2	8	27	54	100	178	133	161	146	134		
Modos de aplic. K ₂ O												
Área total	2	8	27	56	96	181	142	141	148 b	133 a		
Sulco	2	8	23	56	89	182	131	153	200 a	127 ab		
Cobertura	2	8	24	47	85	167	128	128	150 b	101 b		
Trat. adic. K ₂ O (kg/ha)												
0	2	8	22	54	80	145	118	163	200	127		
30+30	2	9	26	53	89	145	173	194	165	119		
30+60	2	8	20	40	89	150	147	160	174	146		
30+90	2	8	22	46	70	115	125	184	176	162		
Média	2	8	25	54	91	144	137	178	172	127		
F<0,05												
Dose	n.s.	Q	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.		
Modo	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*	*		
MxD	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.		
Adic.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.		
C.V.%	13	19	22	26	29	23	22	18	33	30		
Estádio Desenv.	V ₂	V ₄	V ₇	V ₁₀	V ₁₂	V ₁₃	R ₁	R ₂	R ₄	R ₅	R ₆	R ₇

*Médias seguidas por letras diferentes nas colunas, diferem entre si ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

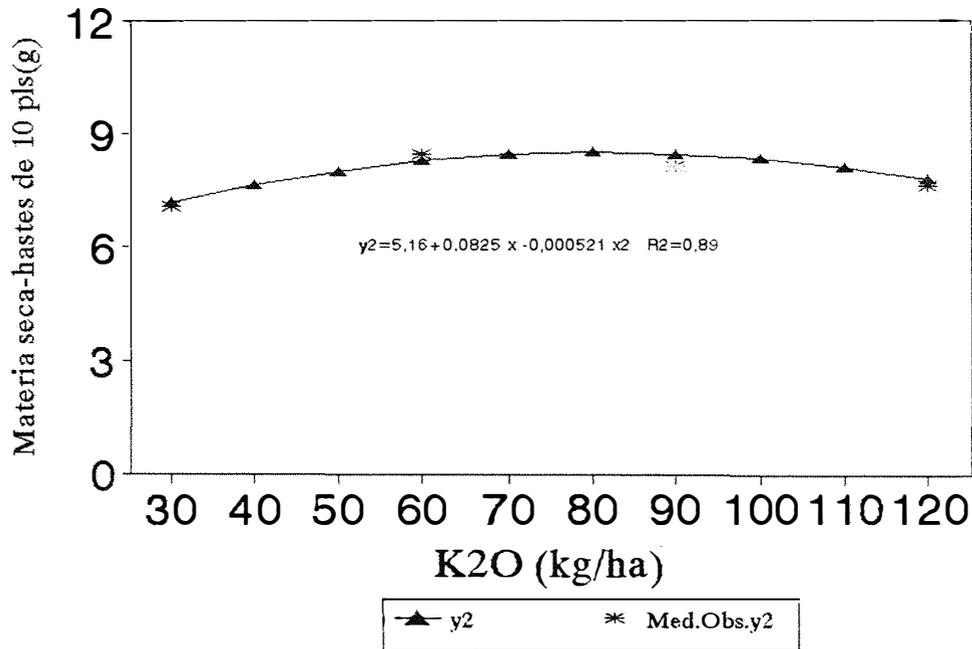


Figura 11- Massa seca de hastes de dez plantas de soja, em função de doses de K_2O , aos 28 dias (y_2) da emergência.

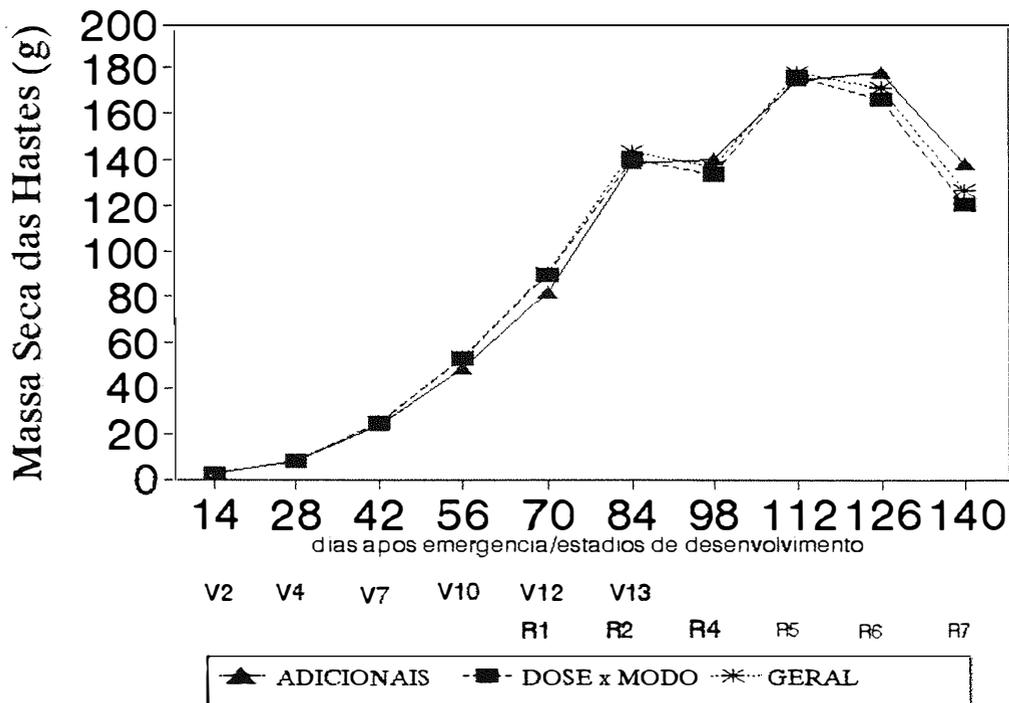


Figura 12- Massa seca de hastes de plantas de soja (IAC 8), em função da época da amostragem, considerando as médias gerais de doses e modos de aplicação de K_2O .

4.11. Massa seca de folhas

Para a massa das folhas, cujas médias estão na tabela 12, observaram-se interações significativas somente para as doses de potássio aplicado, por ocasião dos estádios de desenvolvimento V_4 , V_7 , V_{10} e V_{12} R_1 , valores apresentados nas figuras 13 e 14.

Apesar deste ser um parâmetro basicamente utilizado para medições da estimativa da área foliar, IAF, TAL, TCC entre outros, nota-se que as doses de potássio foram efetivas na diferenciação entre os pesos dos tecidos foliares, que basicamente influenciaram os demais parâmetros citados, principalmente na taxa de acúmulo da matéria seca da cultura da soja. Constata-se que as doses intermediárias obtiveram as maiores médias de massa de folhas nas respectivas épocas.

Observa-se na figura 15, que os valores médios da massa seca das folhas, em função dos modos e doses de K_2O , tiveram acréscimos até (R_5), correspondente aos 112 dias da emergência, com 68 g de massa seca. Após esse período, ocorreram perdas, sendo que aos 126 dias estes valores eram de 43 g em média.

Tabela 12- Massa seca das folhas de soja, em função de doses e modo de aplicação de K₂O no solo, aos 14, 28, 42, 56, 70, 84, 98, 112 e 126 dias após emergência.

Tratamento	Dias após emergência								
	14	28	42	56	70	84	98	112	126
K ₂ O (kg/ha)	----- g.10 plantas ⁻¹ -----								
30	4	8	19	34	43	56	51	66	47
60	4	9	20	32	51	64	50	66	44
90	3	9	22	45	54	58	56	72	41
120	3	9	23	40	56	68	49	70	34
Modos de aplic. K ₂ O									
Área total	3	8	23	41	51	59	54	67	36
Sulco	3	9	20	41	49	65	49	70	46
Cobertura	4	9	21	39	53	60	51	68	41
Trat. adic. K ₂ O (kg/ha)									
0	3	9	22	38	41	60	48	63	60
30+30	4	9	20	36	51	62	64	73	34
30+60	3	9	18	29	51	62	56	63	49
30+90	3	8	19	35	39	48	47	67	44
Média	3	9	21	39	50	61	52	68	43
F<0,05									
Dose	n.s.	Q	L	Q	L	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Modo	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
MxD	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Adic.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
C.V.%	9	17	21	25	30	24	24	19	41
Estádio Desenv.	V ₂	V ₄	V ₇	V ₁₀	V ₁₂ R ₁	V ₁₃ R ₂	R ₄	R ₅	R ₆

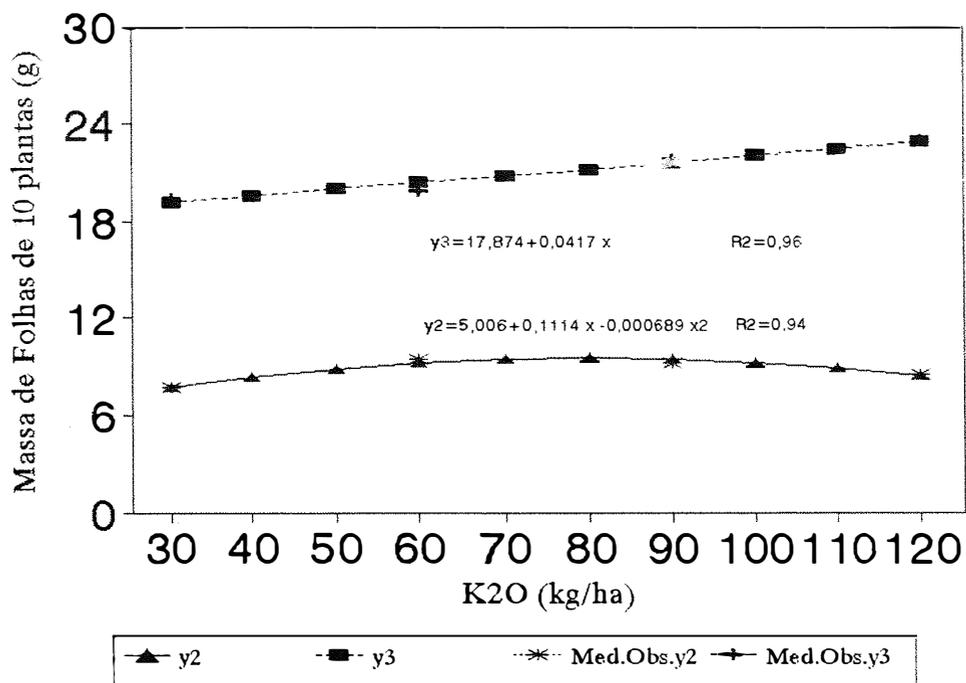


Figura 13- Massa seca das folhas de dez plantas de soja, em função das doses de K_2O , aos 28 dias (y_2) e 42 dias (y_3) da emergência.

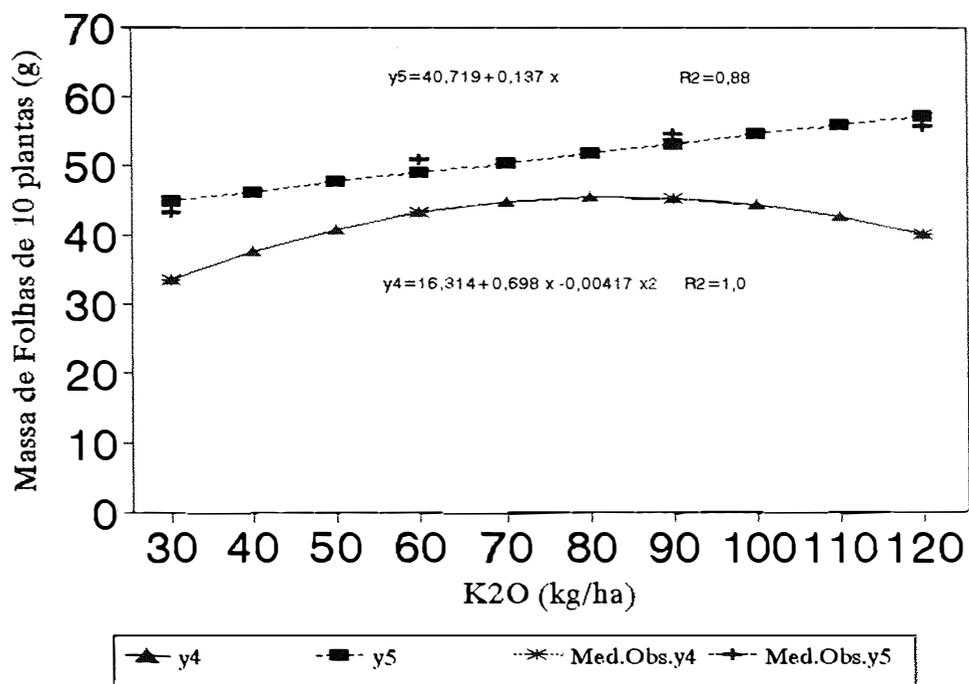


Figura 14- Massa seca de folhas de dez plantas de soja, em função de doses de K_2O aos 56 dias (y_4) e 70 dias (y_5) da emergência

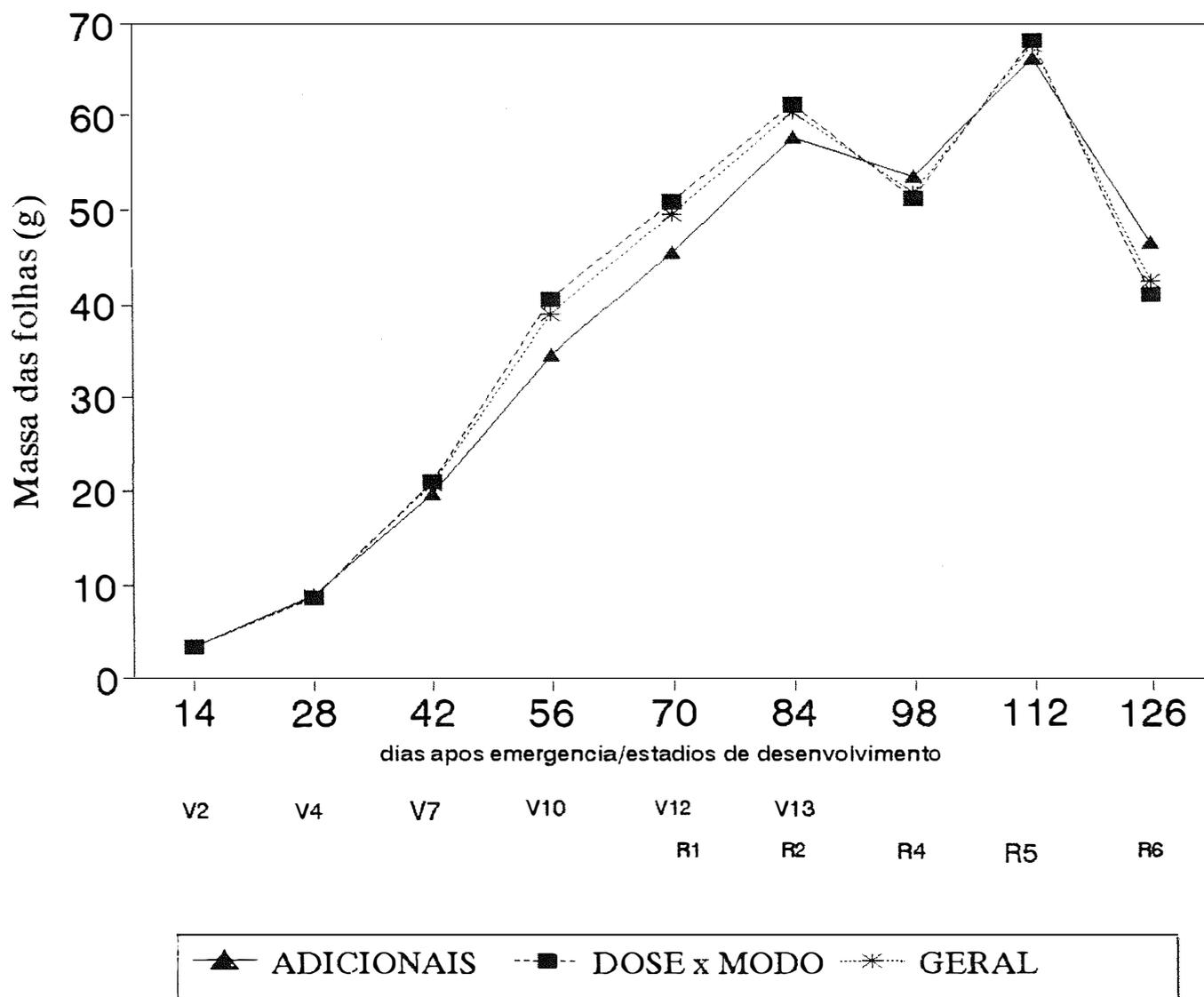


Figura 15- Massa seca das folhas de plantas de soja, em função da época da amostragem, considerando os valores médios gerais dos modos e doses de aplicação de K_2O .

4.12. Massa seca de vagens por dez plantas

Para a massa de vagens, observam-se diferenças significativas aos 126 dias da emergência (R_6), onde a aplicação no sulco de semeadura apresentou a maior média, diferindo dos demais modos de aplicação, conforme tabela 13. Essa diferença não foi mantida na amostragem subsequente, e nem teve efeito no rendimento da soja. Porém, a diferença observada no estágio (R_6) foi fundamental aos resultados significativos para o acúmulo da massa seca (tabela 9), se correlacionados com os pesos das hastes (tabela 11), uma vez que o peso das folhas e hastes já não estavam se diferenciando estatisticamente, talvez pela translocação de fotossintéticos para as vagens e grãos (tabelas 13 e 14 respectivamente), concordando com as informações de MENGEL & KIRKBY (1987) que citam entre outras funções do K^+ , a de maior translocação de produtos da fotossíntese para os demais órgãos das plantas.

Os pesos médios das vagens, representados na figura 16, foram fatores predominantes no acúmulo da massa seca após 98 dias da emergência. Nota-se pela figura, o aumento do peso seco das vagens, até bem próxima da colheita, apesar de ocorrerem decréscimos totais nas plantas após os 112 dias da emergência. Tais observações concordam com as obtidas por HANWAY & WEBER (1971b) que determinaram que o acúmulo de massa seca nas vagens foi de $51 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ após

Tabela 13- Massa seca de vagens de dez plantas de soja, em função de doses e modos de aplicação de K₂O no solo, aos 98, 112, 126 e 140 dias após emergência.

Tratamento	Dias após emergência*			
	98	112	126	140
K ₂ O (kg/ha)	----- g/10 plantas -----			
30	51	124	195	233
60	44	121	199	233
90	58	134	198	240
120	45	122	163	247
Modos de apl. K ₂ O				
Área total	51	132	168 b	246
Sulco	50	126	225 a	232
Cobertura	47	118	174 b	195
Trat. adic. K ₂ O (kg/ha)				
0	37	111	213	216
30+30	62	125	206	207
30+60	59	113	199	268
30+90	46	128	176	275
Média	50	123	191	234
F<0,05				
Dose	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Modo	n.s.	n.s.	*	n.s.
MxD	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Adic.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
C.V.%	43	25	32	33
Estádio Desenv.	V ₁₃ R ₄	R ₅	R ₆	R ₇

*Médias seguidas por letras diferentes nas colunas, diferem entre si ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

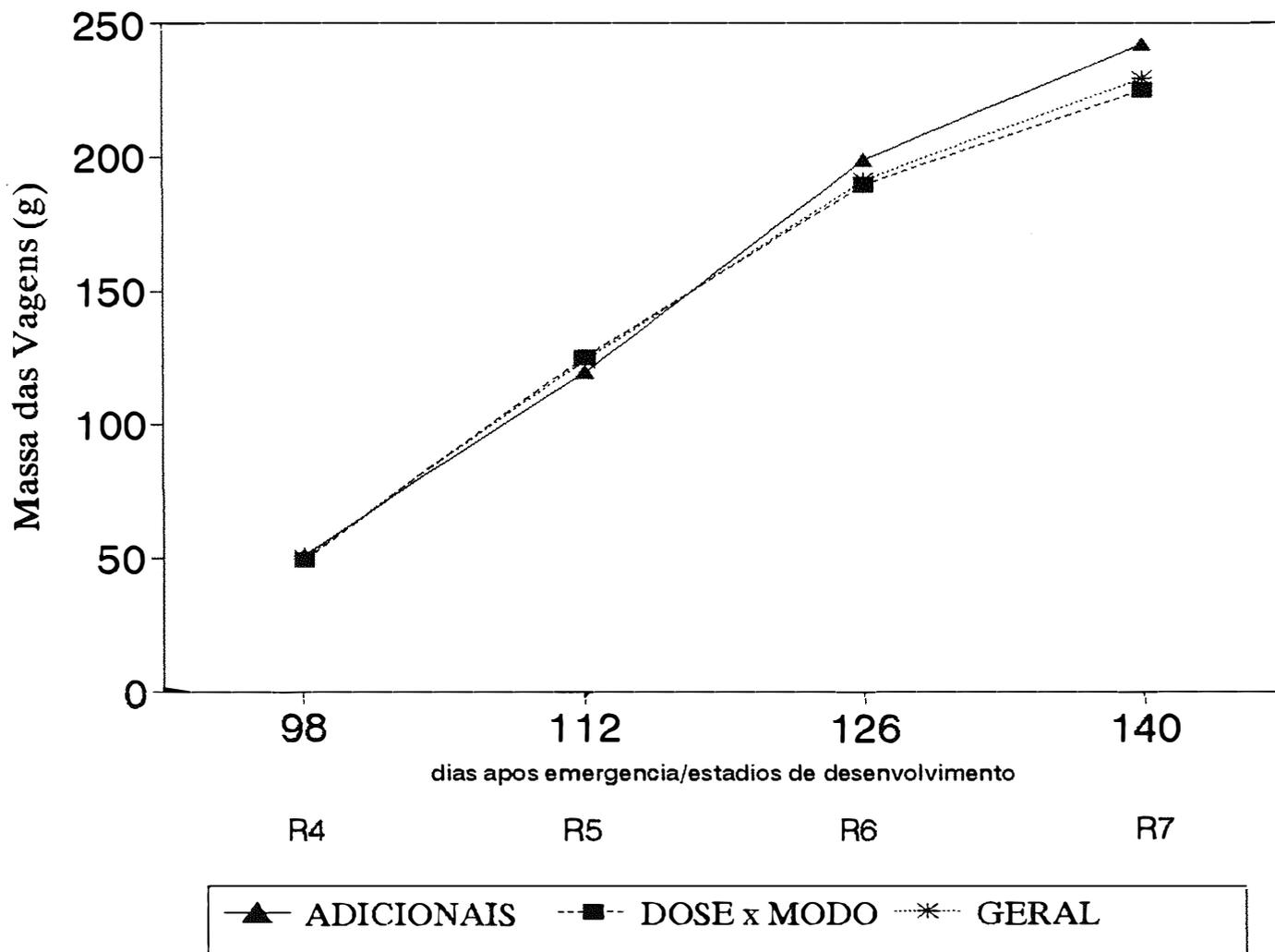


Figura 16- Massa seca de vagens de plantas de soja, em função da época da amostragem, considerando as médias geral dos modos e doses de aplicação de K_2O .

o florescimento.

4.13. Rendimento de grãos

Não se constataram diferenças estatísticas para as doses e modos de adubação potássica para a produtividade de grãos nas condições do ensaio, conforme tabela 14.

Essas observações de rendimento não diferenciados, significativamente, estão de acordo e coerente com a revisão do presente estudo, uma vez que os sintomas descritos de plantas de soja, evidenciam-se no decorrer do tempo, com a utilização de práticas agronômicas inadequadas. Portanto, por ser o primeiro ano agrícola dos ensaios, esses dados estão coerentes com as hipóteses deste estudo.

Ressalte-se que a produção média de grãos dos tratamentos foi satisfatória, com médias menores superiores a 2.900 kg de grãos.ha⁻¹ e médias maiores superiores a 3.300 kg.ha⁻¹, apontando que para o primeiro ano, e observando as condições de instalação do ensaio, a cultura da soja é viável economicamente em solos sob cerrado. Tais observações estão coerentes com os informes BLACK (1968), que diz ter a planta de soja capacidade de extrair ou reduzir rapidamente o K trocável, e se este for insuficiente para sua necessidade, ela vai continuar absorvendo K, que passa do estado de lentamente trocável para prontamente disponível.

Corroborando com os dados desses estudos,

Tabela 14- Rendimento de grãos, teores de proteínas e teor de óleo nos grãos de soja, em função de doses e modos de aplicação de K₂O.

Tratamentos	Produção de grãos	Teor de Proteínas	Teor de Óleo
K ₂ O (kg/ha)	kg/ha	%	%
30	3.184	43,02	20,07
60	3.117	42,26	19,65
90	3.255	42,66	20,24
120	3.252	42,70	20,86
Modos de aplic.			
K ₂ O			
Área total	3.330	44,34	20,71
Sulco	3.108	42,46	20,31
Cobertura	3.168	41,18	19,60
Trat. adic.			
K ₂ O (kg/ha)			
0	3.175	46,30	20,98
30+30	3.266	43,04	20,91
30+60	2.964	45,00	21,47
30+90	3.032	34,00	16,03
Média	3.168	42,70	20,11
	Dose	n.s.	n.s.
	Modo	n.s.	n.s.
F<0,05	Modo x Dose	n.s.	n.s.
	Dentro adic.	n.s.	n.s.
C.V. %	6,48	13,61	14,17

MASCARENHAS et al. (1981) sugerem que o nível crítico de K trocável, possa ser reduzido a um valor menor que 0,12 meq/100g de solo, principalmente em solos de cerrado e quando utilizados cultivares de soja de ciclo semitardio (acima de 140 dias), para valores ao redor de 0,08 meq/100 g de solo, pois não houve respostas na produtividade frente a doses de K em cinco anos de estudos.

Considerando que pela tabela 24, os menores teores de K apresentaram-se em torno de 0,09 meq/100 g de solo após colheita, e que o cultivar utilizado teve ciclo semelhante aos estudos mencionados, esperava-se que no primeiro ano esses dados fossem semelhantes, o que de fato ocorreu.

4.14. Teores de macronutrientes nas folhas

Os teores de macronutrientes nas folhas, em função da época da coleta dos dados e modos de aplicação de potássio no solo, encontram-se nas tabelas 15, 16, 17, 18 e 19 e nas figuras 17, 18, 19 e 20.

Para o nitrogênio, as observações dos dados mostram que somente aos 84 dias da emergência, os tratamentos adicionais apresentaram diferenças significativas para os teores médios deste nutriente, mostrando que as doses parceladas e crescentes de potássio no solo tiveram influência direta nos teores de N, nos tecidos foliares

(Tabela 18). Nota-se, também, que a dose zero de K_2O obteve a menor média de teores de N nas folhas com 3,09%, considerando os demais modos e doses de aplicação de K_2O no estágio de desenvolvimento V_{13} R_2 , diferindo, estatisticamente, do tratamento que recebeu a dose de 30 kg no sulco de semeadura, suplementada por 90 kg de $K_2O \cdot ha^{-1}$ aos trinta dias da emergência, com valores de 3,68%.

Considerando-se as médias gerais dos teores de nitrogênio aos 28, 56 e 84 dias da emergência, observa-se que os maiores teores médios foram obtidos aos 28 dias, que apresentou 3,90%, seguida da amostragem feita aos 84 dias com 3,29%. A segunda amostragem apresentou as menores médias com 3,05%, provavelmente, em função de menores disponibilidades hídricas nessa ocasião, como demonstrado na figura 1.

Para o fósforo, constataram-se variações semelhantes aos teores médios descritos para o nitrogênio, em função das épocas de amostragens. Aos 56 dias da emergência, houve interação significativa para doses, indicado na tabela 16, cuja regressão quadrática está representada na figura 17. Ainda nesta amostragem, ocorreu interação entre o modo de aplicação de potássio em área total com a dose de 120 kg de $K_2O \cdot ha^{-1}$, com maiores médias de P nos tecidos foliares, diferindo da aplicação no sulco de semeadura. Esses efeitos não foram observados na amostragem realizada aos 84 dias da emergência.

A figura 17 mostra um máximo de P nas folhas

próximo da dose de 80 kg de K_2O .ha⁻¹. O dado obtido talvez possa ser explicado no fato do potássio ter papel fundamental na fotossíntese, com a transformação da energia luminosa em química, na forma de ATP e NADPH, que são moléculas vitais para todas as funções da planta de forma direta ou indireta (MINGEL & KIRKBY, 1987), tornando-se evidente a influência do potássio nos teores de P nos tecidos foliares, visto que essas moléculas energéticas constituem-se basicamente de fósforo na forma inorgânica. Segundo esses autores, o P possui uma mobilidade relativamente alta nos tecidos foliares; o fato observado na figura 17, pode ter sido influenciado pelos teores de K_2O até um máximo de teores de P nas folhas, visto que após este máximo, o efeito de salinização do KCl pode ter-se tornado antagônico à translocação do P para as folhas. O fato de haver interação significativa para doses x modos de aplicação de K_2O no solo, para os teores de P nas folhas, conforme tabela 17, ratifica que a concentração do KCl no sulco de semeadura promoveu menores teores de P nas folhas, em relação à aplicação em área total, podendo ser um efeito de salinização do KCl em contato próximo ao sistema radicular da planta.

Considerando o potássio nos tecidos foliares, dentro das três amostragens realizadas, aos 28 dias da emergência apresentou as maiores médias com 1,88%, seguida da amostragem aos 56 dias com 1,52%, e aos 84 dias com 0,97%, conforme as tabelas 15, 16 e 18 respectivamente. Observa-se

também, o efeito de doses de K_2O nos teores médios de K^+ nas folhas 3+, aos 56 e 84 dias da emergência, indicado na tabela 19 e esquematizado na figura 18.

Na tabela 19, nota-se que a dose de 120 kg de $K_2O \cdot ha^{-1}$ aplicado em área total, e 90 kg de K_2O no sulco de semeadura apresentaram as maiores médias de K^+ nos tecidos foliares coletados aos cinquenta e seis dias, com 1,81 e 1,76% respectivamente, diferindo, no entanto, somente da testemunha com 1,12% por ocasião dos 56 dias da emergência, na análise dos 16 tratamentos.

Aos 84 dias da emergência (tabela 18), observa-se o efeito de doses de K_2O , possivelmente em função da cobertura realizada aos 30 dias após emergência, para os teores médios de K^+ nos tecidos foliares, representado pela figura 18. Constata-se que esses efeitos foram explicados pela regressão linear, sugerindo que os tecidos foliares poderiam ter maiores teores de K^+ se no ensaio houvesse maiores doses de K_2O no solo para as amostragens estudadas.

O fato de não ter ocorrido diferenças estatísticas, para o modo de aplicação em cobertura, pode ser explicado pela mineralização promovida pela decomposição da matéria orgânica original da pastagem existente anteriormente à instalação do ensaio, permitindo que a testemunha atingisse teores de K^+ até níveis não diferenciados dos demais tratamentos nas amostragens, concordando com as discussões realizadas por MASCARENHAS et al. (1974).

Os teores de cálcio nas folhas foram acumulativos no decorrer das três amostragens, notando-se uma menor velocidade deste acúmulo por ocasião dos 56 dias da emergência (tabela 16). Aos 28 dias da emergência (tabela 15), observa-se o efeito do modo de aplicação de K_2O em cobertura com 1,15%, superando as médias de teores de Ca^{++} nas folhas no modo de aplicação em área total com 1,04%, visto que esse efeito não foi significativo nas demais amostragens. Entretanto, na amostragem seguinte houve efeito de doses de K_2O no solo sobre os teores de Ca^{++} nos tecidos foliares, representada pela regressão quadrática da figura 19. Ainda para os teores de Ca^{++} nos tecidos foliares, verificaram-se diferenças estatísticas aos oitenta e quatro dias da emergência (tabela 18), dentro dos tratamentos adicionais, visto que a testemunha apresentou a maior média, considerando-se tanto as doses como as modalidades de aplicação de potássio. Assim, pela tabela 18, nota-se que a média geral dos teores de Ca^{++} nas folhas para o período, foi de 1,65%, e na testemunha, o teor foi de 1,90% Ca^{++} , valor diferenciado significativamente do modo de 30 kg no sulco, complementado com 60 kg de $K_2O \cdot ha^{-1}$ aos trinta dias da emergência, com 1,53%.

Pelas tabelas 15 e 16, nota-se que os teores de Ca^{++} nos tecidos foliares da testemunha, apresentaram as maiores médias nas respectivas amostragens.

Os resultados para os teores de magnésio nas

folhas de soja foram, estatisticamente, significativos para as doses de K_2O no solo, mostrando correlação inversa nas amostragens das tabelas 15 e 16, representadas na figura 20. Apesar de não significativa, a relação inversa de teores de Mg^{++} nas folhas, em função das doses de K_2O no solo, manteve-se também por ocasião dos 84 dias da emergência (tabela 18).

As menores médias gerais para os teores de Mg^{++} nos tecidos foliares foram verificadas aos 56 dias da emergência com 0,32%.

Não se observaram diferenças para os modos de aplicação e dentro dos tratamentos adicionais de aplicação de K_2O no solo para os teores de Mg^{++} nas folhas amostradas e indicadas nas tabelas 15, 16 e 18.

Os efeitos verificados para Ca^{++} e Mg^{++} , em relação às doses de K_2O no solo, foram diluídos por ocasião da amostragem realizada aos 84 dias da emergência (tabela 18), provavelmente por efeito da reação do calcário dolomítico aplicado, equilibrando as relações Mg/K^+ e Ca/K^+ nos tecidos foliares. Essas inferências concordam com MASCARENHAS et al. (1984), que concluem que o calcário dolomítico provocou sensível redução na absorção de K^+ e em menor proporção de Ca^{++} , em função do aumento de absorção de Mg^{++} , sob condições de solos de cerrado em vasos e em casa de vegetação, com o cultivar IAC-9.

Os menores teores de Ca^{++} e Mg^{++} nos tecidos foliares em função das doses crescentes de K_2O , obtidos neste

experimento, concordam com as informações de MASCARENHAS et al. (1988) que há competição entre essas bases trocáveis, pelo sítio de absorção e adsorção nas raízes e solos respectivamente.

Pelas tabelas 15, 16 e 18, nota-se que as médias gerais dos teores de macronutrientes nas folhas, estão abaixo da faixa de suficiência para a cultura da soja, segundo MASCARENHAS (1972), que determinou para o N, a porcentagem de 4,03%, de 0,31% para P, de 1,8% para o K⁺, de 2,2% para o Ca⁺⁺ e de 0,43 para o Mg⁺⁺ aos 60 dias da emergência. SMALL & OHLROGGE (1973) consideraram que as faixas de suficiência para esses nutrientes eram de: N - de 4,26 a 5,5%; P - de 0,26 a 0,50%; K⁺ - de 1,71 a 2,5%; Ca⁺⁺ - de 0,36 a 2,0% e Mg⁺⁺ - de 0,26 a 1%.

Os dados de faixa de suficiência obtida por Peck (1979), citado por TANAKA & MASCARENHAS (1992), também estão de acordo com as discussões realizadas para os teores de macronutrientes nas folhas de soja no presente ensaio.

A diferença obtida nos teores foliares desses nutrientes neste experimento em relação aos dos citados autores, não são tão discrepantes e deve-se, provavelmente, pela exclusão do pecíolo foliar no método utilizado no presente ensaio, visto que os autores mencionados, utilizaram-nos para suas análises.

Tabela 15- Teores de macronutrientes nas folhas de soja, na amostragem aos 28 dias após emergência, em função de doses e modos de aplicação de K₂O.

Tratamentos	Nutrientes*				
	N	P	K	Ca	Mg
K ₂ O (kg/ha)	----- % -----				
30	4,02	0,25	1,83	1,09	0,46
60	3,97	0,24	1,76	1,10	0,45
90	3,88	0,26	2,00	1,06	0,44
120	3,85	0,24	1,98	1,11	0,39
Modos de aplic. K ₂ O					
Área total	4,01	0,25	1,92	1,04 b	0,44
Sulco	3,85	0,24	1,96	1,07 ab	0,41
Cobertura	3,92	0,25	1,80	1,15 a	0,46
Trat. adic. K ₂ O (kg/ha)					
0	3,87	0,21	1,59	1,29	0,42
30+30	3,89	0,27	2,10	1,06	0,42
30+60	3,71	0,23	1,92	1,09	0,44
30+90	3,78	0,24	1,10	1,10	0,46
Média	3,90	0,24	1,88	1,10	0,44
F<0,05					
Dose	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	L
Modo	n.s.	n.s.	n.s.	*	n.s.
Modo x Dose	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Dentro adic.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
C.V. %	10,41	9,43	10,53	11,91	7,18

*Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si nas colunas, ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

Tabela 16- Teores de macronutrientes nas folhas de soja, na amostragem aos 56 dias após emergência, em função de doses e modos de aplicação de K₂O.

Tratamentos	Nutrientes					
	N	P	K	Ca	Mg	
K ₂ O (kg/ha)	----- % -----					
30	3,06	0,21	1,39	1,13	0,33	
60	3,07	0,22	1,49	1,20	0,33	
90	3,02	0,12	1,61	1,08	0,32	
120	3,12	0,11	1,62	0,98	0,26	
Modos de aplic. K ₂ O						
Área total	3,04	0,21	1,60	1,11	0,31	
Sulco	3,14	0,20	1,54	1,08	0,29	
Cobertura	3,02	0,21	1,44	1,10	0,32	
Trat. adic. K ₂ O (kg/ha)						
0	3,17	0,23	1,12	1,26	0,37	
30+30	2,62	0,23	1,66	1,21	0,35	
30+60	2,95	0,21	1,58	1,05	0,29	
30+90	3,23	0,20	1,61	1,06	0,29	
Média	3,05	0,21	1,52	1,11	0,32	
	Dose	n.s.	Q	L	Q	L
	Modo	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
F<0,05	Modo x Dose	n.s.	*	n.s.	n.s.	n.s.
	Dentro adic.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
C.V. %	12,64	9,27	15,13	12,26	16,77	

Tabela 17- Teores de fósforo nas folhas, aos 56 dias da emergência da soja em função de doses e modos de aplicação de K_2O .

Doses de K_2O (kg/ha)	Modos de aplicação*			Média	F<0,05
	Área total	Sulco	Cobertura		
	----- teor P (ppm) -----				
30	0,210 a	0,200 a	0,212 a	0,207	n.s.
60	0,205 a	0,225 a	0,215 a	0,215	n.s.
90	0,205 a	0,227 a	0,205 a	0,212	n.s.
120	0,227 a	0,195 b	0,205 ab	0,209	*
Média	0,211	0,211	0,209	0,210	
F<0,05	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	

*Médias seguidas pela mesma letra na linha, não diferem entre si ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

Tabela 18- Teores de macronutrientes nas folhas de soja, na amostragem aos 84 dias após emergência, em função de doses e modos de aplicação de K₂O.

Tratamentos	Nutrientes*					
	N	P	K	Ca	Mg	
K ₂ O (kg/ha)	----- % -----					
30	3,25	0,23	0,90	1,64	0,44	
60	3,39	0,24	0,96	1,71	0,45	
90	3,22	0,23	0,98	1,66	0,45	
120	3,17	0,23	1,05	1,56	0,38	
Modos de aplic. K ₂ O						
Área total	3,30	0,23	0,98	1,61	0,43	
Sulco	3,29	0,24	0,96	1,69	0,43	
Cobertura	3,18	0,23	0,98	1,63	0,44	
Trat. adic. K ₂ O (kg/ha)						
0	3,09 b	0,24	0,80	1,90 a	0,53	
30+30	3,22 ab	0,23	0,97	1,70 ab	0,41	
30+60	3,49 ab	0,24	1,00	1,53 b	0,39	
30+90	3,68 a	0,24	1,15	1,64 ab	0,39	
Média	3,29	0,23	0,97	1,65	0,44	
	Dose	n.s.	n.s.	L	n.s.	n.s.
	Modo	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
F<0,05	Modo x Dose	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
	Dentro adic.	*	n.s.	n.s.	*	n.s.
C.V. %	7,73	10,85	16,72	11,00	17,97	

*Médias seguidas por letras diferentes na mesma coluna, diferem entre si ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

Tabela 19- Teores de K⁺ nos tecidos foliares aos 28 dias, 56 dias e 84 dias, em folhas de soja, em função de doses e modo de aplicação de K₂O no solo.

Trat ^o s.	Doses de K ₂ O ¹			Dias após emergência*		
	1	2	3	28	56	84
	----- kg/ha -----			----- Teores de K ⁺ em % -----		
A	30	-	-	1,96	1,51 ab	0,85
B	60	-	-	1,87	1,54 ab	0,98
C	90	-	-	1,92	1,57 ab	0,97
D	120	-	-	1,96	1,81 a	1,13
E	-	30	-	1,91	1,38 ab	0,98
F	-	60	-	1,76	1,49 ab	0,94
G	-	90	-	2,02	1,76 a	1,02
H	-	120	-	1,26	1,57 ab	0,92
I	-	-	30	1,62	1,30 ab	0,90
J	-	-	60	1,66	1,48 ab	0,98
K	-	-	90	2,08	1,51 ab	0,96
L	-	-	120	1,85	1,51 ab	1,11
M	-	30	30	2,10	1,66 ab	0,98
N	-	30	60	1,93	1,59 ab	1,00
O	-	30	90	1,84	1,61 ab	1,15
T	-	-	-	1,59	1,12 b	0,80
Média				1,89	1,53	0,98
C.V.				15,28	15,14	16,73
F<0,05				n.s.	*	n.s.

¹Tratamentos de doses de K₂O/ha segundo os modos de aplicação: 1) Em área total antes da semeadura; 2) no sulco de semeadura e 3) Cobertura aos 30 dias da emergência.

*Valores seguidos de letras iguais na mesma coluna, não diferem entre si ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

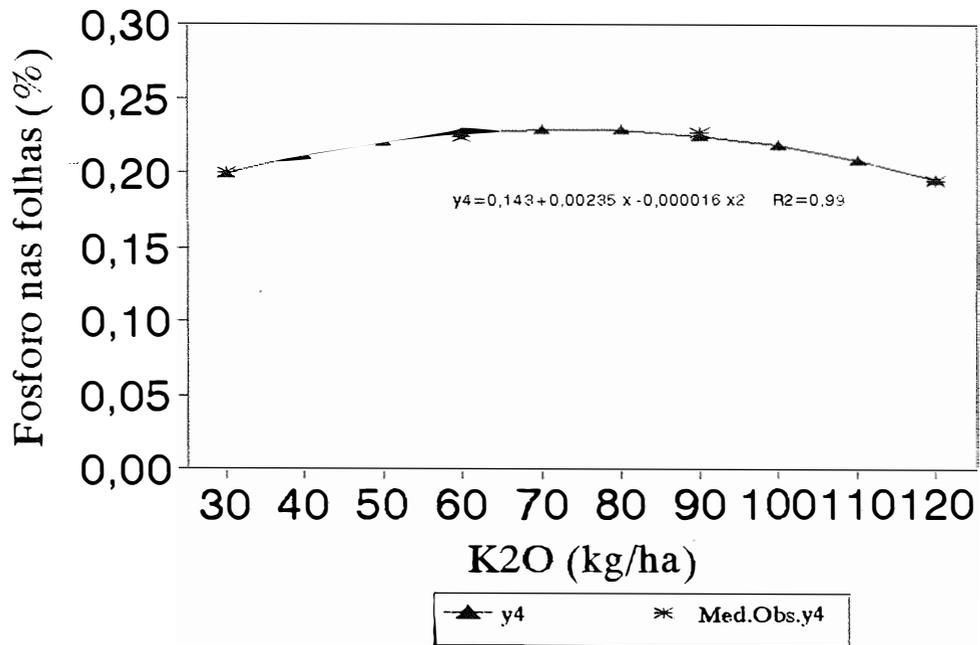


Figura 17- Teores de fósforo nas folhas de soja, em função das doses de K_2O aos 56 dias (y_4) da emergência.

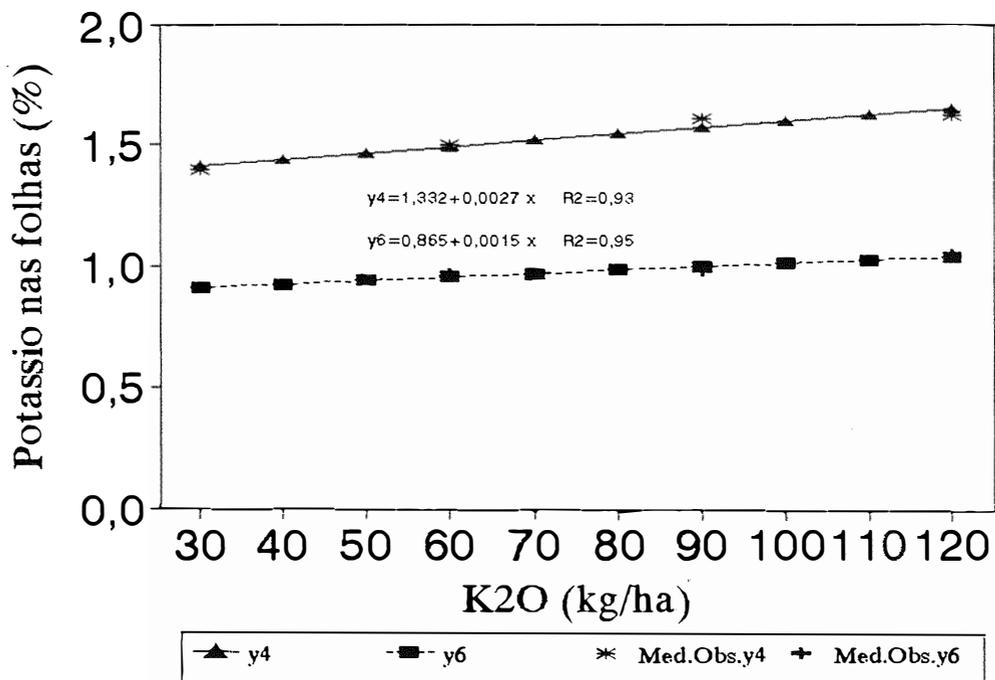


Figura 18- Teores de potássio nas folhas de soja, em função de doses de K_2O , aos 56 dias (y_4) e 84 dias (y_6) da emergência.

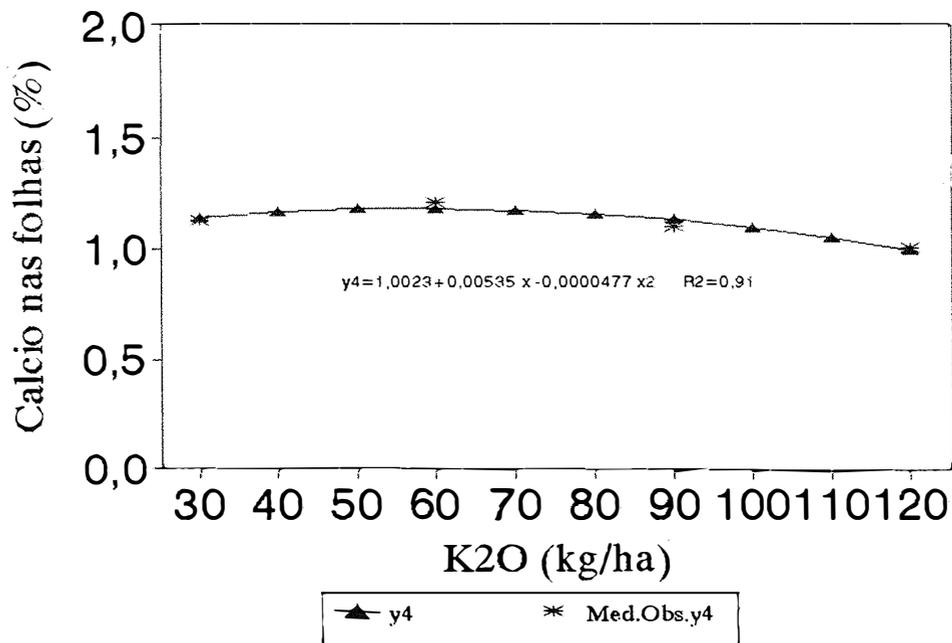


Figura 19- Teores de cálcio nos tecidos foliares de plantas de soja, em função de doses de K_2O , aos 56 dias (y_4) da emergência.

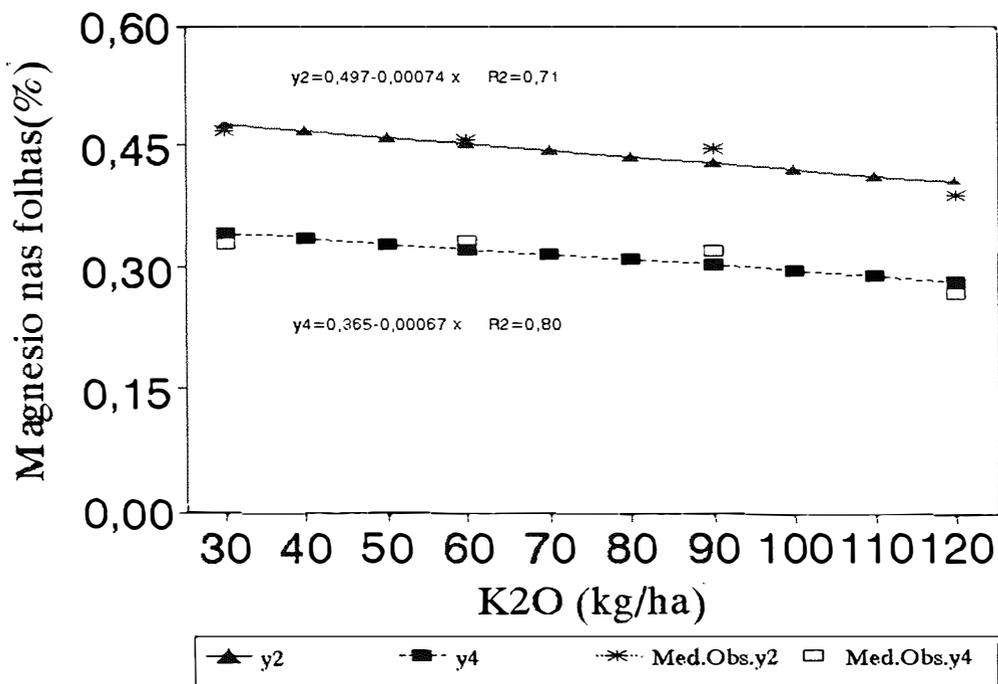


Figura 20- Teores de magnésio nas folhas de soja, em função de doses de K_2O , aos 28 dias (y_2) e 56 dias (y_4) da emergência.

4.15. Teores de macronutrientes nos grãos

As análises realizadas para teores de macronutrientes em % nos grãos de soja, constantes na tabela 20, mostram que:

Os teores de N, Mg e S nos grãos não sofreram os efeitos de doses e modos de aplicação do K_2O no solo.

O fósforo revelou-se com médias significativamente diferenciadas na interação das doses com os modos de aplicação, mas a dose de 60 kg de $K_2O \cdot ha^{-1}$ aplicado em área total antes da semeadura apresentou-se com as menores médias (0,48 %), diferindo da cobertura com 0,53%, como mostra a tabela 21.

O potássio nos grãos de soja mostrou correlação significativa dentro dos tratamentos adicionais, visto que a testemunha apresentou a menor média de 1,35%, em contraposição à aplicação de 30 kg, complementada com 90 kg de $K_2O \cdot ha^{-1}$ após trinta dias da emergência, com média de 1,59% de potássio (tabela 20). Considerando a análise dos dezesseis tratamentos, a testemunha também mostrou os menores teores de K nos grãos com 1,35%, porém, diferiu somente da dose de 60 kg de K_2O aplicados em área total, ou seja, o tratamento B com 1,73% (tabela 22).

Os teores de Ca^{++} nos grãos apresentaram-se significativamente diferenciados dentro dos tratamentos adicionais, que a exemplo do K^+ , mostrou menores teores na

Tabela 20- Teores de macronutrientes nos grãos de soja, em função de doses e modos de aplicação de K₂O.

Tratamentos	Nutrientes*					
	N	P	K	Ca	Mg	S
K ₂ O	----- % -----					
30	6,24	0,51	1,52	0,21	0,20	0,30
60	6,31	0,51	1,63	0,21	0,20	0,28
90	6,15	0,51	1,57	0,21	0,21	0,30
120	6,12	0,51	1,54	0,20	0,20	0,30
Modos de aplic.						
K ₂ O						
Área total	6,19	0,52	1,59	0,21	0,21	0,31
Sulco	6,15	0,50	1,60	0,20	0,20	0,29
Cobertura	6,27	0,51	1,51	0,20	0,20	0,30
Trat. adic.						
K ₂ O (kg/ha)						
0	6,41	0,48	1,35 b	0,16 b	0,18	0,29
30+30	6,11	0,51	1,49ab	0,20ab	0,19	0,28
30+60	6,01	0,51	1,52ab	0,19ab	0,19	0,30
30+90	6,24	0,51	1,59a	0,22a	0,21	0,31
Média	6,20	0,51	1,55	0,21	0,20	0,30
F<0,05						
Dose	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Modo	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Modo x Dose	n.s.	*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Dentro adic.	n.s.	n.s.	*	*	n.s.	n.s.
C.V. %	3,35	4,81	8,12	12,47	11,03	11,58

*Médias seguidas por letras diferentes nas colunas, diferem entre si ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

Tabela 21- Teores de fósforo nos grãos de soja em função da interação de doses x modos de aplicação de K₂O.

Doses de K ₂ O (kg/ha)	Modo de aplicação*				F<0,05
	Área Total	Sulco	Cobertura	Média	
	----- teor P % -----				
30	0,505 a	0,515 a	0,502 a	0,507	n.s.
60	0,477 b	0,520 ab	0,532 a	0,510	*
90	0,507 a	0,527 a	0,497 a	0,510	n.s.
120	0,517 a	0,500 a	0,505 a	0,507	n.s.
Média	0,501	0,515	0,509	0,508	
F<0,05	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	

*Médias seguidas pela mesma letra na horizontal, não diferem entre si ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

testemunha com 0,16%, e maiores para 30 + 90 kg de $K_2O \cdot ha^{-1}$, com 0,22% não diferindo dos demais tratamentos.

A interação da dose de 60 kg $K_2O \cdot ha^{-1}$ com os modos de aplicação mostra maiores teores de P nos grãos para o modo em cobertura, fato de difícil explicação, pois na literatura consultada não se encontraram bases para uma discussão coerente ao fenômeno descrito na tabela 21.

A correlação positiva entre os teores de K^+ e Ca^{++} nos grãos, em função das doses crescentes e parceladas do adubo no solo (tratamentos adicionais), mostra que na translocação para os grãos de soja não há competição entre esses nutrientes, a exemplo do que ocorre na absorção pelas raízes. O Mg^{++} também pode ser incluído nesta evidência, pois teve a mesma tendência que os teores de K^+ e Ca^{++} dentro dos grãos, apesar desta diferença não ser significativa estatisticamente para os teores de Mg^{++} .

Pela tabela 22, notam-se diferenças significativas para os teores de K^+ nos grãos, já no seu primeiro ano de estudos, não existindo deficiências de K no solo ou nos tecidos foliares. Apesar de não se ter encontrado dados a respeito da suficiência de teores de K nos grãos de soja, pode-se inferir que 1,35% de K não deverá ser considerado um teor limite mínimo para estes grãos, visto que este não influenciou negativamente no rendimento dos grãos da cultura.

Considerando que a média geral da produtividade

Tabela 22- Teores de N, P, K, Ca, Mg e S nos grãos de soja, em função das doses e modo de aplicação de K₂O no solo.

Trat ^o s.	Modos de aplic. ¹			Nutrientes					
	1	2	3	N	P	K	Ca	Mg	S
	-- K ₂ O (kg/ha)--			----- % -----					
A	30	-	-	6,24	0,50	1,52ab	0,21	0,21	0,32
B	60	-	-	6,34	0,48	1,73a	0,23	0,21	0,28
C	90	-	-	6,11	0,51	1,57ab	0,22	0,22	0,34
D	120	-	-	6,09	0,52	1,54ab	0,19	0,20	0,31
E	-	30	-	6,29	0,52	1,59ab	0,21	0,20	0,30
F	-	60	-	6,16	0,52	1,63ab	0,20	0,20	0,29
G	-	90	-	6,13	0,53	1,67ab	0,21	0,22	0,31
H	-	120	-	6,06	0,50	1,53ab	0,20	0,20	0,30
I	-	-	30	6,22	0,50	1,46ab	0,21	0,20	0,32
J	-	-	60	6,46	0,53	1,54ab	0,21	0,20	0,30
K	-	-	90	6,21	0,50	1,48ab	0,20	0,20	0,28
L	-	-	120	6,22	0,51	1,55ab	0,21	0,21	0,31
M	-	30	30	6,11	0,51	1,50ab	0,20	0,20	0,28
N	-	30	60	6,01	0,52	1,53ab	0,20	0,19	0,30
O	-	30	90	6,25	0,51	1,59ab	0,23	0,22	0,31
T	-	-	-	6,41	0,48	1,35 b	0,16	0,18	0,31
Média				6,20	0,51	1,55	0,21	0,21	0,30
C.V.				3,35	4,81	8,12	12,47	11,03	11,58
F<0,05				n.s.	n.s.	*	n.s.	n.s.	n.s.

Médias com letras iguais na coluna não diferem entre si a nível de 5% pelo teste de Tukey.

¹Tratamentos de doses de K₂O/ha segundo os modos de aplicação:

- 1) Em área total antes da semeadura; 2) no sulco de semeadura, e
- 3) Cobertura aos 30 dias da emergência.

de grãos foi de 3.168 kg/ha, temos que as quantidades de nutrientes exportadas por estes grãos por ha, foram em média de 197 kg de N, 16 kg de P, 49 kg de K⁺, 6,7 para Ca⁺⁺ e Mg⁺⁺ e de 10 kg para o S. Esses dados estão de acordo com os obtidos por TANAKA & MASCARENHAS (1992), que estudaram a exportação desses nutrientes para cinco cultivares de soja, em média de três localidades em condições de campo.

4.16. Teores de micronutrientes nos grãos

A tabela 23 apresenta os teores de micronutrientes nos grãos de soja, onde se nota que para boro, cobre, ferro, manganês e zinco não ocorreram diferenças estatísticas, mostrando que não houve influência do K₂O nas doses e modos de aplicação, provavelmente pela aplicação de óxidos silicatados no sulco de semeadura. Para essas condições, evidencia-se que doses e modos de aplicação do KCl não possuem efetivamente, efeitos que causem diferenciação na absorção e translocação dos micronutrientes estudados.

Para esses micronutrientes, calculou-se que a exportação nos grãos em g/ha, foi de 32 g para o Cu, 215 g para o Fe, 76 g para o Mn, 124 g para o Zn e 95 g para o B. Os únicos dados que estão de acordo com TANAKA & MASCARENHAS (1992) foram para o Cu (36 a 50 g) e Mn (76 a 91 g); os demais dados obtidos pelos pesquisadores foram: Fe (434 a 1023 g) e Zn (81 a 99 g), sendo que o B não foi determinado

Tabela 23- Teores de micronutrientes nos grãos de soja, em função de doses e modos de aplicação de K₂O.

Tratamentos	Nutrientes					
	B	Cu	Fe	Mn	Zn	
K ₂ O (kg/ha)	----- ppm -----					
30	30	10	67	23	39	
60	30	10	65	22	39	
90	28	10	71	23	39	
120	30	10	68	24	38	
Modos de aplic. K ₂ O						
Área total	29	10	67	23	39	
Sulco	30	10	69	23	40	
Cobertura	29	10	67	23	39	
Trat. adic. K ₂ O (kg/ha)						
0	33	10	69	24	38	
30+30	31	10	70	24	39	
30+60	29	10	70	27	43	
30+90	29	10	63	23	37	
Média	30	10	68	24	39	
F<0,05	Dose	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
	Modo	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
	Modo x Dose	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
	Dentro Adic.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
C.V. %	10	9	11	12	7	

nos cinco cultivares estudados em três localidades.

4.17. Teores de óleo e proteínas nos grãos de soja

O exemplo da discussão para a produtividade de grãos também se enquadra ao aspecto do teor de óleo e de proteína nos grãos de soja. Assim, pela tabela 14, nota-se que não há diferenças estatísticas para os teores de óleo, às doses e modos de aplicação do potássio, concordando com os dados obtidos por MIYASAKA & SILVA (1960). Na tabela 14, observa-se, ainda, que não ocorreram diferenças significativas para os teores de proteínas nos grãos de soja, e que as faixas desses teores e de óleo, estão de acordo com os descritos por TANAKA et al. (1990) que mencionam que os cultivares atuais contêm, em média, de 30 a 40% de proteína e de 20 a 25% de óleo.

Ressalte-se que o cultivar IAC-8 possui características agronômicas consideradas adaptadas às condições do ensaio, pela sua rusticidade, ciclo de médio a longo, com enraizamento agressivo, possuindo boa capacidade para extração de nutrientes sob condições de cerrado. Este fato pode ter contribuído, sobremaneira, para as observações quanto aos teores de óleo e proteína não serem significativas.

Pelos teores de nitrogênio nos grãos de soja, pode-se obter os teores de proteínas totais, multiplicando-se

a porcentagem de N pelo fator 6,25. Ao utilizar este método, obtêm-se teores de proteínas aquém dos observados na tabela 14. Essa diferença é explicada, em função da execução em laboratórios diferentes pelo mesmo método, residindo essas diferenças, provavelmente, na qualidade de reagentes e da precisão de leituras laboratoriais.

Os teores de óleo nos grãos de soja foram determinados em extratores soxhlet, conforme TEIXEIRA et al. (1984), e já descrito em material e métodos.

4.18. Análise do solo após colheita

A interação significativa para teores de P no solo em função dos modos e doses de aplicação de K_2O , apresentada na tabela 25, mostra que para o potássio aplicado no sulco e na dose de $90 \text{ kg } K_2O \cdot \text{ha}^{-1}$, apresenta a maior média de $27 \mu\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ de P no solo. Esse fato é de difícil explicação, por ser isolado no contexto, a exemplo dos teores de P nos grãos na dose $60 \text{ kg } K_2O \cdot \text{ha}^{-1}$. No entanto, essa interação não interferiu na produtividade e nos demais parâmetros, visto estarem sempre com teores de P no solo e nos tecidos vegetais em níveis compatíveis com a suficiência para a soja.

O potássio, como esperado, apresentou interação significativamente positiva, para doses, conforme a tabela 24 e demonstrada pela figura 21. Não se observaram efeitos para modos e nem dentro dos tratamentos adicionais, mostrando que

os teores de K no solo são influenciados pela quantidade de K_2O aplicado, independentemente do modo ou parcelamento das doses.

Considerando-se os 16 tratamentos apresentados na tabela 26, nota-se que as áreas das parcelas dos tratamentos L ($120 \text{ kg } K_2O \cdot ha^{-1}$, em cobertura), seguidos do tratamento N e D com 90 e $120 \text{ kg } K_2O \cdot ha^{-1}$, apresentaram maiores médias de K no solo, com 0,27, 0,22 e 0,19 $meq \cdot 100cm^{-3}$ respectivamente, visto que só o tratamento L diferiu da testemunha com 0,09 $meq \cdot 100 \text{ cm}^{-3}$, e do tratamento E ($30 \text{ kg de } K_2O \cdot ha^{-1}$) com 0,07 $meq \text{ K} \cdot 100 \text{ cm}^{-3}$, o menor valor observado. Portanto, somente doses acima de $60 \text{ kg de } K_2O \cdot ha^{-1}$ proporcionaram recuperação do K no solo, independentemente do modo de aplicação.

Os teores de Ca^{++} e Mg^{++} no solo não sofreram influência das doses e modos de aplicação do K_2O , provavelmente pela correção realizada com calcário dolomítico antes da semeadura.

Nota-se que os teores dos nutrientes no solo por ocasião da colheita superaram os valores iniciais que eram de $4 \mu g \cdot cm^{-3}$ para P, 0,07, 0,7 e $0,2 \text{ meq} \cdot 100cm^{-3}$ para K^+ , Ca^{++} e Mg^{++} respectivamente, para teores finais médios de 18,7 $\mu g \cdot cm^{-3}$ para P, 0,15, 1,48 e $0,61 \text{ meq} \cdot 100cm^{-3}$, respectivamente para K^+ , Ca^{++} e Mg^{++} . Esses dados coincidem com os de BUCKMAN

& BRADY (1968) e os de Jaworski & Barber⁴; Thorp & Hobes⁵, estes, citados por MASCARENHAS et al. (1976), que apresentam aumentos nos teores das bases trocáveis e do P, após correções realizadas sob condições de pastagem.

Os aumentos observados de Ca⁺⁺ e Mg⁺⁺ podem ser também explicados pela aplicação do calcário dolomítico, que também pode ter proporcionado maior disponibilidade de P na solução do solo. Nesse sentido, pode-se afirmar que o corretivo facilitou a mineralização dos nutrientes, deixando-os em quantidades maiores à disposição das plantas.

Segundo MASCARENHAS et al. (1982), era de se esperar que houvesse respostas na produção, uma vez que os teores de K⁺ na testemunha por ocasião da colheita, encontram-se abaixo de 0.12 meq, o que não ocorreu. Portanto, nessas condições, pode-se inferir que não ocorrerá respostas na produção de soja, para teores superiores a 0.09 meq.100 cm³ de K⁺ no solo, no seu primeiro ano de cultivo. Essa inferência, encontra-se também embasada nas afirmações que a soja possui boa capacidade de exploração das reservas de K⁺ não solúvel às condições do Triângulo Mineiro (MG), conforme BRAGA et al. (1975).

⁴JAWORSKI, C.A. & BARBER, S.A. Soil properties as related to potassium uptake by alfalfa. Soil Sci. 86:37-41, 1957.

⁵THORP, F.C. & HOBBS, J.A. Effect of lime applications on nutrient uptake by alfalfa. Am. Proc. Soil Sci. Soc. 20:544-7, 1956.

Tabela 24- Teores de nutrientes no solo, na colheita da soja, em função de doses e modos de aplicação de K_2O , em amostragens compostas de 0-20 m de profundidade.

Tratamentos	Nutrientes				
	P	K	Ca	Mg	
K_2O (kg/ha)	$\mu g.cm^3$	----- meq/100 g -----			
30	22,19	0,10	1,59	0,68	
60	15,78	0,15	1,38	0,58	
90	18,86	0,14	1,50	0,64	
120	19,97	0,19	1,51	0,62	
Modos de aplic. K_2O					
Área total	18,56	0,14	1,44	0,61	
Sulco	19,88	0,13	1,49	0,63	
Cobertura	19,06	0,18	1,55	0,64	
Trat. adic. K_2O (kg/ha)					
0	13,00	0,09	1,55	0,75	
30+30	19,50	0,15	1,72	0,75	
30+60	20,75	0,23	1,17	0,37	
30+90	12,00	0,13	0,95	0,30	
Média	18,70	0,15	1,48	0,61	
	Dose	n.s.	L	n.s.	n.s.
	Modo	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
F<0,05	Modo x Dose	*	n.s.	n.s.	n.s.
	Dentro adic.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
C.V. %	36,40	37,48	35,18	58,20	

Tabela 25- Teores de P no solo, em função da interação de doses x modos de aplicação K₂O no solo, em amostragem composta, por ocasião da colheita da soja.

Modo de aplicação	Doses de K ₂ O (kg/ha)*				Média	F<0,05
	30	60	90	120		
----- P no solo $\mu\text{g.cm}^{-3}$ -----						
Área total	27,5 a	16,5 a	11,0 b	19,3 a	18,6	n.s.
Sulco	18,3 a	14,0 a	27,0 a	20,3 a	19,9	n.s.
Cobertura	16,8 a	20,0 a	17,8 ab	21,8 a	19,1	n.s.
Média	20,8	16,8	18,6	20,4		
F<0,05	n.s.	n.s.	*	n.s.		

* Valores com as mesmas letras na coluna não diferem entre si ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

MASCARENHAS et al. (1981) sugerem que, para as condições de solos de cerrado e quando utilizados cultivares de ciclo superiores a 140 dias, o limite de suficiência de K no solo possa ser rebaixado de 0,12 para valores ao redor 0,08 meq.100 g⁻¹ de solo. Condições, bastante semelhantes ao presente experimento, justificando-se a não constatação dos sintomas de deficiência de K, ou dos desequilíbrios nas relações catiônicas dos elementos K, Mg e Ca.

Conforme as classes de interpretação da análise de solo, utilizando-se do método da resina no Estado de São Paulo, segundo RAIJ et al. (1985), os teores de nutrientes médios para as condições do ensaio, encontram-se na faixa média para o P, com valor de 18,70 µg/cm³, na interface de baixa para média para K⁺ trocável com 0,15 meq/100 cm³, e média para Mg⁺⁺ trocável, com 0,61 meq/100 cm³.

Tabela 26- Teores de nutrientes no solo em função dos 16 tratamentos, em amostragens compostas por parcela, por ocasião da colheita da soja.

Trat ^o s.	Modos de aplic. ¹			Nutrientes*			
	1	2	3	P	K	Ca	Mg
	- K ₂ O (kg/ha) -			μg/cm ³	----- eq mg -----		
A	30	-	-	27,50	0,12 abc	1,83	0,83
B	60	-	-	16,50	0,13 abc	1,48	0,73
C	90	-	-	11,00	0,12 abc	1,15	0,48
D	120	-	-	19,25	0,19 abc	1,30	0,43
E	-	30	-	18,25	0,07 c	1,53	0,68
F	-	60	-	14,00	0,15 abc	1,15	0,43
G	-	90	-	27,00	0,14 abc	1,60	0,60
H	-	120	-	20,25	0,15 abc	1,70	0,83
I	-	-	30	16,75	0,12 abc	1,43	0,53
J	-	-	60	20,00	0,19 abc	1,50	0,58
K	-	-	90	17,75	0,17 abc	1,75	0,85
L	-	-	120	21,75	0,28 a	1,53	0,60
M	-	30	30	19,25	0,14 abc	1,25	0,43
N	-	30	60	20,75	0,23 ab	1,18	0,38
O	-	30	90	16,25	0,18 abc	1,75	0,75
T	-	-	-	13,00	0,10 bc	1,55	0,75
Média				18,70	0,15	1,48	0,61
C.V.				36,40	37,48	35,18	58,20
F<0,05				n.s.	*	n.s.	n.s.

*Médias com letras iguais na coluna não diferem entre si ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

¹Tratamentos de doses de K₂O/ha, segundo os modos de aplicação:
1) Em área total antes da semeadura; 2) Sulco de semeadura, e
3) Cobertura aos trinta dias da emergência.

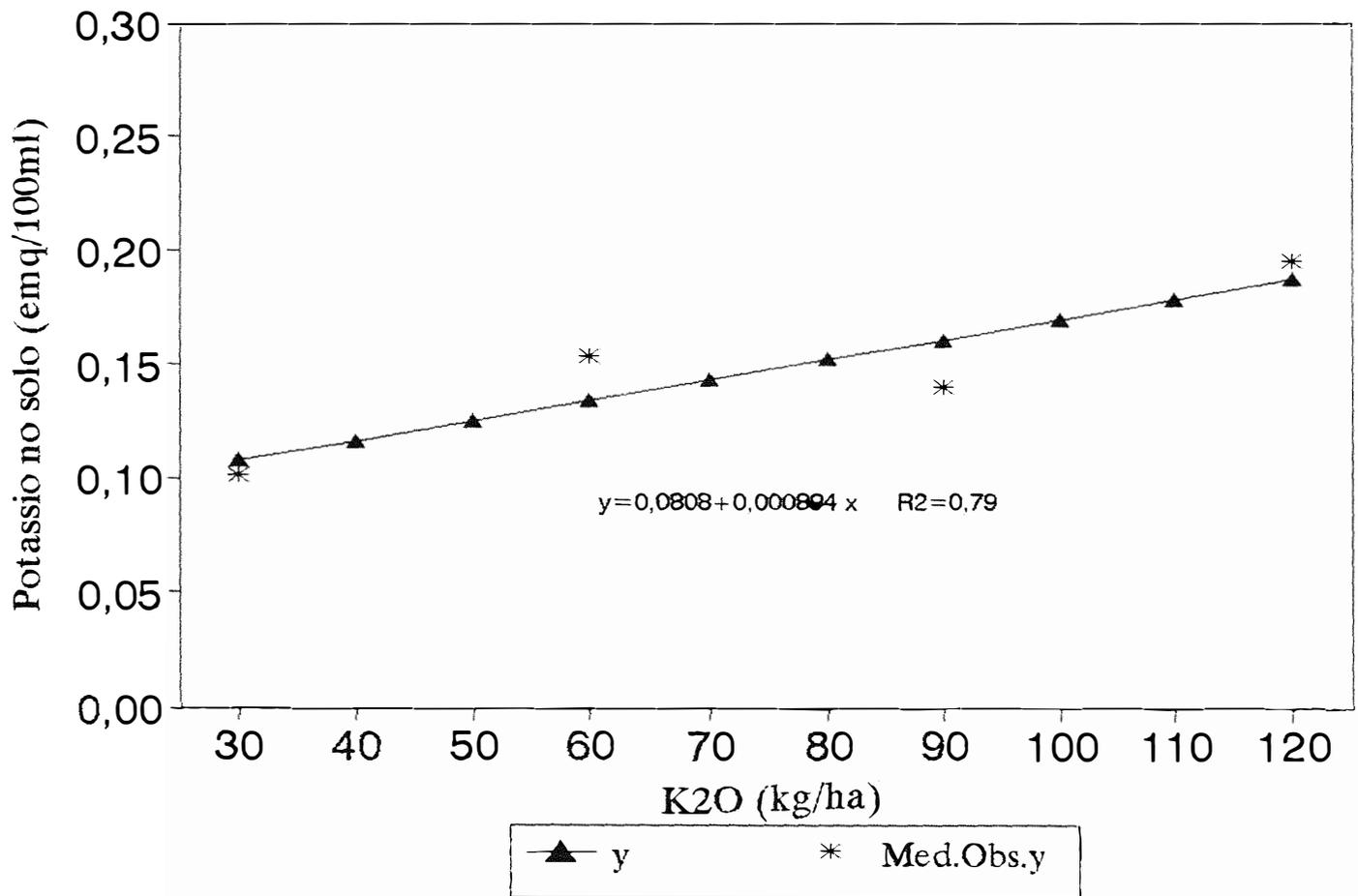


Figura 21- Teores de potássio no solo em função da aplicação de doses de K_2O na cultura da soja (IAC 8), em LVe, textura média, Piracicaba (SP).

5. CONCLUSÕES

Os fatos, evidências e comportamentos de plantas, observados durante o presente experimento, permitem as seguintes conclusões:

- As doses e modos de aplicação e parcelamento de K_2O tiveram efeitos significativos para a estimativa da área foliar, índice área foliar, taxa assimilatória líquida, taxa de crescimento cultural e acúmulo da massa seca da parte aérea.

- As doses e os parcelamentos de 30 + 90 kg de K_2O/ha respectivamente, no sulco de semeadura e 30 dias da emergência, proporcionaram maiores teores de K^+ e Ca^{++} nos grãos de soja.

- Os maiores teores de P nos grãos foram obtidos na dose de 60 kg de K_2O quando aplicado em cobertura aos 30 dias da emergência.

- Observaram-se correlações para os teores de P, K^+ , Ca^{++} e Mg^{++} nos tecidos foliares em função de doses, modo de aplicação e parcelamento do K_2O .

- As doses de K_2O interferiram significativamente nos pesos das folhas até o período de 84 dias da emergência e conseqüentemente no acúmulo da massa

seca até aos 56 dias da emergência.

- O modo de aplicação de K_2O mostrou efeitos significativos para peso de hastes e vagens após 126 dias da emergência, com a adubação em cobertura aos 30 dias da emergência, apresentando as menores médias de pesos.

- Os efeitos significativos observados para os parâmetros de crescimento, desenvolvimento e nutricionais da soja não foram suficientes para causarem diferenciações na produção e nos teores de óleo e proteínas dos grãos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BANCO MUNDIAL. Relatório sobre o desenvolvimento Mundial. Washington, Oxford University Press, 1988. 323p.
- BATAGLIA, O.C. & MASCARENHAS, H.A.A. Absorção de nutrientes pela soja. Campinas, Instituto Agrônomo, 1977. 36p. (IAC-Boletim Técnico, 41).
- BATAGLIA, O.C.; FURLANI, A.M.C.; TEIXEIRA, J.P.F.; FURLANI, P.R.; GALLO, J.R. Métodos de análise química de plantas. Campinas, Instituto Agrônomo, 1983. 48p. (IAC - Boletim 78).
- BLACK, C.A. Soil-plant relationships. New York, John Willey, 1968. 675p.
- BORBA, C.S.; VIANNA, A.C.T.; POPINIGIS, F. Correção da acidez e adubação fosfatada e potássica em diferentes cultivares e populações de plantas de soja. II. Efeitos sobre a qualidade fisiológica das sementes produzidas. Agronomia Sulriograndense, Porto Alegre, 16 (2) : 247-60, 1980.

- BORKERT, C.M.; SFREDO, G.J.; LANTMANN, A.F. Efeitos de doses e de modos de aplicação de cloreto de potássio sobre o rendimento da soja. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa da Soja, **Resultados de pesquisa de soja 1984/1985**. Londrina, 1985. p.292-4.
- BRAGA, J.M.; FERRARI, R.A.R.; SEDIYAMA, C.; OLIVEIRA, L.M. Resposta do cultivar de soja Santa Rosa à aplicação de PK e calcário em Latossolos do Triângulo Mineiro. II. Correlação com análise química do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 15., Campinas, 1975. **Anais**. Campinas, Sociedade de Ciência do Solo, 1975. p.289-93.
- BUCKMAN, H.O. & BRADY, N.C. **Natureza e propriedades dos solos**. São Paulo, Freitas Bastos S.A., 1968. 443p.
- CASTRO, P.R.C. Efeitos de reguladores de crescimento em soja (*Glycine max* (L.) Merrill cv. Davis). Piracicaba, 1980. 174p. (Tese Livre Docência)-Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP, 1980
- CASTRO, P.R.C. **Ecofisiologia da produção agrícola**. Piracicaba, Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fósforo, 1987. 249p.
- COSTA, J.A. & MARCHEZAN, E. **Características dos estádios de desenvolvimento da soja**. Campinas, Fundação Cargill, 1982. 30p.

- CRITTENDEN, H. & SVEC, L.V. Effect of potassium on the incidence of *Diaphorte sojae* in soybean. **Agronomy Journal**, Madison, 66:696-7, 1974.
- DE MOOY, C.J. & PESEK, J. Differential effects of P, K and Ca salts on leaf composition, yield and seed size of soybean lines. **Crop Science**, Madison, 10:72-7, 1970.
- ELLETT, C.W. Soil fertility and disease development. **Better Crops**, Atlanta, 57(3):6-8, 1973.
- FELIPPE, G. M. Desenvolvimento. In: FERRI, M.G., coord. **Fisiologia vegetal 2**. São Paulo, EPU, 1979. p.1-37.
- FERRARI, R.A.R.; BRAGA, J.M.; SEDIYAMA, C.S. & OLIVEIRA, L.M. Resposta do cultivar de soja "Santa Rosa" à aplicação de P, K e calcário em Latossolos do Triângulo Mineiro. I- Produção e características agronômicas. **Revista Ceres**, Viçosa, 23(125):11-20. 1976
- FRANÇA NETO, J.B.; COSTA, N.P.; HENNING, A.A.; SFREDO, G.J.; BORKERT, C.M.; OLIVEIRA, M.C.N. Efeito de doses e métodos de aplicação de cloreto de potássio sobre a qualidade da semente de soja. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa da Soja. **Resultados de pesquisa de soja 1985/86**. Londrina, 1987. p.180-3
- GARDNER, F.P.; PEARCE, R.B.; MITCHELL, R.L. **Physiology of crop plants**. Ames, The Iowa State University Press, 1985. 324p.

- GRIFFIT, W.K. Fertilizing for quality grains dollars. **Better Crops**, Atlanta, 61(2): 6-11, 1977.
- HAMMOND, L.C. Rate of nutrient uptake by soybeans on two Iowa soils. Ames, 1949. 104p. (PhD)- Iowa State University. 1949.
- HAMMOND, L.C. & KIRKHAM, D. Growth curves of soybeans and corn. **Agronomy Journal**, Madison, 41: 23-9, 1949.
- HANWAY, J.J. & WEBER, C.R. Dry matter accumulation in eight soybean (*Glycine max* (L) Merrill) varieties. **Agronomy Journal**, Madison, 63:227-30, 1971a.
- HANWAY, J.J. & WEBER, C.R. Dry matter accumulation in soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) plants influenced by N, P, and K fertilization. **Agronomy Journal**, Madison, 63:263-6, 1971b.
- HANWAY, J.J. & WEBER, C.R. N, P, and K percentages in soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) plant parts. **Agronomy Journal**, Madison, 63: 286-90, 1971c.
- HINSON, K. & SMITH, R.L. **Soybeans in Florida**. Gainesville, Agricultural Experiment Stations Institute of Food and Agricultural Sciences, 1967. 121p. (Bulletin, 716)
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Levantamento sistemático da produção agrícola**. Rio de Janeiro, 1992. p.54-55.

- KIRALY, Z. Plant disease resistance as influenced by biochemical effects of nutrients in fertilizers. In: COLLOQUIUM OF THE INTERNATIONAL POTASH INSTITUTE, 12., Berne, 1976. **Fertilizers use and plant health.** Berne, 1976. p.33-46.
- KOLLER, H.R. Leaf area - leaf weight relationships in the soybean canopy. **Crop Science**, Madison, 12: 180-3. 1972.
- LEGGETT, J.E. & FRERE, M.H. Growth and nutrient uptake by soybean plants in nutrient solutions of graded concentrations. **Plant Physiology**, Bethesda, 48:457-60, 1971.
- LOOMIS, W.E., ed. **Growth and differentiation in plants.** Ames, Iowa State College Press, 1953. 458p.
- MAGALHÃES, A.C.N. Análise quantitativa do crescimento. In: FERRI, M.G., coord. **Fisiologia vegetal 1.** São Paulo, EPU, 1979. p.331-50.
- MALAVOLTA, E. **Manual de química agrícola; nutrição de plantas e fertilidade do solo.** São Paulo, Agronômica Ceres, 1976. 528p.
- MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas.** São Paulo, Agronômica Ceres, 1980. 251p.
- MALAVOLTA, E. **O potássio e a planta.** 4. ed. Piracicaba, Instituto da Potassa, 1982. 61p.

- MASCARENHAS, H.A.A. Acúmulo de matéria seca, absorção e distribuição de elementos na soja, durante e seu ciclo vegetativo. Piracicaba, 1972. 100p. (Tese Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiróz"/USP), 1972.
- MASCARENHAS, H.A.A. & MIRANDA, M.A.C. **Estudo econômico de adubação para a soja em Latossolo Roxo e Latossolo Vermelho Escuro fase arenosa.** Campinas, Instituto Agrônômico, 1974. 12p. (IAC.Boletim Técnico, 14).
- MASCARENHAS, H.A.A.; BATAGLIA, O.C.; NAGAI, V.; FALIVENE, S.M.P. Diferentes proporções de calcário calcítico e dolomítico no crescimento da soja em solos de cerrado. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE PESQUISA DE SOJA, III, Campinas, 1984. Anais. Campinas, EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de pesquisa de soja. 1984, Campinas. p.852-63.
- MASCARENHAS, H.A.A.; IGUE, T.; FREIRE, E.S.; SORDI, DE G. Respostas da soja a calagem e adubação mineral com fósforo e potássio em solo Latossolo Roxo. **Bragantia**, Campinas, 28: XVII-XXI, 1969. (Nota, 4)
- MASCARENHAS, H.A.A.; MIYASAKA, S.; IGUE, T.; FREIRE, E.S.. Adubação da soja. VIII. Efeito de doses crescentes de calcário, fósforo e potássio em solo Podzólico Vermelho Amarelo, variação Piracicaba. **Bragantia**, Campinas, 29(8): 81-9, 1970.

- MASCARENHAS, H.A.A.; MIYASAKA, S.; IGUE, T.; FREIRE, E.S.
Adubação da soja. VII. Efeito de doses crescentes de calcário, fósforo e potássio em solo Latossolo roxo com vegetação de cerrado recém-desbravada. *Bragantia*, Campinas, 27:279-89, 1968.
- MASCARENHAS, H.A.A.; VALADARES, J.M.A.S.; ROTTA, C.L.; BULISANI, E.A. Adubação potássica na produção de soja, nos teores de potássio nas folhas e na disponibilidade de potássio em Latossolo Roxo distrófico de cerrado. *Bragantia*, Campinas, 40:125-34, 1981.
- MASCARENHAS, H.A.A.; BRAGA, N.R.; MIRANDA, M.A. de; TISSELI FILHO, O.; MIYASAKA, S. Calagem e adubação da soja. In: *A soja no Brasil Central*. Campinas, Fundação Cargill, 1992. p.137-211.
- MASCARENHAS, H.A.A.; BULISANI, E.A.; MIRANDA, M.A.C. de; BRAGA, N.R.; PEREIRA, J.V.C.N.A. Deficiência de potássio em soja no Estado de São Paulo; melhor entendimento do problema e possíveis soluções. *O Agrônomo*, Campinas, 40(1):34-43, 1988.
- MASCARENHAS, H.A.A.; GALLO, J.R.; RAIJ, B.van; IGUE, T.; BATAGLIA, O.C. Efeitos da calagem nas características químicas do solo e na nutrição de soja em Latossolo roxo distrófico de cerrado. *Bragantia*, Campinas, 35(2):273-8, 1976.

- MASCARENHAS, H.A.A.; MIRANDA, M.A.C.; LÉLIS, L.G.L.; BULISANI, E.A.; BRAGA, N.R.; PEREIRA, J.V.C.N.A. Haste verde e retenção foliar em soja por deficiência de potássio. Campinas, Instituto Agronômico, 1987. 15p. (IAC.Boletim Técnico, 119).
- MCNEW, G.L. Plant diseases. Washington, USDA, 1953. 940p. (USDA Yearbook of Agriculture)
- MELLO, F.H.de. A crise da soja no Brasil Central. *Conjuntura Econômica*, Rio de Janeiro, 44(10): 45, 1990.
- MENGEL, K & KIRKBY, E. A. Principles of plant nutrition. 4. ed. Bern, International Potash Institute, 1987. 687p.
- MEURER, E.J.; WANG, G.M.; WANG, S.R. Função dos nutrientes e sintomas de deficiências, In: MIYASAKA, S. & MEDINA, J.C., eds. A soja no Brasil. Campinas, Instituto de Tecnologia de Alimentos, 1981. p.156-67.
- MIELNICZUCK, J. O potássio no solo. 4. ed. Piracicaba, Instituto da Potassa, 1982. 19p. (Boletim Técnico, 2).
- MIYASAKA, S. & SILVA, J.G. Adubação da soja I. Ensaio preliminares de adubação em Terra Roxa estruturada. *Bragantia*, Campinas, 19(42): 667-74, 1960.
- MIYASAKA, S.; ALENCAR, C.; FREIRE, E.S. Resposta da soja à adubação com N, P, K, S e micronutrientes em solo pobre de Itararé no Sul do Planalto Paulista. *Bragantia*, Campinas, 25: XXIX-XXXIII, 1966.

- MIYASAKA, S.; FREIRE, E.S.; MASCARENHAS, H.A.A. Ensaio de adubação da soja e do feijoeiro em solo Arenito Botucatu com vegetação do cerrado. *Bragantia*, Campinas, 23(5): 45-54, 1964.
- MIYASAKA, S.; WUTKE, A.C.P.; VENTURINI, W.R. Adubação da soja II - Adubação Mineral em Terra Roxa misturada com argilito do Glacial. *Bragantia*, Campinas, 21:617-30, 1962.
- MUZILLI, O. Nutrição e adubação potássica da soja no Brasil. In: INSTITUTO DA POTASSA. **Potássio na agricultura brasileira**. Piracicaba, 1982. p.339-72.
- OJIMA, M. & FUKUI, J. Studies on the seed production of soybean. 3. An analytical study of dry matter production in the soybean plant community. *Crop Sci. Soc. Japan Proc.*, 34:448-52, 1966.
- OJIMA, M.; KAWASHIMA, R; SAKAMOTO, S. Studies on the seed production of soybean. 6. Relationship between activity of photosynthesis of improved varieties and that of the parent ones. *Crop. Sci. Soc. Japan Proc.* 37: 676-79, 1968.
- OLIVEIRA, F.A. Doses e métodos de aplicação de potássio num Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico de cerrado. In: EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DA BAHIA. UEP São Francisco. **Relatório Técnico Anual, 1985**. Barreiras, 1985. p.78-82.

- OLIVER, L.R.; FRANS, R.E.; TALBERT, R.E. Field competition between tall morningglory and soybean. I. Growth an analysis. *Weed Science*, Gainesville, 24:482-8, 1976.
- PERRENOUD, S. **Potassium and plant health**. Berne, International Potash Institute, 1977. n.p. (IPI Research Topics, 3).
- RAIJ, B. van. Disponibilidade de potássio em solos do Brasil. In: SIMPÓSIO SOBRE POTÁSSIO NA AGRICULTURA BRASILEIRA, I., Piracicaba, 1982, **Anais**, Piracicaba, POTAFÓS., ed. Piracicaba, 1982. p.67-76.
- RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação**. São Paulo, Ceres -POTAFÓS, 1991. 343p.
- RAIJ, B. van & QUAGGIO, J.A. **Métodos de análises de solo para fins de fertilidade**. Campinas, Instituto Agronômico, 1983. 31p. (Boletim técnico, 81)
- RAIJ, B. van; SILVA, N.M. da; BATAGLIA, O.C.; QUAGGIO, J.A.; HIROCE, R.; CANTARELLA, H.; BELLINAZZI Jr. R.; DECHEN, A.P. & TRANI, P.E. **Recomendação de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas, Instituto Agronômico, 1985. 107p. (Boletim técnico, 100)
- RITCHEY, K.D., ed. **Potassium fertility in oxisols and ultisols of humid tropics**. Ithaca, Cornell University, 1979. 45p. (Cornell International Agriculture. Bulletin, 37).

- ROESSING, A.C. & GUEDES, L.C.A. Aspectos econômicos do complexo soja. In: ARANTES, N.E. & SOUZA, P.I.M., ed. *Cultura da soja nos cerrados*. Piracicaba, POTAFÓS, 1993. p.1-69.
- ROSOLEM, C.A.; NAKAGAWA, J.; MACHADO, J.R. Adubação Potássica da soja em Latossolo Vermelho-Escuro fase arenosa. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 19 (11):1319-26, 1984.
- ROSOLEM, C.A.; NAKAGAWA, J.; MACHADO, J.R.; YAMADA, T. Efeitos de modos de aplicação, doses e fontes de potássio na produção da soja. *Revista da Agricultura*, Piracicaba, 54:13-9, 1979.
- SCOTT, W.O. & ALDRICH, R.S. *Modern soybean production*. S & A Publications, Illinois, USA, 1970. 192p.
- SFREDO, G.J.; LANTMANN, A.F.; CAMPO, R.J.; BORKERT, C.M. Soja: nutrição mineral, adubação e calagem. Londrina, EMBRAPA/CNPSO, 1986. 51p. (EMBRAPA/CNPSO. Documentos,17).
- SHIBLES, R.M. & WEBER, C.R. Interception of solar radiation and dry matter production by various soybean planting patterns. *Crop Science*, Madison, 6:55-9, 1966.
- SMALL Jr., H.G. & OHLROGGE, A.J. Plant analysis as an aid in fertilizing soybeans and peanuts. In: WALSH, L.M., ed. *Soil testing and plant analysis*. Madison, Soil Science Society of America, 1973. p.315-27.

- SOUZA, D.M.G. **Fertilidade do solo e suas relações com a produtividade das culturas de soja e milho nos Cerrados do Médio Araguaia.** Barra do Garça, COOPERCANA; EMBRAPA/CPAC, 1988, 70p. (EMBRAPA/CPAC Boletim Técnico, 2).
- SOUZA, D.M.G.; REIN, T.A.; LOBATO, E.; RITCHEY, K.D. Sugestões para diagnose e recomendação de gesso em solos de cerrado. In: SEMINÁRIO SOBRE O USO DO GESSO NA AGRICULTURA, 2., Uberaba, 1992. Uberaba, IBRAFÓS, 1992. p.139-58.
- SOUZA, D.M.G.; RITCHEY, K.D.; LOBATO, E.; GOEDERT, W.J. Potássio em solo de cerrado. II. Balanço no solo. *Revista Brasileira Ciência do Solo*, Campinas, 3: 33-6, 1979.
- TANAKA, R.T.; MASCARENHAS, H.A.A.; MIRANDA, M.A.C. de. Efeito da calagem sobre o teor e a produção de proteína e óleo da soja. *O Agrônomo*, Campinas, 42(3):181-4, 1990.
- TANAKA, R.T.; MASCARENHAS, H.A.A.; BORKERT, C.M. Nutrição mineral da soja. In: ARANTES, N.E.; SOUZA, P.I.M., ed. **Cultura da soja nos cerrados.** Piracicaba, Associação Brasileira Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1993. p.105-26.
- TANAKA, R.T. & MASCARENHAS, H.A.A. **Soja: nutrição, correção do solo e adubação.** Campinas, Fundação Cargill, 1992. 60p. (Série Técnica 7).

- TEIXEIRA, J.P.F.; RAMOS, M.T.B.; MIRANDA, M.A.C. & MASCARENHAS, H.A.A. Relação entre os principais constituintes químicos de grãos de soja. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE PESQUISA DE SOJA, III, Campinas, 1984. Anais. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de soja. 1984, p.898-908.
- THORNTHWAITTE, C.W. & MATHER, J.R. *The water balance*. Jersey: Centerton, Laboratory of Climatology, 1955. 104p. (Publications in Climatology, V.8, n.1)
- TISDALE, S.L.; NELSON, W.L.; BEATOW, J.D. *Soil fertility and fertilizers*. 4.ed. New York, Macmillan, 1985. 754p.
- VERNETTI, F.J. Bases genéticas e fisiológicas da produção e nutrição. In: _____. *Soja; genética e melhoramento*. Campinas, Fundação Cargill, 1983. p.877-990.
- VIDOR, C. & FREIRE, J.R.J. Calibração das análises de solo para a cultura da soja (*Glycine max* Merrill). *Agronomia Sulriograndense*, Porto Alegre, 7(1): 63-72, 1971.
- YAMADA, T. Doses e métodos de distribuição de cloreto de potássio na cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) em Latossolo Roxo, influenciando na salinidade, produção e composição química das folhas. Piracicaba, 1980. 72p. (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiróz"/USP, 1980.

YAMADA, T. & BORKERT, C.M. Nutrição potássica e produtividade da soja. In: SIMPÓSIO SOBRE A CULTURA E PRODUTIVIDADE DA SOJA, 1., Piracicaba, 1992. Piracicaba, FEALQ, 1992. p.180-212.