

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

ÂNGELO HENRIQUE
CANAN KÖRBER

ADUBAÇÃO NITROGENADA E POTÁSSICA EM SOJA SOB SISTEMAS DE
SEMEADURA



PALOTINA
2015

ÂNGELO HENRIQUE CANAN KÖRBER

ADUBAÇÃO NITROGENADA E POTÁSSICA EM SOJA SOB SISTEMAS DE
SEMEADURA

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como requisito para
disciplina TCC II do curso de graduação
em Agronomia, Setor de Palotina da
Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Laércio Augusto Pivetta

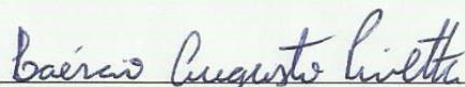
PALOTINA
2015

TERMO DE APROVAÇÃO


ANGELO HENRIQUE CANAN KÖRBER

ADUBAÇÃO NITROGENADA E POTÁSSICA EM SOJA SOB SISTEMAS DE SEMEADURA

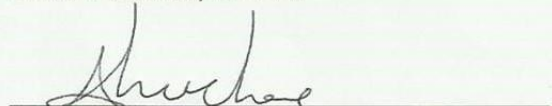
Trabalho apresentado como requisito parcial à obtenção do título de agrônomo, no curso de graduação em Agronomia, pela seguinte banca examinadora:



Prof. Laércio Augusto Pivetta
Orientador – Departamento de Ciências Agronômicas
Setor Palotina, UFPR.



Prof. Leandro Paiola Albrecht
Departamento de Ciências Agronômicas
Setor Palotina, UFPR.



Prof. Augusto Vaghetti Luchese
Departamento de Ciências Agronômicas
Setor Palotina, UFPR.

Palotina, 10 de julho de 2015

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho e todo meu esforço a todas as pessoas que influenciaram para a minha formação acadêmica, a minha família, aos professores, amigos, aos servidores, aos funcionários terceirizados, aos demais trabalhadores da UFPR, enfim, todos que de forma direta ou indireta contribuíram para o meu êxito.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pelo dom da vida.

Aos meus pais e familiares que me apoiaram nesta jornada, e ao longo da vida.

Pela orientação do professor Laércio e por todas as horas disponíveis a mim dedicadas.

Ao professor Leandro que contribuiu em várias atividades deste trabalho.

Aos amigos que me ajudaram nas atividades de campo e laboratório: Andrêas Neiverth, André Canan, Augusto Tessele, Jean Trentini, Juliano Lorenzetti, Lucas Passolongo, Luana Kozak, Ruan Navarro, Renato Bieler e Ricardo Tamke.

Agradeço ao corpo docente da UFPR pela infinita sabedoria a nós transmitida.

A todos os amigos que fizeram parte da minha vida, em momentos difíceis, e momentos inesquecíveis de descontração.

Aos funcionários públicos e terceirizados que possibilitam o funcionamento UFPR.

E a todos que confiaram em mim.

RESUMO

Na agricultura moderna, procura-se descobrir a melhor forma de cultivo para maximizar as características agronômicas desejáveis da soja em diversos sistemas de semeadura e adubação. O objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho agrônômico da soja em função da adubação nitrogenada e potássica em cobertura, em semeadura cruzada e simples. Para cada sistema de semeadura foram testadas doses de potássio isolado ou em conjunto com nitrogênio, na mesma dose. As doses foram 0, 20, 40, 60 e 80 kg ha⁻¹, tanto de K₂O como de N, totalizando quatro experimentos. Todos os experimentos foram delineados em blocos causalizados com quatro repetições. Os parâmetros avaliados foram massa de 100 grãos, produtividade, altura de primeira vagem, altura de plantas, número de vagens e população final de plantas. Independente do sistema de semeadura da soja, a adubação de cobertura em V6 com K isolado ou combinado com N não afeta a produtividade e os componentes de produção, o que está relacionado com o alto teor de K no solo, a adubação potássica de semeadura e a adequada eficiência da FBN. Em sistema de semeadura de linhas simples, a adubação de cobertura com 35,1 kg ha⁻¹, totalizando 87,1 kg ha⁻¹, promove aumento da altura de plantas.

Palavras-chave: Semeadura cruzada, adubação de cobertura, potássio e nitrogênio.

ABSTRACT

In modern agriculture, it has been tried to figure out the best way of cultivate to maximize the desirable agronomic characteristics of soybean in several seeding and fertilizing systems. The aim of this study was to evaluate the agronomic characteristics of soybean as affected by nitrogen and potassium fertilization in top dressing, at simple and cross seeding. For each seeding system were tested rates of potassium alone or combined with nitrogen, at the same rate. The rates were 0, 20, 40, 60 and 80 kg ha⁻¹, both K₂O and N, totaling four experiments. All experiments were designed in randomized blocks, with four replications. It were evaluated weight of 100 grains, grain yield, first pod height, plant height, number of pods and final plant population. Regardless of seeding system, topdressing in V6 with K alone or in combination with N does not affect grain yield and production components, which is related to the high soil content of K, the seeding potassium fertilization and proper efficiency of BNF. In simple lines seeding system, topdressing with 35.1 kg ha⁻¹, totaling 87.1 kg ha⁻¹, promotes increased plant height.

Keywords: crossed seeding, topdressing fertilizing, potassium and nitrogen.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 - PRECIPITAÇÃO ACUMULADA E TEMPERATURA MÉDIA POR DECÊNIO DURANTE O PERÍODO EXPERIMENTAL, DE SETEMBRO DE 2013 A MARÇO DE 2014. PALOTINA – PR.	16
FIGURA 2 - ALTURA DE PLANTAS DE SOJA SUBMETIDAS A DOSES DE K ₂ O EM COBERTURA EM SEMEADURA SIMPLES.....	21

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DO SOLO NA CAMADA DE 0,0-0,2 M ANTES DA INSTALAÇÃO DO EXPERIMENTO	15
TABELA 2 - PARÂMETROS AVALIADOS EM SOJA DE SEMEADURA CRUZADA COM ADUBAÇÃO POTÁSSICA DE COBERTURA	19
TABELA 3 - PARÂMETROS AVALIADOS EM SOJA DE SEMEADURA SIMPLES COM ADUBAÇÃO POTÁSSICA DE COBERTURA	20
TABELA 4 - PARÂMETROS AVALIADOS EM SOJA DE SEMEADURA CRUZADA COM ADUBAÇÃO POTÁSSICA E NITROGENADA DE COBERTURA	24
TABELA 5 - PARÂMETROS AVALIADOS EM SOJA DE SEMEADURA SIMPLES COM ADUBAÇÃO POTÁSSICA E NITROGENADA DE COBERTURA	24

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO REFERENCIADA.....	11
2	OBJETIVOS.....	14
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	14
3	MATERIAL E MÉTODOS	15
3.1	DESCRIÇÃO DO LOCAL.....	15
3.2	DELINEAMENTO E TRATAMENTOS	15
3.3	TRATOS CULTURAIS	17
3.4	AVALIAÇÕES	18
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	19
4.1	EXPERIMENTO 1 - DOSES DE POTÁSSIO EM SEMEADURA CRUZADA... 19	
4.2	EXPERIMENTO 2 – DOSES DE POTÁSSIO EM SEMEADURA SIMPLES....20	
4.3	CONSIDERAÇÕES GERAIS PARA ADUBAÇÃO POTÁSSICA.....21	
4.4	EXPERIMENTO 3 - DOSES DE NITROGÊNIO E POTÁSSIO CONJUGADOS EM SEMEADURA CRUZADA.....23	
4.5	EXPERIMENTO 4 – DOSES DE NITROGÊNIO E POTÁSSIO CONJUGADOS EM SEMEADURA SIMPLES	24
4.6	CONSIDERAÇÕES GERAIS PARA ADUBAÇÃO NITROGENADA E POTÁSSICA	25
5	CONCLUSÕES	27
6	REFERÊNCIAS.....	28

1 INTRODUÇÃO REFERENCIADA

A palavra soja é derivada do termo japonês *shoyu*, em que estaria documentada no livro de Pen Ts' ao Kong Um, escrito por volta de 2838 a.C. pelo imperador Seng-Nung, onde explana sobre estas plantas de origem chinesa (SEDIYAMA, 2009). No Brasil, o primeiro relato se deu na Bahia, porém as cultivares eram trazidas dos Estados Unidos, ou seja, eram adaptadas para aquela latitude com clima mais ameno, porém não se aclimataram. Em 1891, algumas cultivares foram introduzidas em Campinas-SP, na latitude 22 °54' sul apresentou desempenho melhor, e no mesmo ano foi levada para ser cultivada no Rio Grande do Sul. Em 1908, com a chegada dos imigrantes japoneses foram trazidas algumas cultivares voltadas para alimentação humana (SEDIYAMA, 2009), porém atualmente no Brasil é produzida principalmente para ração animal.

O impulso para o aumento da produção da soja foi dado pelo crescimento do consumo de farelo de soja, diretamente influenciado pelo consumo de carnes. O farelo de soja é amplamente utilizado em dietas suínas e avícolas, pelo motivo de ser de baixo custo por unidade proteica (GIANLUPPI, 2009).

De acordo com os levantamentos feitos pela Amazonas (2013), a soja é a 3ª entre os principais produtos exportados do Brasil, representando US\$ 26,122 bilhões, tendo 10,8 % das participações e ficando atrás apenas da exportação de minérios em 1º e petróleo em 2º. O Brasil é o maior exportador mundial deste grão representando 39,5% de volume e, segundo maior produtor de soja com 30,6% da produção mundial com 85 milhões de toneladas produzidas em 2012/2013, sendo os EUA, o Brasil e a Argentina responsáveis por 80,36 % da produção mundial (AMAZONAS, 2013).

A soja é uma oleaginosa de importância econômica mundial. No Brasil a cultura se destaca, sendo produzida em larga escala, estando em expansão nos campos de produção de áreas sendo abertas e áreas que anteriormente eram ocupadas por pastagem. Esta expansão deve-se por ser uma cultura de alto valor econômico, por ser mecanizável, pela existência de várias empresas, cooperativas e órgãos públicos investindo em pesquisa e tecnologia que está sendo disponibilizada

aos produtores para melhorarem o manejo e a produtividade em suas áreas de cultivo.

Atualmente os produtores veem adquirindo o uso de tecnologias para favorecer o aumento da produção e a qualidade do produto, estando a soja atualmente em um cenário mundial valorizado, o qual busca-se maximização da produtividade por área. Uma das formas de se buscar este aumento da produtividade é a aplicação de nutrientes para suprir a necessidade demandada pela planta para apresentar o seu potencial.

O potássio é o segundo nutriente mais exportado pelas plantas, chegando a 18,5 kg por tonelada de grãos e soja (TANAKA; MASCARENHAS, 1992). A deficiência de potássio no solo pode não só ocasionar deficiência severa visível nas plantas, mas, essa deficiência atuará diretamente no comprometimento da produtividade e qualidade dos grãos (LANA, 2002), este elemento atua na ativação enzimática, regulação de abertura e fechamento dos estômatos, controle osmótico, dentre outras funções (MALAVOLTA, 2006).

O cloreto de potássio é a principal fonte de potássio utilizada no Brasil para produção de grãos (LOPES, 2005). É um sal de alta solubilidade, e de baixa força de adsorver em coloides do solo (RAIJ, 1991), fazendo com que o parcelamento de doses seja recomendado em doses acima de 60 a 80 kg ha⁻¹ para evitar perdas por lixiviação e por salinização de sementes no estabelecimento das culturas, com maior risco em solos arenosos (RAIJ ET AL., 1997). Em outro trabalho mostra que doses limites com valores diferentes na aplicação de potássio no sulco de semeadura na forma de KCl não deve exceder doses de 50 kg ha⁻¹ de K₂O, reduzindo as chances de efeito salino nas sementes, que é agravado quando associado com estresse hídrico (OLIVEIRA *et al.*, 2008), no entanto a adubação de cobertura é uma alternativa para reduzir, ou evitar este problema. O efeito salino acontece quando o fertilizante na forma de sal está próximo o suficiente da semente e a sua diferença de potencial osmótico afeta a qualidade da semente ou na germinação ou desenvolvimento da plântula.

O nitrogênio faz parte da composição de alguns hormônios, clorofila, proteínas e ácidos nucleicos, e é o nutriente exigido em maior quantidade pela maioria das culturas (EPSTEIN, 1999).

É pouco comum a prática de aplicação de nitrogênio em cobertura na cultura da soja, pela eficiência da fixação biológica de nitrogênio realizada pelas bactérias

do gênero *Bradyrhizobium* (AMADO *et al.*, 2010). A fixação biológica de nitrogênio é um processo em que ocorre a troca de substâncias na raiz da planta que em troca é fornecido para a planta o nitrogênio captado pelo bacteroide que infectou o tecido da raiz da planta, este processo de troca

Apesar de o nitrogênio ser um elemento importante para a planta, a aplicação de ureia na fase reprodutiva não influencia na produtividade da soja (BAHRY *et al.*, 2013). De acordo com ARATANI *et al.* (2008) a divergência entre os resultados relativos a eficiência da aplicação e nitrogênio em cobertura na soja, se deve a vários fatores, como a eficiência da simbiose, cultivares, época de semeadura, fonte de nitrogênio, tipo de solo e fatores climáticos.

A aplicação de nutrientes em cobertura é uma forma de se buscar ganho em características desejáveis da planta, no momento em que a cultura está implantada. Para fazer o melhor uso da área e ter melhor alocação de plantas, tem-se como alternativa benéfica a semeadura cruzada. O sistema semeadura cruzada é o ato de semear passadas de semeadora perpendiculares (KERBER, 2013).

A semeadura cruzada é uma alternativa para se buscar incremento em produtividade na cultura da soja, portanto este sistema pode demandar mais nutrientes, por serem alocadas mais plantas por área e se atingido o aumento de produtividade, então, conseqüentemente, deve-se estudar estratégias de adubação para suprir esta necessidade.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar o desempenho agronômico da soja em função da adubação nitrogenada e potássica em cobertura, em semeadura cruzada e simples.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Avaliar o desempenho agronômico da soja em função de doses de potássio em cobertura em semeadura com linhas simples.

Avaliar o desempenho agronômico da soja em função de níveis de adubação nitrogenada e potássica em cobertura em semeadura com linhas simples.

Avaliar o desempenho agronômico da soja em função de doses de potássio em cobertura em semeadura com linhas cruzadas.

Avaliar o desempenho agronômico da soja em função de níveis de adubação nitrogenada e potássica em cobertura em semeadura com linhas cruzadas.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 DESCRIÇÃO DO LOCAL

Os experimentos foram realizados no município de Palotina-PR, com altitude do terreno de 340 metros, em um Latossolo Vermelho eutroférico, com 72% de argila e relevo suave ondulado. A caracterização química do solo da área experimental está apresentada na TABELA 1.

TABELA 1 - CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DO SOLO NA CAMADA DE 0,0-0,2 M ANTES DA INSTALAÇÃO DO EXPERIMENTO

pH	K	Ca	Mg	H+Al	SB	CTC
CaCl ₂	----- cmol dm ⁻³ -----					
5,10	0,48	5,46	1,95	4,61	7,89	12,50
V	P	Fe	Cu	Zn	Mn	C
%	----- mg dm ⁻³ -----					g dm ⁻³
63,12	22,5	11,0	3,4	6,8	162,0	21,8

H + Al: acidez potencial extraído por tampão SMP; SB: soma de bases; CTC: capacidade de troca de cátions; C: carbono orgânico; V%: saturação por bases; P, K, Cu, Zn, Fe e Mn extraídos por Mehlich-1; Ca e Mg: extraídos por KCl.

O clima local é subtropical, caracterizado de acordo com a classificação de Köppen como Cfa, apresentando verões quentes e precipitações anuais entre 1200 e 2000 mm, distribuídos durante o ano, e médias de temperaturas anuais de 17 e 19°C (IAPAR, 2006). Os dados meteorológicos da área experimental durante a condução do ensaio estão apresentados na FIGURA 1.

3.2 DELINEAMENTO E TRATAMENTOS

Foram conduzidos quatro experimentos, sendo dois em sistema de semeadura simples e dois em sistema cruzado.

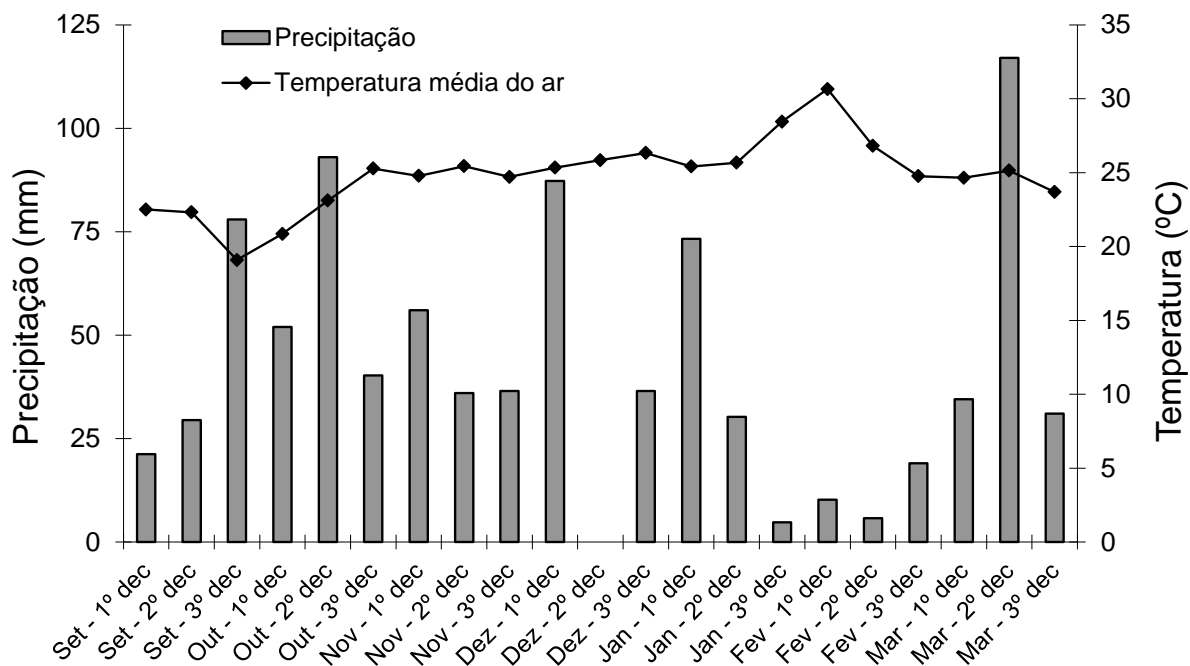


FIGURA 1 - PRECIPITAÇÃO ACUMULADA E TEMPERATURA MÉDIA POR DECÊNDIO DURANTE O PERÍODO EXPERIMENTAL, DE SETEMBRO DE 2013 A MARÇO DE 2014. PALOTINA – PR.

Todos os experimentos foram delineados em blocos casualizados, com quatro repetições. O primeiro experimento teve como tratamentos doses de K_2O em cobertura, 0, 20, 40, 60 e 80 $kg\ ha^{-1}$ de K_2O em semeadura cruzada. O segundo experimento teve como tratamentos doses de N e K_2O conjugados em cobertura, 0/0, 20/20, 40/40, 60/60 e 80/80 $kg\ ha^{-1}$ em semeadura cruzada. O terceiro experimento teve como tratamentos doses de K_2O em cobertura 0, 20, 40, 60 e 80 $kg\ ha^{-1}$ de K_2O em semeadura simples. O quarto experimento teve como tratamentos doses de N e K_2O conjugados em cobertura, 0/0, 20/20, 40/40, 60/60 e 80/80 $kg\ ha^{-1}$ em semeadura simples. As parcelas tinham 12 m^2 de área (2,3 m x 5,2m).

Foi usado a cultivar V-Max[®] convencional, que confere característica de habito indeterminado, e grau de maturação 6.2 e ciclo médio de 120 dias. Foi semeada no dia 28/09/2013. A semeadura foi realizada de forma mecanizada com semeadora-adubadora, com espaçamento entre linhas de 0,45 m, população de semeadura de 400 mil sementes ha^{-1} (18 sementes m^{-2}), profundidade de 5 cm, adubação de base de 5,8, 58 e 52 $kg\ ha^{-1}$ de N, P_2O_5 e K_2O . A expectativa de produtividade era de 6 $ton\ ha^{-1}$. Na semeadura cruzada, foi usado o dobro de sementes e de adubo na base pelo efeito cumulativo das 2 passadas na mesma

área. A quantidade de N e K de cobertura (estádio V6) foi a mesma em que a semeadura simples. Foram usados os fertilizantes ureia e cloreto de potássio (KCl).

Considerando-se a adubação de semeadura de 52 e 104 kg ha⁻¹ de K₂O, nos sistemas de semeadura simples e cruzado, respectivamente, as doses totais aplicadas foram de 52, 72, 92, 112 e 132 kg ha⁻¹ de K₂O no sistema simples e de 104, 124, 144, 164 e 184 kg ha⁻¹ de K₂O no sistema cruzado.

3.3 TRATOS CULTURAIS

As sementes foram tratadas industrialmente com piraclostrobina, fipronil e tiofanato metílico (produto comercial Standak Top[®]). Foi feita a inoculação da soja com inoculante líquido de nome comercial Gelfix 5[®], composto por bactérias *Bradyrhizobium elkanii*, na concentração de 5x10⁹ UFC ml⁻¹, na dose de 100 ml para cada 50 kg de sementes, misturado logo antes da semeadura em um tanque misturador.

Os tratos culturais da lavoura foram baseados na presença de pragas, plantas daninhas e doenças na lavoura. Somente o fungicida foi aplicado de forma preventiva para *Phakopsora pachyrhizi* (ferrugem asiática).

Os tratos culturais nesta lavoura iniciaram-se antes da semeadura com aplicação de glifosato, produto comercial Round Up[®] na dose 2,06 L ha⁻¹, 2,4-D (U46[®] 0,826 L ha⁻¹) antecipando 30 dias da semeadura, diuron + paraquate (Gramocil[®] 3,0 L ha⁻¹) aplicado 20 dias antes da semeadura para controle de plantas daninhas.

Após 25 dias da semeadura foram aplicados herbicidas fomesafem (Flex[®] 0,620 L ha⁻¹). Em seguida, após 32 dias da semeadura foi aplicado cletodin (Select[®] 0,330 L ha⁻¹), inseticidas triflumuron (Certero[®] 40 mL ha⁻¹), metomil (Lanate BR[®] 0,826 L ha⁻¹). Novamente foi aplicado Flex[®] aos 39 dias pós-semeadura na dose 0,620 L ha⁻¹.

No início do florescimento da soja foi aplicado o fungicida prothioconazol e trifloxistrobina (Fox[®] 0,4 L ha⁻¹), os inseticidas teflubenzurom (Nomolt[®] 57,85 mL ha⁻¹) e tiametoxam e lambda cialotrina (Engeo Pleno[®] 0,7 L ha⁻¹).

Durante o enchimento de grãos da soja, foi pulverizado inseticida acefato (Orthene[®] 1,033 L ha⁻¹), e para dessecação foi usado paraquate (Gramoxone[®] 3,0 L ha⁻¹).

3.4 AVALIAÇÕES

Altura da Planta: Foi medido do solo até a última vagem superior no final do ciclo com as plantas secas.

Altura da inserção da primeira vagem: Mensurando do solo até a inserção da primeira vagem, no final do ciclo com as plantas secas.

Número de vagens por planta: Foi contado o número de vagens de 8 plantas por parcela e calculada a média.

População: Foi contado o número de plantas da área útil utilizada para a colheita e convertido em plantas por ha.

Produtividade (em kg ha⁻¹): A colheita foi feita manualmente no dia, amostrando-se 5,4 m² centrais.

As plantas foram colhidas inteiras e armazenadas em sacos, que foram debulhados mecanicamente. As amostras foram identificadas, pesadas, acondicionadas em estufa com circulação forçada de ar a 70° C por 96 horas e pesadas novamente. A produtividade da parcela foi convertida em kg ha⁻¹, com umidade ajustada a 13%.

Massa de 100 grãos: Foram feitas oito repetições da massa de 100 grãos que também foi secado na estufa da mesma forma em que na avaliação de produtividade, corrigido o valor para 13% de umidade, e calculada a média.

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pela análise de regressão, para as doses de K, e pelo teste de Tukey, para as adubações conjuntas de N e K, ambos a 5% de probabilidade, utilizando o software estatístico Sisvar versão 5.3 (FERREIRA, 2000).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 EXPERIMENTO 1 - DOSES DE POTÁSSIO EM SEMEADURA CRUZADA

Não houve efeito significativo das doses de K em cobertura em nenhuma das variáveis (TABELA 2).

TABELA 2 - PARÂMETROS AVALIADOS EM SOJA DE SEMEADURA CRUZADA COM ADUBAÇÃO POTÁSSICA DE COBERTURA

Dose de K ₂ O	M100 ^{ns} (g)	Produtividade ^{ns} kg ha ⁻¹	Altura 1 ^o vagem ^{ns} (cm)	Alt. De Plantas ^{ns} (cm)	Nº de vagens ^{ns}	População ^{ns} (Plantas ha ⁻¹)	Sobrevivência %
0	14,09	2478	8,69	91,25	36,25	245000	30,63
20	13,51	2199	8,38	88,75	41,42	245000	30,63
40	14,29	2382	7,97	85,5	40,08	297500	37,19
60	13,83	2410	7,94	90,5	34,00	287500	35,94
80	15,34	2643	7,08	83,5	40,83	232500	29,06
CV (%)	6,51	11,43	21,1	6,24	14,81	23,42	32,69

CV: coeficiente de variação; M100: massa de 100 grãos; ns: não significativo

O trabalho se baseou na hipótese de que a semeadura cruzada, por dobrar a população de semeadura e, conseqüentemente, a população plantas, aumentaria a demanda nutricional da cultura, sendo então necessária a suplementação, como de N e K que foram testados. Ao mesmo tempo baseado em outra hipótese, que a semeadura cruzada pode ser um arranjo espacial mais bem distribuído e aproveitar melhor os nutrientes das entrelinhas, demandando menos acréscimo de nutrientes.

O trabalho apresentou falhas de germinação nos quatro experimentos, provavelmente a profundidade da semeadura que causou este efeito, e que foi acentuado pela intensidade de chuvas logo após a semeadura. No entanto a soja é capaz de tolerar variações amplas de população, alterando mais sua estrutura morfológica que a produtividade (GAUDENCIO *et al.*, 1990). Isto ocorre pela sua alta capacidade de compensar o espaço entre plantas (PEIXOTO *et al.*, 2000).

No trabalho de Silveira *et al.* (2012), não houve diferença de rendimento de grãos entre plantas cultivadas em sistema de semeadura cruzada e simples de mesma população.

4.2 EXPERIMENTO 2 – DOSES DE POTÁSSIO EM SEMEADURA SIMPLES

Na semeadura simples houve efeito significativo das doses de K apenas para altura de plantas. As demais variáveis estão apresentadas na TABELA 3.

TABELA 3 - PARÂMETROS AVALIADOS EM SOJA DE SEMEADURA SIMPLES COM ADUBAÇÃO POTÁSSICA DE COBERTURA

Dose de K ₂ O	M100 ^{ns} (g)	Produtividade ^{ns} kg ha ⁻¹	Altura 1 ^o vagem ^{ns} (cm)	N ^o de vagens ^{ns}	População ^{ns} (Plantas ha ⁻¹ ₁)	Sobrevivência %
0	14,96	2276	7,15	41,34	350000	87,50
20	14,77	2080	6,56	45,5	325000	81,25
40	14,26	2274	7,72	53,59	272500	68,13
60	14,78	1898	7,05	46,67	357500	89,38
80	14,62	2030	7,3	48,25	317500	79,38
CV (%)	7,47	16,74	13,21	13,91	19,94	81,13

CV: coeficiente de variação; M100: massa de 100 grãos; ^{ns}: não significativo

A soja apresentou ponto de máxima da equação foi 84,3 cm, correspondendo a dose de 35,1 kg ha⁻¹ de K₂O (FIGURA 2). É válido destacar que como a adubação de semeadura constou de 52 kg ha⁻¹ de K₂O, a máxima altura foi atingida com 87,1 kg ha⁻¹ de K₂O.

Apesar deste efeito na altura de plantas, salienta-se que o objetivo final é a produtividade de grãos, o que não foi afetado pelas doses de K. Contudo, o fato da soja ter apresentado maior crescimento demonstra que a cultura não foi insensível ao K aplicado. Muitas vezes é considerado que o crescimento vegetativo compete com a produção de grãos, mas altas produtividades de grãos podem ser obtidas com plantas que apresentem crescimento vegetativo vigoroso, desde que sejam capazes de translocar os fotoassimilados para os grãos. Outra forma melhor de

avaliar o crescimento vegetativo seria o acúmulo de matéria seca, contudo esta avaliação não foi realizada.

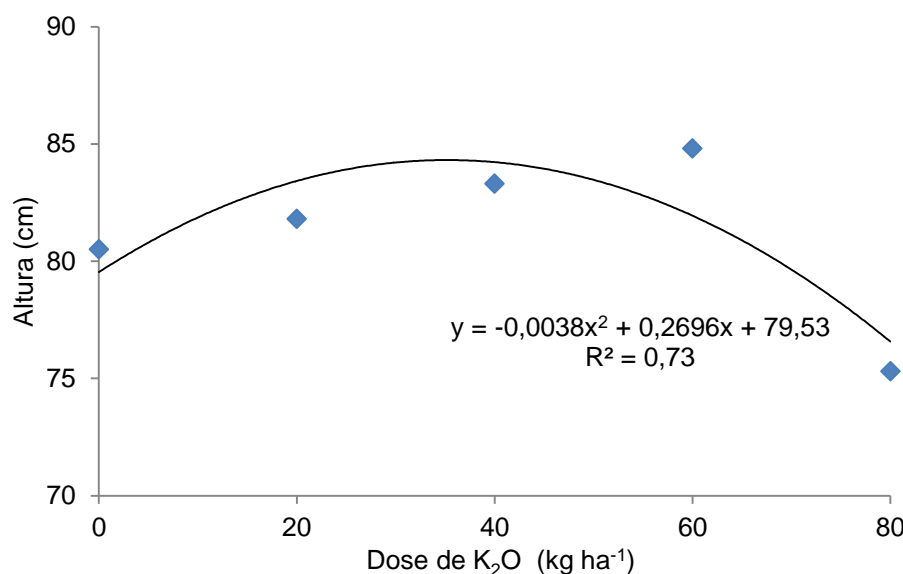


FIGURA 2 - ALTURA DE PLANTAS DE SOJA SUBMETIDAS A DOSES DE K₂O EM COBERTURA EM SEMEADURA SIMPLES.

4.3 CONSIDERAÇÕES GERAIS PARA ADUBAÇÃO POTÁSSICA

Independente do sistema de semeadura, a soja não apresentou alterações na massa de 100 grãos, produtividade, altura de inserção da 1ª vagem, número de vagens e população em função das doses de K em cobertura. A exceção foi a altura de plantas na semeadura simples.

A principal explicação para a ausência de resposta da soja é o alto teor de K no solo, aliado à aplicação de K na semeadura. A análise de solo revelou que havia 0,48 cmol_c dm⁻³ de K no solo, ou seja o teor estava alto no solo da área dos experimentos. De acordo com Sfredo *et al.* (1999), a dose recomendada para solos com teores de argila maiores que 400 g kg⁻¹ e potássio acima de 0,30 cmol_c dm⁻³ é de 40 kg ha⁻¹ de K₂O.

De acordo com Hurtado *et al.* (2008), em sistemas de produção de grãos mais avançados, em áreas que se produz a mais de 5 anos, é normal encontrar teores de solo muito acima de 0,30 cmol_c dm⁻³. Não há relatos de toxidez causados pelo potássio às plantas. Em um trabalho de 12 anos com adubação potássica,

Scherer (1998), mostra que em Latossolo Húmico distrófico, teores de potássio acima de $0,32 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ são o suficiente para se produzir com rendimentos máximos de soja, nos primeiros 4 anos, tornando-se desnecessária adubação potássica. O mesmo autor afirma que a aplicação anual de 60 kg ha^{-1} de K_2O é o suficiente para manter o teor de K no solo e atingir 90% da produção máxima da cultura. O autor demonstrou também que a aplicação de 320 kg ha^{-1} de K_2O apresentou prolongado efeito residual, mantendo a produtividade satisfatória por seis cultivos de soja, nos seis anos posteriores ainda produziu mais que a testemunha não adubada.

Em solos com altos teores de potássio, a cultura não apresenta diferença em produtividade, como mostra o trabalho de Silva e Lazarini (2014), que realizaram o experimento em uma área com Latossolo Vermelho distrófico, com teor de $4,8 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$, o equivalente a $0,48 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, constataram que é possível aplicar adubação potássica de manutenção totalmente antecipada na cultura de cobertura de milheto (*Penisetum glaucum*) e painço (*Panicum miliaceum*), na semeadura ou em cobertura de soja, pois a época de aplicação das doses não interferem na produtividade, assim como também constataram que a maior dose e a ausência de aplicação de K_2O tiveram resultados semelhantes que podem estar ligados ao alto teor de potássio no solo.

Santos (2012) demonstra resultados semelhantes, em que demonstram que a época de aplicação não interfere em produtividade e na massa de 1000 grãos, assim como também mostra o trabalho de Foloni e Rosolem (2008), mostram que adubação potássica pode ser totalmente adiantada na semeadura do milheto em cobertura, em sucessão milheto-soja, que não altera em produtividade, porém as doses de 85 a 90 kg ha^{-1} de K_2O apresentam melhores resultados em produtividade.

As produtividades foram baixas provavelmente pela estiagem que ocorreu em dezembro de 2013 que coincide no enchimento de grãos. Os dados de pluviosidade e temperatura do ar foram coletados pela cooperativa cvale em outra área, portanto na área destes experimentos houve estiagem mais severa em comparação á outras regiões. Outro fator percebido no campo que pode ter levado á queda de produtividade foi no momento da semeadura em que na segunda passada da semeadora, o solo já se encontrava solto causado pela primeira passada, então a segunda teve a profundidade maior, assim como efeito de arrasto de grãos no

momento da segunda passada, o que pode ter acarretado as falhas de emergência das plantas.

De acordo com ¹Carter e Hartwing (1962); ²Yokomizo (1999) *apud* Brandt *et al.* (2006), para uma colheita mecanizada eficiente é necessário que as médias de altura de inserção de vagem sejam de 12 a 15 cm, e a altura de planta sejam entre 60 a 80 cm para minimizar o risco de acamamento e conseqüentemente de perdas. Nos experimentos 1 e 3, todas as médias de altura de planta são maiores que 80 cm, no experimento 2 apenas a dose de 80 kg ha⁻¹ foi menor que 80 cm, assim como a testemunha (de 0 kg ha⁻¹) do experimento 4. As médias de alturas de primeira vagem de todos os experimentos estão abaixo de 12 cm, ou seja, isto pode representar perdas consideráveis no momento da operação de colheita.

O parâmetro de massa de 100 grãos está diretamente relacionado com produtividade de grãos. O trabalho não apresentou diferença estatística das médias de massa de 100 grãos em nenhuma das doses nos 4 experimentos, isto mostra que as doses de potássio em cobertura não interferem na massa de 100 grãos em solos de alta disponibilidade de potássio, assim como o nitrogênio conjugado com o potássio também não interferiu.

4.4 EXPERIMENTO 3 - DOSES DE NITROGÊNIO E POTÁSSIO CONJUGADOS EM SEMEADURA CRUZADA

A adubação conjugada de N e K em cobertura na soja em sistema de semeadura cruzada não apresentou efeito significativo para nenhum dos parâmetros avaliados (TABELA 4).

¹ CARTER, J. L.; HARTWING, E. E. The management of soybeans. In: Norman, A. G. (Ed.). **The soybean**. New York: Academic, 1962.

² YOKOMIZO, G. K. **Interação genótipos x ambientes em topocruzamentos de soja tipo alimento com tipo grão**. 170 f. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luis de Queiroz", Piracicaba, 1999.

TABELA 4 - PARÂMETROS AVALIADOS EM SOJA DE SEMEADURA CRUZADA COM ADUBAÇÃO POTÁSSICA E NITROGENADA DE COBERTURA

Dose de N-K ₂ O	M100 ^{ns} (g)	Produtividade ^{ns} kg ha ⁻¹	Altura 1 ^o vagem ^{ns} (cm)	Altura de Plantas ^{ns} (cm)	Nº de vagens ^{ns}	População ^{ns} (Plantas ha ⁻¹)	Sobrevivência %
0-0	14,91	2368,55	7,27	90,75	41,16	282500	35,31
20-20	14,37	2375,87	7,43	86,5	39,66	267500	33,44
40-40	13,97	2074,07	6,92	84,5	39,41	292500	36,56
60-60	14,98	2435,35	6,66	83,5	41,5	230000	28,75
80-80	14,39	2396,29	7	86,25	43,08	292500	36,56
CV (%)	9,29	10,91	15,3	3,9	16,02	17,18	34,13

CV: coeficiente de variação; M100: massa de 100 grãos; ns: não significativo

4.5 EXPERIMENTO 4 – DOSES DE NITROGÊNIO E POTÁSSIO CONJUGADOS EM SEMEADURA SIMPLES

A adubação conjugada de N e K em cobertura na soja em sistema de semeadura simples não apresentou efeito significativo para nenhum dos parâmetros avaliados (TABELA 4).

TABELA 5 - PARÂMETROS AVALIADOS EM SOJA DE SEMEADURA SIMPLES COM ADUBAÇÃO POTÁSSICA E NITROGENADA DE COBERTURA

Dose de N-K ₂ O	M100 ^{ns} (g)	Produtividade ^{ns} kg ha ⁻¹	Altura 1 ^o vagem ^{ns} (cm)	Altura de Plantas ^{ns} (cm)	Nº de vagens ^{ns}	População ^{ns} (Plantas ha ⁻¹)	Sobrevivência %
0-0	14,55	2.067,90	6,46	79,5	43,83	310000	77,50
20-20	14,34	2.027,38	7,53	83,25	47	315000	78,75
40-40	14,06	1.878,05	7,29	80,75	42,08	327500	81,88
60-60	13,47	1.989,28	7,14	80,25	45,08	322500	80,63
80-80	13,99	2.276,39	6,95	83,25	41,16	260000	65,00
CV (%)	10,29	13,6	12,3	7,69	20,21	25,63	76,75

CV: coeficiente de variação; M100: massa de 100 grãos; ns: não significativo

4.6 CONSIDERAÇÕES GERAIS PARA ADUBAÇÃO NITROGENADA E POTÁSSICA

Considerando o fato de que o aumento das doses de K juntamente com o N foi realizado no intuito de manter o equilíbrio da relação N/K, aliado à ausência de resposta da soja à doses de K, maior enfoque será dado à adubação nitrogenada.

Em ambos os sistemas de semeadura, a adubação conjugada de N e K não apresentou alterações na produtividade de grãos e nos demais parâmetros avaliados, o que demonstra que a FBN foi eficiente em suprir N à soja. A FBN é feita por bactérias do gênero *Bradyrhizobium*, que suprem a necessidade de nitrogênio na soja, e possibilitam a redução de custos, sendo possível substituir a adubação nitrogenada mineral e torna possível elevar o rendimento de grãos (HUNGRIA *et al.*, 2005).

Além da inoculação das sementes utilizadas no experimento, na área experimental todo ano é cultivada a soja no verão com reinoculação, o que provavelmente auxiliou na eficiência da FBN no experimento. Outros estudos têm demonstrado o mesmo comportamento da soja em relação à adubação nitrogenada. Aratani *et al.* (2008) observaram que não houve ganhos em produtividade da soja com a adubação nitrogenada, independentemente da época de aplicação.

De acordo com Novo *et al.* (1999), a adubação nitrogenada afeta negativamente o processo de nodulação e fixação de nitrogênio, porém é necessário se fazer adubação nitrogenada em soja de inverno. Isso se complementa no trabalho de Tanaka e Mascarenhas (1992), que perceberam que na soja cultivada no inverno, a simbiose não foi capaz de suprir o nitrogênio demandado pela planta, provavelmente pela condição de menor quantidade de fotossintetizados, consequência da baixa temperatura da época do ano.

De acordo com Petter *et al.* (2012), a aplicação complementar de N tardia (início do florescimento) em soja no cerrado teve incrementos em produtividade, mostrando que a máxima eficiência agrônômica e econômica se obteve com 30 kg ha⁻¹. Os mesmos autores demonstraram também que doses de 20 kg ha⁻¹ e 40 kg ha⁻¹ de N proporcionaram aumento no número de vagens e também aumento da produtividade em todas as cultivares em até 360 kg ha⁻¹, contudo sem diferença na massa de 100 grãos. Silveira e Damasceno (1993), verificaram incremento na massa

de 100 grãos na dose de 30 kg ha^{-1} de N. O incremento da massa dos grãos com a adubação nitrogenada pode estar relacionado ao maior acúmulo de proteínas nos grãos, causado pela maior síntese de aminoácidos na presença do nitrogênio (PETTER *et al.*, 2012).

Uma possibilidade para a ausência de efeito da adubação nitrogenada é a época de aplicação do N. Gan *et al.* (2003) observaram que aplicações foliares de 50 kg ha^{-1} de N nos estádios V2 e R1 apresentaram aumento de produtividade em três cultivares, enquanto que nos estádios R3 e R5 não houve efeito do N. Em outro experimento do mesmo grupo de pesquisa, Gan *et al.* (2002) observaram aumento de produtividade da soja mais pronunciado com a aplicação de 50 kg ha^{-1} de N no estádio R5 associado com 25 kg ha^{-1} de N na semeadura. Vale destacar que neste último trabalho os autores não compararam com uma testemunha sem adubação nitrogenada. Pode-se notar que os estádios considerados mais responsivos à adubação nitrogenada foram diferentes do utilizado neste experimento, o V6.

Aplicações tardias de N, na fase reprodutiva, são recomendadas por considerar que a intensa translocação de carboidratos para as estruturas reprodutivas reduz o fornecimento destes carboidratos para os bacteróides, reduzindo a eficiência da FBN. As aplicações no início do ciclo da cultura são recomendadas por considerar que a nodulação não está estabelecida, suprimindo uma deficiência momentânea de N à soja, além de que o N inorgânico é necessário para a formação e desenvolvimento do próprio nódulo (COOPER; SCHERER, 2012). Contudo, muitas destas hipóteses não são bem estabelecidas para as condições de cultivo do Brasil, onde a FBN em soja tem se mostrado mais eficiente que nos demais países.

5 CONCLUSÕES

Independente do sistema de semeadura da soja, a adubação de cobertura em V6 com K isolado ou combinado com N não afeta a produtividade e os componentes de produção, o que está relacionado com o alto teor de K no solo, a adubação potássica de semeadura e a adequada eficiência da FBN.

Em sistema de semeadura de linhas simples, a adubação de cobertura com 35,1 kg ha⁻¹, totalizando 87,1 kg ha⁻¹, promove aumento da altura de plantas.

6 REFERÊNCIAS

AMADO, T.J.C.; et al. **Manejo do solo visando à obtenção de elevados rendimentos de soja sob sistema plantio direto**. Evangraf, Porto Alegre, p.53-112, 2010.

AMAZONAS, L. **Conjuntura de Soja 2013**. CONAB, Brasília, 2013. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/camaras_setoriais/Soja/20RO/Apresentacao_Conjuntura_soja.pdf>. Acesso em: 22/12/2014.

ARATANI, R. G.; et al. Nitrogen fertilization in soybean in no tillage system introduction. **Bioscience Journal**, v.24, n.3, p.31-38, 2008.

ARATANI, R.G.; et al. Adubação nitrogenada em soja na implantação do sistema plantio direto. **Bioscience Journal**, v. 24, n. 3, p. 31-38, 2008.

BRANDT, E. A.; et al. Desempenho agrônomo de soja em função da sucessão de culturas em sistema plantio direto. **Ciência e Agroctenologia**, v. 30, n. 5, p. 869-874, 2006.

COOPER, J. E.; SCHERER, H. W. Nitrogen Fixation. In: MARSCHNER, P. **Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants**, San Diego: Elsevier, 2012. p.389-408.

EPSTEIN, E. Plants and inorganic nutrients. In: HOPKINS, W.G. **Introduction to plant physiology**. 2 ed. New York: John Wiley, 1999. p. 61-67

FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos: UFSCar, 2000. p. 255-258.

FIGUEIREDO, Kaio Felipe. **Avaliação das características agrônomicas e produtividade de cultivares de soja em diferentes sistemas de semeadura**. 2013. 24 f. Monografia (Especialização) - Curso de Agronomia, Universidade de Brasília, Brasília - DF, 2013.

FOLONI, J.S.S.; ROSOLEM, C.A. **Produtividade e acúmulo de potássio na soja em função da antecipação da adubação potássica no sistema plantio direto.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 32, n. 2, p. 1549-1561, 2008.

GAN, Y.; STULEN, I.; KEULEN, H.; KUIPER, P. J. C. Effect of N fertilizer top-dressing at various reproductive stages on growth, N₂ fixation and yield of three soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) genotypes. **Field Crops Research**, v.80, p.147-155, 2003.

GAN, Y.; STULEN, I.; POSTHUMUS, F.; KEULEN, H.; KUIPER, P. J. C. Effects of N management on growth, N fixation and yield of soybean. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v.62, p.163-174, 2002.

GAUDÊNCIO, C.; et al. **População de plantas de soja no sistema de semeadura direta para o centro sul do Estado do Paraná.** Londrina: EMBRAPA-CNPSo,1990. 4p. Relatório técnico. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/18643/1/comtec47.pdf>>. Acesso em: 21/06/2015.

GIANLUPPI. **Cultivo de Soja no Cerrado de Roraima.** Embrapa, Roraima, V. 1, n. 1 setembro de 2009. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Soja/CultivodeSojanoCerradodeRoraima/introducao.htm>>. Acesso em: 22/12/2014.

HUNGRIA, M. et al. **The importance of nitrogen fixation to soybean cropping in South America.** In: WERNER, D. & NEWTON, W., eds. Nitrogen fixation in agriculture, forestry, ecology and the environment. Dordrecht, Springer, 2005. p.25-42.

HURTADO, S. M. C; et al. Otimização da adubação em lavoura com altos teores de potássio no solo: uso de agricultura de precisão. In: **IX SIMPÓSIO NACIONAL CERRADO**, Brasília-DF, p.1, out. 2008.

IAPAR. **Cartas climáticas do Paraná.** 2006. Disponível em: <http://200.201.27.14/Site/Sma/Cartas_Climaticas/Classificacao_Climatica.htm>. Acesso em: 15/05/2015.

KERBER, Bruno Francisco. **Avaliação do método do plantio cruzado na cultura da soja na região de Planaltina - GO.** 2013. 19 f. Monografia (Especialização) - Curso de Agronomia, Universidade de Brasília, Brasília - Df, 2013.

LANA, R. M. Q.; et al. Resposta da soja a doses e modos de aplicação de potássio em solo de Cerrado. **Biose**, Uberlândia, v. 18, n. 2, p.17-23, jan. 2002.

LOPES, A.S. **Reserva de minerais potássicos e produção de fertilizantes potássicos no Brasil**. In: YAMADA, T. &ROBERTS, T.L., eds. Potássio na agricultura brasileira. Piracicaba, Potafos, 2005. p.21-32.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. 2. Ed. São Paulo: Ceres, 638p. 2006.

MASCARENHAS, H.A.A.; et al. **Calagem e adubação**. In: A soja no Brasil Central. 2ed. Campinas, Fundação Cargill, 1982.p.137-211.

NOVO, M. C. S. S. et al. Nitrogênio e potássio na fixação simbiótica de N₂ por soja cultivada no inverno. **Scientia Agrícola**. Piracicaba, v.56, n.1, p. 143-156, 1999.

OLIVEIRA, F. A.; et al. **Fertilidade do solo e nutrição mineral da soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2008. (Embrapa Soja. Circular técnica, 62).

PEIXOTO, C.P.; et al. Épocas de semeadura e densidade de plantas de soja:componentes da produção e rendimento de grãos. **Scientia Agrícola**, v.57, p.47-61, 2000.

PETTER, A.; et al. Respostas de cultivares de soja à adubação nitrogenada tardia em solos de Cerrado. **Revista Caatinga**, v.25, n.1, 2012.

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Agronômica Ceres, Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1991. 343p.

RAIJ, B.van.; et al. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas, Instituto Agronômico de Campinas, Fundação IAC, 1997. 285p.

SANTOS, R.; VARGAS G. R. Efeito da adubação potássica na produtividade da soja. **Publicatio UEPG**, Ponta Grossa, v. 18. n. 2, 1 de julho de 2012.

SCHERER, E.E. **Resposta da soja a adubação potássica em Latossolo húmicodistrófico num período de doze anos.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v.22, n.1, : 49-55, 1998.

SEDIYAMA, T. (Ed.). **Tecnologias de produção e usos da soja.** Londrina: Ed. Mecenas, 2009. 314p.

SFREDO, G.J.; et al. **Determinação da relação ótima entre Ca, Mg e K para a cultura da soja em solos do Paraná.** In: RESULTADOS de pesquisa de soja 1991/92. Londrina, 1999. 816 p. (Embrapa Soja. Documentos, 138).

SILVEIRA, F.O.; et al. Produção da cultivar de soja NA 7337 RR coma utilização de plantio em linhas cruzadas. **Anais.** I Congresso de Pesquisa e Pós-Graduação do Campus Rio Verde do I.F.Goiano, 2012.

SILVEIRA, P.M. da; DAMASCENO, M. A. Doses e parcelamento de K e de N na cultura do feijoeiro irrigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.28, p. 1269-1276, 1993.

SYPERRECK, Vera Lucia Greco; KLOSOWSKI, Elcio Silvério; GRECO, Marcelo. **Avaliação de desempenho de métodos para estimativas de evapotranspiração de referência para a região de Palotina, Estado do Paraná.** 2008. Monografia (Especialização) - Curso de Pós Graduação em Agronomia, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2006.

TANAKA, R.T.; MASCARENHAS, H.A.A. **Soja, nutrição correção do solo e adubação.** Campinas: Fundação Cargill,1992. 60p. (Série Técnica, 7).