

UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

**ADUBAÇÃO FOLIAR E ROTAÇÃO DE CULTURA NA PRODUTIVIDADE DA
SOJA EM SISTEMA DE PLANTIO DIRETO**

ALEF ENZO KURAOKA DE OLIVEIRA
NATHÁLIA CAPILLÉ BELOTO

DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL
2022

**ADUBAÇÃO FOLIAR E ROTAÇÃO DE CULTURA NA PRODUTIVIDADE DA
SOJA EM SISTEMA DE PLANTIO DIRETO**

ALEF ENZO KURAOKA DE OLIVEIRA
NATHÁLIA CAPILLÉ BELOTO

Orientador: Prof. Dr. Luiz Carlos Ferreira de Souza

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Federal da Grande Dourados, como
parte dos requisitos para obtenção do título de
Engenheiro Agrônomo.

Dourados
Mato Grosso do Sul
2022

OLIVEIRA, A. E.; CAPILLÉ, N. B. **Adubação foliar e rotação de cultura na produtividade da soja em sistema de plantio direto.** 2022. 24 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Agrônoma) – Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2022.

RESUMO

O aumento da produtividade da soja brasileira está diretamente ligado ao uso de tecnologias no setor produtivo. Entre essas tecnologias está a aplicação de fertilizantes e reguladores de crescimento via foliar. A utilização de micro e macronutrientes via foliar, é uma prática importante, pois pode suplementar ou corrigir a demanda desses nutrientes nas épocas em que as plantas mais necessitam. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da aplicação de nutrientes via foliar no desenvolvimento e produtividade de soja cultivada em sistema de rotação de culturas. O experimento foi implantado na Fazenda Experimental de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), no município de Dourados, MS, com coordenadas geográficas de latitude de 22° 14' 08" S, longitude de 54° 59' 13" W). O delineamento experimental foi em parcela subdividida 15 por 2 os tratamentos com e sem aplicação de adubação foliar, conforme protocolos de aplicação nutrientes foliares nos estádios fenológicos da soja V2/V3, V4/V6, R1 e R4. A variedade de soja utilizada foi a Monsoy 6410 IPRO® Intacta, sendo semeada sobre a palhada das culturas antecessoras. As determinações, utilizadas para a análise de variância, foram: altura de planta, número de ramos reprodutivos por planta, altura de inserção da primeira vagem, número de vagens por planta e produtividade. Concluiu-se que a cultura da soja semeada no tratamento pousio apresenta menor altura de planta, menor número de ramificação, menor número de vagens por planta e menor produtividade; A soja semeada no sistema monocultivo milho/soja, milho + braquiária/soja e sorgo/soja apresenta menor produtividade em relação aos tratamentos com rotação de cultura; Em função da boa fertilidade do solo construída ao longo dos anos no sistema plantio direto não houve efeito da adubação foliar nos componentes de produtividade da soja.

Palavras-chave: Nutrição foliar. Plantio direto. Macronutrientes. Micronutrientes. Reguladores de crescimento.

ABSTRACT

The increase in the productivity of Brazilian soy is directly linked to the use of technologies in the productive sector. Among these technologies is the application of fertilizers and growth regulators via foliar. The use of micro and macronutrients on the leaf is an important practice, as it can supplement or correct the demand for these nutrients at times when plants need it most. The objective of this work was to evaluate the effect of leaf application of nutrients on the development and productivity of soybean cultivated in a crop rotation system. The experiment was implemented at the Experimental Farm of Agricultural Sciences of the Federal University of Grande Dourados (UFGD), in the city of Dourados, MS, with geographic coordinates of latitude of 22° 14' 08" S, longitude of 54° 59' 13" W). The experimental design was in a split plot 15 by 2 treatments with and without application of leaf fertilization, according to leaf nutrient application protocols in soybean phenological stages V2/V3, V4/V6, R1 and R4. The soybean variety used was Monsoy 6410 IPRO® Intacta, being sown on the straw of the predecessor crops. The determinations used for the analysis of variance were: plant height, number of reproductive branches per plant, height of insertion of the first pod, number of pods per plant and productivity. It was concluded that the soybean sown in the fallow treatment has lower plant height, lower number of ramifications, lower number of pods per plant and lower productivity; Soybean sown in the monoculture system corn/soybean, corn + *Brachiaria*/soybean and sorghum/soybean presents lower productivity in relation to treatments with crop rotation; Due to the good soil fertility built up over the years in the no-tillage system, there was no effect of leaf fertilization on soybean yield components.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	
2.1	SISTEMA DE CULTIVO PLANTIO DIRETO	3
2.2	IMPORTÂNCIA DOS NUTRIENTES NA CULTURA DA SOJA	4
2.3	ADUBAÇÃO VIA FOLIAR	5
2.4	ATUAÇÃO DOS REGULADORES DE CRECIMENTO NA CULTURA DA SOJA	7
3	MATERIAL E MÉTODOS	8
3.1	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL	8
3.2	DETERMINAÇÕES	11
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	12
5	CONCLUSÕES	16
6	REFERÊNCIAS	16

1 INTRODUÇÃO

A cultura da soja (*Glycine max L.*) é de extrema importância na economia mundial e no Brasil, uma vez que possui diversas finalidades, podendo ser utilizada para consumo humano, produção de biocombustíveis, produção de matéria prima para a indústria de remédios e cosméticos, além da produção de ração para animais (SEDIYAMA *et al.*, 2015).

O Brasil se destaca como um dos maiores produtores de soja a nível mundial, sendo esta cultura uma importante fonte de alimento em diversos países, como, por exemplo a China (GESTEIRA *et al.*, 2015). O aumento de produtividade da soja no território nacional está diretamente relacionado à maior utilização de tecnologia no setor produtivo e aos avanços científicos. Englobado pelas tecnologias, estão os fertilizantes e reguladores de crescimento via foliar. (BALEN *et al.*, 2015).

Para que os fertilizantes e reguladores de crescimento via foliar sejam efetivos como mais uma tecnologia a agregar na produtividade, as folhas das plantas devem realizar a absorção de íons e moléculas, que precisam ultrapassar duas barreiras: cuticular, possibilitando a entrada no apoplasto, e o plasmalema, possibilitando a passagem do apoplasto para o simplasto (CASTRO; CARVALHO, 2014).

A absorção de adubação foliar, assim como a radicular, ocorre em duas fases: ativa e passiva. Na fase passiva o nutriente aplicado na folha atravessa a cutícula, parede celular e espaços intercelulares, atingindo a superfície externa do plasmalema e se deslocando através do ectodesmata. Na fase ativa o nutriente ultrapassa o plasmalema, chegando ao citoplasma, pode também se acumular no vacúolo ou ser translocado até outras regiões da planta (ROSOLEM, 2002). Após a travessia pelo mesófilo, os solutos adentram no apoplasto e são transferidos logo em seguida ao floema por meio de processo ativo (FRANCESCHI; GIAQUINTA, 1983).

A fase de desenvolvimento da cultura atua diretamente na velocidade de absorção dos nutrientes via foliar, uma vez que as exigências das plantas vão aumentando conforme a mesma se desenvolve. Tal período é atuante desde a fase V2 até a R5, sendo que a velocidade de absorção dos nutrientes foliares aumenta na fase de floração e no início do enchimento dos grãos. Atuando em conjunto com a velocidade de absorção, da mesma forma a taxa de translocação aumenta conforme a planta se desenvolve (STAUT, 2007).

Os principais micronutrientes utilizados pelas grandes culturas (zinco (Zn), manganês (Mn), cobre (Cu), ferro (Fe), molibdênio (Mo) e cobalto (Co)) costumam apresentar mínima ou nenhuma mobilidade no solo, portanto sua absorção pelas plantas é restringida. Como alternativa a esse cenário, a adubação foliar é de extrema importância, suplementando ou

corrigindo as demandas dos micronutrientes pelas plantas nas épocas as quais as mesmas mais precisam para seu correto desenvolvimento, proporcionando assim uma lavoura com elevada produtividade (BRAKEMEIER, 1999).

Em trabalho realizado e desenvolvido por Silva *et al.* (2017), foi avaliado o desempenho da tecnologia de adubação foliar de acordo com as fases fenológicas da soja, sendo verificado que a aplicação de micro e macronutrientes no período vegetativo da cultura proporcionou um aumento de produtividade, diretamente ligado ao aumento da biomassa de tecido fotossintético e de clorofila. Os autores ainda relataram que a aplicação de boro (B) e cálcio (Ca) no florescimento da soja proporcionou uma redução significativa da perda de flores, estando relacionado também ao aumento da produtividade, no estágio de enchimento de grãos a aplicação de magnésio (Mg), potássio (K), enxofre (S) e boro (B) também favoreceu o aumento de produção.

Devido a constante busca por maiores produtividades sem necessariamente aumentar a área cultivada e com um custo relativamente reduzido, esse trabalho tem como objetivo avaliar o efeito de aplicação de macro e micronutrientes via foliar em diferentes estádios de desenvolvimento da soja a qual está associada com rotação de cultura em sistema de plantio direto.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 SISTEMA DE CULTIVO PLANTIO DIRETO

O Sistema de Plantio Direto (SPD), é uma prática revolucionária da agricultura brasileira, que se expandiu expressivamente na década de 70, tendo como vertente a conservação do solo. Esse sistema, não possui as etapas de preparo do solo feitas na semeadura convencional, contra aração e a gradagem (BRITO, 2018).

A técnica mantém o solo coberto de plantas e resíduos vegetais, com o intuito de protegê-lo dos impactos, gerados pela água e vento. Com o solo coberto por palha e vegetação, o escoamento da água é controlado fazendo com que ela tenha mais tempo para se infiltrar no solo, reduzindo sua ação erosiva (SAUERESSIG, 2019).

O SPD abrange técnicas que resultam no aumento da produtividade, pois melhora as características físicas e químicas do solo, permitindo que as plantas cultivadas se desenvolvam em um local mais propício ao seu desenvolvimento. O sistema fundamenta-se em 3 princípios: o uso da rotação de culturas, o mínimo revolvimento e a presença de cobertura no solo (SAUERESSIG, 2019).

A rotação de cultura, muito utilizada em conjunto com o SPD devido a palhada deixada pela cultura anterior, servir como cobertura de solo para a sucessora a ser empregada, baseia-se na sucessão de diferentes culturas, plantadas na mesma área com o intuito de permitir que cada cultura deixe um efeito positivo no solo, contribuindo para o desenvolvimento das próximas culturas (DERPSCH *et al.*, 1991).

A técnica de rotação de cultura resulta no aumento da diversidade biológica no solo, pois adiciona biomassa de diferentes plantas que favorece a ciclagem de nutrientes, fixação biológica de nitrogênio e conseqüentemente efeitos benéficos à fertilidade, diminuição de patógenos obrigatórios, efeito alelopático e supressivo sobre plantas daninhas e aumento da cobertura do solo, que reduz a compactação (MUZILLI, 1991).

No sistema rotacional de culturas, o solo fica coberto pela palhada dos sucessivos cultivos. Essa cobertura é importante para manter o ambiente no solo com uma temperatura mais amena, mantendo diversas formas de vida (fauna e flora) ali, vivas. Além disso, a cobertura favorece o aumento do potencial de carbono orgânico que impacta de forma significativa na fertilidade do solo (CALEGARI; COSTA, 2009).

2.2 IMPORTÂNCIA DOS NUTRIENTES NA CULTURA DA SOJA

Os macronutrientes são a base para o desenvolvimento da cultura da soja, proporcionando grande parte de seu metabolismo. O nitrogênio (N) é constituinte de proteínas, aminoácidos, coenzimas, aminas, purinas, dentre outros, e a sua deficiência ocasiona o amarelecimento seguido de necrose das folhas. O fósforo (P) está sempre atuando nas áreas em desenvolvimento da planta, locais onde ocorre a maior demanda, portanto caso ocorra deficiência do mesmo a planta terá um porte reduzido e baixa quantidade de vagens e folhas novas. O potássio (K) atua na ativação enzimática, abrindo e fechando os estômatos, além de também tornar a planta mais resistente a doenças e menos favorável ao acamamento devido à sua capacidade de lignificação das estruturas do esclerênquima; sua deficiência proporciona amarelamento seguido de necrose das folhas mais velhas (SFREDO; BORKERT, 2004).

O nutriente mais utilizado pelas plantas é o N, uma vez que ele está presente na constituição dos aminoácidos e dos ácidos nucleicos, também atua na ativação de enzimas envolvidas na respiração celular (TAIZ *et al.*, 2017).

O macronutriente magnésio (Mg) e os micronutrientes: boro (B), manganês (Mn), molibdênio (Mo) e zinco (Zn) atuam de maneira secundária. O Mg ativa as enzimas que realizam a síntese de carboidratos e ácidos nucleicos, além de ser fundamental para a fotossíntese na planta e sua deficiência diminui os níveis de N solúvel/proteico além de causar amarelamento nas folhas. O B está ligado ao alongamento e divisão celular, além de transportar carboidratos no interior da planta, sua deficiência desorganiza os vasos condutores e diminui a germinação do grão de pólen (SFREDO; BORKERT, 2004).

O Mn atua como ativador de enzimas, participa da fotólise da água e da formação da clorofila, sua deficiência causa amarelecimento (clorose) nas folhas mais jovens, diminuindo a taxa de fotossíntese das mesmas. O Mo atua na fixação biológica do nitrogênio na soja, portanto, sua deficiência assemelha-se à deficiência do N, pois estão ligados. O Zn atua na ativação de enzimas como síntese do triptofano, desidrogenase e anidrase carbônica, a deficiência deste micronutriente resulta na diminuição do nível do RNA, prejudicando a síntese de proteínas, encurtamento dos internódios e produção de folhas pequenas, sendo que as folhas mais velhas ficam amareladas cor ouro com as nervuras na coloração verde escuro (SFREDO; BORKERT, 2004).

Cultivares de soja resistentes ao glifosato acabam apresentando menor eficiência na absorção de Mn, sendo outra justificativa para aplicação do mesmo via foliar, reduzindo o estresse na planta (MOREIRA *et al.*, 2016)

A planta de soja possui grande capacidade de absorção e uso dos nutrientes, realizando tal processo com maior êxito na sua fase de desenvolvimento, onde as exigências por nutrientes são mais elevadas, dentro do período entre V2 (primeira folha trifoliada) até o R5 (enchimento de grãos) (BARBOSA *et al.*, 2016).

Neste contexto, em estudo de Haq e Mallariano (2000) verificou-se que a aplicação via foliar dos nutrientes N, P, K e S na cultura de soja no estágio vegetativo V5 proporcionou um aumento de produtividade em todas áreas avaliadas, havendo acréscimo de 375 kg ha⁻¹ de soja em comparação das áreas sem uso de adubação foliar.

2.3 ADUBAÇÃO VIA FOLIAR

A primeira evidência escrita que revelava a capacidade das folhas de absorverem água do ambiente é da segunda metade do século XVII. A absorção e utilização de nutrientes em conjunto com solução de água aplicada nas folhas teve seu primeiro relato nas pesquisas realizadas no século XIX. Os primeiros relatos de adubação foliar vieram da França durante o ano de 1844. Após tais publicações, o número de pesquisas relacionadas a adubação foliar aumentou drasticamente, e a maioria caracterizava tal prática como sendo um sucesso. A estrutura da folha é diretamente ligada a esta prática, gerando diversos estudos a respeito da estrutura das folhas, sendo dada maior relevância principalmente à cutícula e suas propriedades, além de estudos relacionados à liberação de gases, transpiração, assimilação de nutrientes, e anatomia e fisiologia (FERNAÁNDEZ; EICHERT., 2009).

No século XX os estudos relacionados à adubação foliar continuaram, e o foco era relacionado ao movimento que os nutrientes e a água absorvida pelas folhas faziam até chegar à planta toda. O efeito da adição de surfactantes nas soluções aquosas foi validado, além do uso de isótopos radioativos para o desenvolvimento de experimentos para acessar a translocação dos nutrientes minerais nas plantas (FERNÁNDEZ; EICHERT, 2009).

Aliado a isso, houve uma tendência de reduzir a utilização de fertilizantes minerais, principalmente os aplicados via solo, como N, P e K, em torno de sete vezes. Tais fatos foram determinantes para o aumento da importância no uso dos fertilizantes foliares, assim como outras características como a rápida e efetiva resposta às necessidades da planta logo após a aplicação foliar (KERIN; BEROVA, 2003).

A aplicação de adubo via foliar durante os estádios vegetativo e início do reprodutivo nas plantas pode facilmente suprir as suas necessidades nutricionais, fazendo com que tenham

um aumento de produtividade significativo, além de melhorar a qualidade e vigor de plantas (KOLOTA; OSINSKA, 2001).

De acordo com Fageria et al. (2009), o interesse na adubação foliar aumentou devido à produção de fertilizantes com elevada concentração e desenvolvimento de maquinários para aplicação de defensivos e irrigação com alta precisão, facilitando assim a aplicação de nutrientes via foliar.

A importância da adubação foliar tem aumentado na prática, uma vez que sua utilização pode ser relacionada a uma forma de agricultura sustentável ao meio ambiente, já que os nutrientes são direcionados à planta em quantidades limitadas, sendo fornecido somente o necessário, dessa forma os impactos ao solo com adubação mineral são reduzidos. Todavia, a resposta das plantas à adubação foliar pode variar, devido principalmente à capacidade dos nutrientes penetrarem nas folhas que receberam a solução (FERNÁNDEZ; EICHERT, 2009).

A adubação foliar possui diversas vantagens, podendo ser aplicada durante qualquer fase de desenvolvimento das plantas, além de disponibilizar a dosagem de cada nutriente na solução, proporcionando à planta somente o necessário para cada fase vegetativa (KERIN; BEROVA, 2003).

A utilização desta prática pode facilitar a rápida absorção dos elementos minerais, evitando a ocorrência de interação destes nutrientes no solo, fato que poderia limitar o crescimento das raízes devido ao excesso de alguns nutrientes com baixa movimentação. De maneira adicional, a adubação foliar pode estimular a capacidade das raízes absorverem os nutrientes da solução do solo (KERIN; BEROVA, 2003).

A absorção foliar é muito mais veloz se comparada a absorção via solução do solo, fazendo com que deficiências de nutrientes nas plantas possam ser rapidamente supridas, evitando casos de stress e deficiências (KUEPPER *et al.*, 2003).

Considerando os fatores como ambiente e cultivar sendo iguais em todos os casos, a velocidade de absorção de 50% dos nutrientes via foliar a seguir são: N – 36h; P – de 1 a 15 dias; K – de 1 a 4 dias; Ca – de 10 a 96h; Mg – de 10 a 24h; S de 5 a 10 dias; Cl – de 1 a 4 dias; Fe – de 10 a 20 dias; Mn – de 1 a 2 dias; Mo – de 10 a 20 dias e Zn - de 1 a 2 dias (WITTWER, 1964).

Fertilizantes líquidos misturados com inseticidas podem ter sua performance melhorada, além da atuação do defensivo ter um efeito aprimorado, reduzindo assim os custos de proteção contra pragas (KUEPPER, 2003).

Na maioria dos casos os fertilizantes foliares são 100% solúveis em água, desta forma, não contém impurezas que poderiam danificar as plantas, além disso não ocasionam

acumulação excessiva de determinados nutrientes no solo, indicando assim uma prática eficaz e sustentável ao meio ambiente (KERIN *et al.*, 2003).

2.4 ATUAÇÃO DOS REGULADORES DE CRESCIMENTO NA CULTURA DA SOJA

Os reguladores de crescimento são amplamente utilizados em culturas de leguminosas para evitar o acamamento, podendo ser hormônios de origem vegetal, orgânica ou sintéticos, atuando diretamente nas características físicas, morfológicas e fisiológicas das plantas, podendo ser absorvido pelas raízes ou pela parte aérea (SILVA *et al.*, 2008).

Com cada vez mais estudos na área comprovando a eficácia do funcionamento desse manejo, a quantidade de produtos no mercado está aumentando rapidamente, favorecendo a planta no maior e mais veloz crescimento vegetal, maior desenvolvimento das raízes e elevado número de galhos (ALMEIDA *et al.*, 2015).

Os reguladores de crescimento possuem em sua composição química os fitorreguladores, tais como citocininas, auxinas, giberelinas e etileno, sendo a citocinina classificada como regulador vegetal, atuando na inibição da dominância apical (FRASCA, 2019).

A auxina trata-se de um hormônio vegetal com baixo peso molecular, sendo o mais importante no ponto de vista fisiológico (PORFÍRIO *et al.*, 2016), uma vez que desempenha uma função essencial no desenvolvimento e crescimento das plantas (WANG *et al.*, 2015).

A citocina em níveis mais elevados proporciona um menor abortamento de vagens jovens e flores da soja, aumentando o rendimento da produção (NONOKAWA *et al.*, 2012). A sua aplicação previamente ao estágio reprodutivo da soja (V6) e outras leguminosas realiza a superação da dominância apical por um curto espaço de tempo; nesse período, o crescimento de mais gemas laterais é ampliado, gerando cerca de um galho a mais por planta (CAMPOS *et al.*, 2009).

Segundo Jiang *et al.*, (2020), na cultura da soja, a auxina atua regulando a divisão celular e alongamento das células por meio de sua concentração hormonal, moldando assim a arquitetura estrutural da planta. Portanto, desde que não haja desequilíbrio após a aplicação dos reguladores de crescimento, a produtividade da planta tende a aumentar significativamente (ALBRECHT *et al.* 2011).

Dessa forma, o objetivo deste trabalho deste trabalho foi avaliar o efeito da aplicação de nutrientes via foliar no desenvolvimento e produtividade de soja cultivada em sistema de rotação de culturas.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área experimental

O experimento foi realizado na Fazenda Experimental de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), no município de Dourados, MS, com coordenadas geográficas de latitude de 22° 14' 08" S, longitude de 54° 59' 13" W e). O solo predominante na área é o LATOSSOLO VERMELHO DISTROFÉRRICO de textura muito argilosa (SANTOS et al., 2013) apresentando 61 g kg⁻¹ de argila. Cabe salientar que este experimento foi iniciado em 2009, completando, em 2022 treze anos de rotação ou sucessão de culturas.



Figura 1. Vista aérea do experimento.

Fonte: SOUZA, L.C.F.

O delineamento experimental foi em parcela subdividida 15 por 2, com quatro repetições. Nas parcelas foram estudadas por quinze culturas antecessoras a soja (Tabela 1) e na subparcela foram dispostos, os tratamentos com e sem aplicação de adubo foliar, conforme protocolos de aplicação de nutrientes foliares nos estádios fenológicos da soja V2/V3; V4/V6, R1 e R4 (Tabela 2). As parcelas possuíam 35 m de comprimento por 14 m de largura (490 m²)

nas quais foi semeada mecanicamente a soja, utilizando a variedade Monsoy 6410 IPRO®, sobre a palhada das culturas antecessoras (Tabela 1). As subparcelas foram demarcadas dentro da parcela, representada por 7m de largura com 35m de comprimento delimitando-se os tratamentos com e sem adubação foliar respectivamente.

Tabela 1. Culturas de outono/inverno antecessoras a soja no ano agrícola 2021.

Outono/inverno 2021	Verão 2021/2022
Pousio	Soja
Milho	Soja
Milho + Braquiária	Soja
Sorgo	Soja
Braquiária+ <i>Crotalaria ochroleuca</i> +Trigo Mourisco	Soja
Feijão Guandu	Soja
<i>Crotalaria ochroleuca</i> + Milheto+ Trigo Mourisco + Braquiária	Soja
Milheto	Soja
Níger	Soja
Aveia preta	Soja
<i>Crotalaria spectabilis</i>	Soja
Ervilhaca	Soja
<i>Crotalaria ochroleuca</i>	Soja
Nabo forrageiro	Soja
Feijão Guandu +Milheto +Trigo Mourisco + Braquiária	Soja
Nabo + Aveia + Ervilhaca	Soja

Fonte: Próprios autores.

A semeadura das culturas do milho, milho consorciado com braquiária e do sorgo foi realizada no dia 20/03/2021, com uma semeadora adubadora pneumática de sete linhas espaçadas entre si em 0,45 m; a adubação de base foi 200/kg ha^{-1} do formulado NPK 08-20-20. A semeadura das demais culturas de outono/inverno ocorreu no dia 04/04/2021, utilizando-se uma semeadora Semeado modelo TD, com quinze linhas, espaçadas 0,20 m entre si. A densidade de semeadura foi realizada de acordo com as recomendações técnicas de Calegari e Donizete (2014).

As culturas do milho, sorgo, aveia, nabo forrageiro, ervilhaca peluda e do níger foram colhidas no mês de agosto e as demais culturas de cobertura do solo foram manejadas com rolo faca no mesmo mês de agosto.

A soja cultivar Monsoy 6410 IPRO® foi semeada no dia 20 de outubro de 2021, com semeadora de disco de nove linhas, espaçadas em 0,45 m, regulada para distribuir 13 sementes por metro e 300 kg ha^{-1} do formulado NPK 05-25-06 + 0,15% de B + 0,5% de Zn. Aos 20 dias após a semeadura foi feita aplicação de cobertura de 100 kg ha^{-1} de cloreto de potássio (K_2O - 60%).

As sementes de soja foram tratadas com o fungicida Standak®Top (0,5 L 100 kg^{-1} de sementes) e utilizado 2 mL kg^{-1} de sementes de formulado a base de cobalto e molibdênio (West CoMo UP®), e quatro doses de 60mL ha^{-1} de *Bradyrhizobium japonicum* (West Fix®), mais uma dose de *Azospirillum brasiliense*.

O controle de plantas daninhas ocorreu na pré-semeadura com a aplicação de glifosato cerca de 30 dias antes, na dosagem de 3 L ha^{-1} . Na semana que antecedeu a semeadura da soja foi aplicado 2 L ha^{-1} de herbicida seletivo de pré-emergência (Dual Gold®) e 200 mL ha^{-1} de espalhante adesivo. Em pós-emergência foi realizada uma aplicação de glifosato associado com West Manganês® (0,5 L ha^{-1}) a 20 dias após a emergência.

O controle de doenças foi realizado quimicamente; com 3 aplicações de fungicidas. Na primeira, aos 40 dias após a emergência foi aplicado produto a base de azoxistrobina + benzovindiflupir, associado a outro fungicida a base de ciproconazol + difenoconazol. Na segunda aplicação foi utilizado dois fungicidas, sendo um a base de azoxistrobina + benzovindiflupir associado a outro a base de clorotalonil. Na terceira foi associado um fungicida a base de clorotalonil a outro contendo ciproconazol + difenoconazol.

Em todas as aplicações foi adicionado juntamente aos nutrientes o adjuvante West Rodeio S® com o objetivo reduzir o efeito de deriva no momento da pulverização.

O controle de pragas foi necessário para percevejo marrom (*Euschistus heros*), com duas aplicações, sendo, uma à base de tiametoxam + lambda-cialotrina e outra à base de imidacloprido + bifentrina.

Para a aplicação dos nutrientes foi utilizado um pulverizador de arrasto com capacidade para 2 mil litros, dotado de barra de 15 metros de comprimento, equipamento com bico cone vazio, espaçados entre si de 0,5 m, com vazão de 200L ha^{-1} . Na aplicação dos nutrientes foliares foi utilizado o referido pulverizador, utilizando meia barra (7 m) sempre no sentido da esquerda para direita da parcela. Todas as pulverizações foram realizadas sempre no

final da tarde, após as 17 horas, momento em que a umidade relativa do ar está acima de 60% e baixa velocidade do vento.

Tabela 2. Sequência da aplicação de nutrientes via foliar nos diferentes estádios fenológicos da soja, na safra 2021/2022

V2/V3	V4/V6	R1	R4
West Manganês® - 0,5Lha ⁻¹	Growon Amino® -1,5L ha ⁻¹	West Boro-0,5L ha ⁻¹	West Boro®-0,5L ha ⁻¹
West Boro® - 0,5Lha ⁻¹	West CoMo®- 0,08L ha ⁻¹	West CoMo®- 0,08L ha ⁻¹	West K30® 1,0Lha ⁻¹
	West Doble®- 250mLha ⁻¹	West Magnésio®-1,0L ha ⁻¹	
	West Magnésio®- 1,0Lha ⁻¹		
	West Boro®- 0,5L ha ⁻¹		

Fonte: Próprios autores.

3.2 Determinações

Altura de planta: Foi determinada com auxílio de uma régua graduada em centímetros, medindo-se a distância entre o nível do solo até o ápice da planta, em dez plantas ao acaso dentro de cada subparcela próximo à colheita.

Número de ramos reprodutivos por planta: Contagem dos ramos reprodutivos nas dez plantas coletadas por parcela e contabilizado o número de ramificações com presença de vagens.

Altura de inserção da primeira vagem: Por meio de uma régua graduada em centímetros, tomando-se a distância entre o nível do solo e o início da inserção da primeira vagem.

Número de vagens por planta: Foram contabilizadas as vagens das 10 plantas, com os valores representando a média de vagens por planta.

Produtividade: Foi determinada por meio da trilha das plantas contidas na área útil, dentro de cada subparcela. Após os grãos limpos, sugeriu-se a pesagem em balança digital, corrigindo-se o grau de umidade para 13%, com os valores expressos em kg ha⁻¹.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No ano agrícola 2020/2021 a soja foi semeada no experimento de rotação de cultura no dia 20 de outubro, ocorrendo emergência no dia 27 de referido mês. De acordo com a Tabela 3 no tratamento pousio foi observado menor altura de planta, menor número de ramificação e menor número de vagens por planta tanto no tratamento com e sem adubação foliar. Também foi observado que independente da cultura antecessora, no tratamento que houve aplicação de adubação foliar a planta apresentou maiores valores para os componentes de produção de soja. Tabela 3. Altura média de plantas (AP), número de ramificação (NR) e número de vagens por planta (NV) em função da rotação de cultura e da adubação foliar.

Cultura Antecessora	AP	AP	NR	NR	NV	NV
	(cm) (AF)*	(cm) (C)**	(AF)*	(C)**	(AF)*	(C)**
Pousio	101b	98b	4,2b	4,1b	79d	77d
Milho	111a	105a	6,5a	5,5a	124c	120c
Milho + Braquiária	113a	106a	6,7a	6,2a	124c	123c
Sorgo	110a	107a	6,7a	5,9a	123c	119c
Braquiária + <i>Crotalaria ochroleuca</i>	112a	110a	6,7a	6,1a	123c	122c
Feijão Guandu	111a	108a	6,5a	6,0a	130a	130a
Aveia Preta + Milheto + Trigo	109a	110a	6,2a	6,0a	132a	130a
Mourisco + Ervilhaca						
Milheto	112a	110a	6,2a	5,8a	127b	126b
Níger	111a	109a	6,6a	6,4a	129b	127b
Aveia branca	111a	110a	6,0a	5,7a	131a	130a
<i>Crotalaria Spectabilis</i>	113a	111a	7,4a	7,3a	138a	135a
Ervilhaca	113a	110a	6,7a	6,4a	126c	125c
<i>Crotalaria ochroleuca</i>	112a	108a	6,7a	6,5a	121c	120c
Nabo forrageiro	113a	109a	6,7a	6,7a	127b	129b
<i>Crotalaria ochroleuca</i> + Milheto + Trigo Mourisco + Braquiária	112a	109a	6,0a	5,9a	121c	119c
Nabo + Aveia + Ervilhaca	112a	112a	6,5a	6,2a	132a	130a
C.V%	3,63	3,63	9,30	9,30	3,85	3,85

AF* Tratamento com adubação foliar, C** Controle sem adubação foliar. Fonte: Próprios Autores

A altura de planta variou no tratamento com aplicação de adubação foliar de 101 cm no tratamento pousio a 113 cm nos tratamentos em que soja foi semeado em sucessão ao milho + braquiária, ervilhaca e ao nabo forrageiro. Já no tratamento sem aplicação de adubação foliar, a altura de planta variou de 98 cm (pousio) a 111 cm na sucessão *Crotalaria spectabilis*/soja. O número de ramificações variou entre os tratamentos, sendo observado o menor valor no tratamento pousio e o maior valor no tratamento que a soja foi semeada em sucessão a *Crotalaria spectabilis* (Tabela 3). De modo geral, houve boa ramificação da planta, sendo que

esta característica é influenciada pela genética e pela densidade de semeadura. A variedade M6410 IPRO® tem boa ramificação que foi potencializada pela aplicação do WEST Doble®, e tem a função de regulador de crescimento, composto pela combinação de magnésio e ácidos carboxílicos, sua aplicação promove um maior engalhamento das plantas e engrossamento do caule, tornando às plantas mais eficientes e resistentes ao acamamento, as plantas exploraram melhor o ambiente de produção e desta forma, obtém-se elevadas produtividades (OLIVEIRA; et al., 2019).

O número de vagens por planta é o principal componente para aumento de produtividade e está correlacionado positivamente com a altura de planta, com o número de nós do caule e das ramificações. O número de vagens por planta foi menor no tratamento pousio com 79 e 77 e o maior número de vagens foi observado na soja semeada em sucessão a *Crotalaria spectabilis* com 138 e 135 vagens no tratamento com e sem adubação foliar respectivamente Tabela 3).



Figura 2. Amostragem de plantas para determinação do número ramificações e número de vagens.

Em pesquisa desenvolvida por Ubida (2017) na mesma área experimental e também com a variedade M6410 IPRO® verificou-se que o número de ramificações por planta e o número de vagens por planta não foram influenciadas pelas culturas antecessoras a soja. Em pesquisa desenvolvida por Freitas *et al.* (2016), verificou-se que o número de vagens por planta variou entre 51 obtido na sucessão pousio/soja até 77 no sistema de rotação milho/canola /soja. Este resultado foi, inferior ao observado neste trabalho, porém vale ressaltar que o número de vagem pode variar em função do cultivar utilizado.

Para produtividade de grãos, o tratamento pousio apresentou a menor produtividade (4020 Kg ha⁻¹ e 3840 Kg ha⁻¹), seguido dos tratamentos onde a soja foi semeada em monocultivo (milho/soja, milho+brachiaria e sorgo/soja) bem inferior aos demais tratamentos que envolveu a rotação de cultura com espécies semeadas no outono inverno solteiras ou consorciadas (mix) (Tabela 6). Mesmo em um ano que houve alguns veranicos as produtividades da soja independente da rotação de cultura foram muito boas, considerando que a produtividade média do Mato Grosso do Sul foi de 3513 kg ha⁻¹ (CONAB, 2021). Embora com valores próximos, as produtividades independentes da cultura antecessora foram maiores valores no tratamento com adubação foliar, variando de 60 Kg ha⁻¹ a 180 Kg ha⁻¹ sacas em relação ao tratamento sem adubação foliar.

Tabela 4. Produtividade média (kg ha⁻¹) em função da rotação de cultura e da adubação foliar.

Cultura Antecessora	Kg ha ⁻¹ (AF)*	Kg ha ⁻¹ (C)**
Pousio	4020,0c	3840,0c
Milho	5040,0b	4980,0b
Milho + Braquiaria	4860,0b	4740,0b
Sorgo	5040,0b	4920,0b
Braquiaria + <i>Crotalaria ochroleuca</i>	5100,0a	5040,0a
Feijão Guandu	5280,0a	5100,0a
<i>Crotalaria ochroleuca</i> + Milheto + TM+ervilhaca	5160,0a	5100,0a
Milheto	4920,0b	4850,0b
Níger	5220,0a	5100,0a
Aveia branca	5100,0a	4980,0b
<i>Crotalaria spectabilis</i>	5340,6a	5340,0a
Ervilhaca	5160,0a	5040,0a
<i>Crotalaria ochroleuca</i>	5220,0a	5160,0a
Nabo forrageiro	5100,0a	5040,0a
Aveia Preta + Milheto + Trigo Mourisco + Braquiaria	5120,0a	5100,0a
Nabo + Aveia + Ervilhaca	5040,0a	5100a
C.V%	5,01	5,01

Fonte: Próprios Autores

AF* Tratamento com adubação foliar, C** Controle sem adubação foliar.

É importante salientar que este experimento em função do tempo de implantação, 11 anos, já está consolidado no aspecto químico, físico e biológico. Dados não apresentados, constatou que não há impedimento restritivo ao crescimento das raízes, com boa agregação e teores de matéria orgânica variando de 3 a 3,5%.

Mesmo em condições adequadas de boa fertilidade do solo, observou efeito positivo da adubação foliar para soja na maioria dos tratamentos. Pode-se observar visualmente o

desenvolvimento das plantas de soja, como maior coloração verde intenso e no desenvolvimento das plantas no tratamento com adubação foliar em relação a testemunha.

Este efeito está relacionado a aplicação do Cobalto e Molibdênio nos estádios V4 e R1, os quais são fundamentais para a fixação biológica do nitrogênio. O Cobalto participa da síntese de vitamina B12, precursor da leghemoglobina essencial para manter o nódulo ativo (coloração avermelhada). O Molibdênio é indispensável para a enzima Nitrogenase, que catalisa o processo de FBN. A aplicação do Magnésio nos estádios V4 e R1, foi essencial para aumento da clorofila, pigmento responsável pela fotossíntese, resultando em plantas com folhas de maior coloração verde.

O uso do Boro nos estádios V2, V4, R1 e R4 atua no processo de síntese de proteínas, e de alguns processos vitais como o florescimento, polinização e desenvolvimento das sementes.

O potássio aplicado no estágio R4 foi essencial à fotossíntese, assim como à formação de amido e à transferência de açúcares. Sua principal função é de regulação de muitos processos essenciais, como ativação enzimática, no uso eficiente da água.

Pesquisa desenvolvida por Veneziano (2018) concluiu que a aplicação dos fertilizantes foliares levando-se em consideração a análise química do solo, períodos de estresse e o efeito esperado de cada produto nas diferentes fases do desenvolvimento, apresentou efeito positivo sobre a produtividade em 83,33% das áreas avaliadas, fornecendo melhores condições para que as plantas suportassem os períodos de estresse bem como, maior aporte nutricional que possibilitou o maior desenvolvimento e produção de grãos, principalmente nos terços médio e superior da cultura.

5 CONCLUSÕES

A cultura da soja semeada no tratamento pousio apresenta menor altura de planta, menor número de ramificações, menor número de vagens e menor produtividade;

A soja semeada no sistema sucessão milho/soja, milho + brachiaria/soja e sorgo/soja apresenta menor produtividade em relação aos tratamentos com rotação de cultura;

O manejo de rotação em conjunto com a adubação foliar apresentou resultados significativos em ganho de produtividade.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBRECHT, L. P.; BRACCINI, A. L.; SCAPIM, C. A.; ÁVILA, M. R.; ALBRECHT, A. JR. P.; RICCI, T. T. Manejo de biorreguladores nos componentes de produção e desempenho das plantas de soja. **Bioscience Journal**., Uberlândia, v. 27, n. 6, p. 865-876, 2011.

ALMEIDA, E. M. et al. O uso de reguladores de crescimento vegetal em plantas forrageiras. **Nutritime Revista Eletrônica**, Viçosa, v. 12, n. 5, p. 4302-4308, 2015.

BALEN, A. B.; LANGE, A.; CAVALLI, E.; SANTOS, P. H. dos; CAVALLI, C. **Aplicação de Fertilizante Foliar na Cultura da Soja. XXV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 2015**. Disponível em: https://www.sbcs.org.br/cbcs2015/anais/index_int0782.html. Acesso em 29 de setembro de 2021.

BARBOSA J.M., REZENDE C.F.A., LEANDRO W.M., RATKE R.F., FLORES R.A., REIS A.S. **Effects of micronutrients application on soybean yield. Australian Journal of Crop Science**, pg. 1092– 1097, 2016.

BRAKEMEIER, C. **Revista Cultivar** (Org.). O adubo vem por cima. 1999. Disponível em: <<https://www.grupocultivar.com.br/artigos/o-adubo-vem-por-cima>>. Acesso em: 20/09/2021.

BRITO, S. Presidente da Federação Brasileira de Plantio Direto e Irrigação visita a Embrapa Milho e Sorgo. **Embrapa.br**, 2018. Disponível em: < <https://www.embrapa.br/busca-de>

noticias/-/noticia/37461556/presidente-da-federacao-brasileira-de-plantio-direto-e-irrigacao-visita-a-embrapa-milho-e-sorgo>. Acesso em 29 de setembro de 2021.

CASTRO, P. R. C.; CARVALHO, M. E. A. **Aminoácidos e suas aplicações na agricultura**. Piracicaba: ESALQ - (Série Produtor Rural, nº 57) – p. 58, 2014.

CALEGARI, A.; COSTA, A. Manutenção da cobertura melhora atributos do solo. 9. ed. Paraná: **Visão Agrícola**, 2009.

CALEGARI, A.; DONIZETI CARLOS, J. A. **Recomendações de plantio e informações gerais sobre o uso de espécies para adubação verde no Brasil**. In: FILHO, O. F. L. et al. (Eds.). Adubação Verde e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e prática. Brasília: **EMBRAPA**, 2014. v. 2, cap. 27, p. 451-478.

CAMPOS, M. F.; ONO, E. O.; RODRIGUES, J. D. Desenvolvimento de plantas de soja em função de reguladores vegetais. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 56 n. 01 p. 74-79, 2009.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos: v. 7 (safra 2019/20) - 7º levantamento**. Brasília: CONAB, 2020. 66 p. Disponível em:< <https://bit.ly/2yqLfS3>> Acesso em: 13 de outubro, 2021.

DERPSCH, R.; ROTH, C. H.; SIDIRAS, N.; KÖPKE, U. **Controle da erosão no Paraná, Brasil: sistemas de coberturas de solo, plantio direto e preparo conservacionista**, IAPAR, 1991.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Statistical database**. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data>. Acesso em: 18 outubro, 2021.

FAGERIA, N.K., BARBOSA - Filho M.P., MOREIRA A., GUMARAES C.M. Foliar Fertilization of Crop plants, **Journal of plant nutrition**; v. 32(4-6): n. 1044-1064, 2009.

FERNÁNDEZ V, EICHERT T. Uptake of hydrophilic solutes through plant leaves: current state of knowledge and perspectives of foliar fertilization, **Critical Reviews in Plant Sciences**. v. 28. I83 182:36-68, 2009.

FRANCESCHI, V.R., GIAQUINTA, R.T. Specialized cellular arrangements in legume leaves in relation to assimilate transport and compartmentation: Comparison of the paraveinal mesophyll. **Planta**, v. 159: p. 415-422. 1983.

FRASCA, L. L. M. **Bioestimulantes no crescimento e desempenho agrônômico do feijão-comum de ciclo precoce** [Dissertação Mestrado]. Goiânia: Universidade Federal de Goiás, 2019, 78 f.

LANA, A. M. Q. et al. Aplicação de reguladores de crescimento na cultura do feijoeiro. **Biosci. J.**, Uberlândia, v. 25, n. 1, p. 13-20, jan. / fev. 2009.

GESTEIRA, G. S.; ZAMBIAZZI, E. V.; BRUZI, A. T.; SOARES, I. O.; REZENDE, P. M.; SILVA, K. B. Seleção fenotípica de cultivares de soja precoce para a Região Sul de Minas Gerais. **Revista Agrogeoambiental**, Pouso Alegre, v. 7, p. 79-88, 2015.

HAQ, M.U.; MALLARIANO, A. P. Soybean yield and nutrient composition as affected by early season foliar fertilization. **Agronomy Journal**, 92: 16-24. 2000. Disponível em: <10.2134/agronj2000.92116x.>. Acesso em 27/09/2021.

JIANG, H.; SHUI, Z.; XU, Li; YANG, Y.; LI, Yan; YUAN, X.; SHANG, J.; ASGHAR, M. A.; WU, X., YU, L.; LIU, C.; YANG, W.; SUN, X.; DU, J. Gibberellins modulate shade-induced soybean hypocotyl elongation downstream of the mutual promotion of auxin and brassinosteroids. **Plant Physiology and Biochemistry**, [S. l.], v. 150, n. Março, p. 209–221, 2020. a. DOI: 10.1016/j.plaphy.2020.02.042.

JYUNG, W. H., & WITWER, S. H. (1964). Foliar Absorption-An Active Uptake Process. **American Journal of Botany**, v. 51(4), pg. 437–444. Disponível em: <<https://doi.org/10.2307/2439836>>. Acesso em 29/09/2021.

KERIN V, BEROVA M. Foliar fertilization in plants. **Videnov & Son**, Sofia. 2003.

KOLOTA E, OSINSKA M. Efficiency of foliar nutrition of field vegetables grown at different nitrogen rates. **Acta Hort** (ISHS). 2001.

KUEPPER G. **Foliar Fertilization Current Topic**, ATTRA – National sustainable Agriculture Information service, NCAT Agriculture specialist; March 2003.

MOREIRA, A.; MORAES, L. A. C.; SOUZA, L. G. M.; BRUNO, I. P. Bioavailability of nutrients in seeds from tropical and subtropical soybean varieties. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, Philadelphia, v. 47, n. 7, p.888-898, 2016.

MUZILLI, O. O plantio direto com alternativa no manejo e conservação do solo. In: **Curso básico para instrutores e manejo e conservação do solo**. Londrina: IAPAR, 1991. 20p

NONOKAWA, K.; NAKAJIMA, T.; NAKAMURA, T.; KOKUBUN, M. Effect of Synthetic Cytokinin Application on pod Setting of Individual Florets within Raceme in Soybean. **Plant Production Science**, Tokyo, v.15 n.2, p.79-81, 2012.

OECD/FAO. **Organization f. Agric. Outlook 2020– 2029**, 2020.

OLIVEIRA, A. B.; et al. **Soja: o produtor pergunta, a Embrapa responde**, editores técnicos. – Brasília, DF: Embrapa, 2019

PORFÍRIO, S.; GOMES DA SILVA, MARCO D. R.; PEIXE, A; CABRITA, M. J.; AZADI, P. Current analytical methods for plant auxin quantification - A review. **Analytica Chimica Acta**, [S. l.], v. 902, p. 8–21, 2016. DOI: 10.1016/j.aca.2015.10.035.

ROSOLEM, C. A. **Recomendação e aplicação de nutrientes via foliar**. Lavras: Fundação de Apoio ao Ensino, Pesquisa e Extensão da Universidade Federal de Lavras 2002. 99p.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; DOS ANJOS, L. H. C.; DE OLIVEIRA, V. A.; LUMBREAS, J. F., COELHO, M. R.; CUNHA, T. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, DF: Embrapa, 2013.

SAUERESSIG, D. **Sistema Plantio direto: os pilares do equilíbrio**. **Revista a Granja**, 2019. Disponível em:<<https://febrapdp.org.br/noticias/680/sistema-plantio-direto-os-pilares-do-equilibrio>>. Acesso em 30/09/2021.

SEDIYAMA, T., SILVA, F., BOREM, A. **Soja do Plantio à colheita**. Viçosa: Editora UFV, MG, 2015. 333p.

SFREDO, G. J.; BORKERT, C. M.; **Deficiências e Toxicidades de Nutrientes em Plantas de soja**. EMBRAPA, 2004, Londrina – PR.

SILVA, T. T. de A. **Qualidade fisiológica de sementes de milho na presença de bioestimulantes**. Ciênc. agrotec. vol. 32 n.3 Lavras, 2008.

SILVA, N. F.; CLEMENTE, G. S.; TEIXEIRA, M. B.; SOARES, F. A. L.; SANTOS, L.N.S.; CUNHA, F.N.; AZEVEDO, L. O.S.; SOUZA, F.C.; SANTOS, M.A. Manejo fisiológico na fase de enchimento de grãos da cultura da soja com fertilizante foliar. **Global Science and Technology. Rio verde**. v.10, n.03, p.54-65, 2017.

STAUT, L.A. **Adubação foliar com nutrientes na cultura da soja**. 2007. Disponível em:<http://www.infobibos.com/Artigos/2007_4/AdubFoliar/index.htm>. Acesso em: 29/09/2021.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia vegetal e Desenvolvimento Vegetal**. 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 888 p.

XU, Z. Intercropping maize and soybean increases efficiency of land and fertilizer nitrogen use; A meta-analysis. **Field Crops Research**, v. 246, p. 107661, 2020.

WANG, B.; CHU, J.; YU, T.; XU, Q.; SUN, X.; YUAN, J.; XIONG, G.; WANG, G.; WANG, Y.; LI, J.. Tryptophan-independent auxin biosynthesis contributes to early embryogenesis in Arabidopsis. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, [S. l.], v. 112, n. 15, p. 4821–4826, 2015. DOI: 10.1073/pnas.1503998112.

WITTIWER, S. H. Foliar absorption of plant nutrients. **Adv Fron. pl. Sci.**, v8: p. 61-182, 1964.