

UniRV- UNIVERSIDADE DE RIO VERDE
FACULDADE DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO VEGETAL

**MANEJO NUTRICIONAL VIA FOLIAR NA CULTURA DO MILHO EM
SEGUNDA SAFRA**

MARCELO QUEIROZ DINIZ
Magister Scientiae

RIO VERDE
GOIÁS - BRASIL
2017

MARCELO QUEIROZ DINIZ

**MANEJO NUTRICIONAL VIA FOLIAR NA CULTURA DO MILHO
EM SEGUNDA SAFRA**

Dissertação apresentada à UniRV – Universidade de Rio Verde, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*

**RIO VERDE
GOIÁS - BRASIL**

2017

© Copyright Marcelo Queiroz Diniz, 2017

DINIZ, Marcelo Queiroz. **Manejo nutricional via foliar na cultura do milho em segunda safra.** 2017. 33 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade de Rio Verde – UniRV, Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Rio Verde/GO, 2017.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

D585m	Diniz, Marcelo Queiroz. Manejo nutricional via foliar na cultura do milho em segunda safra. – 2017. 33 f. : il. Orientador: Profº. Drº. Sihélio Júlio Silva Cruz. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Rio Verde – UniRV, Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, 2017. Inclui índice de tabelas e figuras. 1. Adubação complementar. 2. Milho safrinha. 3. Micronutrientes. 4. Nutrição mineral. I. Título. II. Cruz, Sihélio Júlio Silva. III. Universidade de Rio Verde – UniRV. CDU - 633.15
-------	--

Catálogo na fonte: Bibliotecária Mariana Oliveira Soldera – CRB1/3100

All rights reserved.

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde que citada a fonte.

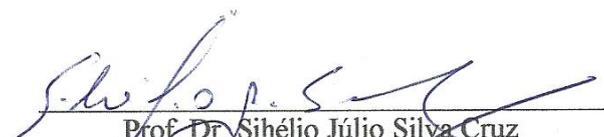
A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

MARCELO QUEIROZ DINIZ

MANEJO NUTRICIONAL VIA FOLIAR NA CULTURA DO MILHO EM
SEGUNDA SAFRA

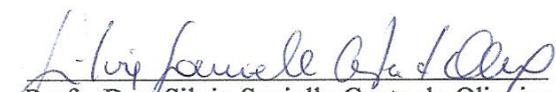
Dissertação apresentada à UniRV – Universidade de
Rio Verde, como parte das exigências do Programa
de Pós-Graduação em Produção Vegetal, para
obtenção do título de *Magister Scientiae*

APROVAÇÃO: 19 de junho de 2017


Prof. Dr. Sihélio Júlio Silva Cruz
Presidente da Banca Examinadora


Prof. Dra. Indiamara Marasca
Membro – FA/UniRV


Dr. Jeander Oliveira Caetano
Membro


Prof. Dra. Silvia Sanielle Costa de Oliveira
Membro – IF Goiano – Iporá

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a toda comunidade científica e a todos aqueles que estiveram presentes em minha formação, sempre me apoiando e incentivando a galgar patamares mais altos no caminho do conhecimento.

AGRADECIMENTOS

À minha mãe, Lúcia Queiroz Diniz, por ser a minha maior incentivadora, por ter me dado o dom da vida e ter me transmitido todos os seus conhecimentos, me fazendo melhor a cada dia.

Ao meu irmão, Bruno Queiroz Diniz, por sempre me animar e encorajar em todos os momentos de indecisão e de dificuldade.

À minha fiel companheira, Raisa Diniz, por estar sempre me incentivando e ajudando nessa jornada acadêmica.

A todos os membros do corpo docente do Programa de Pós-Graduação da Universidade de Rio Verde, que participaram da minha formação acadêmica.

Ao Professor Dr. Sihélio Júlio Silva Cruz, que não mediu esforços para me orientar na realização deste trabalho.

Ao meu amigo Fellipe Goulart Machado, que me incentivou a ingressar no programa de pós-graduação.

A Deus, que é sempre comigo!

BIOGRAFIA

MARCELO QUEIROZ DINIZ, filho de Lúcia Queiroz Diniz e Divino Cardoso Diniz, nasceu no dia 05 de dezembro de 1988, em Rio Verde, Goiás. Em 2008, ingressou no Curso de Agronomia no Instituto Federal Goiano – *campus* Rio Verde, graduando-se em março de 2015. Iniciou o curso de Pós-Graduação em Produção Vegetal pela UniRV – Universidade de Rio Verde em agosto de 2015, defendendo a dissertação no dia 19 de junho de 2017.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	v
LISTA DE FIGURAS.....	vi
RESUMO.....	vi i
ABSTRAT.....	vii
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	2
2.1 Importância socioeconômica do milho (Zea mays L.).....	2
2.2 Exigências nutricionais.....	2
2.3 Adubação foliar	3
2.4 Épocas de aplicação da adubação foliar.....	3
2.5 Importância dos fatores morfológicos da cultura do milho.....	4
2.5.1 Área foliar.....	4
2.5.2 Colmo.....	4
2.5.3 Altura de plantas.....	5
2.6 Importância dos nutrientes na cultura do milho.....	5
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	9
3.1 Caracterização do local.....	9
3.2 Delineamento experimental.....	10
3.3 Instalação e condução do experimento.....	10
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	12
5. CONCLUSÕES.....	16
REFERÊNCIAS.....	16

LISTA DE TABELAS

TABELA 1	Concentração de nutrientes por litro do fertilizante.....	10
TABELA 2	Tratamentos e épocas de aplicação do fertilizante.....	11

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	Diâmetro de colmo (cm) e área foliar (cm ²) de plantas de milho (Híbrido AG-7098 VTPRO2) submetidas a diferentes doses do fertilizante foliar aplicado de forma parcelada, metade no estágio fenológico V6 (6 folhas totalmente expandidas) e metade no estágio V8 (8 folhas totalmente expandidas).....	13
FIGURA 2	Diâmetro de espiga (cm) e número de fileiras por espiga de plantas de milho (Híbrido AG-7098 VTPRO2) submetidas a diferentes doses do fertilizante foliar aplicadas de forma parcelada, sendo cinquenta por cento no estágio fenológico V6(6 folhas totalmente expandidas) e cinquenta por cento no estágio fenológico V8 (8 folhas totalmente expandidas).....	14
FIGURA 3	Produtividade de grãos (kg ha ⁻¹) de plantas de milho (Híbrido AG-7098 VTPRO2) submetidas a diferentes doses do fertilizante aplicado via foliar.....	15

RESUMO

DINIZ, Marcelo Queiroz, M.S., Universidade de Rio Verde, junho de 2017. **Manejo nutricional via foliar na cultura do milho em segunda safra.** Orientador: Dr. Sihélio Júlio Silva Cruz

O milho é um dos principais cereais cultivados no Brasil devido a sua importância econômica e ao seu valor nutricional tanto na alimentação humana, animal como matéria-prima para a indústria. No entanto, uma das variáveis determinantes na obtenção de altas produtividades é o fornecimento de nutrientes com a máxima eficiência que proporcione maior disponibilidade nos momentos de maior demanda por cada nutriente em diferentes estádios fenológicos. A deficiência de qualquer um, por menor quantidade que seja, pode causar a desorganização de processos metabólicos e a redução na produtividade. Com o objetivo de avaliar a influência da aplicação foliar do fertilizante, composto por: nitrogênio (N); fósforo (P); enxofre (S); zinco (Zn); molibdênio (Mo) e cobalto (Co), nas características morfológicas e nos componentes de rendimento do milho de segunda safra, foi realizado um experimento em Jataí – GO em delineamento experimental em blocos casualizados, contando com seis tratamentos e quatro repetições em diferentes doses do fertilizante (0, 140, 280, 500, 1000, 1500 mL ha⁻¹). Os resultados obtidos revelaram que o fertilizante influenciou tanto as características morfológicas como os componentes de produção e a produtividade.

Palavras-chave: Adubação complementar, milho safrinha, micronutrientes, nutrição mineral.

ABSTRACT

DINIZ, Marcelo Queiroz, M.S., Universidade de Rio Verde, July 2017. **Foliar nutritional management in corn in the second crop.** Advisor: Dr. Sihélio Júlio Silva Cruz.

Corn is one of the main cereals grown in Brazil because of its economic importance and its nutritional value both in human and animal food and as raw material for the industry. However, one of the determining variables in obtaining high yields for this crop is the supply of nutrients with maximum efficiency that provides greater availability in the moments of greater demand for each nutrient in different phenological stages. The deficiency of any nutrient, even in a small amount, can cause disorganization of metabolic processes and reduction in production. In order to evaluate the influence of foliar application of a fertilizer composed of: nitrogen (N), phosphorus (P), sulfur (S), zinc (Zn), molybdenum (Mo) and cobalt (Co) in the morphological characteristics and components of yield in corn of the second harvest, an experiment was carried out in Jataí - GO in a randomized block design with six treatments and four replicates indifferent doses of the fertilizer (0, 140, 280, 500, 1000, 1500 mL ha⁻¹). The results revealed that the fertilizer influenced both the morphological characteristics and the components of production and productivity.

Keywords: Complementary fertilization, second harvest corn, micronutrients, mineral nutrition.

1 INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é uma planta anual, monocotiledônea, adaptada a vários ambientes. É um dos principais cereais cultivados no Brasil devido a sua importância econômica e ao seu valor nutricional tanto na alimentação humana, animal como matéria—prima para a indústria.

O milho tem uma área total plantada de 15.466,60 hectares e produção de 83.519,1 mil toneladas, com uma produtividade média de 5.400 kg ha⁻¹. Resultados esses que são reflexos de investimentos em tecnologia aliados ao uso de híbridos com alto potencial e estabilidade produtiva (ARGENTA et al., 2003; CRUZ, 2013; CONAB, 2016).

Uma das variáveis determinantes na obtenção de altas produtividades é o fornecimento de nutrientes, dentre os quais se destacam nitrogênio (N), fósforo (P), cobalto (Co), molibdênio (Mo), zinco (Zn) e enxofre (S), que estão entre os nutrientes mais requeridos e de maior custo para a cultura do milho. A máxima eficiência no processo de fornecimento destes nutrientes na cultura depende de conhecimentos técnicos e práticos, que proporcionem maior disponibilidade para as plantas bem como as épocas corretas de aplicação em função das diferentes demandas nutricionais em diferentes estádios fenológicos da cultura.

O fornecimento de nutrientes tem influência direta sobre os componentes morfológicos das plantas (FANCELLI & DOURADO NETO, 2002). Esse dado é muito importante, pois, para expressão de todo o potencial produtivo dos híbridos de milho, também é necessário que haja uma relação positiva entre os componentes morfológicos e produtivos da planta de milho (FANCELLI & DOURADO NETO, 2002; CRUZ, 2013).

Assim, a adubação via foliar é uma prática complementar e rápida para melhorar as respostas aos nutrientes, juntamente com um melhor desenvolvimento da planta e correção de deficiências nutricionais, em estágios da cultura em que a aplicação no solo torna-se ineficiente, tendo em vista o tempo de absorção e resposta (DEUNER; NASCIMENTO; FERREIRA, 2008).

Neste contexto, objetivou-se com o presente trabalho avaliar o efeito da adubação foliar sobre as características morfológicas, componentes de rendimento e a produtividade na cultura do milho cultivado no período de segunda safra.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Importância socioeconômica do milho (*Zea mays* L.)

O milho (*Zea mays* L.) é uma planta anual, monocotiledônea, adaptada a vários ambientes, sendo um dos principais cereais cultivados no mundo. É o segundo grão mais cultivado no Brasil, superado apenas pela soja. No setor social, é tido como um alimento de baixo custo, por sua viabilidade de cultivo tanto em grande quanto em pequena escala e por ser a base para várias cadeias agroindustriais. Sua produção é de aproximadamente 26,08 milhões de toneladas na primeira safra e 43,05 milhões de toneladas de grãos na segunda safra, tendo sua importância econômica caracterizada pelas diversas formas de utilização, desde a alimentação animal até a indústria de derivados alimentícios. (CONAB,2016).

Com este volume produzido, o milho se tornou a terceira cultura que mais gera renda ao país, ficando atrás apenas da soja e da cana-de-açúcar. É importante ressaltar que o milho é produzido nas 27 unidades federativas do Brasil, sendo cultivado tanto por grandes quanto por médios e pequenos produtores. Há ainda, nas regiões Norte e Nordeste, um volume expressivo de pequenos agricultores que exploram o milho como cultura de subsistência. Portanto, há uma tendência natural de decréscimo da importância do milho no contexto global e no doméstico (SOLOGUREN, 2015).

2.2 Exigências nutricionais

A extração de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio aumenta linearmente com o aumento da produtividade da cultura. As maiores exigências nutricionais do milho se referem ao nitrogênio (N) e ao potássio (K), seguindo-se o cálcio (Ca), o magnésio (Mg) e o fósforo (P). Em relação aos micronutrientes, as quantidades requeridas pelas plantas de milho são muito pequenas. Para uma produtividade de nove toneladas de grãos ha⁻¹, são extraídos 2.100 g de ferro, 340 g de manganês, 400 g de zinco, 170 g de boro, 110 g de cobre e 9 g de molibdênio. Entretanto, a deficiência de um destes elementos pode provocar a desorganização de processos metabólicos e a redução na produtividade, além de contribuir para a deficiência de macronutrientes como, por exemplo, o nitrogênio (COELHO e RESENDE, 2008).

2.3 Adubação foliar

Segundo Taiz e Zeiger (2013), além de absorver nutrientes adicionados ao solo como fertilizantes, a maioria das plantas pode absorver nutrientes minerais aplicados nas suas folhas por aspersão, em um processo conhecido como adubação foliar. Em alguns casos, este método tem vantagens agronômicas em comparação à aplicação de nutrientes no solo, podendo reduzir o tempo entre a aplicação e a absorção do nutriente pela planta, o que pode ser importante durante uma fase de crescimento rápido. Ela também pode contornar o problema de restrição de absorção de um nutriente do solo. Por exemplo, a aplicação foliar de nutrientes minerais como ferro, manganês e cobre pode ser mais eficiente que a aplicação via solo, onde estes íons são adsorvidos às partículas do solo e, assim, estão menos disponíveis ao sistema de raízes, por isso tem-se mostrado economicamente bem-sucedida, sobretudo em cereais.

A absorção de nutrientes é mais intensa nas folhas novas do que nas adultas e nas velhas, uma vez que as folhas novas têm maior exigência nutricional para o total desenvolvimento. No aparecimento de deficiências, a adubação foliar permite que a correção seja feita de forma rápida e eficiente. Uma correção rápida diminui a probabilidade de redução significativa da produtividade da cultura do milho. Muitos nutrientes como Mn, Cu, Zn, Fe, Mo, e Co apresentam baixa ou nenhuma mobilidade no solo, o que acarreta maior dificuldade de absorção pelas plantas, principalmente durante os estádios de desenvolvimento em que a demanda por altas quantidades de nutrientes é maior. Nesta situação, a adubação foliar pode suplementar estes nutrientes, de forma a se evitar a ocorrência de deficiências temporárias, tanto ocultas como visíveis, que podem vir a comprometer a produtividade. Uma das principais vantagens da adubação foliar é o baixo custo da aplicação, uma vez que os fertilizantes podem ser aplicados em mistura com a maioria dos defensivos agrícolas existentes no mercado (MARÓSTICA & FEIJÓ, 2013).

2.4 Épocas de aplicação da adubação foliar

A adubação foliar pode ser realizada em quase todos os estágios fenológicos da cultura, levando-se em consideração a necessidade do nutriente em diferentes estádios fenológicos. Corroborando com Favarin, Tezotto e Ragassi (2008), o uso racional de micronutrientes na cultura de milho depende do conhecimento dos teores dos elementos disponíveis no solo, das condições físico-químicas que afetam a sua solubilidade e do estado

nutricional das plantas, avaliado pela análise foliar que se torna uma ferramenta muito importante para detecção do estado nutricional da planta, servindo como orientação para a adubação.

Nos estágios V3 (3ª folha desenvolvida) a V5 (5ª folha desenvolvida) é que se começa a definir a quantidade de folhas e espigas, portanto é neste período que a planta estabelece o número de grãos, ou seja, a definição produtiva. Com relação aos estágios V6 (6ª folha desenvolvida) a V8 (8ª folha desenvolvida), a disponibilidade de nutrientes, principalmente do nitrogênio, é de suma importância, pois é nessa fase que se inicia a época de maior demanda desse elemento pela planta. (FANCELLI & DOURADO, 1997).

2.5 Importância dos fatores morfológicos da cultura do milho

2.5.1 Área foliar

A área foliar é responsável pela produção de fotoassimilados para o desenvolvimento e produção das plantas. A interceptação da luz fotossinteticamente ativa exerce grande influência, pois há conversão de energia luminosa em energia química (FANCELLI & DOURADO NETO, 2002).

2.5.2 Colmo

O colmo do milho exerce grande influência no processo de enchimento de grãos, quando direciona substâncias que estão armazenadas. Condições de redução de taxa fotossintética, excesso de chuva, relação desfavorável entre nitrogênio (N) e potássio (K), destruição de área foliar e altas populações ocasionam a mobilização de reservas do colmo (FANCELLI, 1994).

No período de enchimento de grãos, a integridade e a capacidade de armazenamento de fotoassimilados pelo colmo são importantes, pois este atua como órgão equilibrador da falta de fonte, estimando-se um percentual de 17 a 44% no enchimento de grãos (UHART & ANDRADE, 1995).

2.5.3 Altura de plantas

Resultado de muitos trabalhos, a quantidade de cultivares oferecidos bem como a sua diversificação morfológica é bem vasta. Segundo Cruz e Filho (2009), há aproximadamente 429 cultivares, sendo o fator altura de plantas é resultado de diversos fatores da planta.

De acordo com Sangoi et al. (2010), o aumento da densidade promove menor oxidação de auxinas, devido à maior proximidade entre plantas, estimulando a alongação celular. Com isto, os entrenós do colmo são mais longos, aumentando a estatura da planta.

Além disto, a maior competição intraespecífica por radiação solar favorece o estiolamento da planta e a redução no diâmetro do colmo. O efeito é ainda acentuado quando se usam altas doses de nitrogênio, pois este nutriente atua diretamente nos meristemas da planta, acelerando a divisão celular.

As variedades de polinização aberta e híbridos duplos de ciclo tardio utilizados no passado frequentemente apresentavam estatura de planta superior a 3,0m. O fator disponibilidade de áreas agricultáveis não era limitante e a produtividade por área não era prioridade. O sistema de produção se baseava em plantas altas, com espigas grandes, cultivadas em baixas densidades (RAMALHO, 2005).

Uma das alterações importantes na evolução do milho para a maior eficiência de uso do N foi a redução na altura das plantas. Isto permitiu que o centro de gravidade da planta ficasse mais equilibrado, reduzindo o acamamento e a quebra de colmos, favorecendo a absorção e a translocação de nutrientes à produção de grãos (SANGOI et al., 2002).

2.6 Importância dos nutrientes na cultura do milho

O fósforo é um constituinte integral das células, incluindo fosfato-açúcares, intermediários da respiração e fotossíntese, bem como os fosfolipídeos que são componentes da membrana vegetal e atuam no metabolismo energético das plantas, com adenosina trifosfato (ATP), e no RNA e DNA. Os sintomas de sua deficiência incluem crescimento reduzido em plantas jovens e uma coloração verde-escura nas folhas, as quais podem estar malformadas e conter pequenas manchas necróticas (TAIZ e ZEIGUER, 2013).

Sua deficiência em plantas de milho, conforme Ferreira (2012), em alguns cultivares pode causar uma coloração arroxeadada nas folhas mais velhas, progredindo para as folhas mais novas da planta onde posteriormente a coloração arroxeadada evolui para uma necrose começando nas pontas das folhas em sentido à base, sem a incidência de clorose. A coloração

arroxeadas predominante nas folhas mais velhas do milho deve-se ao acúmulo nos vacúolos do pigmento antocianina, que confere esta coloração ao limbo foliar. Esse acúmulo é muito comum em plantas submetidas à deficiência de fósforo (EPSTEIN; BLOOM, 2006).

O potencial produtivo da cultura do milho requer que suas exigências nutricionais sejam plenamente atendidas, em virtude da grande extração de nutrientes do solo. Neste sentido, o nitrogênio (N) é o nutriente exigido em maior quantidade pela cultura, sendo o que mais frequentemente limita a produtividade de grãos, pois exerce importante função nos processos bioquímicos da planta, como constituinte de proteínas, enzimas, coenzimas, ácidos nucleicos, fitocromos e clorofila (FORNASIERI FILHO, 2007).

De acordo com Epstein (2005), o nitrogênio atua como constituinte de todos os aminoácidos, amidas, proteínas, ácidos nucleicos, nucleotídeos, poliaminas e diversos outros tipos de entidades metabólicas. Portanto, a deficiência de nitrogênio rapidamente inibe o crescimento vegetal. Em sua deficiência acentuada apresenta clorose foliar, sobretudo nas folhas mais velhas; sob forte deficiência, essas folhas tornam-se completamente amarelas ou castanhas e caem da planta. Folhas mais jovens podem não apresentar esses sintomas, pois o nitrogênio das folhas mais velhas pode ser remobilizado para as mais novas. Essa deficiência pode se processar também de forma lenta, levando ao acúmulo de carboidratos que não foram usados no metabolismo do nitrogênio. Quando este acúmulo ocorre, esses carboidratos podem ser usados na síntese de antocianina, levando ao acúmulo deste pigmento que leva a folha a uma coloração arroxeadas em algumas variedades de milho (*Zea mays*) (TAIZ e ZEIGUER, 2013).

Um fator que tem sido pouco estudado é a demanda de N do milho nas fases mais adiantadas de desenvolvimento. Pouco mais de 60% do N é absorvido no período vegetativo (pré-florescimento). O restante precisa ser absorvido durante a fase reprodutiva da cultura (pós-florescimento). De todo N necessário para enchimento de grãos, apenas 38% é oriundo da remobilização de tecidos vegetativos, como colmos e folhas; o restante precisa ser absorvido via raiz durante a fase reprodutiva. Uma alternativa é a aplicação foliar de nitrogênio líquido realizada via terrestre ou aérea para suprir a demanda de N em fases mais adiantadas com maior velocidade na absorção e translocação de N na planta (DEBRUIN & BUNTZEN, 2015).

Segundo Deuner et al. (2008), nos adubos foliares encontrados comercialmente, o nitrogênio quase sempre está presente nas misturas com micronutrientes, sendo que a aplicação foliar pode ser um meio eficiente de se fornecer nitrogênio às plantas para complementar o que é absorvido pelas raízes. No entanto, não deve ser utilizada como única

forma de fornecimento de N às plantas, apesar de conseguir proporcionar maiores teores de proteínas em relação à aplicação via solo.

De acordo com Fiorini (2011), o reconhecimento do enxofre como nutriente necessário às plantas ocorreu há mais de 200 anos. A sua deficiência é fator limitante da produção agrícola em extensas áreas do Brasil, notadamente na região dos Cerrados.

No entanto, as pesquisas com este elemento tiveram início no Brasil na década de 50, pois até então não era dada a devida importância ao elemento em função dos solos apresentarem teores consideráveis. Entretanto, com o cultivo intensivo os estoques foram decrescendo e, atualmente, diversos trabalhos indicam a eficiência da aplicação de S para a cultura do milho, tanto nos solos do Brasil como em outros países (YAMADA; ALBADALLA; VITTI, 2007).

O enxofre (S) é constituinte de compostos de planta (acetil-CoA, Glutathione) e, como o N, é constituinte das proteínas (o S é encontrado nos aminoácidos cisteína e metionina). A deficiência de S pode não apresentar sintomas visuais, sendo visível apenas quando severa. Porém muitos dos sintomas encontrados pela deficiência de S nas plantas podem se assemelhar com sintomas de deficiência de nitrogênio, incluindo clorose, redução de crescimento e acúmulo de antocianinas, embora na deficiência de S em muitas espécies vegetais podem ocorrer de forma simultânea em todas as folhas (TAIZ e ZEIGUER, 2013). Deve-se atentar também para a relação de nitrogênio/enxofre que deve ser na ordem de 12-15/1, associada ao crescimento e produção da planta. O aumento no teor de nitrogênio no tecido da planta é dependente do fornecimento de enxofre e o aumento da produtividade do milho está intimamente ligado ao fornecimento de nitrogênio e enxofre para a formação de aminoácidos e proteínas essenciais à planta (STIPP; CASARIN, 2010).

De acordo com a Embrapa (2010), tratando-se de micronutriente, mesmo sendo exigido em pequenas quantidades, o molibdênio atua como cofator nas enzimas nitrogenase, redutase do nitrato e oxidase do sulfeto e sua participação está intimamente relacionada com o transporte de elétrons durante as reações bioquímicas.

O nitrogênio e o potássio (K) são os macronutrientes mais exigidos pelo milho, no entanto, os micronutrientes também são fundamentais para o crescimento da cultura, dentre eles podemos destacar o molibdênio (Mo), o qual é responsável pela síntese e ativação da enzima nitrato redutase (FORNASIERI FILHO et al., 2007).

Segundo Dechen e Nachtigall (2006), apesar das diversas formas, a maior parte do Mo se encontra não disponível para as plantas, sendo que sua disponibilidade está determinada pelo pH do solo e pelo teor de óxidos de Fe, Al. Já tanto a presença de matéria orgânica

(MO), como também de fosfato ou sulfato, apresentam pequena influência na disponibilidade deste micronutriente. As plantas necessitam de pequenas quantidades de Mo, menos de 1 mg kg⁻¹ na matéria seca da planta, cerca de 40 a 50 g ha⁻¹ para suprir as necessidades da maioria das culturas. Porém, apesar de pouco requerido, sua deficiência repercute negativamente na formação de ácido ascórbico, no conteúdo de clorofila e na atividade respiratória. Ao contrário do que ocorre com outros micronutrientes (Fe, Mn, Cu e Zn), conforme haja um aumento do pH do solo, a disponibilidade do Mo também é aumentada. Devido a isso, pode-se explicar porque em solos com pH elevado geralmente não ocorre deficiência deste micronutriente. O Mo é encontrado em grande parte na enzima nitrato redutase das raízes e colmos das plantas, entre elas o milho, a qual catalisa a redução do íon nitrato (NO³⁻) a nitrito (NO²⁻), para depois ser transformado a amônio (NH⁴⁺). Esta enzima presente nas plantas superiores é encontrada como molibdoflavoproteína solúvel. As plantas que apresentam deficiência de Mo apresentam acúmulo de NO³⁻, fazendo com que a falta de Mo tenha repercussões similares à falta de N.

O cobalto é um nutriente absorvido pelas raízes como Co²⁺, considerado móvel no floema e que quando aplicado via foliar é parcialmente móvel (SFREDO e OLIVEIRA, 2010).

Nas raízes de muitas plantas cultivadas, existem populações ativas de microrganismos diazotróficos, fixadores de N, em associações que, com o passar do tempo, sofreram especificações, produzindo relações muito estreitas entre a planta e a bactéria. Dentre os microrganismos fixadores de N encontrados em associações com raízes de gramíneas, as espécies do gênero *Azospirillum* constituem um dos grupos mais estudados (HARTMANN & BALDAM, 2006).

Conforme citado por Santi et al. (2013), as bactérias associativas em gramíneas podem ser encontradas principalmente no solo da rizosfera, no rizo plano e no interior dos tecidos vegetais de gramíneas. As bactérias endofíticas facultativas que habitam a rizosfera de gramíneas têm a capacidade de penetrar nas plantas, como o gênero *Azospirillum*. As bactérias, por sua habilidade de colonizar os tecidos internos das plantas e estabelecer intrínsecas relações de associação com seu hospedeiro, têm apresentado eficiente fixação de nitrogênio atmosférico, como é o caso de *Herbaspirillum* (SANTI et al., 2013).

Segundo Reis e Teixeira (2006), a fixação biológica de nitrogênio é possível porque esses microrganismos possuem a enzima nitrogenase, caracterizada como um complexo enzimático, responsável pela quebra da ligação tríplice usando energia celular na forma de adenosina trifosfato (ATP).

De acordo com Alvim et al. (2010), para o cobalto praticamente não há nenhum relato de influência no desenvolvimento da cultura do milho. O cobalto pode influenciar o transporte de ferro para a parte aérea da planta (SREE et al. 2015), o que afeta o funcionamento da enzima nitrogenase que por sua vez precisa de ferro e molibdênio para o seu funcionamento. Assim, o cobalto é um fator indireto que pode ser limitante na fixação biológica do nitrogênio por meio das bactérias diazotróficas na cultura do milho.

O zinco é ativador enzimático de diversos processos metabólicos, responsável pelo crescimento de tecidos vegetais; pode ser exigido para biossíntese de clorofila em algumas plantas (BROADLEY et al., 2007). Em razão de praticamente não ser encontrado no floema, sua redistribuição na planta é muito limitada, sendo considerado, assim, pouco móvel. Dessa forma, os sintomas da sua deficiência são observados nas folhas novas (PRADO, 2008).

Segundo Favarin, Tezotto e Ragassi (2008), o milho é uma das plantas que mais respondem à aplicação de Zn, proporcionando ganhos de matéria seca e de grãos, notando-se também resposta para aplicação via foliar. Observa-se que quanto maior o teor de Zn solúvel no fertilizante, menor será a dose necessária para se obter a produção máxima. Atua também na produção do aminoácido triptofano, precursor do AIA (ácido indol acético).

Na deficiência deste elemento, as folhas podem se apresentar pequenas e retorcidas, com margens de aparência enrugada, sintomas esses que podem resultar da perda da capacidade de produzir quantidades suficientes do fito-hormônio vegetal, AIA. No milho, as folhas mais velhas podem se tornar cloróticas entre as nervuras e desenvolver manchas necróticas brancas, podendo ser a expressão da necessidade do zinco para biossíntese de clorofila (TAIZ e ZEIGUER, 2013).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização do local

O experimento foi conduzido no município de Jataí, Goiás, na cultura de milho cultivado em segunda safra em sucessão à cultura da soja, situado nas seguintes coordenadas geográficas: 17°39'37"S e 50°31'26"O, com altitude de 788 m. O solo utilizado foi classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico (EMBRAPA, 1999), apresentou textura média e as seguintes características químicas: pH (CaCl₂) = 5,0; saturação por bases

de 46,5%; CTC em pH 7.0 = 9.1; MO = 34,2 g dm⁻³; P (Mel.) = 7,4 mg dm⁻³; S = 5,6 mg dm⁻³; K, Ca e Mg de: 0.22, 3.21 e 0.8 cmol_c dm⁻³, respectivamente.

Para análise da fertilidade química do solo, foram coletadas amostras em 10 pontos, nas camadas de 0 – 20 cm de profundidade para formar uma amostra composta. A amostra foi seca em estufa com ventilação forçada a 60°C por 48 horas, destorroada e passada em peneira com 2 mm de malha para ser analisada de acordo com as metodologias de Embrapa (1997) e Raij et al. (2001).

3.2 Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, sendo os tratamentos compostos por quatro repetições e seis doses (0, 140, 280, 500, 1000 e 1500mL ha⁻¹) do fertilizante (tabela 1), divididos em duas aplicações, sendo cinquenta por cento da dose no estágio fenológico V6 e o restante aplicado no estágio fenológico V8. A parcela foi composta por 9 m², sendo 5 linhas de 4 metros de comprimento cada, espaçadas em 0,45 metros com distribuição de 2,7 sementes por metro, constituindo uma densidade de plantio de 60.000 plantas ha⁻¹.

Tabela 1. Concentração de nutrientes por litro do fertilizante

NUTRIENTES					
N	P	Co	Mo	Zn	S
8%	17%	1%	3%	5%	2,33%
92,0 g/l	195 g/l	11,5 g/l	34,5g/l	57,5 g/l	26,7 g/l

3.3 Instalação e condução do experimento

O híbrido de milho utilizado foi o Agrocere AG 7098 VTPRO 2 que apresenta as seguintes características agrônômicas: ciclo precoce, porte de planta alto, alta inserção de espiga, *stay-green* bom, colmo e raízes excelentes, bom empalhamento, grão do tipo semi dentado amarelo – alaranjado. Indicado para cultivos em primeira e segunda safra para produção de grãos, é um híbrido que possui a biotecnologia VTPRO 2 no seu melhoramento genético, o que lhe confere tolerância ao herbicida Glifosato e resistência às pragas: Lagarta do Cartucho (*Spodoptera frugiperda*), Broca do Colmo (*Diatraea saccharalis*), Lagarta da Espiga (*Helicoverpa zea*), Lagarta Elasm (*Elasmopalpus lignosellus*), que atacam as lavouras de produção de grãos.

A semeadura e a deposição dos fertilizantes foram realizadas de forma mecanizada com trator e uma semeadora composta por 5 linhas de semeadura, sendo as sementes e os fertilizantes depositados no sulco a 5 e 10 cm de profundidade, respectivamente. Para correção da fertilidade do solo, aplicou-se 16, 56 e 32 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O com o uso do formulado N-P-K (4-14-8), conforme preconizam Souza e Lobato (2004).

Aos 20 dias após a semeadura (DAS) do milho, foi realizado o controle de plantas daninhas, utilizando 960 g ha⁻¹ do herbicida Glifosate em mistura com 2.000 g ha⁻¹ de Atrazina.

A adubação de cobertura foi realizada quando 50% + 1 das plantas dá área útil encontravam-se no estágio fenológico V4 (4ª folha desenvolvida). O nitrogênio e o potássio foram fornecidos igualmente para todos os tratamentos. Foram aplicadas as doses de 70 e 60 kg ha⁻¹ de N e K₂O com o uso de ureia e cloreto de potássio (SOUZA & LOBATO, 2004). Os fertilizantes foram distribuídos sobre a superfície do solo, sem incorporação, nas entrelinhas das plantas de milho.

No manejo de doenças fitossanitárias no milho, foram feitas duas aplicações de fungicidas nos estádios fenológicos V6 e V8, com os seguintes princípios ativos: Epoxiconazole + Pyraclostrobin (72 g ha⁻¹ + 190 g ha⁻¹) e na segunda aplicação em V8, Azoxystrobin + Cyproconazole (80 g ha⁻¹ + 32 g ha⁻¹). Juntamente com aplicação dos fungicidas no estágio V6 e V8, foi realizado aplicações do fertilizante, em diferentes doses do fertilizante via foliar (tabela 2).

Tabela 2. Tratamentos e épocas de aplicação do fertilizante

Tratamentos	Doses (mL ha⁻¹)	Época de Aplicação
1	Testemunha	-
2	70 + 70	V6 + V8
3	140 + 140	V6 + V8
4	250 + 250	V6 + V8
5	500 + 500	V6 + V8
6	750 + 750	V6 + V8

Quando 50% + 1 das plantas de milho da área útil da parcela atingiram o estágio fenológico florescimento, foram avaliados os componentes morfológicos das plantas.

Os componentes morfológicos avaliados foram:

- **Altura de plantas:** foram realizadas medições com régua graduada em centímetros, considerando o comprimento entre a região da superfície do solo e a inserção da folha +1;
- **Diâmetro do colmo:** para medição, foi utilizado um paquímetro graduado em centímetros, considerando o segundo entrenó a partir da superfície do solo de cada planta;
- **Área foliar:** a área foliar fotossinteticamente ativa (AFFA) de cada planta foi determinada por medidas lineares de cada folha (comprimento x largura x 0,75). A área foliar total foi o somatório das áreas foliares de todas as plantas amostradas.

Por ocasião da maturação fisiológica dos grãos, realizou-se a colheita. Para isso, foram colhidas amostras de espigas de dez plantas nas duas fileiras centrais da parcela, para determinação dos componentes de rendimento:

- **Comprimento de espiga:** foi utilizada régua graduada para medição em centímetros, considerando o tamanho total da espiga;
- **Diâmetro da espiga:** para aferição do diâmetro da espiga foi utilizado um paquímetro graduado, considerando o centro de cada espiga;
- **Número de fileiras de grãos:** para a determinação no número de fileiras de grãos, foi realizada manualmente uma contagem de cada espiga.

A produtividade de grãos foi obtida a partir da debulha e pesagem dos grãos oriundos de espigas colhidas de vinte plantas na área útil das parcelas, sendo os dados extrapolados para quilos por hectare, considerando-se teor de água nos grãos de 13%, com base nas Regras de Análise de Sementes (BRASIL, 2009).

Os dados obtidos foram submetidos à análise teste F, e posteriormente realizada análise de regressão para os dados através do software Assistat.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisando-se os componentes morfológicos das plantas de milho, observou-se aumento no diâmetro de colmo e área foliar, quando ocorreu o aumento das doses do fertilizante (Figura 1a e b). A altura das plantas não foi influenciada pelo aumento da dose do fertilizante.

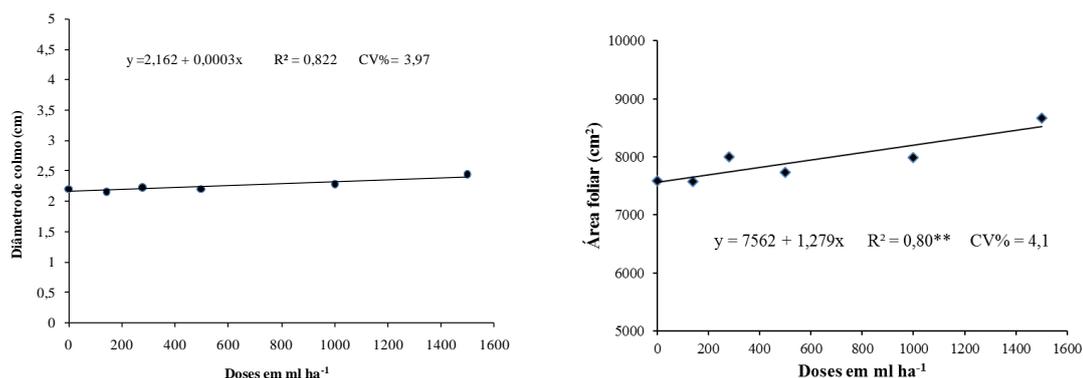


Figura 1. Diâmetro de colmo (cm) e área foliar (cm²) de plantas de milho (Híbrido AG-7098 VTPRO2) submetidas a diferentes doses do fertilizante foliar aplicado de forma parcelada, metade no estágio fenológico V6 (6 folhas totalmente expandidas) e metade no estágio V8 (8 folhas totalmente expandidas).

Vinhas et al. (2011), estudando o efeito da aplicação foliar de zinco (Zn) através da pulverização com fertilizante foliar, que apresenta em sua composição 6,8 % de Zn, aplicado aos trinta dias após a semeadura, em uma única aplicação, observaram aumentos no diâmetro de colmo até a dose de 59,84 g ha⁻¹. A partir dessa dose, o efeito foi negativo, promovendo uma diminuição do diâmetro. No entanto, os resultados obtidos nesse trabalho diferem dos observados por Vinhas et al. (2011). Com a aplicação de 75 g/ha⁻¹ do fertilizante foliar com 5% de Zn, ocorreu o aumento do diâmetro sem nenhum sinal de fitotoxicidade por excesso deste nutriente, o que poderia provocar diminuição do diâmetro do colmo, como observado.

Deuner et al. (2008), estudando somente a influência da aplicação foliar de nitrogênio em comparação com a aplicação de ureia via solo, verificaram que não houve efeito significativo da forma de aplicação de ureia, na concentração de 0,5%, para altura das plantas. No entanto, quando a concentração aumentou para 1,0% de ureia, observaram que a adubação foliar proporcionou um incremento na altura das plantas de 26%.

Biscaro et al.(2013),aplicando até 2,0 Lha⁻¹ do fertilizante líquido com 10% de N, 8% de P, 1% de Zn, 0,1 % de Mo, observaram resposta quadrática para altura de plantas em função do aumento das doses do fertilizante. Para estes autores, isto indica que o fertilizante NPK + micronutrientes fornecido via foliar na cultura do milho foi efetivamente absorvido e utilizado para o crescimento em altura das plantas, com a maior altura obtida com a dose de 0,83 L ha⁻¹. Porém a altura de plantas não foi influenciada pela aplicação do fertilizante via foliar em nenhuma das doses aplicadas.

De acordo com Ceretta, Silva e Pavinato (2007), as altas concentrações de fertilizantes foliares podem causar a desidratação dos tecidos (plasmólise), com influência no crescimento da planta.

Quanto aos componentes de produção, o aumento das doses do fertilizante promoveu aumentos significativos no diâmetro de espiga e número de fileiras de grãos por espiga. Não foram observadas diferenças significativas no diâmetro de sabugo (Figura 2a e b).

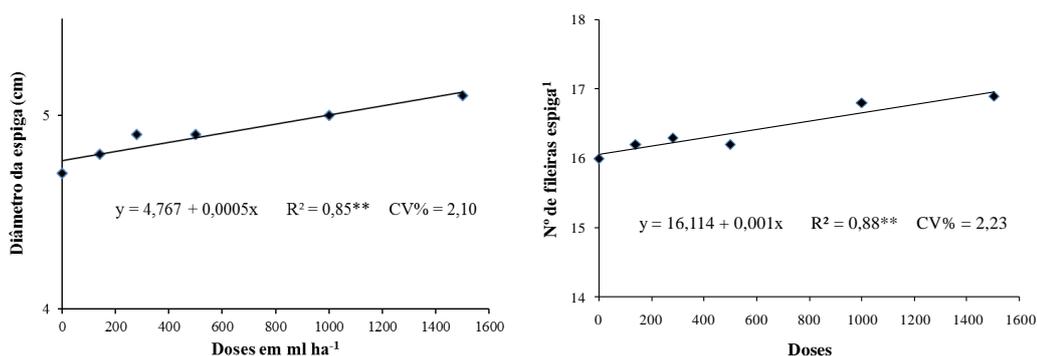


Figura 2. Diâmetro de espiga (cm) e número de fileiras por espiga de plantas de milho (Híbrido AG-7098 VTPRO2) submetidas a diferentes doses do fertilizante foliar aplicadas de forma parcelada, sendo cinquenta por cento no estágio fenológico V6(6 folhas totalmente expandidas) e cinquenta por cento no estágio fenológico V8(8 folhas totalmente expandidas).

Existem poucos relatos sobre alterações dos componentes da espiga de milho em função da aplicação foliar de soluções nutritivas. No entanto, é possível afirmar que o milho é uma cultura altamente responsiva à adubação, desde que outros fatores como umidade, temperatura e textura do solo não sejam limitantes (BORGHI et al., 2004). Além disso, a produtividade de grãos da cultura do milho está diretamente ligada a uma série de fatores que são denominados componentes de produção como: diâmetro de espiga, número de fileiras de grãos na espiga, número de grãos por fileira e peso médio do grão (BENTO, 2006).

Ainda no âmbito dos componentes de produção, o maior valor de massa de mil grãos foi observado quando aplicado 1.500 mLha⁻¹, embora a massa de mil grãos não tenha apresentado resposta significativa à aplicação do fertilizante. Os resultados de Silva et al. (2008), ao estudarem o efeito da aplicação foliar de N + Zn em cobertura, constituídos por quatro doses de N (0, 40, 80 e 120 Kg ha⁻¹) e duas doses de Zn (0 e 80 g/ha⁻¹), também evidenciaram que a massa de mil grãos não foi modificada em função dos tratamentos.

O crescimento e desenvolvimento de alguns componentes morfológicos e componentes de rendimento em função das doses do fertilizante foliar promoveram o

aumento da produtividade de grãos em kg/ha^{-1} (Figura 2), sendo a maior média de produtividade observada quando aplicado 1.500 mLha^{-1} do fertilizante (Figura 3).

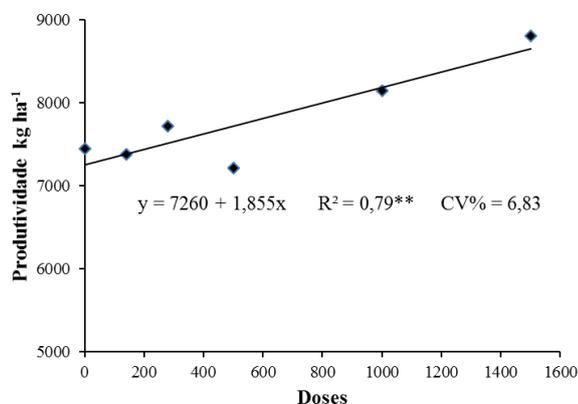


Figura 3. Produtividade de grãos (kg ha^{-1}) de plantas de milho (Híbrido AG-7098 VTPRO2) submetidas a diferentes doses do fertilizante aplicado via foliar.

Os resultados observados nesse estudo corroboram com os resultados de Cruz (2013), pois é possível verificar a existência de correlações positivas entre os componentes morfológicos e os componentes de produção do milho (diâmetro do colmo, área foliar, diâmetro de espiga e número de fileiras de grãos por espiga).

Oliveira e Fernandes (2008) também observaram diferença na produtividade de grãos quando ocorreu o aumento das doses do fertilizante foliar, com as seguintes concentrações: (30%N; 10%P; 10%K; 2,2% Zn; 0,1% B; 0,2% Fe; 1% Cu; 6% Mo e 1% Co). No seu estudo, as maiores produtividades foram observadas quando aplicado aos 30 dias após a semeadura.

Uma maior área foliar pode ter promovido maior eficiência de interceptação da radiação, absorvida e convertida em matéria seca, afetando diretamente o rendimento de grãos (KUNZET et al., 2007). Para Fancelli e Dourado Neto (2000), o rendimento de grãos aumenta, significativamente, com os incrementos da área foliar.

Segundo Sangoi et al. (2001), o aumento da capacidade cúbica de armazenamento no colmo promove o equilíbrio entre fonte e dreno. Estudando a correlação simples entre alguns componentes da espiga e a capacidade de armazenamento do colmo, Palhares (2003) observou que todas as correlações foram positivas entre produção de massa seca e produtividade de grãos de milho, dados que também foram observados também nos estudos de Silva et al. (2002), Kunz et al. (2007) e Paziani et al. (2009).

5 CONCLUSÃO

A aplicação via foliar do fertilizante nos estádios fenológicos V6 e V8 influenciou nas características morfológicas e nos componentes de produção: diâmetro de colmo, área foliar, diâmetro de espiga, número de fileiras por espiga e na produtividade da cultura de milho.

REFERÊNCIAS

ALVIM, Karen R. de T. et al. Efeito da aplicação foliar de cobalto e molibdênio na produtividade e qualidade de grãos da cultura do milho. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 28. 2010, Goiânia/GO. **Anais...** Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 2010, 5 p.

ARGENTA, GILBER et al. Potencial de rendimento de grãos de milho em dois ambientes e cinco sistemas de produção. **Scientia Agraria**, Piracicaba/SP; v. 4, n. 1-2, p. 27-34, 2003.

BALDO, Marcelo Nascimento. **Comportamento anatômico, fisiológico e agrônomico do milho (*Zea Mays* L.) submetido a estresses de ambiente em diferentes estádios fenológicos**. 2007. 92 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba/SP, 2007.

BENTO, D. A. V. **Mapeamento de QTLs para produção de grãos e seus componentes em uma população de milho tropical**. 2006. 134 f. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba/SP, 2006.

BISCARO, Guilherme Augusto et al. Efeito de diferentes níveis de adubação foliar com NPK mais micronutrientes na produtividade do milho safrinha na Região de Dourados/MS. **Ciências Agrárias**, Londrina/PR; v. 34, n. 5, p. 2169-2178, 2013.

BRAGA, Adriana Reatto dos Santos et al. **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2 ed. Brasília: Embrapa Cerrados, 2004. 416 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: Mapa/ACS, 2009. 395 p.

BROCH, L. D; RANNO, S. K. **Tecnologia e produção: soja e milho**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2012. cap. 12. p. 108-126.

CANTARELLA, Heitor. Nitrogênio. In: NOVAIS, Roberto Ferreira de et al. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 375-470.

CERETTA, C. A.; SILVA, L. S.; PAVINATO, A. Manejo da adubação. In: NOVAIS, Roberto Ferreira de et al. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: SBCS, 2007. p. 851-872.

CERETTA, C. A.; SILVEIRA, M. J. Manejo da fertilidade do solo para altas produtividades. In: CARLESSO, R. (Ed.). **Irrigação por aspersão no Rio Grande do Sul**. Santa Maria: UFSM, 2001. p. 10-20.

COELHO, Antonio Marcos. **Nutrição e adubação do milho**. Sete Lagoas: Embrapa, 2006. 10 p. (Embrapa. Circular Técnica, 78).

COELHO, Antonio Marcos; RESENDE, Álvaro Vilela de. **Exigências nutricionais e adubação do milho safrinha**. Sete Lagoas: Embrapa, 2008. 38 p. (Embrapa. Circular Técnica, 111).

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Levantamento de safra**. Brasília, DF. Disponível em: www.conab.gov.br . Acesso em: 05 fev. 2017.

CRUZ, SIHÉLIO JÚLIO SILVA. **Características morfofisiológicas de plantas e produtividade do milho**. 2013. 77 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Botucatu/SP, 2013.

DEBRUIN, Jason; BUTZEN, Steve. **Nitrogen uptake in corn**. Disponível em: <https://www.pioneer.com/home/site/us/agronomy/library/n-uptake-corn/> Acesso em: 09 abr. 2017.

DEUNER, Sidnei et al. Adubação foliar e via solo de nitrogênio em plantas de milho em fase inicial de desenvolvimento. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras/MG; v. 32, n. 5, p. 1359-1365, 2008.

DOMINGUES, Maria Raquel et al. Doses de enxofre e de zinco na cultura do milho em dois sistemas de cultivo na recuperação de uma pastagem degradada. **Científica: revista de Ciências Agrárias**, Jaboticabal/SP; v. 32, n. 2, p. 147-151, 2004.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: CNPS, 1997. 212 p.

_____. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: CNPS, 1999. 412 p.

EPSTEIN, Emanuel; BLOOM, Arnold J. **Mineral nutrition of plants: principles and perspectives**. 2. ed. Sunderland: Sinauer, 2005. 400 p.

_____. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. 2. ed. Londrina/PR: Editora Planta, 2006. 403 p.

ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA LUIZ DE. Milho: Brasil amplia cultivo para atender demanda crescente. **Revista Visão Agrícola**, Piracicaba/SP, v. 13, n. 9, jul/dez., 2015.

FANCELLI, Antonio Luiz. Milho e feijão: elementos de manejo em agricultura irrigada. In: DOURADO NETO, D.; SAAD, A. M.; JONG VAN LIER, Q. **Fertirrigação: algumas considerações**. Piracicaba/SP: ESALQ, 1991. p. 156-167.

FANCELLI, Antonio Luiz; DOURADO NETO, D. Fenologia do milho. In: _____. **Tecnologia da produção de milho**. Piracicaba/SP: Publique, 1997, p. 131-134.

_____. **Produção de milho**. Guaíba: Ed. Agropecuária, 2000. 360 p.

FAVARIN, José Laércio; TEZOTTO, Tiago; RAGASSI, Carlos Francisco. Uso racional de micronutrientes na cultura de milho. **Informações Agronômicas: IPNI**, Piracicaba/SP; n. 122, p. 6-8, 2008.

FERREIRA, Magna Maria Macedo. Sintomas de deficiência de macro e micronutrientes de plantas de milho híbrido BRS 1010. **Revista Agroambiente**, Roraima; v. 6, n. 1, p. 74-83, 2012.

FIORINI, Ivan Vilela Andrade. **Resposta da cultura do milho a diferentes fontes de enxofre e formas de aplicação de micronutrientes**. 2011. 71 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia e Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras/MG, 2011.

GAUTAM, Pravim; GUSTAFSON, Dawn M; WICKS III, Zeno. Study on phosphorus concentration of corn hybrids adapted in South Dakota, USA. **Emir. J. Food Agric**, Washington; v. 24, n.1, p. 42-48, 2012.

GONÇALVES JR., Affonso Celso et al. Produtividade e componentes de produção do milho adubado com Cu e NPK em um argissolo. **Scientia Agraria**, Curitiba/PR; v. 9, n.1, p.35-40, 2008.

KUNZ, Jefferson Horn et al. Uso da radiação solar pelo milho sob diferentes preparos do solo, espaçamento e disponibilidade hídrica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília/DF; v. 42, n. 11, p. 1511- 1520, 2007.

MARÓSTICA, Luiz Hemílio Bom; FEIJÓ, Sandra. Efeito da adubação foliar no período vegetativo da cultura do milho (*Zeamays*). **Uniciências**, v. 17, n. 1, p. 37-40, 2013.

MARQUES, Anderson Cesar Ramos. **Fixação biológica de nitrogênio e micorrização em gramíneas dos campos sulinos**. 2014. 73 f. Dissertação (Mestrado em Agrobiologia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2014.

PALHARES, Marcos. **Distribuição e população de plantas e produtividade de grãos de milho**. 2003. 107 f. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba/SP, 2003.

PAZIANI, Solidete de Fátima et al. Características agronômicas e bromatológicas de híbridos de milho para produção de silagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa/MG; v. 38, n. 3, p. 411-417, 2009.

PRADO, Renato de Mello. **Nutrição de plantas**. 1 ed. São Paulo: Editora UNESP, 2008. 407 p.

RAIJ, B. V. et al. (Ed.). **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 2001. 285 p.

RAMALHO, M. A. P. Contribuição do melhoramento genético vegetal na produção de grãos. In: REUNIÃO TÉCNICA CATARINENSE DE MILHO E FEIJÃO, 5., 2005. Chapecó/SC. **Resumos Expandidos...** Chapecó: Epagri/Cepaf, 2005. p. 20-25.

REIS, Veronica Massena; TEIXEIRA, Kátia Regina dos Santos. **Fixação biológica de nitrogênio-estado da arte**. Brasília, DF: Embrapa, 2005. Cap. 6. p. 151-177.

SANGOI, Luís et al. Influence of row spacing reduction on maize grain yield in regions with a short summer. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília/DF; v. 36, n. 6, p. 861-869, 2001.

SANGOI, Luis. **Evolução genética e morfofisiológica de cultivares de milho, eficiência nutricional e interações com o ambiente.** Disponível em: http://abms.org.br/cn_milho/palestras/003.pdf . Acesso em: 09 abr. 2017.

SANTI, C.; BOGUS, D.; FRANCHE, C. Biological nitrogen fixation in non-legume plants. **Annals of Botany**, v.111, p.743–767, 2013.

SFREDO, Gedi Jorge; OLIVEIRA, Maria Cristina Neves de. **Soja: molibdênio e cobalto.** Londrina: Embrapa Soja, 2010. – (Documentos / Embrapa Soja, 322).

SILVA, A. F. et al. **A cultura do milho.** 1. ed. Sete Lagoas: EMBRAPA, 2008. p. 509.

SILVA, Paulo R. F. da et al. Resposta de dois híbridos de milho ao arranjo de plantas. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO. 24., 2002. **Anais...** Florianópolis: [s.n.], 2002.

STIPP, S. R.; CASARIN, V. A importância do enxofre na agricultura brasileira. **Informações Agronômicas**, Piracicaba/SP; n. 129. p. 14-20, mar., 2010.

TAIZ, Lincoln; ZEIGUER, Eduardo. **Fisiologia vegetal.** 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. cap. 5. p.108-126.

TOMAZELA, André Luiz et al. Doses de nitrogênio e fontes de Cu e Mn suplementar sobre a severidade da ferrugem e atributos morfológicos do milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas/MG; v. 5, n. 2, p.192-201, 2006.

UHART, Sergio Adolfo.; ANDRADE, Fernando Hector. Nitrogen and carbon accumulation and remobilization during grain filling in maize under different source/sink ratios. **Crop Science**, v.35, p.183-190, 1995.

VINHAS, A. A. L.. **Rendimento do milho safrinha com a aplicação de zinco via foliar.** Disponível em: <http://fio.edu.br/cic/anais/2012_xi_cic/PDF/Agr/04.pdf>. Acesso em: 02 fev., 2017.