

Matheus Mendes Reis

Produção de *Tithonia diversifolia* sob Doses de Biofertilizante Cultivada em Sequeiro e Irrigado

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Produção Animal da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Produção Animal.

Área de Concentração: Produção Animal

Orientador: Leonardo David Tuffi Santos

Coorientadores: Fernando Colen e Flávio Gonçalves Oliveira

MONTES CLAROS
2016

Reis, Matheus Mendes

R375p Produção de *Tithonia diversifolia* sob doses de biofertilizante cultivada em sequeiro e irrigado / Matheus Mendes Reis. Montes Claros: Instituto de Ciências Agrárias da UFMG, 2016.
34 f.: il.

Dissertação (Mestrado) - Área de concentração em Produção Animal, Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Ciências Agrárias.

Orientador: Prof. Leonardo David Tuffi Santos.

Banca examinadora: Márcia Vitória Santos, Fernando Colen, Rodinei Facco Pegoraro, Leonardo David Tuffi Santos.

Inclui bibliografia: p. 18-23, 40-43, 62-66.

1. Adubação orgânica. 2. Titônia. 3. Fertilidade do solo. 4. Absorção de nutrientes. I. Tuffi Santos, Leonardo David. II. Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Ciências Agrárias. III. Produção de *Tithonia diversifolia* sob doses de biofertilizante cultivada em sequeiro e irrigado.

CDU: 631.8

ELABORADA PELA BIBLIOTECA COMUNITÁRIA UNIVERSITÁRIA DO ICA/UFMG

Matheus Mendes Reis

Produção de *Tithonia diversifolia* sob Doses de Biofertilizante Cultivada em Sequeiro e Irrigado

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Produção Animal da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Produção Animal

Área de Concentração: Produção Animal

Linha de Pesquisa: Nutrição e Alimentação Animal

Orientador: Leonardo David Tuffi Santos

Instituto de Ciências Agrárias da UFMG

Aprovado pela banca examinadora constituída pelos professores:

Prof. Márcia Vitória Santos
(UFVJM)

Prof. Fernando Colen
(ICA/UFMG)

Prof. Rodinei Facco Pegoraro
(ICA/UFMG)

Prof. Leonardo David Tuffi Santos
Orientador (ICA/UFMG)

Montes Claros, 26 de fevereiro de 2016

AGRADECIMENTO

Agradeço a Deus, por iluminar a minha vida em mais esta conquista, permitindo a realização desta pesquisa.

Aos professores e funcionários do ICA / UFMG, em especial, ao meu orientador, Prof. Leonardo David Tuffi Santos, que, com suas orientações, tornou possível a realização desta pesquisa, demonstrando-me sempre muita dedicação, compreensão e amizade.

Ao Leandro, William, Ronie, Leonardo Rocha, Guilherme, Maikom e todos os integrantes do GPPLAN, sem os quais não teria sido possível conduzir este trabalho.

Aos meus pais, Lamartine e Maria José e minha namorada, Érika, por sempre estarem ao meu lado.

A todos aqueles que, de alguma forma, contribuíram para a conclusão dessa importante etapa da minha vida.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo financiamento de parte da pesquisa.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), pela concessão da bolsa de estudos.

RESUMO

Tithonia diversifolia (Hemsl.) A. Gray é uma planta originária da América Central e amplamente distribuída nas regiões tropicais. Essa planta é considerada fonte alimentar promissora para ruminantes, suínos e aves, além de ser utilizada como adubo verde, cobertura vegetal do solo, matéria-prima para a indústria farmacêutica, cerca viva e quebra vento, entre outros. Apesar do seu potencial de múltiplo uso, pouco se conhece sobre os aspectos agrônômicos da *Tithonia diversifolia*. Avaliou-se, nesta pesquisa, os efeitos de diferentes doses de biofertilizante bovino e da irrigação nos atributos químicos do solo e na produtividade, crescimento e teores foliares de clorofila e de nutrientes em plantas de *T. diversifolia*. O estudo seguiu o delineamento estatístico em blocos casualizados com três repetições, arranjado em esquema fatorial 5 x 2, consistindo de cinco doses de biofertilizante bovino (0, 20, 40, 60 e 80 m³ ha⁻¹) e dois manejos da irrigação (com e sem aplicação de água via irrigação). Plantas de *T. diversifolia* irrigadas apresentaram maior produtividade de massa seca e verde, altura, índice de área foliar, teor foliar de K, Zn e B, porém a irrigação reduziu o teor foliar de N, Ca, S, Fe, Mn e clorofila, possivelmente, em virtude da presença de bicarbonato na água de irrigação e do efeito diluição pela maior produção das plantas irrigadas. O aumento da dose de biofertilizante bovino favoreceu os teores foliares de clorofila total, *a* e *b* de plantas de *T. diversifolia* irrigadas, porém não influenciou nos aspectos nutricionais e nem em ganhos de massa verde e seca e área foliar para a espécie. No solo, as doses de biofertilizante aumentaram a saturação por bases e os teores de matéria orgânica, P e K. Sendo assim, em regiões com baixa disponibilidade pluviométrica é recomendado o cultivo irrigado de *T. diversifolia*, porém é importante que novos estudos esclareçam o efeito da aplicação de água de irrigação rica em bicarbonato na qualidade da *Tithonia diversifolia* quando utilizada como forragem ou adubo verde.

Palavras-chave: Adubação orgânica. Titônia. Fertilidade do solo. Absorção de nutrientes. Regime hídrico. Biomassa. Forrageira alternativa. Wild sunflower.

ABSTRACT

Tithonia diversifolia (Hemsl.) A. Gray is a plant originally from Central America and widely distributed in tropical regions. This plant is considered promising food source to ruminants, pigs and poultry, as well as being used as green manure, soil vegetation cover, raw materials for pharmaceutical industry, hedge and windbreak, among others. Despite its potential for multiple use, little is known about the agronomic aspects of *Tithonia diversifolia*. In this research was evaluated the effects of biofertilizers doses and irrigation on soil chemical properties and on productivity, growth and leaves chlorophyll and nutrients contents in plants of *T. diversifolia*. The experimental design was a randomized complete blocks, with three replicates, in a 5 x 2 factorial arrangement, consisting of five biofertilizer doses (0, 20, 40, 60 and 80 m³ ha⁻¹) and two irrigation management (with and without water application via irrigation). When irrigated, plants of *T. diversifolia* showed higher productivity of dry and green mass, height, leaf area index and leaf K, Zn e B content, however, the irrigation has reduced the content of N, Ca, S, Fe, Mn and chlorophyll in leaves, possibly, because of the presence of bicarbonate in the irrigation water and the dilution effect for greater production of irrigated plants. The increased of dose of biofertilizer bovine favored the leaf contents of total, a and b chlorophyll of plants of *T. diversifolia* irrigated, but did not affect the nutritional aspects, green and dry mass and leaf area for the species. In soil, the biofertilizer doses increase the base saturation and organic matter, P and K contents. Therefore, in regions with low rainfall availability is recommended irrigated cultivation of *T. diversifolia*, but it is important that new studies clarify the effect of the application of irrigation water with high concentration of bicarbonate in *Tithonia diversifolia* quality when used as forage or green manure.

Keywords: Organic Fertilization. Titônia. Soil fertility. Nutrient uptake. Water regime. Biomass. Alternative forage. Wild sunflower.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Precipitação, evapotranspiração de referência (ET _o) e lâmina de irrigação acumulada a cada dez dias e temperatura máxima e mínima durante o experimento de campo.	28
Figura 2. Produtividade de massa verde (MVT) e seca (MST) da <i>Tithonia diversifolia</i> em função do regime hídrico em dois períodos consecutivos de 80 dias de crescimento.....	29
Figura 3. Altura da <i>Tithonia diversifolia</i> aos 30, 45, 60, 75 e 80 dias após corte de uniformização em dois cultivos consecutivos.....	30
Figura 4. Índice de Área Foliar (IAF) da <i>Tithonia diversifolia</i> adubada com biofertilizante bovino em sistema de cultivo irrigado e em sequeiro.....	31
Figura 5. Teores foliares de clorofila total (A e B), clorofila <i>a</i> (C e D), clorofila <i>b</i> (E e F) e razão clorofila <i>a/b</i> (G e H) de <i>Tithonia diversifolia</i> adubados com doses crescente de biofertilizante bovino em regime irrigado (I) e não irrigado (NI) em dois cortes consecutivos.....	33
Figura 1. Precipitação, evapotranspiração de referência (ET _o) e lâmina de irrigação acumulada a cada dez dias e temperatura máxima e mínima durante o experimento de campo.	48
Figura 2. pH de amostras de solo coletadas na profundidade de 0-20 cm aos 30 (A) e 160 (B) dias após início do experimento e cultivado com <i>Tithonia diversifolia</i> adubada com doses de biofertilizante bovino em diferentes regimes hídricos.	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Características físico-químicas do solo da área experimental, na camada de 0 - 0,20 m de profundidade	26
Tabela 2. Características químicas do biofertilizante bovino (BFB) aplicado no plantio e em cobertura, e quantidades de nutrientes aplicados com as diferentes doses de biofertilizante bovino	27
Tabela 3. Características químicas da água utilizada na irrigação	27
Tabela 4. Resumo da análise de variância para os teores de macro e micronutrientes foliar da <i>Tithonia diversifolia</i> ao fim de dois cultivos consecutivos (80 e 160 dias após adubação) em função das doses de biofertilizante bovino aplicado em solo irrigado e não irrigado.....	35
Tabela 5. Teor de macronutrientes em folhas de <i>Tithonia diversifolia</i> em dois cortes consecutivos, em resposta a diferentes regimes hídricos	37
Tabela 6. Teor de micronutrientes em folhas de <i>Tithonia diversifolia</i> em dois cortes consecutivos, em resposta a diferentes regimes hídricos	38
Tabela 1. Características físico-químicas do solo da área experimental, na camada de 0 - 0,20 m de profundidade	46
Tabela 2. Características químicas do biofertilizante bovino (BFB) aplicado no plantio e em cobertura, e quantidades de nutrientes aplicados com as diferentes doses de biofertilizante bovino	47
Tabela 3. Características químicas da água utilizada na irrigação.....	47
Tabela 4. Resumo da análise de variância para as características químicas do solo nas profundidades 0,0-0,2 m, aos 30 dias após a adubação e ao fim de dois cultivos consecutivos (80 e 160 dias após adubação) em função das doses de biofertilizante bovino aplicado em solo irrigado e não irrigado.	50
Tabela 5. Equações de regressão relativas aos atributos químicos do solo e às doses aplicadas de biofertilizante bovino.....	52
Tabela 6. pH e acidez potencial (H+Al) de solo cultivado com <i>T. diversifolia</i> e amostrado em diferentes épocas, em resposta a diferentes regimes hídricos.....	53
Tabela 7. Teor de fósforo (P) e potássio (K) em solo cultivado com <i>Tithonia diversifolia</i> e amostrado em diferentes épocas, em resposta a diferentes regimes hídricos	55
Tabela 8. Teor de cálcio (Ca) e magnésio (Mg) em solo cultivado com <i>Tithonia diversifolia</i> e amostrado em diferentes épocas, em resposta a diferentes regimes hídricos.....	56
Tabela 9. Teor de matéria orgânica (MO) e percentagem de saturação por base (V) em solo cultivado com <i>T. diversifolia</i> e amostrado em diferentes épocas, em resposta a diferentes regimes hídricos.....	57
Tabela 10. Resumo da análise de variância para a quantidade acumulada de macro e micronutrientes em folhas de <i>Tithonia diversifolia</i> ao fim de dois cultivos consecutivos (80 e 160	

dias após adubação) em função das doses de biofertilizante bovino aplicado em solo irrigado e não irrigado	58
Tabela 11. Acumulo de macronutrientes em folhas de <i>Tithonia diversifolia</i> em dois cortes consecutivos, em resposta a diferentes regimes hídricos	59
Tabela 12. Acumulo de micronutrientes em folhas de <i>Tithonia diversifolia</i> em dois cortes consecutivos, em resposta a diferentes regimes hídricos	61

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	OBJETIVOS	12
2.1	Objetivo Geral	12
2.2	Objetivos Específicos	12
3	REVISÃO DE LITERATURA	13
3.1	Caracterização da <i>Tithonia diversifolia</i> (Hemsl.) Gray.....	13
3.2	Usos múltiplos da <i>Tithonia diversifolia</i> (Hemsl.) Gray	14
3.2.1	Uso na produção animal	14
3.2.2	Adubo verde.....	16
3.2.3	Compostos químicos	17
3.2.4	Atividades farmacológicas	17
3.3	Referências	18
4	ARTIGOS	24
4.1	Artigo 1 - Aspectos produtivos e nutricionais de <i>Tithonia diversifolia</i> (Hemsl.) A. Gray adubada com biofertilizante bovino com e sem irrigação	24
4.2	Artigo 2 - Atributos químicos do solo e quantidade de nutrientes em <i>Tithonia diversifolia</i> (Hemsl.) A. Gray adubada com biofertilizante bovino com e sem irrigação	44
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	67

1 INTRODUÇÃO

Tithonia diversifolia (Hemsl.) A. Gray, também conhecida como girassol mexicano, falso girassol, wild sunflower e quil amargo (NASH, 1976), é um arbusto da família Asteraceae, originária da América Central e amplamente distribuída nas regiões tropicais (PÉREZ *et al.*, 2009; RAMÍREZ-RIVERA *et al.*, 2010).

Estudos sobre a utilização dessa planta na alimentação animal ainda são incipientes, porém sua rusticidade, o valor nutricional e o rendimento de biomassa da *T. diversifolia* possibilita a alguns pesquisadores apontá-la como alternativa alimentar promissora (PÉREZ *et al.*, 2009; TENDONKENG *et al.*, 2014). Soma-se a essas características favoráveis à sua facilidade de cultivo e perenidade.

Esse arbusto vem sendo objeto de algumas pesquisas que objetivam propor fontes alternativas de alimentos para ruminantes (OSUGA *et al.*, 2012), suínos (FASUYI; AFOLABI, 2013) e aves (MEDINA; CARREÑO, 1999). Os resultados apresentados nessas pesquisas apontam a *T. diversifolia* como uma fonte alimentar promissora, principalmente em locais em que essa planta é facilmente encontrada ou cultivada, como é o caso de diversos países tropicais, tais como Cuba (ROIG; MESA, 1974), Filipina, Quênia (WANJAU MUKALAMA; THIJSEN, 1998), Índia, Ceilão, México, Guatemala, El Salvador, Costa Rica, Honduras, Panamá, Colômbia, Venezuela (MARTÍNEZ, 1979; RÍOS, 1993), Brasil e outros países.

Além do seu uso na alimentação animal, a *T. diversifolia* é utilizada como adubo verde (SANGAKKARA *et al.*, 2004), cobertura vegetal do solo pelos seus efeitos alelopáticos (OLIVEIRA *et al.*, 2011), matéria-prima para a indústria farmacêutica (MIURA *et al.*, 2005), cerca viva e quebra vento (GUALBERTO *et al.*, 2010).

Apesar do potencial de múltiplo uso é escasso o conhecimento científico sobre os aspectos agrônômicos da *T. diversifolia*. Recomendações sobre adubação, preparo do solo, densidade de plantas, manejo e colheita ainda são bastante escassos na literatura, bem como informações sobre a resposta produtiva em sistemas irrigados.

O uso de biofertilizantes na agricultura têm se destacado por ser uma alternativa viável, principalmente pelo fato da crescente procura por novas tecnologias de produção que promovam menor impacto ambiental e redução de custo. O uso de biofertilizante na agricultura é uma alternativa tanto econômica como ecológica, por propiciar a melhoria dos atributos químicos e físicos do solo, resultando em maior disponibilidade de nutrientes, permeabilidade e movimento de água no solo (SOUZA *et al.*, 2012).

Aliado à fertilização, a adequada disponibilidade de água é indispensável para a produção agrícola, principalmente em regiões áridas e semiárida, onde esse recurso é escasso e a perda de água por evapotranspiração é elevada. A manutenção da umidade no solo por meio de sistemas de irrigação é importante para o crescimento e desenvolvimento vegetal, tendo em vista que, o déficit hídrico afeta aspectos fisiológicos da planta como turgescência e taxa fotossintética (TAIZ; ZAIGER, 2013) além de alterar a dinâmica de nutrientes no solo e sua absorção de nutrientes pelas plantas.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Analisar o crescimento e desenvolvimento da *Tithonia diversifolia* sob doses de biofertilizante cultivada em sequeiro e irrigada.

2.2 Objetivos Específicos

Analisar o efeito da adubação com biofertilizante bovino sob diferentes regimes hídricos na produtividade e no crescimento da *Tithonia diversifolia*;

Analisar o efeito da adubação com biofertilizante bovino sob diferentes regimes hídricos no teor de clorofila e de macro e micronutrientes nas folhas de *Tithonia diversifolia*;

Analisar o efeito da adubação com biofertilizante bovino sob diferentes regimes hídricos na quantidade de macro e micronutrientes acumulados nas folhas de *Tithonia diversifolia*;

Analisar o teor de macronutrientes no solo adubado com biofertilizante bovino em cultivo de *Tithonia diversifolia* com e sem irrigação.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Caracterização da *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray

T. diversifolia é uma planta herbácea ou arbustiva pertencente à Divisão Sphernatophyta, Classe Dicotiledoneae, Subclasse Metaclamídeas, Ordem Campanuladas e Família Asteraceae (CASTILLO; DELGADILLO; VILLALOBOS, 2014).

Essa espécie apresenta altura de 1,5 a 4,0 m, seu caule é ereto e ramificado, os ramos, quando jovens, são cobertos com pequenos pelos, que se perdem com a idade. As folhas são alternas, pecioladas, com comprimento e largura de até 20 cm, divididas em três a cinco lóbulos e com margem crenada. A parte adaxial da folha pode ser pilosa e, na parte abaxial, há a presença de pontos glandulares (NASH; WILLIAMS, 1976).

A inflorescência se apresenta na forma de capítulo, composta por pequenas flores sésseis dispostas em um receptáculo convexo protegido por brácteas com comprimento médio de 11 cm. As flores têm cor amarela brilhante ou laranja e sua corola é ligulada (PÉREZ *et al.*, 2009).

A *T. diversifolia* é encontrada em regiões tropicais e subtropicais. A América Central é comumente aceita como o centro de origem dessa planta, mais precisamente o México (NASH, 1976), embora a América do Sul seja uma possibilidade defendida por alguns pesquisadores (PÉREZ *et al.*, 2009).

Países como Cuba (ROIG; MESA, 1974), Filipina, Quênia (WANJAU MUKALAMA; THIJSEN, 1998), Índia, Ceilão, México, Guatemala, El Salvador, Costa Rica, Honduras, Panamá, Colômbia, Venezuela (MARTÍNEZ, 1979; RÍOS, 1993) e Brasil conhecem a *T. diversifolia* por diferentes nomes e usos, incluído a nutrição animal.

A *T. diversifolia* também é conhecida popularmente como Árbol maravilla, girassol mexicano, falso girassol, crisântemo de Nitobe, quil amargo, wild sunflower, margaridão, arnica da terra e titônia (ARRENSE, 2013).

O grande volume de raízes de *T. diversifolia* propicia a elevada capacidade de absorção de nutrientes, mesmo em condições de baixa disponibilidade desses no solo. Seu potencial adaptativo faz com que essa planta seja encontrada em área ao nível do mar até 2.400 metros de altitude, com precipitação entre 800 e 5.000 mm ano⁻¹ e em solos ácidos e de baixa fertilidade (RUÍZ *et al.*, 2014).

A *T. diversifolia* pode ser propagada por meio de sementes ou partes vegetativas. As sementes dessa espécie apresentam baixa germinação logo após serem colhidas no campo, porém, há um aumento constante na taxa de germinação das sementes, podendo chegar até 97,5 % aos quatro meses após a colheita, isso ocasionado pela dormência das sementes devido à imaturidade dos embriões ou às baixas temperaturas (MUOGHALU; CHUBA, 2005). A propagação vegetativa pode ser feita por meio da inserção de parte de estacas de 20 a 40 cm no solo, verticalmente, ou horizontalmente, com a cobertura de toda a estaca, sendo esta

opção menos eficaz (KATTO *et al.*, 2002). As estacas devem ser plantadas em solo úmido logo após a colheita com objetivo de minimizar a sua desidratação.

O crescimento rápido, alta capacidade de recuperação após o corte, bem como, o fato de ser uma planta perene e a produção de biomassa entre 30 e 70 t ha⁻¹ de forragem verde (MAHECHA; ROSALES, 2005; ZAPATA; SILVA, 2010) faz com que essa planta seja uma promissora fonte de alimento para animais, principalmente, em regiões onde as condições adversas dificultam o cultivo de espécies mais exigentes em fertilidade do solo.

Outro aspecto importante é o valor nutricional das folhas, podendo acumular até 33% de proteína em suas folhas (RUÍZ *et al.*, 2014) e, elevadas concentrações de N, P, K Ca, Mg e S nas plantas (BURESH; SMITHSON; HELLUMS, 1997; PALM *et al.*, 1999). Essas características a torna uma espécie promissora para ser usada na adubação verde.

Estudos sobre densidade ideal de plantio ou semeadura, adubação, controle fitossanitário, manejo de plantas daninhas, exigência hídrica, morfofisiologia, colheita, entre outros aspectos agronômicos ainda são escassos na literatura para *T. diversifolia*, assim, mudanças no cenário agropecuário mundial, principalmente, ocasionadas pelas mudanças climáticas, tornam as espécies rústicas e de múltiplos usos cada vez mais atrativas em substituição as espécies mais sensíveis a essas adversidades.

3.2 Usos múltiplos da *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray

3.2.1 Uso na produção animal

A *T. diversifolia* é alternativa interessante em sistemas de produção animal baseado em pastagens de gramíneas tropicais. A maior concentração de proteína bruta nas folhas em relação aos capins e a boa produção de massa seca por área são características inerentes à espécie e fundamentais para suplementação alimentar, visando também redução de custos com uso de insumos externos, principalmente de alimentos concentrados (ODEDIRE; OLOIDI, 2014).

Além disso, essa espécie apresenta alto potencial produtivo. Sao; Mui; Binh (2010) verificaram uma produção de 170 t ha⁻¹ ano⁻¹ de biomassa verde o que correspondeu a 25 t ha⁻¹ ano⁻¹ de matéria seca de *T. diversifolia*, adubado com 10 t ha⁻¹ ano⁻¹ de esterco bovino.

Plantas de *T. diversifolia* cultivadas no centro-oeste de Cuba e com seis semanas de idade produziram em um único corte 12 t ha⁻¹ de massa verde durante processo de seleção de materiais com potencial para introdução na produção animal (RUÍZ *et al.*, 2014).

A produtividade de biomassa aliada a folhas que apresentam valores elevados em teor de proteína e inferior de fibras evidencia o potencial da *T. diversifolia* na alimentação animal (MAHECHA; ROSALES, 2005; ZAPATA; SILVA, 2010; RUÍZ *et al.*, 2014). Assim, em estudos de suplementação na alimentação de ruminantes com *T. diversifolia* e feno de *Brachiaria ruziziensis* (TENDONKENG *et al.*, 2014), feno de *Panicum maximum* (ODEDIRE; OLOIDI, 2014) e palha de milho (WAMBUI; ABDULRAZAK; NOORDIN, 2006) demonstrou-se que a

parte área da *T. diversifolia* é nutricionalmente adequada como suplemento em dieta de gramíneas tropicais.

No entanto, a composição das plantas e também a *T. diversifolia* é afetada pela época de colheita, condições climáticas e tratos culturais. Assim, a realização de estudos para determinação da época e altura de corte, estado fenológico e demais fatores que influenciam as características nutricionais da *T. diversifolia* são necessários. A composição química da *T. diversifolia* sofre variações acentuadas com o estado fenológico, época (RUÍZ *et al.*, 2014) e quantidade de folhas (LEZCANO *et al.*, 2012).

Em estudo de avaliação do desenvolvimento agrônomo, comportamento biológico e uso em sistemas pecuários de 29 acessos de *T. diversifolia* determinou-se o espaçamento de 0,5 m entre sulcos, alturas de resíduo após corte entre 0,1 e 0,15 m com intervalo de corte de 60 e 80 dias para estação chuvosa e seca, respectivamente, para maior produtividade de forragem. Houve também a caracterização para pastejo de bovinos com espaçamento de 3 a 4 m entre linhas e altura de pastejo entre 1 e 1,5 m para 2 UA com dois dias de ocupação e intervalo de retorno de 60 e 90 dias para período chuvoso e seco, respectivamente (RUÍZ *et al.*, 2014).

Lezcano *et al.* (2012), caracterizando bromatologicamente componentes da *T. diversifolia* de acordo com o período (chuvoso ou seco) e ciclo de crescimento (aos 30 e 60 dias após corte), encontraram pouca variação no teor de proteína bruta entre 19 e 22% nos períodos e ciclos avaliados. Soto *et al.* (2012) em trabalho com intervalos entre cortes 30, 60 e 85 dias verificaram decréscimo de aproximadamente 7% na proteína bruta e aumento de 32 % da biomassa acumulada, no maior intervalo entre cortes. Esses autores concluíram que aos 60 dias a *T. diversifolia* apresenta equilíbrio entre produtividade e valor nutricional manejada aos 20 cm de altura.

A *T. diversifolia* seca e triturada pode ser uma fonte de volumoso de qualidade para ruminantes. A inclusão de até 30% na dieta de caprinos em crescimento com a farinha de folhas de *T. diversifolia* como suplemento alimentar na época seca promoveu bom desenvolvimento dos animais após seis semanas de tratamento (ODEDIRE; OLOIDI, 2014). A adição de farinha de *T. diversifolia* ao feno na alimentação de bezerros promoveu ganho médio diário de 0,761 kg e após 120 dias de tratamento 113 kg de peso vivo por animal (RUÍZ *et al.*, 2014).

O uso da *T. diversifolia* através da substituição parcial de alimentos concentrados pode ser alternativa interessante na alimentação de vacas leiteiras, uma vez que a produção e qualidade do leite são mantidos após adição dessa planta na dieta (MAHECHA *et al.*, 2007).

T. diversifolia caracteriza-se como espécie de amplo potencial para aproveitamento na alimentação das mais variadas espécies e categorias animais. Em suínos, a adição dessa espécie é alternativa viável ao ganho de massa com possibilidade de inclusão de até 200 g kg⁻¹ na dieta desses animais (OLAYENI *et al.*, 2006). Para caprinos, o elevado consumo e a digestibilidade aparente demonstram a viabilidade de aproveitamento da *T. diversifolia* na nutrição desses animais (SAO; MUI; BINH, 2010).

O consumo dessa espécie forrageira por coelhos também demonstra ser favorável uma vez que se trata de um alimento rico em proteína que melhora o desempenho e a digestibilidade desses animais (AJAYI *et al.*, 2007).

Dietas contendo 15% de farinha de folhas de *T. diversifolia* promoveu boa conversão alimentar para galinhas poedeiras (ODUNSI; FARINU; AKINOLA, 1996), além disso, é considerada fonte de xantofilas que é o pigmento responsável pela coloração das gemas dos ovos (MEDINA; CARREÑO, 1999). Entretanto, para frangos de corte o consumo de dietas a base de *T. diversifolia* não evidenciam ganhos significativos em carcaça, o que pode estar associado à presença de fatores antinutricionais como os taninos (EKEOCHA; AFOLABI, 2012).

Além do potencial da *T. diversifolia* para utilização na alimentação animal, existem outros usos relatados para a espécie como atração de insetos, cerca viva, quebra vento, adubo verde, farmacologia, atividade alelopática e fitoterápica, paisagismo entre outros. Também é muito recomendado a sua utilização em apiários, além da polinização e obtenção de néctar a sua função como quebra vento nas colmeias é muito favorável (KATO, 1998; PÉREZ *et al.*, 2009).

3.2.2 Adubo verde

A adubação verde é uma prática antiga que pode aumentar a capacidade produtiva do solo. Consiste no cultivo de plantas, geralmente leguminosas, com outras culturas, a fim de promover melhorias em atributos químicos, físicos e biológicos do solo. Essas plantas consideradas “adubos verdes” possuem características específicas que lhes conferem bom potencial para esse uso (CORRÊA *et al.*, 2014).

O teor de matéria orgânica (MO) dos solos tropicais é considerado geralmente baixo, na grande maioria dos casos não ultrapassa 10 g kg⁻¹ (CUNHA *et al.*, 2005). A matéria orgânica está diretamente relacionada às qualidades físicas e químicas dos solos (BRANCALIÃO; MORAES, 2008), e nas frações de húmus ocorrem diversas reações biológicas. A partir dessas características nota-se a importância da adubação verde, já que além da mineralização de nutrientes, a biomassa das plantas contribui com o acréscimo da matéria orgânica.

Alguns trabalhos apontam a *T. diversifolia* como uma espécie de grande potencial para a adubação verde. Suas partes vegetativas podem estocar nutrientes e, posteriormente redistribuir ao solo, principalmente ramos verdes e folhas (JAMA *et al.*, 2000).

Existem relatos de incrementos produtivos utilizando-se adubação verde com *T. diversifolia* em importantes culturas como milho (SANGAKKARA *et al.*, 2004). Estes autores relatam que em alguns casos os adubos verdes podem ser usados como complementos ou como substitutos de fertilizantes nitrogenados. Salienta-se a importância de sincronizar a liberação do nutriente e a absorção pelas plantas.

A *T. diversifolia* apresenta em média teores de 3,5% de N, 0,37% de P e 4,1% de K, com base na massa seca da parte aérea (JAMA *et al.*, 2000), característica que possibilita a utilização dessa espécie como fonte de nutrientes para as plantas e de matéria orgânica para o

solo. Além disso, a menor relação C/N da *T. diversifolia* promove uma disponibilização de nutrientes no solo mais rápida, quando comparado com outras espécies como, *Chromolaena* e *Panicum* (OLABODE *et al.*, 2007). No entanto, é importante ressaltar que, em culturas adubadas com *T. diversifolia*, o Mg devem ser adicionados ao solo, principalmente em cultivos exigentes desse nutriente (OLABODE *et al.*, 2007).

A aplicação de *T. diversifolia* a uma taxa de 1,5 t ha⁻¹ resultou em um aumento de 39% na produção de grãos de milho, quando comparado com as plantas não adubadas (GUNUNGA; YEROKUN; KUMWENDA, 1998). Além de aumentar a produtividade, o uso de *T. diversifolia* como adubo verde promoveu elevação da capacidade de troca catiônica e dos teores de N, P, K, Ca, Mg, Zn e matéria orgânica do solo (CHUKWUKA; OMOTAYO, 2009; SHOKALU *et al.*, 2010).

3.2.3 Compostos químicos

Quimicamente, algumas espécies da família Asteraceae como é o caso de *T. diversifolia*, possuem a presença de metabólitos como terpenóides (ZDERO; BOHLMANN, 1990), como as lactonas sesquiterpênicas (LSTs). Essas substâncias podem exercer a função de defesa da planta e principalmente alelopatia, onde algumas plantas utilizam tal composto como forma de afetar a germinação e ou o crescimento de outras plantas (MACÍAS; GALINDO; MASSANET, 1992).

A *T. diversifolia* se mostrou tóxica para as plantas daninhas *Brachiaria brizantha* e *Bidens pilosa*, fato confirmado pelo efeito alelopático do ácido clorogênico isolado dessa espécie (OLIVEIRA *et al.*, 2011). Esses autores apontaram a *T. diversifolia* positiva quanto ao uso de seu extrato como aleloquímico, inibindo a germinação, retardando o desenvolvimento radicular, reduzindo o desenvolvimento e minimizando assim a massa seca de plantas daninhas próximas.

Outra importante utilização de *T. diversifolia* vem sendo verificada na sua ação nematicida. Já existem estudos que apontam redução na eclosão de *Meloidogyne incognita* em 92,48% utilizando-se extrato de *T. diversifolia* (FERREIRA; SILVA; NASCIMENTO, 2013).

3.2.4 Atividades farmacológicas

T. diversifolia também apresenta propriedades farmacológica, os efeitos das lactonas sesquiterpênicas (LSTs) podem ser notados em atividades anti-tumorais e anti-tóxicas, inclusive outros compostos presentes na *T. diversifolia* já se mostraram com efeito anti-inflamatórias, mesmo que por mecanismos não convencionais (OWOYELE *et al.*, 2004).

T. diversifolia também tem sido empregada popularmente como planta medicinal no combate à diabetes. Alguns compostos presentes na planta foram testados em ratos, e se verificou redução na glicemia desses animais (MIURA *et al.*, 2005). Os resultados apontam para a hipótese que esses compostos presentes em *T. diversifolia* melhoram o metabolismo da

glicose com menor resistência à insulina (MIURA *et al.*, 2005).

As plantas no geral se comportam de maneira diferente de acordo com as épocas do ano e o nível de umidade no solo. *T. diversifolia* mostrou uma redução nos seus parâmetros produtivos em condições de menor umidade, porém com aumento na concentração de aleloquímicos ao ser submetida a condição de estresse hídrico (TONGMA; KOBAYASHI; USUI, 1998).

Nota-se que *T. diversifolia* é uma espécie de usos múltiplos, além do seu potencial forrageiro existem vários destinos de importância para sua utilização. A partir do aumento de estudos com essa planta, podem ser descobertos novos compostos químicos ou aprimorados os já existentes com potencial de uso.

REFERÊNCIAS

AJAYI, A. F.; FARINU, G. O.; OJEBIYI, O. O.; OLAYENI, T. B. Performance Evaluation of Male Weaner Rabbits Fed Diets Containing Graded Levels of Blood-Wild Sunflower Leaf Meal Mixture. **World Journal of Agricultural Sciences**, v. 3, n. 2, p. 250-255, 2007.

ARRENSE, S. F. C. **Efecto de Varios Niveles de Harina de Botón de Oro (*Tithonia diversifolia*), Más Saccharina en la Alimentación de Cuyes en las Etapas de Crecimiento y Engorde**. 2013. 97 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Facultad de Ciencias Pecuarias, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Equador. 2013.

BRANCALIÃO, S. R.; MORAES, M. H. Alterações de alguns atributos físicos e das frações húmicas de um Nitossolo Vermelho na sucessão milheto-soja em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 393-404, 2008.

BURESH, R. J.; SMITHSON, P. C.; HELLUMS, D. T. Building soil phosphorus capital in Africa. In: BURESH, R. J.; SANCHEZ, P. A.; CALHOUN, F. (Eds.). **Replenish Soil Fertility in Africa**. Madison: Soil Science Society of America and American Society of Agronomy, 1997. p. 111-149.

CASTILLO, A. N. L.; DELGADILLO, A. R. S.; VILLALOBOS, W. A. P. **Determinación de especies vegetales alternativas en el municipio de Pauna (Boyacá) para el análisis del potencial forrajero y nutricional dirigidos a ganadería lechera especializada**. 2014. 176 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Escuela de Ciencias Agrícolas Pecuarias y del Medio Ambiente, Colombia, 2014.

CHUKWUKA, K. S.; OMOTAYO, O. E. Soil fertility restoration potential of tithonia green manure and water hyacinth compost on nutrient depleted soil in South Western Nigeria using *Zea mays* as a test crop. **Research Journal of soil Biology**. v. 1, n. 1, p. 20-30, 2009.

CORRÊA, A. L.; DE SOUZA ABOUD, A. C.; GUERRA, J. G. M.; DE AGUIAR, L. A.; RIBEIRO, R. D. L. D. Adubação verde com crotalária consorciada ao minimilho antecedendo a couve-folha sob manejo orgânico. **Revista Ceres**, v. 61 n. 6, p. 956-963, 2014.

CUNHA, T. J. F.; CANELLAS, L. P.; SANTOS, G. A.; RIBEIRO, L. P. Fracionamento da matéria orgânica humificada de solos brasileiros. In: CANELLAS, L. P.; SANTOS, G. A. (Eds.). **Humosfera**: tratado preliminar sobre a químicas das substância húmicas. Campos dos Goytacazes: Canellas & Santos, 2005. p. 54-80.

EKEOCHA, A. H.; AFOLABI, K. D. Carcass Characteristics of Broilers fed Mexican Sunflower (*Tithonia diversifolia*) Leaf Meal-based diets. **Report and Opinion**, v.4, p. 51-55, 2012.

FASUYI, A. O.; AFOLABI, A. A. Protein supplementation value of sun-dried ensiled sunflower (*Tithonia diversifolia*) in grower pigs: Growth performance and nitrogen utilization. **African Journal of Food Science**, v. 7, n. 9, p. 344-349, 2013.

FERREIRA, I. C. M.; SILVA, G. S.; NASCIMENTO, F. S. Efeito de extratos aquosos de espécies de Asteraceae sobre *Meloidogyne incognita*. **Summa Phytopathol**, v. 39, n. 1, p. 40-44, 2013.

GUALBERTO, R.; SOUZA JÚNIOR, O. F.; COSTA, N. R.; BRACCIALLI, C. D.; GAION, L. A. Influência do espaçamento e do estágio de desenvolvimento da planta na produção de biomassa e valor nutricional de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray. **Nucleus**, v. 7, n. 2, p. 135-150, 2010.

JAMA, B.; PALM, C. A.; BURESH, R. J.; NIANG, A.; NZIGUHEBA, G.; AMADALO, B. *Tithonia diversifolia* as a green manure for soil fertility improvement in Western Kenya: a review. **Agroforestry Systems**, v. 49, p. 201-201, 2000.

KATO, C. I. R. ***Tithonia diversifolia* (hemsl.) Gray, una planta con potencial para la producción sostenible en el trópico**. Cali: Fundación Centro para la Investigación em Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria. p. 217-229. 1998. Disponível em: <http://www.fao.org/ag/aga/agap/frg/agrofor1/Rios14.htm>. Acesso em: 28/01/2015.

KATTO, C. I. R. Botón de Oro *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray. In: GÓMEZ, M. E.; RODRÍGUEZ, L.; MURGUEITIO, E.; RÍOS, C. I.; MÉNDEZ, M. R.; MOLINA, C. H.; MOLINA, C. H.; MOLINA, E.; MOLINA, J. P. (Eds.). **Arboles y Arbustos Forrajeros Utilizados em Alimentación Animal como Fuente Proteica**. Cali: CIPAV, p. 116-119, 2002.

LEZCANO, Y.; SOCA, M.; OJEDA, F.; ROQUE, E.; FONTES, D.; MONTEJO, I. L.; SANTANA, H.; MARTÍNEZ, J.; CUBILLAS, N. Caracterización bromatológica de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray en dos etapas de su ciclo fisiológico. **Pastos y Forrajes**, v. 35, n. 3, p. 275-282, 2012.

MACÍAS, F. A.; GALINDO, J. C. G.; MASSANET, G. M. Potential allelopathic activity of several sesquiterpene lactone models. **Phytochemistry**, v. 31, n. 6, p. 1969-1977, 1992.

MAHECHA, L.; ESCOBAR, J. P.; SUAREZ, J. F.; RESTREPO, L. F. *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray (botón de oro) como suplemento forrajero de vacas F1 (Holstein por Cebú). **Livestock Research for Rural Development**, v. 19, n. 2, 2007.

MAHECHA, L.; ROSALES, M. Valor nutricional del follaje de Botón de Oro (*Tithonia diversifolia* [Hemsl.] Gray) en la producción animal en el trópico. **Livestock Research for Rural Development**, v. 17, n. 9, artículo 100, 2005.

MARTÍNEZ, M. **Catálogo de nombres vulgares y científicos de plantas mexicanas**. 1 ed. México: Fondo de Cultura Económica, 1979. 1248 p.

MEDINA, M. L. B.; CARREÑO, R. J. D. Evacuación del material foliar de rayo de sol como posible fuente de xantofilas. **Agronomía Tropical**, v. 49, n. 4, p. 373-390, 1999.

MIURA, T.; NOSAKA, K.; ISHII, H.; ISHIDA, T. Antidiabetic effect of Nitobegiku, the herb *Tithonia diversifolia*, in KK-Ay diabetic mice. **Biological and Pharmaceutical Bulletin**, v. 28, n. 11, p. 2152-2154, 2005.

MUOGHALU, J. I.; CHUBA, D. K. Seed germination and reproductive strategies of *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray and *Tithonia rotundifolia* (P.M) Blake. **Applied Ecology and Environmental Research**, v. 3, n. 1, p. 39-46, 2005.

NASH, D. L. **Flora de Guatemala**, Fieldiana: Botany. 1 ed. Chicago: Field Museum of Natural History 1976, 1220 p.

NASH, D. L.; WILLIAMS, L. O. **Flora of Guatemala**, Fieldiana: Botany. 1 ed. Chicago: Field Museum of Natural History, 1976. 1229 p.

OEDIRE, J. A.; OLOIDI, F. F. Feeding Wild Sunflower (*Tithonia diversifolia* Hemsl., A. Gray) to West African Dwarf Goats as a Dry Season Forage Supplement. **World Journal of Agricultural Research**, v. 2, n. 6, p. 280-284, 2014.

ODUNSI, A. A.; FARINU, G. O.; AKINOLA, J. O. Influence of dietary wild sunflower (*Tithonia diversifolia* Helms A Gray) leaf meal on layers performance and egg quality. **Nigerian Journal of Animal Production**, v. 23, p. 28-32, 1996.

OLABODE, O. S.; SOLA, O.; AKANBI, W. B.; ADESINA, G. O.; BABAJIDE, P. A. Evaluation of *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A Gray for Soil Improvement. *World Journal of Agricultural Sciences*, v. 3, n. 4, p. 503-507, 2007.

OLAYENI, T. B.; FARINU, G. O.; TOGUN, V. A.; ADEDEJI, O. S.; ADERINOLA, A. O. Performance and Haematological Characteristics of Weaner Pigs Fed Wild Sunflower (*Tithonia diversifolia* Hemsl. A Gray) Leaf Meal. **Journal of Animal and Veterinary Advances**, v. 5, n. 6, p. 499-502, 2006.

OLIVEIRA, P. V. A.; CASTRO FRANÇA, S.; BREGAGNOLI, M.; PEREIRA, P. S. Avaliação alelopática de *Tithonia diversifolia* na germinação e no crescimento inicial de *Bidens pilosa* e *Brachiaria brizantha*. **Revista Agrogeo ambiental**, v. 3, n. 3, 2011.

OSUGA, I. M.; ABDULRAZAK, S. A.; MULEKE, C. I.; FUJIHARA, T. Potential nutritive value of various parts of wild sunflower (*Tithonia diversifolia*) as source of feed for ruminants in Kenya. **Journal of Food, Agriculture and Environment**, v.10 n. 2, p. 632-635, 2012.

OWOYELE, V. B.; WURAOLA, C. O.; SOLADOYE, A. O.; OLALEYE, S. B. Studies on the anti-inflammatory and analgesic properties of *Tithonia diversifolia* leaf extract. **Journal of ethnopharmacology**, v. 90, n. 2, p. 317-321, 2004.

PALM, C.; NZIGUHEBA, G.; GACHENGO, C.; GACHERU, E.; RAO, M. R. Organic materials as sources of phosphorus. **Agroforestry Forum**, v. 9, n. 4, p. 30-33, 1999.

PÉREZ, A.; MONTEJO, I.; IGLESIAS, J. M.; LÓPEZ, O.; MARTÍN, G. J.; GARCÍA, D. E.; MILIÁN, I.; HERNÁNDEZ, A. *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray. **Pastos y Forrajes**, v. 32, n. 1, p. 1-15, 2009.

RAMÍREZ RIVERA, U.; SANGINÉS GARCÍA, J. R.; ESCOBEDO MEX, J. G.; CEN CHUC, F.; RIVERA LORCA, J. A.; LARA LARA, P. E. Effect of diet inclusion of *Tithonia diversifolia* on feed intake, digestibility and nitrogen balance in tropical sheep. **Agroforestry Systems**, v. 80, n. 2, p. 295-302, 2010.

RÍOS, C. I. Efecto de la densidad de siembra y altura de corte sobre la producción de biomasa del botón de oro *Tithonia diversifolia* (Hemsl) Gray, evaluada en cortes sucesivos. In: INVESTIGACIÓN, VALIDACIÓN Y CAPACITACIÓN EN SISTEMAS AGROPECUARIOS

SOSTENIBLES, Convenio CETEC-IMCA-CIPAV, 1993. **Anais...** 1993. p. 81.

ROIG, J. T.; MESA, A. **Plantas medicinales, aromáticas o venenosas de Cuba**. 1 ed. La Habana: Científico-Técnica, 1974. 709 p.

RUÍZ, T. E.; FEBLES, G. J.; GALINDO, J. L.; SAVÓN, L. L.; CHONGO, B. B.; TORRES, V.; CINO, D. M.; ALONSO, J.; MARTÍNEZ, Y.; GUTIÉRREZ, D.; CRESPO, G. J.; MORA, L.; SCULL, I.; LA O, O.; GONZÁLEZ, J.; LOK, S.; GONZÁLEZ, N.; ZAMORA, A. *Tithonia diversifolia*, sus posibilidades en sistemas ganaderos. **Revista Cubana de Ciencia Agrícola**, v. 48, n. 1, p. 79-82, 2014.

SANGAKKARA, U. R.; LIEDGENS, M.; SOLDATI, A.; STAMP, P. Root and shoot growth of maize (*Zea mays*) as affected by incorporation of *Crotalaria juncea* and *Tithonia diversifolia* as green manures. **Journal of Agronomy and Crop Science**, v. 190, p. 339–346, 2004.

SAO, N. V.; MUI, N. T.; BINH, D. V. Biomass production of *Tithonia diversifolia* (Wild Sunflower), soil improvement on sloping land and use as high protein foliage for feeding goats. **Livestock Research for Rural Development**, v. 22, 2010.

SHOKALU, A. O.; OJO, A. O.; EZEKIEL, A. D. T.; AKINTOYE, H. A.; AZEEZ, J. O. Comparing the use of *Tithonia diversifolia* and compost as soil amendments for growth and yield of *Celosia argentea*. **New York Science Journal**, v. 3, n. 6, p. 2-5, 2010.

SOTO, M. L.; MOLINA, F.; GONZÁLEZ, I.; GONZÁLEZ, J.; SÁNCHEZ, E. Efecto de la altura y frecuencia de corte sobre la producción de materia seca y proteína cruda de *Tithonia diversifolia* (Hemsl) A. Gray. **Zootecnia Tropical**, v.30, n.4, p. 369-382, 2012.

SOUZA, G. G.; MARINHO, A. B.; ALBUQUERQUE, A. H. P.; VIANA, T. V. A.; AZEVEDO, B. M. Crescimento inicial do milho sob diferentes concentrações de biofertilizante bovino irrigado com águas salinas. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, n. 2, p. 237-245, 2012.

TAIZ, L.; ZEIGER E. **Fisiologia Vegetal**. 5.ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 954 p.

TONGMA, S.; KOBAYASHI, K.; USUI, K. Allelopathic activity of Mexican sunflower (*Tithonia diversifolia*) in soil. **Weed Science**, v.1, p. 432-437, 1998.

TENDONKENG, F.; FOGANG ZOGANG, B.; SAWA, C.; BOUKILA, B.; PAMO, E. Inclusion of *Tithonia diversifolia* in multinutrient blocks for WestAfrican dwarf goats fed *Brachiaria straw*. **Tropical Animal Health and Production**, v. 46, n. 6, p. 981, 2014.

WAMBUI C. C.; ABDULRAZAK S. A.; NOORDIN Q. The effect of supplementing urea treated maize stover with *Tithonia*, *Calliandra* and *Sesbania* to growing goats. **Livestock Research for Rural Development**, v. 18, n. 5, artículo 64, 2006.

WANJAU, S.; MUKALAMA J.; THIJSSSEN, R. **Transferencia de biomasa: Cosecha gratis de fertilizante**. Boletín de ILEIA, 1998. p. 25.

ZAPATA, A.; SILVA, B. E. **Reconversión ganadera y sistemas silvopastoriles en el Departamento de Risaralda y el Eje Cafetero de Colombia**. 1 ed. Colombia: Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales Sede Chile, 2010. p. 112.

ZDERO, C.; BOHLMANN, F. Systematics and evolution within the Compositae, seen with the eyes of a chemist. **Plant systematics and evolution**, v. 171, n. 1-4, p. 1-14, 1990.

4 ARTIGOS

4.1 ARTIGO 1 - Aspectos produtivos e nutricionais de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray adubada com biofertilizante bovino com e sem irrigação

Este artigo foi elaborado conforme normas da revista African Journal of Agricultural Research

Aspectos produtivos e nutricionais de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray adubada com biofertilizante bovino com e sem irrigação

Resumo: Pouco se conhece a respeito dos aspectos agronômicos da *Tithonia diversifolia*, apesar do seu potencial de múltiplos usos. Avaliou-se, nesta pesquisa, os efeitos de diferentes doses de biofertilizante bovino e da irrigação na produtividade, crescimento e teor foliar de clorofila e de nutrientes da *T. diversifolia*. No ensaio realizado na região semiárida brasileira, utilizou-se esquema fatorial 5 x 2, sendo doses de biofertilizante bovino (0, 20, 40, 60 e 80 m³ ha⁻¹) combinado com e sem irrigação. O delineamento estatístico do experimento foi em blocos casualizados com três repetições. Plantas de *T. diversifolia* irrigadas apresentaram maiores produtividades de massa seca e verde, altura, índice de área foliar e teores foliar de K, Zn e B, porém, a alta concentração de bicarbonato na água de irrigação reduziu o teor foliar de N, Ca, S, Fe e Mn. O incremento médio nos dois cortes obtido com o uso da irrigação foi de 350% e 314% para massa verde e seca, respectivamente. O aumento da dose de biofertilizante bovino incrementou os teores foliares de clorofila total, *a* e *b* de plantas de *T. diversifolia* irrigadas, porém não influenciou em ganhos produtivos e nutricionais para a espécie. Sendo assim, em regiões com baixa disponibilidade pluviométrica é recomendado o cultivo irrigado de *T. diversifolia*.

Palavras-chave: adubação orgânica, fotossíntese, índice de área foliar, biomassa, Titônia, forrageira alternativa.

INTRODUÇÃO

Tithonia diversifolia (Hemsl.) A. Gray, também conhecida como girassol mexicano, falso girassol, Wild Sunflower, Quil Amargo (Rivera et al., 2010), é um arbusto da família Asteraceae, originária da América Central e amplamente distribuída nas regiões tropicais.

Estudos indicam essa planta como fonte alimentar promissora para ruminantes (Osuga et al., 2012), suínos (Fasuyi e Afolabi, 2013), coelhos (Ajayi et al., 2007) e aves (Medina e Carreño, 1999), além de ser utilizada como adubo verde, cobertura vegetal do solo, matéria-prima para a indústria farmacêutica, cerca viva e quebra vento, entre outros (Reis et al., 2015).

Apesar do potencial de múltiplo uso, pouco se conhece sobre os aspectos agronômicos dessa planta no Brasil e no mundo. Estudos sobre a produção de compostos farmacológicos (Owoyele et al., 2004), composição bromatológica (Osuga et al., 2012) e acúmulo de nutrientes foliar (Sao et al., 2010) são desenvolvidos em países da América Central e África, principalmente. No entanto, recomendações sobre adubação, preparo do solo, manejo, colheita e resposta a irrigação ainda não são reportados na literatura científica.

A utilização de biofertilizantes pode ser uma alternativa interessante para melhoria da fertilidade do solo aliada ao reaproveitamento de dejetos orgânicos. A matéria orgânica e os nutrientes fornecidos a partir desse e de outros compostos orgânicos melhoram as características físicas e químicas do solo, o que justifica a crescente utilização de adubos orgânicos na agricultura (Santos et al., 2013).

Outro fator que merece destaque é o uso da água na agricultura, principalmente em regiões áridas e semiáridas onde esse recurso é mais escasso. A água é um dos principais insumos que limita, mais frequentemente, a eficiência do sistema de produção agrícola (Azevedo et al., 2005), pois a falta ou excesso reduz significativamente o rendimento das culturas (Silva et al., 2011). Torna-se, então, necessário, a realização de um manejo adequado da irrigação para atender as necessidades hídricas da cultura, obtendo, assim, maior retorno econômico (Azevedo et al., 2005).

Nesta pesquisa, avaliou-se o uso do biofertilizante bovino sobre a produtividade e aspectos nutricionais de *T. diversifolia* cultivada com e sem irrigação no Norte de Minas Gerais.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado na fazenda experimental Professor Hamilton de Abreu Navarro, do Instituto de Ciências Agrárias (ICA) da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), campus Montes Claros, MG. A área experimental está localizada na latitude 16°40'57,70" Sul, longitude 43°50'19,62" Oeste e apresenta altitude média de 650 m.

O clima da região é classificado, segundo Köppen, como As, com temperatura média mensal variando de 22,8 (janeiro) a 18,3°C (julho) e a precipitação média anual de 1.096 mm (Alvares et al., 2014). O solo foi classificado como Cambissolo Háplico eutrófico de textura argilo-siltosa (EMBRAPA, 2013) e suas características físico-químicas estão descritas na Tabela 1.

Tabela 1. Características físico-químicas do solo da área experimental, na camada de 0 - 0,20 m de profundidade

pH em H ₂ O	M.O g kg ⁻¹	P -- mg dm ⁻³	K --	Ca	Mg	Al	H+Al	CTC	V	Areia	Silte	Argila
						cmolc dm ⁻³				%		
7,67	36,60	1,88	137,67	7,07	1,60	0,00	1,05	10,06	89,67	19,47	38,80	41,73

pH em água destilada. P e K, extrator Mehlich-1. M.O - Matéria orgânica. V - Saturação por bases.

O delineamento estatístico do estudo foi em blocos casualizados, com 3 repetições e disposto em esquema fatorial 5 x 2. Os tratamentos consistiram em cinco doses de biofertilizante bovino (0, 20, 40, 60 e 80 m³ ha⁻¹) combinadas com e sem aplicação de água via irrigação (0 e 100% da ETo). Essas doses de biofertilizante bovino correspondem a 0, 50, 100, 150 e 200% da recomendação de N a ser fornecida para plantas de girassol (Ribeiro et al., 1999). Como não há recomendações de adubação na literatura científica para *T. diversifolia*, foi utilizado como base à recomendação de adubação com N para o girassol devido à proximidade botânica e morfológica entre as espécies.

O biofertilizante bovino utilizado no experimento (Tabela 2) é proveniente do biodigestor modelo solar e caracterizado quimicamente (Tabela 2), conforme metodologia proposta por MAPA (2007). As doses de biofertilizante foram aplicadas nos sulcos de plantio três dias antes da distribuição das estacas (03/12/2014) e em cobertura (21/06/2015), após o corte de

uniformização na *T. diversifolia* a 0,40 m do solo com o objetivo de se iniciar as avaliações experimentais.

Tabela 2. Características químicas do biofertilizante bovino (BFB) aplicado no plantio e em cobertura, e quantidades de nutrientes aplicados com as diferentes doses de biofertilizante bovino

Material	Características químicas do biofertilizante bovino												
	CE dS m ⁻¹	pH em CaCl ₂	MO	CO	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	Mn	Fe	Mg	S	Na
	----- g L ⁻¹ -----												
BFB	5,27	7,66	16,51	9,14	1,56	1,30	1,76	0,56	0,76	0,32	0,69	0,22	0,26
Doses (m ³ ha ⁻¹)	Quantidade de nutrientes aplicados (kg ha ⁻¹)												
	Biofertilizante bovino aplicado no plantio e cobertura												
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg	MO	CO	CaO	Na	Mn	Fe	S		
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20	30,70	25,60	34,6	13,6	325,00	180,00	11,00	5,20	1,50	6,30	4,40		
40	61,40	51,20	69,20	27,20	650,00	360,00	22,00	10,40	3,00	12,60	8,80		
60	92,10	76,80	103,80	40,80	970,00	540,00	33,00	15,60	4,50	18,90	13,20		
80	122,80	102,40	138,40	54,40	1300,00	720,00	44,00	20,80	6,00	25,20	17,60		

pH em CaCl₂; CE – Condutividade elétrica; MO – Matéria orgânica; CO – Carbono orgânico.

O plantio da *T. diversifolia* foi realizado em dezembro de 2014, utilizando-se partes do caule de plantas cultivadas no ICA da UFMG, nos quais foram distribuídos em esquema pé-com-ponta nos sulcos de plantio, a uma profundidade de 0,10 m, e posteriormente cortados a cada 0,40 m. As parcelas experimentais foram compostas por quatro sulcos com espaçamento de 1,0 m entre linhas e 3 m de comprimento, totalizando 12 m² de área total por parcela, com área útil de 4 m² localizada no centro de cada parcela.

A colheita das plantas na área experimental foi realizada aos 80 dias após a uniformização com um corte também a 0,40 m do solo, conforme recomendado por Ruíz et al. (2014). As avaliações foram repetidas mais uma vez após o primeiro corte por igual período.

Nos tratamentos com reposição hídrica, foi utilizado o método de irrigação localizada por gotejamento. Tubos de polietileno foram distribuídos em cada linha de plantio e instalados botões gotejadores modelo Amanco Gotejador FT, pressão de serviço de 1,0 bar, vazão nominal de 4,0 L h⁻¹ e espaçamento entre gotejadores de 0,6 m. Para garantir maior uniformidade e eficiência do sistema de irrigação, foi instalado, na entrada do experimento, uma válvula reguladora de pressão, modelo PRLG-15, e um manômetro. A tabela 3 apresenta as características químicas da água usada para irrigação.

Tabela 3. Características químicas da água utilizada na irrigação

CE	HCO ₃	NO ₃	SO ₄	Cloretos	Ca	Mg	K	Na	RAS
dS m ⁻¹	----- mg L ⁻¹ -----								
0,36	452,80	0,09	9,16	3,11	65,22	11,23	1,14	14,30	0,43

CE – Condutividade elétrica; RAS – Razão de adsorção de sódio

A irrigação foi conduzida com base na evapotranspiração de referência (ET_o), calculada diariamente por meio do método de Penman Monteith (Allen et al., 1998) e os dados meteorológicos obtidos através da estação automática, modelo Davis Vantage Pro2 (Figura 1).

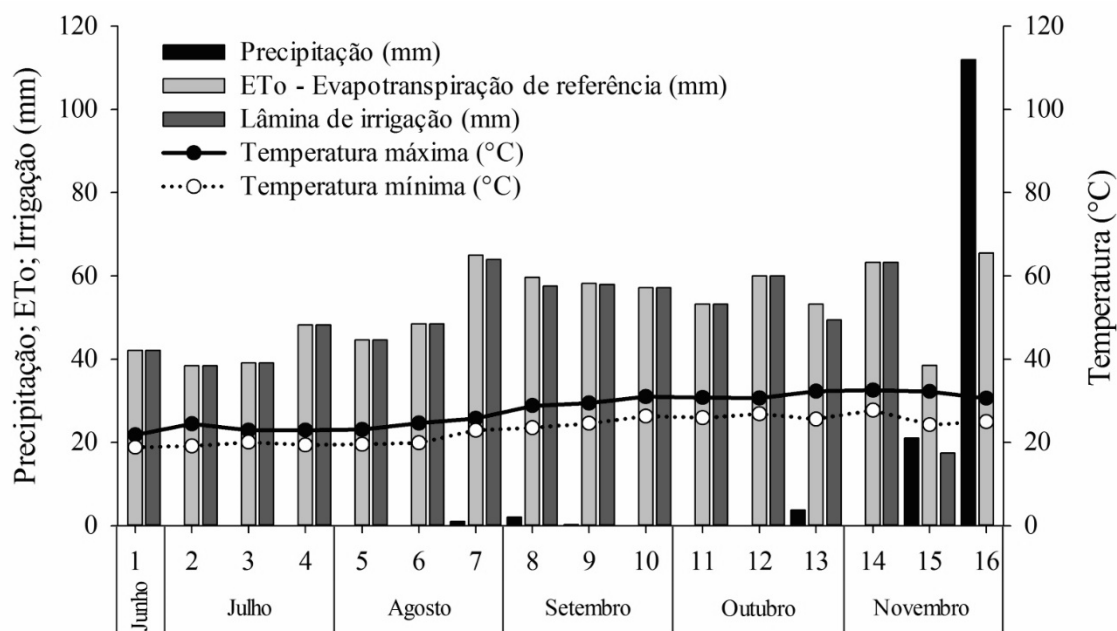


Figura 1. Precipitação, evapotranspiração de referência (ET_o) e lâmina de irrigação acumulada a cada dez dias e temperatura máxima e mínima durante o experimento de campo.

Os dados de produtividade, índice de área foliar (IAF), teor foliar de clorofila e de macro e micronutrientes foram obtidos aos 80 dias após o início de cada cultivo.

A produtividade foi determinada por meio da pesagem total das plantas presentes na área útil das respectivas parcelas que foram cortadas a 0,40 m do solo. Em seguida, as folhas e os colmos de cinco hastes representativas da parcela, foram pesadas e levadas à estufa de circulação forçada a 65 °C até peso constante para determinação da massa seca. Os valores obtidos foram extrapolados para t ha⁻¹.

O IAF foi obtido por meio da relação entre massa seca de duas folhas, sua área e a massa seca total das folhas (Eze, 1973). Foi utilizado o software Image Pro Plus® para se obter a área das duas folhas.

O teor de clorofila total e clorofila *a* e *b* foi determinado com o clorofilômetro (ClorofilLOG, modelo CFL 1030), operado de acordo com as especificações do fabricante (FALKER, 2008). Usou-se a quarta folha totalmente expandida do topo para a base do perfilho e exposta à radiação solar. Dez plantas foram utilizadas para se obter a média aritmética simples dos teores de clorofila por parcela.

Os teores foliares de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn foram determinados por meio da coletada da quarta folha de cima para baixo de dez plantas escolhidas aleatoriamente dentro da área útil de cada parcela. O material foi levado para laboratório, seco em estufa de

circulação forçada a 65 °C até peso constante, triturado em moinho tipo Willey e peneirado (peneira de 2 mm) para posterior extração por meio de digestão nitroperclórica (P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn e Zn), sulfúrica (N) e calcinação em mufla (B) para dosagem final, conforme descrito por Silva (2009a).

Os dados de altura foram obtidos aos 30, 45, 60, 75 e 80 dias após o corte de uniformização e determinados por meio de régua graduada, sendo que, cinco plantas dentro da área útil de cada parcela foram medidas e posteriormente determinada a média aritmética simples para a parcela.

Os dados quantitativos obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade, e em casos de significância, foi realizada a análise de regressão polinomial quadrática para as doses de biofertilizante, utilizando-se os programas estatísticos Sigmaplot versão 12.0 e R-plus® 3.2.1.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O regime hídrico foi o único fator que influenciou significativamente ($p < 0,01$) as variáveis de produtividade da *T. diversifolia*. O fornecimento de água às plantas, por meio da irrigação, proporcionou os maiores ganhos produtivos, diferindo do regime não irrigado em 560 e 470%, no primeiro corte, e 139 e 158%, no segundo corte, para as variáveis massa verde (MVT) e massa seca (MST), respectivamente (Figura 2).

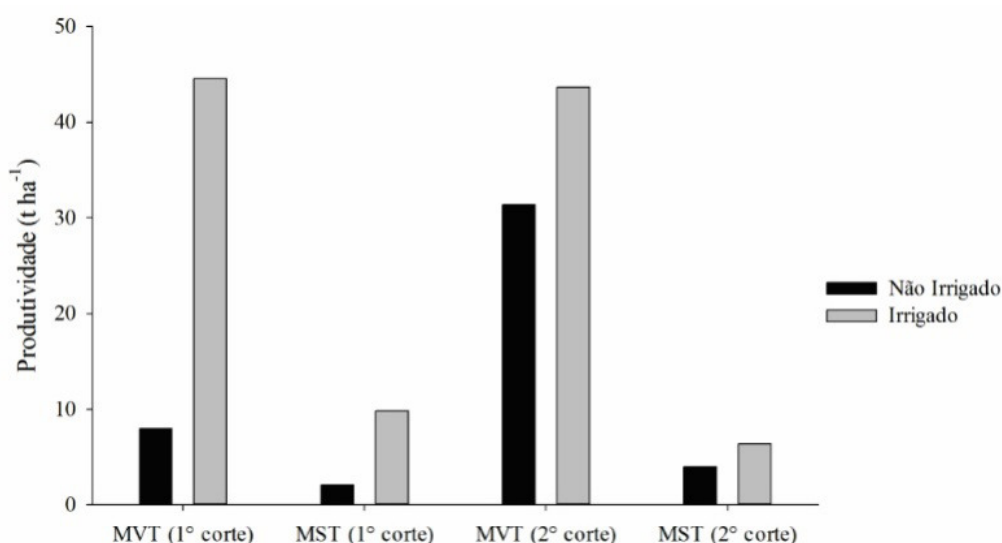


Figura 2. Produtividade de massa verde (MVT) e seca (MST) da *Tithonia diversifolia* em função do regime hídrico em dois períodos consecutivos de 80 dias de crescimento.

As plantas irrigadas apresentaram valores médios de massa verde e seca de 44,57 e 9,80 t ha⁻¹, no primeiro corte, e de 43,69 e 6,35 t ha⁻¹, no segundo corte, respectivamente. Resultado semelhante ao relatado por Mahecha e Rosales, (2005) e Zapata e Silva, (2010) que observaram produção de biomassa entre 30 e 70 t ha⁻¹ de forragem verde e superior ao

encontrado por Sao et al. (2010) que obtiveram produtividade média ao longo do ano de 24,57 t ha⁻¹ de massa verde.

As plantas não irrigadas apresentaram valores de massa verde de 7,96 e 31,36 t ha⁻¹ e de massa seca de 2,09 e 4,01 t ha⁻¹ no primeiro e segundo corte, respectivamente (Figura 2). Esse comportamento pode ser explicado pelo fato das plantas do primeiro cultivo crescerem em condições de seca, sendo que, nesse período, foi observada precipitação pluviométrica acumulada de 3 mm. Já durante o segundo cultivo as plantas não irrigadas receberam uma lâmina de água via precipitação pluviométrica de 136,82 mm, demonstrando o potencial e necessidade da irrigação para maior produção de forragem na época de escassez hídrica.

A alta fertilidade natural do solo (Tabela 1) pode estar associado à ausência de resposta produtiva da *T. diversifolia* em relação ao aumento das doses de biofertilizante bovino, o que pode apontar para uma baixa exigência em fertilidade da espécie. Forrageiras como *Urochloa decumbens*, *U. humidicola*, *Paspalum atratum*, *P. plicatulum* e *Andropogon gayanus* também não são exigentes quanto a fertilidade do solo (Fonseca e Martuscello, 2011), porém não apresentam a mesma qualidade bromatológica da *T. diversifolia* (Fonseca e Martuscello, 2011; Odedire e Oloidi, 2014).

A altura das plantas de *T. diversifolia* apresentou diferença significativa ($p \leq 0,01$) entre os cultivos irrigados e não irrigados aos 45 e 30 dias após o corte de uniformização no primeiro e segundo corte, respectivamente (Figura 3). Plantas de *T. diversifolia* quando irrigadas apresentaram em média 140,08 cm de altura, enquanto as não irrigadas atingiram 89,42 cm. A taxa de crescimento da *T. diversifolia* irrigada e não irrigada foi de 1,33 e 0,39 cm dia⁻¹, respectivamente, no primeiro corte e de 1,13 e 0,82 cm dia⁻¹ nos tratamentos irrigados e não irrigados do segundo corte, respectivamente.

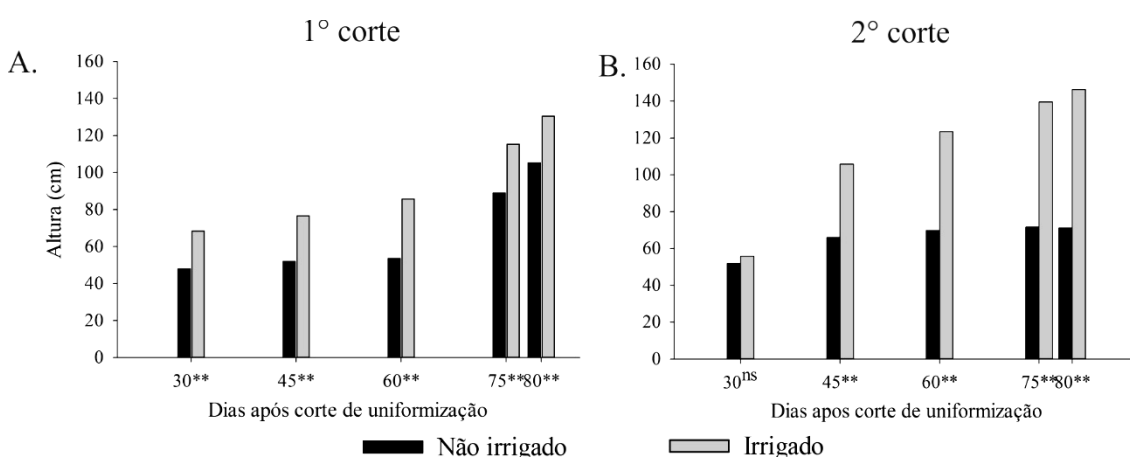


Figura 3. Altura da *Tithonia diversifolia* aos 30, 45, 60, 75 e 80 dias após corte de uniformização em dois cultivos consecutivos. ** = significativo ao nível de 1% do teste F e ns = não significativo.

O Índice de Área Foliar (IAF) foi influenciado significativamente pelo fator irrigação ($p \leq 0,05$), apenas no primeiro corte. Os tratamentos irrigados apresentaram IAF, em média, 187% superior aos tratamentos cultivados em regime não irrigado (Figura 4).

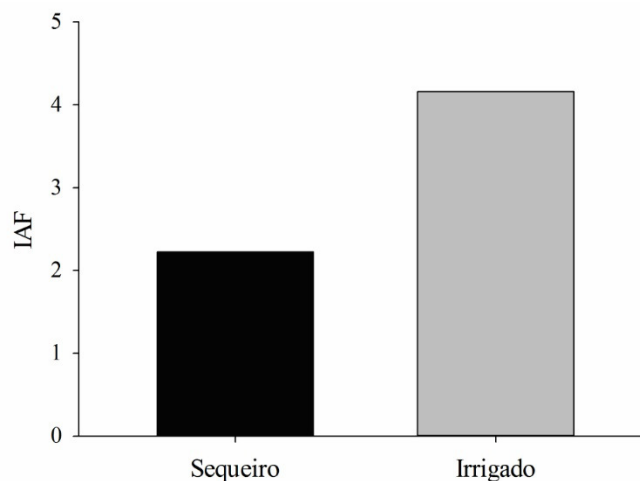


Figura 4. Índice de Área Foliar (IAF) da *Tithonia diversifolia* adubada com biofertilizante bovino em sistema de cultivo irrigado e em sequeiro.

Humphreys (1991) relata que, de maneira geral, em pastagens, valores de IAF crítico situam-se entre 3 e 5, sendo que nessa faixa a interceptação luminosa é de aproximadamente 95%. Nesse valor crítico a taxa de crescimento de qualquer forrageira estaria próxima do seu valor máximo (Brougham, 1956; Borges et al., 2011). No primeiro corte, os valores de IAF encontrados nas plantas de *T. diversifolia* irrigadas e não irrigadas foram de 4,16 e 2,22, respectivamente, demonstrando que apenas as plantas irrigadas atingiram o IAF crítico. Vale lembrar que os dados de referência encontrados na literatura (Borges et al., 2011; Moreira et al., 2015) se referem a gramíneas forrageiras, cuja estrutura da parte aérea se difere drasticamente de *T. diversifolia*.

Os efeitos positivos da irrigação em culturas forrageiras foram comprovados por diversos estudos (Andrade et al., 2005; Gomes et al., 2015; Schwerz et al., 2015). A redução no crescimento e desenvolvimento pode ser considerada um comportamento natural das plantas contra o déficit hídrico. A falta de água disponível às plantas promove diminuição do turgor das células, provocando menor expansão foliar (Taiz e Zeiger, 2013). Adicionalmente, a baixa disponibilidade de água no solo impede o bom aproveitamento de nutrientes do substrato. Entretanto, não foi observado a interação entre os fatores irrigação e doses de biofertilizante no presente estudo, para as variáveis de crescimento, desenvolvimento e produtividade, demonstrando que a disponibilidade de água no solo torna-se determinante e primária em relação à obtenção de nutrientes.

O aumento da área foliar de plantas usadas como forrageiras favorece o desempenho animal uma vez que esse órgão contém maiores teores de nutrientes (Salmi et al., 2013) e maior digestibilidade (Silva et al., 2009).

O aumento da dose de biofertilizante bovino favoreceu a produção de clorofila total, clorofila *a* e clorofila *b* nas plantas irrigadas. Esse comportamento foi observado nas plantas adubadas com doses superiores a 15 m³ ha⁻¹ de biofertilizante bovino (Figura 5A, B, C, D, E, F). Comportamento semelhante foi relatado por Erthal et al. (2010) e Catuchi et al. (2012), que observaram que o aumento das doses de adubo fornecido a planta promoveu aumento na atividade fotossintética do capim-Tifton 85 (*Cynodon spp.*), da aveia-preta (*Avena strigosa* Schreb) e da soja (*Glycine max* (L.) Merrill).

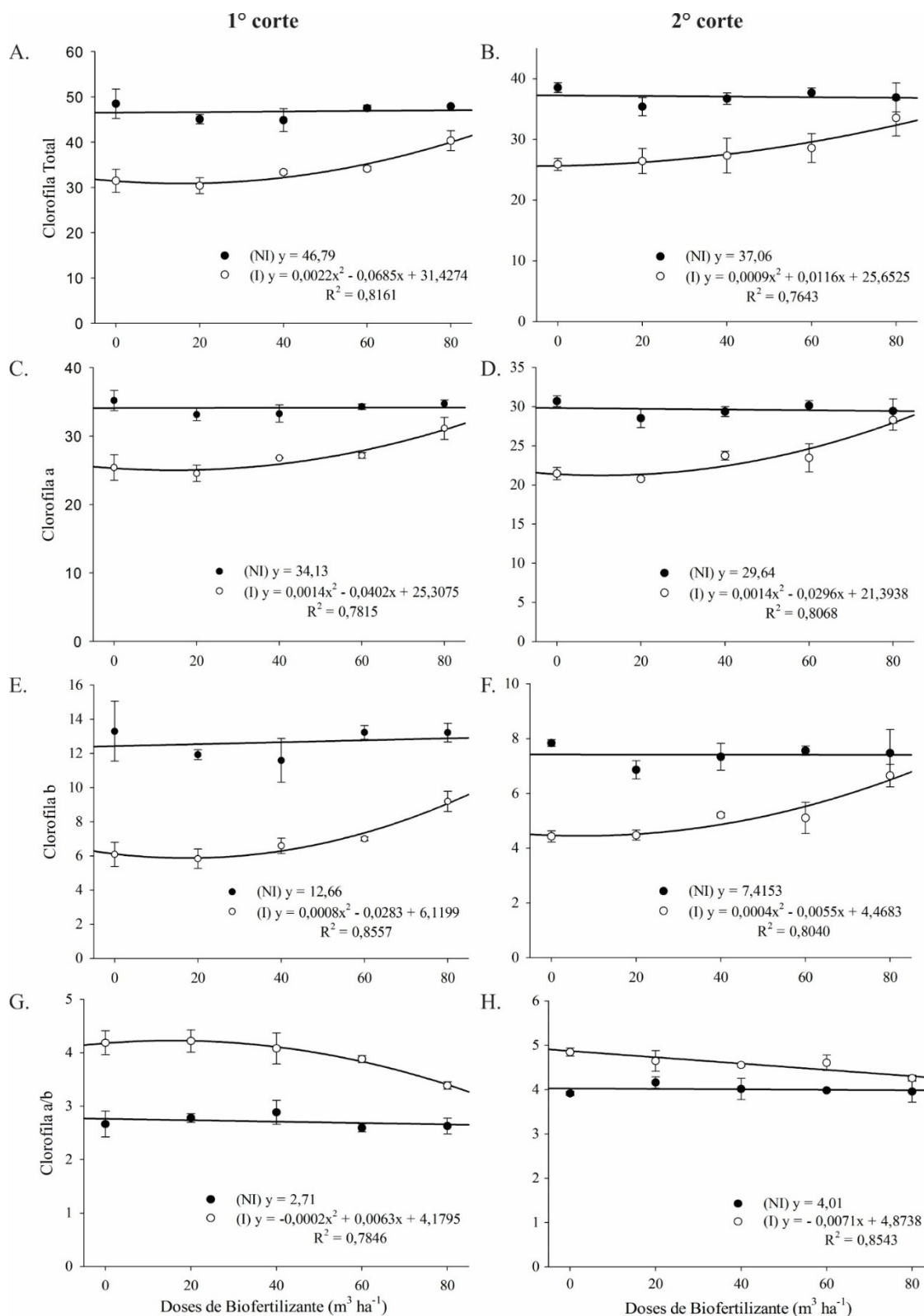


Figura 5. Teores foliares de clorofila total (A e B), clorofila a (C e D), clorofila b (E e F) e razão clorofila a/b (G e H) de *Tithonia diversifolia* adubados com doses crescente de biofertilizante bovino em regime irrigado (I) e não irrigado (NI), em dois cortes consecutivos.

A maior quantidade de adubo disponível no solo irrigado resultou em aumentos médios nos dois cortes de 28,54 para 36,18 (Figura 5A, B), 23,35 para 29,52 (Figura 5C, D) e 5,29 para

7,78 (Figura 5E, F), com ganhos de 26,78, 26,41 e 47,00% nos teores de clorofila total e de clorofila *a* e *b* entre plantas adubadas com doses de biofertilizante bovino de 0 e 80 m³ ha⁻¹, respectivamente.

A elevação do teor de nitrogênio no solo disponível para as plantas contribui para o aumento no teor de clorofila foliar, uma vez que esse elemento faz parte da molécula de clorofila (Malavolta et al., 1997), além de contribuir para a atividade fotossintética das plantas em geral (Campbell e Farrell, 2006; Taiz e Zeiger, 2013). Comparativamente, os efeitos são similares aos relatados por Soratto e Carvalhom (2004) em plantas de feijão e por Coelho et al. (2012) em batata, que observaram que a adubação provoca aumento nos teores de clorofila nas respectivas culturas.

Nos tratamentos não irrigados, as doses de biofertilizante não influenciaram nos teores de clorofila total, *a* e *b*, suas médias nos dois cortes corresponderam a 41,92, 31,88 e 10,03, respectivamente (Figura 5A, B, C, D, E, F). Esse comportamento pode ser explicado pela Lei do Mínimo (Paris et al., 1992), pois, quando o adubo é aplicado em quantidade suficiente para haver elevação do teor de clorofila foliar, essa passa a ser limitada pela baixa disponibilidade de água no solo.

Os valores de clorofila total e de clorofila *a* e *b* nos tratamentos sem irrigação foram maiores do que os apresentados nos tratamentos irrigados (Figura 5A, B e C). Segundo Shahabi et al., (2005), altas concentrações de bicarbonato na rizosfera estão associadas a níveis elevados de pH no citoplasma, aumento da respiração das raízes e da atividade da enzima citocromo-oxidase, além de redução na síntese de clorofila. Conseqüentemente, a adição de bicarbonato no solo por meio da água de irrigação leva à deficiência no teor de clorofila foliar, fato observado neste trabalho, que pode ser explicado pelo teor de bicarbonato (452,80 mg L⁻¹) da água utilizada na irrigação da *T. diversifolia*.

Os valores da relação clorofila *a/b* das plantas de *T. diversifolia* obtidos no primeiro corte (Figura 5G) aumentaram no cultivo irrigado até a dose de biofertilizante bovino de 15,75 m³ ha⁻¹. A partir deste valor, foi observada uma redução na razão clorofila *a/b* das folhas com o aumento da adubação, com o menor valor de 3,40 para a dose de biofertilizante bovino de 80 m³ ha⁻¹. No segundo corte de *T. diversifolia*, os valores da relação clorofila *a/b* nas folhas (Figura 5H) apresentaram comportamento decrescente com o aumento da adubação, o maior valor encontrado foi de 4,87 e o menor de 4,31, referente as doses de 0 e 80 m³ ha⁻¹, respectivamente.

Sob condições de sequeiro, a relação clorofila *a/b* nas folhas de *T. diversifolia* foi, em média nos dois cortes, de 3,36 independentemente da quantidade de biofertilizante bovino aplicado no solo.

Nas plantas adubadas com doses mais elevadas de biofertilizante bovino, em cultivo irrigado, a atividade fotossintética foi favorecida, em comparação com aquelas adubadas com baixas doses desse adubo orgânico. Isso leva a maiores teores de clorofila *b* (Figura 5E, F) em relação a clorofila *a* (Figura 5C, D) e, conseqüentemente, reduz a relação clorofila *a/b* (Figura 5G, H). A queda nessa relação, de acordo com Cancellier et al. (2011) é devido aos teores

mais elevados de clorofila *b* nas folhas, aumentando, assim, a eficácia das reações fotossintéticas. A clorofila *a* participa ativamente do primeiro processo fotoquímico da fotossíntese, enquanto a clorofila *b* tem como principal função a absorção de luz no espectro de comprimento de onda não absorvível pela clorofila *a* (Taiz e Zeiger, 2013).

Encontrou-se interação entre os fatores irrigação e dose de biofertilizante bovino para os teores de K e Mg foliar de *T. diversifolia*, aos 160 DAA, porém não se obteve modelos de regressão que apresentassem adequação ao fenômeno biológico. A adubação com biofertilizante bovino influenciou significativamente ($p \leq 0,05$) apenas o teor foliar de Ca no primeiro corte da *T. diversifolia* (80 dias), porém a análise de regressão não foi significativa. A presença ou ausência de irrigação teve efeito significativo ($p \leq 0,01$) no teor foliar de N, P, Mn e B, aos 80 e 160 dias, K, Ca e Zn, aos 80 dias, e S e Cu, aos 160 dias. O regime hídrico também teve efeito significativo no teor foliar de Fe, aos 160 dias, e Cu, aos 80 dias, porém com nível de significância de 5% (Tabela 4).

Tabela 4. Resumo da Análise de Variância para os teores de macro e micronutrientes foliar da *Tithonia diversifolia* ao fim de dois cultivos consecutivos (80 e 160 dias após adubação) em função de doses de biofertilizante bovino aplicado em solo irrigado e não irrigado.

	FV	Adubação	Irrigação	Ad x Ir	Blocos	Resíduo	CV (%)	Média
	GL	4	1	4	2	18		
Variáveis	Quadrado Médio							
N	80 dias	0,05 ^{ns}	3,47 ^{**}	0,08 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,15	13,88	2,77
	160 dias	0,18 ^{ns}	16,58 ^{**}	0,19 ^{ns}	0,73 ^{ns}	0,13	9,80	3,75
P	80 dias	0,00007 ^{ns}	0,006 ^{**}	0,0002 ^{ns}	0,0002 ^{ns}	0,0003	12,18	0,15
	160 dias	0,001 ^{ns}	0,02 ^{**}	0,001 ^{ns}	0,002 ^{ns}	0,0006	9,61	0,26
K	80 dias	0,03 ^{ns}	2,52 ^{**}	0,01 ^{ns}	0,20 ^{ns}	0,10	13,46	2,38
	160 dias	0,02 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,24 [*]	0,02 ^{ns}	0,06	10,34	2,43
Ca	80 dias	0,13 [*]	3,55 ^{**}	0,09 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,03	8,28	2,15
	160 dias	0,007 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,04	11,10	1,87
Mg	80 dias	0,002 ^{ns}	0,005 ^{ns}	0,001 ^{ns}	0,002 ^{ns}	0,003	17,68	0,30
	160 dias	0,002 ^{ns}	0,0008 ^{ns}	0,004 [*]	0,002 ^{ns}	0,0009	7,89	0,39
S	80 dias	0,001 ^{ns}	0,000003 ^{ns}	0,002 ^{ns}	0,002 ^{ns}	0,001	21,15	0,18
	160 dias	0,0009 ^{ns}	0,04 ^{**}	0,001 ^{ns}	0,002 ^{ns}	0,0008	13,92	0,20
Zn	80 dias	14,38 ^{ns}	252,30 ^{**}	2,22 ^{ns}	16,03 ^{ns}	14,37	20,79	18,23
	160 dias	24,75 ^{ns}	116,03 ^{ns}	103,12 ^{ns}	21,73 ^{ns}	43,84	11,01	60,17
Fe	80 dias	4485,00 ^{ns}	11252,00 ^{ns}	5460,40 ^{ns}	5449,90 ^{ns}	4846,00	19,88	350,10
	160 dias	24,78 ^{ns}	572,03 [*]	181,62 ^{ns}	370,53 ^{ns}	103,13	11,68	86,97
Mn	80 dias	577,00 ^{ns}	32472,00 ^{**}	1124,00 ^{ns}	791,00 ^{ns}	1150,00	32,98	102,83
	160 dias	32,33 ^{ns}	730,13 ^{**}	67,47 ^{ns}	15,10 ^{ns}	23,58	17,34	28,00
Cu	80 dias	0,12 ^{ns}	3,33 [*]	0,25 ^{ns}	0,23 ^{ns}	0,57	24,02	3,13
	160 dias	6,12 ^{ns}	504,30 ^{**}	1,55 ^{ns}	6,03 ^{ns}	4,11	20,33	9,97
B	80 dias	75,70 ^{ns}	17846,20 ^{**}	82,90 ^{ns}	284,40 ^{ns}	144,00	13,26	90,52
	160 dias	54,60 ^{ns}	9720,00 ^{**}	57,40 ^{ns}	203,40 ^{ns}	108,70	10,78	96,76

FV = fator de variação, GL = graus de liberdade; Ad x Ir = interação entre os fatores adubação e irrigação; CV = coeficiente de variação; ** = significativo ao nível de 1% do teste F; * = significativo ao nível de 5% e ns = não significativo

A irrigação contribuiu para o incremento no teor de P e K aos 80 DAA nas folhas de *T. diversifolia*, diferindo dos tratamentos não irrigados em 0,03 e 0,58 dag kg⁻¹, respectivamente (Tabela 5). Aumento nos teores foliares de P e K em função da irrigação também foram constatados por outros autores (Gunes et al., 2006; Kumar e Dey, 2011; Zhang et al., 2014). A água é, provavelmente, o fator mais importante no processo de absorção de nutrientes no solo e transporte dos elementos essenciais por meio do xilema e floema (Taiz e Zeiger, 2013).

Tabela 5. Teor de macronutrientes em folhas de *Tithonia diversifolia* em dois cortes consecutivos, em resposta a diferentes regimes hídricos

Variável	Lâmina de irrigação	Doses de biofertilizante bovino (m ³ ha ⁻¹)					Média	
		0	20	40	60	80		
		% ETo	----- dag kg ⁻¹ -----					
N (80 dias)	0		3,10	3,17	2,93	3,17	3,17	3,11 A
	100		2,33	2,20	2,53	2,40	2,67	2,43 B
	Média		2,72	2,68	2,73	2,78	2,92	-
N (160 dias)	0		4,47	4,40	4,33	4,70	4,57	4,49 A
	100		2,87	2,70	3,20	2,80	3,47	3,01 B
	Média		3,67	3,55	3,77	3,75	4,02	-
P (80 dias)	0		0,14	0,14	0,14	0,14	0,13	0,14 B
	100		0,15	0,17	0,17	0,17	0,16	0,17 A
	Média		0,15	0,15	0,16	0,16	0,15	-
P (160 dias)	0		0,26	0,27	0,29	0,29	0,32	0,28 A
	100		0,23	0,22	0,24	0,22	0,23	0,23 B
	Média		0,25	0,24	0,27	0,25	0,28	-
K (80 dias)	0		2,13	2,10	2,03	1,97	2,23	2,09 B
	100		2,57	2,70	2,70	2,63	2,77	2,67 A
	Média		2,35	2,40	2,37	2,30	2,50	-
K (160 dias)	0		2,20	2,57	2,57	2,53	2,40	2,45 A
	100		2,83	2,33	2,20	2,30	2,40	2,41 A
	Média		2,52	2,45	2,38	2,42	2,40	-
Ca (80 dias)	0		2,24	2,52	2,91	2,51	2,29	2,49 A
	100		1,84	1,72	1,87	1,85	1,76	1,81 B
	Média		2,04	2,12	2,39	2,18	2,03	-
Ca (160 dias)	0		1,82	1,87	1,74	1,87	1,87	1,83 A
	100		1,98	1,94	1,92	1,80	1,88	1,90 A
	Média		1,90	1,90	1,83	1,84	1,88	-
Mg (80 dias)	0		0,30	0,33	0,35	0,34	0,27	0,32 A
	100		0,31	0,28	0,30	0,29	0,28	0,29 A
	Média		0,31	0,31	0,33	0,31	0,27	-
Mg (160 dias)	0		0,39	0,34	0,36	0,44	0,38	0,38 A
	100		0,43	0,41	0,39	0,37	0,37	0,39 A
	Média		0,41	0,38	0,37	0,41	0,37	-
S (80 dias)	0		0,19	0,16	0,18	0,20	0,16	0,18 A
	100		0,16	0,17	0,21	0,16	0,20	0,18 A
	Média		0,17	0,16	0,20	0,18	0,18	-
S (160 dias)	0		0,24	0,21	0,23	0,26	0,25	0,24 A
	100		0,18	0,16	0,17	0,14	0,17	0,16 B
	Média		0,21	0,18	0,20	0,20	0,21	-

Para cada variável, médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si ($p < 0,05$) pelo teste F.

As folhas de *T. diversifolia* quando cultivadas em sistema não irrigado tiveram maior teor de N, aos 80 e 160 DAA, de Ca, aos 80 DAA e de P e S, aos 160 DAA, resultando em ganhos

médios de 0,68 e 1,48 dag kg⁻¹ de N no primeiro e segundo corte, respectivamente, de 0,68 dag kg⁻¹ de Ca no primeiro corte e de 0,05 e 0,08 dag kg⁻¹ de P e S, respectivamente, no segundo corte (Tabela 5).

A irrigação de *T. diversifolia* promoveu aumento nos teores foliares de Zn e Cu, aos 80 DAA e de B, aos 80 e 160 DAA, resultando em incrementos médios de 5,80 e 0,67 mg kg⁻¹ de Zn e Cu, respectivamente, no primeiro corte e de 48,78 e 36,00 mg kg⁻¹ de B no primeiro e segundo corte, respectivamente (Tabela 6). Aumento nos teores foliares de Zn, Cu e B em função da irrigação também foram constatados por outros autores (Gunes et al., 2006; Zhang et al., 2014).

Tabela 6. Teor de micronutrientes em folhas de *Tithonia diversifolia* em dois cortes consecutivos, em resposta a diferentes regimes hídricos

Variável	Lâmina de irrigação	Doses de biofertilizante bovino (m ³ ha ⁻¹)					Média
		0	20	40	60	80	
		% ETo	mg kg ⁻¹				
Zn (80 dias)	0	13,00	18,00	14,00	16,00	15,67	15,33 B
	100	19,67	22,67	21,00	22,33	20,00	21,13 A
	Média	16,33	20,33	17,50	19,17	17,83	-
Zn (160 dias)	0	58,00	56,33	60,67	64,00	71,67	62,13 A
	100	61,00	59,67	57,33	58,33	54,67	58,20 A
	Média	59,50	58,00	59,00	61,17	63,17	-
Fe (80 dias)	0	440,00	383,33	338,67	378,00	307,33	369,47 A
	100	302,00	350,00	361,00	341,33	299,33	330,73 A
	Média	371,00	366,67	349,83	359,67	303,33	-
Fe (160 dias)	0	93,33	84,67	98,33	93,00	87,33	91,33 A
	100	77,00	86,67	79,33	78,33	91,67	82,60 B
	Média	85,17	85,67	88,83	85,67	89,50	-
Mn (80 dias)	0	156,00	124,00	126,33	163,33	109,00	135,73 A
	100	71,00	65,00	72,00	63,00	78,67	69,93 B
	Média	113,50	94,50	99,17	113,17	93,83	-
Mn (160 dias)	0	41,67	31,33	29,00	34,00	28,67	32,93 A
	100	22,33	22,67	23,00	20,67	26,67	23,07 B
	Média	32,00	27,00	26,00	27,33	27,67	-
Cu (80 dias)	0	2,67	3,00	2,67	3,00	2,67	2,80 B
	100	3,33	3,67	3,67	3,00	3,67	3,47 A
	Média	3,00	3,33	3,17	3,00	3,17	-
Cu (160 dias)	0	14,00	13,00	12,67	15,00	15,67	14,07 A
	100	7,00	4,67	5,33	5,67	6,67	5,87 B
	Média	10,50	8,83	9,00	10,33	11,17	-
B (80 dias)	0	67,47	66,10	76,70	60,00	60,40	66,13 B
	100	113,67	118,90	113,70	112,23	116,07	114,91 A
	Média	90,57	92,50	95,20	86,12	88,23	-
B (160 dias)	0	77,13	83,70	80,47	73,27	79,23	78,76 B
	100	116,07	115,20	107,97	113,53	121,03	114,76 A
	Média	96,60	99,45	94,22	93,40	100,13	-

Para cada variável, médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si ($p < 0,05$) pelo teste F

O cultivo da *T. diversifolia* em regime hídrico não irrigado apresentou maiores teores foliares de Fe e Cu, aos 160 DAA, e Mn, aos 80 e 160 DAA, quando comparado com os tratamentos irrigados, resultado em ganhos médios de 8,73 e 8,20 mg kg⁻¹ de Fe e Cu, respectivamente, no segundo corte e de 65,80 e 9,86 mg kg⁻¹ de Mn no primeiro e segundo corte, respectivamente (Tabela 6).

O teor de bicarbonato na água de irrigação pode ser considerado dentro de níveis aceitáveis entre 0 e 160 mg L⁻¹ (Roosta, 2011). Neste sentido, os altos teores de bicarbonato encontrados na água de irrigação utilizada nessa pesquisa (453 mg L⁻¹) podem ter reduzido a solubilidade de alguns nutrientes no solo e causado a menor absorção e teores de N, P, Ca S, Fe, Mn e Cu nas plantas do sistema irrigado, em comparação àquelas dos tratamentos não irrigados (Tabela 5, 6).

A concepção de que o bicarbonato pode interferir na absorção de nutrientes pelas plantas não é recente, porém os mecanismos celulares por meio dos quais tal efeito se manifesta e como o bicarbonato interfere na absorção e disponibilização de cada nutriente essencial ainda não são bem claros. Diversos estudos apontam a relação do aumento no teor de bicarbonato na água de irrigação com a diminuição no teor foliar de Fe (Shahabi et al., 2005; Colla et al., 2010; Roosta, 2011), porém essa relação não é bem definida quando se trata de outros nutrientes. Teores foliares de Mg aumentaram sob altas concentrações de HCO₃ no meio de cultivo, como relatado para os cultivos de maçã (Shahabi et al., 2005), espinafre (Assimakopoulou, 2006) e melancia (Colla et al., 2010). No tabaco, o teor de Mg permaneceu inalterado (Pearce et al., 1999) e na azeitona diminuiu (Guardia e Alcantara, 2002), também sob altas concentrações de HCO₃. O bicarbonato também tem sido considerado como causador de deficiência de Zn (Yang et al., 1993), como observado em plantas de maçã (Shahabi et al., 2005), espinafre (Assimakopoulou, 2006) e melancia (Colla et al., 2010).

Atualmente, tem-se o conhecimento que altas concentrações de bicarbonato na água de irrigação promovem o aumento do pH do solo, o que tem efeito indireto na disponibilidade de nutrientes para as plantas (Roosta, 2011; White, 2012). Além disso, tem sido relatado o efeito de altas concentrações de bicarbonato na diminuição da relação raiz/parte aérea, o que ocasiona desvantagens fisiológicas, pois além de diminuir o volume de solo explorado pelo sistema radicular, também reduz a relação fonte/dreno (Assimakopoulou, 2006; Taiz e Zeiger, 2013; White, 2012).

Esses resultados demonstram que a *T. diversifolia* apresenta alto potencial produtivo quando irrigada, porém, quando cultivada em sequeiro, a espécie consegue sobreviver sem esse recurso mesmo quando submetida a corte em período de restrição hídrica. Deve-se, ainda, ressaltar que essa planta aparenta não possuir grandes exigências quanto a fertilidade do solo, tendo em vista que neste ensaio, a incorporação de biofertilizante bovino não resultou em ganhos produtivos e nutricionais às plantas.

Sendo assim, a realização de novos estudos sobre a exigência nutricional da *T. diversifolia* em solos com baixa fertilidade natural são de suma importância para se estabelecer

recomendações de adubação. Quanto ao cultivo irrigado, é importante que novos estudos esclareçam o efeito da aplicação de água de irrigação rica em bicarbonato na qualidade da *T. diversifolia* quando utilizada como forragem ou adubo verde.

CONCLUSÕES

A adubação com biofertilizante bovino não favorece a produtividade, o crescimento e o teor foliar de nutrientes da *Tithonia diversifolia*.

A irrigação com lâmina de 100% da evapotranspiração de referência promove ganhos de produtividade, de índice de área foliar e altura de *Tithonia diversifolia*.

O aumento da dose de biofertilizante bovino favorece o teor de clorofila total e de clorofila *a* e *b* nas folhas de *Tithonia diversifolia*.

A irrigação promove maior teor de potássio, zinco e boro em plantas de *Tithonia diversifolia*, no entanto, reduz os teores foliares de nitrogênio, cálcio, enxofre, ferro e manganês.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ajayi AF, Farinu GO, Ojebiyi OO, Olayeni TB (2007). Performance Evaluation of Male Weaner Rabbits Fed Diets Containing Graded Levels of Blood-Wild Sunflower Leaf Meal Mixture, World J. Agric. Sci. 3(2): 250-255.
- Allen RG, Pereira LS, Raes D, Smith M (1998). Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements, Irrigation and drainage paper 56, FAO Rome.
- Alvares CA, Stape JL, Sentelhas PC, Gonçalves JLM, Sparovek G (2014). Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorol Z. 22(6): 711–728.
- Andrade AC, Fonseca DM, Lopes RS, Nascimento Júnior D, Cecon PR, Queiroz DS, Pereira DH, Reis ST (2005). Características morfogênicas e estruturais do capim-elefante 'Napier' adubado e irrigado. Ciênc. Agrotec. 29(1): 150-159.
- Assimakopoulou, A (2006). Effect of iron supply and nitrogen form on growth, nutritional status and ferric reducing activity of spinach in nutrient solution culture. Sci. Hortic.-Amsterdam. 110(1): 21–29.
- Azevedo BM, Bastos FGC, Viana TVA, Rêgo JL, D'ávila JHT (2005). Efeitos de níveis de irrigação na cultura da melancia. Rev. Ciênc. Agron. 36(1): 9-15.
- Borges BMMN, Silva Júnior LC, Lucas, FT, Silva WJ (2011). Relação entre o fluxo luminoso interceptado em diferentes épocas no índice de área foliar de diferentes forrageiras, Semina: Ciências Agrárias, 32(4): 1589-1594.
- Brougham RM (1956). Effect of intensity of defoliation on regrowth. Herb. Abstr., Farnham Royal, 38(1): 1-9.
- Campbell MK, Farrell SO (2006). Bioquímica, 5. ed., Thomson, São Paulo.
- Cancellier EL, Barros HB, Kischel E, Gonzaga LAM, Brandão DR, Fidelis RR (2011). Eficiência agrônômica no uso de nitrogênio mineral por cultivares de arroz de terras altas. Revista Brasileira de Ciências Agrárias, 6(4): 650-656.

- Catuchi TA, Guidorizzi FVC, Guidorizi KA, Barbosa AM, Souza GM (2012). Respostas fisiológicas de cultivares de soja à adubação potássica sob diferentes regimes hídricos. *Pesq. Agropec. Bras.* 47(4): 519-527.
- Coelho FS, Fontes PCR, Finger FL, Cecon PR (2012). Avaliação do estado nutricional do nitrogênio em batateira por meio de polifenóis e clorofila na folha. *Pesq. Agropec. Bras.* 47(4): 584-592.
- Colla G, Roupshael Y, Cardarelli M, Salerno A, Rea E (2010). The effectiveness of grafting to improve alkalinity tolerance in watermelon. *Environmen. Exp. Bot.* 68(3): 283-291.
- EMBRAPA (2013). Sistema brasileiro de classificação de solos. 3. ed., Embrapa Informação Tecnológica, Rio de Janeiro.
- Erthal VJT, Ferreira PA, Pereira OG, Matos AT (2010). Características fisiológicas, nutricionais e rendimento de forrageiras fertigadas com água residuária de bovinocultura. *R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental*, 14(5): 458-466.
- Eze JM (1973). The vegetative growth of *Helianthus annuus* and *Phaseolus vulgaris* as affected by seasonal factors in Freetown, Sierra Leone. *Ann. Bot.* 37(2): 315-329.
- FALKER (2008). Manual do medidor eletrônico de teor clorofila (ClorofiLOG/CFL 1030), Porto Alegre.
- Fasuyi AO, Afolabi AA (2013). Protein supplementation value of sun-dried ensiled sunflower (*Tithonia diversifolia*) in grower pigs: Growth performance and nitrogen utilization. *Afr. J. Food Sci.* 7(9): 344-349.
- Fonseca DM, Martuscello JA (2011). Plantas Forrageiras. Editora UFV, 1. ed., Viçosa, 537p.
- Gomes EP, Rickli ME, Cecato U, Vieira CV, Sapia JG, Sanc AC (2015). Produtividade de capim Tifton 85 sob irrigação e doses de nitrogênio. *R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental*, 19(4): 317-323.
- Guardia MD, Alcantara E (2002). Bicarbonate and low iron level increase root to total plant weight ratio in olive and peach rootstock. *J. Plant Nutr.* 25(5): 1021-1032.
- Gunes A, Cicek N, Inal A, Alpaslan M, Eraslan F, Guneri E, Guzelordu T (2006). Genotypic response of chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars to drought stress implemented at pre- and post-anthesis stages and its relations with nutrient uptake and efficiency. *Plant Soil Environ.* 52(8): 368 -376.
- Humphreys LR (1991). Tropical pasture utilization. Cambridge University Press, 1.ed., Cambridge, 206p.
- Kumar S, Dey P (2011). Effects of different mulches and irrigation methods on root growth, nutrient uptake, water-use efficiency and yield of strawberry. *Sci. Hortic.-Amsterdam.* 127(3): 318-324.
- Mahecha L, Rosales M (2005). Valor nutricional del follaje de Botón de Oro (*Tithonia diversifolia* [Hemsl]. Gray) en la producción animal en el trópico. *Livestock Research for Rural Development*, 17(9): 100.
- Malavolta E, Vitti GC, Oliveira AS (1997). Avaliação do estado nutricional de plantas: princípios e aplicações, 2.ed., Potafos, Piracicaba.

- MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2007). Manual de métodos analíticos oficiais para fertilizantes minerais, orgânicos, organominerais e corretivos, MAPA, Brasília, 141p.
- Medina MLB, Carreño RJD (1999). Evacuación del material foliar de rayo de sol como posible fuente de xantofilas. *Agronomía Trop.* 49(4): 373-390.
- Moreira AL, Fagundes JL, Yoshihara E, Backes AA, Barbosa LT, Oliveira Júnior LFG, Santos GRA, Santos MASA (2015). Acúmulo de forragem em pastos de Tifton 85 adubados com nitrogênio e manejados sob lotação contínua. *Semina: Ciências Agrárias*, 36(3): 2275-2286.
- Odedire JA, Oloidi FF (2014). Feeding Wild Sunflower (*Tithonia diversifolia* Hemsl., A. Gray) to West African Dwarf Goats as a Dry Season Forage Supplement. *World Journal of Agricultural Research*, 2(6): 280-284.
- Osuga IM, Abdulrazak SA, Muleke CI, Fujihara T (2012). Potential nutritive value of various parts of wild sunflower (*Tithonia diversifolia*) as source of feed for ruminants in Kenya. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 10(2): 632-635.
- Owoyele VB, Wuraola CO, Soladoye AO, Olaleye SB (2004). Studies on the anti-inflammatory and analgesic properties of *Tithonia diversifolia* leaf extract. *J. Ethnopharmacol.* 90(2): 317-321.
- Paris Q (1992). The return of von Liebig's 'Law of the Minimum'. *Agron. J.* 84(6): 1040-1046.
- Pearce RC, Li Y, Bush LP (1999). Calcium and bicarbonate effects on the growth and nutrient uptake of burley tobacco seedlings: Float system. *J. Plant Nutr.* 22(7): 1079-1090.
- Reis MM, Cruz LR, Costa GA, Barros RE, Tuffi Santos LD (2015). Potencial forrageiro da *Tithonia diversifolia* na alimentação animal. *Caderno de Ciências Agrárias*, 7(1): 233-245.
- Ribeiro AC, Guimarães PTG, Alvarez V VH (1999). Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação. Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, Viçosa.
- Rivera U, Sanginés-García JR, Escobedo-Mex JG, Chuc F, Lorca JA, Lara PE (2010). Effect of diet inclusion of *Tithonia diversifolia* on feed intake, digestibility and nitrogen balance in tropical sheep. *Agroforest. Syst.* 80(2): 295-302.
- Roosta, H. R (2011). Interaction between water alkalinity and nutrient solution ph on the vegetative growth, chlorophyll fluorescence and leaf magnesium, iron, manganese, and zinc concentrations in lettuce. *J. Plant Nutr.* 34(5): 717-731.
- Ruíz TE, Febles GJ, Galindo JL, Savón LL, Chongo BB, Torres V, Cino DM, Alonso J, Martínez Y, Gutiérrez D, Crespo GJ, Mora L, Scull I, La O O, González J. Lok S, González N, Zamora A (2014). *Tithonia diversifolia*, its possibilities in cattle rearing systems. *Cuban J. Agr. Sci.* 48(1): 79-82.
- Salmi AP, Guerra JGM, Abboud ACS, Gonçalves Júnior M (2013). Avaliação agrônômica da rebrota, dinâmica de decomposição e liberação de nutrientes de flemingia (*Flemingia macrophylla* (Willd.) Kuntze ex Merr.). *Rev. Ceres*, 60(5): 735-743.

- Santos CAB, Rocha MVC, Espindola JAA, Guerra JGM, Almeida DL, Ribeiro RLD (2013). Cultivo agroecológico de berinjaleira sob doses de adubação orgânica em coberturas vivas perenes. *Hortic. Bras.* 31(2): 311-316.
- Sao NV, Mui NT, Binh DV (2010). Biomass production of *Tithonia diversifolia* (Wild Sunflower), soil improvement on sloping land and use as high protein foliage for feeding goats. *Livestock Research for Rural Development*, 22(8): 151.
- Silva ARA, Bezerra FML, Sousa CCM, Pereira Filho JV, Freitas CAS (2011). Desempenho de cultivares de girassol sob diferentes lâminas de irrigação no Vale do Curu, CE. *Rev. Ciênc. Agron.* 42(1): 57-64.
- Silva FC (2009a). Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. 2. ed, Embrapa Solos, Rio de Janeiro.
- Silva VP, Almeida FQ, Morgado ES, França AB, Ventura HT, Rodrigues LM (2009). Digestibilidade dos nutrientes de alimentos volumosos determinada pela técnica dos sacos móveis em equinos. *R. Bras. Zootec.* 38(1): 82-89.
- Shahabi A, Malakouti MJ, Fallahi E (2005). Effects of Bicarbonate Content of Irrigation Water on Nutritional Disorders of Some Apple Varieties. *J. Plant Nutr.* 28(9): 1663-1678.
- Soratto RP, Carvalho MAC, ARF O (2004). Teor de clorofila e produtividade do feijoeiro em razão da adubação nitrogenada. *Pesq. Agropec. Bras.* 39(9): 895-901, set. 2004.
- Schwerz T, Jakelaitis A, Teixeira MB, Soares FAL, Tavares CJ (2015). Produção de girassol cultivado após soja, milho e capim-marandu, com e sem irrigação suplementar. *R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental*, 19(5): 470-475.
- Taiz L, Zeiger E (2013). *Fisiologia Vegetal*. 5.ed., Artmed, Porto Alegre.
- White PJ (2012). Ion Uptake Mechanisms of Individual Cells and Roots: Short-distance Transport. In: Marschner P. (Eds.), *Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants*. 3 ed. Elsevier, Oxford, 2: 7-47.
- Yang X, Romheld V, Marschner H (1993). Effect of bicarbonate and root zone temperature on uptake of Zn, Fe, Mn and Cu by different rice cultivars (*Oryza sativa* L.) grown in calcareous soil. *Plant Soil*, 155/156(1): 441-444.
- Zapata A, Silva BE (2010). Reconversión ganadera y sistemas silvopastoriles en el Departamento de Risaralda y el Eje Cafetero de Colombia. Ed. Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales Sede Chile, Colombia.
- Zhang Y, Yao Q, Li J, Hu Y, Chen J (2014). Growth response and nutrient uptake of *Eriobotrya japonica* plants inoculated with three isolates of arbuscular mycorrhizal fungi under water stress condition. *J. Plant Nutr.* 37(5): 690-703.

4.2 ARTIGO 2 - Atributos químicos do solo e quantidade de nutrientes em *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray adubada com biofertilizante bovino com e sem irrigação

Este artigo foi elaborado conforme normas da revista African Journal of Agricultural Research

Atributos químicos do solo e quantidade de nutrientes em *Tithonia diversifolia* (Hemsl.)

A. Gray adubada com biofertilizante bovino com e sem irrigação

Resumo: A irrigação em associação a adubação com biofertilizante favorecem as propriedades químicas do solo e aumentam a absorção de nutrientes pelas plantas em regiões semiáridas. Avaliou-se, nesta pesquisa, os efeitos de doses de biofertilizante bovino e da irrigação nos atributos químicos do solo e nos teores foliares de nutrientes em plantas de *T. diversifolia*. No ensaio realizado na região semiárida brasileira, utilizou-se esquema fatorial 5 x 2, sendo doses de biofertilizante bovino (0, 20, 40, 60 e 80 m³ ha⁻¹) combinado com e sem irrigação. O delineamento estatístico do experimento foi em blocos casualizados com três repetições. A irrigação promoveu aumento na quantidade de N, P, K, Ca, Mg, S, Zn, Fe, Mn, Cu e B acumulado em folhas de *Tithonia diversifolia* no primeiro corte. Porém, a alta concentração de bicarbonato na água de irrigação e a presença de chuvas durante o segundo cultivo tornou maior a quantidade acumulada de Cu nas folhas de *Tithonia diversifolia* em sequeiro, quando comparado com as plantas irrigadas. O aumento da dose de biofertilizante bovino contribuiu para o aumento da saturação por bases e dos teores de matéria orgânica, P e K no solo.

Palavras-chave: adubação orgânica, Titônia, fertilidade do solo, absorção de nutrientes, regime hídrico, forragem.

INTRODUÇÃO

O uso de biofertilizantes em sistemas irrigados e em sequeiro na produção de forrageiras tropicais não tradicionais é escasso. Dentre as plantas com potencial forrageiro destaca-se a *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray que é um arbusto da família Asteraceae, originária da América Central e amplamente distribuída nas regiões tropicais (Pérez et al., 2009; Rivera et al., 2010). Conhecida popularmente como girassol mexicano, titônia, falso girassol, wild sunflower e quil amargo (Nash, 1976), essa planta é utilizada na alimentação animal (Fasuyi; Afolabi, 2013), como adubo verde, cobertura vegetal do solo, matéria-prima na indústria farmacêutica, cerca viva e quebra vento, entre outros (Reis et al., 2015). No Brasil é frequentemente encontrada nas margens de estradas, pastagens e em terrenos baldios sendo considerada planta daninha em algumas situações.

A *T. diversifolia* é apontada como uma promissora fonte de alimentos para animais por ser uma planta perene, com rápido crescimento e alta capacidade de recuperação após o corte, mesmo naqueles rentes ao solo, além de atingir produção de biomassa entre 30 e 70 t ha⁻¹ de forragem verde (Mahecha e Rosales, 2005; Zapata; Silva, 2010) e alto valor nutricional nas folhas (Ruíz et al., 2014). No entanto, não há relatos na literatura sobre as exigências hídricas e de fertilidade do solo dessa espécie, o que dificulta o manejo tecnificado quando de seu cultivo.

Na melhoria da fertilidade dos solos pode ser utilizado biofertilizantes, produzidos em biodigestores anaeróbios, tornando-se uma alternativa interessante para o reaproveitamento de

dejetos orgânicos na produção de alimentos, uma vez que possuem alto teor energético e quantidades expressivas de macro e micronutrientes (Amaral et al., 2004).

A matéria orgânica, fornecida a partir do biofertilizante ou qualquer outro fertilizante orgânico, melhora as características químicas e físicas do solo além de reduzir os gastos com adubos químicos (Gabiatti et al., 2007).

Tão importante quanto a reutilização de resíduos e a redução do custo de produção com a adubação orgânica é conhecer a relação da água de irrigação nos processos de disponibilização de nutrientes no solo e absorção desses nutrientes pelas plantas (Shahabi et al., 2005; Roosta, 2011) o que está intimamente relacionado as características do solo.

Nesta pesquisa, avaliou-se o efeito do uso do biofertilizante bovino com e sem irrigação nos atributos químicos do solo e na quantidade de macro e micronutrientes acumulados nas folhas de *Tithonia diversifolia*.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado na fazenda experimental Professor Hamilton de Abreu Navarro, do Instituto de Ciências Agrárias (ICA) da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), campus Montes Claros, MG. A área experimental está localizada na latitude 16°40'57,70" Sul, longitude 43°50'19,62" Oeste e altitude média de 650 m.

O clima da região é classificado, segundo Köppen, como As, com temperatura média mensal variando de 22,8 (janeiro) a 18,3 °C (julho) e a precipitação média anual de 1.096 mm (Alvares et al., 2014). O solo foi classificado como Cambissolo Háplico eutrófico de textura argilo-siltosa (EMBRAPA, 2013). Amostras de solo na camada de 0-0,20 m de profundidade da área de cultivo foram coletadas para a caracterização físico-química (Tabela 1).

Tabela 1. Características físico-químicas do solo da área experimental, na camada de 0 - 0,20 m de profundidade

pH	M.O	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	CTC	V	Areia	Silte	Argila
em H ₂ O	g kg ⁻¹	-- mg dm ⁻³ --	--	-----	cmolc dm ⁻³ -----	-----	-----	-----	-----	% -----	-----	-----
7,67	36,60	1,88	137,67	7,07	1,60	0,00	1,05	10,06	89,67	19,47	38,80	41,73

pH em água destilada. P e K, extrator Mehlich-1. M.O - Matéria orgânica. V - Saturação por bases.

O delineamento estatístico do experimento foi em blocos casualizados com três repetições, arranjado em esquema fatorial 5 x 2, consistindo de cinco doses de biofertilizante bovino (0, 20, 40, 60 e 80 m³ ha⁻¹) e dois manejos da irrigação (com e sem aplicação de água via irrigação). Essas doses de biofertilizante bovino correspondem a 0, 50, 100, 150 e 200% da recomendação de N a ser fornecida para plantas de girassol (Ribeiro et al., 1999). Como não há recomendações de adubação na literatura científica para *T. diversifolia*, foi utilizado como base à recomendação de adubação com N para o girassol devido à proximidade botânica e morfológica entre as espécies.

O biofertilizante bovino utilizado no estudo foi produzido em biodigestor modelo solar e caracterizado quimicamente (Tabela 2), conforme metodologia proposta por MAPA (2007). As doses de biofertilizante bovino corresponderam foram aplicadas nos sulcos três dias antes do plantio (03/12/2014) e, em cobertura (21/06/2015), após corte de uniformização na *T. diversifolia* a 0,40 m do solo com o objetivo de se iniciar as avaliações.

Tabela 2. Características químicas do biofertilizante bovino (BFB) aplicado no plantio e em cobertura, e quantidades de nutrientes aplicados com as diferentes doses de biofertilizante bovino

Material	Características químicas do biofertilizante bovino												
	CE dS m ⁻¹	pH em CaCl ₂	MO	CO	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	Mn	Fe	Mg	S	Na
	----- g L ⁻¹ -----												
BFB	5,27	7,66	16,51	9,14	1,56	1,30	1,76	0,56	0,76	0,32	0,69	0,22	0,26
Doses (m ³ ha ⁻¹)	Quantidade de nutrientes aplicados (kg ha ⁻¹)												
	Biofertilizante bovino aplicado no plantio e cobertura												
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg	MO	CO	CaO	Na	Mn	Fe	S		
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
20	30,70	25,60	34,6	13,6	325,00	180,00	11,00	5,20	1,50	6,30	4,40		
40	61,40	51,20	69,20	27,20	650,00	360,00	22,00	10,40	3,00	12,60	8,80		
60	92,10	76,80	103,80	40,80	970,00	540,00	33,00	15,60	4,50	18,90	13,20		
80	122,80	102,40	138,40	54,40	1300,00	720,00	44,00	20,80	6,00	25,20	17,60		

pH em CaCl₂; CE – Condutividade elétrica; MO – Matéria orgânica; CO – Carbono orgânico.

O plantio da *T. diversifolia* foi realizado em dezembro de 2014, utilizando-se partes do caule de plantas cultivadas no ICA/UFMG, nos quais foram distribuídos em esquema pé-com-ponta nos sulcos de plantio, a uma profundidade de 0,10 m, e posteriormente cortados a cada 0,40 m. As parcelas experimentais foram compostas por quatro sulcos com espaçamento de 1,0 m entre linhas e 3 m de comprimento, totalizando 12 m² de área total por parcela. Uma área útil de 4 m² foi delimitada no centro de cada parcela.

Nos tratamentos com reposição hídrica, foi utilizado o método de irrigação localizada por gotejamento. Tubos de polietileno foram distribuídos em cada linha de plantio e nas parcelas com reposição hídrica foram instalados botões gotejadores com as seguintes características: modelo Amanco Gotejador FT, pressão de serviço de 1,0 bar, vazão nominal de 4,0 L h⁻¹ e espaçamento entre gotejadores de 0,6 m. Para garantir maior uniformidade e eficiência do sistema de irrigação, foi instalado uma válvula reguladora de pressão, modelo PRLG-15, e um manômetro. A tabela 3 apresenta as características químicas da água usada para irrigação.

Tabela 3. Características químicas da água utilizada na irrigação

CE	HCO ₃	NO ₃	SO ₄	Cloretos	Ca	Mg	K	Na	RAS
dS m ⁻¹	----- mg L ⁻¹ -----								
0,36	452,80	0,09	9,16	3,11	65,22	11,23	1,14	14,30	0,43

CE – Condutividade elétrica; RAS – Razão de adsorção de sódio

A irrigação foi conduzida com base na evapotranspiração de referência (ET_o), calculada diariamente por meio do método de Penman Monteith (Allen et al., 1998) e os dados meteorológicos obtidos através da estação automática, modelo Davis Vantage Pro2 (Figura 1).

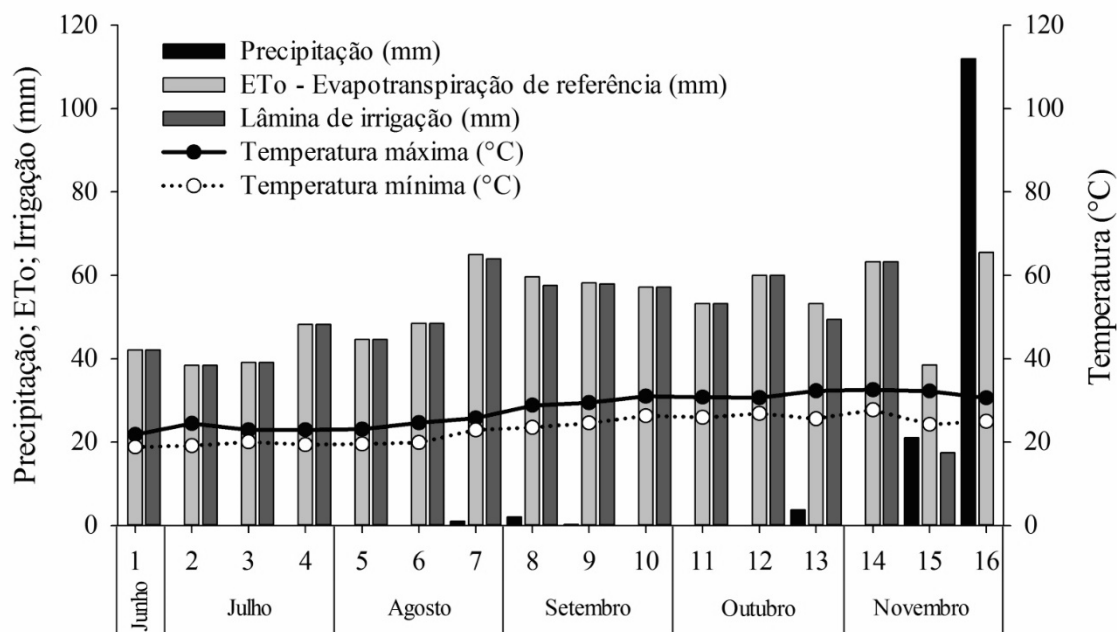


Figura 1. Precipitação, evapotranspiração de referência (ET_o) e lâmina de irrigação acumulada a cada dez dias e temperatura máxima e mínima durante o experimento de campo.

Foram coletadas amostras deformadas de solo, na camada de 0,0-0,2 m, 30 dias após a aplicação das doses de biofertilizante em cobertura (21/07/2015) e após realização da primeira (09/09/2015) e segunda (28/11/2015) colheita da *T. diversifolia*. Foram coletadas duas amostras simples por amostra composta de solo dentro da área útil de cada parcela e avaliados os seguintes atributos químicos: matéria orgânica (Tedesco et al., 1995), pH em água, acidez potencial (H + Al), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), matéria orgânica do solo (MOS) e saturação por bases (V%) (EMBRAPA, 1997).

Aos 80 dias após início de cada cultivo, foram determinados os teores foliares de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn. Foi coletada a quarta folha totalmente expandida do ápice para a base dos ramos de dez plantas escolhidas aleatoriamente dentro da área útil de cada parcela. O material foi levado para laboratório, seco em estufa de circulação forçada a 65 °C até peso constante, triturado em moinho tipo Willey e peneirado (peneira de 2 mm) para posterior extração por meio de digestão nitroperclórica (P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn e Zn), sulfúrica (N) e calcinação em mufla (B) para dosagem final, conforme descrito por Silva (2009a).

A colheita das plantas na área experimental foi realizada 80 dias após de cada cultivo com um corte a 0,40 m do solo, conforme recomendado por Ruíz et al. (2014). A produtividade da matéria verde foi determinada por meio pesagem total das plantas presentes na área útil de cada parcela, logo após o corte, sendo os dados extrapolados para hectare. Em seguida, as

folhas e os caules de cinco hastes representativas da parcela, foram pesadas e levadas à estufa de circulação forçada a 65 °C até peso constante para determinação da massa seca. A partir dos dados foliares de massa seca e teor de nutrientes foi determinado a quantidade acumulada de macro e micronutrientes nas folhas de *T. diversifolia*.

Os dados quantitativos obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade, e em casos de significância, foi realizada a análise de regressão para as doses de biofertilizante, utilizando-se o programa estatístico R-plus® 3.2.1.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se interação ($p \leq 0,05$) entre os fatores irrigação e dose de biofertilizante bovino para pH, aos 30 e 160 dias após adubação de cobertura (DAA), P, aos 30 DAA, e K, aos 160 DAA. Porém, para P e K não se obteve modelos de regressão que apresentassem adequação ao fenômeno biológico. A adubação com biofertilizante bovino influenciou significativamente ($p \leq 0,05$) o teor de Ca, K, H+Al, V no solo, aos 80 DAA, Mg, aos 80 e 160 DAA, pH, aos 30, 80 e 160 DAA, P, ao 30 DAA, e MO, aos 160 DAA. A presença ou ausência de irrigação não influenciou ($p > 0,05$) os teores de Ca e Mg no solo, aos 30 e 80 DAA, P e MO, aos 30, 80 e 160 DAA, e V, aos 80 DAA (Tabela 4).

Tabela 4. Resumo da análise de variância para as características químicas do solo nas profundidades 0,0-0,2 m, aos 30 dias após a adubação e ao fim de dois cultivos consecutivos (80 e 160 dias após adubação) em função das doses de biofertilizante bovino aplicado em solo irrigado e não irrigado

FV	Adubação	Irrigação	Ad x Ir	Blocos	Resíduo	CV (%)	Média	
GL	4	1	4	2	18			
Variáveis	Quadrado Médio							
pH	30 dias	0,11*	0,70**	0,09*	0,007 ^{ns}	0,03	2,21	7,50
	80 dias	0,53**	0,43**	0,001 ^{ns}	0,11*	0,02	2,02	7,28
	160 dias	1,13**	0,62**	0,07**	0,07**	0,01	1,08	7,44
MO	30 dias	0,03 ^{ns}	0,29 ^{ns}	0,07 ^{ns}	0,52*	0,13	9,97	3,65
	80 dias	0,18 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,21 ^{ns}	0,08	8,93	3,21
	160 dias	0,62**	0,02 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0,11 ^{ns}	0,12	9,31	3,69
P	30 dias	3,60**	1,35 ^{ns}	4,44**	1,98 ^{ns}	0,78	41,40	2,13
	80 dias	8,54 ^{ns}	1,29 ^{ns}	2,24 ^{ns}	1,49 ^{ns}	3,22	34,28	5,23
	160 dias	1,80 ^{ns}	0,55 ^{ns}	1,11 ^{ns}	0,05 ^{ns}	1,58	29,63	4,22
K	30 dias	1726,60 ^{ns}	8467,20*	828,00 ^{ns}	213,40 ^{ns}	1212,50	22,62	153,93
	80 dias	757,50**	1763,33**	105,00 ^{ns}	75,83 ^{ns}	73,98	27,45	31,33
	160 dias	262,70 ^{ns}	28954,10**	1905,80**	4548,70**	345,90	12,57	148,00
Ca	30 dias	1,84 ^{ns}	0,05 ^{ns}	1,92 ^{ns}	3,82 ^{ns}	1,83	19,36	6,99
	80 dias	0,90**	0,23 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,19 ^{ns}	0,16	5,12	7,82
	160 dias	0,39 ^{ns}	1,07*	0,25 ^{ns}	0,42 ^{ns}	0,20	6,20	7,30
Mg	30 dias	1,01 ^{ns}	1,45 ^{ns}	2,12 ^{ns}	1,78 ^{ns}	1,83	63,40	5,16
	80 dias	1,63**	0,16 ^{ns}	0,23 ^{ns}	0,18 ^{ns}	0,22	20,98	2,23
	160 dias	1,02**	1,68**	0,19 ^{ns}	0,42 ^{ns}	0,20	26,46	1,70
H+Al	30 dias	0,005 ^{ns}	0,08**	0,0096 ^{ns}	0,0005 ^{ns}	0,01	9,05	1,04
	80 dias	0,11**	0,05*	0,007 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,01	10,86	0,95
	160 dias	0,008 ^{ns}	0,12**	0,003 ^{ns}	0,002 ^{ns}	0,01	8,69	0,87
V	30 dias	5,28 ^{ns}	17,63*	3,55 ^{ns}	2,53 ^{ns}	2,83	1,86	90,37
	80 dias	9,67**	2,13 ^{ns}	1,13 ^{ns}	2,03 ^{ns}	0,96	1,07	91,33
	160 dias	1,28 ^{ns}	6,53**	0,62 ^{ns}	0,13 ^{ns}	0,50	0,78	91,47

FV = fator de variação, GL = graus de liberdade; Ad x Ir = interação entre os fatores adubação e irrigação; CV = coeficiente de variação; ** = significativo ao nível de 1% do teste F; * = significativo ao nível de 5% e ns = não significativo

O aumento das doses de biofertilizante bovino no cultivo de *T. diversifolia* não irrigado promoveu decréscimo no pH do solo aos 30 DAA (Figura 2A), o que pode ser atribuído a liberação de H⁺ pelas reações de imobilização de nitrogênio, ou nitrificação, e à formação de ácidos orgânicos durante a degradação da matéria orgânica pelos microrganismos do solo (Rochette et al., 2009; Villanueva et al., 2012). A adição de adubos orgânicos no solo promove inicialmente elevação da atividade microbiana (Figueiredo et al., 2012), e aumento na concentração de ácido carbônico (CO₂ + H₂O ⇌ H₂CO₃) com sua subsequente dissociação (H₂CO₃ ⇌ HCO₃⁻ + H⁺), o que libera íons H⁺ no solo. Além disso, a ionização do

H de ácidos carboxílicos, fenólicos e, principalmente, de álcoois terciários da matéria orgânica, contribui para o decréscimo do pH do solo (Sousa et al., 2007).

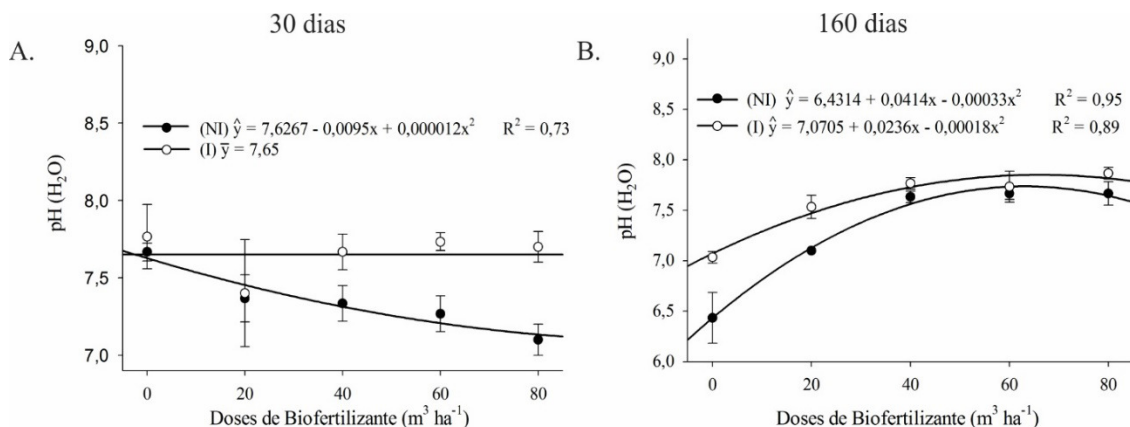


Figura 2. pH de amostras de solo coletadas na profundidade de 0-20 cm aos 30 (A) e 160 (B) dias após início do experimento e cultivado com *Tithonia diversifolia* adubada com doses de biofertilizante bovino em diferentes regimes hídricos.

Aos 30 DAA, a aplicação de 80 m³ ha⁻¹ de biofertilizante bovino reduziu o pH do solo em 0,69 unidades, em comparação às parcelas não adubadas, nos tratamentos não irrigados (Figura 2A). No entanto, com o uso da irrigação as doses de biofertilizante não alteraram o pH do solo, permanecendo em 7,65 (Figura 2A).

Os resultados apresentados corroboram com Villanueva et al. (2012), que observaram, no mesmo período (30 dias), maior acidificação do solo com aumento da dose de lodo de esgoto. Nos tratamentos irrigados, o bicarbonato presente na água de irrigação (Tabela 3) pode ter contribuído para manutenção do pH constante do solo, tendo em vista que aos 30 DAA foi verificada uma tendência de acidificação do solo, porém o HCO₃ contribui para a alcalinização do meio, como é relatado na literatura (Valdez-Aguilar e Reed, 2010; Maia et al., 2012).

No primeiro e segundo corte da *T. diversifolia*, aos 80 e 160 dias, respectivamente, o pH do solo aumentou com o acréscimo da dose de biofertilizante bovino (Figura 2B; Tabela 5). Possivelmente a degradação da matéria orgânica presente no biofertilizante (Tabela 2) resultou na liberação de compostos orgânicos de cadeia molecular simples, como, os ácidos orgânicos de baixo peso molecular (ácidos cítrico, acético, málico, oxálico, etc.), favorecendo a elevação do pH, devido a reação de troca de ligantes entre ânions orgânicos e o OH terminal em óxidos de Fe e Al (Hue e Amien, 1989). Além disso, a presença de CaO no biofertilizante pode ter contribuído para a elevação do pH do solo, tendo em vista que, o CaO tem efeito alcalinizante no solo pela liberação de íons de OH (Lasso et al., 2013).

Tabela 5. Equações de regressão relativas aos atributos químicos do solo e às doses aplicadas de biofertilizante bovino.

Variável	Unidade	Equação	R ²	BFB (m ³ ha ⁻¹)	MxMn	CF
pH (80 DAA)	em H ₂ O	$\hat{Y} = 6,9175 + 0,0157x - 0,000094x^2$	0,76	80,00	7,57	MA
H+Al (80 DAA)	cmol _c dm ⁻³	$\hat{Y} = 1,0986 - 0,0076x + 0,000064x^2$	0,75	59,38	0,87	MBx
Ca (30 DAA)		Y = Y _m = 6,99			6,99	MB
Ca (80 DAA)	cmol _c dm ⁻³	$\hat{Y} = 8,2213 + 0,0071x - 0,0003x^2$	0,74	11,83	8,26	MB
Ca (160 DAA)		Y = Y _m = 7,30			7,30	MB
Mg (30 DAA)		Y = Y _m = 6,16			6,16	MB
Mg (80 DAA)	cmol _c dm ⁻³	$\hat{Y} = 1,9105 - 0,0077x + 0,0003x^2$	0,74	12,83	1,86	MB
Mg (160 DAA)		$\hat{Y} = 2,3119 - 0,0223x + 0,0001x^2$	0,70	80,00	2,77	MB
P (30 DAA)		$\hat{Y} = 0,8035 + 0,0263x$	0,81	80,00	2,91	MBx
P (80 DAA)	mg dm ⁻³	Y = Y _m = 5,23			5,23	B
P (160 DAA)		Y = Y _m = 4,22			4,22	B
K (30 DAA)		Y = Y _m = 153,93			153,93	MB
K (80 DAA)	mg dm ⁻³	$\hat{Y} = 15,632 + 0,3844x$	0,87	80,00	46,38	M
K (160 DAA)		Y = Y _m = 148,00			148,00	MB
MO (30 DAA)		Y = Y _m = 3,65			3,65	M
MO (80 DAA)	dag kg ⁻¹	Y = Y _m = 3,21			3,21	M
MO (160 DAA)		$\hat{Y} = 3,1391 + 0,032x - 0,0002x^2$	0,82	80,00	4,42	B
V (30 DAA)		Y = Y _m = 90,37			90,37	MB
V (80 DAA)	%	$\hat{Y} = 89,366 + 0,1166x - 0,0011x^2$	0,76	53,00	92,20	MB
V (160 DAA)		Y = Y _m = 91,47			91,47	MB

DAA - Dias Após Adubação de Cobertura; BFB – Dose de biofertilizante bovino responsável pelo maior ou menor valor da variável; MxMn – Máximo ou mínimo valor da variável; CF – Classe de fertilidade da variável: MBx – Muito baixo; M – Médio; B – Bom; MB – Muito bom e MA – Muito alto, de acordo com Alvarez et al. (1999)

Comparado às parcelas não adubadas, a aplicação de 80 m³ ha⁻¹ de biofertilizante bovino aumentou o pH do solo em 0,65 aos 80 dias após adubação com biofertilizante bovino (Tabela 5). Aos 160 dias após adubação, também se obteve aumento do pH do solo com as doses de biofertilizante bovino (Figura 2B), a dose 65,00 m³ ha⁻¹ do adubo propiciou valores máximos de pH iguais a 7,73 e 7,84 para o solo irrigado e não irrigados, respectivamente. Os resultados observados corroboram com os de Silva et al. (2014) e Zhang et al. (2006) que observaram aumento do pH do solo com acréscimo de doses de vinhaça e biossólido, respectivamente.

A irrigação também proporcionou aumento no pH e redução da acidez potencial (H+Al) em todas as épocas de coleta das amostras de solo (Figura 2; Tabela 5; Tabela 6), isso pode ser justificado pelo fato da água utilizada no ensaio apresentar baixa condutividade elétrica e elevado teor de HCO₃ (Tabela 3), o que pode acarretar em aumento do pH do solo (Valdez-

Aguilar e Reed, 2010; Maia et al., 2012). Shahabi et al., 2005 verificaram aumento do pH em função da adição de bicarbonato no solo por meio da água de irrigação.

Tabela 6. pH e acidez potencial (H+Al) de solo cultivado com *T. diversifolia* e amostrado em diferentes épocas, em resposta a diferentes regimes hídricos

Variável	Unidade	Lâmina de irrigação (% ETo)	Doses de biofertilizante bovino (m ³ ha ⁻¹)					Média
			0	20	40	60	80	
pH (80 dias)	em H ₂ O	0	6,67	7,10	7,27	7,40	7,37	7,16 B
		100	6,90	7,37	7,50	7,60	7,63	7,40 A
		Média	6,78	7,23	7,38	7,50	7,50	-
H+Al (30 dias)	cm _o c dm ⁻³	0	1,05	1,10	1,11	1,05	1,16	1,09 A
		100	0,96	0,94	1,03	1,06	0,97	0,99 B
		Média	1,01	1,02	1,07	1,06	1,07	-
H+Al (80 dias)	cm _o c dm ⁻³	0	1,27	0,93	0,91	0,89	0,95	0,99 A
		100	1,10	0,92	0,90	0,75	0,87	0,91 B
		Média	1,19	0,93	0,91	0,82	0,91	-
H+Al (160 dias)	cm _o c dm ⁻³	0	0,96	0,94	0,89	0,91	0,96	0,93 A
		100	0,89	0,81	0,77	0,80	0,77	0,81 B
		Média	0,93	0,88	0,83	0,86	0,87	-

Para cada variável, médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si ($p < 0,05$) pelo teste F

O aumento das doses de biofertilizante bovino proporcionou incremento linear nos teores de P e K nas amostras de solo coletadas 30 dias após aplicação de biofertilizante em cobertura (DAA) e na primeira colheita da *T. diversifolia* (80 DAA), respectivamente. Constatou-se acréscimos de 362 e 297% nos teores de P e K do solo adubado com a maior dose de biofertilizante aplicada, em comparação ao solo não fertilizado (Tabela 5). Aumento nos teores de macronutrientes do solo com a adição de adubos orgânicos também foram constatados por outros autores (Mantovani et al., 2005; Ramesh et al., 2009; Zhang, et al., 2013; Yang, et al., 2015).

O incremento no teor de P trocável no solo aos 30 DAA deve-se a presença do nutriente no biofertilizante e a redução do pH do solo, considerado alcalino (Figura 2A). A redução do pH em solos alcalinos aumenta o teor de H⁺ na solução do solo, favorecendo a solubilização de complexos de fosfato de cálcio (Gyaneshwar et al., 2002; Chagas Junior et al., 2010), comumente predominante em solos com pH acima de 7 (Barroso e Nahas, 2005), como observado no presente ensaio aos 30 DAA (Figura 2A).

O aumento no teor de K trocável no solo em função do aumento das doses de biofertilizante bovino, aos 80 DAA, pode ser atribuído a mineralização do K presente no adubo orgânico (Ramesh et al., 2009) e a possível redução da lixiviação do K pelo aumento do pH do solo (Tabela 5), em virtude do aumento nas cargas negativas do solo (Albuquerque et al., 2000).

A aplicação de $80 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ de biofertilizante bovino reduziu o teor de Ca^{2+} trocável no solo em $1,35 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ aos 80 DAA, em comparação as parcelas não adubadas (Tabela 5). A redução nos teores de Ca^{2+} do solo com a adição de adubos orgânicos também foram constatados por outros autores (King et al., 1974; Vaz e Gonçalves, 2002), o que pode ser atribuído ao aumento da interação entre compostos orgânicos e Ca, reduzindo a capacidade de extração do Ca do solo (Pavinato e Rosolem, 2008)

O aumento das doses de biofertilizante bovino proporcionou incremento quadrático nos valores de V e MOS nas amostras coletadas na primeira (80 DAA) e segunda (160 DAA) colheita da *T. diversifolia*, respectivamente. Comparado ao controle, a aplicação de $80 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ de biofertilizante bovino aumentou o teor de MOS em $1,28 \text{ dag kg}^{-1}$ aos 160 DAA, e a aplicação de $53 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ de biofertilizante bovino promoveu o maior V, aos 80 DAA (Tabela 5). Aumento nos valores de MO e V do solo com a adição de adubos orgânicos também foram constatados por outros autores (Strojaki, et al., 2013; Zhang, et al., 2013; Yang, et al., 2015).

O incremento de matéria orgânica propicia a melhoria dos atributos químicos e físicos do solo (Krob et al., 2011; Sampaio et al., 2012), resultando em maior disponibilidade de nutrientes, permeabilidade e o movimento de água no solo (El-Dadiry, 2007), além fornecer ácidos orgânicos importantes para a solubilidade dos minerais e o incremento na reciclagem e mobilidade de nutrientes (Pavinato e Rosolem, 2008). Quanto aos atributos químicos do solo, foi verificado incremento nos teores de nutrientes no solo com a aplicação do biofertilizante bovino (Tabela 5).

Os teores de P nas amostras de solo coletadas em diferentes épocas não foram influenciados pela presença ou ausência de irrigação. Em contrapartida, os teores de K foram maiores no solo não irrigado em todas as épocas de amostragem, quando comparado com os tratamentos irrigados (Tabela 7), o que pode ser atribuído a maior movimentação do K no perfil do solo no sistema irrigado, reduzindo o teor de K na camada superficial (Michaelson e Ping et al., 1987). Além disso o maior pH no solo irrigado pode provocar redução do K trocável (Colla et al., 2010; Villanueva et al., 2012).

Tabela 7. Teor de fósforo (P) e potássio (K) em solo cultivado com *Tithonia diversifolia* e amostrado em diferentes épocas, em resposta a diferentes regimes hídricos

Variável	Unidade	Lâmina de irrigação (% ETo)	Doses de biofertilizante bovino (m ³ ha ⁻¹)					Média
			0	20	40	60	80	
P (30 dias)	mg dm ⁻³	0	1,88	1,70	1,77	2,19	2,06	1,92 A
		100	1,11	1,93	4,98	1,00	2,71	2,35 A
		Média	1,50	1,82	3,38	1,60	2,39	-
P (80 dias)	mg dm ⁻³	0	4,15	5,10	4,42	6,46	5,00	5,03 A
		100	3,08	4,46	6,26	7,34	6,06	5,44 A
		Média	3,62	4,78	5,34	6,90	5,53	-
P (160 dias)	mg dm ⁻³	0	4,52	3,44	4,27	7,36	4,28	4,46 A
		100	2,95	4,11	4,40	5,74	4,32	4,16 A
		Média	3,73	3,77	4,33	6,55	4,30	-
K (30 dias)	mg dm ⁻³	0	137,67	187,33	165,67	180,67	182,33	170,73 A
		100	122,67	115,67	132,67	145,67	169,00	137,13 B
		Média	130,17	151,50	149,17	163,17	175,67	-
K (80 dias)	mg dm ⁻³	0	18,33	40,00	35,00	41,67	60,00	39,00 A
		100	13,33	20,00	26,67	23,33	35,00	23,67 B
		Média	15,83	30,00	30,83	32,50	47,50	-
K (160 dias)	mg dm ⁻³	0	196,00	203,00	155,33	122,00	189,00	177,57 A
		100	111,67	101,33	121,67	132,00	114,67	116,77 B
		Média	153,83	152,17	138,50	127,00	151,83	-

Para cada variável, médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si ($p < 0,05$) pelo teste F.

O teor de Mg no solo foi maior nos tratamentos não irrigados apenas aos 160 DAA, diferindo dos tratamentos irrigados em 0,47 cmol_c dm⁻³ (Tabela 8). Quando a água contendo bicarbonato (Tabela 3) é aplicada no solo na presença de Ca e Mg, carbonatos inorgânicos como calcita (CaCO₃) e dolomita (CaMg(CO₃)₂) podem se formar (Bower et al., 1965, Suarez, 2000, Eshel et al., 2007; Sanderman, 2012), contribuindo para a lixiviação desse íons e explicando assim o menor teor de Mg nos solos irrigados.

Tabela 8. Teor de cálcio (Ca) e magnésio (Mg) em solo cultivado com *Tithonia diversifolia* e amostrado em diferentes épocas, em resposta a diferentes regimes hídricos

Variável	Unidade	Lâmina de irrigação (% ETo)	Doses de biofertilizante bovino (m ³ ha ⁻¹)					Média
			0	20	40	60	80	
Ca (30 dias)	cmol _c dm ⁻³	0	7,07	7,40	6,97	6,90	6,83	7,03 A
		100	5,00	7,53	7,27	7,40	7,57	6,95 A
		Média	6,03	7,47	7,12	7,15	7,20	-
Ca (80 dias)	cmol _c dm ⁻³	0	8,06	8,05	7,63	7,92	6,97	7,73 A
		100	7,99	8,16	8,06	7,99	7,32	7,90 A
		Média	8,03	8,11	7,85	7,96	7,14	-
Ca (160 dias)	cmol _c dm ⁻³	0	7,19	6,76	7,05	7,60	7,39	7,13 B
		100	7,20	7,04	8,03	7,80	7,42	7,49 A
		Média	7,19	6,90	7,54	7,70	7,40	-
Mg (30 dias)	cmol _c dm ⁻³	0	1,60	1,90	2,10	1,93	2,03	1,91 A
		100	4,10	2,30	1,77	1,90	1,70	2,35 A
		Média	2,85	2,10	1,93	1,92	1,87	-
Mg (80 dias)	cmol _c dm ⁻³	0	1,56	2,13	2,61	2,13	3,11	2,31 A
		100	1,92	1,71	1,96	2,14	3,06	2,16 A
		Média	1,74	1,92	2,28	2,14	3,09	-
Mg (160 dias)	cmol _c dm ⁻³	0	2,44	2,40	1,85	1,50	1,46	1,94 A
		100	1,39	2,22	1,38	1,04	1,29	1,47 B
		Média	1,91	2,31	1,61	1,27	1,38	-

Para cada variável, médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si ($p < 0,05$) pelo teste F

A irrigação proporcionou aumento nos teores de Ca apenas nas amostras de solo coletadas na segunda colheita da *T. diversifolia* (160 DAA), diferindo dos tratamentos não irrigados em 0,36 cmol_c dm⁻³ (Tabela 8). Esse fato pode ser justificado pela presença de Ca na água de irrigação (Tabela 3). Zhang et al., (2015) também observaram aumento nas concentrações de Ca solúvel com o aumento da quantidade de Ca adicionado em solução nutritiva com alto teor de bicarbonato.

O teor de MO no solo não apresentou diferença quanto a variação do regime hídrico em nenhuma época de amostragem. Por outro lado, a irrigação promoveu aumento na V aos 30 e 160 DAA, quando comparado com os tratamentos não irrigados (Tabela 9), provavelmente, pelo fato do solo irrigado ter apresentado menor acidez potencial (H+Al) (Tabela 6).

Tabela 9. Teor de matéria orgânica (MO) e percentagem de saturação por base (V) em solo cultivado com *T. diversifolia* e amostrado em diferentes épocas, em resposta a diferentes regimes hídricos

Variável	Unidade	Lâmina de irrigação (% ETo)	Doses de biofertilizante bovino (m ³ ha ⁻¹)					Média
			0	20	40	60	80	
MO (30 dias)	dag kg ⁻¹	0	3,66	3,72	3,44	3,44	3,50	3,55 A
		100	3,83	3,56	3,78	3,67	3,91	3,75 A
		Média	3,74	3,64	3,61	3,56	3,71	-
MO (80 dias)	dag kg ⁻¹	0	2,98	3,44	3,34	3,08	2,99	3,17 A
		100	2,99	3,34	3,39	3,35	3,19	3,25 A
		Média	2,98	3,39	3,36	3,22	3,09	-
MO (160 dias)	dag kg ⁻¹	0	3,03	3,77	3,83	4,41	4,00	3,70 A
		100	3,23	3,66	3,72	4,41	3,83	3,73 A
		Média	3,13	3,72	3,78	4,41	3,92	-
V (30 dias)	%	0	89,67	90,00	89,67	90,00	88,67	89,6 B
		100	90,67	94,00	90,00	90,33	90,67	91,13 A
		Média	90,17	92,00	89,83	90,17	89,67	-
V (80 dias)	%	0	88,33	91,67	92,00	92,00	91,33	91,07 A
		100	90,00	91,33	91,67	93,00	92,00	91,60 A
		Média	89,17	91,50	91,83	92,50	91,67	-
V (160 dias)	%	0	91,00	91,33	91,33	91,00	90,67	91,02 B
		100	91,00	92,00	93,00	92,00	92,00	91,95 A
		Média	91,00	91,67	92,17	91,50	91,33	-

Para cada variável, médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si ($p < 0,05$) pelo teste F

A adubação com biofertilizante bovino influenciou significativamente ($p \leq 0,05$) a quantidade foliar acumulada de K ($p \leq 0,01$) e Cu ($p \leq 0,05$), aos 80 e 160 dias após adubação de cobertura (DAA), respectivamente, porém não se obteve modelos de regressão que apresentassem adequação ao fenômeno biológico. A presença ou ausência de irrigação teve efeito significativo ($p \leq 0,01$) no acumulado foliar de Cu e B, aos 80 e 160 DAA, e N, P, K, Ca, Mg, S, Zn, Fe e Mn, aos 80 DAA (Tabela 10).

Tabela 10. Resumo da análise de variância para a quantidade acumulada de macro e micronutrientes em folhas de *Tithonia diversifolia* ao fim de dois cultivos consecutivos (80 e 160 dias após adubação) em função das doses de biofertilizante bovino aplicado em solo irrigado e não irrigado.

	FV	Adubação	Irrigação	Ad x Ir	Blocos	Resíduo	CV (%)	Média
	GL	4	1	4	2	18		
Variáveis	Quadrado Médio							
N	80 dias	856,70 ^{ns}	19510,10 ^{**}	425,00 ^{ns}	951,20 ^{ns}	299,00	30,01	57,62
	160 dias	1290,30 ^{ns}	2030,20 ^{ns}	301,00 ^{ns}	5589,10 ^{**}	734,80	30,14	89,94
P	80 dias	1,91 ^{ns}	130,92 ^{**}	0,72 ^{ns}	2,72 ^{ns}	0,70	23,84	3,51
	160 dias	5,11 ^{ns}	0,46 ^{ns}	1,63 ^{ns}	21,77 ^{**}	3,2200	28,96	6,20
K	80 dias	630,00 ^{**}	35546,00 ^{**}	248,00 ^{ns}	602,00 [*]	136,00	20,98	55,67
	160 dias	359,74 ^{ns}	950,23 ^{ns}	525,95 ^{ns}	1351,65 [*]	289,59	28,87	58,94
Ca	80 dias	234,10 ^{ns}	9324,20 ^{**}	127,50 ^{ns}	381,30 [*]	103,20	23,35	43,51
	160 dias	190,81 ^{ns}	799,70 ^{ns}	81,63 ^{ns}	1019,78 [*]	220,29	32,56	45,59
Mg	80 dias	3,48 ^{ns}	330,87 ^{**}	3,98 ^{ns}	7,58 ^{ns}	3,29	27,67	6,56
	160 dias	9,43 ^{ns}	28,89 ^{ns}	7,01 ^{ns}	45,91 ^{**}	7,78	29,67	9,40
S	80 dias	4,33 ^{ns}	134,83 ^{**}	4,04 ^{ns}	5,59 ^{ns}	1,69	32,61	3,98
	160 dias	3,90 ^{ns}	3,22 ^{ns}	1,90 ^{ns}	11,08 [*]	2,14	30,56	4,79
Zn	80 dias	323,70 ^{ns}	22788,80 ^{**}	81,40 ^{ns}	161,70 ^{ns}	200,00	32,39	43,66
	160 dias	2282,30 ^{ns}	2005,20 ^{ns}	1150,70 ^{ns}	5850,20 [*]	1260,50	24,71	143,66
Fe	80 dias	42305,00 ^{ns}	4152011,00 ^{**}	29049,00 ^{ns}	229782,00 ^{ns}	72164,00	35,76	751,24
	160 dias	4654,30 ^{ns}	3293,20 ^{ns}	2970,10 ^{ns}	29392,00 ^{**}	4842,40	32,86	211,77
Mn	80 dias	5188,00 ^{ns}	88041,00 ^{**}	7861,00 ^{ns}	6026,00 ^{ns}	4403,00	35,69	185,93
	160 dias	754,27 ^{ns}	486,26 ^{ns}	398,50 ^{ns}	2464,91 [*]	620,23	37,21	66,93
Cu	80 dias	9,44 ^{ns}	592,39 ^{**}	7,19 ^{ns}	18,45 ^{ns}	5,59	32,35	7,31
	160 dias	137,22 [*]	1470,70 ^{**}	32,17 ^{ns}	339,43 ^{**}	43,51	28,44	23,19
B	80 dias	7877,00 ^{ns}	773459,00 ^{**}	5959,00 ^{ns}	2006,00 ^{ns}	5476,00	32,40	228,36
	160 dias	6313,00 ^{ns}	125165,00 ^{**}	3536,00 ^{ns}	11606,00 ^{ns}	3990,00	26,73	236,29

FV = fator de variação, GL = graus de liberdade; Ad x Ir = interação entre os fatores adubação e irrigação; CV = coeficiente de variação; macronutrientes = kg ha⁻¹; micronutrientes = g ha⁻¹; ** = significativo ao nível de 1% do teste F; * = significativo ao nível de 5% e ns = não significativo

A irrigação contribuiu para o incremento no acumulado de N, P, K, Ca, Mg e S nas folhas de *T. diversifolia* apenas no primeiro cultivo (80 DAA), diferindo dos tratamentos não irrigados em 259, 394, 424, 236, 306 e 328%, respectivamente (Tabela 11). Aumento na absorção de macronutrientes em função da irrigação também foram constatados por outros autores (Alizadeh e Namaz, 2011; Aquino et al., 2012).

Tabela 11. Acumulo de macronutrientes em folhas de *Tithonia diversifolia* em dois cortes consecutivos, em resposta a diferentes regimes hídricos

Variável	Lâmina de irrigação	Doses de biofertilizante bovino (m ³ ha ⁻¹)					Média
		0	20	40	60	80	
		kg ha ⁻¹					
N (80 dias)	0	20,48	33,98	26,90	39,98	39,28	32,12 B
	100	71,56	66,22	84,45	78,81	114,59	83,13 A
	Média	46,02	50,10	55,67	59,39	76,94	-
N (160 dias)	0	96,81	84,64	93,81	103,30	112,29	98,17 A
	100	88,93	63,15	74,53	67,84	114,14	81,72 A
	Média	92,87	73,89	84,17	85,57	113,21	-
P (80 dias)	0	0,96	1,47	1,25	1,71	1,71	1,42 B
	100	4,70	4,97	5,68	5,67	6,97	5,60 A
	Média	2,83	3,22	3,47	3,69	4,34	-
P (160 dias)	0	5,69	5,24	6,21	6,50	7,97	6,32 A
	100	7,16	5,05	5,66	5,20	7,30	6,07 A
	Média	6,42	5,14	5,93	5,85	7,63	-
K (80 dias)	0	13,64	22,54	18,34	23,79	27,94	21,25 B
	100	78,95	80,37	87,89	84,88	118,37	90,09 A
	Média	46,29	51,45	53,11	54,33	73,16	-
K (160 dias)	0	46,98	49,96	55,55	55,14	58,92	53,31 A
	100	89,13	53,07	50,89	55,73	74,01	64,57 A
	Média	68,05	51,52	53,22	55,44	66,47	-
Ca (80 dias)	0	15,77	27,02	26,57	31,84	28,21	25,88 B
	100	56,38	51,48	60,76	61,06	76,02	61,14 A
	Média	36,08	39,25	43,66	46,45	52,11	-
Ca (160 dias)	0	40,01	35,89	37,91	42,49	45,83	40,42 A
	100	60,69	44,94	44,49	43,79	59,83	50,75 A
	Média	50,35	40,41	41,20	43,14	52,83	-
Mg (80 dias)	0	2,10	3,54	3,05	4,14	3,33	3,23 B
	100	9,64	8,26	9,87	9,52	12,10	9,88 A
	Média	5,87	5,90	6,46	6,83	7,71	-
Mg (160 dias)	0	8,41	6,56	7,81	10,09	9,24	8,42 A
	100	13,11	9,23	8,98	8,91	11,69	10,38 A
	Média	10,76	7,89	8,40	9,50	10,47	-
S (80 dias)	0	1,18	1,72	1,66	2,80	1,96	1,86 B
	100	4,93	4,95	6,94	5,22	8,46	6,10 A
	Média	3,06	3,33	4,30	4,01	5,21	-
S (160 dias)	0	4,91	3,95	4,95	5,63	6,15	5,12 A
	100	5,61	3,77	3,95	3,30	5,69	4,46 A
	Média	5,26	3,86	4,45	4,46	5,92	-

Para cada variável, médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si ($p < 0,05$) pelo teste F.

As folhas de *T. diversifolia* quando cultivadas em sistema não irrigado tiveram maior quantidade acumulada de Cu, aos 160 DAA, resultando em ganhos médios de 186% (Tabela 12).

A irrigação promoveu aumento no acúmulo de Zn, Fe, Mn, Cu e B nas folhas de *T. diversifolia*, aos 80 DAA, resultando em incrementos médios de 442, 296, 182, 411 e 574%, respectivamente, em relação às plantas não irrigadas. No segundo corte, a irrigação contribuiu também para o aumento do acúmulo de B em folhas de *T. diversifolia*, diferindo em 175% das plantas não irrigadas (Tabela 12). Aumento na quantidade de micronutrientes em função da irrigação também foram constatados por outros autores (Alizadeh e Namaz, 2011; Aquino et al., 2012).

Tabela 12. Acumulo de micronutrientes em folhas de *Tithonia diversifolia* em dois cortes consecutivos, em resposta a diferentes regimes hídricos

Variável	Lâmina de irrigação	Doses de biofertilizante bovino (m ³ ha ⁻¹)					Média
		0	20	40	60	80	
		----- g ha ⁻¹ -----					
	%ETo						
Zn (80 dias)	0	8,44	19,21	12,49	20,55	19,83	16,10 B
	100	59,56	67,55	67,89	73,87	87,27	71,23 A
	Média	34,00	43,38	40,19	47,21	53,55	-
Zn (160 dias)	0	121,51	109,83	132,37	137,76	175,94	135,48 A
	100	182,53	134,99	131,79	140,34	169,51	151,83 A
	Média	152,02	122,41	132,08	139,05	172,72	-
Fe (80 dias)	0	303,53	410,87	315,82	487,83	378,07	379,22 B
	100	932,10	1070,34	1192,94	1129,29	1291,66	1123,27 A
	Média	617,81	740,60	754,38	808,56	834,86	-
Fe (160 dias)	0	208,12	165,36	214,46	204,20	214,33	201,30 A
	100	238,36	203,98	184,19	189,33	295,40	222,25 A
	Média	223,24	184,67	199,32	196,77	254,86	-
Mn (80 dias)	0	97,86	133,20	113,00	185,76	128,96	131,76 B
	100	219,41	201,68	241,22	200,60	337,60	240,10 A
	Média	158,64	167,44	177,11	193,18	233,28	-
Mn (160 dias)	0	89,12	58,97	62,58	73,59	70,52	70,96 A
	100	68,48	54,08	53,92	50,02	88,02	62,90 A
	Média	78,80	56,52	58,25	61,81	79,27	-
Cu (80 dias)	0	1,67	3,22	2,35	3,72	3,35	2,86 B
	100	10,33	11,17	11,99	9,85	15,41	11,75 A
	Média	6,00	7,20	7,17	6,79	9,38	-
Cu (160 dias)	0	28,18	24,72	27,32	32,07	38,67	30,19 A
	100	21,77	11,30	12,31	13,72	21,84	16,19 B
	Média	24,98	18,01	19,82	22,89	30,26	-
B (80 dias)	0	48,96	71,04	70,58	73,75	74,64	67,80 B
	100	348,65	354,73	363,23	370,03	508,02	388,93 A
	Média	198,81	212,89	216,90	221,89	291,33	-
B (160 dias)	0	165,91	164,18	175,04	159,35	193,98	171,69 B
	100	344,73	261,03	249,15	274,45	375,02	300,88 A
	Média	255,32	212,61	212,09	216,90	284,50	-

Para cada variável, médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si ($p < 0,05$) pelo teste F

O cultivo irrigado promoveu o aumento da quantidade de todos os macro e micronutrientes acumulados em folhas de *T. diversifolia* no primeiro corte e de B no segundo corte (Tabela 11, 12). A água é, provavelmente, o fator mais importante no processo de absorção de nutrientes no solo e transporte dos elementos essenciais por meio do xilema e floema (Taiz e Zeiger, 2013).

A ausência de irrigação promoveu aumento no acúmulo de Cu nas folhas de *T. diversifolia* no segundo corte. E em relação aos outros nutrientes estudados no segundo cultivo, com exceção do B, não foi observado diferença significativa na quantidade foliar acumulada de macro e micronutrientes em função da presença ou ausência de irrigação (Tabela 11, 12). Esse comportamento pode ser associado a presença de chuvas durante o segundo cultivo (Figura 1), contribuindo para absorção de nutrientes e crescimento e desenvolvimento das plantas não irrigadas.

Além disso, os altos teores de bicarbonato encontrados na água de irrigação utilizada nessa pesquisa (453 mg L^{-1}) podem ter influenciado na solubilidade de alguns nutrientes no solo, interferindo indiretamente na absorção dos nutrientes pelas plantas do sistema irrigado.

Atualmente, tem sido relatado diminuição da relação raiz/parte área em função do aumento das concentrações de bicarbonato no solo, o que ocasiona diminuição no volume de solo explorado pelo sistema radicular, além de reduzir a relação fonte/dreno (Assimakopoulou, 2006; Taiz e Zeiger, 2013; White, 2012). Além disso, sabe-se que altas concentrações de bicarbonato na água de irrigação promovem o aumento do pH do solo, o que tem efeito indireto na disponibilidade de nutrientes para as plantas (Roosta, 2011; White, 2012).

CONCLUSÕES

A aplicação de doses crescentes de biofertilizante bovino promove aumento da saturação por bases e nos teores de matéria orgânica, fósforo e potássio do solo.

A aplicação de doses crescentes de biofertilizante bovino propicia decréscimo inicial do pH do solo não irrigado, porém, esse comportamento se inverte aos 80 e 160 dias após adubação de cobertura em ambos os regimes hídricos.

A irrigação com água com altas concentrações de bicarbonato contribui para o aumento de pH, saturação por base e teor de cálcio do solo.

A irrigação promove aumento no acúmulo de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, zinco, ferro, manganês e boro acumulado em folhas de *Tithonia diversifolia*.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albuquerque JA, Bayer C, Ernani PR, Fontana EC (2000). Propriedades físicas e eletroquímicas de um Latossolo Bruno afetado pela calagem. R. Bras. Ci. Solo, 24(2): 295-300.
- Alizadeh O, Namazi L (2011). Effect of different irrigation levels on nutrient uptake by mycorrhizal and nonmycorrhizal corn plants as affected by different soil phosphorus content. Advances in Environmental Biology, 5(8): 2317-2321.
- Allen RG, Pereira LS, Raes D, Smith M (1998). Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements, Irrigation and drainage paper 56, FAO Rome.
- Alvares CA, Stape JL, Sentelhas PC, Gonçalves JLM, Sparovek G (2014). Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorol. Z. 22(6): 711-728.

- Alvarez VVH, Novais RF, Barros NF, Cantarutti RB, Lopes AS (1999). Interpretação dos resultados das análises de solos. In: Ribeiro AC, Guimarães PTG, Alvarez V VH. (org.) Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação. Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, Viçosa, 5:25-32.
- Amaral CMC, Amaral LA, Lucas Junior J, Nascimento AA, Ferreira DS, Machado MRF (2004). Biodigestão anaeróbia de dejetos de bovinos leiteiros submetidos a diferentes tempos de retenção hidráulica. *Ciência Rural*, 34(6): 1897-1902.
- Aquino LA, Aquino RFBA, Silva TC, Santos DF, Berger PG (2012). Aplicação do fósforo e da irrigação na absorção e exportação de nutrientes pelo algodoeiro. *R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental*, 16(4): 355–361.
- Assimakopoulou, A (2006). Effect of iron supply and nitrogen form on growth, nutritional status and ferric reducing activity of spinach in nutrient solution culture. *Sci. Hortic.-Amsterdam*. 110(1): 21–29.
- Barroso CB, Nahas E (2005). The status of soil phosphate fractions and the ability of fungi to dissolve hardly soluble phosphates. *Appl. Soil Ecol.* 29(1): 73-83.
- Bower CA, Wilcox LV, Akin GW, Keyes MG (1965). An index of the tendency of CaCO_3 to precipitate from irrigation waters. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* v. 29, p. 91–92, 1965.
- Chagas Junior AF, Oliveira LA, Oliveira NA, Willerding AL (2010). Capacidade de solubilização de fosfatos e eficiência simbiótica de rizóbios isolados de solos da Amazônia. *Acta Scientiarum Agronomy*, 32(2): 359-366.
- Colla G, Roupael Y, Cardarelli M, Salerno A, Rea E (2010). The effectiveness of grafting to improve alkalinity tolerance in watermelon. *Environmen. Exp. Bot.* 68(3): 283-291.
- El-Dardiry EI (2007). Effect of soil and water salinity on barley grains germination under some amendments. *Word Journal of Agricultural Sciences*, 3(3): 329-338.
- EMBRAPA (1997). Manual de métodos de análise de solos. 2 ed., Embrapa Centro Nacional de Pesquisa de Solos, Rio de Janeiro.
- EMBRAPA (2013). Sistema brasileiro de classificação de solos. 3. ed., Embrapa Informação Tecnológica, Rio de Janeiro.
- Eshel G, Fine P, Singer MJ (2007). Total soil carbon and water quality: an implication for carbon sequestration. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 71(2): 397–405.
- Fasuyi AO, Afolabi AA (2013). Protein supplementation value of sun-dried ensiled sunflower (*Tithonia diversifolia*) in grower pigs: Growth performance and nitrogen utilization. *Afr. J. Food Sci.* 7(9): 344-349.
- Figueiredo CC, Ramos MLG, McManus CM, Menezes AM (2012). Mineralização de esterco de ovinos e sua influência na produção de alface. *Hortic. Bras.* 30(1): 175-179.
- Gabiatti JA, Cavalcante IHL, Ribeiro AG, Beckmann CNZ (2007). Fertilização e qualidade da água de irrigação no crescimento e desenvolvimento da alface. *Scientia Agrária*, 8(2): 185-192.
- Gyaneshwar P, Kumar GN, Parekh LJ, Poole PS (2002). Role of soil microorganisms in improving P nutrition of plant. *Plant Soil.* 245(1): 83-93.

- Hue NV, Amien I (1989). Aluminum detoxification with green manures. *Commun. Soil Sci. Plan.* 20(15-16): 1499-1511.
- King LD, Rudgers LA, Webber LR (1974). Application of municipal refuse and liquid sewage sludge to agricultural land: I field study. *J. Environ. Qual.* 3(4): 361-366.
- Krob AD, Moraes SP, Selbach PA, Bento FM, Camargo FAO (2011). Propriedades químicas de um Argissolo tratado sucessivamente com composto de lixo urbano. *Ciência Rural*, 41(3): 433-439.
- Lasso PRO, Vaz CMP, Bernardi ACC, Oliveira CR, Bacchi OOS (2013). Avaliação do Uso de Resíduos de Construção e Demolição Reciclados como Corretivo da Acidez do Solo. *R. Bras. Ci. Solo*, 37(6): 1659-1668.
- Mahecha L, Rosales M (2005). Valor nutricional del follaje de Botón de Oro (*Tithonia diversifolia* [Hemsl.] Gray) en la producción animal en el trópico. *Livestock Research for Rural Development*, 17(9): 100.
- Maia CE, Rodrigues KKRP, Lacerda VS (2012). Relação entre bicarbonato e cloreto em águas para fins de irrigação. *Irriga, Special edition*: 206 - 219.
- Mantovani JR, Ferreira ME, Cruz MCP, Barbosa JC (2005). Alterações nos atributos de fertilidade em solo adubado com composto de lixo urbano. *R. Bras. Ci. Solo*, 29(5): 817-824.
- MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2007). Manual de métodos analíticos oficiais para fertilizantes minerais, orgânicos, organominerais e corretivos, MAPA, Brasília, 141p.
- Michaelson GJ, PING CL (1987). Effects of P, K, and liming on soil pH, Al, Mn, K, and forage barley dry matter yield and quality for a newly-cleared Cryorthod. *Plant and Soil*, 104(2): 155-161.
- Nash DL, Williams LO (1976). *Flora of Guatemala, Fieldiana: Botany*. Ed. Field Museum of Natural History.
- Pavinato PS, Rosolem CA (2008). Disponibilidade de nutrientes no solo - decomposição e liberação de compostos orgânicos de resíduos vegetais. *R. Bras. Ci. Solo*, 32(3): 911-920.
- Pérez A, Montejo I, Iglesias JM, López O, Martín GJ, García DE, Milián I, Hernández A (2009). *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray. *Pastos y Forrajes*, 32(1): 1-15.
- Ramesh P, Panwar NR, Singh AB, Ramana S, Rao AS (2009). Impact of organic-manure combinations on the productivity and soil quality in different cropping systems in central India. *J. Plant Nutr. Soil Sc.* 172(4): 577-585.
- Reis MM, Cruz LR, Costa GA, Barros RE, Tuffi Santos LD (2015). Potencial forrageiro da *Tithonia diversifolia* na alimentação animal. *Caderno de Ciências Agrárias*, 7(1): 233-245.
- Ribeiro AC, Guimarães PTG, Alvarez V VH (1999). Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação. Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, Viçosa.
- Rivera U, Sanginés-García JR, Escobedo-Mex JG, Chuc F, Lorca JA, Lara PE (2010). Effect of diet inclusion of *Tithonia diversifolia* on feed intake, digestibility and nitrogen balance in tropical sheep. *Agroforest. Syst.* 80(2): 295-302.

- Rochette P, Macdonald JD, Angers D, Chantini MH, Gasser M, Bertrand N (2009). Banding urea increased ammonia volatilization in a dry acidic soil. *J. Environ. Qual.* 38(4): 1383-1390.
- Roosta, H. R (2011). Interaction between water alkalinity and nutrient solution pH on the vegetative growth, chlorophyll fluorescence and leaf magnesium, iron, manganese, and zinc concentrations in lettuce. *J. Plant Nutr.* 34(5): 717-731.
- Ruíz TE, Febles GJ, Galindo JL, Savón LL, Chongo BB, Torres V, Cino DM, Alonso J, Martínez Y, Gutiérrez D, Crespo GJ, Mora L, Scull I, La O O, González J. Lok S, González N, Zamora A (2014). *Tithonia diversifolia*, its possibilities in cattle rearing systems. *Cuban J. Agr. Sci.* 48(1): 79-82.
- Sampaio TF, Guerrini IA, Backes C, Heliodoro JCA, Ronchi HS, Tanganelli KM, Carvalho NC, Oliveira FC (2012). Lodo de esgoto na recuperação de áreas degradadas: efeito nas características físicas do solo. *R. Bras. Ci. Solo*, 36(5): 1637-1645.
- Sanderman J (2012). Can management induced changes in the carbonate system drive soil carbon sequestration? A review with particular focus on Australia. *Agr. Ecosyst. Environ.* 155: 70-77.
- Shahabi A, Malakouti MJ, Fallahi E (2005). Effects of Bicarbonate Content of Irrigation Water on Nutritional Disorders of Some Apple Varieties. *J. Plant Nutr.* 28(9): 1663-1678.
- Silva APM, Bono JAM, Pereira FAR (2014). Aplicação de vinhaça na cultura da cana-de-açúcar: Efeito no solo e na produtividade de colmos. *R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental*, 18(1): 38-43.
- Silva FC (2009). Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. 2. ed, Embrapa Solos, Rio de Janeiro.
- Sousa DMG, Miranda LN, Oliveira SA (2007). Acidez do solo e sua correlação. In: Novais RF, Alvarez V VH, Barros NF, Fontes RLF, Cantarutti RB, Neves JCL. (Eds.). *Fertilidade do Solo*. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa. 5:205-274.
- Strojaki TV, Silva VR, Somavilla A, Da Ros CO, Moraes MT (2013). Atributos químicos do solo e produtividade de girassol e milho em função da aplicação de composto de lixo urbano. *Pesq. Agropec. Trop.* 43(3): 278-285.
- Suarez DL (2000). Impact of agriculture on CO₂ as affected by changes in inorganic carbon. In: Lal R, Kimble JM, Eswaran H, Stewart BA. (Eds.), *Global Climate Change and Pedogenic Carbonates*, CRC Press, Boca Raton, FL, 257-272.
- Taiz L, Zeiger E (2013). *Fisiologia Vegetal*. 5.ed., Artmed, Porto Alegre.
- Tedesco MJ, Gianello C, Bissani CA, Bohnen H, Volkweiss SJ (1995). *Análise de solo, plantas e outros materiais*. 2.ed. Departamento de Solos da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- Valdez-Aguilar LA, Reed DW (2010). Growth and nutrition of young bean plants under high alkalinity as affected by mixtures of ammonium, potassium, and sodium. *J. Plant Nutr.* 33(10): 1472-1488.

- Vaz LMS, Gonçalves JLM (2002). Uso de biossólidos em povoamento de eucalipto: efeito em atributos químicos do solo, no crescimento e na absorção de nutrientes. R. Bras. Ci. Solo, 26(3): 747-758.
- Villanueva FCA, Boaretto AE, Firme LP, Muraoka T, Nascimento Filho VF, Abreu Junior CH (2012). Mudanças químicas e fitodisponibilidade de zinco estimada por método isotópico, em solo tratado com lodo de esgoto. Quím. Nova, 35(7): 1348-1354.
- White PJ (2012). Ion Uptake Mechanisms of Individual Cells and Roots: Short-distance Transport. In: Marschner P. (Eds.), Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants. 3 ed. Elsevier, Oxford, 2: 7-47.
- Yang L, Zhao F, Chang Q, Li T, Li F (2015). Effects of vermicomposts on tomato yield and quality and soil fertility in greenhouse under different soil water regimes. Agr. Water Manage. 160(1): 98-105.
- Zapata A, Silva BE (2010). Reconversión ganadera y sistemas silvopastoriles en el Departamento de Risaralda y el Eje Cafetero de Colombia. Ed. Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales Sede Chile, Colombia.
- Zhang C, Dai J, Zhou B, Chen X, Li J, Zhang J, Zhang C (2013). Effects of vermicompost at different proportions on the growth of *Zea mays* and soil fertility. Journal of South China Agricultural University, 34(2): 137-143.
- Zhang M, Heaney D, Henriquez B, Solberg E, Bittner E (2006). A four-year study on influence of biosolids/MSW cocompost application in less productive soils in Alberta: nutrient dynamics. Compost Sci. Util. 14(1): 68-80.
- Zhang W, Xu F, Zwiazek JJ (2015). Responses of jack pine (*Pinus banksiana*) seedlings to root zone pH and calcium. Environ. Exp. Bot. 111: 32-41.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A execução desse estudo gerou informações importantes sobre os temas produção de forragem alternativa, utilização de resíduos da agropecuária e a importância da adoção das práticas de adubação e irrigação de forrageiras.

É escasso o conhecimento científico sobre aspectos agrônômicos da *Tithonia diversifolia* apesar de ser considerada uma planta rústica e de múltiplo uso. Sendo assim, mudanças no cenário agropecuário mundial, principalmente, ocasionadas pelas mudanças climáticas, tornam as espécies com essas características cada vez mais atrativas em substituição as espécies mais sensíveis à essas adversidades.

Os resultados gerados nesse estudo demonstram que a *T. diversifolia* apresenta alto potencial produtivo quando irrigada, porém, quando cultivada em sequeiro, a espécie consegue sobreviver sem esse recurso, mesmo quando submetida a corte em período de restrição hídrica. Deve-se, ainda, ressaltar que essa planta aparenta não possuir grandes exigências quanto a fertilidade do solo, tendo em vista que neste ensaio, a incorporação de biofertilizante bovino não resultou em ganhos de produtividade, crescimento das plantas e aumento nos teores e acúmulos de macro e micronutrientes foliar.

A irrigação de plantas de *T. diversifolia* com água que apresente alta concentração de bicarbonato pode resultar em menor absorção de nutrientes, esse fato pode refletir na qualidade da planta para ser utilizada na alimentação animal ou como adubo verde.

Sendo assim, a realização de novos estudos sobre a exigência nutricional da *T. diversifolia* em solos com baixa fertilidade natural são de suma importância para se estabelecer recomendações de adubação. Quanto ao cultivo irrigado, recomenda-se a realização de estudos que objetivem maior esclarecimento sobre o manejo de irrigação em áreas cultivada com essa espécie.