



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA**

ANTONIO PEREIRA FILHO

**DINÂMICA DE NUTRIENTES NA CULTURA DO MELÃO SOB PLANTIO DIRETO
E PREPARO CONVENCIONAL COM USO DE CONSÓRCIO DE PLANTAS COMO
ADUBAÇÃO VERDE NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

CAMPINAS

2017

ANTONIO PEREIRA FILHO

**DINÂMICA DE NUTRIENTES NA CULTURA DO MELÃO SOB PLANTIO DIRETO
E PREPARO CONVENCIONAL COM USO DE CONSÓRCIO DE PLANTAS COMO
ADUBAÇÃO VERDE NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

***NUTRIENT DYNAMICS IN THE MELON CROP UNDER NO-TILL AND
CONVENTIONAL TILLAGE SYSTEMS WITH THE USE OF PLANT CONSORTIUM
AS GREEN MANURE IN BRAZILIAN SEMIARID***

Tese apresentada à Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de Doutor em Engenharia Agrícola, na área de água e solo

Thesis presented to the Faculty of Agronomy of the University of Campinas in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor in Agricultural Engineering, in area of water and soil

Orientador: Prof. Dr. José Teixeira Filho

Coorientadora: Dra. Vanderlise Giongo

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE À VERSÃO FINAL DA TESE DEFENDIDA PELO ALUNO ANTONIO PEREIRA FILHO, E ORIENTADA PELO PROFESSOR DR. JOSÉ TEIXEIRA FILHO.

CAMPINAS

2017

Agência(s) de fomento e nº(s) de processo(s): CNPq, 142385/2013-1; CAPES, 99999.003833/2014-03

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca da Área de Engenharia e Arquitetura
Rose Meire da Silva - CRB 8/5974

P414d Pereira Filho, Antonio, 1972-
Dinâmica de nutrientes na cultura do melão sob plantio direto e preparo convencional com uso de consórcio de plantas como adubação verde no semiárido brasileiro / Antonio Pereira Filho. – Campinas, SP : [s.n.], 2017.

Orientador: José Teixeira Filho.
Coorientador: Vanderlise Giongo.
Tese (doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola.

1. Macronutrientes. 2. Solos - Fertilidade. 3. Solos - Manejo. 4. Adubação verde. I. Teixeira Filho, José, 1955-. II. Giongo, Vanderlise. III. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Agrícola. IV. Título.

Informações para Biblioteca Digital

Título em outro idioma: Nutrient dynamics in the melon crop under no-till and conventional tillage systems with the use of plant consortium as green manure in brazilian semiarid **Palavras-chave em inglês:**

Macronutrients

Soil - Fertility

Soil - Management

Green adubation

Área de concentração: Água e Solo **Titulação:** Doutor em

Engenharia Agrícola **Banca examinadora:**

José Teixeira Filho [Orientador]

Luiz Lonardoní Fologi

Carlos Roberto Espíndola

Acácio Figueiredo Neto

Augusto Miguel Nascimento Lima

Data de defesa: 27-01-2017

Programa de Pós-Graduação: Engenharia Agrícola

Este exemplar corresponde à redação final da Tese de Doutorado defendida por Antonio Pereira Filho, aprovada pela Comissão Julgadora em 27 de janeiro de 2017, na Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas.

Prof. Dr. José Teixeira Filho – Presidente e Orientador FEAGRI/UNICAMP - Campinas

Prof. Dr. Carlos Roberto Espindola – FEAGRI/UNICAMP - Campinas

FEAGRI

Prof. Dr. Luiz

Lonardoní Foloni – FEAGRI/UNICAMP – Campinas

Prof. Dr. Acácio Figueiredo Neto – CENAMB/UNIVASF - Juazeiro

Prof. Dr. Augusto Miguel Nascimento Lima – CEAGRO/UNIVASF - Petrolina

Faculdade de
Engenharia Agrícola
Unicamp

A Ata da defesa com as respectivas assinaturas dos membros encontra-se no processo de vida acadêmica do discente.

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, Maria do Carmo e Antonio, que com muito amor e dedicação me encorajam a vencer os obstáculos da vida e alcançar meus objetivos.

À minha esposa Julianna e à minha adorada filha Anna Julia que dão mais sentido à vida.

AGRADECIMENTOS

Ao meu grande Deus que sempre me fortalece para enfrentar e vencer os desafios da vida

Ao meu estimado Orientador, José Teixeira Filho, pela amizade, apoio e conselhos durante a realização deste trabalho

À minha Coorientadora, Vanderlise Giongo, pela amizade, ensinamentos e apoio à pesquisa.

À Feagri (Unicamp) - pela oportunidade acadêmico profissional e pela infraestrutura oferecida.

À Embrapa – Semiárido por permitir acesso às áreas de cultivo e aos laboratórios.

Às estagiárias da Embrapa-Semiárido durante a pesquisa, Mônica, Sheila e Larissa pela ajuda imprescindível para realização do trabalho de campo.

Aos técnicos da Embrapa- Semiárido Élio, Genival, Luis Henrique e Raimundo pelo apoio de campo e ao Reinivaldo, técnico do Laboratório de Solos, pelo apoio em análises químicas.

A Welson Lima Simões, pesquisador da Embrapa – Semiárido, pelo apoio na pesquisa com soluções de solo.

À UNIVASF, por ter permitido meu afastamento para realização do curso de aperfeiçoamento.

Aos colegas e amigos do Colegiado de Engenharia Agrícola, que me apoiaram e tiraram dúvidas quando precisei.

A Rattan Lal, professor da Ohio State University, por ter permitido realizar meu estágio sanduiche em seu Laboratório – CMASC.

Ao professor Fabio do IF Sertão pelo apoio em laboratório e conselhos dentro da pesquisa.

Aos funcionários da Feagri, Sidnei, Marta, Fábio e Rita pela enorme gentileza nos desenrolares administrativos.

Ao Sérgio Lopes, técnico do laboratório de Hidráulica da Feagri, pela amizade e apoio durante minha passagem pela Feagri.

Aos professores da Feagri Bárbara, Matsura, Paterniani, Julio, Luiz Henrique, Mauro, Rossi, Zigomar e Ignácio pelos conselhos e boas conversas nas horas de descontração.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, pelo financiamento da pesquisa através do projeto "Estratégias para reduzir as emissões de carbono e uso eficiente da água em sistemas de produção irrigada e de sequeiro, no semiárido brasileiro" em desenvolvimento na Embrapa-Semiárido e pela concessão da bolsa de doutorado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), pela bolsa PDSE para estudos na Universidade de Ohio, Estados Unidos da América.

Ao Conselho Editorial do African Journal of Agricultural Research por permitir a inclusão do artigo publicado no jornal nesta Tese.

A todos que contribuíram direto e indiretamente para realização desta conquista.

DINÂMICA DE NUTRIENTES NA CULTURA DO MELÃO SOB PLANTIO DIRETO E PREPARO CONVENCIONAL COM USO DE CONSÓRCIO DE PLANTAS COMO ADUBAÇÃO VERDE NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

RESUMO

O Brasil é, atualmente, um dos maiores produtores de melão (*Cucumis melo* L.) da América do Sul. Seu cultivo predomina em regiões semiáridas, cujos baixos índices de precipitação promovem menor incidência de doenças, resultando na melhoria da qualidade dos frutos. No entanto, sua produção é tradicionalmente realizada por meio de sistema convencional, tendo o revolvimento do solo como uma das principais operações pré-plantio, e, portanto, torna-se importante o desenvolvimento de métodos de manejo de solo com capacidade de promover sustentabilidade à mesma. O objetivo foi conhecer a dinâmica dos nutrientes em diferentes manejos de solo para a definição de um sistema de produção que reduza as perdas de nutrientes e promova melhor sincronismo entre a decomposição e liberação desses nutrientes pelas plantas de cobertura no desenvolvimento da cultura do melão no semiárido. O delineamento experimental foi blocos ao acaso compreendendo três sistemas de culturas intercalares: vegetação espontânea, coquetel vegetal 1 (25% gramínea/ Oleaginosa + 75% leguminosa) e coquetel vegetal 2 (25% leguminosa + 75% gramínea/ Oleaginosa) e mais dois sistemas de preparo: com revolvimento e sem revolvimento. O melão (var. SF 10/00 fl) foi transplantado 15 dias após o corte dos coquetéis vegetais. Foram avaliados: a produção de massa seca e acúmulo de macronutrientes pelos coquetéis vegetais e vegetação espontânea; decomposição e liberação de macronutrientes pelo do método de litterbag; análise da umidade do solo por meio de sonda FDR (Modelo PR2 – Delta T); análise de nutrientes em solução do solo por meio de extrator de PVC com cápsula porosa; produção de massa seca e marcha de absorção de macronutrientes. Os Coquetéis vegetais produziram massa seca duas vezes maior (CV1- 8,86 t ha⁻¹) que a vegetação espontânea (4,35 t ha⁻¹). Não ocorreram diferenças significativas entre a acumulação de nutrientes dos coquetéis vegetais 1 e 2. A decomposição dos resíduos foi maior nos tratamentos com revolvimento de solo. A ordem de liberação de macronutrientes pelos coquetéis vegetais foi: K > N > Ca > P > Mg. Houve um discreto efeito expressivo da composição dos coquetéis vegetais na dinâmica dos nutrientes na solução do solo. Diferente dos tratamentos com revolvimento de solo, a deposição dos resíduos dos coquetéis vegetais na superfície do solo favoreceu a manutenção da umidade e diminuiu o risco de lixiviação dos nutrientes que foram liberados por estes resíduos. Os diferentes tipos de tratamentos não afetaram significativamente o acúmulo de matéria seca do melão. A

sequência de absorção de nutrientes pelo melão foi: $\text{Ca} > \text{N} > \text{K} > \text{Mg} > \text{P}$. O coquetel vegetal 1 foi o que atende em melhor proporção a demanda por macronutrientes até próximo ao final do ciclo do melão. A produtividade total alcançou $51,5 \text{ t ha}^{-1}$, acima da média nacional.

NUTRIENT DYNAMICS IN THE MELON CROP UNDER NO-TILL AND CONVENTIONAL TILLAGE SYSTEMS WITH THE USE OF PLANT CONSORTIUM AS GREEN MANURE IN BRAZILIAN SEMIARID

ABSTRACT

Brazil is currently one of the largest producers of melons in South America. Its cultivation predominates in semi-arid regions with low rates of precipitation which promote lower incidence of diseases, resulting increased fruit quality. However, the melon cultivation is traditionally carried out in a conventional system having soil tillage as a major pre-planting operation. Nevertheless, it becomes important to develop soil management methods with the capacity to promote sustainability. The objective was to understand the dynamics of nutrients in different soil management for the definition of a production system that reduces the loss of nutrients and promote better synchronization between decomposition and release of these nutrients by cover crops in improving the melon crop in the Brazilian semiarid. A randomized blocks design, in a split-plot scheme, with four replications, is being used. Plots will be composed by three cover crops consortium - natural vegetation, plant cocktail 1 (25 % grass / oilseed + 75 % legume) and plant cocktail 2 (25 % legume + 75 % grass/oilseed) and two tillage systems with and without plowing. The melon (var. SF 10/00 fl) was transplanted 15 days after the cut of the plant cocktails. It were evaluated: the dry matter and macronutrient accumulation by plant cocktails and natural vegetation; decomposition and release of macronutrient by litterbag method; soil moisture analysis using FDR probe (Model PR2 - Delta T); analysis of macronutrient in soil solution by means of PVC extractor with ceramic caps; and dry matter production and macronutrient uptake by melon. Plant cocktails had a dry matter production (PC1- 8,86 t ha⁻¹) twice higher than natural vegetation (NV- 4,35 t ha⁻¹). The residues decomposition was higher in treatments with soil disturbance. The order of nutrient release by plant cocktails was: K > N > Ca > P > Mg. There was either slight effect of plant cocktails composition on nutrients dynamics in soil under melon. Different from treatments with soil disturbance, the deposition of plant cocktail residues on the soil surface favored the maintenance of moisture and reduced the risk of nutrients leaching that were released by these residues. The different types of treatments did not significantly affect the accumulation of melon dry matter. The nutrient uptake sequence by the melon was: Ca > N > K > Mg > P. Plant cocktail 1 could supply better the melon macronutrients demand until near to the end of the culture life cycle. Total productivity reached 51.5 t ha⁻¹, above the national average.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO E OBJETIVOS.....	12
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	16
	2.1 O Cultivo do Melão no Brasil.....	16
	2.2 Impactos dos Métodos Agrícolas Convencionais	17
	2.3 Agricultura de Conservação.....	18
	2.4 Uso de Consórcio de Espécies Vegetais como Plantas de Cobertura	19
	2.5 Decomposição e Ciclagem de Nutrientes pelas Plantas de Cobertura	23
	2.6 Manutenção da Umidade do Solo pelas Plantas de Cobertura.....	27
	2.7 A Dinâmica dos Macronutrientes no Solo	28
	2.7.1 Nitrogênio.....	28
	2.7.2 Fósforo	30
	2.7.3 Potássio.....	31
	2.7.4 Cálcio e Magnésio	33
	2.8 Marcha de Absorção de Nutrientes pelo Melão	35
3	SEÇÕES DE ARTIGOS	37
	3.1 Nutrients cycling by plant cocktails used as cover crop and green manure in Brazilian Semi-arid	38
	3.2 Nutrients Dynamics in Soil Solution at the Outset of No-Till Implementation with the Use of Plant Cocktails in Brazilian Semi-arid	64
	3.3 Balanço nutricional do sistema irrigado de produção do melão com uso de coquetéis vegetais como plantas de cobertura e adubo verde no semiárido brasileiro	78
4	SÍNTESE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	105
5	CONCLUSÕES.....	111
6	REFERÊNCIAS	112
ANEXO		
	Croqui da Área do Experimento.....	123

1 INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

A exploração agrícola contínua e intensiva dos solos do semiárido em sistemas irrigados tem causado sua degradação e conseqüentemente ameaçado a qualidade e a sustentabilidade do agronegócio da região. A cobertura pedológica predominante é composta, na sua maioria, por solos que apresentam textura arenosa e média, pH levemente ácido, baixo teor de matéria orgânica, baixa capacidade de troca de cátions e de retenção de água (EMBRAPA 2013). As elevadas temperaturas e insolação, características do clima semiárido, associadas associado ao elevado fornecimento de água aumentam a entropia do sistema favorecendo o estado de mínima energia e máxima desordem, implicando redução dos teores de matéria orgânica do solo, nutrientes e retenção de água causando sérias restrições na produtividade agrícola (VADEZ et al., 2011).

É importante a busca por métodos conservacionistas de manejo de solo, contextualizado no âmbito do sistema plantio direto, que se enfatizam pela sua capacidade de dar sustentabilidade ao mesmo (GIONGO et al., 2010). Nesta região é comum sistemas de manejo de solo com intenso revolvimento e que promovem degradação e perda do estoque original da matéria orgânica dos solos. Muitas vezes os solos são utilizados sem uma avaliação prévia das suas potencialidades e limitações levando-os a uma diminuição do potencial de produção, necessitando altos custos para sua recuperação.

Os sistemas de manejo deverão priorizar a conservação do solo com o uso de coberturas ou seus resíduos, principalmente em regiões semiáridas onde sua proteção contra as condições climáticas adversas, para muitas espécies, é um fator a ser observado.

No Vale do Submédio São Francisco que é inserido na região Semiárida do Nordeste brasileiro e situada em terras pertencentes aos Estados da Bahia e de Pernambuco, a agricultura comercial vem se destacando nas últimas décadas como fator responsável pelo crescimento econômico desta região, com o uso de sistemas de irrigação, insumos externos que geraram uma estrutura de produção de larga escala na variedade de frutas voltada para exportação.

Dentre as culturas desenvolvidas na região, intensificam-se o interesse pelo aumento e sustentabilidade da produção do melão (*Cucumis melo* L.), cujo cultivo em baixos índices de precipitação, é favorecida pela menor incidência de doenças resultando na melhoria da qualidade dos frutos (COSTA, 2008). O melão é uma das frutas mais apreciadas em todo o mundo, sendo o Brasil um dos maiores produtores. A região Nordeste do País é responsável

em grande parte dessa produção, respondendo por quase a totalidade da produção nacional de melão, com os estados do Ceará e do Rio Grande do Norte sendo os principais produtores (MDIC, 2015).

Na década de 80, com o início do assentamento dos perímetros irrigados da Codevasf, o cultivo do meloeiro foi implantado por produtores, sendo esta a primeira fruta a ser exportada na região. Com a elevação do seu custo de produção em função de pragas e manejo de irrigação, esta cultura entrou em decadência, sendo agravada pela introdução e expansão de seu cultivo em novas regiões produtoras, a exemplo do Rio Grande do Norte e, posteriormente, Ceará, sendo atualmente, a região do Vale do São Francisco o terceiro grande polo de cultivo do meloeiro (GIONGO et al., 2016).

Atualmente, os produtores da região têm investido no cultivo do meloeiro, substituindo sistema de irrigação de sulco por gotejamento, antigos cultivares por híbridos promissores, que são mais receptivos a técnicas de conservação do solo. Somado a esses fatores o custo de produção do melão nos polos de produção do Rio Grande do Norte e do Ceará tem aumentando devido aos problemas intrínsecos aos monocultivos. No entanto, após anos de exploração, é observada a fragilidade do sistema agrícola adotado na região, principalmente devido às práticas inadequadas de uso dos seus recursos naturais, como a substituição da vegetação nativa por culturas, queima de material desmatado, manejo inadequado de solo e da água, acelerando a degradação do solo, principalmente devido ao monocultivo (SCHONS; MIORIN, 2007).

O cultivo do melão é tradicionalmente realizado em sistema convencional, tendo o revolvimento do solo como uma das principais operações pré-plantio que promovem a degradação do solo e a perda do estoque original da matéria orgânica. O desenvolvimento da sua produção mediante o uso dos recursos naturais e de mecanismos reguladores, que minimizam o uso de insumos e contaminantes e assegura uma produção sustentável, tem sua grande importância ambiental e socioeconômica, com a geração de emprego e renda para a região semiárida (LOURENÇÃO et al., 2013).

Neste sentido, a Embrapa Semiárido, Vale do São Francisco, vem estudando o uso de várias espécies consorciadas como adubo verde e cobertura morta, conhecido como “coquetel vegetal”, em sistemas produtivos para propiciar um caráter sustentável. Este grupo de espécies de diferentes famílias botânicas são semeadas e conduzidos ao mesmo tempo para o corte durante o período de floração da maior parte das espécies antes da cultura comercial

(GIONGO et al., 2010). Estes resíduos têm como finalidade aumentar a infiltração e a retenção da água no solo, aumentar o teor de matéria orgânica, diminuir as oscilações de temperaturas e evaporação e elevar a disponibilidade de água para a cultura, como também, gerar quantidades de fitomassa seca suficientes para manter o solo coberto durante todo o ano e promover uma sincronia entre o fornecimento e demanda de nutrientes pelas culturas, que é essencial para a sustentabilidade dos sistemas agrícolas em ambiente semiárido (CARVALHO et al., 2010).

No entanto, é preciso identificar melhores combinações entre espécies mais adaptadas às condições edafoclimáticas da região, além do entendimento da dinâmica da decomposição do material e da imobilização/ mineralização de nutrientes no solo. Além disso, é necessário manejar o sistema numa forma que possa promover melhores condições de aproveitamento dos nutrientes que são liberados pelos adubos verdes, os que são aplicados via fertirrigação e os que já existem no solo.

Portanto, é importante conhecer a dinâmica dos nutrientes e os processos inerentes às plantas envolvidas no sistema de produção, relativos à capacidade de absorção, produção de matéria seca e taxa de decomposição das mesmas, com conseqüente liberação de nutrientes absorvidos, em suma: identificação de uma técnica de produção agrícola sustentável que reduza os custos e aumente a produtividade do melão, com a intenção de gerar melhor retorno econômico para produtores no semiárido.

As etapas da pesquisa foram descritas por meio dos seguintes artigos para publicação: Artigo 1 - Avaliação da produção de biomassa, decomposição e liberação de nutrientes pelos coquetéis vegetais; Artigo 2 - dinâmica dos nutrientes na solução de solo durante o cultivo do melão sobre coquetéis vegetais usados como plantas de cobertura e adubo verde; e Artigo 3 - produção de biomassa e marcha de absorção de nutrientes pelo melão, como também, análise da contribuição nutricional dos coquetéis vegetais durante o ciclo de vida da cultura.

O objetivo geral da pesquisa foi:

Conhecer a dinâmica dos nutrientes em diferentes manejos de solo para a definição de um sistema de produção que reduza as perdas de nutrientes e promova melhor sincronismo entre a decomposição e liberação desses nutrientes pelas plantas de cobertura no desenvolvimento da cultura do melão.

Os objetivos específicos foram:

- 1) Analisar o acúmulo de nutrientes na biomassa e produção de matéria seca em diferentes manejos de solo;
- 2) Analisar as taxas de liberação dos nutrientes N, P, K, Mg e Ca em diferentes composições de plantas de cobertura;
- 3) Avaliar a mobilidade do N, P, K, Mg e Ca no solo influenciado pelo aporte de resíduos vegetais e o tipo de manejo de solo;
- 4) Avaliar a influência dos diferentes tipos de composição das plantas de cobertura e o manejo do solo no teor de umidade;
- 5) Analisar o acúmulo de nutrientes e produção de matéria seca do melão em diferentes manejos de solo;
- 6) Avaliar o efeito de diferentes manejos de solo na produtividade do melão.

Diante do exposto, foi formulada a seguinte hipótese:

O não revolvimento do solo e o uso de coquetel vegetal com maior porcentagem de espécies não leguminosas, com presença de gramíneas, constitui o manejo de solo mais adequado para reduzir as perdas de nutrientes, manter a umidade do solo e favorecer equilíbrio entre os nutrientes liberados pelos resíduos do coquetel vegetal e a demanda de nutrientes pela cultura do melão no semiárido brasileiro.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 O CULTIVO DO MELÃO NO BRASIL

O melão (*Cucumis melo* L.) é uma oleícola de importância socioeconômica na produção hortícola mundial, pertencente à família Cucurbitácea, com características morfológicas de plantas herbáceas, cujo principal órgão utilizado é o fruto (Filgueira, 2003). É uma das frutas mais apreciadas em todo o mundo, apresentando no ano de 2013 uma área plantada de 1,19 milhões de hectares e com uma produção de 29,46 milhões de toneladas (GUIMARÃES et al., 2016). Em 2014, o Brasil plantou 22.020 hectares e colheu mais de 565.900 toneladas. A região Nordeste do País é responsável em grande parte por essa produção, respondendo por 99,98% da produção nacional de melão em 2014, com os estados do Ceará (59,75%) e do Rio Grande do Norte (39,56%) sendo os principais produtores (MDIC, 2015). O desenvolvimento da cultura é de grande importância socioeconômica para a região Nordeste do Brasil, levando em conta que as maiores áreas produtivas encontram-se no semiárido e afetado pelas condições climatológicas, para promoção do desenvolvimento econômico, pela geração de emprego e renda (DEUS et al., 2015). Seu cultivo em regiões semiáridas, com baixos índices de precipitação, é favorecido pela menor incidência de doenças, resultando na melhoria da qualidade dos frutos (COSTA, 2008).

A região do Vale do Submédio São Francisco, Nordeste do Brasil, tem se destacado pela produção de uma ampla variedade de frutas, como a manga, a uva, o mamão, a banana, o melão, entre outras. Dentre as culturas desenvolvidas na região, intensificam-se o interesse pelo o aumento e sustentabilidade da produção do melão. O uso intensivo de modernas tecnologias na sua produção vem aumentando a cada ano, em consequência das exigências do mercado interno e externo por produtos de qualidade. Esse crescimento tecnológico da agricultura, sobretudo a partir da segunda metade do século XX, incorporou um conjunto de tecnologias avançadas, as quais aumentaram a produção e alteraram as relações sociais no campo (SCHONS; MIORIN, 2007). Porém, a incorporação dessas novas tecnologias ao meio rural brasileiro ocorreu, muitas vezes, de forma inadequada à realidade do meio, com consequências altamente negativas sobre o ambiente natural (ROCHA et al., 2009). O cultivo do melão é tradicionalmente realizado em sistema convencional, tendo o revolvimento do solo como uma das principais operações pré-plantio (LOURENÇÃO et al., 2013).

No entanto, nos últimos anos houve uma grande intensificação em se recuperar o interesse pela cultura do melão na região, nos moldes de uma agricultura com uso mais intensivo dos recursos técnicos disponíveis e linhas de crédito para os agricultores investirem na modernização das propriedades. Investe-se, assim, na implantação de uma Produção Integrada (PI) que objetiva a produção de alimentos de alta qualidade, mediante o uso dos recursos naturais e de mecanismos reguladores para minimizar o uso de insumos e contaminantes, assegurando uma produção sustentável (ARAÚJO et al., 2009).

2.2 IMPACTOS DOS MÉTODOS AGRÍCOLAS CONVENCIONAIS

A agricultura convencional praticada no Brasil, com intenso revolvimento do solo, baseado normalmente em aração seguida de diversas gradagens niveladoras, agrava-se pelo fato de esta operação ser realizada no mínimo duas vezes ao ano. De acordo com PÖTTKER, (1977) e BAYER et al., (2003), em sistemas de manejo de solo baseado no preparo convencional com intenso revolvimento de solo, normalmente, a perda do estoque original da matéria orgânica do solo, em solo não cultivado e em mata natural, pode atingir 50% em períodos que variam de 15 a 23 anos. A utilização deste sistema com revolvimento do solo é uma atividade que provoca a desestruturação do solo, isto é, a fragmentação dos macroagregados em unidades menores, favorecendo a exposição da fração instável da matéria orgânica do solo a agentes oxidantes, causando sua mineralização.

A expansão das terras cultivadas com a intensificação da agricultura, propicia um incremento do desprendimento de grandes quantidades de gases de efeito estufa, sendo um dos principais contribuintes de emissões de CO₂ o preparo do solo, com a oxidação do carbono orgânico do solo (STAVI; LAL, 2013). A forma de manejo do solo pode também aumentar as emissões de N₂O do solo, em relação com a umidade do solo, temperatura e concentração de nitrato (PERDOMO; IRISARRI; ERNST, 2009). No entanto, a agricultura é capaz de mitigar uma quantidade significativa das emissões globais com a adoção de um sistema conservador (CARBONELL-BOJOLLO et al., 2012).

As alternâncias climáticas sazonais, por vezes com secas prolongadas e outros eventos extremos relacionados com o clima, promovem uma influência direta sobre a quantidade e a qualidade da produção agrícola e, em muitos casos, afetando-a negativamente (CERRI et al., 2007). Em várias regiões do mundo, tem-se a expectativa de que mudanças climáticas poderão trazer sérios impactos negativos sobre os sistemas agrícolas e, por isso, apenas mediante modificações na gestão da terra poderão ser contornadas essas condições,

incluindo modificações no uso das terras e ajustes locais de práticas agrícolas (KLEIN et al., 2013).

Em regiões semiáridas, o aumento esperado da frequência de episódios quentes e secos extremos faz prever uma considerável perda de umidade por evapotranspiração, reduzindo a eficiência do uso da água (WMO, 2011). Isto é, em parte, devido à maior pressão de vapor e condições de déficit, o que irá impor gradientes de pressão elevados planta-atmosfera que imprimem a transpiração das plantas um ritmo mais rápido, como também um esgotamento mais rápido da umidade do solo. O aumento da temperatura nessas regiões pode, portanto, provocar modificações na fenologia da cultura: as temperaturas mais elevadas são esperadas para preceder o início do florescimento, reduzindo a duração do período de crescimento devido ao aumento da evapotranspiração (VADEZ *et al.*, 2011).

De acordo com PELLEGRINO; ASSAD; MARIN (2007), é necessário serem avaliados os impactos e a intensidades dos modelos de produção agrícola para propor novos modelos de sistemas produtivos e mais eficientes, com medidas de redução dos impactos que permitam um desenvolvimento mais sustentável.

2.3 AGRICULTURA DE CONSERVAÇÃO

A agricultura de conservação (AC) é um sistema de cultivo sustentável que pode ajudar a reverter a degradação do solo e, possivelmente, aumentar o rendimento e reduzir o tempo de trabalho, produzindo um alto retorno líquido. A AC é baseada em três princípios: (1) perturbação mínima do solo, ou seja, a semeadura direta, (2) cobertura de solo permanente com a vida ou material vegetal morto, e (3) rotação de culturas ou associação com leguminosas (FAO, 2012).

O cultivo mínimo foi um dos primeiros métodos que reduziu o preparo para as culturas anuais. O campo é arado em uma viagem e semeado em outra, eliminando, assim, toda ou quase toda a aração e gradagem que seriam originalmente utilizadas para preparar o solo (TROEH; THOMPSON, 2007).

O sistema de plantio direto é a semeadura praticada em solo não revolvido e coberto por plantas em desenvolvimento e por resíduos vegetais. Como resultado, evita-se o selamento superficial decorrente do impacto das gotas de chuva; em adição, reduz o escoamento superficial e aumenta a infiltração, reduzindo a erosão. Mediante plantio direto, ocorre maior proteção da matéria orgânica no interior dos agregados, menor fracionamento

dos resíduos e menor área de contato dos resíduos com o solo, que conseqüentemente reduzem a taxa de mineralização da matéria orgânica no solo (COSTA et al., 2008).

Esta técnica foi introduzida no início da década de 1970; no entanto, teve sua grande expansão a partir da década de 1990 (JUNIOR; ARAÚJO; LLANILLO, 2012). Segundo a Federação Brasileira de Plantio Direto e Irrigação (FEBRA- PDP), a área manejada com plantio direto em 2012/13 ultrapassou 35 milhões de hectares no País (FREITAS, 2013).

Além da redução do CO₂ relacionado com práticas conservacionistas de manejo do solo, a adoção de boas estratégias de gestão tem o potencial de aumentar os níveis de C orgânico e, conseqüentemente, melhorar a estrutura do solo. Isso resulta em aumento da infiltração, melhores relações hídricas do solo, redução da superfície de vedação e erosão, o que deve levar a um aumento da produtividade (CERRI *et al.*, 2007).

Na região semiárida do Brasil, é importante priorizar a conservação do solo com o uso de sua cobertura por culturas ou seus resíduos, que protegem o solo contra as condições climáticas adversas da região, permitindo o aumento da infiltração e retenção de água, aumento do teor de matéria orgânica, diminuição das oscilações de temperaturas e da evaporação e elevação da disponibilidade de água para a cultura (GIONGO et al., 2010).

2.4 USO DE CONSÓRCIO DE ESPÉCIES VEGETAIS COMO PLANTAS DE COBERTURA

De acordo com DUDA et al. (2003) e BOER et al. (2007), o plantio conjunto de várias espécies vegetais consorciadas entre as plantas cultivadas, conhecida como “coquetel vegetal”, vem sendo analisada na região do Vale do Submédio São Francisco. Seu uso promove a movimentação dos nutrientes das camadas mais profundas do solo para a superfície, os quais são absorvidos pelos sistemas radiculares das plantas, que, após o corte da parte aérea, sofrem decomposição sobre a ação do ambiente, devolvendo-os ao solo.

O fato de as espécies serem semeadas simultaneamente na mesma área proporciona uma melhor exploração do solo e favorecendo a diversificação de espécies no sistema e fornecendo maior quantidade de material orgânico, com uma composição diversificada de nutrientes (SILVA et al., 2005).

A fitomassa produzida pelos coquetéis vegetais tem influência direta na melhoria das condições do solo, diminuindo as perdas de nutrientes por lixiviação e a erosão, mantendo a umidade este, aumentando a infiltração; além de colaborar no controle da vegetação

espontânea, auxilia na disponibilização de nutrientes, principalmente quando se utilizam espécies leguminosas, ou na melhoria da estruturação do solo, quando gramíneas estão presentes (CARVALHO; AMABILE, 2006; CARVALHO et al., 2010; SOARES; ESPINDOLA; PEREIRA, 2005).

A produção de fitomassa, além de acarretar maior aporte de C ao solo, atua como isolante entre o solo e a atmosfera, pois a sua cobertura eficiente impede a ação direta do sol e das gotas de chuvas, mantendo as temperatura e umidade mais estáveis, favorecendo o desenvolvimento do sistema radicular e a atividade microbiana, contribuindo para a criação de um ambiente mais favorável à agregação das partículas do solo e, conseqüentemente, melhoria da sua qualidade (WENDLING et al., 2005).

A produção e manutenção de palhada sobre a superfície podem constituir o principal entrave para o sucesso do sistema plantio direto (SPD), principalmente em regiões mais quentes, onde as altas temperaturas, aliadas à umidade proporcionada pelo grande volume de chuvas no verão, aceleram a decomposição dos resíduos. Um fator de importância é a relação C/N do material depositado na superfície do solo. (ALVARENGA et al., 2001).

Além do aspecto quantidade, alguns esforços da pesquisa têm sido direcionados à avaliação da qualidade do resíduo vegetal proveniente das mais diversas espécies (TEIXEIRA et al., 2010). No consórcio de espécies cultivadas como coquetel vegetal utilizam-se, como forma de avaliar a melhor composição para a cultura em estudo, proporções diferenciadas de gramíneas e leguminosas. As gramíneas geralmente contribuem com quantidades relativamente elevadas de fitomassa, caracterizadas pela alta relação C:N, o que aumenta a persistência da cobertura do solo ao longo do tempo (ANDREOLA et al., 2000). Por outro lado, as leguminosas, por fixarem o N atmosférico, possuem altos teores de N na matéria vegetal, e os restos vegetais geralmente têm baixa relação C:N, com composição relativamente acelerada, promovendo pequena cobertura do solo e prejudicando o manejo conservacionista (PERIN et al., 2006). De maneira geral, as leguminosas se destacam na produção de MS, podendo chegar a 10 Mg ha⁻¹ no nabo forrageiro (*Raphanus sativus*) e 8,7 Mg ha⁻¹ na aveia preta (*Avena strigosa*) (MONEGAT, 1991). Porém, algumas leguminosas podem produzir quantidade de Matéria Seca (MS) equivalente ou superior às espécies não leguminosas (DA ROS; AITA, 1996).

A leguminosa *Cajanus cajan* L., conhecida como Guandu, teve sua produtividade de matéria seca avaliada por MAGALHÃES et al., (2003), alcançando 19,9 t ha⁻¹ aos 115 dias

após a semeadura. BURLE et al., (1994), estudando a produtividades de MS desta mesma espécie em regiões de Cerrado, encontraram uma média de 2.215 kg ha⁻¹.

O milheto (*Penisetum americanum* L.) é uma gramínea que apresenta crescimento rápido, resistência à seca, alta capacidade de produtividade de fitomassa e adaptação a solos de baixa fertilidade, por isso sua grande utilização em regiões de baixa precipitações (SEGUY et al., 1993). A produtividade de MS estimada por OLIVEIRA et al (2002) para o milheto foi de 14.180 Kg ha⁻¹. Segundo PITOL et al., (1996), o milheto apresenta potencial de produtividade de MS de 15 t ha⁻¹, mas a média varia de 8 t ha⁻¹ a 10 t ha⁻¹, para boas condições de clima e de fertilidade.

Outra gramínea utilizada como planta de cobertura é o Sorgo (*Sorghum vulgare* Pers.). Conforme trabalho realizado por CARVALHO (1979), a produtividade de MS pelo sorgo foi de aproximadamente 12.000 kg ha⁻¹ aos 99 dias após a emergência. Kichel e Miranda (2000) obtiveram produtividade de MS de 5.760 kg ha⁻¹.

No tocante à utilização de coquetéis vegetais, de acordo com AITA et al., (2004), o consórcio entre espécies de cobertura deve visar produzir fitomassa com relação C:N intermediária, proporcionando cobertura do solo por mais tempo e melhor sincronia entre oferta e demanda de N. Espécies de cobertura que apresentem elevada produção de fitomassa e reciclagem de nutrientes são essenciais para maximizar a produtividade das culturas em sucessão, no sistema plantio direto (NETO et al., 2011). CARPIM et al., (2008) destacam que o estágio de florescimento é o momento ideal para o manejo das plantas de cobertura, em razão do maior acúmulo de fitomassa e nutrientes.

AMADO et al. (2001) sugerem que o uso de leguminosas, combinado com maior diversidade de espécies em sucessão ou rotação de culturas, aumenta de forma significativa a retenção de C e N no solo, com implicações importantes para o balanço destes elementos em escala regional e global e para a produção sustentável e a qualidade ambiental. O uso de leguminosas, além de melhorar a qualidade do solo, resulta em menor custo financeiro e energético da produção de alimentos, pelo suprimento parcial do N e redução da necessidade de fertilizantes nitrogenados (COSTA et al., 2008).

Para a escolha das espécies para a composição de um adequado sistema de rotação de culturas, a adaptação às condições climáticas é de fundamental importância (CERETTA; HERBES; POLETTO, 2002), além de outras características desejáveis, tais como: elevada produção de matéria seca (MS); rápido estabelecimento; facilidade de manejo; sistema

radicular vigoroso e profundo; eficiência na ciclagem de nutrientes; não apresentar problemas de doenças e infestação das áreas; interesse do produtor em face das perspectivas de comercialização dos produtos (LOPES et al., 2004).

CARVALHO et al. (2012) sugerem o uso das espécies *C. cajan*, *S. bicolor*, *T. aestivum*, e *M. aterrima*, por gerarem cobertura adequada do solo na formação de resíduos vegetais, devido à maior proporção de lignina e, conseqüentemente, menores taxas de decomposição. Por outro lado, para uma rápida ciclagem de nutrientes, eles aconselham *U. ruziziensis*, *C. brasiliensis*, *P. glaucum*, e *R. sativus*, por possuírem taxas de decomposição mais rápida e, portanto, um aumento na produção agrícola em sistemas de plantio direto.

Resultados satisfatórios têm sido observados para milho e sorgo, pela rusticidade (BOER et al., 2007; OLIVEIRA; CARVALHO; MORAES, 2002; TEIXEIRA et al., 2010; TREZZI; VIDAL, 2004), nabo forrageiro, pelo rápido crescimento (CERETTA; TRENTIN; GIOTTO, 2005; CRUSCIOL et al., 2005), guandu (CARVALHO et al., 2008; SALMI et al., 2006) e crotalária (CAZETTA; FORNASIERI FILHO; GIOTTO, 2005; COLLIER et al., 2006; TEIXEIRA et al., 2010) pela produção de MS com elevadas quantidades de nitrogênio (N).

Vários trabalhos (CHAVES et al., 2007; FERREIRA et al., 2006; MOURA et al., 2005; RIBEIRO et al., 2006; SILVA et al., 2005) apontam algumas espécies que podem ser usadas para cobertura do solo e produção de fitomassa na região semiárida do Vale do Submédio São Francisco, entre as quais, as leguminosas calopogônio (*Calopogonium mucunoides*), *Crotalaria juncea*, *Crotalaria spectabilis*, feijão de porco (*Canavalia ensiformes*), guandu (*Cajanus Cajan* L.), lab-lab (*Dolichos lablab* L.); e as não-leguminosas gergelim (*Sesamum indicum* L.), girassol (*Chrysanthemum peruvianum*), mamona (*Ricinus communis* L.), milho (*Penisetum americanum* L.) e sorgo (*Sorghum vulgare* Pers.).

FERREIRA et al. (2007) estudando diferentes composições de coquetéis vegetais, concluíram que, entre as onze espécies avaliadas, a mamona e o feijão de porco foram responsáveis por aproximadamente 30% da fitomassa verde e seca produzida em cada tratamento. O calopogônio apresentou desenvolvimento lento devido às condições climáticas do Vale do Submédio São Francisco, não a recomendando para o cultivo na região. Dentre os coquetéis estudados, os tratamentos constituídos de misturas de espécies leguminosas e não-leguminosas apresentaram-se como as melhores opções para os perímetros irrigados da região

em relação à produção de fitomassa e composição nutricional, em detrimento aos coquetéis constituídos exclusivamente por leguminosas ou não leguminosas (gramíneas e oleaginosas).

Em um estudo na região semiárida do vale do São Francisco, PEREIRA FILHO et al., (2012) utilizaram coquetéis vegetais como plantas de cobertura na cultura do melão em plantio direto e convencional. As espécies utilizadas foram: Leguminosas - Calopogônio (*Calopogonium mucunoide*), mucuna preta (*Mucuna aterrina*), mucuna cinza (*Mucuna conchinchinensis*), *Crotalaria juncea*, *Crotalaria spectabilis*, feijão de porco (*Canavalia ensiformes*), guandu (*Cajanus Cajan* L.), Lab-lab (*Dolichos lablab* L.); não-leguminosas: gergelim (*Sesamum indicum* L.), milho (*Zea mays*), milheto (*penissetum americanum* L.) e sorgo (*Sorghum vulgare* Pers.). A experimentação compreendeu os seguintes tratamentos: T1 – Coquetel 1 (75% leguminosas + 25% não-leguminosas); T2 – coquetel 2 (75% não leguminosas + 25% leguminosas); T3 – vegetação espontânea. As produtividades média de MS do coquete vegetal 1, coquetel vegetal 2 e vegetação espontânea, foram em torno de 8.000 Kg ha⁻¹, 10.000 Kg ha⁻¹ e 4.000 Kg ha⁻¹, respectivamente.

2.5 DECOMPOSIÇÃO E CICLAGEM DE NUTRIENTES PELAS PLANTAS DE COBERTURA

As plantas de cobertura semeadas na entressafra, em sistema de plantio direto, apresentam capacidade de absorver nutrientes em camadas subsuperficiais e, depois liberá-los nas camadas superficiais pela decomposição e mineralização dos seus resíduos (TORRE; PEREIRA; FABIAN, 2008), o que pode contribuir para o uso eficiente de fertilizantes nas culturas anuais em sucessão. Além disso, essas espécies auxiliam na conservação dos solos, pela maior agregação das partículas e pela proteção da superfície do solo ao impacto direto das chuvas (PACHECO et al., 2011).

Resíduos culturais na superfície do solo constituem importante reserva de nutrientes, cuja disponibilização pode ser rápida e intensa (ROSOLEM; CALONEGO; FOLONI, 2003), ou lenta e gradual, conforme a interação dos fatores climáticos, principalmente precipitação pluvial e temperatura, atividade macro e microbiológica do solo e qualidade e quantidade do resíduo vegetal (ALCÂNTARA et al., 2000; OLIVEIRA; CARVALHO; MORAES, 2002).

O conhecimento da dinâmica de liberação dos nutrientes desses resíduos culturais é fundamental para que se possa compatibilizar a máxima persistência dos mesmos na superfície do solo, a qual contribui com a manutenção da umidade e com a proteção do sistema contra efeitos erosivos (BOER et al., 2007).

A velocidade de decomposição dos resíduos culturais determina o tempo de permanência da cobertura morta na superfície do solo. Quanto mais rápida for sua decomposição, maior será a velocidade de liberação dos nutrientes, diminuindo, entretanto, a proteção do solo. Por outro lado, quanto mais altos forem os conteúdos de lignina e a relação C/N nos resíduos, tanto mais lenta será a sua decomposição (FLOSS, 2000).

O cultivo de plantas de cobertura do solo na entressafra, em SPD, principalmente de leguminosas, tem demonstrado ser uma alternativa promissora na suplementação de N para as culturas em sucessão (AMADO; SANTI; ACOSTA, 2003; SISTI et al., 2004). As leguminosas caracterizam-se pela capacidade de fixação do N₂ atmosférico e pela estreita relação C:N, o que leva a uma rápida decomposição dos seus resíduos (GIACOMINI et al., 2003a), disponibilizando ao solo, aos microrganismos e às plantas em sucessão, além do N e do C acumulado, todos os nutrientes contidos na biomassa (MULVANEY et al., 2010). Por outro lado, os resíduos deixados pelas gramíneas, por apresentarem elevada relação C:N, decompõem-se mais lentamente e permanecem mais tempo sobre o solo, reduzindo a erosão, o que é desejável, principalmente nas regiões de clima tropical úmido, no qual favorece a rápida decomposição dos resíduos das culturas (CARVALHO; JUNIOR, 2008; PIRES et al., 2008). Entretanto, a menor velocidade de decomposição dos resíduos também reduz a taxa de liberação de nutrientes ao solo, podendo ocorrer, inclusive, imobilização microbiana de N (SILVA et al., 2007), devido à maior relação C:N dos mesmos.

PELÁ et al. (1999) avaliaram a resistência à decomposição de dez espécies de cobertura em Marechal Cândido Rondon no Paraná. Os resultados obtidos mostraram que o milho foi o material mais resistente, apresentando uma porcentagem de perda, ao longo de 73 dias, de 44,4%, seguido do Guandu anão, com 49,4%. O feijão bravo do Ceará, a *Crotalaria spectabilis* e a Mucuna preta foram as que apresentaram, no mesmo período, as maiores taxas de decomposição, 64,5%, 60,2% e 57,4 %, respectivamente.

No SPD, o não revolvimento do solo favorece a ocorrência de modificações na ciclagem dos nutrientes, em especial do N, que tem a sua dinâmica afetada, já que a decomposição mais lenta dos resíduos vegetais deixados na superfície do solo altera alguns processos como imobilização, mineralização, lixiviação, volatilização e desnitrificação (NOVAIS et al., 2007).

ASSIS et al. (2003) relataram que a constante de decomposição (k) e a meia-vida ($t_{1/2}$) da palhada de sorgo sofreram influência significativa da aplicação de N, acelerando o

processo de decomposição em 21% com relação ao tratamento sem N. Na presença de N foram necessários 119 dias para uma decomposição de 50% da palhada e, na sua ausência, 150 dias.

Em sistemas de semeadura direta, a tendência observada é de acumulação de nutrientes, especialmente de Ca, Mg, K e P nas camadas superficiais do solo, visto que, além de não haver revolvimento, verifica-se o acúmulo de nutrientes no tecido das plantas cultivadas, com posterior decomposição e liberação desses nutrientes nas camadas superficiais (PAVINATO & ROSOLEM, 2008).

BORKET et al. (2003) estudando o Guandu nos municípios paranaenses de Campo Mourão, Guarapuava e Londrina, encontraram produtividades da sua parte aérea variando de 1.390 Kg ha⁻¹ a 12.190 Kg ha⁻¹ e acumulações no limbo foliar variando de 43 Kg ha⁻¹ a 276 Kg ha⁻¹ de N; 4 Kg ha⁻¹ a 33 Kg ha⁻¹ de P e de 20 Kg ha⁻¹ a 174 Kg ha⁻¹ de K.

Em gramíneas (urocloa, milheto e mombaça) com o objetivo de avaliar a acumulação de nutrientes no limbo foliar em função dos dias após a emergência, BRAZ et al. (2004) observaram que, entre os macronutrientes, as maiores acumulações foram de N e K, sendo o P o nutriente de menor acumulação, em todas as espécies. No caso específico do milheto, a máxima acumulação ocorreu no intervalo de 52 a 55 dias após a germinação, e os valores estimados foram de 348 Kg ha⁻¹, 36 Kg ha⁻¹ e 314 Kg ha⁻¹, respectivamente para N, P e K. Observaram que os valores de N e K foram bem maiores que os normalmente incorporados ao solo pela adubação de plantio, mostrando a grande capacidade de aquisição de nutrientes dessa cultura.

NETO et al. (2011) avaliando a produção de massa de matéria seca e o acúmulo de nutrientes pelo guandu-anão (*Cajanus cajan*) e o milheto (*Pennisetum glaucum*), em cultivo solteiro e consorciado, na produtividade da mamoneira de safrinha em sistema plantio direto, instalado em Botucatu, SP, observaram que o milheto solteiro produziu maior quantidade de massa de matéria seca (14.040 kg ha⁻¹), com maiores concentrações de K e Mg e acumulando maiores quantidades de macronutrientes na parte aérea do que o guandu-anão solteiro ou o consórcio guandu-anão + milheto.

Num Nitossolo Vermelho à região de Botucatu-SP, SORATTO et al. (2012) avaliaram a produção de fitomassa e as taxas de decomposição e liberação de macronutrientes e de silício nos resíduos vegetais de crotalária (*Crotalaria juncea*) e milheto (*Pennisetum*

glaucum), em cultivo solteiro e consorciado. Constataram que o milho apresentou maior produção de matéria seca e acúmulo de N, P, K, Mg, S, C e Si, enquanto que a crotalaria acumulou maior quantidade de Ca. A fitomassa do milho apresentou as maiores taxas de decomposição e de liberação de nutrientes.

BOER et al. (2007) avaliaram o acúmulo e a liberação de nutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) na biomassa de amaranto (*Amaranthus cruentus* L.), milho (*Pennisetum glaucum* L.) e capim-pé-de-galinha (*Eleusine coracana* (L.) Gaertn.), cultivados na entressafra num Latossolo Vermelho, no Cerrado do município de Rio Verde – GO. Observaram que o milho e o capim-pé-de-galinha acumularam as maiores quantidades de nutrientes na biomassa, sendo o potássio o nutriente acumulado em maior quantidade e com maior liberação entre os demais nutrientes. O amaranto teve seus resíduos rapidamente decompostos, em razão da baixa relação C:N (21), o que diminui sua eficiência como planta de cobertura. Os nutrientes presentes nos resíduos culturais do amaranto apresentaram elevada taxa de liberação, ao contrário do observado para o milho e para o capim-pé-de-galinha, com alta relação C:N.

JESUS et al. (2012) estudaram o acúmulo de macronutrientes em coquetéis vegetais como plantas de cobertura no cultivo do melão, com diferentes composições e relação C:N, na região semiárida do Vale do São Francisco em Pernambuco. Coquetel 1 (75% leguminosas + 25% não-leguminosas); coquetel 2 (75% não leguminosas + 25% leguminosas) e como testemunha vegetação espontânea. O coquetel vegetal 1 apresentou uma média de valores de extração de macronutrientes de 190,52 kg ha⁻¹, 25,35 kg ha⁻¹, 257,17 kg ha⁻¹, 92,41 kg ha⁻¹, para N, P, K e Ca respectivamente, e o coquetel 2 apresentou uma média de valores de extração de macronutrientes de 184,77 kg ha⁻¹, 22,24 kg ha⁻¹, 314,72 kg ha⁻¹, 95,06 kg ha⁻¹, para N, P, K e Ca respectivamente. Observaram que os coquetéis vegetais possuem um elevado acúmulo de nutrientes, principalmente de N e K, destacando-se como culturas recicladoras e, por isso, o uso como uma forma de substituir, em grande parte, a necessidade de fornecimento de nutrientes via adubações químicas.

Destarte, o uso de cobertura vegetal tem se tornado estratégia essencial para a recuperação e manutenção da qualidade dos solos (AZEVEDO et al., 2007; COSTA et al., 2008). No entanto, para que um adubo verde seja eficaz no fornecimento de nutrientes, deve haver sincronia entre o nutriente liberado pelo resíduo da planta de cobertura e a demanda da cultura de interesse comercial (STUTE; POSNER, 1995). A velocidade de liberação de

nutrientes desses resíduos culturais durante o processo de decomposição depende da localização e da forma em que esses nutrientes se encontram no tecido vegetal, como também, atuação de macro e microrganismos decompositores, e características do material orgânico que determinam sua degradabilidade, além das condições edafoclimáticas da região (CORREIA; ANDRADE, 1999).

2.6 MANUTENÇÃO DA UMIDADE DO SOLO PELAS PLANTAS DE COBERTURA

A quantidade de água utilizada depende da eficiência do método de irrigação adotado (BATISTA et al., 2009), do controle da lâmina aplicada (ALLEN et al., 1998) e da capacidade de seu armazenamento no solo, a favorecer um aumento da infiltração e, principalmente, redução da taxa de evaporação, por meio da cobertura do solo com materiais sintéticos ou de origem vegetal. FREITAS et al. (2004) verificaram que a perda de água por evaporação no solo sem cobertura foi três vezes superior à do solo com cobertura morta.

A maior taxa de conservação de água no solo em sistema de PD se deve à manutenção da palhada sobre a superfície, que age como uma barreira, reduzindo a perda de água por evaporação (ALLEN et al., 1998; DERPSCH et al., 1991; MAROUELLI et al., 2010; STONE; MOREIRA, 2000; WARD et al., 2013).

DALMAGO et al. (2009), estudando as alterações na retenção de água no solo e na sua disponibilidade às plantas ao longo do perfil, em sistemas de plantio direto (SPD) e convencional (SPC), demonstraram que o SPD aumenta a disponibilidade de água às plantas próximo à superfície e com menos energia de retenção, em comparação com o SPC. Em todo o perfil, SPC apresentou cerca de 53% mais água armazenada em comparação à do PD; entretanto, a armazenagem de água foi 80% maior em SPD próximo à superfície (2,5 cm de profundidade). Nos primeiros 15 cm de profundidade, 70% da água disponível foram retidos acima de -80 kPa em SPD, em comparação a 50%, para SPC.

TEÓFILO et al. (2012) avaliando o efeito dos sistemas de plantio direto e convencional na economia de água de irrigação e como estratégias de manejo de plantas daninhas na cultura do melão (*Cucumis melo*), verificaram que a cobertura do solo em plantio direto reduziu o consumo de água em 13% ($215,0 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) em relação ao tratamento no plantio convencional, que resultou um aumento de 9,6% no consumo. Além disso, o sistema de plantio direto reduziu a densidade populacional e a massa seca acumulada pelas plantas daninhas em 86,7 e 61%, respectivamente, em relação ao plantio convencional; além disso a

interferência destas reduziu a produtividade comercial em 100% no plantio convencional e 36,5% no direto.

2.7 A DINÂMICA DOS MACRONUTRIENTES NO SOLO

2.7.1 Nitrogênio

O nitrogênio (N) é um dos nutrientes mais influenciados pelos sistemas de manejo quando se leva em consideração a sua dinâmica no solo e disponibilidade para a planta, pois é requerido em maior quantidade por ser essencial ao crescimento das culturas agrícolas (ASSUNÇÃO & BRASIL, 2011).

As plantas adquirem nitrogênio de duas fontes principais: (a) do solo, através de fertilizantes comerciais, adubos verdes, e / ou mineralização da matéria orgânica, e (b) da atmosfera através da fixação simbiótica de N_2 . A mineralização de nitrogênio é a transformação de N orgânico para a forma mineral (NH_4^+). Por meio de duas reações: (a) Aminização, que é a decomposição hidrolítica de proteínas e liberação de aminas e aminoácidos, onde em meio neutro as bactérias dominantes quebra proteínas e sob condições ácidas prevalecem alguns fungos com envolvimento de actinomicetos, e (b) Amonificação, representada pelo processo que retorna o nitrogênio incorporado para a forma de amônia, promovido por uma população muito diversificada de bactérias, fungos e actinomicetos (TROEH; THOMPSON, 2007). A mineralização deve-se à ação de microrganismos quimiorganotróficos do solo que requerem carbono como fonte de energia. A mineralização da matéria orgânica é responsável por grande parte do N fornecido e utilizado pelas culturas, sendo influenciada por uma série de fatores, como pH, umidade, temperatura do solo e principalmente da relação C/N do material (SAMPAIO; SALCEDO, 1993). A imobilização de N é a conversão de nitrogênio inorgânico (NH_4^+ e NO_3^-) oriundo dos fertilizantes minerais ou orgânicos (reimobilização) para a forma orgânica. A imobilização é basicamente o contrário da mineralização. Entretanto, esse processo além de ser promovido por microrganismos quimiorganotróficos, é realizado também pelas plantas através da assimilação e incorporação em seus tecidos (AITA; GIACOMINI, 2007).

A maior parte do N no solo se encontra na forma orgânica, fazendo parte da matéria orgânica em diferentes moléculas e variados graus de recalcitrância, ou fazendo parte de organismos vivos. Normalmente apenas 5% do N total se encontram em formas inorgânicas, (como íon amônio e íon nitrato), que são as exigidas na absorção das plantas (KEENEY, 1982).

O N é um dos nutrientes que sofre grande influência no sistema de plantio direto, pois processos como a imobilização e a mineralização e lixiviação são modificados pela permanência de resíduos vegetais na superfície. Neste tipo de sistema a decomposição dos resíduos vegetais é mais lenta por estarem na superfície, havendo manutenção de maior umidade no solo e conseqüentemente maior atividade dos microrganismos na camada superficial, provocando modificações nos processos de disponibilização e também de perda de N (CABEZAS et al., 2000). Essa menor taxa de decomposição dos resíduos vegetais no SPD pode favorecer o sincronismo entre a taxa de liberação de N para o solo e a taxa de absorção desse nutriente pela planta. Quanto mais harmoniosa essa relação, mais eficiente será o aproveitamento do N dos resíduos vegetais (CASTOLDI et al., 2012).

De acordo com AMADO; MIELNICZUK; AITA, (2002), as gramíneas apresentam uma alta capacidade de absorção de N, causado pelo seu sistema radicular abundante, tornando-se uma possível estratégia para a sua reciclagem, durante a entressafra e redução das perdas de nitrato por lixiviação. No entanto, seus resíduos apresentam uma alta relação C:N, que apesar de promover uma cobertura de solo com maior durabilidade, resulta, na maioria dos casos, uma imobilização microbiana de N, diminuindo a quantidade de N disponível no solo (RANELLS; WAGGER, 1997).

Com relação às leguminosas, estas plantas apresentam características de fixar o N₂ atmosférico, com baixa relação C:N, resultando numa rápida mineralização no N dos resíduos culturais (STUTE; POSNER, 1995). Conseqüentemente, a rápida decomposição dos resíduos de leguminosas e liberação de N pode não coincidir com a maior demanda de N pela cultura em sucessão, provocando, assim, um acúmulo do nutriente no solo, aumentando as possíveis perdas via volatilização de amônia, desnitrificação e/ou lixiviação de nitrato (AITA et al., 2001; RANELLS; WAGGER, 1997).

Há também a opção do uso de misturas de plantas, pelo qual é possível controlar a velocidade de decomposição e liberação de N dos resíduos culturais, já que a fitomassa obtida apresenta uma relação C:N intermediária àquela das culturas solteiras (AITA et al., 2004).

De acordo AITA et al., (2004) uma das formas para contornar o problema da velocidade de decomposição e liberação de N dos resíduos culturais seria a utilização de consórcio entre plantas de cobertura, uma fitomassa que apresentasse uma relação C/N intermediária àquela das culturas solteiras, isto é, apresentando gramíneas e leguminosas.

2.7.2 Fósforo

O Fósforo (P) se encontra no solo adsorvido ou complexado com os oxihidróxidos de Fe, Al e Ca e com a matéria orgânica, ou livre na solução do solo. Na solução do solo, encontra-se fósforo inorgânico nas formas H_3PO_4 , $H_2PO_4^-$ e HPO_4^{2-} , dependendo do pH. O cultivo das plantas é indicado na faixa de pH entre 5,0 e 6,5 onde predomina o íon monovalente $H_2PO_4^-$ (HAVLIN et al., 2005). Devido à baixa quantidade total de água retida pelo solo e a baixa concentração de P na solução, a quantidade prontamente disponível de P para as plantas é muito baixa, havendo a necessidade de difusão de P da fase sólida para a solução para suprir as necessidades das culturas. Essa difusão é dependente do pH, do teor de óxidos e de outros fatores que afetam o equilíbrio Psólido/Psolução (ANGHINONI; BISSANI, 2004).

Em solos ácidos, a adsorção é geralmente atribuída aos óxidos e hidróxidos de Fe e Al, ao baixo pH da solução e à matéria orgânica. No início da adsorção de P ocorre atração eletrostática e na sequência a troca de ligantes entre os óxidos e hidróxidos (OH^-) e íons fosfato ($H_2PO_4^-$ e HPO_4^{2-} , principalmente), gerando uma adsorção específica. Essa atração se intensifica com o baixo pH da solução do solo e maior conteúdo de argilas do tipo 1:1 como a caulinita, abundante nos latossolos brasileiros (HAVLIN et al., 2005).

O fósforo orgânico está localizado principalmente na fração ácido fúlvico e ligado às formas de éster de ácido ortofosfórico e outras estruturas de mono e diéster. Os ésteres de ortofosfato ($H_2PO_4^-$) têm sido classificados em fosfato de inositol, fosfolipídio, ácidos nucléicos, nucleotídeos e glicose-fosfato (MENDONÇA; OLIVEIRA, 2000).

A liberação do P da matéria orgânica na solução do solo ocorre através do processo de mineralização, ou seja, transformação do P orgânico em P inorgânico, enquanto o processo inverso é denominado imobilização. A mineralização é catalisada pelas enzimas do tipo fosfatase, produzida por plantas, fungos e bactérias e localizada principalmente na rizosfera. Os processos de imobilização/mineralização são influenciados pela temperatura, homogeneidade do material vegetal, aeração, tipo de cultivo e pH da solução do solo. A taxa de mineralização de fósforo é maior quando o solo apresenta grande quantidade de P_o (fósforo orgânico), entretanto a imobilização do P_i (fósforo inorgânico) é inversamente proporcional ao conteúdo de P_o (HAVLIN et al., 2005).

Na utilização de sistema de plantio direto, a dinâmica do P é afetada pela redução do contato entre os colóides e o íon fosfato, causado pelo não revolvimento dos resíduos vegetais, diminuindo as reações de adsorção, apesar de promover a formação de linhas com maior concentração de P (P residual). Porém, esse efeito poderá ser reduzido com introdução de culturas com sistema radicular fasciculado que promove a redistribuição do P em função do tempo. O cultivo de consórcios de coquetéis vegetais promove também aumento do P microbial e de formas lábeis e a mineralização lenta e gradual destes resíduos em SPD proporciona a liberação e redistribuição de formas orgânicas de P mais estáveis e menos suscetíveis às reações de adsorção (SÁ, 1999).

Em sistemas de plantio direto, o P se acumula nas camadas superficiais em consequência ao acúmulo de matéria orgânica na superfície, em específico nas áreas com baixa disponibilidade de P, formando uma relevante gradiente de concentração (BONO et al., 2002). Uma forma de prevenir prováveis problemas relacionados ao manejo do P em SPD é a rotação com plantas de cobertura adaptadas às condições tropicais que possuam alta capacidade de ciclagem do P e promovam a movimentação do P em profundidade, como o milho e a *Brachiaria brizantha* (CORRÊA; MAUAD; ROSOLEM, 2004; FOLONI et al., 2008). Ao ser absorvido pelas plantas, o P é translocado intensamente para os diferentes órgãos vegetais, podendo ser acumulado em quantidades relativamente elevadas nas raízes, que ao serem decompostas funcionam como um veículo de distribuição de P no perfil do solo (CHEPKWONY et al., 2001). É normal se observar o aumento na disponibilidade de P no solo com a adição de resíduos vegetais, tanto pelo P presente no resíduo como por competição de compostos orgânicos dos resíduos pelos sítios de troca no solo (PAVINATO & ROSOLEM, 2008).

2.7.3 Potássio

O potássio (K) é absorvido de forma ativa pelas raízes em forma de K^+ . As várias funções deste macronutriente são: controle da turgidez do tecido, ativação de muitas enzimas envolvidas na respiração e fotossíntese, abertura e fechamento de estômatos, transporte de carboidratos, transpiração, resistência à geada, seca, salinidade e doenças, resistência ao acamamento e manutenção da qualidade dos produtos (MARSCHNER, 1995).

No solo, o K pode ser encontrado na solução (íon monovalente K^+) ou nas formas de K trocável, K não-trocável (fixado) e K estrutural, sendo que nesta última encontra-se 98% da quantidade total de K no solo (SPARKS, 2000). Como fonte de K para as plantas, está a

forma em solução e os sítios de troca dos colóides do solo, que estão em equilíbrio entre si e com o K não trocável e com o K estrutural dos minerais (SPARKS, 2000). De acordo com alguns autores (CASTILHOS; MEURER, 2002; KAMINSKI et al., 2007; MEURER; ANGHINONI, 1993), a absorção total de K pelas plantas pode ser maior do que a quantidade inicial de K trocável, sugerindo ocorrer contribuição de formas de K consideradas como não-trocáveis.

O K não-trocável é parte do K estrutural mais facilmente dissolvida em meio ácido (contido em minerais primários, de mais fácil intemperização) mais o K fixado nas entre camadas de minerais 2:1. Em solos com predomínio destes minerais, e mesmo em alguns onde há predomínio dos minerais 1:1. O K não-trocável é geralmente maior que o trocável. Já em solos onde os minerais de argila do tipo 1:1 predominam, muitas vezes os teores de K não-trocável e trocável são semelhantes, e sua disponibilidade para as plantas pode ocorrer a curto, médio e longo prazo (MEURER, 1993).

A fixação do K é muito mais expressiva em regiões temperadas, onde os minerais do tipo 2:1 predominam. Nas regiões tropicais, como é o caso dos solos brasileiros, normalmente não existe esta forma de K, ou ela é pouco expressiva, devido à presença de minerais 1:1 e de polímeros de alumínio, que não permitem que as entre camadas destes minerais se aproximem (ERNANI et al., 2007). Este potássio somente pode ser mobilizado muito lentamente e muito parcialmente, sendo mais expressiva a liberação através da alteração dos minerais do que pela liberação do K que está fixado (FAUCONNIER, 1976).

O teor de K na matéria orgânica é extremamente pequeno, não contribuindo, de modo importante para o suprimento de K para as plantas. Este elemento ocorre somente na fração orgânica viva, ou seja, ele não integra nenhum composto orgânico estável ou fração orgânica abiótica do solo, sendo lavado do material orgânico logo após a morte das células (ERNANI et al., 2007).

A utilização de um sistema de produção conservacionista, como o SPD, afeta diretamente o manejo do K no sistema. O K não tem função estrutural no metabolismo vegetal, ficando quase totalmente na forma iônica nos tecidos (MARSCHNER, 1995). Como o K, nos resíduos vegetais, ele não permanece incorporado às cadeias carbônicas (encontrando-se na forma iônica); após a colheita ou senescência das plantas ele volta rapidamente ao solo em forma prontamente disponível para as culturas, fazendo dos resíduos culturais um depósito significativo de K em curto prazo (ROSOLEM et al., 2007).

No sistema de plantio direto, a abundância de K na parte aérea de plantas de cobertura pode representar uma fonte significativa do nutriente para as culturas sucessivas. Por isso, devem-se utilizar plantas de cobertura com altas capacidades de produzir matéria seca e de absorver K. Estudos apontam a aveia-preta como sendo uma espécie de cobertura com alta capacidade recicladora de K do solo, devido ao elevado teor do nutriente na sua parte aérea, além de possuir sistema radicular profundo, permitindo trazer o K contido em camadas mais profundas do solo (BORKERT; SFREDO; DA SILVA, 1993). O milho também influencia a dinâmica do K, já que o seu cultivo, na ausência de adubação potássica, pode reduzir em até 40% os teores de K trocável no solo (SANZONOWICZ; MIELNICZUK, 1985).

De acordo com ROSOLEM et al. (2010), um sistema de manejo deverá ser bem conduzido para não haver perda de K por lixiviação. Nos sistemas de produção onde não ocorrem intervalos de pousio, o K conserva-se na maior parte do tempo no tecido vegetal vivo, evitando sua perda.

Neste tipo de sistema, ocorre um gradual melhoramento das condições de pH e matéria orgânica, refletindo elevação da CTC do solo e também menores perdas por lixiviação, fato este importante principalmente em solos arenosos e/ou mais propensos a essas perdas (ROSOLEM et al., 2010).

2.7.4 Cálcio e Magnésio

O cálcio ocorre em solos e plantas como cátions divalentes. Ca^{+2} . Alguns minerais de cálcio como a calcita (CaCO_3) e o gesso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) possuem solubilidades muito baixas que são lixiviados para fora da *sola* dos solos de regiões úmidas, mas permanecem na *sola* de solos de regiões áridas. A maior concentração de cálcio nos sítios de permuta é resultado do pequeno tamanho relativo do íon de Ca^{+2} hidratado relativo à sua carga +2. A absorção de cálcio é maior nos húmus por sua alta capacidade de troca de cátions e porque alguns dos íons de Ca^{+} podem ser quelados pelos compostos orgânicos presentes no húmus. Quando dissolvido na solução de solo, ele pode mover-se por fluxo de massa e difusão, sendo que a forma permutável possui uma mobilidade muito baixa (TROEH; THOMPSON, 2007).

O íon de magnésio, Mg^{+2} é quimicamente similar ao íon de cálcio Ca^{+2} . Ele está intimamente relacionado com minerais que contêm ferro (ferro-magnésio) em rochas ígneas e componente do mineral dolomita ($\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$) das rochas sedimentares. O magnésio

permutável é a maior fonte de magnésio disponível nos solos. Seus íons comportam-se de forma mais similares aos íons de cálcio quando eles estão no complexo de solução de solo de permuta de cátions do que quando estão em minerais ou plantas, mas o íon de Mg^{+2} hidrata-se formando um íon maior que o Ca^{+2} e então é absorvido menos fortemente pelo complexo de permuta de cátions. Entre 12 a 18% das bases trocáveis são normalmente íons de Mg^{+2} , esta quantidade é colocada em segundo lugar pelos 75-85% representado pelos íons de Ca^{+2} . O magnésio é lixiviado de forma muito lenta, mas não tão lentamente quanto o cálcio (TROEH; THOMPSON, 2007).

O cálcio (Ca) é um macronutriente que desempenha função bioquímica importante e favorece numerosos processos metabólicos, como: formação da parede celular, regulação da funcionalidade da membrana celular, constituição da lamela média, além de ativar vários sistemas enzimáticos (MENGEL; KIRKBY, 2001). Em vegetais, o Ca desempenha papel fundamental, pois afeta a qualidade do produto final e sua capacidade de armazenamento depois da colheita. Há relação direta entre o conteúdo de Ca nos frutos e o amolecimento, firmeza e tempo de vida útil (PRATELLA, 2003). O magnésio (Mg) é um elemento vital para a fotossíntese, toda molécula de clorofila contém um íon de magnésio na sua estrutura, além disso, ele desempenha importante função no metabolismo de carboidratos no sistema enzimático (TROEH; THOMPSON, 2007).

A deficiência de Ca e Mg nos solos ácidos das regiões tropicais úmidas e subtropicais limita a produção agrícola, principalmente por dificultarem o desenvolvimento radicular, sendo a calagem a principal fonte neutralizadora desses efeitos negativos (MALVEZI et al., 2015). No entanto, o uso de plantas de cobertura em sistema de PD possibilita o aumento da matéria orgânica, da capacidade de troca de cátions (CTC) e da adsorção de cátions trocáveis (Ca, Mg, K), o que permite manter maior nível de Saturação por Bases (V%) (COSTA et al., 2011). Os ligantes orgânicos originados dos resíduos vegetais formam complexos que promovem a mobilidade dos cátions (COSTA et al., 2011), a mobilidade do Ca e do Mg em profundidade, favorece o desenvolvimento radicular das plantas, permitindo maior capacidade de absorção de água e nutrientes do solo, tendo como consequência maior resistência a condições climáticas adversas e melhor aproveitamento dos nutrientes (STONE; SILVEIRA, 2001). Porém, os resíduos vegetais junto ao calcário aceleram os transportes de Ca e Mg, acompanhadas pelo aumento de K (CAIRES; JORIS; CHURKA, 2011).

PEREIRA et al., (2002), avaliando as fontes e doses de Ca aplicada em pulverização foliar, chegaram à conclusão de que as aplicações de cálcio promoveram aumento da produtividade e do número de frutos por planta. FARIA & CARRIJO (2004) avaliaram as diferentes formas de aplicação de Ca no meloeiro, tendo constatado um ganho de produtividade da ordem de 35% na produção comercial de melão do tipo gália.

Na olericultura generalizada, incluindo o cultivo do meloeiro, é crescente o provimento de macronutrientes secundários, sendo frequentes sintomas de deficiência de Ca e Mg no campo, em que a calagem nem sempre é capaz de suprir adequadamente as necessidades das culturas, tornando-se desejável que esses nutrientes sejam utilizados no plantio ou em cobertura (FILGUEIRA, 2008). Segundo (CANATO; BARBOSA; CECÍLIO FILHO, 2001), o meloeiro é bastante exigente em Ca, sendo um dos nutrientes mais absorvidos por esta cultura.

BERNADAC et al., (1996), em estudo sobre a acumulação de Ca nos frutos de melão (*Cucumis melo* var Maestro), verificaram que 80% do Ca foi absorvido durante a primeira metade do desenvolvimento dos frutos. Por outro lado, ALARCON et al., (1999) verificaram que a demanda pelo Ca aumentou consideravelmente durante o período de crescimento vegetativo intenso do melão (*Cucumis melo* L. cv. Revigal), em ambiente protegido.

2.8 MARCHA DE ABSORÇÃO DE NUTRIENTES PELO MELÃO

A absorção de grandes quantidades de nutrientes em curtos períodos de tempo caracteriza a suma exigência nutricional das hortaliças e, por isso, é necessário conhecer o balanço de nutrientes da cultura para manejar a adubação, escolher culturas para rotação e otimizar a utilização de insumos (PAULA et al., 2011). Portanto, a marcha de absorção das culturas é uma importante ferramenta para auxiliar os programas de adubação e o manejo de fertilizantes das lavouras (ECHER; DOMINATO; CRESTE, 2009). Com o uso da fertirrigação e o conhecimento das curvas de absorção de nutrientes, é possível parcelar a dose total dos nutrientes em várias aplicações, durante o ciclo da cultura (SILVA JUNIOR et al., 2006).

De acordo com PAPADOPOULOS, (1999), a absorção do N, P e K pelas culturas segue a mesma tendência do acúmulo de material seco, e a demanda destes macronutrientes pela cultura diminui à proporção que o fruto amadurece. Na cultura do melão, as quantidades exigidas de nutrientes são relativamente pequenas até o florescimento, quando então a

absorção de nutrientes se acelera, chegando ao máximo durante a frutificação. Conforme SILVA et al., (2000), o N e o K são os elementos extraídos em maiores quantidades pelo meloeiro, participando com mais de 80% do total de nutrientes extraídos (38% e 45%, respectivamente).

SILVA JUNIOR et al. (2006), estudando o acúmulo de matéria seca e a absorção de nutrientes pelo meloeiro “pele-de-sapo”, corroboraram com trabalhos de diversos autores (DUARTE, 2002; KANO, 2002; LIMA, 2001; PRATA, 1999a), os quais pesquisaram em outras variedades do melão, que N, K e Ca são mais exigidos e que a necessidade de cada nutriente estaria relacionada com as condições em que foi realizada a pesquisa. Além disso, observaram que mais de 50% dos nutrientes extraídos foram acumulados na parte vegetativa da planta, e que o K, o Ca e o N são os mais exigidos pelo meloeiro e o que período de maior exigência ocorreu entre 43 e 54 dias após a semeadura.

Com objetivo de determinar a marcha de absorção e o acúmulo de nutrientes pelo melão cantaloupe tipo “Harper” em um Argissolo Amarelo na região de Mossoró-RN DAMASCENO ET AL. (2012), observaram que o período de maior taxa de absorção de nutrientes variou entre 36 e 49 dias após o transplante, dependendo da dose de N e K aplicado, e que o requerimento de nutrientes seguiu a seguinte ordem: $K > N > P$, com o N acumulado mais na parte vegetativa (folha + caule), com 58,9%, o P e o K; estavam mais acumulados no fruto, com 80,8 e 84,6%, respectivamente.

3 SEÇÕES DE ARTIGOS

3.1 Nutrients cycling by plant cocktails used as cover crop and green manure in Brazilian Semi-arid

3.2 Nutrients Dynamics in Soil Solution at the Outset of No-Till Implementation with the Use of Plant Cocktails in Brazilian Semi-arid

3.3 Balanço nutricional do sistema irrigado de produção do melão com uso de coquetéis vegetais como plantas de cobertura e adubo verde no semiárido brasileiro

ARTIGO

3.1 NUTRIENTS CYCLING BY PLANT COCKTAILS USED AS COVER CROP AND GREEN MANURE IN BRAZILIAN SEMI-ARID

NUTRIENTS CYCLING BY PLANT COCKTAILS USED AS COVER CROP AND GREEN MANURE IN BRAZILIAN SEMIARID

Antonio Pereira Filho

College of Agricultural and Environmental Engineering, Federal University of São Francisco Valley. Av. Antônio Carlos Magalhães, 510 – Country Club, 48902-300 – Juazeiro, BA, Brasil. antonio.pereiraf@univasf.edu.br

José Teixeira Filho

Department of Water and Soil, Faculty of Agricultural Engineering, University of Campinas (UNICAMP), Brazil. Av. Cândido Rondon, 501. Barão Geraldo 13083-875. Campinas-SP. jose@feagri.unicamp.br

Fábio Freire de Oliveira

Faculty of Agronomy, Federal Institute of Education, Science and Technology. BR 407, s/n - Jardim São Paulo, Petrolina - PE, 56314-520. fabio.freire@ifsertao-pe.edu.br

Vanderlise Giongo

Brazilian Agricultural Research Corporation - Embrapa semi-arid. Rodovia BR-428, Km 152, s/n - Zona Rural, Petrolina - PE, 56302-970 vanderlise.giongo@embrapa.br

ABSTRACT

The objective was to evaluate the capacity of nutrient availability for successional crop by plant cocktails used as cover crop and green manure in the Brazilian semi-arid. The treatments were arranged in four blocks in a split-plot design with two soil management (tillage and no-till) systems and three cropping systems (2 plant cocktails and 1 natural vegetation NV). C/N ratio, lignin content, Dry Biomass (DB) production and decomposition, nutrients accumulation and mineralization by PCs and NV were evaluated. Decomposition and release of nutrients was monitored by the litterbag-method. PCs had a DB production twice higher than NV, essential for adoption of no-tillage systems in the region. NV showed less accumulation of nutrients due to lower production of biomass in relation to PC1 and PC2. DB production and nutrient accumulation by PC1 and PC2 had no significant differences. The order of nutrient release was K > N > Ca > P > Mg. The use of PC was more effective than NV and proved possible alternative to supply the nutritional demands for a successional crop. The adoption of PC1 or PC2, under no-till or tillage system, must be assessed in relation to nutritional demand within the successional culture life cycle.

Key words: plant mixture, soil management, mineralization rate, macronutrient

1- INTRODUCTION

Nowadays, it has sought land use systems that are mostly based along the lines of sustainable development, such as adoption of no-tillage system. By means of a global meta-analysis, Pittelkow et al., (2015) observed that the use of no-till system, with use of cover crop, promotes increased agricultural production compared to conventional systems in arid regions, particularly where water is limiting for crops growth. However, management recommendation for the use of cover crops in semi-arid region is currently limited by the lack of information (LIEBIG et al., 2015).

The direct influence on improving soil conditions by cover crops is the reduction of nutrient losses by leaching and erosion, maintaining of soil moisture, increasing of soil water infiltration, control of natural vegetation and supply of available nutrients, especially when using leguminous species, and improving soil structure when using grasses (NIELSEN et al., 2015).

Many studies have shown the benefits of the single cultivation of cover crops, but the value of varied cover crop plant cocktails (PC) has received less attention (WORTMAN et al., 2012). Recent recommendations support the use of PC instead of a single species in semi-arid environments, such as the use of leguminous and non-leguminous species, like grasses and oilseeds, to promote mulch stability in no-tillage system, but it still requires scientific studies more detailed (WUTKE; CALEGARI; WILDNER, 2014). The simultaneous cultivation of leguminous and non-leguminous species in the same area can be an efficient tool to merge the advantages of individual species (SCHIPANSKI; DRINKWATER, 2012).

However, besides the understand the residue decomposition dynamic and nutrients immobilization / mineralization in the soil is necessary to identify the most adapted species combination (TEIXEIRA et al., 2010). Those species must have characteristics related to climate adaptation and tolerance to drought, biomass production and soil cover efficiency, biological fixation of nitrogen (BFN), decomposition rate and cycling and accumulation of nutrients (ALVARENGA et al., 2001).

The knowledge of DB production and dynamic of nutrients release from cover crops residues is essential to promote their maximum persistence on soil surface, which contributes to maintenance of moisture, soil protection and the success of sustainable production system in a semiarid environment (GIONGO et al., 2011). Cover crops with high biomass production and nutrient recycling are essential to maximize the productivity of successional crops in no-till system (NETO et al., 2011). In this context, Alvarenga et al., (2001) recommended 6.0 Mg

ha⁻¹ of dry biomass for obtaining a good soil cover in no till system in Cerrado (Brazilian Savanna), but the amount of dry biomass can vary according to the type of plant and the edaphoclimatic conditions of the region, which affect the biomass production and the decomposition process.

The evaluation of plant residues decomposition added to the soil by cover crops provides a better understanding of nutrient supply for important commercial crops (ESPINDOLA et al., 2006). Typically, species are grouped into two decomposition classes using C/N rate value to separate them in those with rapid decomposition and with slow decomposition rate, which is accepted a C/N value close to 25 as references to separate these groups (WIDER; LANG, 1982). However, besides C/N values, other factors have influence on decomposition process, which are lignin and polyphenols contents and their relationships associated with weather, the microorganisms action and soil conditions (CARVALHO et al., 2015).

In semi-arid regions, where prevails high temperatures and scarcity of water in drought periods, is acceptable that plant residues decomposition is very low. However, research carried out by litterbag-method in a semi-arid of Etiópia showed a high plant residue decomposition even when litterbags were placed on the soil surface (ABERA; WOLDE-MESKEL; BAKKEN, 2014).

Several species of cover crops plants can be used to improve the cycling of nutrients in the soil (AITA et al., 2004). The mix of species, with the use of legumes and non-legumes, should take a biomass production with intermediate C/N, providing soil cover for more time and a better synchronization between nutrients released by cover crops residues and nutritional demand of the commercial crop in succession (GAMA-RODRIGUES; GAMA-RODRIGUES; BRITO, 2007). The favorable effects of cover crops on soil properties and crop yields are recognized, due to biomass production, nutrient cycling capacity, especially from deeper layers, and subsequent nutrients release by plant residues decomposition (MENDONÇA et al., 2015).

The objective of this study was to evaluate the capacity of nutrient availability for successional crop by plant cocktails used as cover crop and green manure in the Brazilian semiarid.

2. MATERIALS AND METHODS

2.1 AREA DESCRIPTIONS

The experiment was conducted from May 2014 to May 2015 in the initial phase of a long-term experiment at the Bebedouro Experimental Farm (9°08'S, 40°18'W, 365.5 m a.s.l.), Embrapa Semi-Arid (Brazilian Agricultural Research Corporation). The soil is classified as ultisol eutrophic red-yellow plinthic (EMBRAPA, 2013), with the following physical and chemical characteristics at the depth of 0-0.20 m: 83.1 % of sand; 11.9 % of silt, 4.9 % of clay, pH (H₂O) 6.6; organic matter 5.82 g dm⁻³ (wet oxidation-diffusion), P 47.34 mg dm⁻³ (Mehlich-1), H+Al 1,21 mmol dm⁻³ (KCl-extraction), K (Mehlich-1) , Ca (KCl-extraction) , Mg (KCl-extraction) and Na (Mehlich-1) exchangeable, 11.0, 18.5, 7.8, and 0.7 mmol dm⁻³, respectively, the sum of bases (S) 31.8 mmol dm⁻³; capacity cation exchange (CEC) 43.4 mmol dm⁻³ and base saturation (V) 71.6% (EMBRAPA, 2011). The climate is classified as BswH according to the Köppen classification system, with an average annual temperature of 26.8 °C, the average annual rainfall of 360 mm, and the climax vegetation called Caatinga (xeric shrubland and thorn forest). Data of mean temperature and precipitation were measured at the agrometeorological weather station located at Bebedouro Experimental Farm. Figure 1 shows the monthly rainfall data and monthly mean temperature during the experimental period.

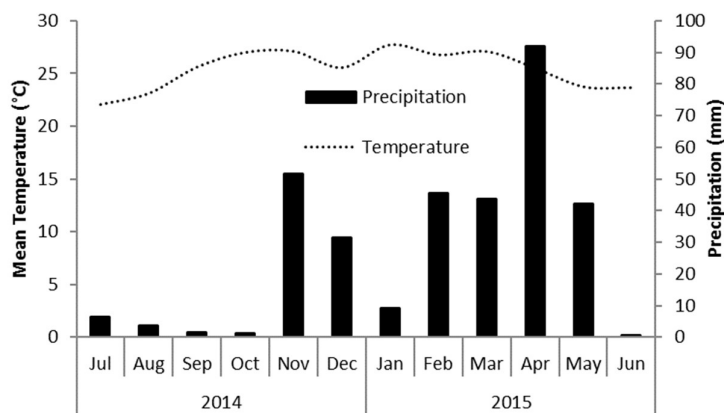


Fig. 1. Monthly mean temperature and precipitation in Bebedouro Experimental Field, Petrolina - Brazil, during the period of July 2014 to June 2015.

2.2 EXPERIMENTAL DESIGN AND PLANT MATERIAL

The PCs cultivation preceded a melon crop (*Cucumis melo* L.). The successional crop which is cultivated on the plant mixture residues. The treatments were arranged in four blocks in a split-plot design. Two tillage treatments as main plots had dimensions of 30 × 10 m. Conventional tillage (T) comprised of plowing and disking compared to no soil disturbance in NT plots. Sub-plots treatments, 10 × 10 m, comprised three cropping systems, two different compositions of plant cocktail and one natural vegetation cover. The Plant Cocktails composition used with conventional tillage and no-till treatments are: PC1 - 75% legumes + 25% non-legumes; PC2 - 25% of legumes + 75% non-legumes; and NV - natural vegetation. Fourteen species included in the composition of Plant cocktails, comprised legumes, oilseeds and grasses, including the following species: A) Legumes - calopo (*Calopogonium mucunoides*), velvet bean (*Stizolobium aterrimum* L.), grey-seeded mucuna (*Stizolobium cinereum* Piper e Tracy), crotalaria (*Crotalaria juncea*), rattlebox (*Crotalaria spectabilis*), jack beans (*Canavalia ensiformes*), pigeon pea (*Cajanus cajan* L.), lab-lab bean (*Dolichos lablab* L.); B) no legumes: sesame (*Sesamum indicum* L.), corn (*Zea mays*), pearl millet (*Penisetum americanum* L.) and milo (*Sorghum vulgare* Pers.) sunflower (*Helianthus annuus*), castor oil plant (*Ricinus communis* L.). The natural vegetation was composed by the predominant species: benghal dayflower (*Commelina benghalensis* L.), purple bush-bean (*Macroptilium atropurpureum*), florida beggarweed (*Desmodium tortuosum*) and goat's head (*Acanthorpermum hispidum* DC).

2.3 DATA COLLECTION

Plant cocktails were established in the second half of June. The seeds were sown in furrows at a spacing of 0.50 m. The irrigation system used was plastic pipes distributed between the rows with drip emitters spaced at 0.5 m and flow rate of 4.0 L h⁻¹. In order to ensure the seed germination, initially were distributed the smaller seeds, followed by the intermediate size and then the larger, avoiding the segregation effect. Seventy days after sowing, end of September, when most species were in flowering stage, the PCs species were cut in the spacing of 1m², with three replicates for each treatment, to evaluate the total aerial biomass production. PCs determined as cover crops were mowed and maintained on the soil surface and PCs in conventional tillage treatments were incorporated using disc harrow to 0.4 m depth. Subsamples of plant cocktails from each treatment were weighted and sent to the Laboratory of Soil (Embrapa - semiarid), stored in a greenhouse at 65 to 70°C for 72 h, and weight again (g kg⁻¹) to estimate the dry matter yield (t ha⁻¹), lignin content (g kg⁻¹) and C/N

ratio. Natural vegetation, which grows spontaneously in the area, had a similar procedure for evaluation.

For analysis of residues decomposition and nutrient release by PCs and NV were used only three experimental blocks. Samples of aerial biomass of plants cocktails and natural vegetation were used for confection of litterbags (size 0.3 x 0.3 m, mesh 0.5 mm) with 250g of wet biomass. According to the treatments design, the litterbags were buried 0.2 m soil depth or deposited on soil surface. It was used only one block for litterbags deposition, which were arranged in rows (between the successor culture lines) and identified by stakes with nameplates. After plant residues deposition and during the first 3 months (successor culture life span), drip irrigation system was used with drip emitters distributed on the rows with 2.0 m width. For each treatment type were used 30 litterbags. Sampling were carried out at 0, 14, 21, 50, 78, 105, 141, 172, 208, 236, and 258 days after deposition (DAD), which 3 litterbags from each treatment were removed from the field. The biomass of the litterbags was cleaned manually, by removing the plant roots which have grown into the inside of the bags, dried at 65 °C in a forced air oven until a constant weight and weighed. To eliminate soil contamination was used the technique of determining the ash residues suggested by Potthoff and Loftfield, (1998). Samples of dried biomass were ground in a stainless steel mill type "Wiley" with 1.0 mm mesh sieve for analysis of nitrogen (N), phosphorus (P), potassium (K), sodium (Na), calcium (Ca) and magnesium (Mg) and Total Carbon.

For analysis of total C and N was used the Elemental Analyzer Truspec (LECO USA). P and K were determined by nitric/perchloric acid digestion (BATAGLIA et al., 1983). The P determination was done colorimetrically by forming the blue-colored complex from molybdate in the presence of ascorbic acid, and K, by flame photometry (EMBRAPA, 2009). Ca and Mg were analyzed by atomic absorption spectrophotometry (BATAGLIA et al., 1983). The lignin content was determined by the acid detergent fiber method (VAN SOEST; WINE, 1968).

The obtained values were converted into percentage concerning the mass and nutrient content of the beginning of decomposition (T_0). With those data, it was determined the biomass decomposition rate and nutrients release for each treatment. The residue decomposition and nutrient release follow the simple exponential model used by Olson, (1963):

$$M_t = M_i e^{-kT} \quad (1)$$

Where: Mt are the remaining percentages of DB and macronutrients after T days, and $Mi = 100\%$ when T is equal to zero, that is, the deposition day of the residues on the soil. With decomposition constant k was calculated the time required to release 50% (t_{50}) and 95% (t_{95}) of the nutrients, $t_{50} = \frac{\ln 2}{k}$ and $t_{95} = \frac{3}{k}$ (SHANKS; OLSON, 1961). Reorganizing the equation, it was possible to calculate the decomposition constant, or k value:

$$k = \frac{\ln \frac{Mt}{Mi}}{t} \quad (2)$$

2.4 STATISTICAL ANALYSIS

The results were statistically analyzed for variance (ANOVA), using the SISVAR[®] Statistical Software (FERREIRA, 2011). The difference between treatment means was assessed by the Tukey test, at 5 % probability.

3 RESULTS AND DISCUSSION

3.1 RESIDUES PRODUCTION, CONTENT AND ACCUMULATION OF MACRONUTRIENTS

In previous works carried out in the same area (GIONGO et al., 2014) showed that PCs do not significantly differ among themselves in recent years, with mean values ranging from 5.87 to 8.86 t ha⁻¹ for PC1 and from 6.21 to 7.55 t ha⁻¹ for PC2 composition, and NV with a DB representing about 50% of the PCs with mean ranging from 3.37 to 4.35 t ha⁻¹ (Figure 2).

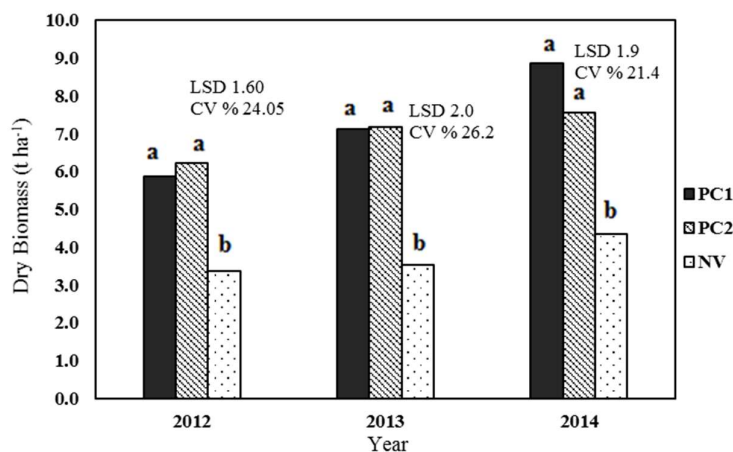


Fig. 2. Dry biomass production by Plant Cocktails (PC) and Natural vegetation (NV) from the last three years in the study area.

Note. Bars followed by the same letter are not significantly different by Tukey test at 5% ($P < 0.05$).

The biomass production and nutrients accumulation in 2014 by PC1, PC2, and NV are shown in Table 1. Despite not significant, the PC1, with highest percentage of legumes, showed the highest biomass production (8.86 t ha^{-1}). The NV presented almost 50% less DB production (4.35 t ha^{-1}) than PC1 and PC2. In relation to the amount of residues required to maintain soil protection, the DB production by CPs was higher than the values suggested by Alvarenga et al., (2001), that is, 6.0 t ha^{-1} .

The DB production can vary significantly with rainfall index, temperature, location and soil fertility (TORRES; PEREIRA, 2014). In relation to NV, must be considered that it holds a varied seed bank, and diverges with soil management, availability of rainfall and photoperiod that could reflect directly on the annual DB production (TRABUCO, 2008).

The plant residues contents of N, P, Ca, and Mg did not differ significantly among the different cover crops tested. Despite the K contents were higher in NV. However, this fact did not repeat when was compared the accumulated quantities of nutrients because of lower DB production by NV compared to PCs (Table 1).

With regard to accumulation of nutrients, with exception of K, PC1 and PC2 differ significantly ($P < 0.05$) of NV on the amount of these elements added to the soil. Although it was not statistically significant, the PC1, with a higher proportion of legumes, presented an accumulation slightly larger for all elements. Thus, for PC1 the values of N, P, K, Ca, and Mg reached 284.21, 41.11, 216.95, 240.7, and 62.9 kg ha^{-1} , respectively. Therefore, the N was the nutrient with the highest accumulation followed by K, different from NV that accumulated more K than N (Table 1). The amount of nutrient uptake depends on the species, soil fertility, phenological stage in the dehydrating, the C/N ratio, the planting season, besides the climatic conditions of each study (BOER et al., 2007).

Table 1 – Dry biomass production, content and accumulation of nutrients, lignin and C/N ratio of crop residues

Treatment	DB	N	P	K	Ca	Mg	Lignin	C/N
Content								
Composition	t ha ⁻¹	-----g kg ⁻¹ -----						-
PC1	8.86 a	32.05 a	4.63 a	24.46 b	27.15 a	7.09 a	103.40 b	15.57 a
PC2	7.55 a	33.75 a	5.22 a	26.39 ab	31.75 a	8.36 a	107.79 b	14.60 a
NV	4.35 b	27.79 a	5.34 a	34.99 a	32.97 a	8.44 a	132.06 a	16.57 a
CV%	21.39	16.16	12.99	21.88	21.58	14.97	18.30	13.83
LSD	1.87	7.55	0.99	9.38	9.9	1.78	17.93	3.28
Accumulation								
Composition	t ha ⁻¹	-----kg ha ⁻¹ -----					g kg ⁻¹	-
PC1	8.86 a	284.21 a	41.11 a	216.95 a	240.7 a	62.9 a	103.40 b	15.57 a
PC2	7.55 a	253.55 a	39.60 a	202.25 a	236.2 a	61.2 a	107.79 b	14.60 a
NV	4.35 b	120.93 b	23.18 b	152.26 a	143.6 b	36.7 b	132.06 a	16.57 a
CV%	21.39	21.15	19.77	30.49	24.34	30.49	18.30	13.83
LSD	1.87	69.59	10.25	87.00	75.4	7.5	17.93	3.28

Means followed by the same letter are not significantly different by Tukey test at $P < 0.05$. DB – Dry biomass, PC1 – Plant Cocktail 1, PC2 – Plant Cocktail 2, NV – Natural Vegetation.

3.2 DECOMPOSITION RATE OF PLANT RESIDUES

The study of decomposition rate of plant residues allows estimating the best moment to grow and distribute the cover crop residues on the field, before the successional crop, and to check when and how much of each nutrient is released, consequently to promote the adjustment of fertigation. Table 2 shows the decomposition constant k , the 50% and 95% decomposition of plant residues. The soil management system changed the decomposition rate of PC and NV. In no-till treatments, the absence of plowing promoted a decrease of the plant residue decomposition kinetics and the maintenance of soil cover for more time. The decomposition of 50% of PCs DB takes approximately 116 days when is not incorporated in the soil, and around 100 days when is incorporated, showing a small difference between the types of soil management. To decompose 95% of the PCs and NV DB takes around 500 and 600 days, respectively, when are not incorporated, and 400 and 500 days, respectively, when are incorporated. Although not high, there was a difference in residues decomposition from the surface deposited litterbags than those that were buried. In tropical soils, the higher amplitude of diurnal temperature variation results in higher decomposition than under

constant soil temperature condition (SIERRA, 2002). Unfortunately, we did not record the soil temperature, but high mean air temperature were registered (> 25 °C) in most months of this experiment (Figure 1). However, differences in soil moisture content probably may also be favoring the decomposition process. Previous studies in the same area showed that soil moisture content in 0.2 m depth was higher in all treatments with PCs under NT than T (PEREIRA FILHO et al., 2016).

C/N values showed no significant differences in all treatments. In addition, those values presented below of the threshold that separate the faster and slower decomposition group ($C/N = 25$), certainly related to promotion of intermediate values by CPs. Combined with C/N values, highlight the lignin contents that were significantly higher in NV ($P < 0.01$) than PCs. Lignin inhibits the decomposition of plant residues, accentuating the maintenance of soil cover (CARVALHO et al., 2010). NV had a lower decomposition rate with half-life of 154 days when not incorporated and 114 days when incorporated in the soil. This can be explained by the fact that NV has higher values of both C/N ratio (16.57) and lignin content (132.06 g kg^{-1}). In addition, the smaller the N value and the higher the lignin value, the lower is the decomposition rate (WAGGER, 1989). Consequently, C/N and lignin values corroborated with t_{50} and t_{95} values found.

Table 2 - Constant of decomposition (k) half-life (t_{50}) and 95% decomposition (t_{95}), of Plant cocktails and natural vegetation with different management.

Management and cover crops composition	Variables of decomposition equation			
	k (dia^{-1})	t_{50} (dias^{-1})	t_{95} (dias^{-1})	r^2
NTPC1	0.0060	116	500	0.98
NTPC2	0.0061	114	492	0.91
NTNV	0.0045	154	667	0.93
TPC1	0.0071	98	423	0.82
TPC2	0.0068	102	441	0.85
TNV	0.0061	114	492	0.80

NTPC1-plant cocktail 1 under no-till; NTPC2 - plant cocktail 2 under no-till; NTV - Natural vegetation under no-till; TPC1 - plant cocktail 1 under conventional tillage; TPC2 - plant cocktail 2 under conventional tillage; TNV - Natural vegetation under conventional tillage.

The dynamics and decreasing loss of relative dry biomass by PCs and NV are shown in Figure 3. Based on exponential model equation, the plant residues presented the relative loss of dry matter in the end evaluated period: PC1, PC2 and NV decomposed 78.73%,

79.23% and 68.57%, respectively, when not incorporated and 83.91%, 82.71% and 79.25%, respectively, when incorporated in the soil. The kinetics of decomposition process showed a similar pattern in all treatments, with a fast initial phase followed by a slower one. The initial and rapid phase is related to leaves and others materials less lignified, and the next and slower phase is related to decomposing of more resistant compounds (BOER et al., 2007). In addition, the use of drip irrigation during the successor crop life cycle may promote increase in decomposition process. This result was also observed by Giongo et al., (2011) in previous studies in the same area.

It was observed that the quantity of biomass produced by PCs did not decomposed completely during the study period, essentially for not incorporated treatments, with higher DB quantity compared with values recommended by Alvarenga et al., (2001) for Cerrado regions (Brazilian Savanna) where the rainfall indices are higher than Semi-arid regions. It is important that PCs produce satisfactory amount of mulch for adoption, maintenance or continuation of similar production systems in the region. In addition, the PCs have demonstrated to be alternatives to supply part of the successional crop nutritional demand, hence contributing for the reduction of production cost by reducing the amount of fertilizers.

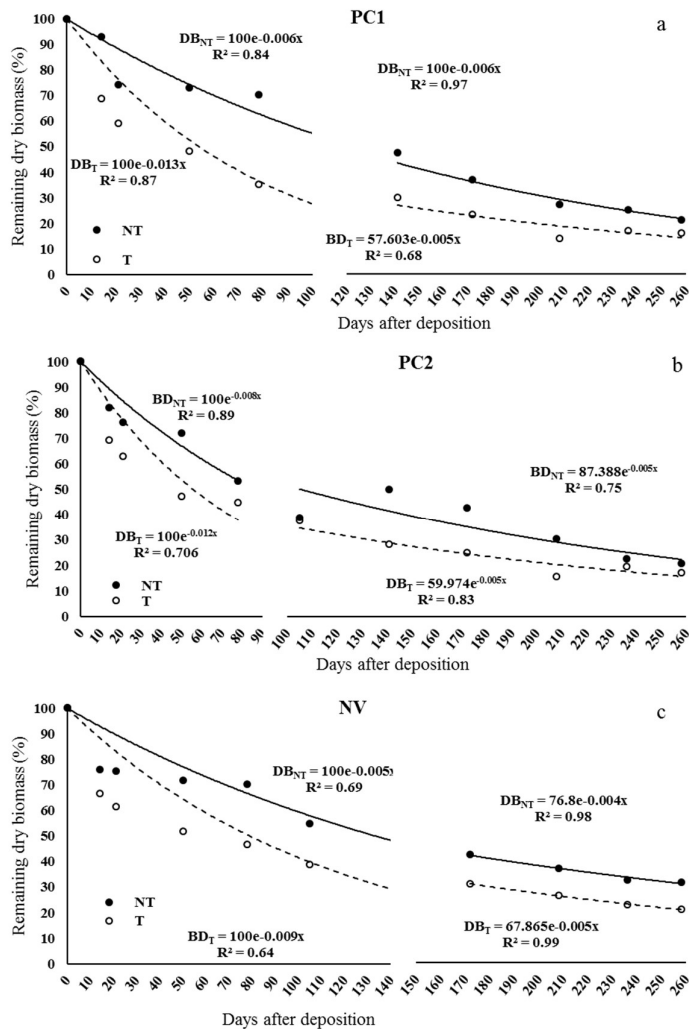


Fig. 3 – Decomposition of plant cocktail 1 (a), plant cocktail 2(b) and natural vegetation (c) with and without incorporation showing two moments of decomposition process. NT – No-till, T – Conventional tillage, DB – Dry biomass

3.3 NUTRIENTS RELEASED FROM PLANT RESIDUES

The intensity and duration of rainfall are factors that influence the biomass decomposition and nutrient release (MENDONÇA et al., 2015). During the study period, with low monthly rainfall averages, typical of the study area, were less than 50 mm, except for April 2015 with 90 mm (Figure 1). The low rainfall observed may not have influenced the nutrients release from residues, considering the presence of water in soil, due to irrigation during the experiment, and the overlapped wet bulbs observed.

Table 3 shows the analysis of variance among the types of plant cocktails and types of soil management regarding decomposition constant k and the release time of 50% and 95% of nutrients by plant residues. It was observed that the treatments with soil tillage there was a higher rate of decomposition, consequently leading to less time of nutrients release. In treatments with soil tilling no significant difference occurred between the soil cover types for k and time of nutrient release.

The results of analysis of variance showed significant results ($P < 0.01$) for the variables time, cover crop type and the interaction of time / cover crop type. The kinetics of nutrients mineralization process in all treatments showed a similar pattern, with an initial rapid phase during the first months, when it was released great part of nutrients mainly by incorporated treatments, and followed by a slower release phase.

Table 3 - Estimated Values of nutrients decomposition constant (k) by exponential model $Mt = Mi e^{-kT}$ and release time of 50% and 95% of the nutrients.

		k (days ⁻¹)			t50			t95		
		PC1	PC2	NV	PC1	PC2	NV	PC1	PC2	NV
P	NT	0.0051 Bb	0.0063 Aa	0.0041 Cb	135 Ba	109 Ca	167 Aa	585 Ba	471 Ca	725 Aa
	T	0.0062 Aa	0.0066 Aa	0.0062 Aa	110 Ab	105 Aa	111 Ab	479 Ab	454 Aa	480 Ab
K	NT	0.0093 Bb	0.012 Ab	0.0094 Bb	75 Aa	60 Ba	74 Aa	324 Aa	260 Ba	319 Aa
	T	0.017 Aa	0.017 Aa	0.016 Aa	41 Ab	42 Ab	42Ab	179 Ab	180 Ab	181 Ab
Mg	NT	0.0043 Aa	0.0051 Aa	0.0032 Bb	158 Ba	133Ba	217 Aa	687 Ba	578 Ba	942 Aa
	T	0.0047 Aba	0.0046 Ba	0.0058 Aa	147 Aa	151 Aa	119 Ab	638 Aa	655 Aa	516 Ab
	NT	0.0065 ns	0.0080 ns	0.0064 ns	107 ns	87 ns	108 ns	462 ns	378 ns	469 ns
	T	0.0084 ns	0.0093 ns	0.0083 ns	83 ns	75 ns	84 ns	357 ns	323 ns	364 ns
N	Isolated effect *	PC1 = 0.0075 b	NT = 0.0069 b		PC1 = 95 a	NT = 101 a		PC1 = 409 a	NT = 436 a	
		PC2 = 0.0086 a	T = 0.0086 a		PC2 = 81 b	T = 80 b		PC2 = 350 b	T = 348 b	
NV = 0.0073 b				NV = 96 a			NV = 417 a			
	NT	0.0055 ns	0.0062 ns	0.0055 ns	127 ns	113 ns	127 ns	552 ns	488 ns	548 ns
	T	0.0057 ns	0.0068 ns	0.0072 ns	123 ns	102 ns	97 ns	533 ns	444 ns	418 ns
Ca	Isolated effect *	PC1 = 0.0056 b	NT = 0.0057 b		PC1 = 125 a	NT = 122 a		PC1 = 542 a	NT = 529 a	
		PC2 = 0.0065 a	T = 0.0065 a		PC2 = 107 a	T = 107 b		PC2 = 466 a	T = 465 b	
NV = 0.0063 ab				NV = 111 a			NV = 483 a			

Means followed by the same letter are not significantly different by Tukey test at $P < 0.01$.

Columns - lowercase letters. Lines - uppercase letters. PC1 – Plant Cocktail 1, PC2 – Plant Cocktail 2, NV – Natural vegetation, NT – No-till, T – Conventional tillage.* In the absence of significant interaction among treatments, it was shown the isolated effects of the variables.

3.3.1 Release of nitrogen

N is one of the most affected nutrient by no-till system, since the maintenance of residues on the soil surface modifies the processes of immobilization, mineralization and leaching (CASTOLDI et al., 2012), promoting the reduction of residues decomposition process and causing changes in the availability and loss of N (CABEZAS et al., 2000). The N mineralization occurred differently between incorporated and non-incorporated treatments, showing a slightly faster release in conventional tillage.

No significant interaction was observed among the types of treatments (Table 3). However, when evaluated separately, the types of plant cocktails and soil managements showed a significant interaction for the Tukey test at 5% probability ($P < 0.05$). For the constant of decomposition (k) has been highlighted plant cocktail 2 with a mean of 0.0086 day^{-1} and the treatments with T also with a mean of 0.0086 day^{-1} . PC1 and NV take longer time to release 50% of nitrogen than PC2, with means of 95 DAD ($k = 0.0075 \text{ day}^{-1}$) and 96 DAD ($k = 0.0073 \text{ day}^{-1}$), respectively. The treatments in NT system were those who also had more time (101 DAD; $k = 0.0069 \text{ day}^{-1}$) to release half of the amount of N from the residues dry mass. For 95% of the nitrogen was released, vegetable cocktail 1 and natural vegetation, with the highest means, take around 409 and 417 days, respectively, and a longer period of time was observed for treatments in NT, around 436 days (Table 3).

In the first months, considered the most rapid phase of the mineralization /decomposition process, there was a release of 50% of N. Among NT treatments, the highlight for NTPC1, with a higher proportion of legumes, which released $163.2 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$ at 107 DAD ($k = 0.0065 \text{ day}^{-1}$) and to TPC1, same composition of plants in T, which released $171.6 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$ at 83 DAD ($k = 0.0084 \text{ day}^{-1}$). The PC2 also released an expressive amount of N when in T (TPC2), almost $160 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$ at 75 DAD ($k = 0.0093 \text{ day}^{-1}$), in a shorter period. NV, both in NT as T released around the middle of the N values released by PC1 and PC2 (Table 3 and Figure 4a).

The amount of N released quickly in the early decomposition stage is associated with loss of water-soluble fractions of this nutrients (AITA; GIACOMINI, 2003). After 258 days, there was the accumulation of N next to 220.0 and 90.0 kg ha^{-1} to PC and NV, respectively (Figure 4a). The results showed that the amount of mineralized N by PC are higher than the amount of N mineralized by NV, and also, higher than the recommended amount applied by fertigation in the melon culture in 2014, the successional crop, 84.0 kg ha^{-1} of N.

Although loss of N occurs by volatilization, leaching, etc., the amount of N that returns to the soil in the form of plant residues represents a considerable portion of the total N absorbed by plants in succession (COSTA et al., 2012). The use of PCs could replace largely the need to supply N via chemical fertilization, especially when promotes synchronization between the nutrient released by plants residues with the demand of the successional crop.

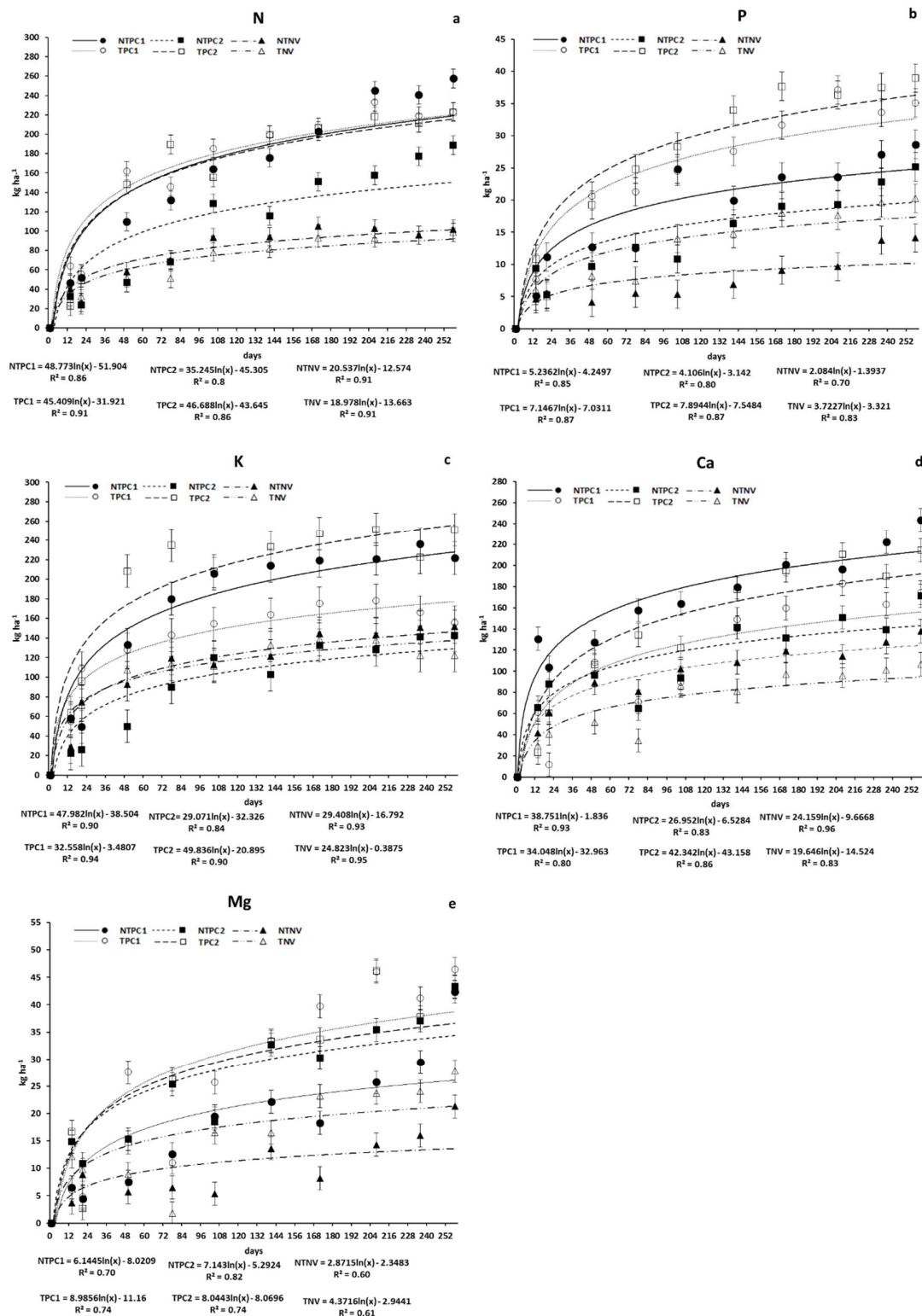


Figure 4 – Cumulative release of N (a), P (b), K (c), Ca (d) and Mg (e). NTPC1. no-till and plant Cocktail 1; NTPC2. no-till and plant Cocktail 2; NTV. no-till and Natural vegetation; TPC1.

Conventional tillage and cocktail 1; TPC2. Conventional tillage and cocktail 2; TNV. Conventional tillage and Natural vegetation. Bars show the standard error.

3.3.2 Release of phosphorus

The cover crops cultivation promotes the increase of microbial P and labile P forms, in addition the slow and gradual residue mineralization in no-till system causes the release and redistribution of organic P forms, more stable and less susceptible to adsorption reactions (SÁ, 1999). The P decomposition rates (k) and times of 50% and 95% nutrients release was significantly different between PCs and NV ($P < 0.01$) in no-till treatments.

Treatments in T took less time to release P and showed no significant differences among them, ranging 105-111 DAD to release 50% of P, with TPC2 releasing 29.8 kg ha⁻¹ of P ($k = 0, 0066 \text{ day}^{-1}$). In treatments with NT system, the release of 50% can reach 167 DAD for NV and 135 DAD for NTPC1 with release 9.2 and 22.5 kg ha⁻¹ of P, respectively. The release of 95% of the P can take about 725 DAD ($k = 0.0041 \text{ day}^{-1}$) in NT and 480 DAD ($k = 0.0062 \text{ day}^{-1}$) in T for NV. Among the plant cocktails, the NPC1 takes 585 DAD in NT and 479 DAD in T to release 95% of P (Table 3 and Figure 4b).

The quantity of P released by NV, which was close to half of P accumulated by PC, is directly related to the average amount of this nutrient accumulated by NV biomass (Table 1).

The higher release of P during the initial period of decomposition is related to loss of soluble P accumulated in the plant tissues vacuoles (GIACOMINI et al., 2003b). Usually, the intensity and duration of rain are responsible for the amount of P that return to the soil from the crop residues (Costa et al., 2012), but the phosphor released have a tendency to be associated with the irrigation process than rain water due to incidence of low rainfall during this period. At 258 days, there was mineralization of 29.5 kg ha⁻¹ of P in NT and 39.0 kg ha⁻¹ of P in T for PC2 (Figure 4b).

Taking into account the melon crop as successional culture, it was applied by fertigation 120.0 kg ha⁻¹ P during its crop cycle in 2014, quantity of P above of those released by crop residues may provide part of the P demand and becomes a great economy of fertilizers over time.

3.3.3 Release of potassium

Among the nutrients, K was the faster released nutrient by plant residues, mainly in T when the dry biomass residues were incorporated into the soil, which presented significant differences between the types of soil management ($P < 0.01$). However, there were no significant differences among the treatments in T related to decomposition rates (k) and times

of 50% and 95% of nutrients release ($P < 0.01$). The residues required between 60 and 75 DAD from NT treatment and around 42 DAD (for all the treatments) from T to release 50% of K. As highlighted among the NT treatments, the NTPC1 took 75 DAD ($k = 0.0093 \text{ day}^{-1}$) to release about 162.1 kg ha^{-1} of K while, among the T treatments, TPC2 took 42 DAD ($k = 0.017 \text{ day}^{-1}$) to release about 159.4 kg ha^{-1} of K. 95% of K was released between 260 and 324 DAD in NT treatments and between 179 and 181 DAD in T treatments. At 258 days, there was mineralization of about 220 kg ha^{-1} of K in NTPC1 and 250 kg ha^{-1} of K in TPC2 (Table 3 and Figure 4c).

The highest speed of K release from plant residues can be attributed to the fact that K is an element that is not associated with any structural component of vegetal tissue, and found in ionic form (TORRE; PEREIRA; FABIAN, 2008) with easily extracted from the plant tissue, without necessarily having a biological decomposition and mineralization (BERNARDES et al., 2010). Consequently, it is essential to reduce the implantation period of successor culture to minimize the loss of K (BOER et al., 2007), especially when this nutrient is one of the most required by melon (DAMASCENO et al., 2012).

At the end of the evaluation period, there was almost 100% of K released from plant residues, both to no-till and conventional tillage treatments (Figure 5c). During the successional culture cycle, it was applied by fertigation a recommendation amount of 180.0 kg ha^{-1} of K. The PC green manure could replace in part the need to supply K via chemical fertilization, taking into account that melon culture has a short life cycle.

3.3.4 Release of calcium

Different from the K, Ca has more difficulties to be mineralized by the fact that it makes part of the middle lamella of the cell wall constituents, forming one of the most recalcitrant components of plant tissues, and cofactor of some enzymes involved in the hydrolysis of ATP and phospholipids, and also secondary messenger in metabolic regulation (CARPIM et al., 2008; ESPINDOLA et al., 2006). Like N, no difference significant was observed among the treatments (Table 3). However, when evaluated separately, the types of plant cocktails and soil managements showed a significant interaction for the Tukey test at 5% probability ($P < 0.05$). For the constant of decomposition (k) has been highlighted PC2 with a mean of 0.0065 day^{-1} and the treatments with T also with a mean of 0.0065 day^{-1} (Table 3). In the beginning of the evaluation process, the high release of Ca is related to the participation of this element with ionic compounds and water soluble molecules (CRUSCIOL et al., 2005). To release 50% of Ca from dry biomass residues the different cover crop took

from 111 (NV) to 125 DAD (PC1). The treatments with NT took more time (122 DAD; $k = 0.0057 \text{ day}^{-1}$) than T (107 DAD; $k = 0.0065 \text{ day}^{-1}$) to release half of the amount of Ca from the residues dry biomass. The residues from cover crops took among 466 and 542 DAD for 95% of Ca was released, with NT treatments taking more time (529 DAD) than T treatments (465 DAD) (Table 3). 127 DAD was the time took by NTPC1 to release half of Ca from the residues (about 170 kg ha^{-1} of Ca) and 123 DAD for the same type of cover crop to release 115 kg ha^{-1} of Ca when incorporated soil. In the end of the evaluation period (258 days), highlighted the NTPC1 with release of about 220 kg ha^{-1} of Ca (Table 3 and Figure 4d).

3.3.5 Release of magnesium

The Mg decomposition rates (k) and times of 50% and 95% nutrients release was no significantly different between PCs from different soil management, except for NV ($P < 0.01$).

Treatments in T was significantly different than NT only for NV with higher k (0.0058 day^{-1}) and taking less time (119 DAD for t_{50}) to release Mg. To release 50% of Mg, the treatment NTPC1 took 158 DAD ($k = 0.0043 \text{ day}^{-1}$) releasing about 17 kg ha^{-1} of Mg. However, NTPC2 took less time, 147 DAD, to release 27 kg ha^{-1} of Mg. To release 95% of Mg may take about 942 DAD ($k = 0.0032 \text{ day}^{-1}$) in NTV and 687 DAD ($k = 0.0043 \text{ day}^{-1}$) in NTPC1. Similar to Ca, the higher Mg release early in the process is due to the participation of this element in ionic compounds and soluble molecules (Crusciol et al., 2005). At the end of the evaluation period occurred an release next to 40 kg ha^{-1} of Mg for TPC1 (Table 3 and Figure 4e).

NT treatments were significantly different from T treatments ($P < 0.01$) and showed that the incorporation of plant residues increased decomposition and took the increased release of nutrients. To release 95% of nutrients from plant residues can take more than a year, except for K which can take until 324 DAD ($k = 0.0093 \text{ day}^{-1}$) when not incorporated, but 181 DAD ($k = 0.016 \text{ day}^{-1}$) when incorporated. This suggest that plant residues are still decomposed and nutrients are released along with the residue of the subsequent PC culture.

Therefore, the PC1 and PC2 could be indicated for use as cover crops and green manure in similar agricultural areas, which demonstrated high potential to produce dry biomass and accumulate nutrients, different from NV that had lower dry biomass production that promoted less soil protection.

The lack of significant different related to nutrient accumulation between PC1 and PC2 may be linked to the complexity of species selection to compose the PC and the success

depends heavily on interactions between components species, management practices available and environmental conditions (LITHOURGIDIS et al., 2011). Tropical grasses usually have higher photosynthetic ability to grow and produce biomass (TAIZ; ZEIGER, 2013) whereas legumes can have relatively slower growth, however, with N incorporation function to the production system (Pimentel, 1998) that may result in plants dominated by the slower species, disfavoring the balance in the green manure composition and damaging the desired benefits (CALVO; FOLONI; BRANCALIÃO, 2010).

The use of any evaluated PC is more efficient in nutrient accumulation and subsequent release to the soil than NV, considering that the amount of nutrient uptake by PC1 and PC2 showed no statistically significant differences. In addition, for the use of PCs as cover crops and green manure in the melon crop, is necessary to adjust the nutrients release rate with the crop nutritional demand to reduce costs with mineral fertilizers (GIONGO et al., 2011). In this sense, because of the short cycle of melon culture and the rapid release of K by PCs, nutrient highly required by melon (DAMASCENO et al., 2012), the reduction of the implementation period of this culture should be considered to reduce losses of this nutrient.

The choice of PC1 and PC2, under tillage or no-tillage, could be assessed in relation to the nutritional requirements of the successional culture.

From the average of *k* rate observed in the PCs treatments, the order of nutrients release was $K > N > Ca > P > Mg$.

4 CONCLUSIONS

The data presented support the following conclusions:

- I - PCs had a DB production twice higher than NV, essential for adoption of NT in the region;
- II - There was difference in residues decomposition from the surface deposited litterbags than those that were buried;
- III- NV showed less accumulation of nutrients due to lower production of biomass in relation to PCs;
- IV - DB production and nutrient accumulation by PC1 and PC2 had no significant differences;
- V - Nitrogen was the nutrient with the highest accumulation by PCs followed by K;
- VI - The order of nutrient release was: $K > N > Ca > P > Mg$;

VII - The use of any PC evaluated, as cover crop and green manure, was more effective than the NV and proved possible alternative to supply the nutritional demands for the successional crop.

VIII – The adoption of PC1 or PC2, under no-till or tillage system, must be assessed in relation to nutritional demand within the successional culture life cycle.

ACKNOWLEDGEMENTS

The first author cordially acknowledges the National Council for Scientific and Technological Development (CNPq) for granting scholarship. He also is grateful to Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa Semi-arid) for funding this research via "Strategies for reducing carbon emissions and efficient use of water in irrigated and rainfed production systems in the Brazilian semi-arid" project and provide laboratory facilities and experimental field.

REFERENCES

- ABERA, G.; WOLDE-MESKEL, E.; BAKKEN, L. R. Unexpected high decomposition of legume residues in dry season soils from tropical coffee plantations and crop lands. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 34, n. 3, p. 667–676, 2014.
- AITA, C. et al. Consorciação de plantas de cobertura antecedendo o milho em plantio direto .I- dinâmica do nitrogênio no solo. **R. Bras. Ci. Solo**, n. 28, p. 739–749, 2004.
- AITA, C.; GIACOMINI, S. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura de solo solteiras e consorciadas. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 27, p. 601–612, 2003.
- ALVARENGA, R. C. et al. Plantas de Cobertura de Solo para Sistema Plantio Direto. In: **Informe Agropecuário**. Belo Horizonte, MG. Brasil. v 22, n 208: Embrapa Milho e Sorgo, 2001. v. 22p. 25–36.
- BATAGLIA, O. C. et al. **Métodos de análises química de plantas**. Campinas-SP: Instituto Agrônomo de Campinas, IAC, Boletim técnico, 78, 1983.
- BERNARDES, T. G. et al. Decomposição da biomassa e liberação de nutrientes dos capins braquiária e mombaça, em condições de cerrado. **Pesquisa Agropecuaria Tropical**, v. 40, n. 3, p. 370–377, 2010.
- BOER, C. A. et al. Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura na entressafra em um solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 9, p. 1269–1276, Sep. 2007.
- CABEZAS, W. A. R. L. et al. Balanço da adubação nitrogenada sólida e fluida de cobertura

- na cultura do milho em sistema plantio direto no Triângulo Mineiro (MG). **R. Bras. Ci. Solo**, v. 24, p. 363–376, 2000.
- CALVO, L. C.; FOLONI, J. S. S.; BRANCALIAO, S. R. Produtividade de fitomassa e relação C/N de monocultivos e consórcios de guandú-anão, milho e sorgo em três épocas de corte. **Bragantia**, v. 69, n. 1, p. 77–86, 2010.
- CARPIM, L. et al. Liberação de nutrientes pela palhada de milho em diferentes estádios fenológicos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 2813–2819, 2008.
- CARVALHO, A. M. DE et al. **Teores de Hemiceluloses, Celulose e Lignina em Plantas de Cobertura com Potencial para Sistema Plantio Direto no Cerrado** Boletim de pesquisa e desenvolvimento / Embrapa Cerrados, 290. Planaltina, DF, Brasil, 2010. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/75878/1/bolpd-290.pdf>>
- CARVALHO, A. M. DE et al. Manejo de plantas de cobertura na floração e na maturação fisiológica e seu efeito na produtividade do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 50, n. 7, p. 551–561, 2015.
- CASTOLDI, G. et al. Manejo da adubação em sistema plantio direto. **Revista Trópica – Ciências Agrárias e Biológicas**, v. 6, n. 1, p. 62–74, 2012.
- COSTA, N. R. et al. Adubação nitrogenada no consórcio de milho com duas espécies de braquiária em sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 8, p. 1038–1047, 2012.
- CRUSCIOL, C. A. C. et al. Persistência de palhada e liberação de nutrientes do nabo forrageiro no plantio direto. **Pesq. agropec. bras., Brasília**, v. 40, n. 2, p. 161–168, 2005.
- DAMASCENO, A. P. A. B. et al. Crescimento e marcha de absorção de nutrientes do melão cantaloupe tipo ‘Harper’ fertirrigado com doses de N e K. **Revista Caatinga**, v. 25, n. 1, p. 137–146, 2012.
- EMBRAPA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2. ed. Brasília, DF. Brasil: Embrapa Informática Agropecuária, 2009.
- EMBRAPA. **Manual de métodos de análises de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro, Brasil. 230 p.: Embrapa Solos - Dados eletrônicos, 2011.
- EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Brasília, DF. Brasil: [s.n.].
- ESPINDOLA, J. A. A. et al. Decomposição e liberação de nutrientes acumulados em leguminosas herbáceas perenes consorciadas com bananeira. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, n. 2, p. 321–328, 2006.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**

(UFLA), v. 35, n. 6, p. 1039–1042, 2011.

GAMA-RODRIGUES, A. C.; GAMA-RODRIGUES, E. F.; BRITO, E. C. Decomposição e liberação de nutrientes de resíduos culturais de plantas de cobertura em argissolo vermelho-amarelo na região noroeste fluminense (RJ). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 3, p. 1421–1428, 2007.

GIACOMINI, S. J. et al. Liberação de fósforo e potássio durante a decomposição de resíduos culturais em plantio direto. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 38, n. 9, p. 1097–1104, 2003.

GIONGO, V. et al. Decomposição e liberação de nutrientes de coquetéis vegetais para utilização no Semiárido brasileiro. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 3, p. 611–618, 2011.

GIONGO, V. et al. **Plant Mixture and Soil Management in the Melon Crop**. XX Congreso Latinoamericano y XVI Congreso Peruano de la Ciencia del Suelo. **Anais...Cusco – Perú**, Centro de Convenciones de la Municipalidad del Cusco.: 2014Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/113055/1/Vanderlise-2.pdf>>

LIEBIG, M. A. et al. Short-Term Soil Responses to Late-Seeded Cover Crops in a Semi-Arid Environment. **Agronomy Journal**, 2015.

LITHOURGIDIS, A. et al. Annual Intercrops: An Alternative Pathway for Sustainable Agriculture. **Australian Journal of Crop Science**, v. 5, n. 4, p. 396–410, 2011.

MENDONÇA, V. Z. DE et al. Liberação de nutrientes da palhada de forrageiras consorciadas com milho e sucessão com soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, n. 1, p. 183–193, 2015.

NETO, J. F. et al. Plantas de cobertura, manejo da palhada e produtividade da mamoneira no sistema plantio direto. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 4, p. 978–985, 2011.

NIELSEN, D. C. et al. Cover Crop Mixtures Do Not Use Water Differently than Single-Species Plantings. **Agronomy Journal**, v. 107, n. 3, p. 1025–1038, 2015.

OLSON, J. S. Energy Storage and the Balance of Producers and Decomposers in Ecological Systems. **Ecology**, v. 44, n. 2, p. 322–331, 1963.

PEREIRA FILHO, A. et al. Nutrients dynamics in soil solution at the outset of no-till implementation with the use of plant cocktails in Brazilian semi-arid. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 4, p. 234–246, 2016.

PITTELKOW, C. M. et al. When does no-till yield more? A global meta-analysis. **Field Crops Research**, v. 183, p. 156–168, 2015.

- POTTHOFF, M.; LOFTFIELD, N. How to quantify contamination of organic litter bag material with soil? **Pedobiologia**, v. 42, p. 147–153, 1998.
- SÁ, J. C. M. Manejo da fertilidade do solo no sistema plantio direto. In: SIQUEIRA, J. O. et al. (Eds.). . **Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas**. Lavras, Minas Gerais, Brazil: SBCS, 1999. p. 267–319.
- SCHIPANSKI, M. E.; DRINKWATER, L. E. Nitrogen fixation in annual and perennial legume-grass mixtures across a fertility gradient. **Plant and Soil**, v. 357, n. 1, p. 147–159, 2012.
- SHANKS, R.; OLSON, J. S. First year breakdown of leaf litter in Southern Appalachia Forest. **Science**, v. 134, n. 3473, p. 194–195, 1961.
- SIERRA, J. Nitrogen mineralization and nitrification in a tropical soil: Effects of fluctuating temperature conditions. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 34, n. 9, p. 1219–1226, 2002.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre, RS, Brazil: Artmed, 2013.
- TEIXEIRA, C. M. et al. Liberação de macronutrientes das palhadas de milho solteiro e consorciado com feijão-de-porco sob cultivo de feijão. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 34, p. 497–505, 2010.
- TORRE, L. J. R.; PEREIRA, G. M.; FABIAN, J. A. Produção de fitomassa por plantas de cobertura e mineralização de seus resíduos em plantio direto. **Pesq. agropec. bras.**, v. 43, n. 3, p. 421–428, 2008.
- TORRES, J. L. R.; PEREIRA, M. G. Produção e decomposição de resíduos culturais antecedendo milho e soja num latossolo no cerrado mineiro. **Comunicata Scientiae**, v. 5, n. 4, p. 419–426, 2014.
- TRABUCO, M. **Produção de milho em plantio direto após plantas de cobertura**. [s.l.] Universidade Estadual Paulista, 2008.
- VAN SOEST, P. J.; WINE, R. H. Determination of lignin and cellulose in acid detergent fiber with permanganate. **J. Ass. Off. Agr. Chem.**, v. 51, p. 780–785, 1968.
- WAGGER, M. G. Time of Desiccation Effects on Plant Composition and Subsequent Nitrogen Release from Several Winter Annual Cover Crops. **Agronomy Journal**, v. 81, n. 2, p. 236, 1989.
- WIDER, R. K.; LANG, G. E. A critique of the analytical methods used in examining decomposition data obtained from litter bags. **Ecology**, v. 63, n. 6, p. 1636–1642, 1982.
- WORTMAN, S. E. et al. Optimizing Cover Crop Benefits with Diverse Mixtures and an Alternative Termination Method. **Agronomy Journal**, v. 104, n. 5, p. 1425–1435, 2012.

WUTKE, E. B.; CALEGARI, A.; WILDNER, L. DO P. Espécies de adubos verdes e plantas de cobertura e recomendações para seu uso. In: LIMA FILHO, O. F. et al. (Eds.). . **Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil: Fundamentos e práticas**. 2. ed. Brasília, DF. Brasil: Embrapa Informação Tecnológica, 2014. p. 59–168.

ARTIGO

3.2 NUTRIENTS DYNAMICS IN SOIL SOLUTION AT THE OUTSET OF NO-TILL IMPLEMENTATION WITH THE USE OF PLANT COCKTAILS IN BRAZILIAN SEMI-ARID

Full Length Research Paper

Nutrients dynamics in soil solution at the outset of no-till implementation with the use of plant cocktails in Brazilian semi-arid

Antonio Pereira Filho^{1*}, José Teixeira Filho², Vanderlise Giongo³, Welson Lima Simoes³ and Rattan Lal⁴

¹Federal University of Sao Francisco Valley, Brazil.

²Department of Water and Soil, Faculty of Agricultural Engineering, University of Campinas (UNICAMP), Brazil.

³Brazilian Agricultural Research Corporation - Embrapa semiarid, Brazil.

⁴Carbon Management and Sequestration Center, Ohio State University, Columbus, OH United States.

Received 18 June, 2015; Accepted 9 December, 2015

Tillage systems strongly impact nutrient transformations and plant availability. Therefore, the objective of this study was to assess the impacts of conversion of conventional tillage (CT) to no-till (NT) with a mixture of cover crops and green manure as nutrient uptake in a fertilized melon (*Cucumis melon*) in a semi-arid region of Brazil. Two fields experimental involved randomized blocks design, in a split-plot scheme, with four replication treatments included three types of cover crops and two tillage systems (conventional and no-till). Subsamples of plant cocktails were used to assess the biomass production. Soil samples were analyzed during the melon growth for determination of soil moisture by the frequency domain reflectometry (FDR) probe. Soil solution samples were extracted with ceramic cups from each treatment, and analyzed for determination of TP, Na⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, S and NO₃-N. Mobility of these elements was assessed in relation to management and different cover crops. The data showed slight or no strong effect of plant cocktails composition on nutrients dynamics in soil under melon. However, without incorporation of biomass and slower decomposition of residue mulch retained on the surface, risks of leaching losses were lower under NT than CT system. A higher concentration of cations in CT (for example, Ca²⁺ ~ 42.07 mg L⁻¹) may be attributed to high soil moisture content and faster rate of mineralization of the biomass incorporated. Concentration of P was higher in top soil layers depth in NT system (~ 6.65 mg L⁻¹ at 15 cm) because of the deposition of plant cocktail biomass in soil surface with low SOM contents placement of fertilizer, and possible formation of calcium phosphate with low solubility. Relatively, high concentration of NO₃-N (~ 60.16 mg L⁻¹) in CT was attributed to increase in decomposition of soil organic matter (SOM) and crop residues incorporated into the soil.

Key words: Macronutrient, soil fertility, cover crop, soil management, *Cocumis melo*, *Caatinga*.

INTRODUCTION

Soils of the semi-arid regions have been prone to degradation because of change in land cover associated

with different land uses, mismanagement, and harsh climate (Lal, 2004). In the semi-arid regions of Brazil,

conversion of the natural thorn forest (caatinga) into arable land is causing loss of soil organic matter (SOM), depletion of nutrients, and accelerated erosion (Wick et al., 2000). Thus, sustainability of land use systems depends on adoption of conservation agriculture (CA) methods which use cover crops to generate enough dry biomass to provide a continuous soil cover throughout the year. Thus, a mixture of cover crops, known as plant cocktail, has been evaluated for uses as cover crops and green manure in semi-arid regions of Brazil (Giongo et al., 2011).

The use of plant cocktails as cover crops can recycle nutrients from the sub-soil the surface (Carvalho et al., 2011). In addition, residues of plants cover conserves soil water by reducing runoff and evaporation, increasing water storage in the effective rooting depth, increasing plant-available water capacity, and increasing net primary production by reducing risks of drought and decreasing losses of plant nutrients by runoff, leaching and erosion (Lal, 2013).

Bohnen and Da Silva (2006) observed that no-till (NT) system changed the dynamics of nutrients in the soil in relation to conventional tillage, especially over a long-term period, although alterations in the system were observed soon after the conversion, with important effects on nutrient availability to plants. Information about composition of the soil solution may be useful in relation to environmental management, soil fertility dynamics, and plant growth (Zambrosi et al., 2008). Bohnen and Da Silva (2006) observed that higher concentrations of Ca^{2+} , Mg^{2+} , PO_4^- , and K^+ were observed in surface soil layers even during the first year of conversion to NT. Ionic concentrations are affected by soil type and tillage system, and formulation of nitrogen fertilizers influence the water flux and the concentration of $\text{NO}_3\text{-N}$ in soil solution (Sangoi et al., 2003). The reduction of water evaporation under cover crop residues in no-till systems also accentuates the downward movement of nitrate via macropores (Muzilli, 1983). Yet, high $\text{NO}_3\text{-N}$ leaching is also observed in conventional till system, but it is attributed to the greater decomposition of SOM and of the crop residues incorporated in the soil than that in the NT system (Bayer and Mielniczuck, 1997). High concentrations of $\text{NO}_3\text{-N}$ were also observed in the fertigated treatments, and indicated large potential for N loss by leaching (Souza et al., 2012).

Among several factors affecting nutrient movement in soil are: concentration in soil solution, adsorption capacity of the soil (Qafoku et al., 2000), loads of the complex ion exchange (Qafoku and Sumner, 2001), pH (Qafoku et al., 2000), solubility of fertilizer (Shuman, 2001), soil water

content (Padilla et al., 1999) and the soil macroporosity (Shipitalo et al., 2000).

The objective of this research was to evaluate the beginning of conversion to NT with reference to the conventional tillage, and determine the effect of plant cocktails used as cover crops and green manure, in a fertilized melon (*Cucumis melo* L.) growth under semi-arid conditions of Brazil.

METHODOLOGY

The field experiment on melon was conducted at the Bebedouro Experimental Farm (latitude 09009'S, longitude 40022'W and altitude 365.5 m), Embrapa Semi-Arid (Brazilian Agricultural Research Corporation) from October to December, 2012. Before this experiment, the site was used for research on date palm crop (*Phoenix dactylifera*). There was no application of liming. The soil is classified as Ultisol dystrophic red-yellow plinthic (EMBRAPA, 2011). It has a high sand concentration of 74.87% of 0.0 to 0.2 m depth, with a gentle trend of decrease in sand content to 0.8 m depth. Thus, different soil layers are classified as sandy loam for 0.4 to 0.6 and sandy clay loam for 0.8 to 1.0 m depth (Silva et al., 2001). Analysis of composite soil samples were obtained from the experimental site for 0.0 to 0.2 m depth, according to the standard methods recommended by EMBRAPA (2011), before initiating the experiment and showed the following physical and chemical mean: CEC 0.57 ± 0.17 cmolc dm^{-3} ; pH (H_2O) of 6.1 ± 0.2 ; P (Mehlich 1) of 46.12 ± 2.11 mg dm^{-3} ; H+Al 2.14 cmolc dm^{-3} ; the exchangeable value of K^+ , Na^+ , Ca^{2+} and Mg^{2+} of 0.36 ± 0.01 , 0.03 ± 0.01 , 2.33 ± 0.15 , 0.43 ± 0.16 cmolc dm^{-3} , respectively; the sum of bases (S) of 3.16 ± 0.16 cmolc dm^{-3} , and base saturation (V) of $59.6 \pm 1.53\%$ (Table 1).

The climate is classified as BswH according to the Köppen classification system, with an average annual temperature of 26.8°C , an average annual rainfall of 360 mm, and the climax vegetation called Caatinga (xeric shrubland and thorn forest). Data of air temperature (maximum and minimum), evapotranspiration and precipitation were measured at the agrometeorological weather station located at Bebedouro Experimental Farm. Plant cocktails were established in the beginning of July before the growing of melon. Melons were planted at row spacing of 0.5 m. By the end of September plant cocktails effective as a cover crop were maintained and the other parts were incorporated by a disc harrow to 40 cm depth. The treatments were arranged in four blocks in a split-plot design. Two tillage treatments as main plots had dimensions of 30×20 m. Conventional tillage (CT) comprised of plowing and disking compared with no soil disturbance in NT plots. Sub-plots treatments, 10×10 m, comprised three cropping systems (two different compositions of Plant cocktail and one natural vegetation cover): NTC1 - 75% legumes + 25% non-legumes and NT; NTC2 - 25% of legumes + 75% non-legumes and NT; NTN - natural vegetation and NT; TC1 - 75% legumes + 25% non-legumes and CT; TC2 - 25% legumes + 75% non-legumes and CT; TNV - natural vegetation and CT. Plant species already used as green manure and cover crops adapted to semi-arid were used in this experiment. Fourteen species included in the composition of Plant cocktails, comprised legumes, oilseeds and grasses, including the

*Corresponding author. E-mail: antonio.pereira@univasf.edu.br.

Table 1. Results of soil analysis of composite samplings from the Bebedouro Experimental Field. Standard deviation values in brackets.

Depth (m)	E.C.	Ph (H ₂ O)	P	K	Na	Ca	Mg	Al	H+Al	S (Base)	CEC	V
	dS.m ⁻¹		mg.dm ⁻³				cmolc/dm ³					%
0-20	0.57	6.10	46.12	0.36	0.03	2.33	0.43	0.50	2.14	3.16	5.30	59.67
	(0.17)	(0.20)	(2.11)	(0.01)	(0.01)	(0.15)	(0.06)	(0.0)	(0.0)	(0.16)	(0.16)	(1.53)

following species: A) Legumes - calopo (*Calopogonium mucunoides*), velvet bean (*Stizolobium atermimum* L.), grey-seeded mucuna (*Stizolobium cinereum* Piper e Tracy), crotalaria (*Crotalaria juncea*), rattlebox (*Crotalaria spectabilis*), jack beans (*Canavalia ensiformes*), pigeon pea (*Cajanus cajan* L.), lab-lab bean (*Dolichos lablab* L.); B) no legumes: sesame (*Sesamum indicum* L.), corn (*Zea mays*), pearl millet (*Penisetum americanum* L.) and milo (*Sorghum vulgare* Pers.) sunflower (*Helianthus annuus*), castor oil plant (*Ricinus communis* L.). The natural vegetation was composed by the predominant species: benghal dayflower (*Commelina benghalensis* L.), purple bush-bean (*Macroptilium atropurpureum*), florida beggarweed (*Desmodium tortuosum*) and goat's head (*Acanthorpermum hispidum* DC).

Subsamples of plant cocktails from each treatment were weighted and sent to the Laboratory of Soil (Embrapa semiarid), stored in a greenhouse at 65 to 70°C for 72 h, and weight again (g kg⁻¹) was recorded to estimate the dry matter yield (Mg ha⁻¹).

Melon seeds were planted in a substrate under greenhouse and seedlings were transplanted in the field about 10 to 12 days after emergence of the first permanent leaves. One seedling per hole was transplanted at spacing of 0.3 × 2.0 m. Drip irrigation was used for both plant cocktail and melon crop. In plant cocktail, plastic pipes were distributed between the rows with drip emitters spaced at 0.5 m which provided a low flow rate of 4.0 L h⁻¹. In melon, the same plastic pipes and drip emitters were distributed between the rows with 2.0 m width. Thus, the amount of water applied was the same for all treatments and was determined on the basis of the evapotranspiration (ET_o) as determined by the Class A pan evaporation (ECA). During the 70 days growth period of melon, all treatments were equally fertilized according to the specific recommendations at the rate of 38.0 kg CO(NH₂)₂ ha⁻¹ (Urea - 45% N) applied 16 times, 16.0 kg KCl ha⁻¹(60% K) applied 15 times, 67.0 kg Ca(NO₃)₂ ha⁻¹ (15%N and 19%Ca) applied 5 times, 100.0 kg P₂O₅ ha⁻¹ applied 8 times and 20.0 kg (NH₄)₂H₂PO₄ ha⁻¹(MAP) applied 15 times.

Dynamics of macronutrients in soil solution was studied by obtaining samples of soil solution in middle and at the end of the melon growth cycle. A PVC (1.27 cm) extractor with ceramic caps at the upper end and a fixed silicone tube for suction of soil solution were used as lysimeter. The soil solution was extracted 24 h after irrigation. This lysimetric installation consisted of 24 batteries of 3 extraction units of the soil solution. These units were installed one for each treatment in the experimental field blocks in the row at 0.15, 0.30, and 0.50 m depth. Ceramic cups were washed and immersed in deionized water until the time of installation in the field. Soil solution samples were collected in plastic bottles, properly labeled and stored at 4°C pending analyses. Soil solution samples were analyzed for total phosphorus (TP), Na⁺, Ca²⁺, Mg²⁺ and S by inductively coupled plasma optical emission spectrometry technique (ICP-OES, Perkin Elmer, USA) and NO₃-N by flow injection analysis method (FIA).

While soil solution sample were obtained at 3 times during the growing season of melon, nutrients concentration in the bulk samples were measured only for a composite sample because of the short growing cycle of only 65 to 70 days. Soil moisture content

was measured to 40 cm depth at three times during the melon season: beginning of October, middle of November and middle of December, 2012. A segmented FDR probe (PR2 model - Delta T Devices) with a Dataloger HH2 moisture meter was used by installing 24 sets of 2 access tubes (1.0 m long) on the crop rows for each treatment. Soil moisture measurements were made to 0.4 m depth, which is the effective rooting depth of melon. In seasonal melons, growth in the northeast of Brazil have an effective rooting depth of 30 cm (Mota et al., 2008).

All the results were statistically analyzed for variance (ANOVA), using the ASSISTAT – free statistical program (version 7.7 beta - Federal University of Campinas Grande-Brazil). The difference between treatment means was assessed by the Tukey test, at 5 % probability.

RESULTS AND DISCUSSION

Meteorological data

The amount of precipitation received during the experimental period was small, and occurred only at the beginning of November. A high precipitation of 6.86 mm was received on November 2nd. The mean temperature during the growth period of sampling was about 28°C with the maximum of 31.06°C recorded on December 4th and minimum of 25.32°C recorded on October 1st. The pan evapotranspiration ranged from 3.71 to 8.15 mm during the growing period (Figure 1). Because of low precipitation, high temperature, and evapotranspiration, the melon crop was irrigated every 2 days. Thus, precipitation had no influence on nutrients dynamics in soil for any treatments. Therefore, only irrigation and fertigation processes were considered as the main factors, followed by temperature and cover crop. Photodegradation is an important determinant of above-ground litter decomposition in this semi-arid ecosystem (Austin and Vivanco, 2006). The high temperature increases evatranspiration, soil metabolism process and organic matter mineralization. Thus, the principal concern is the leaching of nitrogen (Stuart et al., 2011).

Biomass yield

Figure 2 shows the dry matter (DM) for the 2 types of cocktail plant and natural vegetation. The average DM yield was 9.71 (±1.97), 10.24 (±2.85) and 5.71 (±2.51) Mg ha⁻¹ for plant cocktail 1, plant cocktail 2 and natural

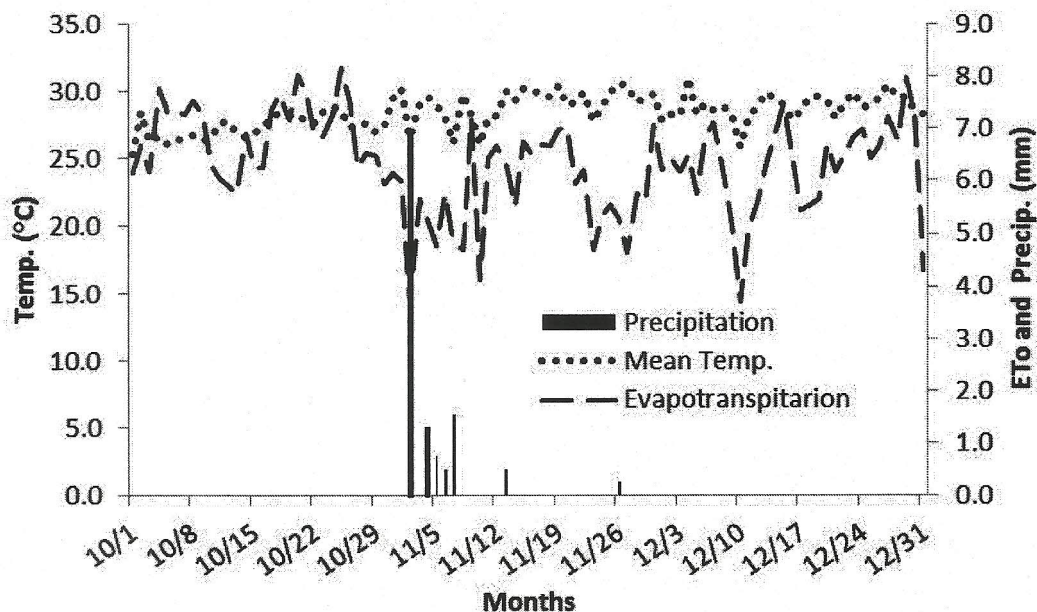


Figure 1. Mean temperature, reference evapotranspiration and precipitation in Bebedouro Experimental Field – Embrapa Semi-arid, during the period of October to December, 2012.

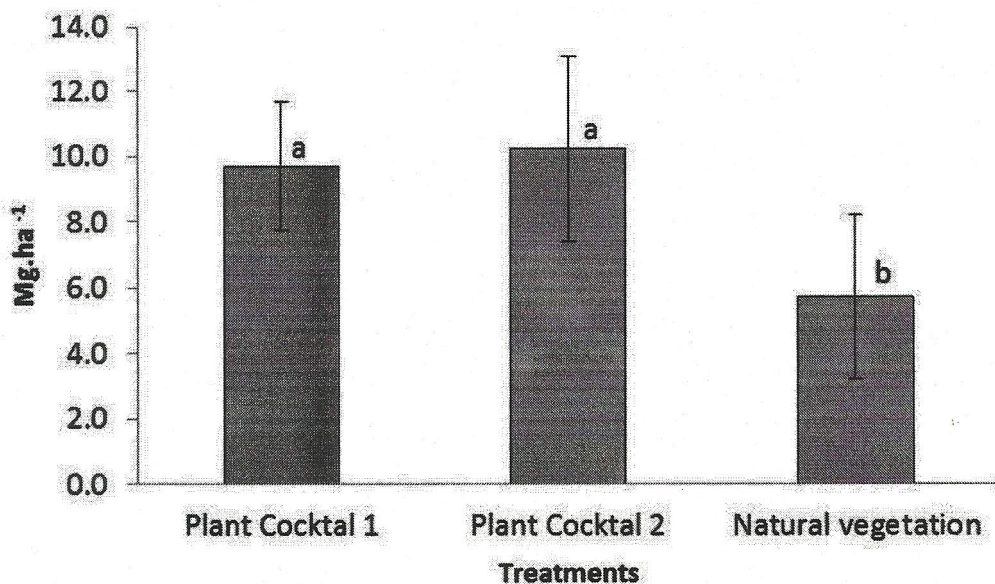


Figure 2. Dry matter yield from plant cocktails 1 and 2 compared with natural vegetation. Error bars show the standard deviation of the means. Means followed by the same letter are not significantly different by Tukey test at $P < 0.01$. $LSD = 3.11$ and $CV\% = 28.8$.

vegetation, respectively. These results show the efficacy of these species as cover crops for semi-arid conditions. About 6.0 Mg ha^{-1} of plant residues is needed to provide an effective soil cover under a NT system (Alvarenga et

al., 2001). However, the optimum amount may differ among plant species and edaphoclimatic conditions. The biomass produced by plants cocktails influences soil conditions, reduces nutrient losses by leaching and

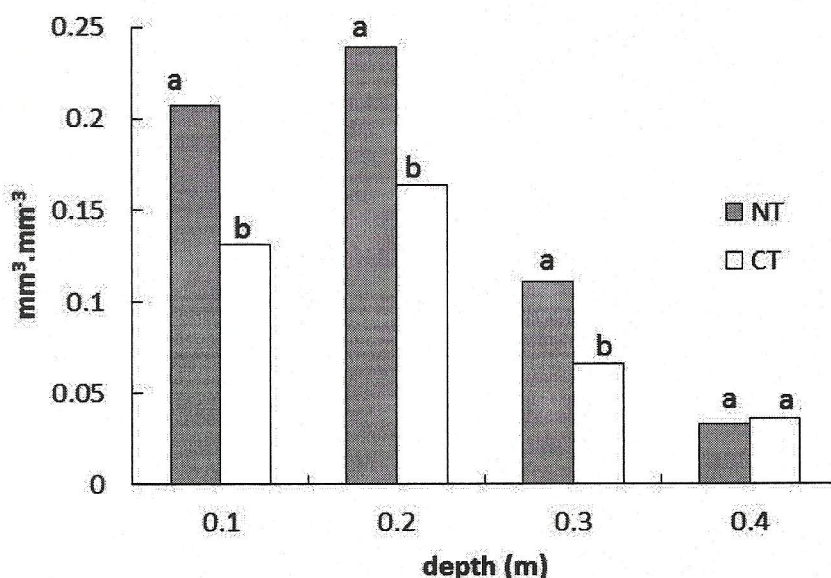


Figure 3. Variation of moisture in soil profile considering the mean of treatments under no-till (NT) and conventional tillage (CT) with the use of cocktail plants in Brazilian semi-arid. Means followed by the same letter are not significantly different by Tukey test at $P < 0.05$. $LSD = 0.043$

erosion, maintaining soil moisture, increases water infiltration, and reduces weed growth, recycles nutrients, especially when legume species are used, and improves soil structure especially when grasses are used (Carvalho et al., 2010). The time required to decompose half of the dry biomass of plant cocktails ranged from 116 to 173 days, depending on soil management. Relatively higher decomposition rate was observed in all plant cocktails managed with the CT (data not presented).

Soil moisture content

The soil moisture content in 0.2 m depth was higher in all treatments under NT than that CT conventional tillage, principally to depth of 0.20 m of the profile. Overall to 30 cm depth, soil moisture contents under NT treatments were significantly different than those under CT (Figure 3). In general, soils under NT store more water in the surface layer (Panachuki et al., 2015). The higher water retention in NT is attributed to the maintenance of cover crop on soil surface, which acts as a barrier, reducing water loss by evaporation (Ward et al., 2013). Despite obtaining three soil solution samples during the melon crop, only an average nutrients concentration of different layers were considered because of the short life cycle of around 65 to 70 days. Therefore, nutrients mobility and accumulation in the soil layers were verified with relation to soil management changes with different

types of cover crops under drip fertigation.

Soil solution concentration

Despite of no liming, the treatments with CT (mainly TC1 and TC2) had higher concentration of Ca^{+2} in 15 cm depth (47.50 to 48.71 $mg\ L^{-1}$) than that in NTC1, NTC2 and NTCV, because of low pH, adoption of NT and low mineralization under NT than CT. Taking average concentration for two management systems (M-NT and M-CT), Ca^{+2} concentrations was 42.21 ± 34.51 $mg\ L^{-1}$ under CT (Figure 4 and Table 2), and there were no significant differences among treatments for 30 cm soil depth, but trends of values were observed in the soil profile (52.97 to 65.07 $mg\ L^{-1}$).

Use of $Ca(NO_3)_2$ as fertilizer can produce a stable NO_3-N anion upon solubilization, increasing leaching of Ca^{+2} as an accompanying ion, and maintains chemical neutrality of the salt front through mass flow in soil (Ziglio and Miyazawa, 1999). Mass flow is the primary mechanism of supplying Ca^{+2} , thus soil solution concentration is a major factor governing this process (Silva et al., 2006). Higher soil-water content within the 30 cm layer can leach out Ca^{+2} increase in its concentration in sub-soil layers. However, mixing under of plant biomass in CT accentuates the rate of mineralization under NT system and affects the release of water-soluble organic anions, altering pH and

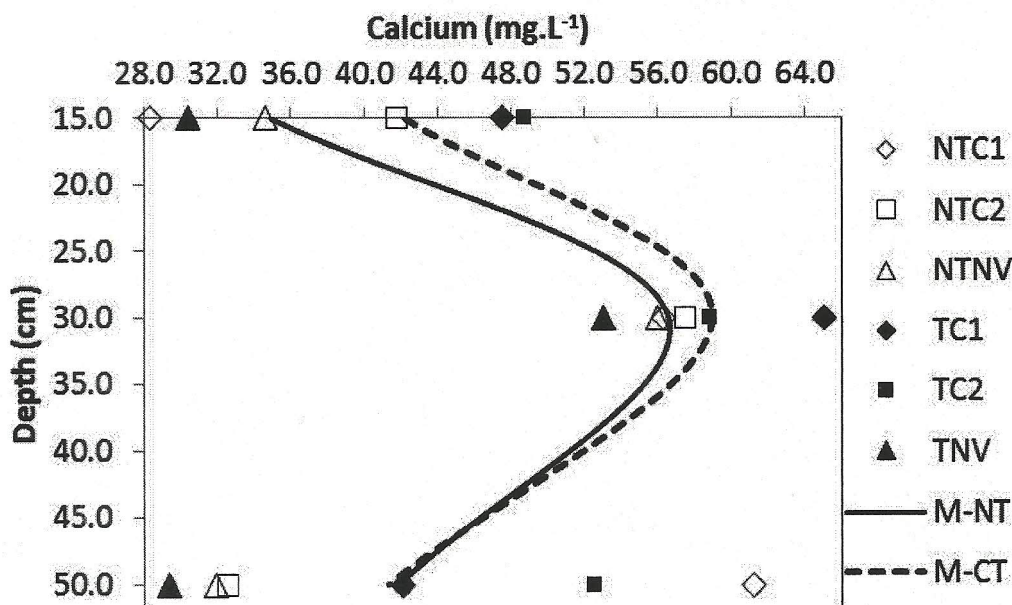


Figure 4. Concentration of calcium in the soil solution at depths of 15.0, 30.0 and 50.0 cm from two cropping systems and three different cover crop. NTC1. no-till and plant Cocktail 1; NTC2. no-till and plant Cocktail 2; NTNv. no-till and Natural vegetation; TC1. Conventional tillage and cocktail 1; TC2. Conventional tillage and cocktail 2; TNV. Conventional tillage and Natural vegetation; M-NT. means of no-tillage treatments; M-CT. means of conventional tillage treatments.

Table 2. Calcium concentration in soil solution at depths of 15.0, 30.0 and 50.0 cm for all the treatments.

Calcium (mg L ⁻¹)	Depth (cm)		
	15.0	30.0	50.0
NTC1	28.29 ^{bb}	56.24 ^{aa}	61.24 ^{aa}
NTC2	41.75 ^{abB}	57.49 ^{aa}	32.56 ^{cb}
NTNV	34.64 ^{abB}	55.92 ^{aa}	31.88 ^{cb}
TC1	47.50 ^{ab}	65.07 ^{aa}	42.07 ^{bcB}
TC2	48.71 ^{aa}	58.81 ^{aa}	52.54 ^{abA}
TNV	30.40 ^{bb}	52.97 ^{aa}	29.33 ^{cb}
M-NT	34.90 (29.38)	56.55 (34.59)	41.90 (18.85)
M-CT	42.21 (34.51)	58.95 (35.66)	41.32 (18.22)

Values followed by the same letter do not differ by Tukey test at 5% probability. Columns - lower case (LSD = 15.80); Lines - capital letters (LSD = 12.96). CV% = 23.01.

enhancing the mobilization of Ca⁺² within the soil (Silva et al., 2006). The highest concentrations of Ca⁺² observed at 50 cm soil depth (42.07 mg L⁻¹) was under NRC1, but these mean concentrations of Ca⁺² at this depth were similar among all treatments. There were significant differences in Ca⁺² concentrations at 15 and 50 cm depths of TC1 and TC2 than that of TNV, probably because of the mineralization of plant cocktails biomass incorporated into the soil, which is higher than that under the native vegetation regrowth.

Both Ca⁺² and Mg⁺² cations have a similar behavior in soil (Stinner et al., 1984). Thus, a proportional concentration of those cations was computed. The data show that moderate amounts of Mg⁺² were leached from the top soil to 50 cm depth (Figure 5). However, no significant differences were observed among treatments and depth. Similar to Ca⁺², concentrations of Mg⁺² was also the lowest at 15 cm depth, and mean concentration ranged from 3.77 mg L⁻¹ in TNV to 6.67 mg L⁻¹ in NTNv. Concentrations of Mg⁺² were high at 30 cm depth in all

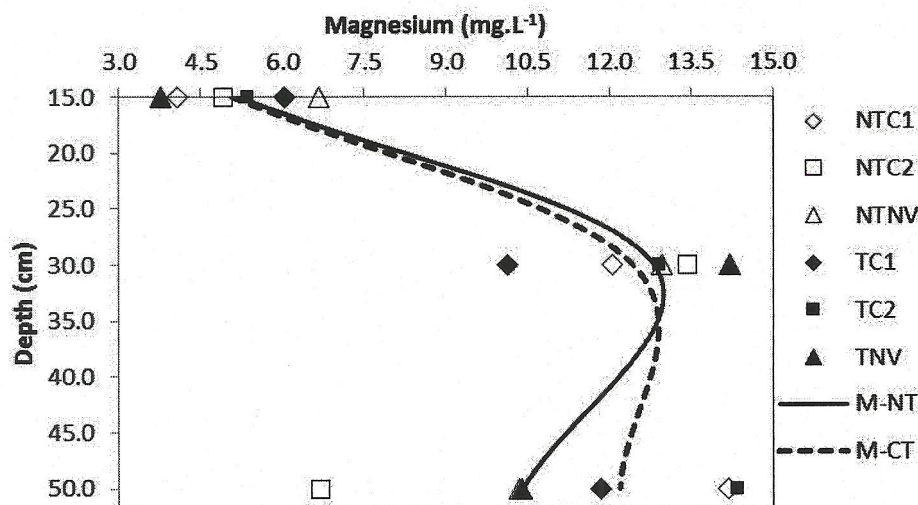


Figure 5. Concentration of magnesium in the soil solution at depths of 15.0, 30.0 and 50.0 cm from two cropping systems and three different cover crop. NTC1. no-till and plant Cocktail 1; NTC2. no-till and plant Cocktail 2; NTNv. no-till and Natural vegetation; TC1. Conventional tillage and cocktail 1; TC2. Conventional tillage and cocktail 2; TNV. Conventional tillage and Natural vegetation; M-NT. means of no-tillage treatments; M-CT. means of conventional tillage treatments

Table 3. Magnesium concentration in soil solution at depths of 15.0, 30.0 and 50.0 cm for all the treatments.

Magnesium (mg L ⁻¹)	Depth (cm)		
	15.0	30.0	50.0
NTC1	4.07 ^{ab}	12.03 ^{ba}	14.17 ^{ba}
NTC2	4.91 ^{ab}	13.43 ^{ba}	6.69 ^{bb}
NTNV	6.67 ^{ab}	12.95 ^{ba}	10.33 ^{abAB}
TC1	6.03 ^{ab}	10.12 ^{ba}	11.82 ^{ba}
TC2	5.35 ^{ab}	12.91 ^{ba}	14.33 ^{ba}
TNV	3.77 ^{ac}	14.19 ^{ba}	10.38 ^{abb}
M-NT	5.22 (5.69)	12.81 (9.15)	10.40 (5.16)
M-CT	5.06 (7.20)	12.41 (8.21)	12.18 (5.91)

Values followed by the same letter do not differ by Tukey test at 5% probability. Columns - lower case (LSD = 4.63); Lines - capital letters (LSD = 3.81). CV% = 40.68.

treatments, and the highest concentration of 14.19 mg L⁻¹ in TNV. These trends indicate high mobility of Mg⁺² in the soil followed by that of Ca⁺² (Table 3).

The mean concentration of Na⁺ in soil solution reached from 3.81 to 8.16 mg L⁻¹, and there were no significant differences among treatments for 15 and 30 cm depths. Mean concentration of Na⁺ for treatments in the same management system (M-NT; M-CT) indicated similar values for different soil depths. However, concentration of Na⁺ in soil solution was slightly higher for TC1 and TC2 than that for NT treatments (NTC1 and NTC2), and the

mean concentration ranged from 3.95 to 5.61 mg L⁻¹ (Figure 6, Table 4). Tillage and crop residue management can strongly affect water relations and leaching of soluble salt (Dalal, 1989). Similar concentrations of Na⁺ were observed in all treatments probably because of a soil moisture content in all depths. The highest of concentration of > 8.0 mg L⁻¹ was recorded at 50 cm depth. Salt accumulation in the profile is primarily controlled by the amount of salts released and leached from the soil and the amount of salts leaving the soil by percolation (Gupta and Abrol, 1990).

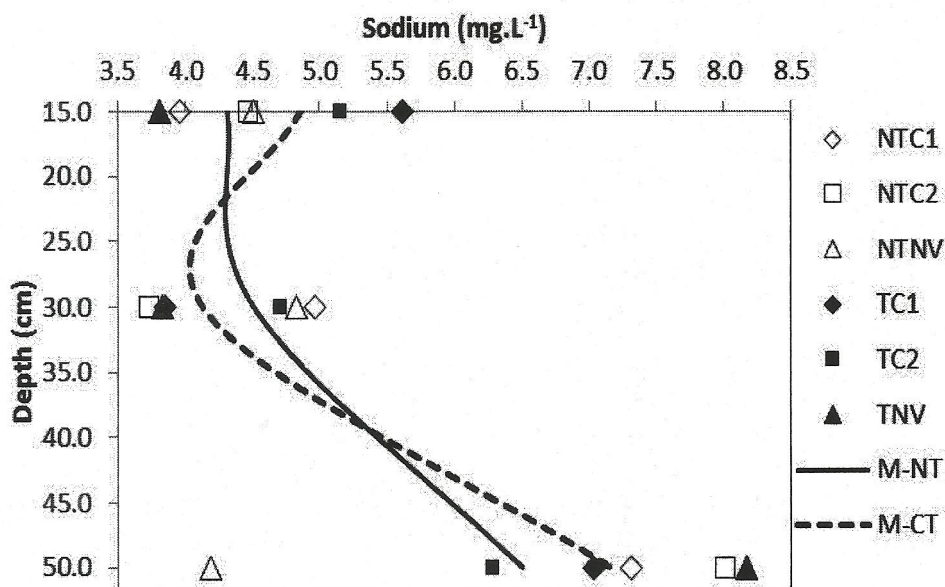


Figure 6. Concentration of sodium in the soil solution at depths of 15.0, 30.0 and 50.0 cm from two cropping systems and three different cover crop. NTC1, no-till and plant Cocktail 1; NTC2, no-till and plant Cocktail 2; NTNv, no-till and Natural vegetation; TC1, Conventional tillage and cocktail 1; TC2, Conventional tillage and cocktail 2; TNV, Conventional tillage and Natural vegetation; M-NT, means of no-tillage treatments; M-CT, means of conventional tillage treatments.

Table 4. Sodium concentration in soil solution at depths of 15.0, 30.0 and 50.0 cm for all the treatments.

Sodium (mg L ⁻¹)	Depth (cm)		
	15.0	30.0	50.0
NTC1	3.95 ^{abB}	4.96 ^{ab}	7.30 ^{abA}
NTC2	4.46 ^{abB}	3.72 ^{ab}	8.00 ^{abA}
NTNV	4.51 ^{abA}	4.82 ^{abA}	4.18 ^{ca}
TC1	5.61 ^{abA}	3.85 ^{ab}	7.02 ^{abA}
TC2	5.15 ^{abAB}	4.70 ^{ab}	6.27 ^{abA}
TNV	3.81 ^{bb}	3.83 ^{ab}	8.16 ^{abA}
M-NT	4.31 (2.21)	4.51 (2.34)	6.50 (2.88)
M-CT	4.86 (2.56)	4.13 (1.99)	7.16 (3.81)

Values followed by the same letter do not differ by Tukey test at 5% probability. Columns - lower case (LSD = 1.75); Lines - capital letters (LSD = 1.44); CV% = 28.35.

There were no significant differences among treatments in SO_4^{2-} concentration for 15 and 50 cm depth, and the mean concentration ranged from 10.34 ± 4.52 (M-CT) to 10.99 ± 4.34 (M-NT). In general, in SO_4^{2-} on agrosystem is rapidly cycled and easily leached (Silva et al., 1999). Despite the highest SO_4^{2-} concentration observed at 50 cm depth in the present study, high concentration of 14.27 mg L^{-1} (TEV), at 15 cm depth indicates its low mobility (Figure 7 and Table 5). Because at low mobility of SO_4^{2-} compared with Cl, N etc, it moves in soil by

mass flow in the water (Vitti et al., 1994). When sulfur is not added in the soil, any slight increase in soil solution is attributed to mineralization of biomass and SOM (Miranda et al., 2006) and its leaching along with water. Despite lack of any significant differences among treatments, the CT treatments trended to have higher SO_4^{2-} concentration below 30 cm depth, because of decomposition of incorporated biomass and high soil moisture content. Stratification in SO_4^{2-} may also occur during early stages than in long-term condition of NT (Crozier et al., 1999).

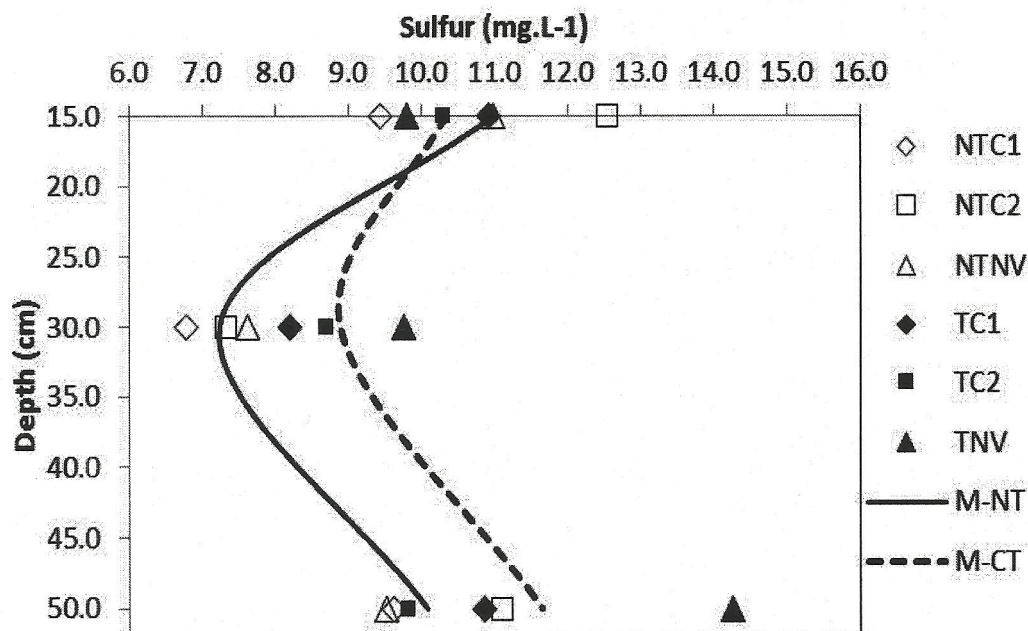


Figure 7. Concentration of sulfur in the soil solution at depths of 15.0, 30.0 and 50.0 cm from two cropping systems and three different cover crop. NTC1, no-till and plant Cocktail 1; NTC2, no-till and plant Cocktail 2; NTNv, no-till and Natural vegetation; TC1, Conventional tillage and cocktail 1; TC2, Conventional tillage and cocktail 2; TNV, Conventional tillage and Natural vegetation; M-NT, means of no-tillage treatments; M-CT, means of conventional tillage treatments.

Table 5. Sulfur concentration in soil solution at depths of 15.0, 30.0 and 50.0 cm for all the treatments.

Sulfur (mg L ⁻¹)	Depth (cm)		
	15.0	30.0	50.0
NTC1	9.43 ^{ba}	6.78 ^{bB}	9.61 ^{ba}
NTC2	12.54 ^{aA}	7.31 ^{abB}	11.11 ^{ba}
NTNV	10.98 ^{abA}	7.61 ^{abB}	9.53 ^{baB}
TC1	10.91 ^{abA}	8.20 ^{abB}	10.86 ^{ba}
TC2	10.29 ^{abA}	8.69 ^{abA}	9.82 ^{ba}
TNV	9.79 ^{bB}	9.75 ^{aB}	14.27 ^{aA}
M-NT	10.99 (4.34)	7.24 (3.12)	10.09 (5.07)
M-CT	10.34 (4.52)	8.89 (2.29)	11.65 (3.75)

Values followed by the same letter do not differ by Tukey test at 5% probability. Columns - lower case (LSD = 2.67); Lines - capital letters (LSD = 2.19); CV% = 23.01.

Expectedly, the P concentrations varied strongly with soil depth from 6.65 mg L⁻¹ at 15 cm to 0.13 mg L⁻¹ (NTC2) at 50 cm soil depth (Figure 8). The highest P concentrations recorded in topsoil indicated its low mobility in soil profile. There were significant differences in P concentrations among NT treatments (NTC1, NTC2 and NTNv) and CT treatments (TC1, TC2 and TEV) (Table 6). Despite high value of P concentration in the surface layer, there were no significant differences

between NT and CT at 30 cm depth. Because of minimal soil erosion in NT and the location of fertilizer, high accumulation of P in the surface layer can be 10 times compared to that in the surface layers (Muzilli, 1983; Rheinheimer et al., 1998).

Soil of the experimental site is slightly acidic, and thus has a low potential of formation of SOM in treatments other than NT. Under these conditions of soil pH approaching to neutral value, soluble phosphorus is

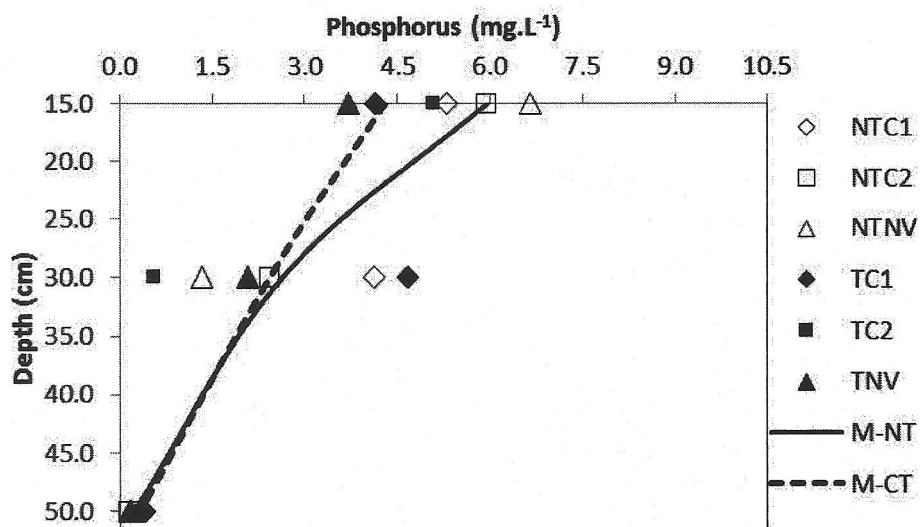


Figure 8. Concentration of phosphorus in the soil solution at depths of 15.0, 30.0 and 50.0 cm from two cropping systems and three different cover crop. NTC1, no-till and plant Cocktail 1; NTC2, no-till and plant Cocktail 2; NTCV, no-till and Natural vegetation; TC1, Conventional tillage and cocktail 1; TC2, Conventional tillage and cocktail 2; TNV, Conventional tillage and Natural vegetation; M-NT, means of no-tillage treatments; M-CT, means of conventional tillage treatments.

Table 6. Phosphorus concentration in soil solution at depths of 15.0, 30.0 and 50.0 cm for all the treatments.

Phosphorus (mg L ⁻¹)	Depth (cm)		
	15.0	30.0	50.0
NTC1	5.31 ^{bcA}	4.12 ^{aB}	0.40 ^{aC}
NTC2	5.93 ^{abA}	2.43 ^{bB}	0.13 ^{aC}
NTNV	6.65 ^{aA}	1.33 ^{bcB}	0.16 ^{aC}
TC1	4.16 ^{cdA}	4.67 ^{aA}	0.4 ^{aB}
TC2	5.08 ^{bcA}	0.56 ^{cb}	0.35 ^{aB}
TNV	3.72 ^{dA}	2.07 ^{bB}	0.19 ^{aC}
M-NT	5.96 (4.34)	2.63 (2.10)	0.23 (0.23)
M-CT	4.32 (2.13)	2.43 (2.14)	0.31 (0.25)

Values followed by the same letter do not differ by Tukey test at 5% probability. Columns - lower case (LSD = 1.29); Lines - capital letters (LSD = 1.06); CV% = 41.50.

transformed into low solubility form of calcium phosphate in the soil surface (Souza et al., 2012). Nonetheless, drip fertilization can increase PO_4^{3-} movement into the sub-soil compared to that with the conventional application because of concentration of the soil in a narrow range, which quickly saturates soil in vicinity of the zone of application (Villas Boas et al., 1999). However, that process depends of soil attributes and the specific formulation used (Souza et al., 2012).

Mean concentration of NO_3-N ranged from 19.45 mg L⁻¹ at 15 cm to 60.16 mg L⁻¹ at 50 cm soil depth, indicating

high leachability (Figure 9). However, no significant differences were observed between NT and CT treatments for 15 cm depth, albeit a high value of 42.14 mg L⁻¹ was recorded for TC2. The high soil moisture content at ~ 30 cm depth concentrated high NO_3-N in this layer in all treatments, with average value of 54.27 (43.10) mg L⁻¹ to NT and 54.62 (43.97) mg L⁻¹ to CT. At 50 cm depth, however, higher NO_3-N concentration is observed in TC1 (60.16 mg L⁻¹) and TC2 (59.19 mg L⁻¹) treatments (Table 7). Bayer and Mielniczuck (1997) observed more leaching of NO_3-N in CT system because

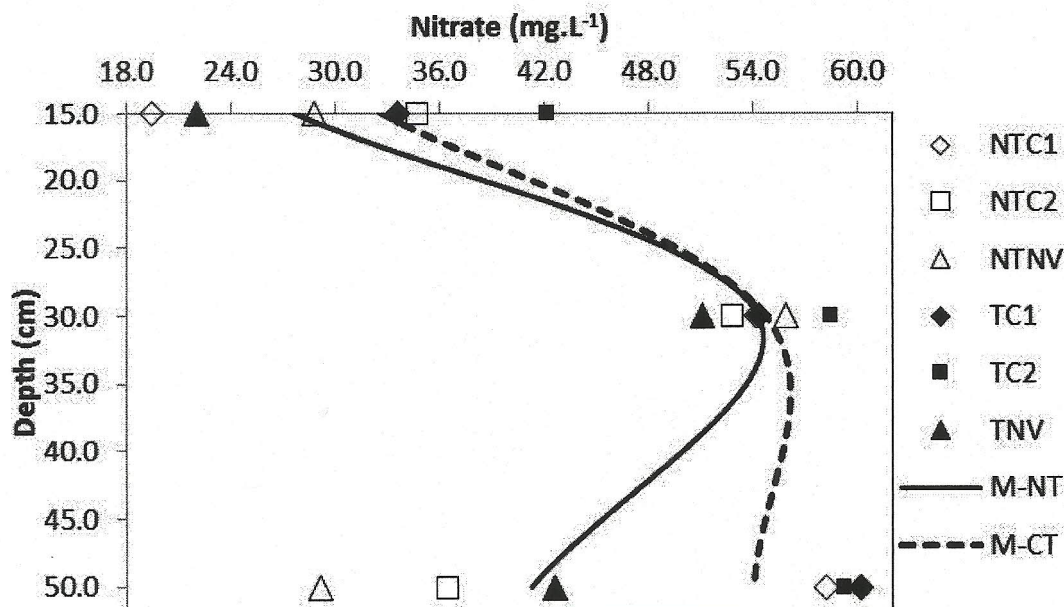


Figure 9. Concentration of nitrate in the soil solution at depths of 15.0, 30.0 and 50.0 cm from two cropping systems and three different cover crop. NTC1, no-till and plant Cocktail 1; NTC2, no-till and plant Cocktail 2; NTNv, no-till and Natural vegetation; TC1, Conventional tillage and cocktail 1; TC2, Conventional tillage and cocktail 2; TNv, Conventional tillage and Natural vegetation; M-NT, means of no-tillage treatments; M-CT, means of conventional tillage treatments.

Table 7. Nitrate concentration in soil solution at depths of 15.0, 30.0 and 50.0 cm for all the treatments.

Nitrate (mg.L ⁻¹)	Depth (cm)		
	15.0	30.0	50.0
NTC1	19.45 ^{bB}	54.16 ^{aA}	58.21 ^{abA}
NTC2	34.66 ^{abB}	52.82 ^{aA}	36.37 ^{cb}
NTEV	28.76 ^{abB}	55.83 ^{aA}	29.13 ^{cb}
TC1	33.57 ^{abB}	54.29 ^{aA}	60.16 ^{aA}
TC2	42.14 ^{ab}	58.48 ^{aA}	59.19 ^{aA}
TEV	22.03 ^{bB}	51.10 ^{aA}	42.61 ^{bca}
M-NT	27.62 (28.49)	54.27 (43.10)	41.24 (22.06)
M-CT	32.58 (32.58)	54.62 (43.97)	53.99 (26.69)

Values followed by the same letter do not differ by Tukey test at 5% probability. Columns - lower case (LSD = 16.08); Lines - capital letters (LSD = 13.19). CV% = 30.99.

of increased decomposition of SOM and crop residues incorporated in the soil compared to the NT system. Leaching of NO₃-N below the rooting depth of melon is a major concern. Therefore, a split application of fertilizer can reduce leaching losses in sand soils.

Stinner et al. (1984) observed that concentrations of NO₃-N were the highest in CT those in NT soils. Indeed, nitrification is reduced in NT compared with that CT soil because NH₄-N is the predominant form of N in NT soil

(Souza et al., 2012). In addition, use of Ca(NO₃)₂ with drip fertigation leads to a uniform distribution of NO₃-N in the soil profile (Haynes, 1990). Leaching of NO₃-N requires presence of accompanying cations, while the protons produced by ammonium nitrification or organic by nitrogen are remain in the surface layer as a source of potential acidity (Franchini et al., 2000). The data from this study indicate between the cations (Ca⁺² and Mg⁺²) and the anion (NO₃-N) for all the treatments and soil

Table 8. Correlation between the concentrations of cations (calcium and magnesium) and nitrate for all the treatments.

Treatment	Equation ^a	r ²
NTC1	Cations = 0.9611 N-NO ₃ ⁻ + 13.621	0.77*
NTC2	Cations = 0.9568 N-NO ₃ ⁻ + 13.854	0.79*
NTNV	Cations = 0.9554 N-NO ₃ ⁻ + 13.98	0.81*
TC1	Cations = 0.9528 N-NO ₃ ⁻ + 14.117	0.82*
TC2	Cations = 0.9611 N-NO ₃ ⁻ + 13.308	0.84*
TNV	Cations = 0.9539 N-NO ₃ ⁻ + 13.825	0.82*
Total ^b Cations = 0.9611 N-NO ₃ ⁻ + 13.308		0.84*

^aConsidering the three depths. ^bConsidering the 6 treatments in three depths. *Significant t test P < 0.001.

depths studied ($r^2 = 0.84$; $p < 0.001$) (Table 8), suggesting that Ca⁺² and Mg⁺² are the accompanying cations. The use of Ca(NO₃)₂ as fertilizer produces Ca⁺² and Mg⁺² which accentuates the mobility of Ca⁺² and Mg⁺² and maintains chemical neutrality of the salt front by mass flow (Ziglio and Miyazawa, 1999).

Conclusions

The data presented support the following conclusions:

- (i) There was either slight or no strong effect of plant cocktails composition on nutrients dynamics in soil under melon. Perhaps, the short time of melon growing cycle crop was not long enough to cause a substantial mineralization of the cocktail biomass. Nonetheless, some changes were observed with the adoption of NT system.
- (ii) Without incorporation of biomass and slower decomposition of residue mulch retained on the surface, risks of leaching losses were lower under NT than CT system.
- (iii) The higher concentrations of cations (that is, Ca⁺²) in CT may be attributed to a high soil moisture content and faster rate of mineralization of the biomass incorporated.
- (iv) In general, S had a low mobility. Concentration of S was high in CT from 30 cm depth because of the high rate of decomposition of plants biomass incorporated and high soil moisture content.
- (v) Concentration of P was higher in top soil layers depth in NT system, because of the deposition of plant cocktail biomass in soil surface with low SOM contents placement of fertilizer, and possible formation of calcium phosphate with low solubility.
- (vi) Concentration of NO₃-N was high and large amount were leached into the sub-soil. However, high concentration of NO₃-N in CT may be attributed to increase in decomposition of SOM and crop residues incorporated into the soil.

Conflict of Interests

The authors have not declared any conflict of interest

ACKNOWLEDGEMENTS

The first author gratefully acknowledges the National Council for Scientific and Technological Development (CNPq) and Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel (Capes) for funding this research and granting scholarship. He also thanks the Brazilian Agricultural Research Corporation (Embrapa) and State University of Campinas (Unicamp) for providing the experimental field and labs for the research development. Special thanks for Carbon Management and Sequestration Center (C-MASC) team at Ohio State University (OSU) for their critical scientific comments for the preparation of this paper.

REFERENCES

- Alvarenga RC, Cabezas WAL, Cruz JC, Santana DP (2001). Plantas de Cobertura de Solo para Sistema Plantio Direto. Informe Agropecuário. Embrapa Milho e Sorgo, Belo Horizonte, MG. Brasil. 22(208):25-36.
- Austin AT, Vivanco L (2006). Plant litter decomposition in a semi-arid ecosystem controlled by photodegradation. *Nature* 442:555-558.
- Bayer C, Mielniczuck J (1997). Nitrogênio total de um solo submetido a diferentes métodos de preparo e sistemas de culturas. *Rev. Bras. Ciênc. Solo*. 21:235-239.
- Bohnen H, da Silva LS (2006). Relações entre nutrientes na fase sólida e solução de um latossolo durante o primeiro ano. *Ciênc. Rural*. 36:1164-1171.
- Carvalho AM De, Dantas RDA, Coelho MC, Lima WM, Souza JPSP de, Fonseca OP, Guimaraes Junior R (2010). Teores de Hemiceluloses, Celulose e Lignina em Plantas de Cobertura com Potencial para Sistema Plantio Direto no Cerrado. *Bol. Pesqui. e Desenvol. / Embrapa Cerrados*. Planaltina, DF, Bras. 290:15.
- Carvalho AM de, Souza LLP de, Júnior RG, Alves, PCAC, Vivaldi JL (2011). Cover plants with potential use for crop-livestock integrated systems in the Cerrado region. *Pesqui. Agropec Bras*. 46:1200-1205.
- Crozier CR, Naderman GC, Tucker MR, Sugg RE (1999). Nutrient and pH stratification with conventional and no-till management.

- Commun. Soil Sci. Plant Anal. 30:65-74.
- Dalal RC (1989). Long-Term Effects of No-Tillage, Crop Residue, and Nitrogen Application on Properties of a Vertisol Soil. *Sci. Soc Am. J.* 53:1511-1515.
- EMBRAPA (2011). Manual de Métodos de análises de solos, 2nd edn. Embrapa Solos - Dados eletrônicos, Rio de Janeiro, Brasil. 230 pp.
- Franchini JC, Borket M, Ferreira MM, Gaudencio CA (2000). Alterações Na Fertilidade Do Solo Em Sistemas De Rotação De Culturas Em Semeadura Direta De Rotação De Culturas Em Semeadura Direta. *Rev. Bras Cienc. Solo.* 24:459-467.
- Giongo V, Mendes AMS, Cunha JTF, Galvão SRS (2011). Decomposição e liberação de nutrientes de coquetéis vegetais para utilização no Semiárido brasileiro. *Rev. Ciênc. Agron.* 42:611-618.
- Gupta RK, Abrol IP (1990). Salt affected soils: Their reclamation and management for crop production. In: Lal R, Stewart BA (eds) *Soil Degradation*, 11th edn. Springer-Verlag Adv. Soil Sci. pp. 223-288.
- Haynes RJ (1990). Movement and transformations of fertigated nitrogen below trickle emitters and their effects on pH in the wetted soil volume. *Fertil. Res.* 23:105-112.
- Lal R (2013). Enhancing ecosystem services with no-till. *Renew Agric. Food Syst.* 28:102-114.
- Lal R (2004). Carbon sequestration in dryland ecosystems. *Environ. Manage.* 33:528-544.
- Miranda J, Da Costa LM, Ruiz HA, Einloft R (2006). Composição química da solução de solo sob diferentes coberturas vegetais e análise de carbono orgânico solúvel no deflúvio de pequenos cursos de água. *Rev. Bras. Cienc. do Solo.* 30:633-647.
- Mota JCA, De Assis RN, Filho JA, Libardi PL (2008). Algumas propriedades físicas e hídricas de três solos na Chapada do Apodi, RN, cultivados com melão. *Rev. Bras. Cienc. Solo.* 32:49-58.
- Muzilli O (1983). Influência do sistema de plantio direto, comparado ao convencional, sobre a fertilidade da camada arável do solo. *Rev. Bras Cienc. Solo.* 7:95-102.
- Padilla I, Yeh T, Conklin M (1999). The effect of water content on solute transport in unsaturated porous media. *Water Resour. Res.* 35:3303-3313.
- Panachuki E, Bertol I, Alves Sobrinho T, Oliveira PTS De, Rodrigues DBB (2015). Effect of Soil Tillage and Plant Residue on Surface Roughness of an Oxisol Under Simulated Rain. *Rev. Bras. Ciênc. do Solo.* 39:268-278.
- Qafoku NP, Sumner M, Radcliffe DE (2000). Anion transport in columns of variable charge subsoils: Nitrate and chloride. *J. Environ. Qual.* 29:484-493.
- Qafoku NP, Sumner ME (2001). Retention and transport of calcium nitrate in variable charge sub soils. *Soil Sci.* 166:297-307.
- Rheinheimer DS, Kaminski J, Lupatini GC, Santos EJS (1998). Modificações em atributos químicos de solo arenoso sob sistema plantio direto. *Rev. Bras. Cienc. Solo.* 22:713-721.
- Sangoi L, Ermani PR, Lech VA, Rampazzo C (2003). Lixiviação de nitrogênio afetada pela forma de aplicação da uréia e manejo dos restos culturais de aveia em dois solos com texturas contrastantes. *Ciênc. Rural.* 33:65-70.
- Shipitalo MJ, Dick WA, Edwards WM (2000). Conservation tillage and macropore factors that affect water movement and the fate of chemicals. *Soil Till. Res.* 53:167-183.
- Shuman LM (2001). Phosphate and nitrate movement through simulated Golf Greens. *Water Air Soil Pollut.* 129:305-318.
- Silva CA, Do Vale FR, Anderson SJ, Kobal AR (1999). Mineralização de nitrogênio e enxofre em solos brasileiros sob influência da calagem e fósforo. *Pesqui. Agropecu. Bras.* 34:1679-1689.
- Silva VDPR Da, Azevedo PV De, Silva BB Da, Bassoi LH, Teixeira AHC, Soares, JM, Silva JAM (2001). Estimativa da evapotranspiração da mangueira com base no balanço hídrico do solo. *Rev. Bras. Eng. Agrícola Ambient.* 5:456-462.
- Silva EC, Muraoka T, Buzetti S, Trivelin PCO (2006). Manejo de nitrogênio no milho sob plantio direto com diferentes plantas de cobertura, em Latossolo Vermelho. *Pesqui. Agropec. Bras.* 41:477-486.
- Sousa FP, Ferreira TO, Mendonça ES, Romero RE, Oliveira JGB (2012). Carbon and nitrogen in degraded Brazilian semi-arid soils undergoing desertification. *Agric. Ecosyst. Environ.* 148:11-21.
- Souza TR De, Bôas Villas RL, Quaggio JA, Salomão LC, Foratto LC (2012). Dinâmica de nutrientes na solução do solo em pomar fertirrigado de citros. *Pesqui. Agropecu. Bras.* 47:846-854.
- Stinner B, Crossley RDA, Odum JEP, Todd RL (1984). Nutrient Budgets and Internal Cycling of N, P, K, Ca, and Mg in Conventional Tillage, No-Tillage, and Old-Field ecosystems on the Georgia piedmont. *Ecology* 65(2):354-369.
- Stuart M, Goody D, Bloomfield J, Williams A (2011). A review of the impact of climate change on future nitrate concentrations in groundwater of the UK. *Sci. Total Environ.* 409:2859-2873.
- Villas Boas RL, Bull LT, Fernandes DM (1999). Fertilizantes em fertirrigação. In: Follegatti MV. (ed) *Fertirrigação: citros, flores, hortaliças*. Guaíba: Agropecuária. pp. 293-319.
- Vitti GC, Boaretto AE, Penteado SR (1994). Fertilizantes e fertirrigação. In: Vitti GC, Boaretto AE (eds) *Fertilizantes fluidos*. Piracicaba-SP, Brasil. Patafós. pp. 261-281.
- Ward PR, Roper MM, Jongepier R, Fernandez MMA (2013). Consistent plant residue removal causes decrease in minimum soil water content in a Mediterranean environment. *Biologia (Bratisl)* 68:1128-1131.
- Wick B, Tiessen H, Menezes RSC (2000). Land quality changes following the conversion of the natural vegetation into silvo-pastoral systems in semi-arid NE Brazil. *Plant Soil.* 222:59-70.
- Zambrosi FCB, Alleoni LRF, Caires EF (2008). Liming and ionic speciation of an oxisol under no-till system. *Sci. Agric. (Piracicaba, Braz).* 65:190-203.
- Ziglio CM, Miyazawa M (1999). Formas Orgânicas e Inorgânicas de Mobilização do Cálcio no Solo. *Braz. Arch. Biol. Technol.* 42(2). http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1516-89131999000200016&script=sci_arttext

ARTIGO

3.3 BALANÇO NUTRICIONAL DO SISTEMA IRRIGADO DE PRODUÇÃO DO MELÃO COM USO DE COQUETÉIS VEGETAIS COMO PLANTAS DE COBERTURA E ADUBO VERDE NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

BALANÇO NUTRICIONAL DO SISTEMA IRRIGADO DE PRODUÇÃO DO MELÃO COM USO DE COQUETÉIS VEGETAIS COMO PLANTAS DE COBERTURA E ADUBO VERDE NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

ANTONIO PEREIRA FILHO¹, JOSÉ TEIXEIRA FILHO², VANDERLISE GIONGO³, TAMIRES SANTOS DE JESUS⁴, FÁBIO FREIRE DE OLIVEIRA⁵

¹ Biólogo, doutorando em Engenharia Agrícola, Professor do Colegiado de Engenharia Agrícola e Ambiental, Universidade Federal do Vale do São Francisco, Juazeiro, Brasil. Avenida Antônio Carlos Magalhães, 510 – Country Club, CEP 48902-300 – Juazeiro, BA, Brasil. Tel: 74-2102-7621. E-mail: antonio.pereiraf@univasf.edu.br

² Engenheiro Civil, Professor da Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas, Campinas, Brasil. jose@feagri.unicamp.br

³ Engenheira Agrônoma, Pesquisadora na Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa Semiárido, Petrolina, Brasil. vanderlise.giongo@embrapa.br

⁴ Bióloga, Licenciada em Ciências Biológicas pela Universidade de Pernambuco, Petrolina Brasil. tmsj02@hotmail.com.

⁵ Engenheiro Agrônomo, Professor na Faculdade de Agronomia, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, Petrolina, Brasil. fabio.freire@ifsertao-pe.edu.br

RESUMO

Pesquisas têm sido desenvolvidas cultivando o melão amarelo (*Cucumis melo* L) sobre sistema de manejo que prioriza a conservação do solo com uso de coquetéis vegetais como plantas de cobertura e adubo verde na região semiárida. O objetivo do presente trabalho foi avaliar o crescimento, acúmulo de nutrientes e produção do melão amarelo cultivado com uso de coquetel vegetal como plantas de cobertura e adubo verde, e a contribuição nutricional desses resíduos vegetais durante o ciclo da cultura. Os tratamentos foram dispostos em quatro blocos em um esquema de parcelas subdivididas. O melão amarelo (var. SF 10/00 fl) foi cultivado sobre dois sistemas de manejo de solo, plantio direto e convencional, e três tipos de sistema de cultivo, coquetel vegetal 1 (CV1) com 75% leguminosas + 25% não leguminosas; coquetel vegetal 2 (CV2) com 75% não leguminosas + 25% de leguminosas, e outro com vegetação espontânea (VE), utilizando sistema de fertirrigação por gotejamento. O melão foi transplantado 15 dias após a deposição dos CVs. Foram avaliados decomposição e liberação de nutrientes N, K, P, Ca e Mg pelos CVs e VE e a produção de massa seca e extração desses nutrientes pelo melão durante o ciclo da cultura. Os diferentes tipos de adubos verdes e manejos de solo não afetaram significativamente o acúmulo de matéria seca da parte aérea e a produtividade do

melão. A sequência de absorção do melão foi $Ca > N > K > Mg > P$. O CV1 contribuiu, em média, com maiores quantidades dos nutrientes durante o ciclo do melão, exceto para o Mg. Além disso, o CV1 foi capaz de suprir a demanda de N e K próximo do 50° dia, P ao 46° e do Ca e Mg ao 40° dia, após o transplante do melão. A produtividade total do melão (37,4 - 51,5 t ha⁻¹) apresentou acima da média nacional e o °Brix (11 - 12,7) acima dos valores aceitáveis.

Termos para Indexação: macronutriente, cobertura vegetal, *Cucumis melo* L, marcha de absorção, fertilidade do solo, manejo do solo

NUTRITIONAL BALANCE OF IRRIGATED PRODUCTION SYSTEM OF MELON WITH USE OF PLANT COCKTAILS AS COVER CROPS AND GREEN MANURE IN BRAZILIAN SEMIARID REGION

ABSTRACT

Research has been developed cultivating yellow melon on management system that gives priority to soil conservation with use of plant cocktails as cover crops and green manure in the semiarid region. The objective was to evaluate the growth, accumulation of nutrients and yield of melon grown with the use of plant cocktail as cover crops and green manure, and the nutritional contribution of these plant residues during the crop cycle. The treatments were arranged in four blocks in a split plot. Yellow melon (var. SF 10/00 fl) was grown on two soil management systems, no-till and conventional tillage, and three types of crop system, plant cocktail 1 (CV1) with 25 % grass / oilseed + 75 % legume, plant cocktail 2 (VC2) with 25 % legume + 75 % grass/oilseed and one with spontaneous vegetation (VE), using drip fertigation system. The melon was transplanted 15 days after the deposition of CVs. It was evaluated decomposition and release of nutrients N, K, P, Ca and Mg by CV and VE and dry matter production and extraction of these nutrients by the melon during the crop cycle. The different types of green manure and soil management did not significantly affect the dry matter accumulation of shoot and productivity melon. The sequence of nutrient absorption by melon was $Ca > N > K > Mg > P$. The CV1 contributed on average, larger amounts of nutrients during the melon cycle except for Mg. Furthermore, CV1 was able to supply

the demand of N and K close to 50th day, P on 46th day and Ca and Mg on 40th day, after melon transplanting. The total melon yield (37,4 - 51,5 t ha⁻¹) showed above the national average and the Brix degree (11 - 12,7) above commercially acceptable values.

Index terms: macronutrient, cover crop, *Cucumis melo* L., nutrient uptake, soil fertility, soil management

1 INTRODUÇÃO

O melão (*Cucumis melo* L.) é uma das frutas mais apreciadas em todo o mundo, apresentando no ano de 2013 uma área plantada de 1,19 milhões de hectares e com uma produção de 29,46 milhões de toneladas (GUIMARÃES et al., 2016). Em 2014, o Brasil plantou 22.020 hectares e colheu mais de 565.900 toneladas. A região nordeste do país é responsável em grande parte por essa produção, respondendo por 99,98% da produção nacional de melão em 2014, com os estados do Ceará (59,75%) e do Rio Grande do Norte (39,56%) sendo os principais produtores (MDIC, 2015). O desenvolvimento da cultura do melão é de grande importância socioeconômica para a região Nordeste do Brasil, levando em conta que as maiores áreas produtivas encontram-se no semiárido e afetadas pelas condições climatológicas, para promoção do desenvolvimento econômico pela geração de emprego e renda (DEUS et al., 2015). O cultivo do melão em regiões semiáridas, com baixos índices de precipitação, é favorecido pela menor incidência de doenças resultando no aumento da qualidade dos frutos (COSTA, 2008).

A planta do melão é muito exigente em relação à adubação, necessitando de conhecimento sobre solos, demanda nutricional da cultura, época de aplicação e eficácia no uso de nutrientes para uma adubação adequada, como também é importante o desenvolvimento de sistemas de apoio à decisão para adubação que considere essas variáveis no requerimento e suprimento de nutrientes (DEUS et al., 2015). A absorção de grandes quantidades de nutrientes em curtos períodos de tempo caracteriza a exigência nutricional do meloeiro, porém a extração de nutrientes por uma cultura depende de fatores relacionados com o ambiente de cultivo, como tipo de solo, clima e

manejo de água, e aos fatores internos ou relacionados com a planta, entre os quais podemos citar sua idade e potencial genético (AGUIAR NETO et al., 2014). Em adição, essa absorção difere de acordo com a fase de desenvolvimento da planta, intensificando-se com o florescimento, a formação e crescimento dos frutos (TEMÓTEO et al., 2010). A caracterização da marcha de absorção de nutrientes por uma cultura é uma importante ferramenta para auxiliar no parcelamento dos nutrientes que poderá ser realizado, principalmente, com uso de fertirrigação (DAMASCENO et al., 2012).

Os nutrientes, N, K e o Ca são os mais exigidos pela cultura do melão, sendo que a necessidade de cada um varia com as condições de cada local, apresentando assim uma variação na sequência quantitativa destes nutrientes extraídos pelos híbridos do melão de uma pesquisa para outra com os diversos híbridos (SILVA JUNIOR et al., 2006). O crescimento da planta e produção de frutos de melão dependem do suprimento de N (CABELLO et al., 2011). O K tem influência nas qualidades física e química dos frutos de meloeiro, pois é indispensável para a formação e amadurecimento dos frutos e para o aumento da textura dos mesmos (AZEVEDO et al., 2015). O Ca é um nutriente que desempenha função bioquímica importante e favorece numerosos processos metabólicos da planta, como a formação da parede celular, regulação da funcionalidade da membrana celular, constituição da lamela média, além de ativar vários sistemas enzimáticos (TROEH; THOMPSON, 2007). O Mg faz parte da molécula de clorofila, vital para fotossíntese, e no sistema enzimático para o metabolismo de carboidratos (TROEH; THOMPSON, 2007). O P tem função importante na fase reprodutiva da planta, com aumento no número de frutos, e no favorecimento do aumento do peso da polpa, diâmetro equatorial e °Brix (MARTUSCELLI et al., 2015).

Os híbridos do melão são geralmente plantados sobre sistema convencional de manejo de solo com o uso de aração e gradagem e sistema de irrigação por meios de sulcos (AGUIAR NETO et al., 2014). Pesquisas têm sido desenvolvidas cultivando o melão amarelo sobre sistema de manejo que prioriza a conservação do solo com uso de coquetéis vegetais como plantas de cobertura e adubo verde na região semiárida do

Nordeste brasileiro (PEREIRA FILHO et al., 2016). De acordo com Giongo et al. (2016), o cultivo de misturas de plantas combinado com o preparo de solo constitui uma opção viável para adição de biomassa e nutrientes no solo em cultivos do melão no semiárido.

Culturas usadas como plantas de cobertura e adubo verde pode prover melhoramento do solo e fonte de nutrientes para as culturas subsequentes (CHERR; SCHOLBERG; MCSORLEY, 2006). Porém, quanto ao uso de culturas mistas de plantas como adubo verde, com uso de gramíneas, leguminosas e oleaginosas, tem havido poucas informações sobre a absorção de nutrientes e crescimento de culturas subsequentes (TARUI et al., 2013). A mistura de espécies, com o uso de leguminosas e não-leguminosas, deve promover uma produção de biomassa com o C/N intermediário, fornecendo cobertura do solo por mais tempo e uma melhor sincronização entre os nutrientes libertados pelas culturas resíduos de cobertura e demanda nutricional da cultura comercial em sucessão (GAMA-RODRIGUES; GAMA-RODRIGUES; BRITO, 2007).

Desta arte, este trabalho teve como objetivo avaliar o crescimento, acúmulo de macronutrientes e produção do melão amarelo cultivado com uso de coquetel vegetal como plantas de cobertura e adubo verde, bem como, a contribuição nutricional desses resíduos vegetais durante o ciclo da cultura.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Descrição da Área

O experimento foi conduzido de maio de 2014 a maio 2015, na fase inicial de um experimento de longa duração na Fazenda Experimental Bebedouro (9°08' S, 40°8' W, 365,5 m de altitude) da Embrapa Semiárido (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). O solo é classificado como Argissolo eutrófico plântico vermelho-amarelo (EMBRAPA 2013), com as seguintes características físicas e químicas na profundidade de 0-0,20 m: 83,1% de areia; 11,9% de silte, 4,9% de argila, pH (H₂O) 6,6; matéria orgânica 5,82 g dm⁻³ (oxidação por dicromato de potássio), P 47,34 mg dm⁻³ (Mehlich-1), H + Al 1,21 mmol dm⁻³ (extração com KCl), K (Mehlich-1), Ca

(extração com KCl), Mg (extração com KCl) e na (Mehlich-1) permutável, 11,0, 18,5, 7,8, e 0,7 mmol dm⁻³, respectivamente, a soma de bases (S) 31,8 mmol dm⁻³; capacidade de troca de cátions (CTC) 43,4 mmol dm⁻³ e saturação por bases (V) 71,6% (EMBRAPA 2011). O clima é classificado como BswH de acordo com o sistema de classificação de Köppen, com uma temperatura média anual de 26,8 °C, a precipitação média anual de 360 mm e a Caatinga como vegetação clímax. Os dados de temperatura média e precipitação foram medidos na estação agrometeorológica localizada na Fazenda Experimental Bebedouro. A Figura 1 mostra os dados mensais de precipitação, temperatura média, evapotranspiração média e irrigação da cultura do melão durante o período do experimento.

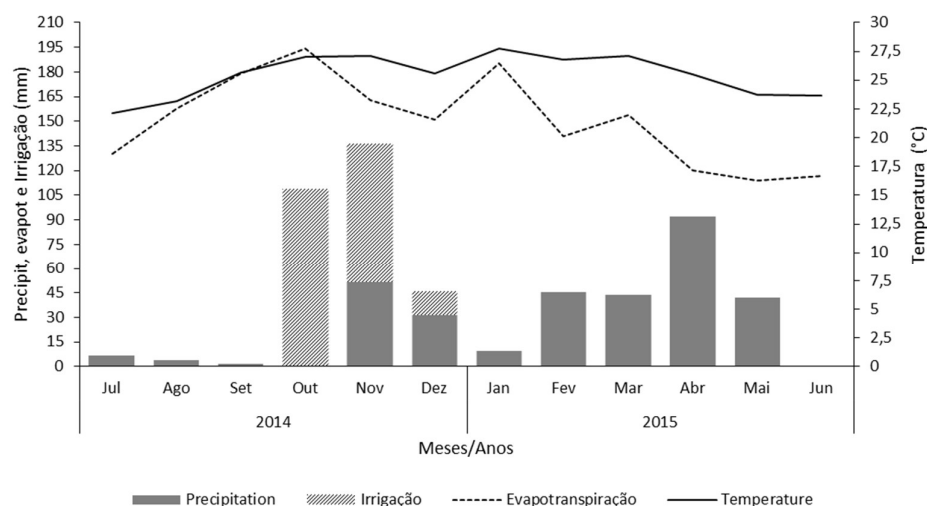


Fig. 1. Temperatura média, precipitação total, irrigação da cultura do melão e evapotranspiração média mensal na Fazenda Experimental do Bebedouro, Petrolina - PE, durante o período de julho de 2014 a junho de 2015.

2.2 Delineamento Experimental e Material Vegetal

O cultivo dos Coquetéis Vegetais (CV) foi precedido de uma cultura do melão amarelo (*Cucumis melo* L.). Os tratamentos foram dispostos em quatro blocos em um esquema de parcelas subdivididas. Dois sistemas de manejo como parcelas principais com dimensões de 30 × 10 m. Um Preparo convencional (PC) do solo composto de aração e gradagem em comparação com parcelas em plantio direto (PD). As sub-parcelas, 10 × 10 m, compostas por três sistemas de cultivo, duas composições

diferentes de coquetel vegetal e uma com vegetação espontânea. As composições dos coquetéis vegetais utilizadas nos tratamentos com PC e PD foram: CV1 - 75% leguminosas + 25% não leguminosas; CV2 - 25% de leguminosas + 75% não leguminosas; e VE - vegetação espontânea. Quatorze espécies foi incluído na composição do coquetel vegetal, compreendendo as leguminosas, oleaginosas e gramíneas, incluindo as seguintes espécies: A) Leguminosas - calopogônio (*Calopogonium mucunoides*), mucuna (*Stizolobium aterrimum* L.), mucuna cinza (*Stizolobium vbn vcinereum* Piper e Tracy), *Crotalaria juncea*, *Crotalaria spectabilis*, feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*), guandu (*Cajanus cajan* L.), lab-lab (*Dolichos lablab* L.); B) não leguminosas: Gergelim (*Sesamum indicum* L.), milho (*Zea mays*), milheto (*Penisetum americanum* L.) e sorgo (*Sorghum vulgare* Pers.) girassol (*Helianthus annuus*), mamona (*Ricinus communis* L.). A vegetação espontânea apresentou as seguintes espécies predominantes: andacá (*Commelina benghalensis* L.), siratro (*Macroptilium atropurpureum*), carrapicho (*Desmodium tortuosum*) e o carrapicho-de-carneiro (*Acanthorpermum hispidum* DC).

A planta do melão utilizada foi o amarelo (var. SF 10/00 fl), cultivada sobre os resíduos dos coquetéis vegetais e vegetação espontânea seguindo o delineamento descrito acima.

2.3 Cultivo e Amostragem dos Coquetéis Vegetais

Os CVs foram estabelecidos na segunda metade de junho. As sementes foram semeadas em sulcos em um espaçamento de 0,50 m. O sistema de irrigação utilizado foi tubos de plástico distribuídos entre as linhas com gotejadores espaçados de 0,5 m e com vazão de 4,0 L h⁻¹. A fim de assegurar a germinação das sementes, inicialmente foram distribuídas as menores sementes, seguida pelas de tamanho intermediário e, em seguida, as maiores, evitando o efeito da segregação. Setenta dias após a semeadura, final de setembro, quando a maioria das espécies estavam em fase de floração, os coquetéis foram cortados no espaçamento de 1m², com três repetições para cada tratamento, para avaliar a produção total de biomassa aérea. CVs determinadas como plantas de cobertura foram cortados e mantidas na superfície do solo e os CVs nos tratamentos em plantio convencional foram incorporadas utilizando grade de disco a

0,4 m de profundidade. Para a análise da decomposição de resíduos e liberação de nutrientes por CVs e NV foram utilizados apenas três blocos experimentais. Amostras de biomassa aérea dos CVs e VE foram utilizadas para a confecção de litterbags (tamanho de 0,3 x 0,3 m, malha 0,5 mm) com 250 g de biomassa úmida. De acordo com o delineamento da pesquisa, litterbags foram enterrados a 0,2 m de profundidade do solo ou depositados na superfície. Foi usado apenas um bloco para a deposição litterbags, que foram dispostos em fileiras (entre as linhas da cultura sucessora) e identificados por estacas com placas de identificação. Para cada tipo de tratamento, foram utilizados 30 litterbags. A amostragem foi realizada em 0, 14, 21, 50, 78, 105, 141, 172, 208, 236, e 258 dias após a deposição (DAD), nos quais 3 litterbags de cada tratamento foram removidos do campo. A limpeza da biomassa dos litterbags foi feita manualmente, pela remoção das raízes das plantas que cresceram no interior dos sacos, secou-se a 65 ° C em estufa até um peso constante e pesado. Para eliminar a contaminação do solo foi utilizada a técnica de determinar dos resíduos de cinzas sugeridos por Potthoff and Loftfield, (1998). As amostras de biomassa seca foi moída num moinho de aço inoxidável tipo "Wiley" com uma peneira de malha 1,0 milímetros para análise de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e de Carbono Total.

2.4 Cultivo e Amostragem do Melão

A semeadura do melão foi realizada em bandejas de poliestireno com uso de substrato comercial para hortaliças Vivatto Slim Plus (Technes Agrícola, São Paulo – SP) e deixadas em casa de vegetação por um período de 11 dias antes do transplântio. O transplântio ocorreu no início de outubro, 15 dias após o corte e deposição dos coquetéis vegetais. O transplântio foi feito uma planta por cova com espaçamento de 0,3 x 2 m. O sistema de irrigação utilizado foi por gotejamento, constituído de uma linha lateral por fileira de plantas com gotejadores espaçados de 0,5 m e com vazão de 4,0 L h⁻¹. A irrigação teve a mesma quantidade de água aplicada em todos os tratamentos e as lâminas determinadas a partir das estimativas da evapotranspiração da cultura (ALLEN et al., 1998). Adubação foi realizada via fertirrigação, seguindo recomendações técnicas, três vezes por semana durante o ciclo do melão e parcelada

em 22 aplicações. Foram aplicados: 175,5 kg ha⁻¹ de Nitrato de Cálcio (15% N e 19 % Ca), 100 kg ha⁻¹ de Cloreto de Cálcio (27 % de Ca), 128 kg ha⁻¹ de Ureia (45% N), 300 kg ha⁻¹ de Cloreto de Potássio (60% de K₂O), 110 kg ha⁻¹ de Sulfato de Magnésio (9% Mg) e 250 kg ha⁻¹ de MAP (48% P₂O₅). A coleta de plantas do melão iniciou 11 dias após o transplantio.

As coletas de plantas de do melão foram feitas semanalmente a 11, 18, 25, 32, 39, 46, 53 e 59 dias após o transplantio (DAT), ao todo 8 amostragens. No laboratório as plantas foram separadas em parte vegetativa (folhas, caules e flores) e frutos, lavadas e colocadas separadamente para secagem em estufa com circulação forçada de ar, à temperatura de 65 °C por 72 horas. Em função da massa seca (MS) das amostras, foi determinado o acúmulo de MS em cada época de coleta, sendo os resultados expresso em g planta⁻¹. Em seguida, amostras de MS foram moídas em moinho tipo "Wiley" e acondicionadas em recipientes fechados para análises de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg).

Para avaliar a produtividade, foram colhidos e pesados todos os frutos de cada planta por parcela e expressa os resultados em t ha⁻¹ para produtividade total (PT) e em mil ha⁻¹ para o número total de frutos (NTF). Os sólidos solúveis totais (SST) foram determinados utilizando um refractômetro digital modelo PAL-1 (Atago, Tóquio, Japão) com compensação automática de temperatura e uma faixa operacional de 0-53 °Brix. As medições foram realizadas utilizando 1 mL de suco de cada fruto. Dez frutos foram analisados por tratamento e repetição, totalizando 240 frutos. Os resultados foram expressos em °Brix.

2.5. Análises químicas do material vegetal

Para a análise de N foi utilizado o Elemental Analyzer Truspec (LECO EUA). P e K foram determinados por digestão ácido nítrico/perclórico (BATAGLIA et al., 1983). A determinação P foi feita colorimetricamente através da formação do complexo de cor azul de molibdato na presença de ácido ascórbico, e K, por fotometria de chama (EMBRAPA, 2009). Ca e Mg foram analisados por espectrofotometria de absorção atômica (BATAGLIA et al., 1983).

2.6 – Análise Estatística

Os resultados foram analisados estatisticamente para a variância (ANOVA), utilizando o programa SISVAR (FERREIRA, 2011). A diferença entre as médias dos tratamentos foi avaliada pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Liberações de nutrientes pelos resíduos vegetais

A Tabela 1 mostra a liberação média dos nutrientes no final do período de avaliação, verificou-se que houve interação significativa ($p > 0,01$) para liberação acumulada de N, P, K, Ca e Mg com relação aos tratamentos estudados. Porém, houve pouca influência no tipo de manejo na interação significativa entre os tipos de cobertura vegetal durante o estudo. Os maiores valores de nutrientes liberados pelos resíduos vegetais, foram: O N foi o nutriente liberado em maior quantidade pelo tratamento CV1PD, em média foi de 257,5 kg ha⁻¹; O K chegou ao final do período com 250,7 kg ha⁻¹ liberado para o solo pelo tratamento CV2PC; O P foi liberado em média 38,9 kg ha⁻¹ pelo CV2PC; o Ca alcançou 243,4 kg ha⁻¹ liberado pelo CV1PD e o Mg com uma liberação média total de 46,4 kg ha⁻¹, liberado pelo CV1PC (Tabela 1).

Tabela 1 – Liberação média dos nutrientes em kg ha⁻¹ pelos diferentes tipos de cobertura e manejo de solo no final do período de avaliação.

Trat.	N	P	K	Ca	Mg
	kg ha ⁻¹				
CV1PD	257,5 a	28,6 ab	221,7 ab	243,4 a	42,3 ab
CV2PD	188,5 b	25,2 abc	142,4 bc	171,1 ab	43,2 ab
VEPD	101,6 c	14,1 c	151,8 bc	137,9 b	21,3 c
CV1PC	223,2 ab	35,1 a	155,5 abc	174,3 ab	46,4 a
CV2PC	222,6 ab	38,9 a	250,7 a	214,3 a	43,3 ab
VEPC	98,7 c	20,3 bc	122,3 c	106,8 b	27,8 bc
dms	58,4	14,3	96,6	75,6	17,7
CV%	11,3	18,6	19,5	15,2	16,7

CV1PD – coquetel vegetal 1 em plantio direto; CV2PD – coquetel vegetal 2 em plantio direto; VEPD - vegetação espontânea em plantio direto; CV1PC – coquetel vegetal 1 em plantio convencional; CV2PD – coquetel vegetal 2 em plantio convencional; VEPD - vegetação espontânea em plantio convencional. Médias seguidas pela mesma letra não são significativamente diferentes pelo teste de Tukey a $P < 0,01$.

Tendo como base a baixa influência do manejo do solo nas quantidades de nutrientes acumulados no solo pelos tipos de misturas de plantas, a média entre os tratamentos foi feita para estimar a liberação acumulada dos nutrientes pelos resíduos vegetais em função de dias após o transplante do melão, mostrados em forma de modelos ajustados (Tabela 2).

Tabela 2 - Equações ajustadas da liberação média acumulada de N, P, K, Ca e Mg dos resíduos das plantas usadas como adubo verde durante o período de avaliação

Nutrientes	Plantas de coberturas	Equações	R ²
N	CV1	$CV1_N = 47,091 \ln(x) - 41,913$	0,90
	CV2	$CV2_N = 40,967 \ln(x) - 44,475$	0,87
	VE	$VE_N = 19,758 \ln(x) - 13,119$	0,92
P	CV1	$CV1_P = 6,1914 \ln(x) - 5,6404$	0,89
	CV2	$CV2_P = 6,0002 \ln(x) - 5,3452$	0,87
	VE	$VE_P = 2,9034 \ln(x) - 2,3573$	0,81
K	CV1	$CV1_K = 40,27 \ln(x) - 20,992$	0,95
	CV2	$CV2_K = 39,454 \ln(x) - 26,611$	0,92
	VE	$VE_K = 27,116 \ln(x) - 8,5896$	0,97
Ca	CV1	$CV1_{Ca} = 36,4 \ln(x) - 17,4$	0,90
	CV2	$CV2_{Ca} = 34,647 \ln(x) - 24,843$	0,89
	VE	$VE_{Ca} = 21,903 \ln(x) - 12,096$	0,92
Mg	CV1	$CV1_{Mg} = 7,5651 \ln(x) - 9,5906$	0,75
	CV2	$CV2_{Mg} = 7,5937 \ln(x) - 6,681$	0,80
	VE	$VE_{Mg} = 3,6216 \ln(x) - 2,6462$	0,70

CV1 – coquetel vegetal 1, CV2 – coquetel vegetal 2, VE – vegetação espontânea.

3.2 Crescimento e Absorção de Nutrientes pelo Melão

A Tabela 3 mostra a média do final do ciclo (59 DAT) dos valores de MS e acúmulo de nutrientes entre os diferentes tipos de tratamento na cultura do melão amarelo. Os tratamentos aplicados, com diferentes adubos verdes e manejos de solo, não afetaram significativamente o acúmulo de matéria seca da parte aérea do melão ($p < 0,05$). A produção total de MS no final do ciclo da cultura do melão amarelo obteve um valor médio máximo de 395,7 g planta⁻¹ observado para tratamento CV2PC. Em

uma avaliação anterior realizado em 2011 (GIONGO et al., 2016), mostrou que isoladamente o fator manejo de solo proporcionou um maior acúmulo de MS nas plantas de melão cultivadas em tratamentos onde as misturas de plantas e vegetação espontânea não foram revolvidos, com uma produção média de 3,1 Mg ha⁻¹ e 2,5 Mg ha⁻¹ de MS para os tratamentos não revolvidos e revolvidos, respectivamente.

O acúmulo de massa seca total encontrados em estudos realizados com meloeiro no semiárido alcançou valores de 402,9 g planta⁻¹ com (TEMÓTEO et al., 2010), 295,9 g planta⁻¹ (DAMASCENO et al., 2012), 394,0 g planta⁻¹ (NETO et al., 2014), e 403,8 g planta⁻¹ (AGUIAR NETO et al., 2014).

Tabela 3. Média dos valores acumulados de matéria seca e extração de nutrientes aos 59 DAT da parte aérea do melão amarelo em diferentes cobertura e manejo de solo.

Trat.	MS Total	Nutrientes				
		N	K	P	Ca	Mg
	g planta ⁻¹	kg ha ⁻¹				
M _{CV1PD}	306,8 a	227,3 a	184,9 b	37,7 a	362,7 b	57,3 b
M _{CV1PC}	302,6 a	277,5 a	220,7 b	42,7 a	431,2 ab	67,6 ab
M _{CV2PD}	345,5 a	318,5 a	251,9 ab	40,4 a	458,3 ab	80,8 ab
M _{CV2PC}	395,7 a	382,5 a	370,2 a	54,9 a	658,8 a	100,2 a
M _{VEPD}	385,9 a	265,6 a	241,5 ab	31,7 a	516,1 ab	80,7 ab
M _{VEPC}	341,8 a	310,2 a	260,6 ab	39,4 a	486,1 ab	73,7 ab
dms	196,9	189,7	130,6	29,7	229,3	39,0
CV%	20,1	22,5	18,1	25,4	16,7	17,9

MS total - ramos, folhas, flores e frutos. M_{CV1PD} – melão sobre coquetel vegetal 1 em plantio direto. M_{CV2PD} – melão sobre coquetel vegetal 2 em plantio direto; M_{VEPD} - melão sobre vegetação espontânea em plantio direto; M_{CV1PC} – melão sobre coquetel vegetal 1 em plantio convencional; M_{CV2PC} – melão sobre coquetel vegetal 2 em plantio convencional; M_{VEPC} - melão sobre vegetação espontânea em plantio convencional. Médias seguidas pela mesma letra não são significativamente diferentes pelo teste de Tukey a $P < 0,05$.

A quantidade extraída de N e P pelo melão não mostrou diferenças significativas entre os tratamentos avaliados no final do ciclo ($P < 0,05$) (Tabela 3). O valor médio extraído alcançou 382,5 kg ha⁻¹ de N e 54,9 kg ha⁻¹ no melão cultivado em plantio convencional sobre coquetel de plantas 2 (CV2PC). A absorção do K apresentou diferenças significativas entre os diferentes tipos de misturas de plantas e manejo de solo ($p < 0,05$). A maior média de absorção de K foi observada quando o

melão foi cultivado sobre o tratamento CV2PC com 370,2 kg ha⁻¹ de K, e a menor média quando cultivado sobre o coquetel vegetal 1 nos dois tipos de manejo (CV1PC, CV1PD), 184,9 kg ha⁻¹ e 220,7 kg ha⁻¹ de K, respectivamente. No entanto, o tratamento CV2PD, e os tratamentos com VE (VEPD e VEPC) não apresentaram diferenças entre os demais tratamentos (P<0,05). Valor em torno de 114 kg ha⁻¹ de N e 370 kg ha⁻¹ de K acumulado na parte aérea do meloeiro foram encontrados por TEMÓTEO et al. (2010) em experimentos com melão fertirrigado no semiárido. Valores de nutrientes acumulados na massa seca do melão abaixo do encontrado por este experimento foram observados em estudos desenvolvidos em áreas do semiárido como os realizados por Silva Junior et al. (2006) e Damasceno et al. (2012). A quantidade de nutrientes na parte aérea do melão pode variar de um estudo para outro, dentre outros fatores, pela densidade populacional da cultura (GIONGO et al., 2016). O Ca e o Mg foram absorvidos em maior quantidade quando cultivados sobre o tratamento CV2PC, com médias de 658,5 e 100,2 kg ha⁻¹, respectivamente, e em menores quantidades quando cultivado em CV1PD, com médias de 362,7 e 57,3 kg ha⁻¹, respectivamente. (p<0,05). Quando cultivado em CV1PC, CV2PD, VEPD e VEPC, os valores de absorção de Ca e Mg, não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos CV1PD e CV2PC. Considerando-se as médias, o melão plantado sobre o coquetel vegetal com maior proporção de não leguminosas e com revolvimento de solo (CV2PC) extraiu os maiores valores de nutrientes. As menores médias foram observadas no tratamento CV1PD, exceção para o P. O Ca foi o nutriente mais extraído, seguido do N, K, Mg e P.

Pela ausência de diferença significativa entre os tratamentos na produção de MS pelo melão (Tabela 2), a média dos valores entre os tratamentos foi utilizada para representação da curva de crescimento da cultura (Figura 2).

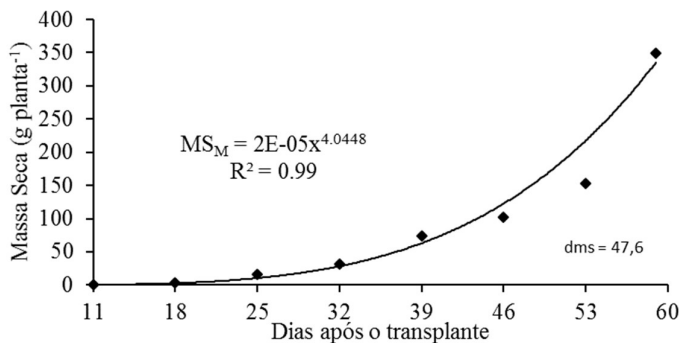


Fig. 2 Acúmulo médio de massa seca total na parte aérea (ramos, folhas, flores e frutos) do meloeiro amarelo durante o experimento.

Observou-se por meio da linha de tendência que ocorreu no início do ciclo uma taxa de crescimento lenta com posterior intensificação, até atingir um período de rápido acúmulo, comportamento este observado também por Silva Junior et al. (2006) e Temóteo et al. (2010) em estudos com meloeiro. Aos 25 dias após o transplante (DAT), início da floração, estima-se o acúmulo de 16,5 g planta⁻¹. Com 32 DAT observou-se o início de um crescimento acelerado e o acúmulo de 31,0 g planta⁻¹. Aos 39 DAT, período de frutificação, obteve a produção de 74,0 g planta⁻¹ e acúmulo contínuo de matéria seca até a colheita, chegando ao final do ciclo (59 DAT) atingindo um valor médio de 349,8 g planta⁻¹ (Figura 2). Possivelmente, foi a partir dos 39 DAT que a cultura se encontrou na fase crescimento e maturação dos frutos, sendo, portanto, os frutos os drenos preferenciais (OLIVEIRA et al., 2009).

Os padrões de acumulação de nutrientes durante o período de crescimento da planta inteira seguiram o curso do tempo da produção de MS, como foi mostrado também por Cabello et al. (2011). Portanto, a média entre os tratamentos foi utilizado para representar a extração de macronutrientes pelo melão em função da época de coleta (Figura 3).

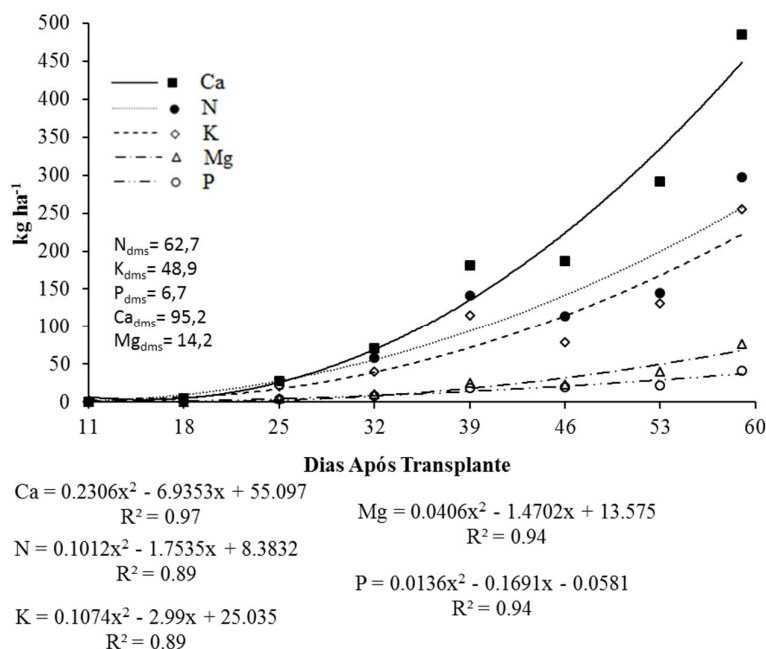


Fig. 3. Acúmulo de N, P, K, Ca e Mg na parte aérea do melão amarelo em função das épocas de coleta.

O acúmulo de nutrientes foi reduzido nos primeiros 18 DAT, com valores médios de 2,3, 4,1, 0,4, 4,7 e 0,3 kg ha⁻¹ para N, K, P, Ca e Mg, respectivamente, aumentado de forma acentuada na semana seguinte (25 DAT), período de floração, com valores médios de 27,8, 20,6, 3,6, 27,9 e 4,4 kg ha⁻¹ para N, K, P, Ca e Mg, respectivamente, e intensificando-se de forma contínua até o final do ciclo. O Ca foi o nutriente mais acumulado, seguido do N, K, Mg e P. A média da quantidade observada de macronutrientes acumulada na parte aérea das plantas do meloeiro amarelo no final do ciclo (59 DAT), em ordem decrescente, e em kg ha⁻¹, foi: 485,5 > 296,9 > 254,9 > 76,7 > 41,1 de Cálcio > Nitrogênio > Potássio > Magnésio > Fósforo, respectivamente (Figura 3). Os nutrientes, nitrogênio, potássio e o cálcio são os mais exigidos pela cultura do melão, sendo que a necessidade de cada um varia com as condições de cada experimento (SILVA JUNIOR et al., 2006). Por tanto, a sequência quantitativa destes nutrientes extraídos pelos híbridos do melão pode variar de uma pesquisa para outra com diversos híbridos, como mostra os estudos: K > Ca > N > P > Mg (SILVA JUNIOR et al., 2006), Ca > K > N > Mg > P (PRATA, 1999b) e K > N > P > Ca > Mg (AGUIAR NETO et al., 2014).

3.3 Contribuição nutricional das misturas de plantas para o melão amarelo

A Figura 4, construída a partir dos modelos de liberação acumulada de nutrientes pelos resíduos das plantas de cobertura (Tabela 2) e pelos modelos de extração de cada nutriente pelo melão (Figura 3), mostra a média de liberação acumulada de cada macronutriente pelo CV1, CV2 e VE e absorção de nutrientes pelo melão amarelo durante o ciclo da cultura, que foi em torno de 60 dias, considerando que o melão foi transplantado 15 dias após a deposição do coquetel e a coleta de amostras do melão 11 dias após o transplântio. Portanto, foi calculada a liberação acumulada de nutrientes pelos resíduos vegetais a partir do 26º dia, após a deposição dos mesmos.

O N foi o segundo macronutriente mais exigido pelo melão amarelo durante o experimento (Figura 4A). O melão acumulou em média 296,9 kg ha⁻¹ de N durante o ciclo da cultura. A contribuição dos resíduos vegetais durante o ciclo do melão, que alcançou os 74 dias após a deposição (DAD), foi em média de 160,8 kg ha⁻¹ de N, pelo CV1, 54,2% da demanda, 131,8 kg ha⁻¹ de N pelo CV2, 44,4 % da demanda, e 71,9 kg ha⁻¹ de N pelo VE, apenas 24,2% do exigido pelo melão. Portanto, os resíduos vegetais do CV1, com maior proporção de leguminosas, podem atender a demanda do melão até antes do 46º dia após o transplântio, onde ocorreu um crescimento da exigência nutricional de N pelo melão. Deste modo, o N complementar pode ter a participação da adubação por fertirrigação com 28,6 %, com uso de Ureia (45% N) e Nitrato de Cálcio (15% N e 19% Ca), e o restante necessário por acúmulos anteriores de N no solo (Tabela 4).

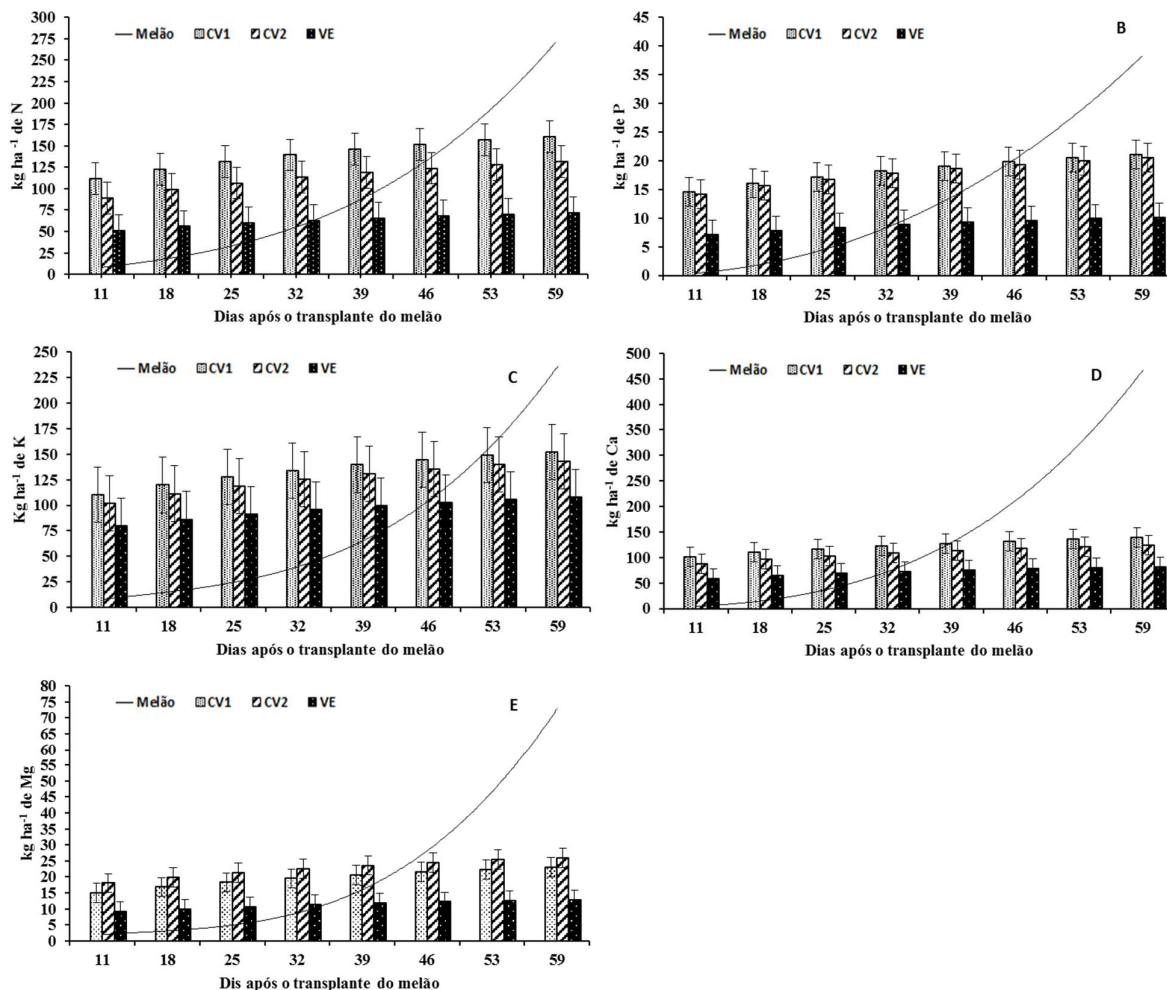


Fig. 4. Liberação por plantas de cobertura e absorção pela cultura de N (A), K (B), P (C), Ca (D) E Mg (E) durante o ciclo de vida do melão amarelo. Barras de erro representa o dms.

Valores estes, atribuídos por cada fonte, são apenas estimativas considerando que o N é um elemento que apresenta características de natureza volátil e móvel, sendo facilmente transformado entre as várias formas reduzidas e oxidadas e prontamente distribuídas por meios de processos atmosféricos e hidrológicos (CABEZAS et al., 2000). Estudos têm mostrado que N mineralizado de resíduos vegetais são geralmente utilizadas pelo ciclo da cultura seguinte, que uma assincronia entre a liberação N pelos resíduos e a extração pela cultura comercial é inevitável, levando a uma perda de parte deste nutriente durante este período (CREWS e PEOPLES, 2005). Portanto, é importante que práticas de manejo sejam adotadas para aumentar a sincronia entre fonte e demanda, evitando assim perdas. Além disso, o N tem sua importância não

somente pelo custo de produção, mas a sua utilização de forma eficiente está relacionada com a sustentabilidade edáfica da região (SOARES et al., 2013).

Durante o ciclo do melão houve uma demanda média de apenas 41,2 Kg ha⁻¹ de P. O macronutriente exigido em menor quantidade pelo melão dentre os estudados. Os resíduos das plantas de cobertura nos diversos tratamentos liberaram, durante o período de avaliação (258 dias), em média, valores entre 14 a 38 kg ha⁻¹ de P (Tabela 1), valores estes inferiores à demanda de todo ciclo do melão. No período da cultura do melão, os resíduos das plantas contribuíram em média com 21,0 kg ha⁻¹ de P, pelo CV1, 51,0% da demanda do melão, 20,5 kg ha⁻¹ de P pelo CV2, 49,8 % da demanda, e 10,1 kg ha⁻¹ de P pelo VE, apenas 24,5% do exigido pelo melão. Sendo assim, resíduos vegetais dos CV1 e CV2 atenderam a demanda pelo P até o 46 DAT (Figura 4B). No entanto, ocorreu um excedente no uso de fertilizantes, onde aplicaram cerca de 120 Kg ha⁻¹ de P, 291,6 % além da necessidade da cultura (Tabela 4), sendo, portanto, a redução da quantidade de P aplicado um fator de economia para os próximos cultivos na área. Recomendações de adubação para o melão no Brasil são baseados principalmente sobre o uso de tabelas de recomendação e análise do solo, com baixa flexibilidade e não variam de acordo com os rendimentos esperados ou de acordo com o teor de nutrientes e capacidade tampão do solo, não mostrando perspectivas para futuros desenvolvimentos (DEUS et al., 2015). Aplicações excessivas de fertilizantes para solos com baixa capacidade de fixação de P pode resultar em perdas deste nutriente, com a degradação significativas das águas subterrâneas, como é o caso de solos arenosos com baixa capacidade de absorver este elemento (BOLLAND e GILKES, 1998). O método de fertirrigação por gotejamento aplicado nesta pesquisa, é um método que melhora a eficiência nutricional do P e é difundida principalmente em condições áridas ou semiáridas (MARTUSCELLI et al., 2015).

O K foi o terceiro macronutriente mais requerido pela cultura do melão amarelo. O meloeiro extraiu em média 254,9 Kg ha⁻¹ de K durante os 59 DAT. Os resíduos liberaram em média de 152,3 kg ha⁻¹ de K, pelo CV1, 59,7% do exigido pelo melão, 143,2 kg ha⁻¹ de K pelo CV2, 56,2 % da demanda, e 108,1 kg ha⁻¹ de K pelo

VE, 42,4% do exigido pelo melão. Como nutriente de rápida liberação, a quantidade de K liberada pelos resíduos vegetais, tanto o CV1 quanto o CV2 responderam a demanda do melão com uma quantidade próxima a 60% perto do final do ciclo, aos 53 DAT. (Figura 4C). Por meio da adubação via fertirrigação foram aplicados 180 Kg ha⁻¹ de K (Cloreto de Potássio 60% K₂O), com 70,6 % do total exigido pela cultura do melão, gerando assim, um excedente em torno de 30% quando cultivados em CV e 13% quando cultivado sobre VE (Tabela 4). Portanto, pode estar havendo uma aplicação excessiva de adubação potássica ou desnecessária para o desenvolvimento do melão. O K pode ter sido o elemento proveniente das misturas de plantas mais bem aproveitado por esta cultura. A carência de K afeta o metabolismo, com consequências negativas na qualidade nutricional, estabilidade mecânica e resistências às pragas e patógenos e o excesso pode prejudicar diretamente a cultura pela toxicidade e, indiretamente, pela salinização (AZEVEDO et al., 2015).

Tabela 4. Contribuição nutricional média das misturas de plantas, da fertirrigação e do solo para o melão amarelo durante o ciclo da cultura em 2014.

Cobertura	Nutr.	Melão	Resíduos		Fertirrigação		Solo	Total
		Extração Kg ha ⁻¹	Lib. Kg ha ⁻¹	Contr. %	Apli. Kg ha ⁻¹	Contr. %	Contr. %	
CV1	N	296,9	160,8	54,2	85,0	28,6	17,2	100,0
	P	41,2	21,0	51,0	120,0	291,6	-	342,6
	K	254,9	152,3	59,7	180,0	70,6	-	130,4
	Ca	485,5	139,3	28,7	33,4	6,9	64,4	100,0
	Mg	76,7	23,0	30,0	8,2	10,7	59,3	100,0
CV2	N	296,9	131,8	44,4	85,0	28,6	27,0	100,0
	P	41,2	20,5	49,8	120,0	291,6	-	341,4
	K	254,9	143,2	56,2	180,0	70,6	-	126,8
	Ca	485,5	124,3	25,6	33,4	6,9	67,5	100,0
	Mg	76,7	26,0	33,9	8,2	10,7	55,4	100,0
VE	N	296,9	71,9	24,2	85,0	28,6	47,2	100,0
	P	41,2	10,1	24,5	120,0	291,6	-	316,2
	K	254,9	108,1	42,4	180,0	70,6	-	113,0
	Ca	485,5	82,2	16,9	33,4	6,9	76,2	100,0
	Mg	76,7	12,9	16,8	8,2	10,7	72,5	100,0

Nutr. – Nutriente, Lib. – liberação, Contr. – contribuição em relação à demanda da planta, Apli. – Aplicação.

O Ca foi o macronutriente mais exigido pelo melão amarelo durante o ciclo da cultura. Em comparação com a demanda do meloeiro, as plantas de cobertura

contribuíram muito pouco com esse nutriente. A liberação de Ca pelas plantas de cobertura alcançou uma média entre 106 a 243 kg ha⁻¹ de Ca durante os 258 dias de avaliação de liberação pelos resíduos (Tabela 1). Durante o ciclo de vida do melão foi exigido por esta cultura uma média de 485,5 kg ha⁻¹ de Ca, maior do que o valor ofertado pelos resíduos vegetais. Nos 59 DAT do ciclo de vida do melão amarelo as plantas de cobertura liberaram em média 139,3 kg ha⁻¹ de Ca, pelo CV1, a maior contribuição entre os tipos de cobertura, com 28,7% do exigido pelo melão, 124,3 kg ha⁻¹ de Ca pelo CV2, 25,6 % da demanda, e 82,2 kg ha⁻¹ de Ca pelo VE, 16,9% do exigido pelo melão. Deste modo, o resíduo vegetal CV1 pode atender a demanda de P pelo melão até próximo aos 40 DAT (Figura 4D). Na adubação via fertirrigação com Nitrato de Cálcio (15% N e 19% Ca) e Cloreto de Cálcio (27% de Ca) foi aplicado apenas 33,4 Kg ha⁻¹ de Ca no período da cultura, 6,9 % da demanda do melão. Deste modo, para o desenvolvimento do melão amarelo naquele período, o solo contribuiu com mais de 65% deste nutriente nos tratamentos com CV1 e CV2 e mais de 70% nos tratamentos com VE (Tabela 4).

Dentro os macronutrientes estudados, o Mg foi o segundo menos exigido pelo melão. Durante o período de 258 DAD, os resíduos das plantas de cobertura liberaram em média valores entre 21 e 46 Kg ha⁻¹ de Mg, valores abaixo do exigido pela cultura do melão (Tabela 1). Durante os 59 DAT do ciclo de vida do melão, os resíduos de plantas liberaram 23.0 kg ha⁻¹ de Mg, pelo CV1, 30% da demanda, 26.0 kg ha⁻¹ de Mg pelo CV2, 33.9 % da demanda, onde ocorreu a maior contribuição entre as coberturas vegetal estudadas, e 12.9 kg ha⁻¹ de Mg pelo VE, apenas 16.8% do exigido pelo melão. (Figura 4E). Deste modo, o resíduo vegetal CV2 pode atender a demanda de P pelo melão até próximo aos 40 DAT (Figura 4E). A fertirrigação com Sulfato de Magnésio (9% Mg) contribui apenas com 10,7 %. Neste caso, como o nutriente Ca, o solo teve a maior participação na contribuição de Mg para o desenvolvimento da cultura do melão, com valores próximos a 60 % para os tratamentos com CV1 e CV2 e de 70% nos tratamentos com VE (Tabela 4).

No geral, tanto o CV1 quanto o CV2 supriram a demanda de nutrientes pela cultura do melão até próximo o final do ciclo, sendo expressivamente maiores em relação a VE.

Porém, em média, o CV1 contribuiu com maiores quantidades dos nutrientes durante o ciclo do melão, exceto para o Mg em que o CV2 liberou maior quantidade.

3.4 Produtividade do melão

Não houve interação significativa entre os tratamentos, bem como o efeito de fatores isolados para a produtividade total, número total de frutos e sólidos solúveis (Tabela 5). Este foi o quarto ano de um experimento de longa duração com uso de coquetéis vegetais como adubo verde na área. Sistemas conservacionistas, como plantio direto, que utilizam plantas como cobertura de solo e adubo verde podem requerer tempo para proporcionarem resultados satisfatórios na qualidade do solo e na produção da cultura (PITTELKOW et al., 2015). O número total de frutos variou de 22,6 a 26,1 mil ha⁻¹ e a produtividade total de 37,4 a 51,5 t ha⁻¹, acima dos valores médios nacionais que é de 25,37 t ha⁻¹ (AGRIANUAL, 2013).

Tabela 5 – Número total de frutos, produtividade total e sólidos solúveis total do melão amarelo var. SF 10/00 fl cultivado em diferentes cobertura e manejo de solo em 2014.

Tratamento	NTF	PT	SS
	mil ha ⁻¹	t ha ⁻¹	°Brix
M _{CV1PD}	26,1 a	49,8 a	12,1 a
M _{CV1PC}	26,0 a	51,5 a	12,0 a
M _{CV2PD}	22,6 a	46,2 a	12,7 a
M _{CV2PC}	23,5 a	50,7 a	12,7 a
M _{VEPD}	22,9 a	37,4 a	11,0 a
M _{VEPC}	25,1 a	49,2 a	11,7 a
dms	8,5	24,1	1,8
CV%	15,2	22,1	6,7

NTF – número total de frutos. PT – produtividade total. SS – sólidos solúveis. M_{CV1PD} – melão sobre coquetel vegetal 1 em plantio direto. M_{CV2PD} – melão sobre coquetel vegetal 2 em plantio direto; M_{VEPD} - melão sobre vegetação espontânea em plantio direto; M_{CV1PC} – melão sobre coquetel vegetal 1 em plantio convencional; M_{CV2PD} – melão sobre coquetel vegetal 2 em plantio direto; M_{VEPD} - melão sobre vegetação espontânea em plantio direto. Médias seguidas pela mesma letra não são significativamente diferentes pelo teste de Tukey a $P < 0,05$.

Pesquisa realizada por TEÓFILO et al. (2012) no cultivo do melão amarelo 60/01 (Topseed) em área de semiárido e utilizando consorcio milho e *Brachiaria brizantha* como adubo verde em sistemas de plantio direto e convencional, obtiveram uma produtividade total que variou de 31,4 a 30,35 t ha⁻¹. A produção do melão “pele de sapo” no semiárido espanhol, submetido a déficit de irrigação controlado alcançou uma produção 51,25 t ha⁻¹(FABEIRO; MARTÍN DE SANTA OLALLA; DE JUAN, 2002). Porém, em estudo realizado com uso de diferentes coberturas de solo em condições edafoclimáticas similares, Braga et al. (2010) cultivaram melão amarelo cv. Tropical F1 e conseguiram uma produção total que variou de 59,3 a 74,6 t ha⁻¹, acima dos valores encontrados neste estudo.

De acordo com Sales Júnior et al. (2006), frutos do melão amarelo que apresentam °Brix entre 9 e 11 são considerados frutos de ótima aceitação no mercado consumidor. Neste estudo, os valores de sólidos solúveis, usados para determinar a qualidade dos frutos, apresentaram valores entre 11 a 12.7 °Brix, valores acima dos aceitáveis.

4 CONCLUSÕES

Os dados apresentados suportam as seguintes conclusões:

- Os diferentes tipos de adubos verdes e manejos de solo não afetaram significativamente o acúmulo de matéria seca da parte aérea do melão.
- A sequência de absorção de nutrientes pelo melão foi: Ca > N > K > Mg > P
- O Coquetel vegetal com maior proporção de leguminosas contribuiu, em média, com maiores quantidades dos nutrientes durante o ciclo do melão, exceto para o Mg.
- CV1 foi capaz de suprir a demanda do melão por Ca e Mg até o 40° dia, do P próximo do 46° dia e do N e K próximo do 50° dia após o transplântio da cultura.
- Não houve diferenças significativas entre os tratamentos em relação a produtividade do melão. A produtividade total apresentou acima da média nacional e o °Brix acima dos valores aceitáveis

AGRADECIMENTOS

O primeiro autor cordialmente agradece o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de bolsa de estudos. Ele também é grato a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa Semiárido) pelo financiamento desta pesquisa através do projeto "Estratégias para reduzir as emissões de carbono e uso eficiente da água em sistemas de produção irrigado e de sequeiro, no semiárido brasileiro" e fornecer instalações laboratoriais e campo experimental. As instalações laboratórios fornecidos pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia (IF-Sertão) também é devidamente reconhecido.

REFERÊNCIAS

AGRIANUAL 2013: Anuário da agricultura brasileira. 18. ed. São Paulo, SP: Informa Economics FNP, 2013.

AGUIAR NETO, P. et al. Crescimento e acúmulo de macronutrientes na cultura do melão em Baraúna (RN) e Petrolina (PE). **Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal**, v. 36, n. 3, p. 556–567, 2014.

ALLEN, R. G. et al. **Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998.

AZEVEDO, B. M. et al. Manejo da adubação potássica para o meloeiro amarelo na região litorânea do Ceará. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 10, n. 3, p. 420–425, 2015.

BATAGLIA, O. C. et al. **Métodos de análises química de plantas**. Campinas-SP: Instituto Agrônomo de Campinas, IAC, Boletim técnico, 78, 1983.

BOLLAND, M. D. A.; GILKES, R. J. The relative effectiveness of superphosphate and rock phosphate for soils where vertical and lateral leaching of phosphate occurs. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 51, n. 2, p. 139–153, 1998.

BRAGA, M. B. et al. Produtividade e qualidade do melão submetido a diferentes tipos de cobertura do solo. **Irriga**, v. 15, n. 4, p. 422–430, 2010.

CABELLO, M. J. et al. Determination of the uptake and translocation of nitrogen applied at different growth stages of a melon crop (*Cucumis melo* L.) using ¹⁵N isotope. **Scientia Horticulturae**, v. 130, n. 3, p. 541–550, 2011.

CABEZAS, W. A. R. L. et al. Balanço da adubação nitrogenada sólida e fluida de cobertura na cultura do milho em sistema plantio direto no Triângulo Mineiro (MG). **R. Bras. Ci. Solo**, v. 24, p. 363–376, 2000.

CHERR, C. M.; SCHOLBERG, J. M. S.; MCSORLEY, R. Green manure approaches to crop production: A synthesis. **Agronomy Journal**, v. 98, n. 2, p. 302–319, 2006.

COSTA, N. D. O Cultivo do Melão. **Embrapa Semi-Árido;– 2. ed. rev. ampl. – Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. 191 p.**, p. 2005–2007, 2008.

CREWS, T. E.; PEOPLES, M. B. Can the synchrony of nitrogen supply and crop demand be improved in legume and fertilizer-based agroecosystems? A review. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 72, n. 2, p. 101–120, 2005.

DAMASCENO, A. P. A. B. et al. Crescimento e marcha de absorção de nutrientes do melão cantaloupe tipo ‘Harper’ fertirrigado com doses de N e K. **Revista Caatinga**, v. 25, n. 1, p. 137–146, 2012.

DEUS, J. A. L. DE et al. Fertilizer recommendation system for melon based on nutritional balance. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 39, p. 498–511, 2015.

EMBRAPA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2. ed. Brasília, DF. Brasil: Embrapa Informática Agropecuária, 2009.

FABEIRO, C.; MARTÍN DE SANTA OLALLA, F.; DE JUAN, J. A. Production of muskmelon (*Cucumis melo* L.) under controlled deficit irrigation in a semi-arid climate. **Agricultural Water Management**, v. 54, n. 2, p. 93–105, 2002.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia (UFLA)**, v. 35, n. 6, p. 1039–1042, 2011.

GAMA-RODRIGUES, A. C.; GAMA-RODRIGUES, E. F.; BRITO, E. C.

Decomposição e liberação de nutrientes de resíduos culturais de plantas de cobertura em argissolo vermelho-amarelo na região noroeste fluminense (RJ). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 3, p. 1421–1428, 2007.

GIONGO, V. et al. Soil management systems for sustainable melon cropping in the submedian of the são francisco valley. **Rev. Caatinga**, v. 29, n. 3, p. 537–547, 2016.

GUIMARÃES, I. P. et al. Interference of genotype-by-environment interaction in the selection of inbred lines of yellow melon in an agricultural center in Mossoró-Assu, Brazil. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 38, n. 1, p. 51, 2016.

MARTUSCELLI, M. et al. Influence of phosphorus management on melon (*Cucumis melo* L.) fruit quality. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, n. August, p. n/a-n/a, 2015.

MDIC. **Ministério do Desenvolvimento Indústria e Comércio Exterior** Brasília, DF. Sistema de análise das informações de comércio exterior, , 2015. Disponível em: <<http://aliceweb.mdic.gov.br//index/home>>

NETO, C. P. C. T. et al. Crescimento e composição mineral do tecido vegetal do melão ‘Pele de Sapo’ sob manejos de água salina. **Irriga**, v. 19, n. 2, p. 255–266, 2014.

OLIVEIRA, F. D. A. et al. Accumulation and partition of dry matter, nitrogen and potassium for the fertirrigated muskmelon. **Bioscience Journal**, v. 25, n. 3, p. 24–31, 2009.

PEREIRA FILHO, A. et al. Nutrients dynamics in soil solution at the outset of no-till implementation with the use of plant cocktails in Brazilian semi-arid. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 4, p. 234–246, 2016.

PITTELKOW, C. M. et al. When does no-till yield more? A global meta-analysis. **Field Crops Research**, v. 183, p. 156–168, 2015.

POTTHOFF, M.; LOFTFIELD, N. How to quantify contamination of organic litter bag material with soil? **Pedobiologia**, v. 42, p. 147–153, 1998.

PRATA, E. B. **Acumulação de biomassa e absorção de nutrientes por híbridos de meloeiro (*Cucumis melo* L.)**. [s.l.] Dissertação (Mestrado em solos e nutrição de plantas). Universidade Federal do Ceará -UFC, 1999.

SALES JÚNIOR, R. et al. Qualidade do melão exportado pelo porto de Natal-RN. **Ciência Rural**, v. 36, p. 286–289, 2006.

SILVA JUNIOR, M. J DA et al. Acúmulo de matéria seca e absorção de nutrientes pelo meloeiro ‘ pele-de-sapo ’. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v. 10, n. 2, p. 364–368, 2006.

SOARES, C. A. et al. Função de resposta do meloeiro a doses de adubação nitrogenada para dois níveis de irrigação. **Comunicata Scientiae**, v. 4, n. 4, p. 391–400, 2013.

TARUI, A. et al. Evaluation of Mixed Cropping of Oat and Hairy Vetch as Green Manure for Succeeding Corn Production. **Plant Prod. Sci.**, v. 1008, n. May 2016, p. 1–10, 2013.

TEMÓTEO, A. DA S. et al. Crescimento e acúmulo de nitrogênio e potássio pelo melão pele de sapo fertirrigado. **Irriga**, v. 15, n. 3, p. 275–281, 2010.

TEÓFILO, T. M. S. et al. Eficiência no uso da água e interferência de plantas daninhas no meloeiro cultivado nos sistemas de plantio direto e convencional. **Planta Daninha**, v. 30, n. 3, p. 547–556, 2012.

TROEH, F. R.; THOMPSON, L. M. **Soils and Soil Fertility**. 6. ed. Oxford: Blackwell Publishing, 2007.

4 SÍNTESE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

No artigo 1 mostrou-se que a produção de matéria seca (MS) das plantas de coberturas não apresentou diferenças significativas ($P < 0,05$) entre o coquetel vegetal composto com maior proporção de espécies leguminosas (CV1) e aquele com maior proporção de espécies não leguminosas (CV2), confirmaram outras pesquisas na área. (GIONGO et al., 2014, 2016). Os valores de MS alcançaram uma média de 9 t ha^{-1} , enquanto que a vegetação espontânea (VE) apresentou valores que se aproximaram da metade da produção de MS dos CVs em todos os anos, chegando, em média, a $4,5 \text{ t ha}^{-1}$. De acordo com Torres e Pereira, (2014), a produção de MS pode variar significativamente com o índice de pluviosidade, temperatura, localização e fertilidade do solo. No Cerrado brasileiro, onde os índices pluviométricos são mais elevadas do que as regiões semiáridas, estudos comprovam que a produção de 6 t ha^{-1} de MS por plantas de cobertura seria suficiente para uma efetiva cobertura de solo em sistemas de plantio direto (PD) (ALVARENGA et al., 2001). A atual pesquisa mostrou que a MS dos CVs alcançou valores acima do citado por Alvarenga et al. (2001) e demonstrou que para decompor 95% da MS desses CVs sob PD podem levar em torno de 500 dias, significando que a massa seca produzida em um ano pode sobrepor a do ano anterior. Deste modo, estes resultados demonstram a possível eficácia da produção de MS pelos coquetéis vegetais para as condições climáticas da área em estudo.

A retenção de umidade é considerada um dos principais benefícios dos resíduos de plantas de cobertura, em termos de aumento de produtividade em climas de sequeiro, onde a produção agrícola é limitada pela umidade do solo (TURMEL et al., 2015). Na avaliação da influência do manejo do solo no teor de umidade, apresentado no artigo 2, a pesquisa com coquetéis vegetais confirmou que em PD, onde os resíduos das plantas de cobertura foram depositados sobre o solo, a umidade do solo foi significativamente maior que nos tratamentos com plantio convencional (PC) ($p < 0,05$), onde ocorreram incorporações das mesmas no solo. O solo sob PD armazena mais água nas camadas superficiais (PANACHUKI et al., 2015) onde age como barreira na redução da perda de água por evaporação (WARD et al., 2013). O maior conteúdo de umidade do solo foi verificado a 20 cm de profundidade em todos os tratamentos com uso de PD, com valor médio próximo a $0,22 \text{ mm}^3 \text{ mm}^{-3}$, enquanto em PC, nesta mesma profundidade, a média foi cerca de $0,17 \text{ mm}^3 \text{ mm}^{-3}$. No entanto, Kozak et al. (2007) observaram efeitos negativos com a ocorrência de interceptação da água da chuva pelos resíduos das plantas e o consequente aumento da evaporação em área de semiárido, fenômeno não avaliado, já que o sistema foi irrigado frequentemente durante o período de

estudo. Porém, a longo prazo podem ocorrer aumentos na concentração de C orgânico do solo com utilização de plantas de cobertura, podendo, assim, reduzir efeitos negativos das plantas de cobertura sobre o armazenamento de água no solo, isso porque o C orgânico aumenta a sua capacidade de absorver e reter água devido à sua elevada capacidade de adsorção de umidades ou de sua elevada superfície específica (BLANCO-CANQUI et al., 2015).

No período de amostragem da solução do solo o maior volume pluviométrico observado foi de 6,86 mm ocorrido em 2 de novembro de 2012, de modo que a precipitação não teve influência na dinâmica de nutrientes no solo. Somente os processos de irrigação e fertirrigação foram considerados como os principais fatores, seguido pela temperatura e pela cultura de cobertura. O melão é cultivado no período de estiagem na região semiárida, com altas temperaturas, baixa umidade relativa do ar e alta luminosidade durante boa parte do ano, fatores favoráveis para o cultivo dessa cucurbitácea (CAVALCANTI et al., 2015).

A análise da solução do solo vem se mostrando um método promissor de diagnóstico da fertilidade de solo, principalmente em sistemas de fertirrigação (SOUZA et al., 2012). Informações sobre a composição da solução do solo pode ser útil em relação à gestão ambiental, dinâmica de fertilidade do solo e crescimento da planta (ZAMBROSI; ALLEONI; CAIRES, 2008). A dinâmica de macronutrientes no solo foi observada por meio de análise da solução de solo durante a cultura do melão. Bohnen e Da Silva (2006) observaram que sistema de plantio direto muda a dinâmica de nutrientes no solo em relação ao preparo convencional, especialmente após longo prazo de implantação, apesar que alterações no sistema foram observados por eles logo após a conversão, com efeitos importantes sobre a disponibilidade de nutrientes para as plantas.

O estudo da análise da solução de solo durante o ciclo do melão, exposto no artigo 2, mostrou que houve um discreto efeito expressivo da composição dos coquetéis vegetais na dinâmica dos nutrientes no solo. Talvez o curto período de tempo do ciclo da cultura tenha sido suficiente para causar uma mineralização substancial da biomassa dos coquetéis. No entanto, algumas mudanças foram observadas com a adoção do sistema PD. Verificou-se maior concentração de Ca^{+2} na profundidade de 15 cm nos tratamentos em PC (CV2 - 48,71 mg L^{-1}) em relação aos tratamentos em PD (CV1-28,29 mg L^{-1}), causada, provavelmente, pela maior decomposição dos resíduos incorporados ao solo. Nos tratamentos com PD, sem a incorporação da biomassa e a mais lenta decomposição dos resíduos vegetais no solo, os riscos de perdas por lixiviação foram menores em comparação com o PC. Como um dos

fertilizantes utilizados, o $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ pode produzir ânions estáveis de $\text{NO}_3\text{-N}$ mediante a solubilização, aumentando a lixiviação de Ca^{+2} como um íon acompanhante (ZIGLIO; MIYAZAWA, 1999). Como o cátion Ca^{+2} , o Mg^{+2} teve um comportamento semelhante no solo. A concentração de Mg^{+2} foi baixa a 15 cm de profundidade em todos tratamentos, e a média de concentração variou de $3,77 \text{ mg L}^{-1}$ a $6,67 \text{ mg L}^{-1}$. As concentrações de Mg^{+2} foram elevadas a 30 cm de profundidade em todos os tratamentos.

Como esperado, a concentração de P foi mais elevada nas camadas superiores do solo, variando expressivamente, por exemplo, de $6,6 \text{ mg L}^{-1}$ a 15 cm de profundidade para $0,13 \text{ mg L}^{-1}$, no CV2 sob PD. Em PD, ocorreu a deposição da biomassa das plantas de cobertura na superfície do solo com baixo conteúdo de matéria orgânica e a aplicação de fertilizantes possível promoveu a formação de fosfato de cálcio com baixa solubilidade. A concentração de P nas camadas superiores do solo pode ser atribuída a uma das vantagens da utilização de plantas de cobertura, com reciclagem de P das camadas mais profundas (ZIBILSKE; BRADFORD; SMART, 2002).

Quanto ao teor de S, esse macronutriente teve uma baixa mobilidade no solo. Foram observadas altas concentrações de S em PC a partir de 30 cm de profundidade ($> 8 \text{ mg L}^{-1}$), provavelmente relacionado a maior taxa de decomposição da biomassa das plantas de cobertura quando incorporadas no solo e o alto teor de umidade nessa profundidade, de acordo com dados referidos por SILVA et al. (1999).

A concentração de $\text{NO}_3\text{-N}$ foi elevada, principalmente nos tratamentos com PC, variando em média de $19,4 (15 \text{ cm})$ a $60,2 \text{ mg L}^{-1} (50 \text{ cm})$ e a grande quantidade foi lixiviado para o subsolo. A alta concentração de $\text{NO}_3\text{-N}$ em tratamentos com PC pode ser atribuída ao aumento de decomposição da MOS e dos resíduos das plantas incorporada ao solo, pois a atividade microbiana contribui para uma rápida mineralização do N derivado dos resíduos vegetais se outros fatores, tais como umidade e temperatura do solo forem favoráveis segundo BLANCO-CANQUI et al. (2015).

De acordo com Nakagawa et al. (2012), a lixiviação $\text{NO}_3\text{-N}$ é um fenómeno físico favorecida pela sua energia de adsorção com as partículas de solo e a alta solubilidade em água, fazendo com que o ânion siga o perfil úmido do solo. Lixiviação de nitrato está fortemente relacionada com a textura do solo e umidade e à sua disponibilidade (HE et al., 2011). No entanto, neste trabalho se observou uma correlação ($r^2 = 0,84$) entre as concentrações de cátions (Ca^{+2} e Mg^{+2}) e o ânion $\text{NO}_3\text{-N}$ em relação ao perfil do solo para

todos os tratamentos, indicando que na lixiviação do $\text{NO}_3\text{-N}$ pode exigir a presença de cátions acompanhantes. A lixiviação de $\text{NO}_3\text{-N}$ exige a presença de cations de acompanhamento, enquanto os prótons produzidos por nitrificação do amônio orgânico permanecem na camada superficial do solo como uma fonte potencial de acidez (FRANCHINI et al., 2000).

A extração e a liberação de nutrientes pelos coquetéis vegetais foram estudadas no artigo 1. Os teores de macronutrientes na biomassa dos CV1, CV2 e VE não apresentaram diferenças significativas ($P < 0,05$), porém, tal como a produção de biomassa dos CV1 e CV2 foram, em média, duas vezes maiores que a VE, o que ocorreu para maior acumulação de nutrientes em comparação com o coquetel produzido pelas plantas que cresceram naturalmente. As acumulações de nutrientes entre os CV1 e CV2 não foram significativamente diferentes. A falta de diferenças significativas relacionado ao acúmulo de nutrientes entre o CV1 e CV2 pode estar ligada à complexidade da seleção de espécies para compor o coquetel, da interação entre as mesmas, da prática de gestão e das condições ambientais (LITHOURGIDIS et al., 2011). Em geral, gramíneas tropicais geralmente têm maior capacidade fotossintética de crescer e produzir biomassa (TAIZ; ZEIGER, 2013), enquanto leguminosas podem ter um crescimento relativamente mais lento, no entanto, com a função de incorporação N ao sistema de produção (PIMENTEL, 1998), que pode resultar em plantas dominadas pela espécies mais lentas, desfavorecendo o equilíbrio na composição do adubo verde e alterando os benefícios desejados (CALVO; FOLONI; BRANCALIANO, 2010).

A incorporação dos resíduos vegetais aumentou a decomposição e a liberação de nutrientes, com tratamentos sob plantio direto apresentando diferenças significativas dos tratamentos sob sistema de manejo convencional ($P < 0,01$), observando ainda que resíduos vegetais podem demorar mais de um ano para liberar todos os nutrientes, exceto para K, e que são liberados juntamente com o resíduo da cultura dos coquetéis vegetais subsequente.

Para liberar 95% dos nutrientes dos resíduos vegetais pode demorar mais de um ano, exceto K que pode levar até 324 DAD ($k = 0,0093 \text{ dia}^{-1}$) quando não incorporado, mas 181 DAD ($k = 0,016 \text{ dia}^{-1}$) quando incorporado. Isto sugere que os resíduos vegetais ainda estão decompostos e os nutrientes são libertados juntamente com o resíduo da cultura CV subsequente. A ordem de liberação foi $\text{K} > \text{N} > \text{Ca} > \text{P} > \text{Mg}$. O trabalho sugeriu que a adoção de CV foi expressivamente melhor em tanto em produção de massa e, conseqüentemente, em fornecimento de nutrientes que a VE, e que a escolha do tipo de CV deve ser avaliada com relação a demanda da cultura.

O melão foi transplantado 15 dias após o corte dos CVs, cuja pesquisa sobre produção de biomassa e marcha de absorção de nutrientes foi descrita no artigo 3. A produção de matéria seca do melão não foi afetada significativamente pelo tipo de coquetel vegetal e manejo do solo. Porém, observou-se que os dois CVs supriram a demanda de nutrientes pelo melão na maior parte do ciclo de vida da cultura. No entanto, em média, o CV1 contribuiu com maiores quantidades até próximo do final do ciclo. Os nutrientes exigidos em maior quantidade foram o Ca, o N e o K, corroborando com outros trabalhos (AGUIAR NETO et al., 2014; SILVA JUNIOR et al., 2006) sobre marcha de absorção de nutrientes pelo melão. Não houve diferenças significativas entre os tratamentos no que tange a produção do melão, tendo em vista que os mesmos receberam a mesma quantidade de adubação e irrigação. No entanto, a produtividade total do melão ficou entre 37,4 a 51,5 t ha⁻¹, acima da média nacional, e o °Brix variou de 11 a 12,7, acima dos valores aceitáveis.

De acordo com a hipótese estabelecida, o tratamento com maior proporção de espécies não leguminosas em plantio direto (CV2PD) seria o manejo mais adequado para reduzir as perdas de nutrientes, manter a umidade do solo e favorecer o equilíbrio entre os nutrientes liberados pelos resíduos do CV e a demanda de nutrientes pela cultura do melão. A pesquisa mostrou que a produção de MS pelos coquetéis foi suficiente para os resíduos permanecerem sobre solo durante o ano todo, sendo sobreposta pela próxima cultura do coquetel vegetal. Esta quantidade de resíduo de plantas, produzida pelos coquetéis vegetais, quando depositada sobre o solo, nos tratamentos em PD, promoveu a manutenção da umidade do mesmo, sendo significativamente maior do que nos tratamentos em PC, em que os resíduos foram revolvidos. Observou-se que a perda de nutrientes por lixiviação nos tratamentos sob PD foi menor em relação aos tratamentos sob PC, causados, provavelmente, pela maior decomposição dos resíduos quando são incorporados no solo. No entanto, o coquetel vegetal com maior proporção de espécies não leguminosas (CV2) não foi o que apresentou a melhor escolha para nossa finalidade. Como não houve diferenças significativas relacionado ao acúmulo de nutrientes entre o CV1 e o CV2, deve estar relacionado à complexidade da seleção de espécies para compor o coquetel, da interação entre as mesmas, da prática de gestão ou das condições ambientais da área, os dois coquetéis supriram a demanda de nutrientes do melão na maior parte do ciclo de vida da cultura. Porém, o CV1 foi o que atendeu em melhores proporções de nutrientes em relação ao CV2. Neste sentido, a pesquisa confirma que na escolha de um manejo adequado, que gera equilíbrio entre nutrientes

liberados pelos coquetéis vegetais e a demanda do melão, seria indicado o tratamento com maior proporção de espécies leguminosas em plantio direto (CV1PD).

Esta pesquisa esteve em consonância com os princípios de Gestão Integrada de Nutrientes (INM), discutido e revisado por WU e MA (2015), que buscam conhecer a dinâmica dos nutrientes para otimizar os aspectos da reciclagem e o sincronismo da demanda destes nutrientes pela cultura comercial, considerado essencial para alcançar melhores rendimentos e eficiência do uso dos nutrientes, como também, sua liberação no meio ambiente. Porém, a difusão desta prática está na conscientização de agricultores sobre a importância deste tipo de gestão, fazendo com que busquem um planejamento em longo prazo, com maior consideração aos impactos ambientais, em vez de apenas se concentrarem apenas no lucro em escala de rendimento.

5 CONCLUSÕES

Diante dos resultados observados, as seguintes conclusões podem ser estabelecidas:

I. A produção de matéria seca pelos coquetéis vegetais tendo sido duas vezes maior que a produzida pela vegetação espontânea e protegendo o solo durante todo ano, foi essencial para a adoção do plantio direto na região semiárida;

II. A acumulação de nutrientes pelos coquetéis vegetais 1 e 2 não apresentou diferenças significativas, porém foram maiores do que o acumulado pela vegetação espontânea;

III. As diferenças na decomposição dos resíduos de plantas dos “litterbags” depositados na superfície do solo em comparação com aqueles que foram enterrados, indicaram que os tratamentos em plantio convencional liberam mais rápido os nutrientes dos resíduos no solo e, provavelmente, geram maior lixiviação dos mesmos;

IV. A ordem de liberação de nutrientes pelos coquetéis vegetais foi: $K > N > Ca > P > Mg$;

V. Quando os resíduos dos coquetéis vegetais são depositados na superfície, em vez de serem revolvidos, como nos tratamentos em sistema de plantio direto, comprovaram a manutenção do teor de umidade do solo, importante para regiões semiáridas onde a escassez de água é um desafio para os agricultores;

VI. Os tratamentos em sistema de plantio direto, com a manutenção dos resíduos sobre o solo, confirmaram a diminuição de perdas de nutrientes por lixiviação, causados, provavelmente, pela maior decomposição dos resíduos quando incorporados no solo;

VII. Os diferentes tipos de adubos verdes e manejos de solo não afetaram significativamente o acúmulo de matéria seca da parte aérea do melão, com um crescimento exponencial com acúmulo inicial lento e rápido crescimento após o período de floração;

VIII. A sequência de absorção de nutrientes pelo melão foi: $Ca > N > K > Mg > P$, confirmando que o N, K e Ca são mais exigidos, porém a necessidade de cada um pode variar com as condições de cada experimento;

IX. O coquetel vegetal com maior proporção de leguminosas em plantio direto foi o manejo mais adequado para gerar equilíbrio entre nutrientes liberados pelos coquetéis vegetais e a demanda dos mesmos pelo melão;

6 REFERÊNCIAS

- AGUIAR NETO, P. et al. Crescimento e acúmulo de macronutrientes na cultura do melão em Baraúna (RN) e Petrolina (PE). **Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal**, v. 36, n. 3, p. 556–567, 2014.
- AITA, C. et al. Plantas de cobertura de solo como fonte de nitrogênio ao milho. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 25, p. 157–165, 2001.
- AITA, C. et al. Consorciação de plantas de cobertura antecedendo o milho em plantio direto .I- dinâmica do nitrogênio no solo. **R. Bras. Ci. Solo**, n. 28, p. 739–749, 2004.
- AITA, C.; GIACOMINI, S. J. Matéria orgânica do solo, nitrogênio e enxofre nos diversos sistemas de exploração agrícola. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S.; VITTI, G. C. ., In: BRASIL, P. I. (Ed.). **Nitrogênio e enxofre na agricultura brasileira**. 1. ed. [s.l: s.n.]. p. 1–42.
- ALARCON, A. L. et al. Calcium deficiency provoked by the application of different forms and concentrations of Ca²⁺ to soil-less cultivated muskmelons. **Scientia horticulturae**, v. 81, n. 1, p. 89–102, 1999.
- ALCÂNTARA, F. A. et al. Adubação verde na recuperação da fertilidade de um latossolo vermelho-escuro degradado. **Pesq. agropec. bras., Brasília**, v. 35, n. 2, p. 277–288, 2000.
- ALLEN, R. G. et al. **Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998.
- ALVARENGA, R. C. et al. Plantas de Cobertura de Solo para Sistema Plantio Direto. In: **Informe Agropecuário**. Belo Horizonte, MG. Brasil.v 22, n 208: Embrapa Milho e Sorgo, 2001. v. 22p. 25–36.
- AMADO, T. J. C. et al. Potencial De Culturas De Cobertura Em Acumular Carbono E Nitrogênio No Solo No Plantio Direto E a Melhoría Da Qualidade Ambiental. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 25, n. 1, p. 189–197, 2001.
- AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK, J.; AITA, C. Recomendação de adubação nitrogenada para o milho no RS e SC adaptada ao uso de culturas de cobertura do solo, sob sistema plantio direto. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 26, p. 241–248, 2002.
- AMADO, T. J. C.; SANTI, A.; ACOSTA, J. A. A. Adubação nitrogenada na aveia preta . II - Influência na decomposição de resíduos , liberação de nitrogênio e rendimento de milho sob sistema plantio direto. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 27, n. 3, p. 1085–1096, 2003.
- ANDREOLA, F. et al. A Cobertura Vegetal de Inverno e a Adubação Orgânica e, ou, Mineral Influenciando a Sucessão Feijão/Milho. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 24, p. 867–874, 2000.
- ANGHINONI, I.; BISSANI, C. A. Fósforo e adubos fosfatados. In: **In: BISSANI, C.A.; GIANELLO, C.; TEDESCO, M. J.; CAMARGO, F. A. O. (Ed.). Fertilidade dos solo e Manejo da Adubação de Culturas**. 1. ed. Porto Alegre: Genesis: [s.n.]. p. 117–138.
- ARAÚJO, J. L. P. DE et al. Produção Integrada de Melão no Vale do São Francisco: Manejo e Aspectos Socioeconômicos. In: EMBRAPA (Ed.). **Produção integrada de melão**. [s.l: s.n.]. p. 43–50.
- ASSIS, E. P. M. et al. **Atividade microbiana e decomposição da palha de sogro sob**

aplicação de nitrogênio em plantio direto. CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO. **Anais...**Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003

ASSUNÇÃO, E. A.; BRASIL, E. C. **Avaliação da dinâmica do nitrogênio do solo em sistema plantio direto e convencional em função da forma de aplicação da adubação nitrogenada.** 15º Seminário de Iniciação Científica da EMBRAPA - Embrapa Amazônia Oriental, Belem-PA. **Anais...**2011

AZEVEDO, D. M. . DE et al. Atributos físicos e químicos de um Latossolo Amarelo e distribuição do sistema radicular da soja sob diferentes sistemas de preparo no cerrado Maranhense. **Revista Ciência Agronômica**, v. 38, n. 1, p. 32–40, 2007.

BATISTA, P. F. et al. Produção e qualidade de frutos de melão submetidos a dois sistemas de irrigação. **246 Hortic. bras**, v. 27, n. 1, p. 246–250, 2009.

BAYER, C. et al. Incremento de carbono e nitrogênio num latossolo pelo uso de plantas estivais para cobertura do solo. **Ciência Rural**, v. 33, n. 3, p. 469–475, 2003.

BERNADAC, A. et al. Changes in calcium contents during melon (*Cucumis melo* L .) fruit development. **Scientia Horticulturae**, v. 66, p. 181–189, 1996.

BLANCO-CANQUI, H. et al. Cover Crops and Ecosystem Services: Insights from Studies in Temperate Soils. **Agronomy Journal**, v. 107, n. 6, p. 2449–2474, 2015.

BOER, C. A. et al. Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura na entressafra em um solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 9, p. 1269–1276, set. 2007.

BOHNEN, H.; DA SILVA, L. S. Relações entre nutrientes na fase sólida e solução de um latossolo durante o primeiro ano. **Ciência Rural**, v. 36, n. 4, p. 1164–1171, 2006.

BONO, J. A. M. et al. Métodos de amostragem de solo em sistema de plantio direto. **Ensaios e Ciência**, v. 6, n. 2, p. 99–111, 2002.

BORKERT, C. M.; SFREDO, G. J.; DA SILVA, D. N. Calibração de potássio trocável para soja em latossolo roxo distrófico. **Revista brasileira de ciência do solo**, v. 17, n. 2, p. 223–226, 1993.

BORKERT, C. M. et al. Nutrientes minerais na biomassa da parte aérea em culturas de cobertura de solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 1, p. 143–153, 2003.

BRAZ, A. J. B. P. et al. Acumulação de nutrientes em folhas de milheto e dos capins braquiária e mombaça. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 34, n. 2, p. 83–87, 2004.

BURLE, M. L. et al. **Adubação verde no período da seca nos cerrados: efeito na cultura do milhoTerra.** Planaltina-DF: [s.n.].

CABEZAS, W. A. R. L. et al. Balanço da adubação nitrogenada sólida e fluida de cobertura na cultura do milho em sistema plantio direto no Triângulo Mineiro (MG). **R. Bras. Ci. Solo**, v. 24, p. 363–376, 2000.

CAIRES, E. F.; JORIS, H. A. W.; CHURKA, S. Long-term effects of lime and gypsum additions on no-till corn and soybean yield and soil chemical properties in southern Brazil. **Soil Use and Management**, v. 27, n. 1, p. 45–53, 2011.

CALVO, L. C.; FOLONI, J. S. S.; BRANCALIÃO, S. R. Produtividade de fitomassa e relação C/N de monocultivos e consórcios de guandú-anão, milheto e sorgo em três épocas de corte. **Bragantia**, v. 69, n. 1, p. 77–86, 2010.

- CANATO, G. H. .; BARBOSA, J. C.; CECÍLIO FILHO, A. B. Concentração de macro e micronutrientes em melão rendilhado cultivado em casa de vegetação. **Horticultura Brasileira, Brasília**, v. 19, 2001.
- CARBONELL-BOJOLLO, R. M. et al. Influence of Soil and Climate Conditions on CO₂ Emissions from Agricultural Soils. **Water, Air, & Soil Pollution**, v. 223, n. 6, p. 3425–3435, 13 mar. 2012.
- CARPIM, L. et al. Liberação de nutrientes pela palhada de milho em diferentes estádios fenológicos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 2813–2819, 2008.
- CARVALHO, A. . et al. Characterization by solid-state CPMAS ¹³C NMR spectroscopy of decomposing plant residues in conventional and no-tillage systems in Central Brazil. **Soil and Tillage Research**, v. 102, n. 1, p. 144–150, jan. 2008.
- CARVALHO, A. M. D.; AMABILE, R. F. Plantas condicionadora de solo: interações edafoclimáticas, uso e manejo. In: CARVALHO, A. M. D.; AMABILE, R. F. (Eds.). . **Cerrado: Adubação Verde**. Brasília, DF. Brasil: Embrapa Cerrados, 2006. p. 143–170.
- CARVALHO, A. M. DE et al. Teores de Hemiceluloses, Celulose e Lignina em Plantas de Cobertura com Potencial para Sistema Plantio Direto no Cerrado. **Boletim de pesquisa e desenvolvimento Nº290/ Embrapa Cerrados.**, p. 15, 2010.
- CARVALHO, A. M. DE et al. Chemical composition of cover plants and its effect on maize yield in no-tillage systems in the Brazilian savanna. **Crop & Pasture Science**, v. 63, p. 1075–1081, 2012.
- CARVALHO, A. M. DE; JUNIOR, D. A. S. Sob Cultivo de Milho e Plantas de Cobertura. **Ecologia**, v. 32, n. 1, p. 2831–2838, 2008.
- CASTILHOS, R. M. V.; MEURER, E. J. Suprimento de potássio de solos do Rio Grande do Sul para arroz irrigado por alagamento. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 26, p. 977–982, 2002.
- CASTOLDI, G. et al. Manejo da adubação em sistema plantio direto. **Revista Trópica – Ciências Agrárias e Biológicas**, v. 6, n. 1, p. 62–74, 2012.
- CAVALCANTI, N. M. DA S. et al. Aspectos Agronômicos do meloeiro “mandacaru” cultivado em ambiente protegido sob irrigação. **Irriga**, v. 20, n. 2, p. 261–272, 2015.
- CAZETTA, D. A.; FORNASIERI FILHO, D.; GIROTTO, F. Composição , produção de matéria seca e cobertura do solo em cultivo exclusivo e consorciado de milho e crotalária. **Acta Sci. Agron**, v. 27, n. 4, p. 575–580, 2005.
- CERETTA, C. A.; HERBES, M. G.; POLETTO, N. Produção e decomposição de fitomassa de plantas invernais de cobertura de solo e milho , sob diferentes manejos da adubação nitrogenada. **Ciência Rural**, v. 32, n. 1, p. 49–54, 2002.
- CERETTA, C. A.; TRENTIN, E. E.; GIROTTO, E. Produtividade de grãos de milho, produção de matéria seca e acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio na rotação aveia preta/milho/nabo forrageiro com aplicação de dejetos líquidos de suínos. **Ciência Rural**, v. 35, n. 6, p. 1287–1295, 2005.
- CERRI, C. E. P. et al. Tropical agriculture and global warming: impacts and mitigation options. **Sci. Agric. (Piracicaba, Braz.)**, v. 64, n. 1, p. 83–99, 2007.
- CHAVES, V. C. et al. **Potencialidade de coquetéis vegetais para a adição de matéria**

fresca e seca ao sistema solo na cultura da mangueira. Jornada De Iniciação Científica Da Embrapa Semi-Árido. Anais...Petrolina -PE: 2007Disponível em: <<http://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/busca?b=ad&id=160492&biblioteca=vazio&busca=160492&qFacets=160492&sort=&paginacao=t&paginaAtual=1>>

CHEPKWONY, C. K. et al. Mineralization of soil organic P induced by drying and rewetting as a source of plant-available P in limed and unlimed samples of an acid soil. **Plant and Soil**, v. 234, p. 83–90, 2001.

COLLIER, L. S. et al. Manejo da adubação nitrogenada para o milho sob palhada de leguminosas em plantio direto em Gurupi, TO. **Ciência Rural**, v. 36, n. 4, p. 1100–1105, ago. 2006.

CORRÊA, J. C.; MAUAD, M.; ROSOLEM, A. Fósforo no solo e desenvolvimento de soja influenciados pela adubação fosfatada e cobertura vegetal. **Pesq. agropec. bras., Brasília**, v. 39, n. 121, p. 1231–1237, 2004.

CORREIA, M. E. F.; ANDRADE, A. . Formação de serapilheira. In: **Fundamentos da matéria orgânica do solo: Ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Genesis, 1999. p. 197–225.

COSTA, F. DE S. et al. Estoque de carbono orgânico no solo e emissões de dióxido de carbono influenciadas por sistemas de manejo no sul do Brasil. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 32, p. 323–332, 2008.

COSTA, M. S. S. D. M. et al. Atributos químicos do solo sob plantio direto afetado por sistemas de culturas e fontes de adubação. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 6, n. 4, p. 579–587, 2011.

CROSS, A. F.; SCHLESINGER, W. H. A literature review and evaluation of the Hedley fractionation: Applications to the biogeochemical cycle of soil phosphorus in natural ecosystems. **Geoderma**, v. 64, n. 3–4, p. 197–214, jan. 1995.

CRUSCIOL, C. A. C. et al. Persistência de palhada e liberação de nutrientes do nabo forrageiro no plantio direto. **Pesq. agropec. bras., Brasília**, v. 40, n. 2, p. 161–168, 2005.

DA ROS, C. O.; AITA, C. Efeito de espécies de inverno na cobertura do solo e fornecimento de nitrogênio ao milho em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 20, p. 135–140, 1996.

DALMAGO, G. A. et al. Retenção e disponibilidade de água às plantas, em solo sob plantio direto e preparo convencional Retention and availability of water to plants in soils under no-tillage and conventional tillage systems. **Revista Brasileira de Engenharia e Ambiental**, v. 13, n. 54, p. 855–864, 2009.

DAMASCENO, A. P. A. B. et al. Crescimento e marcha de absorção de nutrientes do melão cantaloupe tipo “Harper” fertirrigado com doses de N e K. **Revista Caatinga**, v. 25, n. 1, p. 137–146, 2012.

DERPSCH, R. et al. **Controle da Erosão no Paraná, Brasil: sistemas de cobertura do solo, plantio direto e preparo conservacionista do solo**. Curitiba-PR: GTZ, Cooperação Técnica Alemã, 1991. v. 245

DEUS, J. A. L. DE et al. Fertilizer recommendation system for melon based on nutritional balance. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 39, p. 498–511, 2015.

DUARTE, S. R. **Alterações na nutrição mineral do meloeiro em função da salinidade da água de irrigação**. Dissertação de Mestrado: Universidade Federal de Campina Grande-UFCG, 2002.

DUDA, G. P. et al. Perennial herbaceous legumes as live soil mulches and their effects on C, N and P of the microbial biomass. **Scientia Agricola**, v. 60, n. 1, p. 139–147, 2003.

ECHER, F. R.; DOMINATO, J. C.; CRESTE, J. E. Absorção de nutrientes e distribuição da massa fresca e seca entre órgãos de batata-doce. **Horticultura Brasileira, Brasília**, v. 27, n. 2, p. 176–182, 2009.

ERNANI P. R. et al. Potássio. In: NOVAIS RF; ALVAREZ VH; BARROS NF; FONTES RLF; CANTARUTTI RB; NEVES JCL. **Fertilidade do solo**. Viçosa: SBCS/UFV. p. 551-594. 2007.

FAO. Conservation Agriculture and Sustainable Crop Intensi cation in Karatu District , Tanzania. **Integrated Crop Management**, v. 15, p. 53, 2012.

FARIA, E. C. D. DE; CARRIJO, O. A. Formas de aplicação de cálcio na cultura do melão rendilhado sob cultivo protegido. **Hortic. bras.**, v. 22, n. 2, p. 213–216, 2004.

FAUCONNIER, D. O potássio nos solos tropicais. In: **Institutos da Potassa**, Atlanta (US). 6 p. 1976.

FERREIRA, G. B. MENDONÇA, C. E. S. CHAVES, V. C. et al. **Produção de fitomassa e composição química de plantas utilizadas em coquetéis vegetais para cobertura de solo e adubação verde no Vale do São Francisco**. Congresso Brasileiro De Ciência Do Solo. Conquistas e desafios da ciência do solo brasileira: anais. **Anais...Porto Alegre:Gramado: 2007**

FERREIRA, G. B. et al. **Coquetéis vegetais uma alternativa para o manejo orgânico do solo**. Congresso Brasileiro De Agroecologia. **Anais...Belo Horizonte: EMATER-MG: 2006**

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3. ed. Viçosa, MG. 2008: [s.n.].

FLOSS, E. L. Benefícios da biomassa de aveia ao sistema de semeadura direta. **Revista Plantio Direto**, v. 57, p. 25–29, 2000.

FOLONI, J. S. S. et al. Aplicação de fosfato natural e reciclagem de fósforo por milheto, braquiária, milho e soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 1147–1155, 2008.

FRANCHINI, J. C. et al. Alterações Na Fertilidade Do Solo Em Sistemas De Rotação De Culturas Em Semeadura Direta De Rotação De Culturas Em Semeadura Direta. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 24, n. 2, p. 459–467, 2000.

FREITAS, C. A. Cultivo que protege a terra. **Revista Agropecuária Catarinense, Florianópolis - SC n°2**, v. 26, p. 25–29, jul. 2013.

GIACOMINI, S. J. et al. Matéria seca, relação C/N e acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio em misturas de plantas de cobertura de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 2, p. 325–334, 2003.

GIONGO, V. et al. **Composição mineral e liberação de nutrientes de coquetéis vegetais no cultivo de mangueiras no Semiárido Tropical brasileiro**. XXIX Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas. **Anais...Guarapari – ES: 2010**

GIONGO, V. et al. **Plant Mixture and Soil Management in the Melon Crop**. XX Congreso Latinoamericano y XVI Congreso Peruano de la Ciencia del Suelo. **Anais...**Cusco – Perú, Centro de Convenciones de la Municipalidad del Cusco.: 2014Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/113055/1/Vanderlise-2.pdf>>

GIONGO, V. et al. Soil management systems for sustainable melon cropping in the submedian of the são francisco valley. **Rev. Caatinga**, v. 29, n. 3, p. 537–547, 2016.

GUIMARÃES, I. P. et al. Interference of genotype-by-environment interaction in the selection of inbred lines of yellow melon in an agricultural center in Mossoró-Assu, Brazil. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 38, n. 1, p. 51, 2016.

HARIPRAKASA, M.; SRINIVAS, K. Effect of different levels of N, P, K on petiole and leaf nutrients, and their relationships to fruit yield and quality in muskmelon. **Indian Journal of Horticultural Science**, v. 47, p. 250–255, 1990.

HAVLIN, J.L. et al. **Soil Fertility and fertilizers**. 7. Ed. New Jersey: Person Hall, p.515 2005.

HE, B. et al. Assessment of global nitrogen pollution in rivers using an integrated biogeochemical modeling framework. **Water Research**, v. 45, n. 8, p. 2573–2586, 2011.

JESUS, T. S. DE et al. **Acúmulo de Macronutrientes em Coquetéis Vegetais com Potencial para Uso em Rotação com a Cultura do Melão no Semiárido**. Fertbio. **Anais...**Maceió-AL: 2012

JUNIOR, R. C.; ARAÚJO, A. G. DE; LLANILLO, R. F. **Plantio direto no Sul do Brasil : Fatores que facilitaram a evolução do sistema e o desenvolvimento da mecanização conservacionista**. Londrina -PR: FAO, 2012.

KAMINSKI, J. et al. Depleção de formas de potássio do solo afetada por cultivos sucessivos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 1003–1010, 2007.

KANO, C. **Extrações de nutrientes pelo meloeiro rendilhado cultivado em ambiente protegido com a adição de potássio e CO₂ na água de irrigação**. [s.l.] Tese de Doutorado. ESALQ/USP, 2002.

KEENEY, D. R. Nitrogen management for maximum efficiency and minimum pollution. In: STEVENSON, F. J. Nitrogen agriculture soils. **Madison: Soil Science Society of America**, p. 605–649, 1982.

KLEIN, T. et al. Adapting agricultural land management to climate change: a regional multi-objective optimization approach. **Landscape Ecology**, v. 28, n. 10, p. 2029–2047, 20 set. 2013.

KOZAK, J. A. et al. Modelling crop canopy and residue rainfall interception effects on soil hydrological components for semi-arid agriculture. **hydrological Processes**, v. 21, p. 229–241, 2007.

LIMA, A. A. DE. **Absorção e eficiência de utilização de nutrientes por híbridos de melão (Cucumis melo L.)**. Fortaleza. [s.l.] Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Ceara.UFC., 2001.

LITHOURGIDIS, A. et al. Annual Intercrops: An Alternative Pathway for Sustainable Agriculture. **Australian Journal of Crop Science**, v. 5, n. 4, p. 396–410, 2011.

LOPES, A. S. et al. **Sistema plantio direto: bases para o manejo da fertilidade do solo.** São Paulo-SP: ANDA, 2004.

LOURENÇÃO, W. A. P. et al. **Produção de melão amarelo sob coberturas de solo e cultivo convencional em Cáceres-MT.** Congresso de Iniciação Científica da UNEMAT, Cáceres - MT. **Anais...Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação**, 2013Disponível em: <http://siec.unemat.br/anais/conic/impressao-resumo_expandido.php?fxev=MA=&fxid=MjEzNw=&fxcod=MTAwMDQ=&fxdl=I>

MAGALHÃES, V. S. et al. **Produção de fitomassa e de acúmulo de nitrogênio em leguminosas para utilização em sistemas de plantio direto.** (Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, Ed.)Congresso Brasileiro de Ciências do Solo. Solo. Alicerce dos sistemas de produção. **Anais...Ribeirão Preto: 2003**

MALVEZI, K. E. D. et al. Dinâmica de nutrientes do solo em sistema de plantio direto. **Acta Iguazu**, v. 4, n. 3, p. 10–30, 2015.

MAROUELLI, W. A. et al. Eficiência de uso da água e produção de repolho sobre diferentes quantidades de palhada em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n. 4, p. 369–375, abr. 2010.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants.** 2. ed. [s.l.] London: Academic Press, 1995.

MDIC. **Ministério do Desenvolvimento Indústria e Comércio Exterior** Brasília, DF. Sistema de análise das informações de comércio exterior, , 2015. Disponível em: <<http://alicesweb.mdic.gov.br//index/home>>

MENDES, A. M. S. et al. **A Cultura do Melão.** 2. ed. Brasília, DF. Brasil: Embrapa Informação Tecnológica, 2008.

MENDONÇA, E. S.; OLIVEIRA, F. H. T. Fornecimento de nutrientes pela matéria orgânica do solo. In: Simpósio sobre Fertilidade do Solo e Nutrição de Planta no Sistema Plantio Direto, 1., 2000, Ponta Grossa. **Anais..** Ponta grossa: Associação de Engenheiros Agrícolas dos Campos gerais, p. 70-81. 2000.

MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. **Principles of plant nutrition.** 5. ed. [s.l.] Dordrecht: Kluwer Academic Publishers., 2001.

MEURER, E. J.; ANGHINONI, I. Disponibilidade de potássio e sua relação com parâmetros de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 17, p. 377–382, 1993.

MONEGAT, C. **Plantas de cobertura do solo: características e manejo em pequenas propriedades.** Chapecó. 2. ed. Chapecó- SC: Ed. do Aut, 1991.

MOURA, P. M. DE et al. **Produção de fitomassa e contribuição de macro e micronutrientes das espécies vegetais para cobertura do solo em pomar de mangueira.** Congresso Brasileiro De Ciência Do Solo. **Anais...Recife - PE: SBCS, 2005**

MULVANEY, M. J. et al. Carbon and nitrogen mineralization and persistence of organic residues under conservation and conventional tillage. **Agronomy Journal, Madison**, v. 102, n. 5, p. 1425–1433, 2010.

NAKAGAWA, F. K. et al. Estimating subsoil resistance to nitrate leaching from easily measurable pedological properties. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, n. 5, p. 1491–1498, nov. 2012.

- NETO, J. F. et al. Plantas de cobertura , manejo da palhada e produtividade da mamoneira no sistema plantio direto. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 4, p. 978–985, 2011.
- NOVAIS, R. F. et al. **Fertilidade do solo**. 1. ed. Viçosa-MG: UFV, 2007.
- OLIVEIRA, T. K. DE; CARVALHO, G. J. DE; MORAES, R. N. S. Plantas de cobertura e seus efeitos sobre o feijoeiro em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 8, p. 1079–1087, 2002.
- PACHECO, L. P. et al. Produção de fitomassa e acúmulo e liberação de nutrientes por plantas de cobertura na safrinha. **Pesq. agropec. bras.**, v. 46, n. 1, p. 17–25, 2011.
- PANACHUKI, E. et al. Effect of Soil Tillage and Plant Residue on Surface Roughness of an Oxisol Under Simulated Rain. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, n. 1, p. 268–278, 2015.
- PAPADOPOULOS, L. Tendências da fertirrigação. In: FOLEGATTI, M. V. In: **Fertirrigação: citrus, flores e hortaliças**. Guaíba: [s.l.] Agropecuária, 1999. p. 11–155.
- PAULA, J. A. D. A. et al. Metodologia para determinação das necessidades nutricionais de melão e melancia. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 9, p. 911–916, 2011.
- PAVINATO, P. S.; ROSOLEM, C. A. Disponibilidade de nutrientes no solo - decomposição e liberação de compostos orgânicos de resíduos vegetais. **Rev. Brasileira de Ciências do Solo**, v. 32, p. 911–920, 2008.
- PELÁ, A. et al. Avaliação da resistência a decomposição de dez espécies de plantas de cobertura visando o plantio direto. **Revista Plantio Direto**, v. 53, p. 26, 1999.
- PELLEGRINO, G. Q.; ASSAD, E. D.; MARIN, F. R. Mudanças Climáticas Globais e a Agricultura no Brasil. **Revista Multiciência / Mudanças Climáticas**, n. 8, 2007.
- PERDOMO, C.; IRISARRI, P.; ERNST, O. Nitrous oxide emissions from an Uruguayan argiudoll under different tillage and rotation treatments. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 84, n. 2, p. 119–128, 3 dez. 2009.
- PEREIRA, A. J. et al. Aplicação de fontes e doses de cálcio na produção e qualidade de frutos de melão. **Horticultura Brasileira, Brasília**, v. 20, n. 3, p. 428–431, 2002.
- PEREIRA FILHO, A. et al. **Acúmulos de Micronutrientes em Coquetéis Vegetais Utilizados na Rotação com a Cultura do Melão Amarelo no Semiárido**. Reunião brasileira de fertilidade do solo e nutrição de plantas. **Anais...Maceió: Embrapa Semiárido - Artigo em anais de congresso (ALICE), 2012** Disponível em: <<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/936923>>
- PERIN, A. et al. Sunnhemp and Millet as Green Manure for Tropical Maize Production. **Sci. Agric. (Piracicaba, Braz.)**, v. 63, n. 5, p. 453–459, 2006.
- PIMENTEL, C. **Metabolismo de carbono na agricultura tropical**. Rio de Janeiro: EDUR, 1998.
- PINTO, J. M. et al. Aplicação de N e K via água de irrigação em melão. **Pesq. agropec. bras., Brasília**, v. 28, n. 3, p. 323–327, 1993.
- PIRES, R. et al. Manejo de plantas de cobertura antecessoras à cultura da soja em plantio direto. **Revista Ceres**, v. 55, n. 2, p. 94–101, 2008.

- PITOL, C. et al. O milho na integração agricultura-pecuária. **Informações Agronômicas**, v. 76, p. 8, 1996.
- PÖTTKER, D. **Efeito do tipo de solo, tempo de cultivo e da calagem sobre a mineralização da matéria orgânica em solos do Rio Grande do Sul**. [s.l.] Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul - Porto Alegre, 1977.
- PRATA, E. B. **Acumulação de biomassa e absorção de nutrientes por híbridos de meloeiro (*Cucumis melo* L.)**. [s.l.] Dissertação Mestrado. Fortaleza: UFC, 1999.
- PRATELLA, G. C. Note di biopatologia e tecnica di conservazione trasporto dei frutti: l'effetto del calcio in postraccolta. **Rivista di Frutticoltura**, v. 6, p. 70–71, 2003.
- RANELLS, N. N.; WAGGER, M. G. Nitrogen-15 recovery and release by rye and crimson clover cover crops. **Agronomy Journal**, v. 61, p. 943–948, 1997.
- RIBEIRO, F. N. et al. **Produção de fitomassa, desenvolvimento radicular e teores de macro e micronutrientes de espécies para adubação verde e/ou cobertura do solo**. Reunião Brasileira De Fertilidade Do Solo E Nutrição De Plantas, 27; Reunião Brasileira Sobre Micorrizas, 11; Simpósio Brasileiro De Microbiologia Do Solo, 9; Reunião Brasileira De Biologia Do Solo. **Anais...Dourados-MS: Embrapa Agropecuária Oeste.**, 2006Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPATSA/37100/1/OPB1688.pdf>>
- ROCHA, M. C. et al. Descritores quantitativos na determinação da divergência genética entre acessos de tomateiro do grupo cereja. **Ciência Rural**, v. 39, p. 664–670, 2009.
- ROSOLEM, C. A. et al. Potássio lixiviado da palha de aveia-preta e milho após a dessecação química. **Pesq. agropec. bras., Brasília**, v. 42, n. 8, p. 1169–1175, 2007.
- ROSOLEM, C. A. et al. Potassium Leaching as Affected by Soil Texture and Residual Fertilization in Tropical Soils. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 41, p. 1943, 2010, 2010.
- ROSOLEM, C. A.; CALONEGO, J. C.; FOLONI, J. S. S. Lixiviação de potássio da palha de espécies de cobertura de solo de acordo com a quantidade de chuva aplicada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 355–362, 2003.
- SÁ, J. C. M. Manejo da fertilidade do solo no sistema plantio direto. In: SIQUEIRA, J. O. et al. (Eds.). **Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas**. Lavras, Minas Gerais, Brazil: SBCS, 1999. p. 267–319.
- SALMI, G. P. et al. Dinâmica de decomposição e liberação de nutrientes de genótipos de guandu sob cultivo em aléias. **Pesq. Agropec. Bras.**, v. 41, n. 4, p. 673–678, 2006.
- SAMPAIO, E. V. S. B.; SALCEDO, L. H. Mineralização e absorção por milho do nitrogênio do solo, da palha de milho (15N) e da uréia (15N). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 7, p. 423–429, 1993.
- SANZONOWICZ, C.; MIELNICZUK, J. Distribuição de potássio no perfil de um solo influenciado pela planta, fontes e métodos de aplicação de adubos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 9, p. 45–50, 1985.
- SCHONS, M. I.; MIORIN, V. M. F. uso da terra no espaço rural do município de Campina das Missões, RS. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 2, n. 1, p. 1182–1185, 2007.
- SEGUY, L. et al. **Gestão de solos e das culturas nas áreas de fronteiras agrícolas dos**

cerrados úmidos do Centro Oeste Brasileiro, ano agrícola 1992-1993. Lucas do Rio Verde: RPA/CIRAD, 1993.

SILVA, M. S. L. DA FERREIRA, G. B. et al. **Coquetéis vegetais para manejo de solo em sistemas irrigados de cultivo orgânico de manga no submédio São Francisco.** Rio de Janeiro: Embrapa Solos. Circular Técnica, 37, 2007.

SILVA, C. A. et al. Mineralização de nitrogênio e enxofre em solos brasileiros sob influência da calagem e fósforo. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 34, n. 9, p. 1679–1689, 1999.

SILVA, H. R. et al. **Cultivo do meloeiro para o norte de Minas Gerais.** Brasília, DF. Brasil: Embrapa Hortaliças, (Circular Técnica, 20), 2000.

SILVA, M. S. L. DA et al. **Produção de fitomassa de espécies vegetais para adubação verde no Submédio São Francisco.** Petrolina-PE: Embrapa Semi-Árido. Instruções Técnicas da Embrapa Semi-árido, no 71, 2005.

SILVA JUNIOR, M. J DA et al. Acúmulo de matéria seca e absorção de nutrientes pelo meloeiro “ pele-de-sapo ”. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v. 10, n. 2, p. 364–368, 2006.

SISTI, C. P. J. et al. Change in carbon and nitrogen stocks in soil under 13 years of conventional or zero tillage in southern Brazil. **Soil and Tillage Research**, v. 76, n. 1, p. 39–58, mar. 2004.

SOARES, J. L. N.; ESPINDOLA, C. R.; PEREIRA, W. L. M. Physical Properties Of Soils Under Intensive Agricultural Management. **Sci. Agric. (Piracicaba, Braz.)**, v. 62, n. 2, p. 165–172, 2005.

SORATTO, R. P. et al. Produção , decomposição e ciclagem de nutrientes em resíduos de crotalaria e milheto , cultivados solteiros e consorciados. **Pesq. agropec. bras., Brasília**, v. 47, n. 10, p. 1462–1470, 2012.

SOUZA, T. R. DE et al. Dinâmica de nutrientes na solução do solo em pomar fertirrigado de citros. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 47, n. 6, p. 846–854, 2012.

SPARKS, D. L. Bioavailability of soil potassium. In: SUMNER, M.E. (Ed.). Boca Raton: CRC Press,. In: **Handbook of soil science**. [s.l: s.n.]. p. Section D. p.48.

STAVI, I.; LAL, R. Agriculture and greenhouse gases , a common tragedy . A review. **Agron. Sustain. Dev.**, n. 33, p. 275–289, 2013.

STONE, L. F.; MOREIRA, J. A. A. Efeitos de sistemas de preparo do solo no uso da água e na produtividade do feijoeiro. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 35, n. 4, p. 835–841, 2000.

STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M. Efeitos do sistema de preparo e da rotação de culturas na porosidade e densidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, n. 1, p. 395–401, 2001.

STUTE, J. K.; POSNER, J. L. Synchrony between Legume Nitrogen Release and Corn Demand in the Upper Midwest. **Agronomy Journal**, v. 87, n. 6, p. 1063–1069, 1995.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre, RS, Brazil: Artmed, 2013.

TEIXEIRA, C. M. et al. Liberação de macronutrientes das palhadas de milheto solteiro e consorciado com feijão-de-porco sob cultivo de feijão. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 34, p. 497–505, 2010.

- TEÓFILO, T. M. S. et al. Eficiência no uso da água e interferência de plantas daninhas no meloeiro cultivado nos sistemas de plantio direto e convencional. **Planta Daninha**, v. 30, n. 3, p. 547–556, 2012.
- TORRE, L. J. R.; PEREIRA, G. M.; FABIAN, J. A. Produção de fitomassa por plantas de cobertura e mineralização de seus resíduos em plantio direto. **Pesq. agropec. bras.**, v. 43, n. 3, p. 421–428, 2008.
- TORRES, J. L. R.; PEREIRA, M. G. Produção e decomposição de resíduos culturais antecedendo milho e soja num latossolo no cerrado mineiro. **Comunicata Scientiae**, v. 5, n. 4, p. 419–426, 2014.
- TREZZI, M. M.; VIDAL, R. A. Potencial de utilização de cobertura vegetal de sorgo e milheto na supressão de plantas daninhas em condição de campo: II - Efeitos da cobertura morta. **Planta Daninha**, v. 22, n. 1, p. 1–10, 2004.
- TROEH, F. R.; THOMPSON, L. M. **Soils and Soil Fertility**. 6. ed. Oxford: Blackwell Publishing, 2007.
- TURMEL, M.-S. et al. Crop residue management and soil health: A systems analysis. **Agricultural Systems**, v. 134, p. 6–16, 2015.
- VADEZ, V. et al. Adaptation of grain legumes to climate change: a review. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 32, n. 1, p. 31–44, 16 mar. 2011.
- WARD, P. R. et al. Consistent plant residue removal causes decrease in minimum soil water content in a Mediterranean environment. **Biologia**, v. 68, n. 6, p. 1128–1131, 20 out. 2013.
- WENDLING, B. et al. Carbono orgânico e estabilidade de agregados de um Latossolo Vermelho sob diferentes manejos. **Pesq. agropec. bras.**, v. 40, n. 5, p. 487–494, 2005.
- WMO. **Weather extremes in a changing climate: hindsight on foresight. PTC-2011/Final Report**. Geneva. 2011: [s.n.].
- WU, W.; MA, B. Integrated nutrient management (INM) for sustaining crop productivity and reducing environmental impact: A review. **Science of the Total Environment**, v. 512–513, p. 415–427, 2015.
- ZAMBROSI, F. C. B.; ALLEONI, L. R. F.; CAIRES, E. F. Liming and ionic speciation of an oxisol under no-till system. **Sci. Agric. (Piracicaba, Braz.)**, v. 65, n. 2, p. 190–203, 2008.
- ZIBILSKÉ, L. ; BRADFORD, J. ; SMART, J. . Conservation tillage induced changes in organic carbon, total nitrogen and available phosphorus in a semi-arid alkaline subtropical soil. **Soil and Tillage Research**, v. 66, n. 2, p. 153–163, jul. 2002.
- ZIGLIO, C. M.; MIYAZAWA, M. Formas Orgânicas e Inorgânicas de Mobilização do Cálcio no Solo. **Braz. Arch. Biol. Technol.**, v. 42, n. 2, 1999.

ANEXO

Croqui da Área do Experimento

Fazenda Bebedouro, Embrapa – Semiárido / Petrolina- PE.

