

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CÂMPUS DE BOTUCATU

**EFEITO DO COMPOSTO ORGÂNICO E ADUBAÇÃO POTÁSSICA EM
ATRIBUTOS DO SOLO E DA BETERRABA**

FELIPE OLIVEIRA MAGRO

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da UNESP - Câmpus de
Botucatu, para obtenção do título de Doutor
em Agronomia (Horticultura)

BOTUCATU – SP

Novembro - 2012

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CÂMPUS DE BOTUCATU

**EFEITO DO COMPOSTO ORGÂNICO E ADUBAÇÃO POTÁSSICA EM
ATRIBUTOS DO SOLO E DA BETERRABA**

FELIPE OLIVEIRA MAGRO

Orientador: Prof. Dr. Antonio Ismael Inácio Cardoso

Coorientador: Prof. Dr. Dirceu Maximino Fernandes

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da UNESP - Câmpus de
Botucatu, para obtenção do título de Doutor
em Agronomia (Horticultura)

BOTUCATU – SP

Novembro – 2012

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

Magro, Felipe Oliveira, 1984-
M212e Efeito do composto orgânico e adubação potássica em atributos do solo e da beterraba / Felipe Oliveira Magro. - Botucatu : [s.n.], 2012
 iii, 109 f. : gráfs. color., tabs., fots. color.

Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu, 2012
Orientador: Antonio Ismael Inácio Cardoso
Co-orientador: Dirceu Maximino Fernandes
Inclui bibliografia

1. Adubação orgânica. 2. Beterraba. 3. Marcha de absorção. 4. Plantas - Efeito do potássio. 5. Plantas - Nutrição. I. Cardoso, Antonio Ismael Inácio. II. Fernandes, Dirceu Maximino. III. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agronômicas. IV. Título.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: "EFEITO DO COMPOSTO ORGÂNICO E ADUBAÇÃO POTÁSSICA
EM ATRIBUTOS DO SOLO E DA BETERRABA"

ALUNO: FELIPE OLIVEIRA MAGRO

ORIENTADOR: PROF. DR. ANTONIO ISMAEL INÁCIO CARDOSO
CO-ORIENTADOR: PROF. DR. DIRCEU MAXIMINO FERNANDES

Aprovado pela Comissão Examinadora



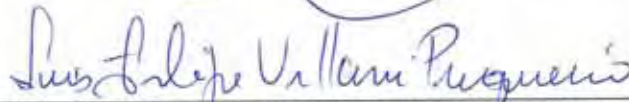
PROF. DR. ANTONIO ISMAEL INÁCIO CARDOSO



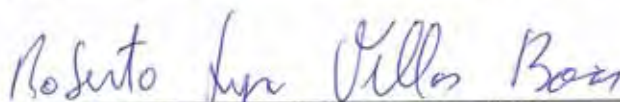
PROF. DR. LUIZ ANTONIO AUGUSTO GOMES



PROF. DR. ARTHUR BERNARDES CECILIO FILHO



PROF. DR. LUIS FELIPE VILLANI PURQUERIO



PROF. DR. ROBERTO LYRA VILLAS BÔAS

Data da Realização: 23 de novembro de 2012.

Ao meu avô Heber Bueno de Oliveira (*in memoriam*)
Pelo exemplo, confiança , caráter e incentivo

OFEREÇO

Aos meus pais Bete e Wagner e minha avó Wilma
Pelo amor, paciência, compreensão e carinho

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, por todas as graças concedidas em minha vida, inclusive aquelas que não soube reconhecer.

À minha família, meus pais e avós maternos já citados aqui, além da minha irmã Flávia e meu cunhado Gustavo e também meus avós Iolanda e Walter, por tudo.

À Gabriela e sua família, pelo apoio e acolhimento.

Ao professor Ismael, pela orientação, atenção, paciência, e, principalmente, por ser um exemplo profissional e pessoal.

Ao professor Dirceu, pela co-orientação, incentivo e ensinamentos.

À professora Regina, pela ajuda e contribuição na parte de pós-colheita e pela disponibilidade.

Aos membros da banca examinadora, que aceitaram contribuir com este trabalho.

Aos amigos que ajudaram diretamente neste trabalho: Manoel Xavier, Humberto, Ariane, Erick, Manoel Eusébio, Carla, William, Éwerton, Camila e Ana Emília.

Aos amigos de Botucatu: Pâmela, Maurinho, Marina, Felipe Vitorio e Andrea.

Aos amigos-irmãos de Lavras e Jundiaí, que sempre torceram por mim.

Aos funcionários da Fazenda Experimental São Manuel, pela cooperação durante a execução do experimento.

Aos funcionários do departamento de Horticultura, Solos, Ciências Ambientais, Biblioteca, Pós-graduação e Transportes.

À empresa Bejo, pela doação das sementes utilizadas neste experimento.

À Capes, pela bolsa concedida.

À Faculdade de Ciências Agrônômicas (FCA/UNESP), pela oportunidade da execução do Doutorado.

SUMÁRIO

1. RESUMO	1
2. SUMMARY	3
3. INTRODUÇÃO	5
4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	7
4.1 Aspectos gerais da cultura	7
4.2 Acúmulo de nutrientes	9
4.3 Adubação orgânica	11
4.4 Adubação potássica em cobertura.....	14
5. MATERIAL E MÉTODOS.....	17
5.1 Localização e caracterização da área experimental	17
5.2 Caracterização do solo	18
5.3 Descrição do composto.....	18
5.4 Tratamentos e delineamento experimental	19
5.5 Adubação	20
5.6 Obtenção das mudas e condução das plantas.....	20
5.7 Características avaliadas	21
5.7.1 Monitoramento da decomposição do composto orgânico	23
5.7.2 Propriedades químicas do solo	24
5.7.3 Características vegetativas.....	24
5.7.4 Acúmulo de nutrientes.....	24
5.7.5 Marcha de absorção de nutrientes	25
5.7.6 Caracterização das raízes.....	26
5.7.7 Características físico-químicas	26
5.8 Análise estatística	27
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
6.1 Temperaturas observadas durante a condução do experimento.....	28
6.2 Resumo das análises de variância.....	29
6.3 Monitoramento da decomposição do composto orgânico	37
6.4 Propriedades químicas do solo	41
6.5 Características vegetativas	53
6.6 Acúmulo de nutrientes	59
6.7 Marcha de absorção	69
6.7.1 Acúmulo de massa da matéria seca	69
6.7.2 Macronutrientes	73
6.7.2.1 Acúmulo na parte aérea.....	75
6.7.2.2 Acúmulo de macronutrientes na raiz	79
6.7.2.3 Acúmulo de macronutrientes pela planta inteira.....	82
6.7.3 Distribuição percentual dos macronutrientes: parte aérea e raiz	88
6.8 Caracterização das raízes	90
6.9 Características físico-químicas das raízes.....	96
7. CONCLUSÕES	101
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	102

1. RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar a resposta da beterraba à doses de composto orgânico e adubação potássica em cobertura, e o efeito destes em atributos do solo. Foi realizado um experimento na Fazenda Experimental São Manuel (FCA/UNESP), localizada em São Manuel-SP, com 10 tratamentos, em esquema fatorial 5 x 2, e delineamento experimental em blocos ao acaso, com quatro repetições. Foram avaliadas cinco doses de composto orgânico (0; 20; 40; 60 e 80 t ha⁻¹) na presença (60 kg ha⁻¹ de K₂O) e ausência da adubação potássica em cobertura. Para todos os tratamentos foi feita adubação com nitrogênio, fósforo e potássio no plantio, de acordo com a análise de solo. As características avaliadas foram: propriedades químicas do solo ao longo do ciclo, características vegetativas (altura; número de folhas; massa fresca e seca da parte aérea, raiz e da planta e área foliar) ao longo do ciclo, acúmulo e exportação de macronutrientes (nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre) e produção (massa média, produtividade, diâmetro e comprimento das raízes). As doses de composto orgânico proporcionaram efeito positivo nas propriedades químicas do solo durante todas as épocas avaliadas. A ordem decrescente dos macronutrientes exportados pelas raízes de beterraba foi: potássio > nitrogênio > fósforo > magnésio > enxofre > cálcio. A ordem decrescente dos macronutrientes acumulados pela planta foi: potássio > nitrogênio > magnésio > cálcio > fósforo > enxofre. O período de maior demanda para a maioria dos macronutrientes foi dos 29 aos 43 dias após o transplante (DAT). Para produção, observou-se efeito quadrático para as doses de composto com máxima produtividade com 52 t ha⁻¹. A adubação potássica em cobertura não proporcionou aumento na produção, indicando

que a adubação potássica de plantio foi suficiente para suprir a demanda de potássio pela beterraba.

Palavras-chave: *Beta vulgaris*, adubação orgânica, potássio, marcha de absorção.

EFFECT OF ORGANIC COMPOST AND POTASSIUM FERTILIZATION ON SOIL AND BEET PROPERTIES. Botucatu, 2012. 109p. Tese (Doutorado em Agronomia/Horticultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: FELIPE OLIVEIRA MAGRO

Adviser: ANTONIO ISMAEL INÁCIO CARDOSO

Co-adviser: DIRCEU MAXIMINO FERNANDES

2. SUMMARY

The aim of this work was to evaluate the response of beet in function organic compost levels and potassium fertilization, and their effects on soil properties. The experiment was conducted at São Manuel Experimental Farm (FCA/UNESP), in São Manuel-SP, with 10 treatments in factorial scheme 5x2, and randomized complete blocks design, with four replications. Five compost levels (0, 20, 40, 60 and 80 t ha⁻¹) were evaluated in the presence (60 kg ha⁻¹ of K₂O) and absence of potassium fertilization in coverage. For all treatments was done fertilization with nitrogen, phosphorus and potassium at planting, according to soil analysis. The characteristics evaluated were: soil chemical properties during the cycle, vegetative characteristics (height; number of leaves; fresh and dry weight of shoot, root and total plant; and leaf area) during the cycle, accumulation and exportation of macronutrients (nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, magnesium and sulfur) and production (fresh weight, yield, root length and diameter). The organic compost levels provide positive effects on the soil chemical properties during all periods evaluated. The order of nutrients exported by the beet roots was: potassium > nitrogen > phosphorous > magnesium > sulfur > calcium. The order of nutrients accumulated in the beet plant was: potassium > nitrogen > magnesium > calcium > phosphorus > sulfur. The period with the biggest demand for most of macronutrients was from 29 to 43 days after transplantation (DAT). For production, it was observed quadratic effect for compost levels with the highest yield with 52 t

ha⁻¹. Potassium fertilization in coverage did not provide increase in production, indicating that potassium fertilization at planting was sufficient to support the demand of potassium for beets.

Keywords: *Beta vulgaris*, organic fertilization, potassium, absorption march.

3. INTRODUÇÃO

Devido ao crescente interesse por parte de produtores em cultivos mais sustentáveis, torna-se fundamental o estudo da adubação orgânica, a qual além de fornecer nutrientes, contribui para melhorar as características físicas do solo e auxilia no aumento da diversidade biológica.

Os compostos orgânicos apresentam quantidades variadas de nutrientes, dependendo de sua procedência. Além disso, a mineralização dos nutrientes ocorre em períodos diferentes após a sua aplicação ao solo, e em função dessas diferenças ocorrem dúvidas do quanto se deve aplicar. Com estudos mais intensivos que tratem da decomposição e liberação de nutrientes de adubos orgânicos, as adubações podem ser otimizadas para desempenharem funções benéficas durante o ciclo das culturas.

Uma outra ferramenta que pode ser utilizada para maximizar o efeito das adubações é a curva de acúmulo de nutrientes e massa seca. O conhecimento da quantidade de nutrientes acumulada na planta, em cada estágio de desenvolvimento, fornece informações importantes no programa de adubação das culturas.

Com relação à beterraba (*Beta vulgaris*), são escassas as informações na literatura mostrando a exigência nutricional desta cultura. Diferentemente da recomendação da adubação de plantio para esta hortaliça, que considera o teor de K^+ trocável no solo, a recomendação da adubação potássica em cobertura não é baseada em critérios sólidos, o que torna a escolha da dose a ser aplicada algo subjetivo. Além disto, as doses recomendadas não fazem distinção para o tipo de propagação utilizada, se através de semeadura direta ou

transplante de mudas. Ou seja, a mesma dose está sendo recomendada para plantas com estádios fenológicos diferentes, o que evidencia a necessidade de mais estudos sobre a adubação em cobertura para essa cultura.

Em virtude da rápida liberação do potássio presente em fertilizantes orgânicos e do curto período que a beterraba permanece no campo, principalmente quando propagada através de mudas, estabeleceu-se a hipótese de que o fornecimento deste nutriente em cobertura poderia ser eliminado em solos adubados com fertilizantes minerais no plantio e composto orgânico. A adubação potássica recomendada para a instalação do cultivo juntamente com o composto orgânico aplicado, já poderiam ser capazes de fornecer a quantidade necessária deste nutriente para as plantas.

Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a resposta da beterraba à doses de composto orgânico e adubação potássica em cobertura, e o efeito destes em atributos do solo.

4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 Aspectos gerais da cultura

A beterraba (*Beta vulgaris*), pertencente à família Chenopodiaceae, originou-se em regiões européias e norte africanas de clima temperado. Em vários países da Europa, América do Norte e da Ásia, o cultivo da beterraba é de grande importância econômica e o nível de tecnificação da cultura é avançado, principalmente das variedades açucareiras e forrageiras. No Brasil, a beterraba é explorada por produtores em áreas próximas a grandes centros (SOUZA et al., 2003).

Segundo o Censo Agropecuário de 2006 (IBGE, 2009), no Brasil existem 21.937 estabelecimentos agrícolas que produzem 177.154 toneladas de beterraba. Os cinco principais estados produtores são: Paraná, São Paulo, Minas Gerais, Rio Grande do Sul e Bahia. Os produtores de beterraba movimentam 256,5 milhões de reais por ano. No varejo, o valor da cadeia produtiva desta hortaliça atingiu 841,2 milhões de reais em 2010 (TIVELLI et al., 2011).

A coloração da beterraba deve-se à presença de betalaínas, produtos naturais provenientes do metabolismo secundário e pertencente ao grupo dos compostos secundários nitrogenados. As betalaínas foram um dos primeiros corantes naturais a serem empregados na indústria de alimentos. Além das propriedades colorantes, as betalaínas são apontadas como nova classe de antioxidantes dietéticos, devido a sua capacidade de sequestrar

radicais livres. O consumo de beterraba regularmente na dieta pode fornecer proteção e prevenção contra determinadas doenças, como alguns tipos de câncer (TIVELLI et al., 2011). Sob o ponto de vista nutricional, a beterraba apresenta-se rica em vitamina B1, B2, B5, C, açúcar, ferro, cobre, zinco e manganês. Possui também algumas propriedades medicinais como ação laxativa e neutralizadora dos ácidos e por ser rica em ferro é muito útil na formação de glóbulos vermelhos, daí sua importância contra a anemia (SOUZA et al., 2003).

As folhas da beterraba também são de grande valor nutricional. De acordo com Sartorelli (1998), a utilização da parte vegetativa da beterraba na dieta humana constitui-se numa fonte promissora de nutrientes, principalmente na forma desidratada. Portanto, a utilização do material seco, na forma de farinha, poderia ser adicionado a produtos industrializados, como pães, macarrão, biscoitos e outros com o objetivo de aumentar o teor de fibras, minerais e vitaminas desses produtos.

A beterraba pode ser cultivada pelo sistema de semeadura direta, porém ela é caracterizada como a única hortaliça tuberosa que permite o transplante, sendo assim, pode-se adotar a produção de mudas em bandejas. Neste sistema, verifica-se o estabelecimento da cultura com espaçamento ou população pré-determinada de plantas, com mudas de tamanho selecionado e uniforme, com menos problemas fitossanitários devido ao menor manuseio das mudas e à ausência de pragas e patógenos no substrato, menor choque de transplante pela presença de substrato, e menor competição com plantas daninhas, garantindo melhores estandes. Além disso, o sistema de bandejas multicelulares apresenta a vantagem de aumentar o número de plantas por unidade de área no viveiro, principalmente com a possibilidade de utilização de bandejas com maior número de células, reduzindo, assim, o custo de produção de mudas. Além disto, como as culturas estabelecidas através do plantio por mudas ficam menos tempo no campo, o uso mais intenso do solo possibilita a obtenção de maior número de ciclos e, conseqüentemente, maior produtividade por área e por ano (HORTA et al., 2001).

A utilização de bandejas no estabelecimento da cultura da beterraba também é justificada devido ao aumento na utilização de híbridos, em substituição às cultivares de polinização aberta nos últimos anos. As cultivares híbridas utilizadas atualmente apresentam maior resistência a doenças fúngicas foliares e maior precocidade, em relação às cultivares tradicionais. Também apresentam coloração uniforme, sem anéis concêntricos mais

claros, quando comparadas com cultivares de polinização aberta, além de coloração verde acentuado nas folhas, para atender aos produtores que as comercializam em maços (FILGUEIRA, 2003).

A beterraba é uma hortaliça exigente em termos nutricionais, requerendo um programa de adubação equilibrado capaz de repor os nutrientes extraídos pela cultura, evitando assim o esgotamento do solo (MARQUES et al., 2010). A exemplo de outras olerícolas, a nutrição mineral é um dos fatores que contribuem para a produtividade e qualidade da beterraba. Dessa forma, os nutrientes devem ser aplicados de acordo com as exigências da cultura, nas quantidades e épocas corretas. Uma das ferramentas utilizadas no balanceamento das adubações é a marcha de absorção de nutrientes, expressa sob a forma de curvas em função da idade da planta (NUNES et al., 1981).

4.2 Acúmulo de nutrientes

Nos últimos anos, os produtores, entre outros aspectos, têm procurado aumentos na produtividade com redução nos custos de produção. Para isso, é necessário que as práticas culturais como às adubações sejam realizadas com eficiência, sem desperdício (KANO, 2006). Dessa forma, sabe-se que os nutrientes devem ser aplicados de acordo com a exigência da cultura, nas quantidades e épocas corretas.

Segundo Machado et al. (1982), a análise quantitativa de crescimento é o primeiro passo na análise da produção das culturas. As informações para esse estudo são obtidas a certos intervalos de tempo durante o ciclo produtivo. Durante o desenvolvimento da planta, esta apresenta taxas de crescimento, características a cada estágio, e que podem ser modificadas em sua extensão em função das condições climáticas (PEIXOTO, 2011).

Avaliar o crescimento de hortaliças na região de cultivo, a partir da mensuração da matéria seca acumulada pela planta e seus órgãos, é fundamental ao planejamento de métodos de cultivo que expressem o máximo potencial produtivo das plantas (VIDIGAL et al., 2007). A produção de matéria seca de planta é utilizada para indicar a intensidade de crescimento da mesma, cujo conhecimento possibilita melhor entendimento dos

fatores relacionados com a nutrição mineral, como a adubação, visto que a absorção de nutrientes é influenciada pela taxa de crescimento da planta (MARSCHNER, 1995). A análise de crescimento e o acúmulo de nutrientes podem ser úteis no estudo do desenvolvimento vegetal sob diferentes condições ambientais, visando o aumento produtivo e qualitativo (FELTRIM, 2008). Esses estudos possibilitam acompanhar o desenvolvimento das plantas como um todo e a contribuição dos diferentes órgãos no crescimento total, permitindo conhecer o seu funcionamento e suas estruturas (BENINCASA, 1988; LIEDGENS, 1993).

O uso de curvas de acúmulo de nutrientes para as diversas espécies de hortaliças, como um parâmetro para a recomendação de adubação, mostra-se como uma boa indicação da necessidade de nutrientes em cada etapa de desenvolvimento da planta; contudo, essas informações são ainda bastante limitadas. Em função das curvas de acúmulo de nutrientes, podem ser obtidas as taxas diárias de absorção dos mesmos e utilizar essa informação para definir as quantidades e proporções entre os nutrientes a serem aplicados conforme o desenvolvimento da planta (FURLANI & PURQUERIO, 2010). Entretanto, ressalta-se que estas curvas refletem o que a planta necessita, e não o que deve ser aplicado diretamente, uma vez que deve-se considerar a eficiência de aproveitamento dos nutrientes, que é variável segundo as condições climáticas, o tipo de solo, o sistema de irrigação, o manejo cultural, entre outros fatores (VILLAS BÔAS, 2001).

O conhecimento do conteúdo de nutrientes nas plantas, principalmente da parte colhida, é importante para se avaliar a remoção desses nutrientes da área de cultivo, tornando-se um dos componentes necessários para as recomendações econômicas da adubação. A beterraba é considerada uma cultura esgotante do solo em razão da considerável remoção de massa verde no campo por ocasião da colheita, visto que parte da produção é comercializada em maços com folhas, o que valoriza o produto, mas não deixa restos da cultura. Porém, a maior parte comercializada é sem a folhagem. Assim, o conhecimento do balanço de nutrientes, traduzido pela diferença entre a entrada dos elementos via adubação e a sua exportação nos produtos colhidos, é essencial para se manejar a adubação ao longo dos anos (SALGADO et al., 1998).

Como outras hortaliças, a beterraba é muito exigente em nutrientes devido ao seu rápido desenvolvimento, tendo um ciclo vegetativo curto e de intensa produção de matéria seca. Todavia, há um reduzido número de trabalhos que abordam a marcha de

absorção de nutrientes e o acúmulo de massa seca ao longo do ciclo desta hortaliça, sendo que, para a beterraba propagada através de mudas, as informações são ainda mais escassas. Haag & Minami (1987), trabalhando com a cultivar Early Wonder, verificaram aumentos na massa seca da parte aérea e raízes até o final do ciclo da cultura (80 dias), e observaram que a extração de nutrientes foi contínua dos 40 dias até a colheita, acentuando-se aos 60 dias após a semeadura. A quantidade total extraída de macronutrientes para uma população de 330.000 plantas ha^{-1} foi de: 30; 8; 75; 2 e 4 kg ha^{-1} de N, P, K, Ca e Mg, respectivamente.

Também com a cultivar Early Wonder, Grangeiro et al. (2007) verificaram em uma população de 333.000 plantas ha^{-1} e produtividade de 30 t ha^{-1} , que os nutrientes fósforo e potássio acumularam-se preferencialmente nas raízes, enquanto nitrogênio, cálcio e magnésio na parte vegetativa, sendo que a ordem decrescente dos nutrientes acumulados pela planta foi: $\text{N} > \text{K} > \text{Mg} > \text{Ca} > \text{P}$. Nas raízes, as quantidades totais de N, P, K, Ca e Mg exportadas foram respectivamente de 88; 6,1; 93,2; 12,1 e 16,8 kg ha^{-1} .

Já Sedyama et al. (2011), ao avaliarem também a cultivar Early Wonder, verificaram que para uma população de 400.000 plantas ha^{-1} e produtividade média de 34,22 t ha^{-1} , as quantidades de N, P, K, Ca, Mg e S exportadas pelas raízes foram 140; 24; 180; 8; 17 e 5 kg ha^{-1} .

São raras, na literatura, publicações que relacionem a quantidade de fertilizante orgânico aplicado com a exigência nutricional da beterraba, sendo necessário o conhecimento quanto à absorção de nutrientes extraídos por esta hortaliça em função da aplicação de adubos orgânicos, para definição de programas de adubação.

4.3 Adubação orgânica

É conhecida a importância e necessidade de uso de adubos orgânicos em hortaliças devido ao seu efeito nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. A importância torna-se ainda maior em solos tropicais, onde a decomposição de matéria orgânica ocorre com maior intensidade (VILLAS BÔAS et al., 2004). A velocidade de decomposição da matéria orgânica é influenciada por diversos fatores, tais como: composição química do

material, presença de oxigênio no solo, temperatura e umidade do solo e atividade dos microorganismos. Portanto, materiais orgânicos que tenham baixa relação C/N, em condições de clima tropical (chuvas abundantes e altas temperaturas), onde o solo seja bem aerado (oxigênio em níveis adequados nos espaços porosos), tendem a se decompor de forma mais rápida.

A grande maioria dos trabalhos encontrados na literatura diz respeito ao uso de esterco, resíduos líquidos e restos vegetais, reportando seu efeito como melhoradores do solo e fornecedores de nutrientes. Embora parte dessa informação possa ser extrapolada e assumida como válida no que diz respeito ao uso de compostos, estes têm uma dinâmica no solo bastante diversa dos materiais em estado cru, por ser uma matéria orgânica decomposta e estabilizada (VILLAS BÔAS et al., 2004).

A compostagem pode ser definida como um método de manejar resíduos sólidos de origem vegetal e animal, por processo de decomposição microbiológica sob condições controladas, obtendo-se um produto final rico em húmus que pode ser manejado, estocado e aplicado ao solo como insumo agrícola, melhorando as condições do solo e da cultura nele instalado (KIEHL, 2010).

A compostagem, além de possibilitar a reciclagem de resíduos vegetais e animais, fornece nutrientes prontamente disponíveis, apresenta efeito residual e permite a higienização do material eliminando propágulos de ervas, patógenos e compostos indesejáveis (SOUZA & RESENDE, 2003).

As doses recomendadas de matéria orgânica situam-se, geralmente, entre 10 a 100 t ha⁻¹ de composto orgânico, porém níveis mais elevados não são incomuns. Contudo, estas doses variam muito com as culturas, com a qualidade e origem dos materiais empregados, com as características originais do solo, com o tempo de manejo e as condições ambientais (SANTOS, 2005; VILLAS BÔAS et al., 2004).

A aplicação de matéria orgânica humificada aos solos tem sido recomendada como maneira de controlar a toxidez causada às culturas agrônômicas por certos elementos encontrados acima do normal, como alumínio, ferro e manganês. O controle da toxidez é geralmente feito pela aplicação de fertilizante orgânico devido à propriedade do húmus em fixar, complexar ou quelatar esses elementos (KIEHL, 2010). Segundo Damatto et al. (2006), a matéria orgânica do solo pode apresentar um efeito semelhante ao da calagem, na

correção da acidez e na neutralização de níveis tóxicos de alumínio. O aumento do pH do solo devido à adição de resíduos orgânicos tem sido atribuído à própria adsorção de hidrogênio e alumínio na superfície do material orgânico.

Um outro efeito da aplicação de composto orgânico é atribuído ao suprimento de macro e micronutrientes, de forma equilibrada. A disponibilidade de fósforo às plantas pode ser incrementada pela adição da matéria orgânica. Durante a decomposição desta, combinada com a disponibilidade de fósforo mineral, pode ocorrer uma menor exposição deste nutriente aos mecanismos de fixação encontrados no solo. A matéria orgânica desprende gás carbônico e ácidos orgânicos, gerando também quelados, que reduzem a ação dos cátions Ca, Fe e Al, com os quais o fósforo forma sais insolúveis (KIEHL, 2010).

Quase todos os fertilizantes orgânicos apresentam potássio em sua composição. A concentração de K nesses materiais é pequena, normalmente entre 2 e 4%, e muito variável, principalmente dependente do estágio de decomposição dos resíduos e da forma como foram armazenados. Todo o K nos adubos orgânicos já se encontra mineralizado e, por isso, tem disponibilidade semelhante do K oriundo dos fertilizantes minerais (ERNANI et al., 2007).

A matéria orgânica oferece valiosa contribuição no fornecimento de cálcio e magnésio, pois elevados teores de húmus no solo garantem o suprimento desses às raízes, os colóides inorgânicos e orgânicos adsorvem eletrostaticamente (por fenômeno físico-químico) o cálcio e o magnésio, retendo-os em uma forma trocável, disponível às plantas, exercendo o importante papel de evitar perdas por lavagem pela água das chuvas (KIEHL, 2010). Cardoso et al. (2011) observaram aumentos lineares nos teores de cálcio e magnésio do solo cultivado com alface para produção de sementes, em função de doses de composto orgânico que variaram de 0 a 120 t ha⁻¹. O aumento nos teores desses nutrientes refletiu em maiores valores de soma de bases, CTC e saturação por bases ao final do ciclo da cultura.

Na literatura consultada, foram encontradas poucas informações relacionando à influência da adubação orgânica com a produção de beterraba. Marques et al. (2010), ao avaliarem doses de 0 a 80 t ha⁻¹ de esterco bovino na produção de beterraba, cultivar Early Wonder, obtiveram maiores valores de produtividade com a dose máxima. Já Sedyama et al. (2011), utilizando a mesma cultivar, verificaram que doses de lodo de

decantação de água residuária de suinocultura (0 a 60 t ha⁻¹) não proporcionaram diferença na massa fresca da parte aérea e raízes de beterraba.

Em outras hortaliças, como exemplo alface, Yuri et al. (2004), ao avaliarem cinco doses de composto orgânico (0; 20; 40; 60 e 80 t ha⁻¹) na cultivar Raider, obtiveram resposta significativa para as características de massa fresca total e comercial, circunferência da cabeça e diâmetro do caule, com efeito quadrático para todas elas.

Rodrigues & Sumioka (2003) avaliaram quatro doses de composto orgânico (0; 3; 6 e 9 t ha⁻¹ de matéria seca) juntamente com outras duas fontes (composto enriquecido e cama de frango) na cultura do cará, e verificaram que tanto as fontes quanto as doses não influenciaram significativamente a produtividade de rizomas. Os autores atribuíram o resultado ao solo da área experimental, que apresentava níveis de fertilidade satisfatórios para as exigências nutricionais do cará.

Em brócolis, Diniz et al. (2008) obtiveram produção mais elevada em função da maior dose de composto orgânico empregada no experimento (25 t ha⁻¹ de composto), e também constataram que a quantidade de massa seca acumulada cresceu com o aumento de doses de composto orgânico, as quais também proporcionaram maiores taxas de crescimento relativo. Também em brócolis, Magro et al. (2010) obtiveram maior produção de sementes em função de doses crescentes de composto orgânico (0 a 120 t ha⁻¹), sendo que neste trabalho os autores verificaram que dentre os teores de nutrientes do solo, o potássio foi o único em que houve aumento em função das doses, um mês após a aplicação do composto.

4.4 Adubação potássica em cobertura

O potássio (K) é um mineral essencial às plantas, com inúmeros efeitos no seu crescimento e qualidade, tais como: controle de água na planta (extensão celular, abertura dos estômatos, transporte no floema, compensação de carga); ativador das principais enzimas (ATPase, das sínteses de amido e de proteínas); na resistência aos estresses em geral (seca, salinidade, baixa temperatura) e na resistência às doenças. Entre os efeitos do K sobre os processos da rizosfera podem ser mencionados: melhor partição de carboidratos entre parte aérea e raízes devido ao melhor carregamento de açúcares no floema; maior eficiência do uso

da água; melhor taxa de fotossíntese; maior exsudação das raízes na rizosfera; redução do pH da rizosfera, melhorando a disponibilidade de fósforo e de micronutrientes (HÖMHELD, 2005). Além desses benefícios, o potássio é conhecido como o nutriente da qualidade, por causa de seu importante efeito sobre o tamanho, forma, cor, sabor e resistência dos produtos hortícolas ao armazenamento (CHITARRA, 2005).

Para a correta aplicação do potássio é necessário considerar determinados aspectos. Além da dose a ser aplicada, juntamente com o tipo de fertilizante utilizado, um dos fatores que mais influenciam no manejo da adubação potássica é a época de aplicação.

A época de aplicação dos fertilizantes potássicos ao solo depende do teor de K disponível, da CTC do solo, da espécie vegetal e da quantidade a ser aplicada. Em algumas situações, a adubação potássica deve ser parcelada em duas ou três vezes, e isso ocorre para solos arenosos, de baixa CTC, ou quando a dose a ser aplicada na semeadura é muito alta, independentemente da CTC. Solos com baixa CTC têm pequena capacidade de adsorver K. Sendo assim, recomenda-se aplicar parte do K na semeadura e o restante em cobertura, à semelhança do que é feito para os fertilizantes nitrogenados, com a finalidade de evitar perdas do nutriente por lixiviação (ERNANI et al., 2007) Segundo Brady (1989), aplicações de pequenas quantidades de potássio e com maior frequência, proporcionam, em geral, melhores resultados do que aquelas mais abundantes e menos freqüentes.

Como todos os fertilizantes potássicos têm eficiência agrônômica semelhante em termos de suprimento de K às plantas, a opção de compra geralmente recai sobre o menor custo de unidade de K, o qual é o cloreto de potássio (KCl). É um fertilizante com elevado índice salino, que pode prejudicar a germinação ou crescimento inicial das plantas, se aplicado muito próximo das sementes, principalmente em solos com baixa CTC. Por isso, quando as doses aplicadas são altas, acima de 80 ou 100 kg ha⁻¹ de K₂O em solos argilosos, ou acima de 50 kg ha⁻¹ em solos arenosos, recomenda-se aplicar somente uma parte do adubo junto à semeadura. O restante deverá ser aplicado em cobertura (ERNANI et al., 2007).

A beterraba é considerada moderadamente ou bastante exigente em potássio, existindo certa controvérsia entre os autores. Entretanto, são poucos os trabalhos relativos ao efeito de doses desse nutriente na produção dessa hortaliça (TRANI et al., 1993).

Grangeiro et al. (2007) verificaram que o potássio foi o nutriente mais exportado pelas raízes de beterraba, equivalente a $93,2 \text{ kg ha}^{-1}$ de K (52% do total acumulado), sendo este nutriente mais acumulado nas raízes do que na parte aérea.

Alguns boletins oficiais de adubação não recomendam a adubação do potássio em cobertura para esta hortaliça, como é o caso de Minas Gerais (CASALI, 1999). Já em São Paulo, Trani et al. (1997) recomendam a aplicação de 30 a 60 kg ha^{-1} de K_2O , parceladas em três aplicações.

A maioria dos trabalhos que relacionam as doses de um nutriente com a produção de beterraba refere-se ao nitrogênio. Em relação ao potássio, para a maioria das hortaliças, há poucas informações na literatura brasileira tratando da aplicação deste nutriente em cobertura (LUZ et al., 2009).

Em ervilha torta, Salata et al. (2011) verificaram que não houve aumento na produção e também não foi alterada a qualidade dos frutos com o aumento das doses de potássio fornecidas, provavelmente pelo solo já apresentar alto teor deste nutriente, segundo os autores.

Já em abobrinha-de-moita, Araújo (2011) concluiu que as doses de potássio em cobertura utilizadas no experimento (0 a $400 \text{ kg de K}_2\text{O ha}^{-1}$) não proporcionaram ganhos em produtividade, mesmo com baixo teor de K no solo.

Em cenoura, Zanfirov et al. (2012) verificaram que as doses de potássio em cobertura (0 ; 23 ; 45 ; 68 e $90 \text{ kg de K}_2\text{O ha}^{-1}$) tiveram efeito quadrático sobre a produtividade de raízes, no entanto, observaram que ao aplicar a maior dose de potássio, obteve-se menor produtividade do que a testemunha, mostrando que a adubação em excesso, além de ser desperdício de recursos, pode prejudicar a produção.

5. MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Localização e caracterização da área experimental

O trabalho de pesquisa foi desenvolvido na Fazenda Experimental São Manuel, localizada no município de São Manuel, SP, pertencente à Faculdade de Ciências Agronômicas (FCA) da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Campus de Botucatu. As coordenadas geográficas da área são: 22° 46' de latitude Sul, 48° 34' de longitude Oeste e altitude de 740m.

O clima da região de São Manuel, conforme os critérios adotados por Köppen, baseado nas observações meteorológicas é Cfa (Clima Temperado Mesotérmico). A temperatura média do mês mais quente é superior a 22°C e a precipitação média anual de 1377 mm (CUNHA & MARTINS, 2009).

Os dados diários de temperatura mínima, média e máxima, além da precipitação pluviométrica durante o período de realização do experimento, foram disponibilizados pelo Departamento de Recursos Naturais da Faculdade de Ciências Agronômicas/UNESP.

5.2 Caracterização do solo

O solo foi classificado por Espíndola et al. (1974) como Latossolo Vermelho Escuro fase arenosa, denominado pela nomenclatura do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMPRAPA, 2006) como LATOSSOLO VERMELHO Distrófico Típico. É um solo arenoso, com 836, 116 e 48 g kg⁻¹ de areia, silte e argila, respectivamente. O experimento foi implantado em uma área que havia sido anteriormente cultivada com milho. As principais características químicas deste solo, avaliadas de acordo com a metodologia de Raij et al. (2001), encontram-se nas Tabelas 1 e 2.

Baseado nas interpretações de Raij et al. (1997), o teor de potássio no solo foi classificado como muito baixo, indicando maior possibilidade de respostas à adubação potássica em cobertura.

Tabela 1. Resultado da análise química básica do solo utilizado. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2010.

pH CaCl ₂	M.O. g/dm ³	P _{resina} mg/dm ³	H+Al -----	K	Ca mmol _c /dm ³	Mg -----	SB	CTC	V%
6,3	10	22	13	1,4	36	15	52	65	80

Fonte: Laboratório de análise de solos do Departamento de Recursos Naturais – FCA/UNESP.

Tabela 2. Resultado da análise química de micronutrientes do solo utilizado. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2010.

BORO -----	COBRE	FERRO mg dm ⁻³	MANGANÊS -----	ZINCO
0,13	1,3	23	8,0	1,2

Fonte: Laboratório de análise de solos do Departamento de Recursos Naturais – FCA/UNESP.

5.3 Descrição do composto

Foi utilizado o composto orgânico da empresa Provaso[®]. Segundo a legislação vigente (BRASIL, 2009), que regulamenta as especificações de compostos e

fertilizantes, o produto é classificado como “Fertilizante orgânico composto”, pois é “obtido por processo físico, químico, físico-químico ou bioquímico, natural ou controlado, a partir de matéria-prima de origem industrial, urbana ou rural, animal ou vegetal, isoladas ou misturadas, podendo ser enriquecido de nutrientes minerais, princípio ativo ou agente capaz de melhorar suas características físicas, químicas ou biológicas”. É pertencente à classe “A”, definida como: “fertilizante orgânico que, em sua produção, utiliza matéria-prima de origem vegetal, animal ou de processo da agroindústria, onde não sejam utilizados no processo, metais pesados tóxicos, elementos ou compostos orgânicos sintéticos potencialmente tóxicos, resultando em produtos de utilização segura na agricultura”. Quanto a sua granulometria, é classificado como “Farelado grosso”, pois contém até 5% (cinco por cento) para o percentual retido na peneira de 1,0 milímetro (ABNT nº 18) e até 5% (cinco por cento) para o percentual passante na peneira de 4,8 milímetros (ABNT nº 4). O resultado da análise química do composto orgânico encontra-se na Tabela 3.

Tabela 3. Análise química do composto orgânico utilizado. Resultados em porcentagem na massa seca. FCA/UNESP, Botucatu-SP, 2010.

N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg	S-SO ₄	U-65°C	MO	C
----- ** porcentagem na matéria seca -----								
0,72	0,39	0,30	2,07	3,00	0,19	37,90	41,00	22,78

Fonte: Laboratório de análise de fertilizantes e corretivos do Departamento de Recursos Naturais – FCA/UNESP.

5.4 Tratamentos e delineamento experimental

Foi utilizado o delineamento experimental de blocos ao acaso, em esquema fatorial 5 x 2, sendo cinco doses de composto orgânico, combinadas com a aplicação ou não de potássio em cobertura, com quatro repetições e 64 plantas por parcela. Foi utilizada como referência a dose média de composto orgânico recomendada para a cultura da beterraba (40 t ha⁻¹) por Trani et al. (1997), e, a partir deste valor, doses que variaram da metade até o dobro da recomendada, além da testemunha (0; 20; 40; 60 e 80 t ha⁻¹ em base úmida).

Para os tratamentos que receberam adubação potássica em cobertura, utilizou-se como referência a maior dose recomendada para a beterraba (60 kg ha^{-1}), conforme recomendação de Trani et al. (1997).

5.5 Adubação

Com base na análise química do solo, foi realizada a adubação de plantio. A saturação por bases expressa no resultado da análise (Tabela 1) foi de 80%, valor recomendado para a beterraba (TRANI et al., 1997). Sendo assim, a calagem não foi feita. O composto orgânico foi incorporado ao solo no dia 25/08/2010. A adubação de plantio consistiu nas doses de composto orgânico utilizadas nos tratamentos, além do fornecimento de N, K_2O e P_2O_5 , através do formulado 8-28-16, que foi complementado com o termofosfato magnesiano para suprir a exigência de fósforo e boro, atendendo a recomendação sugerida por Trani et al. (1997).

Na adubação em cobertura, o potássio foi fornecido apenas para os tratamentos mencionados no item 5.4 na forma do formulado 20-0-20, na dose equivalente à 60 kg ha^{-1} de K_2O , parcelada em três vezes, em intervalos de 14 dias após o transplante, sendo que, para se completar e igualar a dose de N recomendada para a cultura (90 kg ha^{-1}) foi utilizada a ureia como fonte. Para os demais tratamentos, aplicou-se apenas N em cobertura, na forma de ureia, conforme a quantidade recomendada (90 kg ha^{-1}) por Trani et al. (1997).

5.6 Obtenção das mudas e condução das plantas

Foi utilizado o híbrido F₁ Boro da empresa Bejo[®], que apresenta como características: raízes muito lisas, uniformes e de excelente coloração interna e externa, folhas resistentes de tamanho intermediário. Pode ser cultivado em qualquer época do ano.

A semeadura foi realizada no dia 29/07/2010, em bandejas de poliestireno expandido de 288 células, contendo substrato para hortaliças, colocando-se aproximadamente três sementes por célula, com posterior desbaste para uma planta por célula.

As mudas foram transplantadas no dia 30/08/2010 para canteiros de 1,20 m de largura, totalizando quatro linhas no sentido longitudinal, espaçadas em 0,25 m entre linhas e 0,125 m entre plantas (Figura 1).

O controle de plantas daninhas foi realizado através de capinas manuais ao longo do ciclo da cultura. Foi utilizado o sistema de irrigação por aspersão.



Figura 1. Vista geral do experimento. FCA/UNESP, São Manuel, 2010.

A colheita para análise de produção foi realizada manualmente e uma única vez no dia 29/10/2010, quando 90% das plantas apresentaram raízes com diâmetro superior a 5,0 cm, seguindo o critério adotado por Horta et al. (2001).

5.7 Características avaliadas

As características avaliadas neste experimento obedeceram etapas do desenvolvimento da beterraba, cujas datas são apresentadas na Tabela 4.

Tabela 4. Datas de avaliação. FCA/UNESP, São Manoel-SP, 2010.

Características avaliadas	Datas					
	25/8	30/8	13/9	27/9	12/10	29/10
Mineralização do composto orgânico	X	X	X	X	X	
Propriedades químicas do solo	X		X	X	X	X
Características vegetativas		X	X	X	X	X
Acúmulo de nutrientes		X	X	X	X	X
Marcha de absorção de nutrientes		X	X	X	X	X
Caracterização das raízes						X
Caracterização físico-química das raízes						X

25/08: dia da incorporação do composto orgânico, 30/08: transplante das mudas de beterraba, 13/09 a 12/10: coletas de plantas e solo, 29/10: colheita.

O detalhe da parcela experimental é apresentado na Figura 2, juntamente com o esquema de avaliação das características avaliadas durante o desenvolvimento da beterraba.

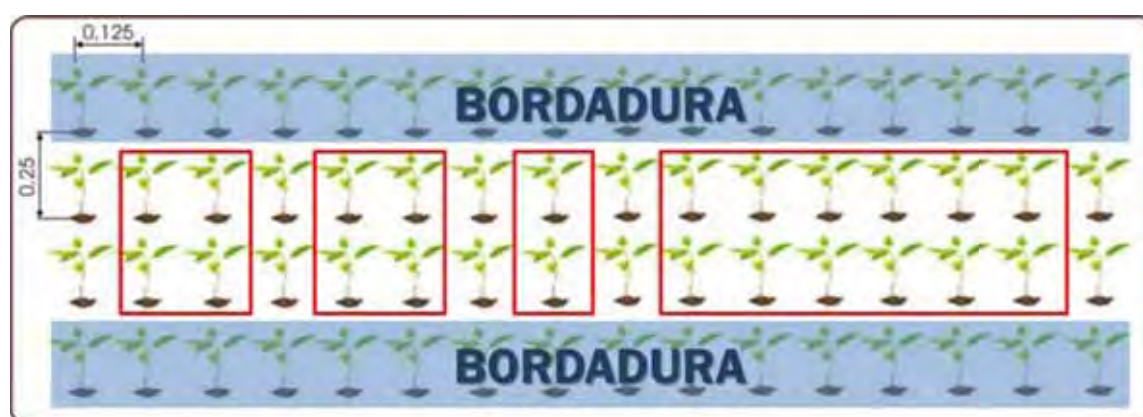


Figura 2. Croqui da parcela experimental em função da coleta e avaliação das plantas. FCA/UNESP, São Manuel, 2010.

Apenas no dia do transplante foram avaliadas 15 plantas (mudas). No campo, após o transplante, as linhas da extremidade foram consideradas bordadura. Nas primeiras amostragens, coletou-se maior número de plantas (quatro), pois, quantidades baixas de massa seca da parte aérea (1ª coleta) e raiz tuberosa (2ª coleta), poderiam ser insuficientes para a realização da análise química das plantas. Na terceira e quarta coletas, duas plantas

foram utilizadas para a obtenção do acúmulo de nutrientes. Na colheita as seis plantas mais homogêneas foram destinadas para a caracterização das raízes e duas delas para a caracterização físico-química. Em todas as plantas coletadas foi feita a avaliação das características vegetativas. No mesmo local onde as plantas foram retiradas e posteriormente avaliadas, retirou-se o solo para a determinação das propriedades químicas.

5.7.1 Monitoramento da decomposição do composto orgânico

Paralelamente à realização do experimento, sacos contendo o composto orgânico que foi aplicado na cultura foram enterrados na mesma área experimental para verificar a degradação da matéria orgânica e liberação dos nutrientes ao solo, seguindo a metodologia adotada por Damatto Júnior (2005).

Os sacos foram confeccionados com tecido de poliéster (mais resistente à degradação) e enterrados a 10 cm de profundidade (Figura 3) em três “pontos” (repetições) do canteiro, no dia da aplicação do composto orgânico, sendo retirados nas datas mencionadas no item 5.7. Após ser retirado do campo, o conteúdo dos sacos foi seco em estufa a 65°C e posteriormente foi determinado a matéria orgânica e os teores de macronutrientes que restaram no material dos sacos.



Figura 3. Detalhe do saquinho contendo composto orgânico e local onde foram enterrados. FCA/UNESP, São Manuel, 2010.

5.7.2 Propriedades químicas do solo

Foi coletado o solo de cada parcela nas datas mencionadas no item 5.7, a fim de verificar o efeito dos tratamentos nas características químicas do solo. As amostras foram encaminhadas para o Laboratório de Fertilidade do Solo do Departamento de Recursos Naturais para a determinação dos teores de macronutrientes disponíveis (potássio, fósforo, cálcio e magnésio), além do pH, teor de matéria orgânica, hidrogênio + alumínio, soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica (CTC) e saturação por bases (V%). As amostras foram secas em estufas e analisadas conforme metodologia preconizada por Raij & Quaggio (1983).

5.7.3 Características vegetativas

Essas avaliações foram realizadas nas plantas coletadas em cada estágio de desenvolvimento com o objetivo de obter algumas medidas de crescimento das plantas de beterraba. Foram elas:

- número de folhas
- altura das plantas (distância entre a superfície do solo e a parte mais alta da planta), com valores expressos em centímetros;
- massa da matéria verde da parte aérea e da planta, com valores expressos em gramas;
- massa da matéria seca da parte aérea, raiz e da planta, com valores expressos em gramas;
- área foliar (obtida com o medidor de área foliar, Li-Cor, modelo LI-3100), com valores expressos em cm².

5.7.4 Acúmulo de nutrientes

Para a obtenção do acúmulos dos macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) na parte vegetativa (folhas e caule) e raiz tuberosa das plantas de beterraba, as plantas foram coletadas nas datas mencionadas no item 5.7, de acordo com a Figura 2.

Assim que coletadas, as amostras foram levadas ao laboratório e lavadas. Após a remoção do excesso de água utilizada na lavagem, as amostras da parte aérea

foram colocadas em saco de papel, identificadas e levadas para secagem em estufa de circulação forçada de ar a 65°C, até atingirem massa constante, conforme Malavolta et al. (1997). Posteriormente, com o uso da balança analítica, foi obtida a massa de material seco de cada amostra. Com relação às raízes, as amostras permaneceram por 48 horas em estufa de circulação forçada de ar a 65°C. Em seguida, o material foi cortado em partes e novamente colocado na estufa. Posteriormente, com o uso da balança analítica, foi obtida a massa de material seco de cada amostra. Antes de passar pela moagem algumas amostras de raízes de beterraba tiveram que passar por uma morsa, devido a consistência rígida do material.

Em seguida, cada amostra passou pela moagem no moinho tipo Wiley. A digestão sulfúrica foi utilizada para a obtenção do extrato visando à determinação de N. A digestão nítrico-perclórica foi utilizada para a obtenção dos extratos para as determinações dos demais macronutrientes (P, K, Ca, Mg, S), conforme metodologias apresentadas por Malavolta et al. (1997).

A partir das análises químicas foram obtidos os teores totais de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre, que, em seguida, foram multiplicados pela massa da matéria seca da amostra com o intuito de se obter a quantidade acumulada.

5.7.5 Marcha de absorção de nutrientes

Para os dois melhores tratamentos que proporcionaram as maiores produções, foi realizada a marcha de absorção de nutrientes utilizando-se o software SigmaPlot 11.0. Os dados do acúmulo de massa seca e dos macronutrientes na parte aérea, raiz tuberosa e planta inteira, ao longo das épocas avaliadas, foram ajustados à equação não linear a qual produz uma curva sigmoidal, cuja equação é:

$$y = \frac{a}{1 + e^{-\left(\frac{x-x_0}{b}\right)}}, \text{ em que } x = (\text{dias após o transplante})$$

5.7.6 Caracterização das raízes

A caracterização foi feita em seis raízes por parcela na colheita, sendo avaliadas as seguintes características:

- massa média da raiz: obtida por pesagem, com valores expressos em grama;
- produtividade: obtida transformando-se os dados de massa média da raiz em $t\ ha^{-1}$, em função da população de plantas (320.000 plantas ha^{-1}).
- diâmetro e comprimento: obtidos com a utilização de paquímetro digital, com valores expressos em milímetros.

5.7.7 Características físico-químicas

As avaliações foram realizadas no Setor de Horticultura da FCA/UNESP em amostra de duas raízes por parcela, onde foram avaliadas as seguintes características:

- pH: o pH foi medido através do extrato aquoso, em potenciômetro Micronal modelo B-221, conforme as normas do Instituto Adolfo Lutz, publicadas em Brasil (2005).
- acidez titulável: determinada conforme as normas do Instituto Adolfo Lutz, publicadas em Brasil (2005), com resultados expressos em grama de ácido oxálico por 100g de polpa.
- sólidos solúveis: as raízes foram trituradas e em seguida foi feita a leitura dos sólidos solúveis por refratometria, através do refratômetro digital Atago, conforme recomendação feita pela A.O.A.C.(1992). Os resultados foram expressos em °Brix.
- índice de maturação "Ratio" - IM: foi obtido através da relação entre os "sólidos solúveis" (SS) e a "acidez titulável" (AT). Onde, $IM = SS/AT$ (TRESSLER e JOSLYN, 1961);
- determinação dos teores de açúcares redutores, não Redutores e totais: foram determinados pelo método descrito por Somogyi e adaptado por Nelson (1944), sendo os resultados expressos em porcentagem.

5.8 Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância e, em caso de efeito significativo para doses de composto, de acordo com o teste F, foi realizada a análise de regressão para verificar o efeito de doses de composto nas características avaliadas. No caso de efeito significativo para adubação potássica em cobertura, os dados foram comparados pelo teste de Tukey (5%).

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Temperaturas observadas durante a condução do experimento

As temperaturas observadas durante o período de condução do experimento encontram-se na Figura 4.

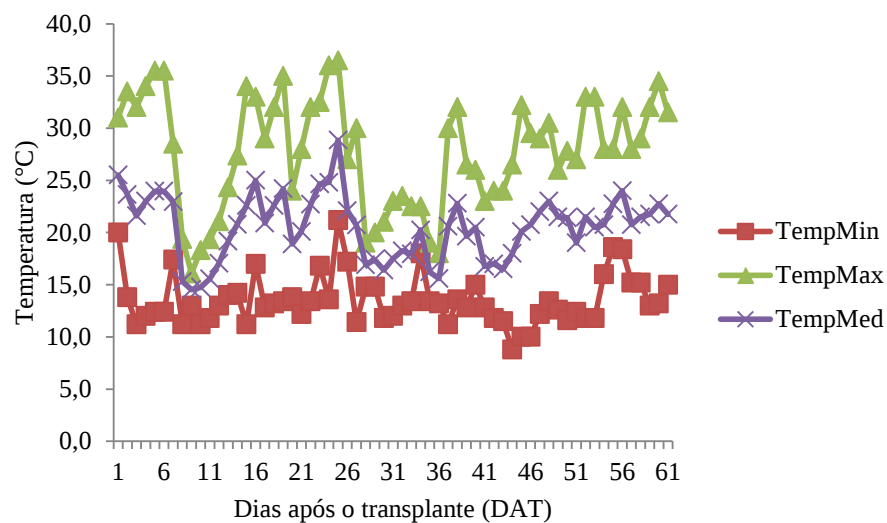


Figura 4. Temperaturas mínima, média e máxima durante a condução do experimento. FCA/UNESP, São Manuel, 2010.

Pode-se observar que a temperatura média ao longo do ciclo esteve próxima de 17°C, próxima a considerada ideal (ao redor de 20°C) para o melhor desenvolvimento da beterraba. Na figura 5 encontram-se os dados de precipitação média durante o tempo que as plantas permaneceram no campo. Houve poucas chuvas ao longo do ciclo, o que contribuiu para a sanidade das plantas. *Cercospora beticola*, fungo causador da principal doença da beterraba, é favorecido por condições de temperatura e umidades elevadas, as quais não ocorreram neste experimento.

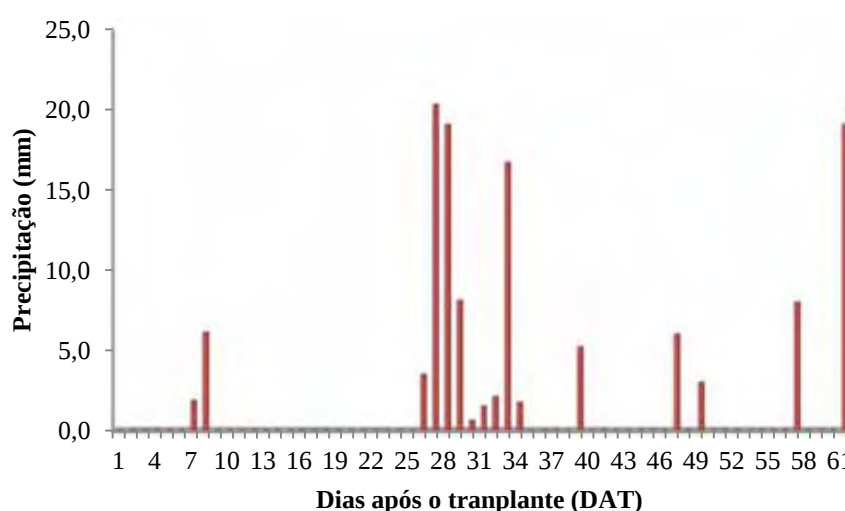


Figura 5. Precipitação pluviométrica durante a condução do experimento. FCA/UNESP, São Manuel, 2010.

6.2 Resumo das análises de variância

Nas tabelas 5 até 13 são apresentadas os quadrados médios das doses de composto orgânico (QM Composto), aplicação de potássio em cobertura (QM Potássio) e interação entre os dois fatores (QM Interação) para as características avaliadas neste experimento. Não estão incluídas as avaliações contendo apenas um fator (doses de composto orgânico ou dias), as quais estão descritas ao longo do texto.

Tabela 5. Quadrados médios das doses de composto orgânico (QM Composto), aplicação do potássio em cobertura (QM Potássio) e da interação entre estes fatores (QM Interação) da análise de variância das propriedades químicas do solo no 28º dia após o transplante.

Características	QM Composto	QM Potássio	QM Interação
pH	0,78*	0,16*	0,99 ^{ns}
Matéria orgânica	216,08*	0,76 ^{ns}	15,02 ^{ns}
Teor de P no solo	17750,66*	4142,05 ^{ns}	1266,01 ^{ns}
H + Al	21,02*	6,95 ^{ns}	2,41 ^{ns}
Teor de K no solo	10,54*	0,61 ^{ns}	0,02 ^{ns}
Teor de Ca no solo	4162,05*	291,14 ^{ns}	511,20 ^{ns}
Teor de Mg no solo	97,76*	2,19 ^{ns}	24,94 ^{ns}
Soma de bases	5963,36*	315,47 ^{ns}	598,74 ^{ns}
Capacidade de troca de cátions	5366,79*	228,78 ^{ns}	539,76 ^{ns}
Porcentagem de saturação por bases	444,11*	14,41 ^{ns}	29,74 ^{ns}

* = significativo pelo teste F a 5% de probabilidade, ns = não significativo pelo teste F a 5 % de probabilidade.

Tabela 6. Quadrados médios das doses de composto orgânico (QM Composto), aplicação do potássio em cobertura (QM Potássio) e da interação entre estes fatores (QM Interação) da análise de variância das propriedades químicas do solo no 43º dia após o transplante.

Características	QM Composto	QM Potássio	QM Interação
pH	0,67*	0,01 ^{ns}	0,07 ^{ns}
Matéria orgânica	76,68*	13,41 ^{ns}	3,78 ^{ns}
Teor de P no solo	6909,66*	2,70 ^{ns}	1793,40 ^{ns}
H + Al	26,03*	0,54 ^{ns}	4,09 ^{ns}
Teor de K no solo	5,24*	0,97 ^{ns}	0,45*
Teor de Ca no solo	2172,52*	181,81 ^{ns}	288,69 ^{ns}
Teor de Mg no solo	83,94*	18,73 ^{ns}	55,62*
Soma de bases	3273,85*	353,13 ^{ns}	441,54 ^{ns}
Capacidade de troca de cátions	2752,82*	381,55 ^{ns}	391,10 ^{ns}
Porcentagem de saturação por bases	468,37*	4,14 ^{ns}	29,21 ^{ns}

* = significativo pelo teste F a 5% de probabilidade, ns = não significativo pelo teste F a 5 % de probabilidade.

Tabela 7. Quadrados médios das doses de composto orgânico (QM Composto), aplicação do potássio em cobertura (QM Potássio) e da interação entre estes fatores (QM Interação) da análise de variância das propriedades químicas do solo no 60º dia após o transplante. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2010.

Características	QM Composto	QM Potássio	QM Interação
pH	0,05 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,04 ^{ns}
Matéria orgânica	6,27 ^{ns}	0,92 ^{ns}	4,85 ^{ns}
Teor de P no solo	668,54 ^{ns}	816,15 ^{ns}	129,37 ^{ns}
H + Al	1,93 ^{ns}	0,65 ^{ns}	1,18 ^{ns}
Teor de K no solo	4,24*	0,05 ^{ns}	0,81 ^{ns}
Teor de Ca no solo	139,19 ^{ns}	189,01 ^{ns}	1,32 ^{ns}
Teor de Mg no solo	6,37*	37,44*	1,66 ^{ns}
Soma de bases	261,35*	385,76 ^{ns}	3,85 ^{ns}
Capacidade de troca de cátions	246,83*	418,22 ^{ns}	13,30 ^{ns}
Porcentagem de saturação por bases	49,89*	6,32 ^{ns}	2,47 ^{ns}

* = significativo pelo teste F a 5% de probabilidade, ns = não significativo pelo teste F a 5 % de probabilidade.

Tabela 8. Quadrados médios das doses de composto orgânico (QM Composto), aplicação do potássio em cobertura (QM Potássio) e da interação entre estes fatores (QM Interação) da análise de variância das características vegetativas da beterraba. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2010.

Características	QM Composto	QM Potássio	QM Interação
Número de Folhas (2ª coleta)	1,12 ^{ns}	2,04 ^{ns}	1,58 ^{ns}
Altura (2ª coleta)	2,43 ^{ns}	35,26 ^{ns}	3,29 ^{ns}
Massa fresca da parte aérea (2ª coleta)	16,93 ^{ns}	375,68 ^{ns}	51,54 ^{ns}
Massa fresca da raiz (2ª coleta)	6,91 ^{ns}	28,80 ^{ns}	6,12 ^{ns}
Massa fresca total (2ª coleta)	37,57 ^{ns}	612,69 ^{ns}	91,23 ^{ns}
Massa seca da parte aérea (2ª coleta)	0,22 ^{ns}	1,49 ^{ns}	0,45 ^{ns}
Massa seca da raiz (2ª coleta)	0,02 ^{ns}	0,23 ^{ns}	0,03 ^{ns}
Massa seca total (2ª coleta)	0,30 ^{ns}	4,02 ^{ns}	0,91 ^{ns}
Área foliar (2ª coleta)	4429,98 ^{ns}	53079,68 ^{ns}	10507,58 ^{ns}
Número de Folhas (3ª coleta)	1,92 ^{ns}	2,47 ^{ns}	1,68 ^{ns}
Altura (3ª coleta)	19,12*	1,93 ^{ns}	7,73 ^{ns}
Massa fresca da parte aérea (3ª coleta)	240,23 ^{ns}	4,79 ^{ns}	148,62 ^{ns}
Massa fresca da raiz (3ª coleta)	172,91*	2,45 ^{ns}	96,59 ^{ns}
Massa fresca total (3ª coleta)	697,15*	14,08 ^{ns}	440,03 ^{ns}
Massa seca da parte aérea (3ª coleta)	1,05 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,85 ^{ns}
Massa seca da raiz (3ª coleta)	2,68*	0,52 ^{ns}	1,74 ^{ns}
Massa seca total (3ª coleta)	6,52*	0,69 ^{ns}	4,46 ^{ns}
Área foliar (3ª coleta)	49395,02*	2994,51 ^{ns}	24568,21 ^{ns}
Número de Folhas (4ª coleta)	1,51 ^{ns}	0,98 ^{ns}	2,35 ^{ns}
Altura (4ª coleta)	35,09*	7,03 ^{ns}	0,60 ^{ns}
Massa fresca da parte aérea (4ª coleta)	567,43*	27,60 ^{ns}	94,49 ^{ns}
Massa fresca da raiz (4ª coleta)	2428,79*	1220,10 ^{ns}	106,47 ^{ns}
Massa fresca total (4ª coleta)	5231,72*	1614,46 ^{ns}	119,35 ^{ns}
Massa seca da parte aérea (4ª coleta)	4,63*	0,65 ^{ns}	0,52 ^{ns}
Massa seca da raiz (4ª coleta)	29,76*	14,14 ^{ns}	4,49 ^{ns}
Massa seca total (4ª coleta)	57,57*	20,88 ^{ns}	5,25 ^{ns}
Área foliar (4ª coleta)	121868,41*	20991,73	19172,26 ^{ns}

* = significativo pelo teste F a 5% de probabilidade, ns = não significativo pelo teste F a 5 % de probabilidade.

Tabela 9. Quadrados médios das doses de composto orgânico (QM Composto), aplicação do potássio em cobertura (QM Potássio) e da interação entre estes fatores (QM Interação) da análise de variância do acúmulo de nutrientes pela beterraba no 28º dia após o transplante. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2010.

Características	QM Composto	QM Potássio	QM Interação
Extração de N na parte aérea	287,08 ^{ns}	2874,43 ^{ns}	588,77 ^{ns}
Extração de P na parte aérea	5,35 ^{ns}	9,99 ^{ns}	14,12 ^{ns}
Extração de K na parte aérea	632,18 ^{ns}	5206,76 ^{ns}	450,93 ^{ns}
Extração de Ca na parte aérea	99,47 ^{ns}	534,04*	45,98 ^{ns}
Extração de Mg na parte aérea	319,06 ^{ns}	2278,66*	134,34 ^{ns}
Extração de S na parte aérea	1,13 ^{ns}	16,13 ^{ns}	6,54 ^{ns}
Extração de N na raiz	29,49 ^{ns}	50,18 ^{ns}	34,43 ^{ns}
Extração de P na raiz	0,99 ^{ns}	0,58 ^{ns}	0,77 ^{ns}
Extração de K na raiz	146,00 ^{ns}	197,63 ^{ns}	66,56 ^{ns}
Extração de Ca na raiz	0,17 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,16 ^{ns}
Extração de Mg na raiz	0,46 ^{ns}	1,24 ^{ns}	0,04 ^{ns}
Extração de S na raiz	0,17 ^{ns}	0,19 ^{ns}	0,14 ^{ns}
Extração de N na planta inteira	677,13 ^{ns}	737,85 ^{ns}	1230,30 ^{ns}
Extração de P na planta inteira	13,16 ^{ns}	0,74 ^{ns}	26,33 ^{ns}
Extração de K na planta inteira	1288,81 ^{ns}	984,41 ^{ns}	1556,86 ^{ns}
Extração de Ca na planta inteira	99,90 ^{ns}	211,74 ^{ns}	46,52 ^{ns}
Extração de Mg na planta inteira	358,88 ^{ns}	968,44 ^{ns}	124,67 ^{ns}
Extração de S na planta inteira	4,12 ^{ns}	6,55 ^{ns}	9,10 ^{ns}

ns = não significativo pelo teste F a 5 % de probabilidade.

Tabela 10. Quadrados médios das doses de composto orgânico (QM Composto), aplicação do potássio em cobertura (QM Potássio) e da interação entre estes fatores (QM Interação) da análise de variância do acúmulo de nutrientes pela beterraba no 43º dia após o transplante. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2010.

Características	QM Composto	QM Potássio	QM Interação
Extração de N na parte aérea	399,37 ^{ns}	72,06 ^{ns}	1792,15 ^{ns}
Extração de P na parte aérea	196,16*	65,88 ^{ns}	11,49 ^{ns}
Extração de K na parte aérea	12033,02*	1570,40 ^{ns}	1023,85 ^{ns}
Extração de Ca na parte aérea	7,93 ^{ns}	7,96 ^{ns}	342,79 ^{ns}
Extração de Mg na parte aérea	413,75 ^{ns}	282,33 ^{ns}	561,45 ^{ns}
Extração de S na parte aérea	53,35*	5,09 ^{ns}	37,75*
Extração de N na raiz	463,03 ^{ns}	53,02 ^{ns}	605,25 ^{ns}
Extração de P na raiz	50,35*	7,56 ^{ns}	24,71 ^{ns}
Extração de K na raiz	5190,53 ^{ns}	180,66 ^{ns}	3124,94 ^{ns}
Extração de Ca na raiz	9,85 ^{ns}	15,18 ^{ns}	3,84 ^{ns}
Extração de Mg na raiz	8,90 ^{ns}	1,06 ^{ns}	10,00 ^{ns}
Extração de S na raiz	7,34*	0,22 ^{ns}	4,18 ^{ns}
Extração de N na planta inteira	1628,96 ^{ns}	248,70 ^{ns}	3426,45 ^{ns}
Extração de P na planta inteira	344,86*	28,81 ^{ns}	26,80 ^{ns}
Extração de K na planta inteira	24026,53 ^{ns}	685,77 ^{ns}	7826,50 ^{ns}
Extração de Ca na planta inteira	422,61 ^{ns}	1,17 ^{ns}	343,49 ^{ns}
Extração de Mg na planta inteira	483,15 ^{ns}	318,01 ^{ns}	698,74 ^{ns}
Extração de S na planta inteira	87,23*	3,19 ^{ns}	51,80 ^{ns}

* = significativo pelo teste F a 5% de probabilidade, ns = não significativo pelo teste F a 5 % de probabilidade.

Tabela 11. Quadrados médios das doses de composto orgânico (QM Composto), aplicação do potássio em cobertura (QM Potássio) e da interação entre estes fatores (QM Interação) da análise de variância do acúmulo de nutrientes pela beterraba no dia da colheita. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2010.

Características	QM Composto	QM Potássio	QM Interação
Extração de N na parte aérea	2234,04*	194,81 ^{ns}	367,25 ^{ns}
Extração de P na parte aérea	172,99*	28,69 ^{ns}	19,23 ^{ns}
Extração de K na parte aérea	34689,69*	11517,67 ^{ns}	5371,12 ^{ns}
Extração de Ca na parte aérea	1055,76*	519,48 ^{ns}	265,20 ^{ns}
Extração de Mg na parte aérea	1248,20*	972,69 ^{ns}	331,32 ^{ns}
Extração de S na parte aérea	130,08*	17,96 ^{ns}	29,39 ^{ns}
Extração de N na raiz	8776,52*	1467,20 ^{ns}	185,94 ^{ns}
Extração de P na raiz	380,38*	0,27 ^{ns}	24,47 ^{ns}
Extração de K na raiz	28331,47*	1239,22 ^{ns}	995,07 ^{ns}
Extração de Ca na raiz	51,78*	0,75 ^{ns}	12,51 ^{ns}
Extração de Mg na raiz	190,17*	73,21 ^{ns}	4,12 ^{ns}
Extração de S na raiz	74,66*	22,84 ^{ns}	8,30 ^{ns}
Extração de N na planta inteira	19329,52*	2731,28 ^{ns}	889,48 ^{ns}
Extração de P na planta inteira	1050,86*	23,40 ^{ns}	80,64 ^{ns}
Extração de K na planta inteira	122305,58*	5200,99 ^{ns}	5701,97 ^{ns}
Extração de Ca na planta inteira	1564,82*	559,69 ^{ns}	209,85 ^{ns}
Extração de Mg na planta inteira	2394,81*	1579,60 ^{ns}	362,57 ^{ns}
Extração de S na planta inteira	378,19*	81,30 ^{ns}	51,06 ^{ns}

* = significativo pelo teste F a 5% de probabilidade, ns = não significativo pelo teste F a 5 % de probabilidade.

Tabela 12. Quadrados médios das doses de composto orgânico (QM Composto), aplicação do potássio em cobertura (QM Potássio) e da interação entre estes fatores (QM Interação) da análise de variância das características de produção de raízes da beterraba. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2010.

Características	QM Composto	QM Potássio	QM Interação
Massa média da raiz	3718,15*	112,36 ^{ns}	268,12 ^{ns}
Produtividade	395,26*	4,81 ^{ns}	22,52 ^{ns}
Diâmetro	87,04*	1,34 ^{ns}	4,40 ^{ns}
Comprimento	225,51*	4,68 ^{ns}	7,53 ^{ns}

* = significativo pelo teste F a 5% de probabilidade, ns = não significativo pelo teste F a 5 % de probabilidade.

Tabela 13. Quadrados médios das doses de composto orgânico (QM Composto), aplicação do potássio em cobertura (QM Potássio) e da interação entre estes fatores (QM Interação) da análise de variância das características físico-químicas das raízes de beterraba. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2010.

Características	QM Composto	QM Potássio	QM Interação
Sólidos solúveis	0,37 ^{ns}	0,69 ^{ns}	1,86 ^{ns}
Acidez titulável	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}
pH	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,01 ^{ns}
Ratio	1634,45 ^{ns}	334,43 ^{ns}	2933,36 ^{ns}
Textura	120605,76 ^{ns}	2793,28 ^{ns}	380723,48 ^{ns}
Açúcares redutores	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,00*
Açúcares redutores totais	0,43 ^{ns}	4,04*	2,98*
Açúcares não redutores	0,33 ^{ns}	3,11*	2,30*

* = significativo pelo teste F a 5% de probabilidade, ns = não significativo pelo teste F a 5 % de probabilidade.

6.3 Monitoramento da decomposição do composto orgânico

Observou-se redução na porcentagem de matéria orgânica ao longo do período em que os saquinhos ficaram enterrados no solo (Figura 6). Esta redução pode ser atribuída pela decomposição do composto. Para cada dia, verificou-se a diminuição de 0,145% na matéria orgânica.

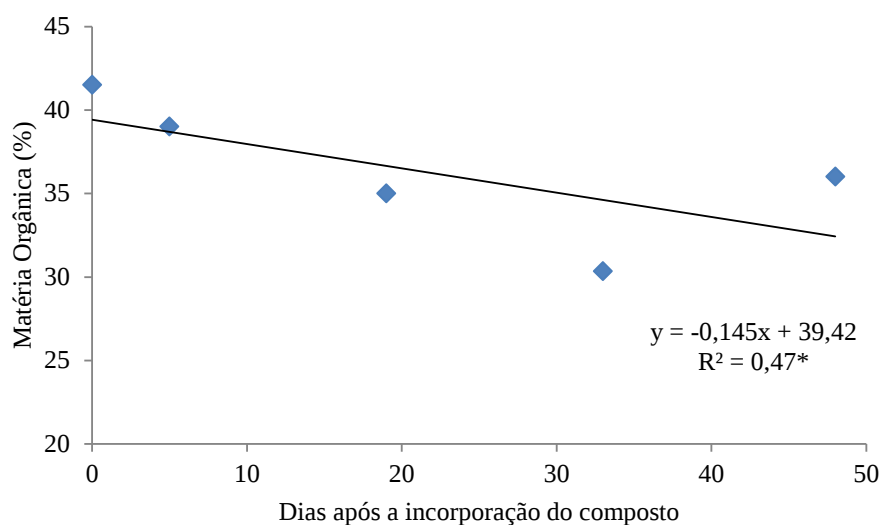


Figura 6. Porcentagem de matéria orgânica na matéria seca do composto orgânico contido nos saquinhos, em função do número de dias após a incorporação do composto orgânico no solo. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2010.

Também é possível observar que houve diminuição da relação C/N ao longo do período estudado (Figura 7). Durante o processo de mineralização, verifica-se uma redução da relação C/N em decorrência da oxidação da matéria orgânica pelos microorganismos, que liberam CO_2 através de sua respiração, diminuindo assim a concentração de carbono (Figura 8). Deve-se ressaltar, que na primeira avaliação a relação C/N era alta, com valor superior a 30, e, mesmo após quase 50 dias, a relação ainda era maior que 20.

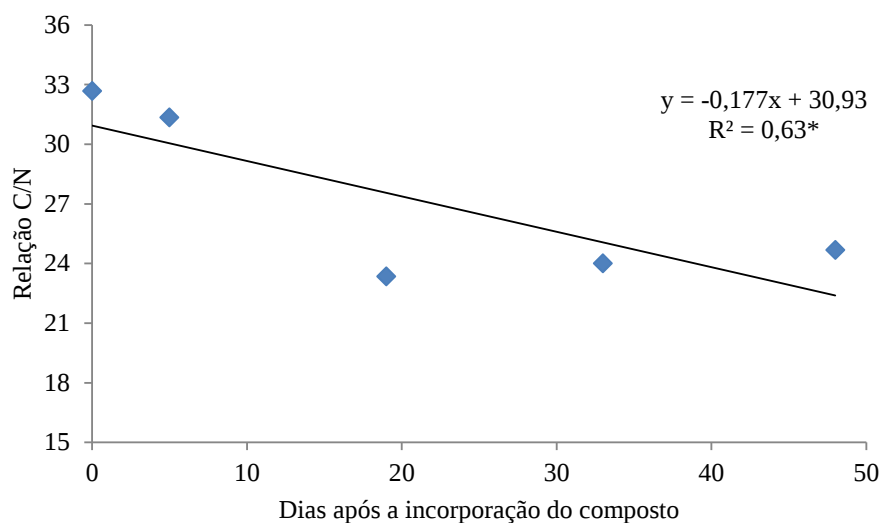


Figura 7. Relação C/N do composto orgânico contido nos saquinhos, em função do número de dias após a mistura do composto orgânico no solo. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2010.

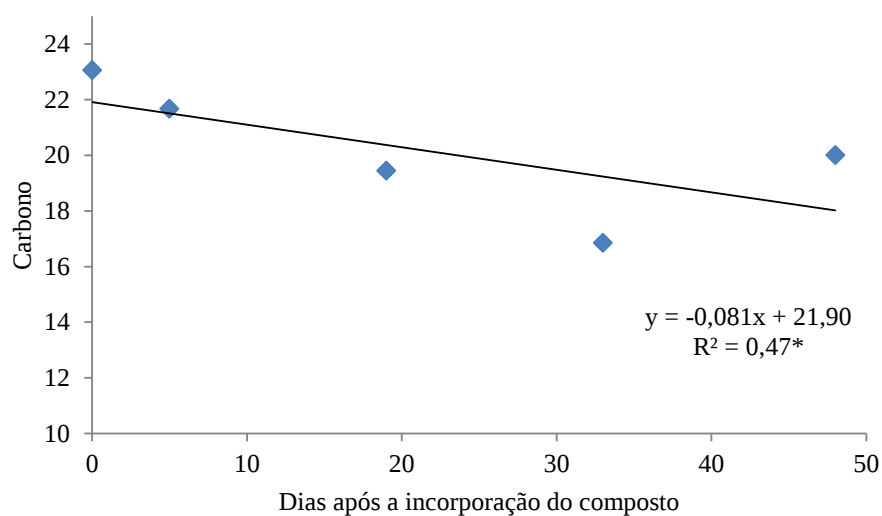


Figura 8. Carbono do composto orgânico contido nos saquinhos, em função do número de dias após a incorporação do composto orgânico no solo. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2010.

Ressalta-se, que ao realizar o monitoramento da decomposição do composto orgânico, os resultados devem ser cuidadosamente ponderados. Segundo Damatto Júnior et al. (2005), que verificaram a liberação de nutrientes pelo composto orgânico em solo cultivado com bananeira, o tecido em que são confeccionados os saquinhos pode dificultar a

degradação do composto, impedindo que as raízes possam entrar em contato direto com o material, pois estas raízes poderiam auxiliar na decomposição do mesmo, através da liberação de exsudatos. Além disto, de acordo com os autores, o próprio confinamento do material dentro de uma pequena área (saquinhos) pode dificultar a degradação do composto e liberação de nutrientes.

Em função da decomposição, verificou-se que houve liberação de nutrientes durante o período de avaliação. Dentre todos os macronutrientes avaliados, o potássio foi o que apresentou maior velocidade de liberação (Figura 9).

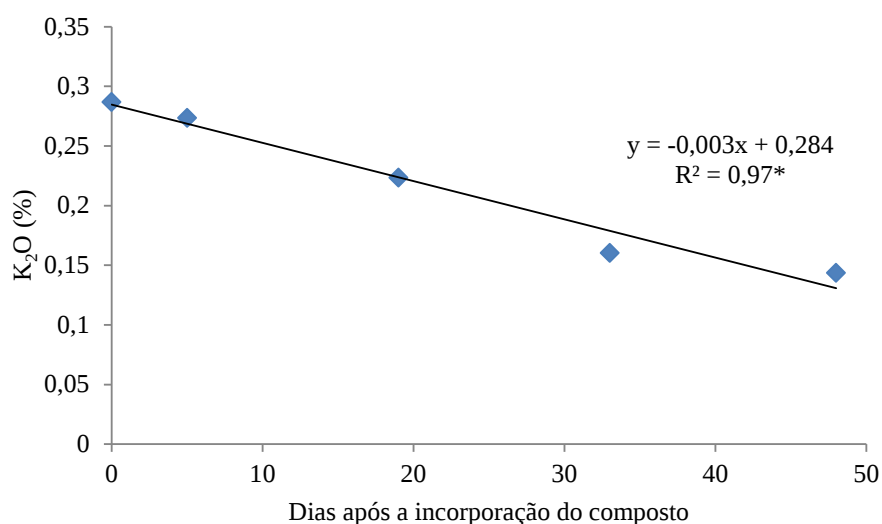


Figura 9. Porcentagem de K₂O na matéria seca do composto orgânico contido nos saquinhos, função do número de dias após a incorporação do composto orgânico no solo. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2010.

Damatto Junior et al. (2005) verificaram que 89% do potássio do composto orgânico contido no saquinho foi liberado 22 dias após os mesmos terem sido enterrados. Com base no resultado, os autores sugeriram o parcelamento da adubação orgânica para suprir as necessidades das plantas nas fases de maior exigência nutricional. Porém, deve-se ressaltar que o ciclo da bananeira é muito maior que o da beterraba. Neste experimento, decorridos 48 dias após os saquinhos terem sido enterrados, aproximadamente 50% do

potássio contido no composto que estava no saquinho foi disponibilizado. Considerando que o monitoramento da decomposição do composto orgânico encerrou-se quando faltavam 15 dias para a colheita, pode-se estimar que até o final do ciclo aproximadamente 74% do potássio seria liberado. O resultado vai ao encontro da hipótese deste trabalho, que aponta a liberação deste nutriente pelo composto orgânico como alternativa para a aplicação do potássio em cobertura para a cultura da beterraba, assim como outras hortaliças de ciclo rápido. Segundo Ernani et al. (2007), todo o K nos adubos orgânicos já se encontra mineralizado e, por isso, tem disponibilidade semelhante do K oriundo dos fertilizantes minerais.

O enxofre foi outro nutriente em que houve liberação (Figura 10). Verificou-se diminuição de aproximadamente 20% do teor inicial no último período de coleta do material. A menor porcentagem de liberação do enxofre comparada com o potássio, deve-se ao fato da disponibilidade de S ser regulada por microorganismos que executam a decomposição da matéria orgânica, sendo assim, a disponibilização é mais lenta. Segundo Furtini Neto (2001), a disponibilidade de enxofre está intimamente relacionada com o teor de enxofre orgânico, ou seja, com o teor de matéria orgânica do solo.

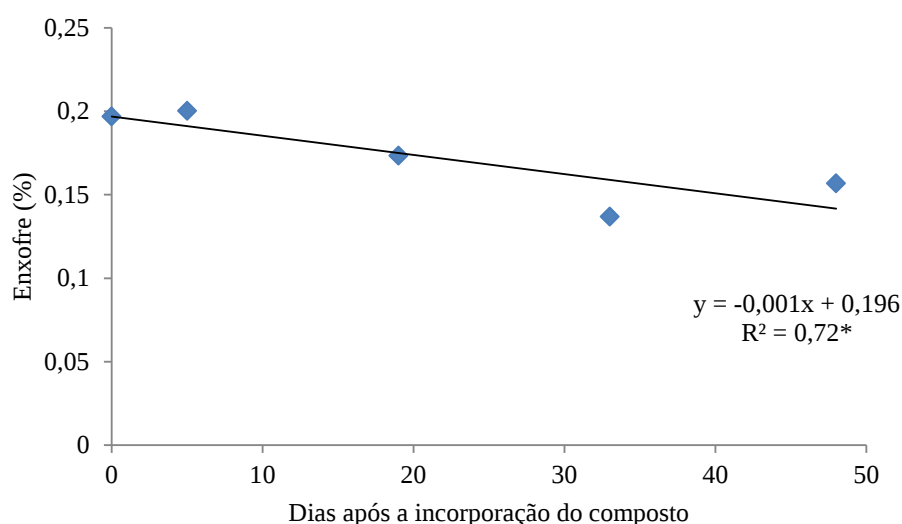


Figura 10. Porcentagem de S-SO₄ na matéria seca do composto orgânico contido nos saquinhos, em função do número de dias após a incorporação do composto orgânico no solo. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2010.

Para os demais macronutrientes, não houve diferença no teor de nutrientes do composto que estava no saquinho ao longo dos dias (Tabela 14). Em algumas coletas, apesar de não haver diferenças estatísticas significativas, observou-se um aumento no teor de nutrientes no composto remanescente. Este resultado também ocorreu no experimento de Damatto Junior et al. (2005), sendo que os autores apontaram como justificativa a perda de CO₂ para o ambiente, com redução da matéria seca do composto, resultando em aumento da concentração dos nutrientes.

Tabela 14. Porcentagem de nitrogênio, fósforo, cálcio e magnésio na matéria seca do composto contido nos saquinhos, em função do número de dias após a incorporação do composto orgânico no solo. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2010.

Épocas de coleta	N	P ₂ O ₅	Ca	Mg
Dias	porcentagem na matéria seca			
0	0,72	0,37	24,25	3,60
5	0,71	0,38	25,80	3,83
19	0,84	0,40	23,07	4,25
33	0,72	0,39	24,50	4,53
48	0,82	0,37	29,33	4,73
CV (%)	9,29	7,06	10,73	15,42

CV = coeficiente de variação.

6.4 Propriedades químicas do solo

As doses de composto orgânico proporcionaram efeito significativo nas propriedades químicas do solo em todos os períodos em que as amostras foram coletadas.

Na primeira amostragem, aos 14 dias após o transplante (DAT), pode-se observar o efeito das doses de composto no pH, no teor de cálcio (Ca), na soma de bases (SB) e na saturação por bases (V%) (Figura 11). Não houve influência das doses de composto nas demais propriedades do solo nesta data (Tabela 15). A ausência de efeito significativo do composto orgânico nestas propriedades químicas do solo, pode estar relacionada com a mineralização do composto orgânico, que, aos 14 dias, era em torno de 2% (Figura 6). Ressalta-se que nesta amostragem não foi avaliada a influência da adubação potássica em

cobertura, tendo em vista que a aplicação do adubo foi realizada imediatamente após esta primeira coleta.

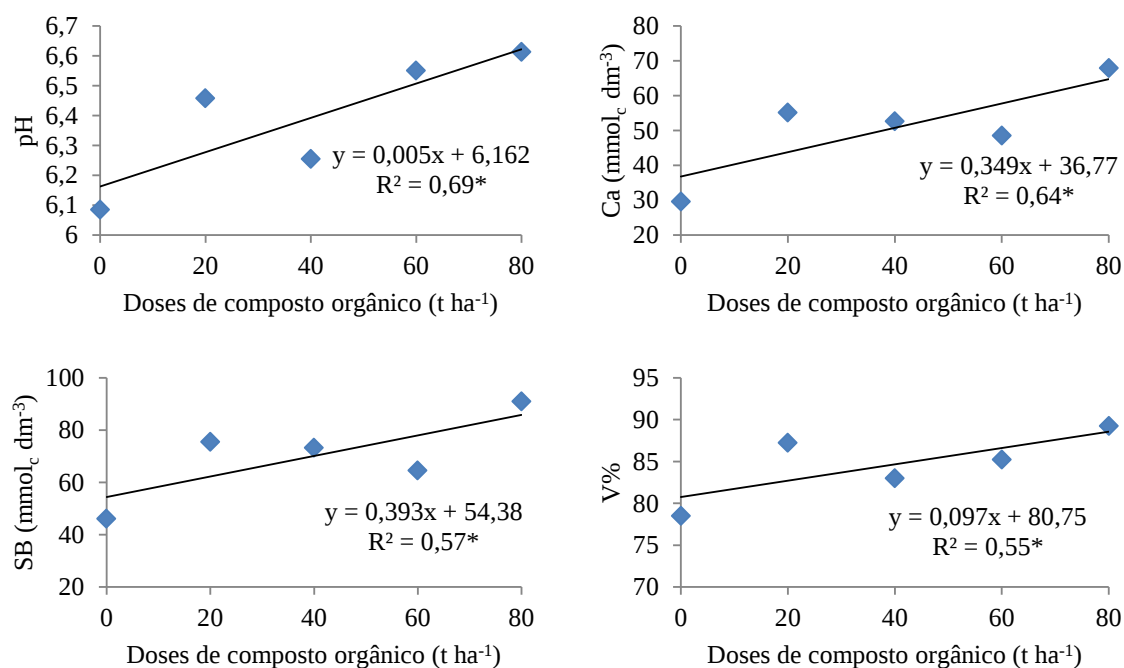


Figura 11. pH, teor de cálcio (Ca), soma de bases (SB) e saturação por bases (V%) do solo, aos 14 dias após o transplante, em função das doses de composto orgânico. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2010.

Tabela 15. Matéria orgânica, P_{resina}, H+Al, potássio, magnésio e CTC, aos 14 dias após o transplante, em função das doses de composto orgânico. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2010.

Doses de composto orgânico (t ha ⁻¹)	M.O. g dm ⁻³	P _{resina} mg dm ⁻³	H+Al	K	Mg	CTC
			----- mmol _c dm ⁻³ -----			
0	15	130	12	4,3	12	59
20	20	171	11	5,4	15	87
40	20	106	12	4,8	16	86
60	17	108	11	3,7	12	75
80	22	131	11	5,0	18	102
F	1,53 ^{ns}	0,90 ^{ns}	1,10 ^{ns}	0,79 ^{ns}	2,27 ^{ns}	2,08 ^{ns}
CV(%)	24,18	42,78	14,54	32,43	22,08	27,02

CV = coeficiente de variação; ns = não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

Provavelmente, o aumento linear no teor de cálcio refletiu nos aumentos lineares de soma e saturação por bases, o que, conseqüentemente, provocou a elevação do pH. Em revisão realizada por Trani et al. (1993), a beterraba está entre as hortaliças mais sensíveis à acidez do solo, com diversos autores referindo-se a valores de pH do solo entre 6,5 e 7,0 como mais adequados ao seu desenvolvimento. Pode-se observar que as maiores doses de composto orgânico proporcionaram valores de pH nesta faixa. Shoemaker (1953), citado por Trani et al. (1993), considera o pH próximo a 7,0 melhor do que próximo a 6,0. Porém, esse mesmo autor observou que, quando foram empregadas doses médias de esterco animal curtido, a beterraba desenvolveu-se bem em solo com pH = 5,6.

Dentre os quatro períodos de coletas de amostras de solo, a segunda amostragem, realizada aos 28 DAT, foi a única em que a adubação com potássio em cobertura exerceu efeito sobre alguma propriedade química do solo. Quando foi realizada a adubação potássica, constatou-se aumento no pH do solo em torno de 0,13 unidades, em comparação aos tratamentos onde a adubação não foi realizada (Tabela 16). Para as demais propriedades químicas nesta coleta, assim como nas posteriores, a aplicação de potássio não resultou em diferenças estatísticas significativas.

Tabela 16. Propriedades químicas do solo, aos 28 dias após o transplante, em função da aplicação de potássio em cobertura. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2010.

Adubação potássica em cobertura	pH CaCl ₂	M.O. g dm ⁻³	P _{resina} mgdm ⁻³	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V
						-----mmol _c dm ⁻³ -----				%
Sem	6,3b	21	162	13	4,7	53	15	73	86	83
Com	6,4a	21	141	12	4,4	59	15	78	91	83
F	4,87*	0,03 ^{ns}	1,09 ^{ns}	3,21 ^{ns}	0,42 ^{ns}	0,89 ^{ns}	0,09 ^{ns}	0,61 ^{ns}	0,45 ^{ns}	1,11 ^{ns}
CV(%)	2,89	23,99	40,49	11,48	26,55	32,58	32,06	30,08	25,55	4,33

CV = coeficiente de variação; ns = não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade; * = significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

Do mesmo modo como ocorreu na primeira amostragem, houve aumento do pH em função das doses crescentes de composto (Figura 12), porém de maneira mais pronunciada, com aumento de 0,1 unidade de pH para cada 10 t ha⁻¹ de composto orgânico.

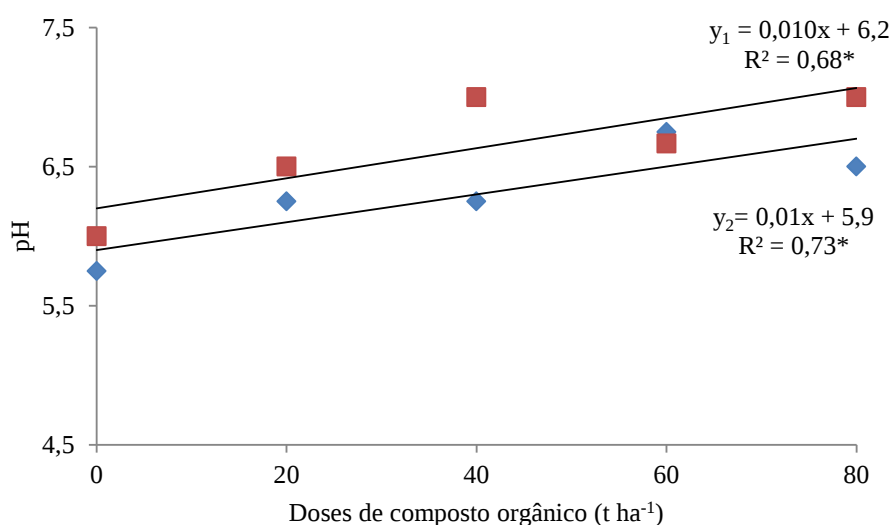


Figura 12. pH do solo, aos 28 dias após o transplante, em função das doses de composto orgânico aplicadas na presença (y₁) e ausência (y₂) da adubação potássica em cobertura. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2010.

Em bananeira, Damatto et al. (2006) observaram aumento linear em relação ao pH do solo, atingindo valores máximos nos tratamentos com as maiores doses de composto orgânico adicionado ao solo. Segundo os autores, o aumento da matéria orgânica no solo por meio da adição de composto tende a elevar o pH do solo, uma vez que a matéria orgânica do solo indisponibiliza o alumínio, fazendo com que o pH se eleve.

Além do pH, as doses de composto orgânico exerceram efeito linear em todas as propriedades químicas do solo aos 28 DAT, porém sem diferença se com ou sem aplicação de potássio em cobertura (Figuras 13 e 14).

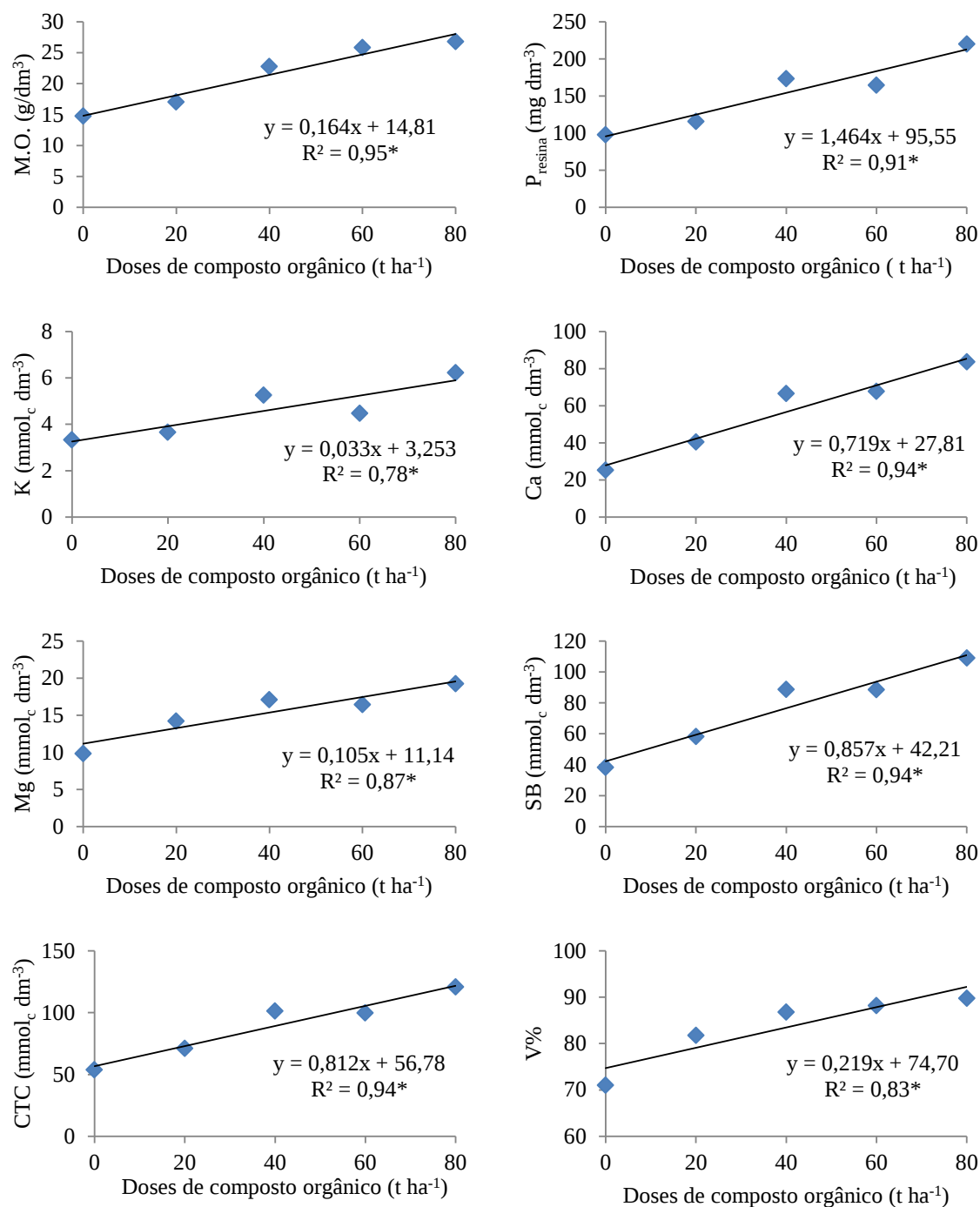


Figura 13. Propriedades químicas do solo, aos 28 dias após o transplante, em função das doses de composto orgânico. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2010.

Ao utilizar maiores doses de composto observou-se aumento linear na matéria orgânica do solo. Pela regressão, estima-se que para cada 10t ha^{-1} de composto adicionado ao solo, obtém-se aumento de $1,6\text{ g dm}^{-3}$ no teor de M.O. do solo (Figura 13). Cardoso et al. (2011) também relataram aumento linear no teor de matéria orgânica do solo em função de doses de composto orgânico em alface destinada à produção de sementes.

Para fósforo houve aumento de $14,6\text{ mg dm}^{-3}$ e para potássio, cálcio e magnésio, verificou-se aumento de 0,3; 7,1 e $1,0\text{ mmol}_c\text{dm}^{-3}$, respectivamente, para cada 10t ha^{-1} adicionada ao solo (Figura 13).

Alguns resultados podem ser facilmente explicados devido à relação entre eles. A soma de bases (SB), como o próprio nome indica, reflete a soma de cálcio, magnésio e potássio trocáveis no solo, sendo assim, como houve aumento no teor destes nutrientes, era de se esperar que a SB também aumentasse, e, conseqüentemente, a CTC, a qual é calculada somando-se a SB com H+Al. Segundo Kiehl (2010), solos arenosos, pobres em argila e matéria orgânica, por terem poucos colóides para reterem nutrientes, respondem bem às adubações orgânicas, como, de fato, ocorreu neste experimento.

Outra relação que ficou evidenciada pelos resultados desta coleta foi o pH com a saturação por bases. Existe uma correlação positiva quando se eleva a saturação por bases de um solo com o aumento do pH, tanto que é com base nesta relação que é calculada a necessidade de calagem para as culturas no estado de São Paulo. Neste trabalho, as doses de composto orgânico proporcionaram aumento da SB, o que fez elevar a saturação por bases e aumentar o pH. Em consequência disso, houve redução no teor de H+Al (Figura 14).

Em alface para produção de sementes, Cardoso et al. (2011) relataram que a saturação por bases (V%) apresentou elevação nos valores com as quantidades crescentes de composto orgânico, provavelmente pelo aumento nos teores de cálcio e magnésio do solo, além da possível adsorção de hidrogênio e alumínio na superfície da matéria orgânica. Segundo Damatto et al. (2006), a aplicação de matéria orgânica humificada aos solos pode ser uma alternativa para controlar a toxidez causada por certos elementos, como o alumínio.

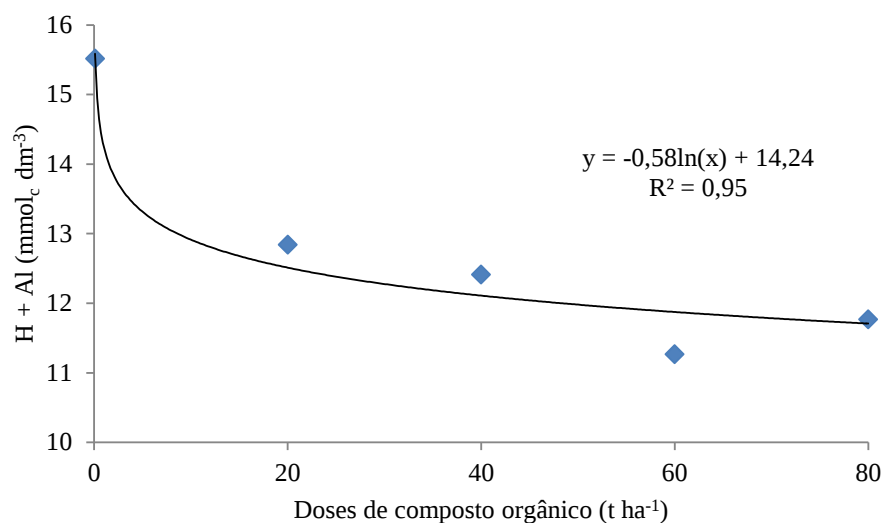


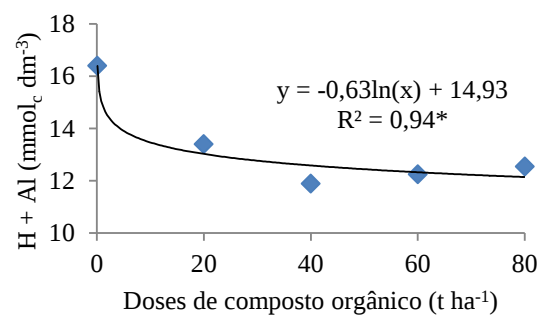
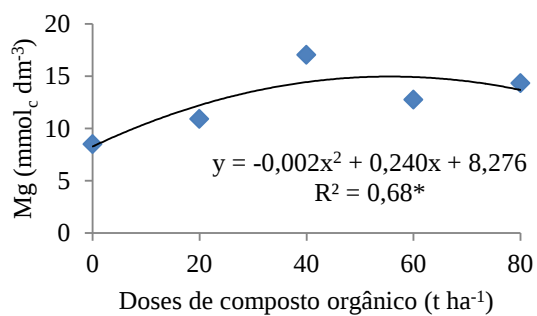
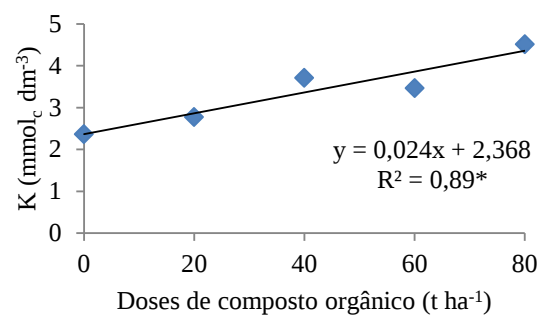
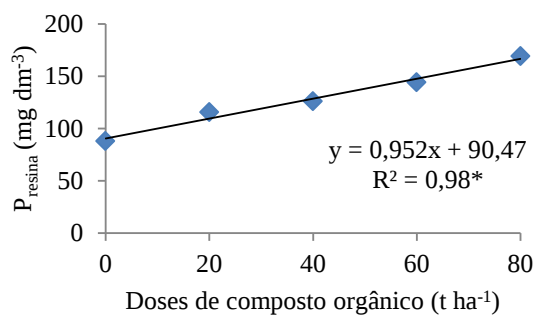
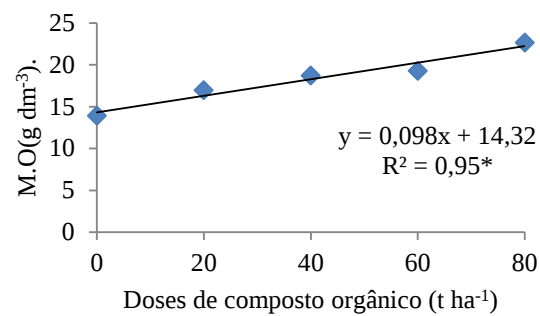
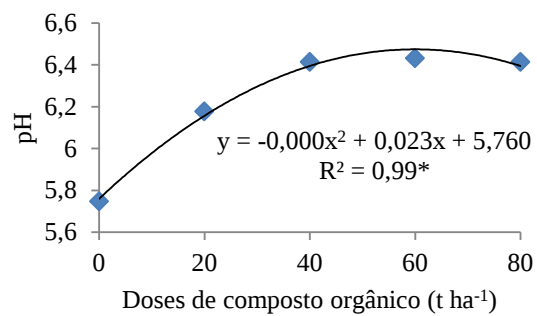
Figura 14. H+Al, aos 28 dias após o transplante, em função das doses de composto orgânico. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2010.

Na terceira coleta, aos 43 DAT, a adubação potássica em cobertura não exerceu efeito sobre as propriedades químicas do solo (Tabela 17). Assim como na segunda coleta, observou-se que, aos 43 DAT, todas as propriedades químicas do solo foram novamente influenciadas pelas doses de composto orgânico (Figura 15).

Tabela 17. Propriedades químicas do solo, aos 43 dias após o transplante, em função da aplicação de potássio em cobertura. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2010.

Adubação potássica em cobertura	pH	M.O.	P _{resina}	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V
	CaCl ₂	g dm ⁻³	mgdm ⁻³			mmol _c dm ⁻³				%
Sem	6,2	19	127	13	3,5	49	13	66	80	81
Com	6,2	18	127	13	3,2	45	12	60	73	80
F	0,19 ^{ns}	1,59 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,13 ^{ns}	1,03 ^{ns}	0,70 ^{ns}	1,03 ^{ns}	0,86 ^{ns}	0,35 ^{ns}	0,24 ^{ns}
CV(%)	3,58	16,00	53,08	15,46	29,15	34,12	33,74	31,92	26,96	5,21

CV = coeficiente de variação; ns = não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.



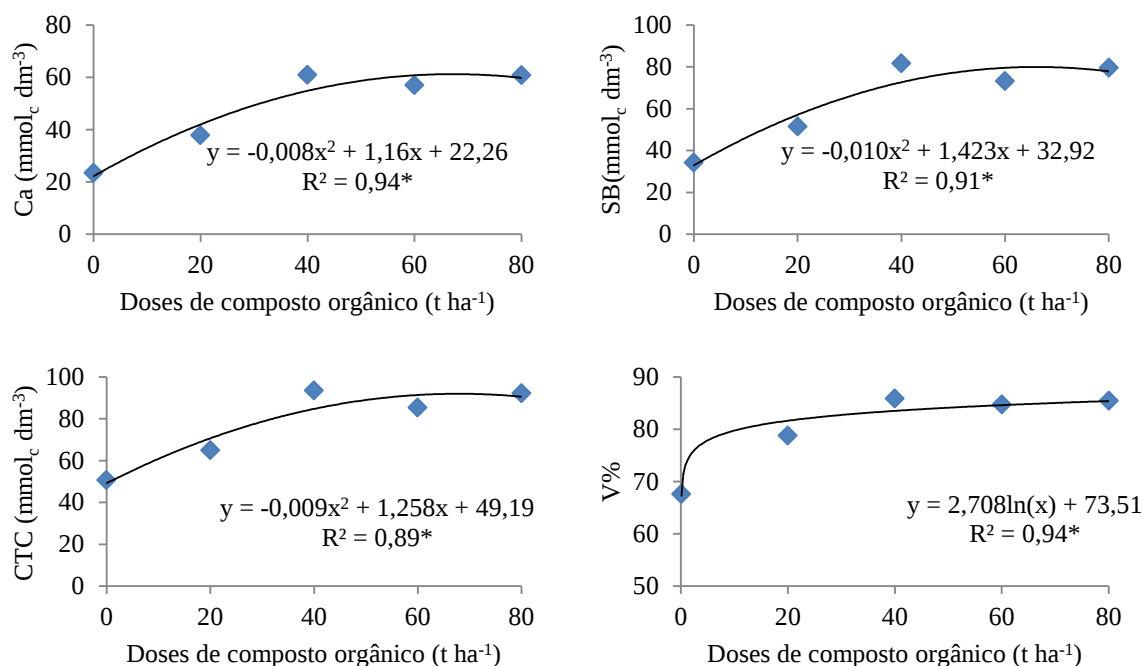


Figura 15. Propriedades químicas do solo, aos 43 dias após o transplante, em função das doses de composto orgânico. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2010.

Observa-se, pelos resultados da terceira coleta (Figura 15), que o teor de matéria orgânica reduziu em relação ao período anterior (Figura 13). A degradação da matéria orgânica, associada ao incremento no teor dos nutrientes no solo, verificados principalmente na segunda e terceira coletas, contradiz as afirmações de que os adubos orgânicos apresentam velocidade de liberação lenta e concorda com Villas Bôas et al. (2004), que afirmam que em solos tropicais a mineralização da matéria orgânica se realiza intensamente. Desta maneira, conforme foi verificado neste experimento, doses elevadas de composto orgânico podem se tornar excelentes fornecedoras de nutrientes ao longo do ciclo da beterraba, cultura de ciclo rápido.

Percebe-se também, tanto na segunda como na terceira coleta, elevados ajustes da equação (R^2 superior a 0,9) para várias propriedades do solo, notadamente o P_{resina} . Segundo Kiehl (2010), a aplicação do fertilizante orgânico aumenta direta e indiretamente a disponibilidade de fósforo às plantas. As explicações para este fato são várias: aumento da produção de gás carbônico no solo, solubilizando o fosfato mineral; formação de

complexo humo-fosfato; remoção de bases dos fosfatos insolúveis pelos quelados da matéria orgânica; revestimento dos sesquióxidos de ferro e alumínio pelo húmus, evitando a fixação do fósforo solúvel.

Na colheita, aos 60 DAT, a adubação com potássio em cobertura não exerceu efeito sobre as propriedades químicas do solo (Tabela 18), com exceção do magnésio, o qual apresentou maior teor no solo na ausência da adubação potássica em cobertura. Verificou-se aumento linear para o potássio, cálcio, SB, CTC e V% em função das doses de composto orgânico (Figura 16). Para as demais propriedades químicas do solo, não houve influências das doses (Tabela 19).

Tabela 18. Propriedades químicas do solo, no dia da colheita, aos 60 dias após o transplante, em função da aplicação de potássio em cobertura. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2010.

Adução potássica em cobertura	pH CaCl ₂	M.O. g dm ⁻³	P _{resina} mgdm ⁻³	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%
Sem	6,2	11	63	13	2,1	32	11a	45	58	76
Com	6,2	10	53	13	2,1	28	9b	39	52	75
F	0,16 ^{ns}	0,23 ^{ns}	0,98 ^{ns}	0,27 ^{ns}	0,15 ^{ns}	2,09 ^{ns}	4,43 [*]	2,46 ^{ns}	2,85 ^{ns}	0,22 ^{ns}
CV(%)	3,95	18,85	49,43	12,28	27,72	31,51	29,59	29,70	22,12	7,04

CV = coeficiente de variação. ns = não significativo a 5% de probabilidade. * = significativo a 5% de probabilidade.

Tabela 19. pH, matéria orgânica, P_{resina}, H+Al e Magnésio no dia da colheita, aos 60 dias após o transplante, em função das doses de composto orgânico. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2010.

Doses de composto orgânico (t ha ⁻¹)	pH CaCl ₂	M.O. g dm ⁻³	P _{resina} mg dm ⁻³	H+Al	Mg
				-----mmol _c dm ⁻³ -----	
0	6,1	10	51	13	8
20	6,2	9	46	12	10
40	6,1	12	66	13	10
60	6,3	10	61	12	10
80	6,3	12	67	13	11
F	0,86 ^{ns}	1,56 ^{ns}	0,81 ^{ns}	0,80 ^{ns}	0,76 ^{ns}
CV(%)	3,95	18,85	49,43	12,28	29,59

CV = coeficiente de variação; ns = significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

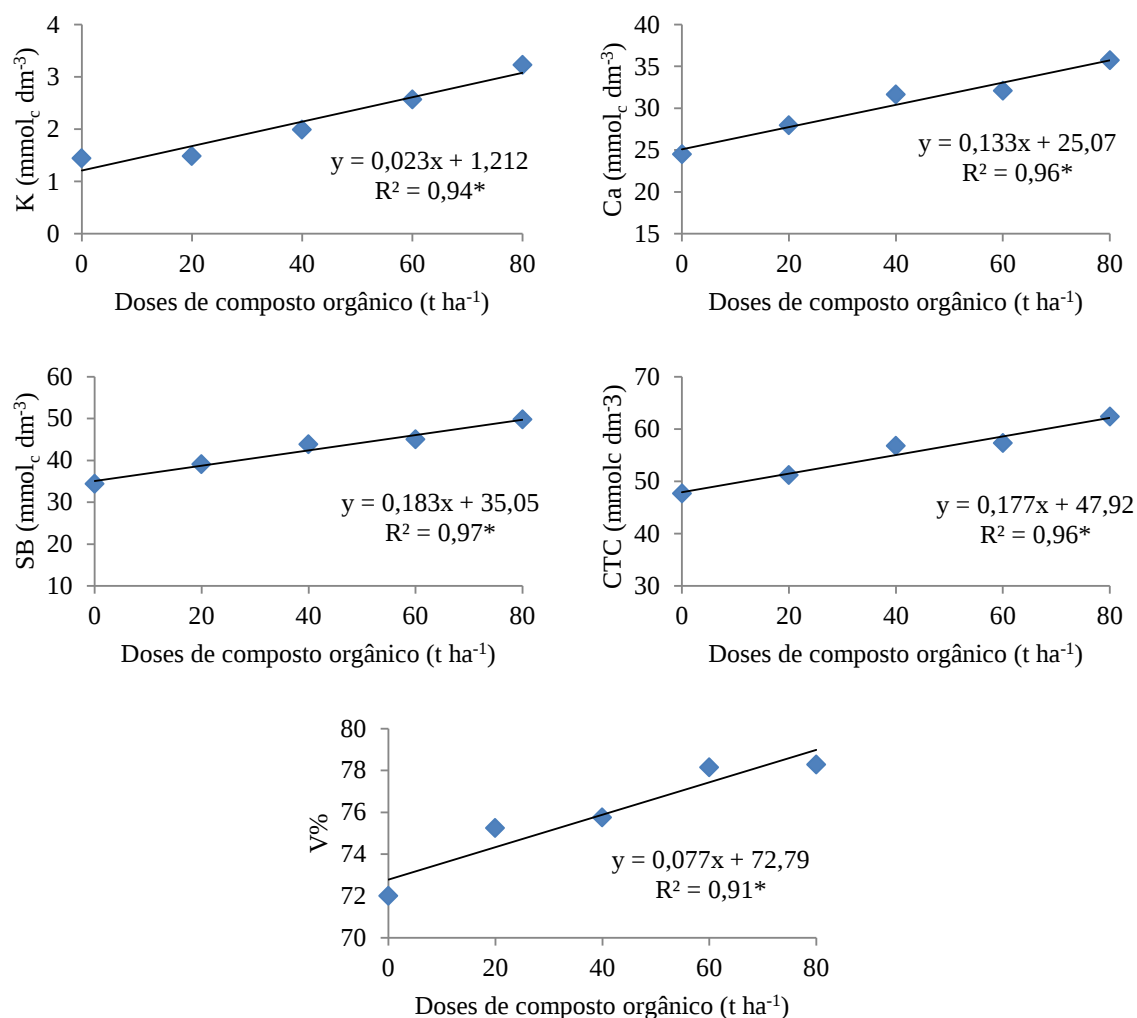


Figura 16. Teor de potássio, cálcio, SB, CTC e V%, no dia da colheita da beterraba (60 dias após o transplante), em função das doses de composto orgânico. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2010.

De acordo com os resultados, pode-se verificar que o único nutriente que foi afetado pelas doses de composto orgânico nas quatro coletas foi o cálcio, além de ter sido o cátion com maior contribuição na soma de bases em todas as amostragens. Ressalta-se que o cálcio, juntamente com o magnésio, foram os macronutrientes com maiores porcentagens na matéria seca do composto, conforme resultado da análise do material (Tabela 3). Comparando-se os resultados de análise do solo ao longo do ciclo da beterraba com o

monitoramento da decomposição do composto orgânico, observou-se aumento nos teores de cálcio e magnésio no solo (Figuras 11, 13, 15 e 16), praticamente ao longo de todo o ciclo da beterraba, sem, no entanto, haver liberação destes nutrientes por parte do composto orgânico, de acordo com o monitoramento (Tabela 14). Isto pode ser explicado, segundo Kiehl (2010), pois a maior parte do cálcio e magnésio fornecido às plantas, provém dos minerais do solo, sendo pequena a contribuição da matéria orgânica como fornecedora direta desses dois macronutrientes. Todavia, a matéria orgânica oferece valiosa contribuição no fornecimento de cálcio e magnésio, pois elevados teores em húmus no solo garantem o suprimento desses às raízes, uma vez que os colóides inorgânicos e orgânicos adsorvem eletrostaticamente (por fenômeno físico-químico) o cálcio e o magnésio, retendo-os em uma forma trocável, disponível às plantas, exercendo o importante papel de evitar perdas por lavagem pela água das chuvas. Segundo o autor, a capacidade do húmus em adsorver estes nutrientes é cerca de trinta vezes maior do que a capacidade de troca de cátions da caulinita, mineral de argila que predomina nos solos brasileiros.

O potássio foi outro nutriente bastante influenciado pelo composto orgânico. Verificou-se a influência das doses desde o segundo período de amostragem até a colheita. Este resultado pode ser explicado pelo fato do potássio não participar de combinações orgânicas, sendo um elemento ativo, porém livre, o que faz com que ele seja prontamente liberado para o solo quando os adubos orgânicos são incorporados (DAMATTO JÚNIOR, 2005). Os resultados dessas avaliações são coerentes com o resultado da avaliação da mineralização do composto orgânico, em que foi observado que o potássio foi o nutriente que apresentou maior velocidade de liberação (Figura 9). Em brócolis destinado à produção de sementes, Magro et al. (2010) também relataram aumento linear no teor de potássio no solo com doses crescentes de composto orgânico (0 até 120 t ha⁻¹), diferentemente de Cardoso et al. (2011), que ao utilizarem as mesmas doses do mesmo composto na produção de sementes de alface, não observaram diferenças no teor de K no solo ao final do ciclo.

6.5 Características vegetativas

Na primeira avaliação, realizada aos 14 dias após o transplante (DAT), não houve influência das doses de composto orgânico nas características vegetativas (Tabela 20). Nesta data, a adubação potássica em cobertura não havia sido realizada.

Tabela 20. Número de folhas, altura, massa da matéria fresca e seca da parte aérea e área foliar da planta de beterraba, aos 14 dias após o transplante, em função das doses de composto orgânico. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2010.

Doses de composto orgânico (t ha ⁻¹)	Número de Folhas	Altura (cm)	Massa fresca da parte aérea (g)	Massa seca da parte aérea (g)	Área foliar (cm ²)
0	6,78	12,75	2,68	0,28	39,70
20	7,20	12,88	2,77	0,27	39,24
40	6,65	11,84	2,47	0,26	34,44
60	6,90	12,41	2,44	0,25	35,00
80	7,78	12,59	3,01	0,32	44,88
F	1,43 ^{ns}	0,59 ^{ns}	0,77 ^{ns}	1,16 ^{ns}	1,16 ^{ns}
CV(%)	10,64	8,39	20,07	19,12	20,30

CV = coeficiente de variação; ns = significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

Aos 28 DAT, já sob efeito da aplicação do potássio em cobertura, verificou-se que a interação entre os dois fatores não foi significativa. Da mesma forma, a adubação potássica (Tabela 21) e as doses de composto orgânico (Tabela 22) não afetaram as características vegetativas da beterraba. Relacionando os dados dos dois primeiros períodos de avaliação com o resultado das análises químicas do solo coletado nas mesmas datas, pode-se inferir que, apesar do composto orgânico ter proporcionado melhorias nas propriedades químicas do solo em função das doses já a partir dos 14 DAT, esta melhora não resultou em diferenças no desenvolvimento vegetativo da beterraba até os 28 DAT.

Tabela 21. Número de folhas (NF), altura (ALT), massa da matéria fresca da parte aérea (MFPA) e total (MFT), massa da matéria seca da parte aérea (MSPA), raiz (MSR) e total (MST), e área foliar das plantas de beterraba, aos 28 dias após o transplante, em função dos tratamentos sem e com aplicação de potássio em cobertura. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2010.

Adubação potássica em cobertura	NF	ALT (cm)	MFPA (g)	MFT (g)	MSPA (g)	MSR (g)	MST (g)	Área foliar (cm ²)
Sem	9,18	21,01	27,02	34,01	1,98	0,46	2,34	356,03
Com	9,63	22,94	33,32	42,05	2,37	0,62	2,99	430,88
F	1,73 ^{ns}	3,4 ^{ns}	2,66 ^{ns}	2,84 ^{ns}	3,13 ^{ns}	2,96 ^{ns}	4,06 ^{ns}	3,08 ^{ns}
CV	11,55	14,68	39,64	38,81	31,93	52,34	37,59	33,52

CV = coeficiente de variação; ns = não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

Tabela 22. Número de folhas (NF), altura (ALT), massa fresca da parte aérea (MFPA) e total (MFT), massa seca da parte aérea (MSPA), raiz (MSR) e total (MST) e área foliar das plantas de beterraba, aos 28 dias após o transplante, em função das doses de composto orgânico. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2010.

Doses de composto Orgânico (t ha ⁻¹)	NF	ALT (cm)	MFPA (g)	MFT (g)	MSPA (g)	MSR (g)	MST (g)	Área foliar (cm ²)
0	9,94	22,54	29,48	37,86	2,33	0,53	2,85	369,42
20	9,38	22,32	32,26	40,64	2,25	0,57	2,58	425,59
40	9,44	21,89	29,52	36,35	2,04	0,48	2,51	390,33
60	8,86	21,64	30,35	39,11	2,26	0,61	2,87	402,08
80	9,29	21,09	28,23	34,95	1,92	0,51	2,43	368,42
F	0,95 ^{ns}	0,23 ^{ns}	0,12 ^{ns}	0,18 ^{ns}	0,46 ^{ns}	0,25 ^{ns}	0,30 ^{ns}	0,26 ^{ns}
CV(%)	11,55	14,68	39,64	38,81	31,93	52,34	37,59	33,52

CV = coeficiente de variação; ns = não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

Na terceira coleta, aos 43 DAT, não houve influência da adubação potássica em cobertura nas características vegetativas (Tabela 23). Para as doses de composto orgânico adicionadas ao solo, não houve influência das mesmas no número de folhas, massa da matéria fresca e seca da parte aérea, além da massa da matéria seca total (Tabela 24).

Entretanto, a altura, massa da matéria fresca total, massa da matéria seca da raiz e área foliar foram influenciadas pelas doses de composto orgânico (Figura 17), com efeito quadrático nestas características.

Tabela 23. Número de folhas (NF), altura (ALT), massa da matéria fresca da parte aérea (MFPA), raiz (MFR) e total (MFT), massa da matéria seca da parte aérea (MSPA), raiz (MSR) e total (MST) e área foliar das plantas de beterraba, aos 43 dias após o transplante, em função dos tratamentos sem e com aplicação de potássio em cobertura. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2010.

Adubação potássica	NF	ALT	MFPA	MFT	MSPA	MSR	MST	Área foliar
em cobertura		(cm)	(g)	(g)	(g)	(g)	(g)	(cm ²)
Sem	11,10	31,54	54,02	83,86	4,65	4,09	8,75	739,62
Com	11,61	31,08	54,33	85,08	4,69	4,33	9,02	757,40
F	0,95 ^{ns}	0,39 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,24 ^{ns}	0,12 ^{ns}	0,20 ^{ns}
CV	14,23	7,07	22,64	25,22	23,46	35,07	27,02	16,24

CV = coeficiente de variação; ns = não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

Tabela 24. Número de folhas; massa da matéria fresca da parte aérea, massa da matéria seca da parte aérea e total da beterraba, aos 43 dias após o transplante, em função das doses de composto orgânico. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2010.

Doses de composto orgânico (t ha ⁻¹)	Número de folhas	Massa fresca da parte aérea (g)	Massa seca da parte aérea (g)	Massa seca total (g)
0	10,81	45,15	4,10	7,53
20	12,13	55,54	4,76	9,19
40	11,13	58,23	4,86	9,80
60	11,43	59,00	5,08	9,46
80	11,21	54,48	4,58	8,40
F	0,74 ^{ns}	1,59 ^{ns}	0,87 ^{ns}	1,14 ^{ns}
CV(%)	14,23	22,64	23,46	27,02

CV = coeficiente de variação; ns = não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

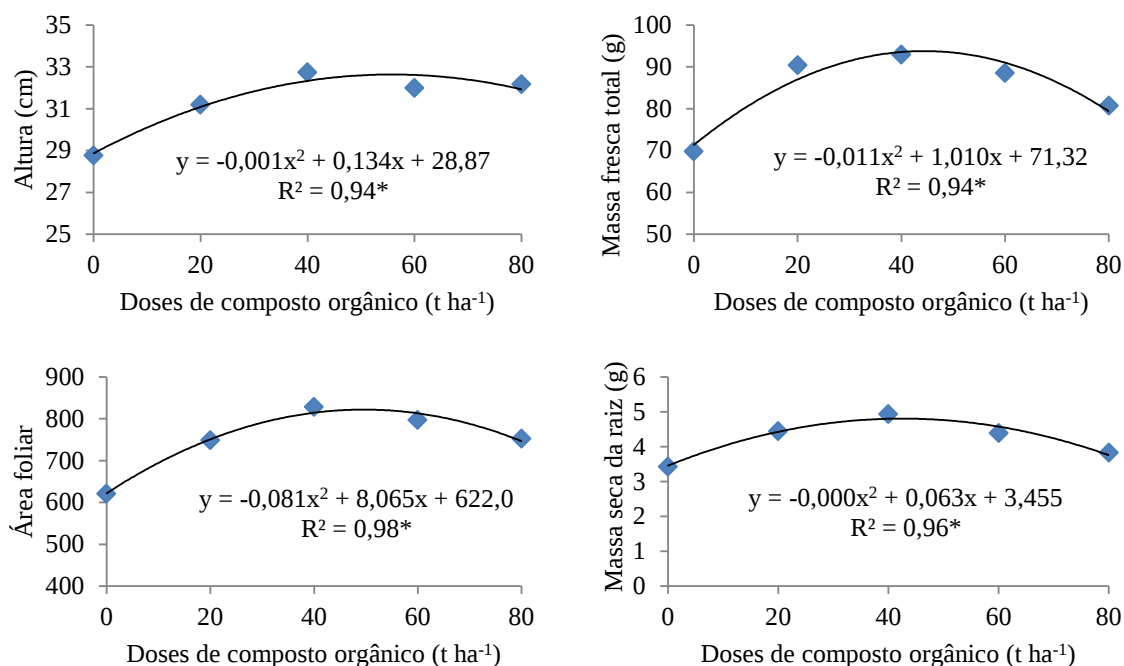


Figura 17. Altura, massa da matéria fresca total, massa da matéria seca da raiz e área foliar das plantas de beterraba, aos 43 dias após o transplante, em função das doses de composto orgânico. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2010.

A maior altura (32,63cm) da parte aérea foi obtida com a dose de 56 t ha⁻¹. Para a massa fresca total, o maior valor foi atingido na dose de 44 t ha⁻¹, obtendo-se massa de 93,8 gramas. O maior valor da massa seca da raiz foi de 4,8 gramas na dose de 42 t ha⁻¹. Já para a área foliar, o valor máximo foi atingido na dose de 50 t ha⁻¹, o que proporcionou um valor de 822,75 cm² planta⁻¹.

Na colheita, aos 60 DAT, assim como nos demais períodos de avaliação, verificou-se que a adubação potássica em cobertura não teve influência nas características vegetativas (Tabela 25).

Assim como neste experimento, trabalhos conduzidos com outras hortaliças constataram que a adubação potássica em cobertura não afetou as características vegetativas ao final do ciclo. Araújo (2011) constatou que a aplicação do potássio em cobertura (0 a 400 kg K₂O ha⁻¹) não influenciou a altura e o número de folhas em abobrinha-de-moita ao final do cultivo. Godoy et al. (2012) não obtiveram aumento no número de folhas

em couve-flor com a aplicação de cinco doses de potássio em cobertura (0, 50, 100, 150 e 200 kg K₂O ha⁻¹).

Tabela 25. Número de folhas (NF), altura (ALT), massa da matéria fresca da parte aérea (MFPA) e total (MFT), massa da matéria seca da parte aérea (MSPA), raiz (MSR) e total (MST) e área foliar da planta de beterraba, aos 60 dias após o transplante, em função dos tratamentos sem e com aplicação de potássio em cobertura. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2010.

Adubação potássica em cobertura	NF	ALT (cm)	MFPA (g)	MFT (g)	MSPA (g)	MSR (g)	MST (g)	Área Foliar
Sem	12,65	35,05	56,25	157,57	5,55	11,80	17,35	918,35
Com	12,97	34,18	54,55	144,51	5,29	10,57	15,86	871,28
F	0,49 ^{ns}	1,45 ^{ns}	0,22 ^{ns}	1,45 ^{ns}	0,67 ^{ns}	1,93 ^{ns}	1,79 ^{ns}	0,60 ^{ns}
CV	11,07	6,37	20,04	22,05	18,19	24,16	20,51	20,82

CV = coeficiente de variação; ns = não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

Foram observados efeitos significativos para as doses de composto orgânico para todas as características vegetativas avaliadas ao final do ciclo (Figura 18), com exceção do número de folhas, com média geral de 12,8 folhas por planta.

Obteve-se altura máxima de 36,4 cm com a adição de 56 t ha⁻¹ de composto orgânico ao solo. Para a massa fresca da parte aérea e total, os valores máximos atingidos foram 62,54 e 174,79 gramas, respectivamente, com doses equivalentes a 56 e 51 t ha⁻¹, respectivamente. Já para a massa da matéria seca da parte aérea, raiz e total, os dados começaram a decrescer a partir das doses 53; 50 e 50 t ha⁻¹, nas quais obtiveram-se valores de 6,10; 13,02 e 19,10 gramas, respectivamente. O maior valor da área foliar (1008 cm² planta⁻¹) foi atingido na dose de 54 t ha⁻¹ (Figura 18).

Os resultados referentes às características vegetativas da beterraba concordam com as argumentações de Malavolta (1980) de que as respostas de desenvolvimento da planta e acúmulo de matéria seca estão mais relacionadas com o nitrogênio do que com o potássio ou da interação entre ambos. Isso pode ajudar a explicar o fato da adubação potássica em cobertura não ter influenciado tais características e o composto orgânico, que é fornecedor de potássio, nitrogênio e outros nutrientes, ter afetado todas elas.

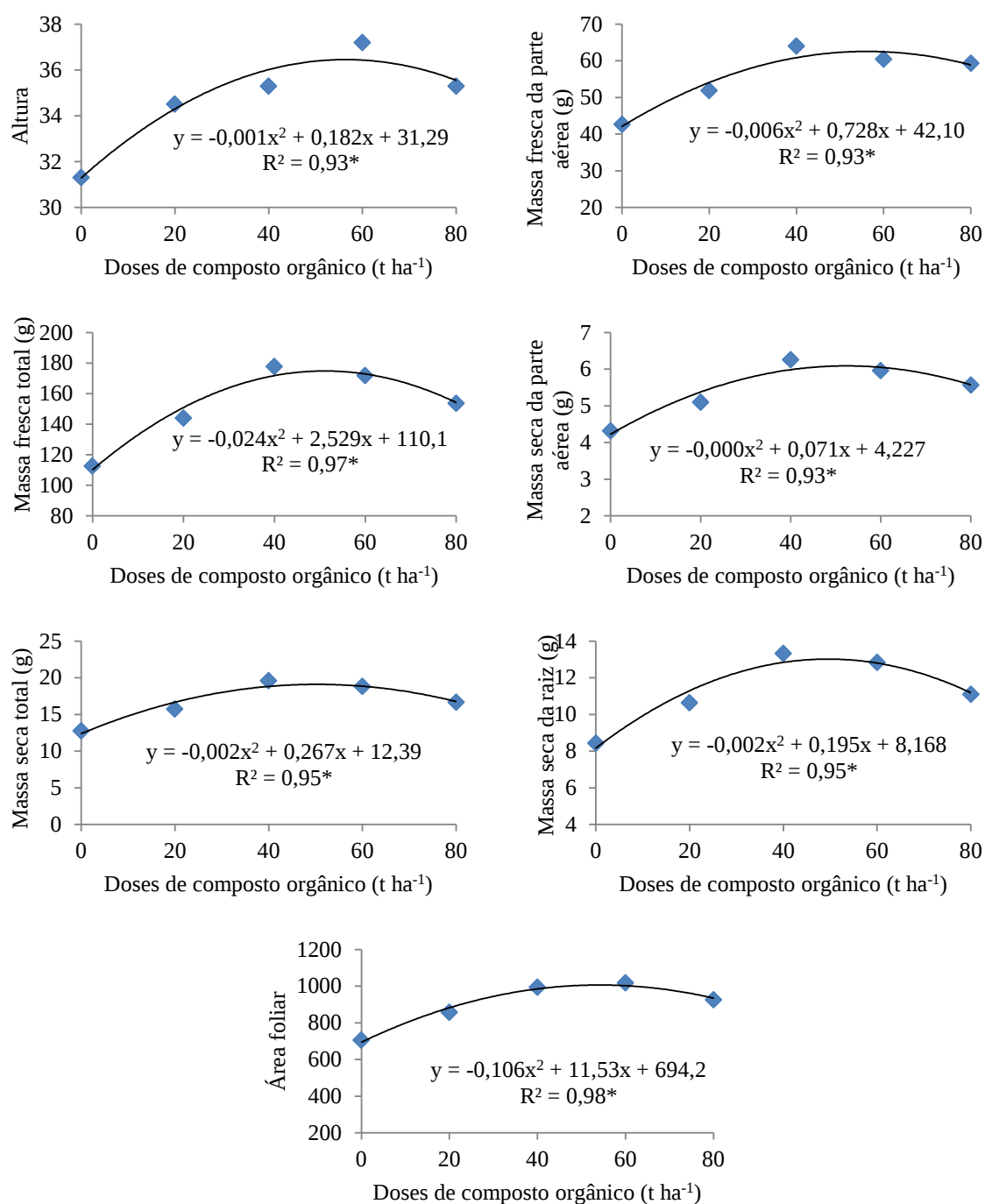


Figura 18. Altura; massa da matéria fresca da parte aérea e total; massa seca da parte aérea, raiz e total; e área foliar, aos 60 dias após o transplante, no dia da colheita da beterraba, em função das doses de composto orgânico. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2010.

Marques et al. (2010) obtiveram resposta linear para a altura da parte aérea de plantas de beterraba cultivada em função de doses de esterco bovino com altura máxima de 28,81cm, utilizando-se as mesmas doses desta pesquisa. Entretanto, provavelmente devido à maior estabilização do composto orgânico em relação ao esterco, juntamente com a aplicação da adubação mineral de plantio neste trabalho, obteve-se altura superior nas plantas (máximo de 36,4 cm para 56 t ha⁻¹ de composto orgânico) associado com um ajuste diferente dos dados, que nesta pesquisa foi quadrático. Também há diferenças entre cultivares e épocas de cultivo.

Ao contrário deste experimento, Vasconcelos (2009) verificou que a massa da matéria seca das raízes de beterraba não foi influenciada pelas doses de composto orgânico (0 a 71 t ha⁻¹).

6.6 Acúmulo de nutrientes

Na primeira avaliação, realizada aos 14 dias após o transplante (DAT), não houve influência das doses de composto orgânico no acúmulo de nutrientes pela planta de beterraba (Tabela 26). Nesta data, ainda não havia influência da adubação potássica em cobertura, a qual foi realizada imediatamente após as plantas terem sido avaliadas.

Tabela 26. Acúmulo de nutrientes da beterraba, aos 14 dias após o transplante, em função de doses de composto orgânico. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2010.

Doses de composto orgânico (t ha ⁻¹)	N	P	K	Ca	Mg	S
	mg planta ⁻¹					
0	24,62	4,85	38,86	6,74	8,87	1,91
20	24,47	3,96	36,49	5,69	7,78	2,04
40	23,06	3,43	33,53	5,51	8,12	1,76
60	22,11	3,48	33,46	6,02	7,87	1,69
80	27,96	4,17	41,49	6,73	9,51	2,41
F	0,98 ^{ns}	2,02 ^{ns}	0,92 ^{ns}	1,00 ^{ns}	0,79 ^{ns}	1,62 ^{ns}
CV(%)	18,38	20,49	19,73	18,76	19,73	22,69

CV = coeficiente de variação. ns = não significativo a 5% de probabilidade.

Aos 28 DAT, já sob efeito da aplicação do potássio em cobertura, verificou-se que os tratamentos que foram adubados com potássio apresentaram maior acúmulo de cálcio e magnésio na parte aérea, sem, no entanto, ter afetado a quantidade acumulada pela raiz e planta inteira (Tabela 27). Para os demais macronutrientes, a adubação potássica em cobertura não exerceu efeito significativo. Já as doses de composto orgânico aplicadas (Tabela 28) não afetaram o acúmulo de macronutrientes tanto na parte aérea, como na raiz e planta inteira.

Tabela 27. Acúmulo de nutrientes pela parte aérea, raiz e total pela planta de beterraba, aos 28 dias após o transplante, em função da aplicação de potássio em cobertura. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2010.

Adubação potassica em cobertura	N	P	K	Ca	Mg	S
.....mg planta ⁻¹						
Parte aérea						
Sem	80,18	9,11	122,82	21,32b	34,80b	5,68
Com	97,60	10,14	146,26	28,83a	50,31a	6,98
F	3,24 ^{ns}	0,88 ^{ns}	2,25 ^{ns}	8,41*	8,62*	3,72 ^{ns}
CV	33,68	34,95	35,87	32,03	38,57	33,05
Raiz						
Sem	17,68	2,68	31,12	1,35	1,69	1,06
Com	20,27	2,96	36,25	1,46	2,09	1,21
F	0,58 ^{ns}	0,27 ^{ns}	0,73 ^{ns}	0,23 ^{ns}	1,56 ^{ns}	0,60 ^{ns}
CV	48,88	51,69	48,76	42,46	47,09	49,02
Total						
Sem	105,41	12,80	166,14	24,93	40,31	7,27
Com	115,16	13,12	177,60	30,24	51,67	8,20
F	0,64 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,30 ^{ns}	3,10 ^{ns}	3,52 ^{ns}	1,05 ^{ns}
CV	30,76	34,87	33,51	29,96	36,04	32,22

CV = coeficiente de variação. ns = não significativo a 5% de probabilidade. * = significativo a 5% de probabilidade.

Tabela 28. Acúmulo de macronutrientes pela parte aérea, raiz e total pela planta de beterraba, aos 28 dias após o transplante, em função de doses de composto orgânico. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2010.

Doses de composto orgânico (t ha ⁻¹)	N	P	K	Ca	Mg	S
	mg planta ⁻¹					
Parte aérea						
0	90,99	8,84	143,00	27,58	49,95	5,95
20	92,13	9,40	137,84	27,64	45,27	6,31
40	82,89	10,38	131,72	22,53	36,08	6,02
60	95,28	10,60	136,91	26,79	44,06	6,95
80	80,75	8,78	118,59	19,42	34,68	6,32
F	0,33 ^{ns}	0,48 ^{ns}	0,27 ^{ns}	1,57 ^{ns}	1,21 ^{ns}	0,26 ^{ns}
CV(%)	33,68	34,95	35,87	32,03	38,57	33,05
Raiz						
0	17,59	2,38	31,32	1,19	1,72	0,99
20	17,77	2,63	32,72	1,52	1,87	1,08
40	16,95	2,66	28,71	1,48	1,60	1,01
60	22,15	3,42	41,81	1,58	2,33	1,39
80	20,43	3,02	33,87	1,26	1,94	1,21
F	0,34 ^{ns}	0,47 ^{ns}	0,54 ^{ns}	0,48 ^{ns}	0,59 ^{ns}	0,54 ^{ns}
CV(%)	48,88	51,69	48,76	42,46	47,09	49,02
Total						
0	114,85	11,70	182,96	31,58	56,55	7,32
20	101,87	11,59	160,83	28,06	43,14	5,94
40	100,76	13,79	160,59	24,33	38,54	7,79
60	126,51	15,09	192,05	31,41	51,53	9,55
80	107,88	12,63	162,93	22,56	40,21	5,73
F	0,59 ^{ns}	0,65 ^{ns}	0,39 ^{ns}	1,46 ^{ns}	1,31 ^{ns}	0,66 ^{ns}
CV(%)	30,76	34,87	33,51	29,96	36,04	32,22

CV = coeficiente de variação. ns = não significativo a 5% de probabilidade.

Na terceira coleta, aos 43 DAT, não houve influência da aplicação do potássio em cobertura no acúmulo de nutrientes pela parte aérea, raízes e total (Tabela 29). O acúmulo de nitrogênio, cálcio e magnésio não foi afetado pelas doses de composto orgânico tanto na parte aérea como a parte tuberosa e total das plantas de beterraba (Tabela 30).

Tabela 29. Acúmulo de macronutrientes pela parte aérea, raiz e total da beterraba, aos 43 dias após o transplante, em função da aplicação de potássio em cobertura. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2010.

Adubação potassica em cobertura	N	P	K	Ca	Mg	S
..... mg planta ⁻¹						
Parte aérea						
Sem	143,45	23,29	279,13	51,33	70,50	17,39
Com	146,21	20,65	266,25	52,24	75,96	16,66
F	0,07 ^{ns}	1,08 ^{ns}	0,24 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,72 ^{ns}	0,43 ^{ns}
CV	22,78	35,51	29,77	26,92	27,09	20,21
Raiz						
Sem	78,40	15,46	158,44	6,06	7,72	6,86
Com	80,77	16,35	162,81	4,79	8,05	7,01
F	0,07 ^{ns}	0,27 ^{ns}	0,05 ^{ns}	1,82 ^{ns}	0,15 ^{ns}	0,04 ^{ns}
CV	35,71	33,32	37,60	52,91	34,71	34,99
Total						
Sem	221,85	38,75	437,57	57,39	78,21	24,26
Com	226,98	37,01	429,06	57,04	84,01	23,68
F	0,09 ^{ns}	0,20 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,68 ^{ns}	0,11 ^{ns}
CV	24,07	31,12	29,45	27,64	26,81	22,99

CV = coeficiente de variação. ns = não significativo a 5% de probabilidade.

Tabela 30. Acúmulo de nitrogênio, cálcio e magnésio pela parte aérea, raiz e total pela planta de beterraba, aos 43 dias após o transplante, em função de doses de composto orgânico. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2010.

Doses de	N			Ca			Mg		
Composto	mg planta ⁻¹								
orgânico (t ha ⁻¹)	Parte aérea	Raiz	Total	Parte aérea	Raiz	Total	Parte aérea	Raiz	Total
0	133,72	68,10	201,82	49,15	5,40	54,55	72,08	6,36	78,44
20	148,90	87,04	235,94	59,28	6,78	66,06	82,93	8,65	91,58
40	147,67	85,16	232,83	55,42	4,93	60,36	73,48	9,00	82,48
60	152,00	81,06	233,05	51,82	6,26	58,08	73,66	7,99	81,65
80	142,04	76,03	218,07	41,90	3,83	45,73,	61,95	7,32	69,27
F	0,37 ^{ns}	0,57 ^{ns}	0,56 ^{ns}	1,67 ^{ns}	1,18 ^{ns}	1,69 ^{ns}	1,06 ^{ns}	1,23 ^{ns}	1,03 ^{ns}
CV	22,78	35,71	24,07	26,92	52,91	27,64	27,09	34,17	26,81

CV = coeficiente de variação. ns = não significativo a 5% de probabilidade.

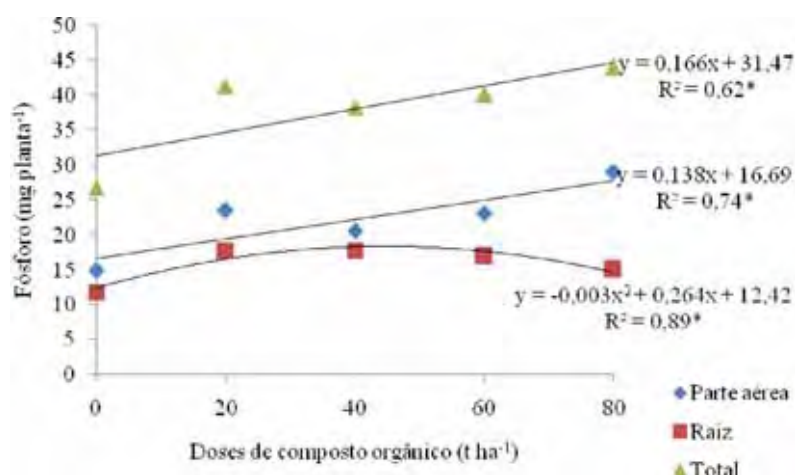
Para o acúmulo de fósforo, potássio e enxofre, houve influência das doses de composto orgânico adicionada ao solo aos 43 DAT (Figura 19).

Para o acúmulo de fósforo, houve efeito quadrático das doses nas raízes de beterraba, atingindo-se o acúmulo máximo de 18 mg de P planta⁻¹ na dose de 44 t ha⁻¹. Para a parte aérea e a planta inteira o efeito foi linear, obtendo-se aumento do acúmulo de 1,38 e 1,66 mg de P planta⁻¹, respectivamente, para cada 10 t ha⁻¹ de composto orgânico adicionado (Figura 19).

Já para o acúmulo de enxofre, houve efeito quadrático das doses de composto orgânico em todas as partes da planta (Figura 19). Foram obtidos acúmulos máximos de 19,2; 7,9 e 26,9 mg de S planta⁻¹, nas doses de 59; 43 e 53 t ha⁻¹, respectivamente, na parte aérea, raiz e total, respectivamente.

O acúmulo de potássio foi afetado somente na parte aérea da planta havendo aumento de 10,4 mg de K planta⁻¹ para cada 10 t ha⁻¹ de composto orgânico adicionado ao solo (Figura 19).

Tanto na segunda quanto na terceira coleta, aos 28 e 43 DAT, pode-se observar que todos os macronutrientes foram acumulados preferencialmente na parte aérea em relação às raízes, o que pode ser explicado pela massa da matéria seca da parte aérea ter sido muito superior à das raízes, nestes dois períodos de avaliação.



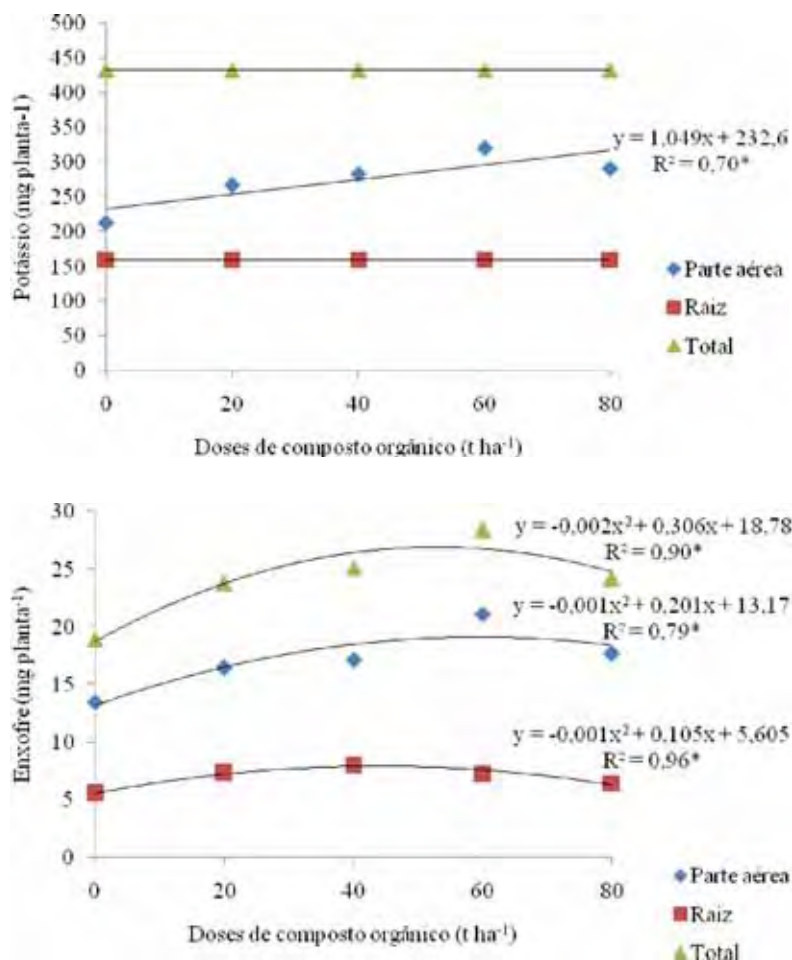


Figura 19. Quantidade acumulada de fósforo, potássio e enxofre na parte aérea, raiz e total pela planta de beterraba, aos 43 dias após o transplante, em função das doses de composto orgânico. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2010.

Na colheita, aos 60 DAT, não houve influência da aplicação da adubação potássica em cobertura na quantidade acumulada de macronutrientes pela parte aérea, raízes e total das plantas de beterraba (Tabela 31).

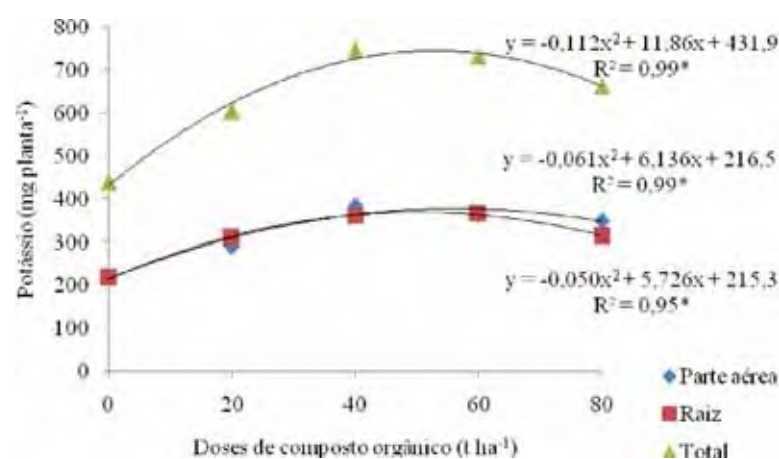
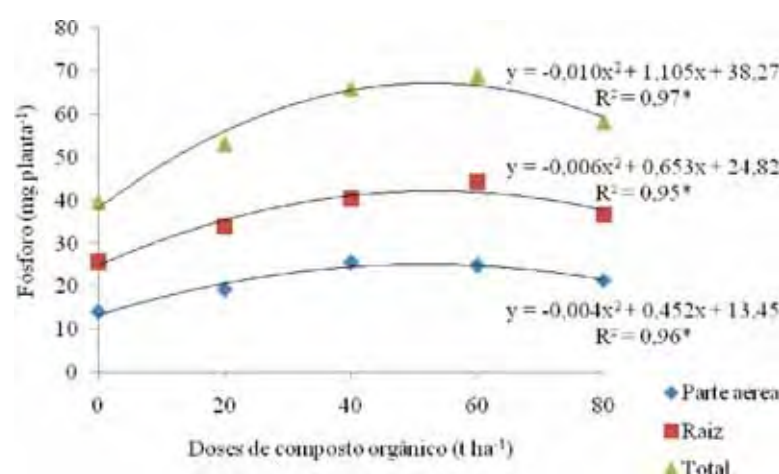
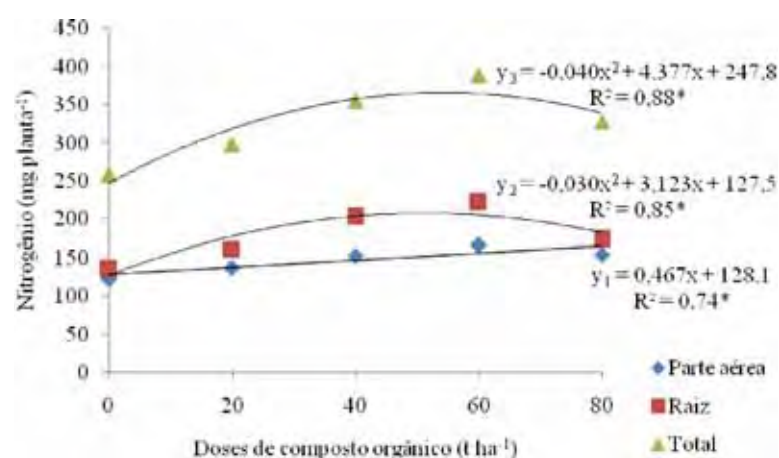
Já as doses de composto orgânico afetaram o acúmulo de todos os macronutrientes em todas as partes das plantas (Figura 20). Com exceção do acúmulo de nitrogênio e enxofre na parte aérea que apresentaram ajuste linear em função das doses, para os demais macronutrientes os valores foram ajustados segundo equação de efeito quadrático. Considerando que a quantidade acumulada está diretamente relacionada com a massa da

matéria seca da amostra, o efeito quadrático pode ser explicado pelos resultados da massa da matéria seca da parte aérea, raiz e planta inteira da beterraba ao final do ciclo (Figura 18).

Tabela 31. Acúmulo de macronutrientes pela parte aérea, raiz e total pela planta de beterraba, na colheita, aos 60 dias após o transplante, em função da aplicação de potássio em cobertura. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2010.

Adubação potássica em cobertura	N	P	K	Ca	Mg	S
.....mg planta ⁻¹						
Parte aérea						
Sem	148,29	20,10	303,87	79,83	86,57	22,16
Com	143,75	21,84	338,74	72,43	76,44	20,79
F	0,16 ^{ns}	1,67 ^{ns}	3,29 ^{ns}	1,34 ^{ns}	1,90 ^{ns}	1,20 ^{ns}
CV	23,82	19,80	18,44	25,76	27,69	17,95
Raiz						
Sem	184,12	36,06	319,01	11,80	23,52	16,21
Com	171,68	35,90	307,57	11,52	20,74	17,76
F	0,90 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,17 ^{ns}	0,04 ^{ns}	2,80 ^{ns}	0,27 ^{ns}
CV	22,90	23,61	27,23	39,47	23,02	24,75
Total						
Sem	332,41	56,17	622,88	91,63	110,09	39,93
Com	315,43	57,74	646,31	83,94	97,18	37,00
F	0,65 ^{ns}	0,20 ^{ns}	0,33 ^{ns}	1,13 ^{ns}	2,27 ^{ns}	1,67 ^{ns}
CV	19,95	19,93	19,84	25,27	25,40	18,12

CV = coeficiente de variação. ns = não significativo a 5% de probabilidade.



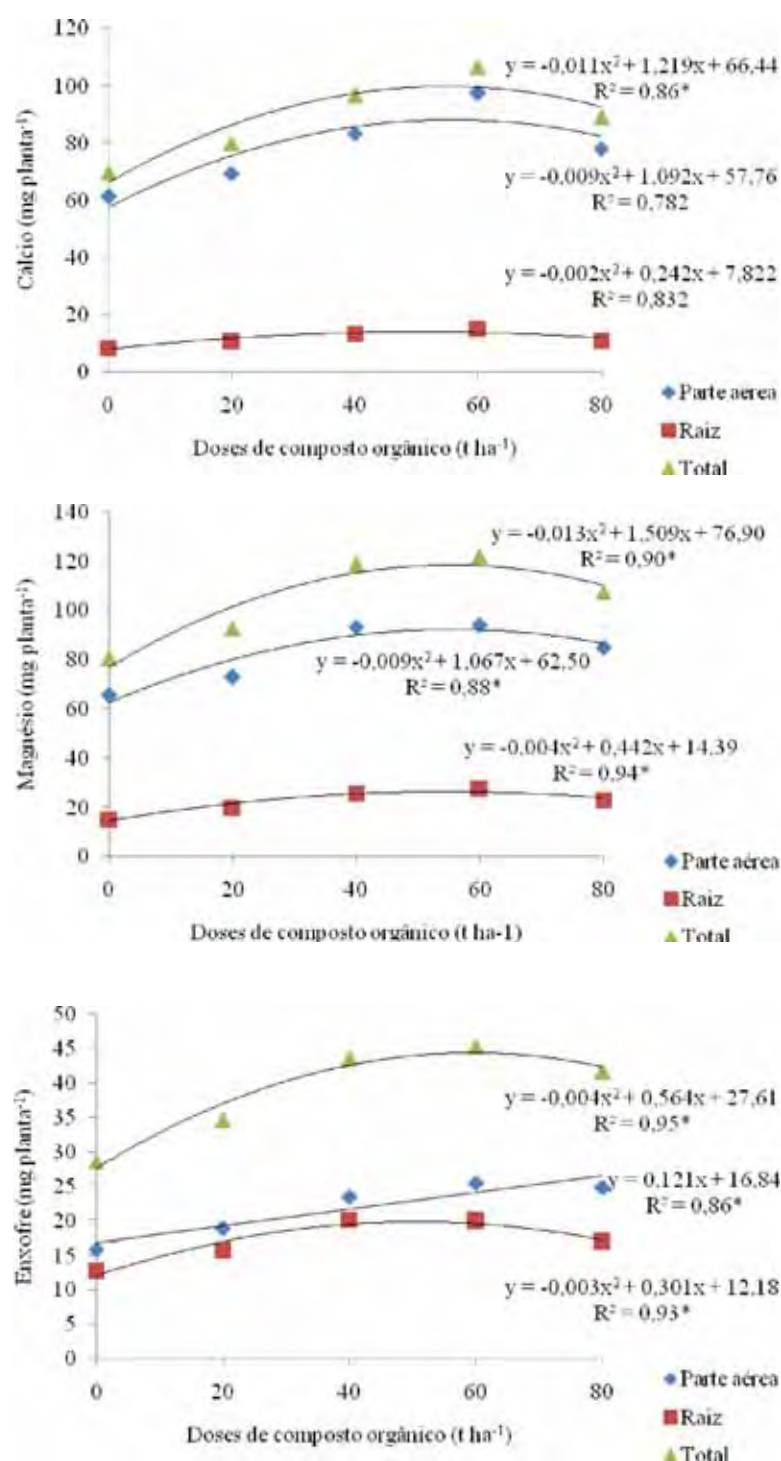


Figura 20. Quantidade acumulada de macronutrientes na parte aérea, raiz e total pela planta de beterraba, na colheita, aos 60 dias após o transplante, em função das doses de composto orgânico. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2010.

Percebe-se, na colheita, que os macronutrientes nitrogênio e fósforo, foram acumulados preferencialmente nas raízes em relação à parte aérea da beterraba. Já os três macronutrientes secundários (cálcio, magnésio e enxofre) tiveram padrão inverso.

Alves et al. (2008) verificaram maior presença do fósforo nas raízes em relação à parte aérea e atribuíram que a maior exigência de P na raiz tuberosa se deve a sua função, que é promover um crescimento rápido e contínuo deste órgão. Outra possível explicação é devido a mobilidade deste nutriente. Em batateira, Fernandes et al. (2011) verificaram que o fósforo foi intensamente translocado para os tubérculos, sendo direcionadas quantidades semelhantes às absorvidas.

Grangeiro et al. (2007) observaram que o acúmulo de cálcio também foi bem maior na parte aérea, o que, segundo os autores, evidencia o fato do cálcio ser absorvido pela raiz ser translocado para a parte aérea e não ser redistribuído pela planta, devido sua baixa mobilidade.

Quanto ao magnésio, uma das prováveis causas, segundo Grangeiro et al. (2007), para esse maior acúmulo na parte aérea é que o mesmo faz parte da molécula de clorofila. De acordo com Marchner (1995), dependendo do “status” de Mg na planta, entre 6 a 25% do magnésio total está ligado à molécula de clorofila e outros 5 a 10% estão firmemente ligados a pectatos, na parede celular, ou como sal solúvel, no vacúolo.

Já para o potássio, observou-se neste trabalho elevado acúmulo tanto na parte aérea quanto na raiz tuberosa, resultado também constatado em outros trabalhos como o de Alves et al. (2008). Segundo esses autores, este fato confirma a importância deste nutriente para plantas armazenadoras de reserva em órgão subterrâneos, que faz dele o nutriente mais extraído pela planta, para translocação de açúcares e síntese de amido e requerido para a obtenção de produções elevadas.

6.7 Marcha de absorção

6.7.1 Acúmulo de massa da matéria seca

Os dados de acúmulo de massa da matéria seca da parte aérea, raiz e planta inteira ao longo do ciclo da beterraba para as doses de 40 e 60 t ha⁻¹ de composto orgânico, sem aplicação de potássio em cobertura, ajustaram-se à equação não linear a qual produz uma curva sigmoidal. Os parâmetros da equação não linear estão representados na Tabela 32.

Tabela 32. Parâmetros da equação não linear para a massa seca acumulada na parte aérea, raiz e planta inteira de beterraba cultivada nas doses de 40 e 60 t ha⁻¹ de composto orgânico, sem adubação potássica em cobertura. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2010.

Massa seca	a	b	x ₀	R ²
40 t ha ⁻¹ de composto orgânico				
Parte aérea	7,04	7,11	35,37	0,9998
Raiz	14,69	4,84	45,32	1,0000
Total	22,99	7,11	43,79	1,0000
60 t ha ⁻¹ de composto orgânico				
Parte aérea	6,07	5,86	31,47	0,9999
Raiz	16,44	6,47	49,78	1,0000
Total	23,72	8,68	46,32	0,9995

R² = coeficiente de determinação.

$$\text{Equação: } y = \frac{a}{1 + e^{-\left(\frac{x-x_0}{b}\right)}}, \text{ em que } x = (\text{dias após o transplante})$$

As Tabelas 33 e 34 apresentam as quantidades acumuladas de massa seca da parte aérea, raiz e total da planta de beterraba cultivada sob as doses de 40 e 60 t ha⁻¹ de composto orgânico, respectivamente, sem a aplicação de potássio em cobertura. Estes dois tratamentos foram escolhidos pois os maiores valores de produção e características vegetativas

estavam compreendidos entre estas duas doses. Nas figuras 21 e 22, podem ser observadas o acúmulo de massa da matéria seca para essas duas doses ajustados ao modelo sigmoidal.

Tabela 33. Massa da matéria seca da parte aérea (MSPA), raiz (MSR) e total (MST) da beterraba sob a dose de 40 t ha⁻¹ de composto orgânico, sem adubação potássica em cobertura, em função das coletas (dias após o transplante). FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2010.

Dias após o transplante	MSPAg planta ⁻¹	MSRg planta ⁻¹	MST
0	0,033	*	0,033
14	0,26	*	0,26
28	1,88	0,40	2,28
43	5,23	5,62	10,85
60	6,84	14,02	20,86

Tabela 34. Massa da matéria seca da parte aérea (MSPA), raiz (MSR) e total (MST) da beterraba sob a dose de 60 t ha⁻¹ de composto orgânico, sem adubação potássica em cobertura, em função das coletas (dias após o transplante). FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2010.

Dias após o transplante	MSPAg planta ⁻¹	MSRg planta ⁻¹	MST
0	0,033	*	0,033
14	0,25	*	0,25
28	2,18	0,55	2,73
43	5,31	4,27	9,58
60	6,04	13,63	19,66

Inicialmente a massa seca foi constituída exclusivamente pela parte aérea, sendo somente a partir da terceira avaliação, aos 28 DAT, que as raízes passaram a ser avaliadas como parte da biomassa. Nas figuras 21 e 22, é possível visualizar o momento a partir do qual o acúmulo da massa seca da raiz passa a ser superior ao acúmulo da parte aérea, que ocorreu pouco após os 42 DAT.

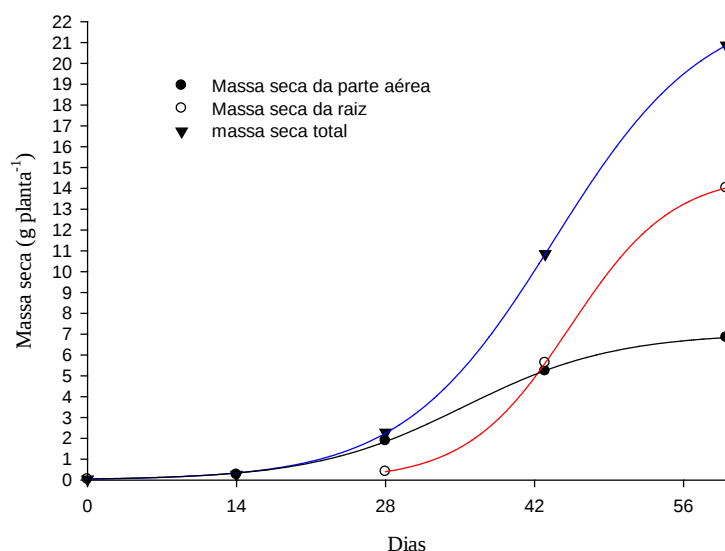


Figura 21. Massa da matéria seca da parte aérea, raiz e total da planta de beterraba, cultivada sob a dose 40 t ha⁻¹ de composto orgânico, sem adubação potássica em cobertura, ao longo do ciclo da cultura. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2010.

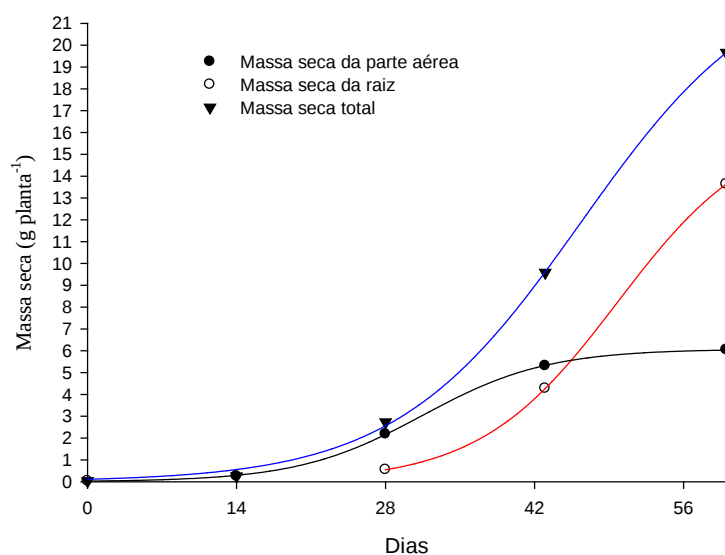


Figura 22. Massa da matéria seca da parte aérea, raiz e total da planta de beterraba, cultivada sob a dose 60 t ha⁻¹ de composto orgânico, sem adubação potássica em cobertura, ao longo do ciclo da cultura. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2010.

Pode-se observar, pelas duas figuras, que o crescimento da planta, expresso pelo acúmulo de massa da matéria seca ao longo do ciclo, inicialmente foi lento até os 14 DAT. Grangeiro et al. (2007) verificaram que o crescimento da beterraba inicialmente foi lento até 30 dias após a semeadura (DAS), sendo que ao final do ciclo, a produção estimada de massa da matéria seca total foi de 21,35g/planta, valores próximos aos obtidos nesta pesquisa para as duas curvas de acúmulo (Tabelas 33 e 34).

O maior acúmulo da massa da matéria seca da parte aérea ocorreu no período de 28 a 43 DAT. Já para o acúmulo de massa da matéria seca da raiz e da planta inteira compreendeu dos 44 aos 60 DAT. Embora tenha sido o período de maior acúmulo, nota-se, pelos gráficos, que a taxa de acúmulo diminuiu quando aproximou-se do momento da colheita da beterraba. Em trabalho de Grangeiro et al. (2007), o período de maior acúmulo da parte aérea também foi anterior a maior demanda da raiz, tendo ocorrido no período de 40 a 50 DAS.

Assim como neste trabalho, Grangeiro et al. (2007) verificaram que o período de maior demanda da raiz coincidiu com a demanda da planta inteira, o qual ocorreu dos 50 ao 60 DAS. Haag & Minami (1987) também avaliaram o crescimento da beterraba através da produção de massa da matéria seca e verificaram aumentos na massa seca da parte aérea e raízes até o final do ciclo da cultura, por volta de 80 dias.

Ressalta-se que tanto nos trabalhos de Grangeiro et al. (2007) como de Haag & Minami (1987), os experimentos foram conduzidos utilizando-se como método de propagação a semeadura direta, enquanto neste trabalho foi adotado o transplante de mudas. Além disto, foram utilizados cultivares distintos, além das diferenças entre as condições ambientais locais.

Tanto neste trabalho como no de Grangeiro et al. (2007) verificou-se que a taxa de acúmulo pela parte aérea ao longo do ciclo diminuiu no final do ciclo, enquanto pelas raízes aumentou. Relacionando os dados de acúmulo de massa da matéria seca da parte aérea da beterraba com o acúmulo de massa de matéria seca das raízes, Guimarães et al. (2002) verificaram que houve um grande investimento inicial na parte aérea para o estabelecimento dos órgãos responsáveis pela fonte de assimilados. A estabilização do acúmulo de massa de matéria seca na parte aérea coincidiu com o acúmulo de massa seca nas

raízes, que se tornou o principal dreno da planta. Para estes autores, a matéria seca nas raízes atingiu praticamente o dobro da matéria seca da parte aérea, ao final da avaliação (98 DAS). Resultados semelhantes foram observados por Nunes et al. (1981) em beterraba açucareira. Também nesta pesquisa, a massa seca da raiz no final do ciclo foi aproximadamente o dobro da massa seca da parte aérea (Tabelas 33 e 34).

6.7.2 Macronutrientes

A quantidade de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre acumulada na parte aérea, raiz e planta inteira ao longo do ciclo da beterraba tiveram tendências semelhantes ao acúmulo de massa da matéria seca e ajustaram-se à equação não linear a qual produz uma curva sigmoidal, para as doses de 40 e 60 t ha⁻¹ de composto orgânico, cultivadas sem adubação potássica em cobertura. Os parâmetros da equação não linear estão representados nas Tabelas 35 e 36 para as doses de 40 e 60 t ha⁻¹, respectivamente.

Tabela 35. Parâmetros da equação não linear para a quantidade de macronutrientes acumulada na parte aérea, raiz e planta inteira de beterraba cultivada sob a dose de 40 t ha⁻¹ de composto orgânico, sem adubação potássica em cobertura. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2010.

Macronutrientes	a	b	x ₀	R ²
Parte aérea				
Nitrogênio	162,43	6,74	28,13	0,9955
Fósforo	26,08	8,65	30,66	0,9997
Potássio	411,17	7,84	34,52	0,9996
Cálcio	98,07	8,44	39,26	0,9998
Magnésio	110,81	8,03	35,99	0,9996
Enxofre	25,80	7,63	36,92	0,9992
Raiz				
Nitrogênio	229,60	6,55	44,88	1,0000
Fósforo	43,80	5,97	44,06	1,0000
Potássio	366,94	5,30	41,46	1,0000
Cálcio	19,80	9,38	51,70	1,0000
Magnésio	32,94	6,44	48,05	1,0000
Enxofre	22,46	5,63	45,08	1,0000

	Total			
Nitrogênio	395,36	8,63	38,25	0,9999
Fósforo	74,17	8,90	41,12	1,0000
Potássio	788,88	7,21	38,35	0,9998
Cálcio	115,51	8,65	40,68	0,9999
Magnésio	145,65	8,55	39,20	0,9998
Enxofre	49,60	7,60	41,63	0,9998

R² = coeficiente de determinação.

Tabela 36. Parâmetros da equação não linear para a quantidade de macronutrientes acumulada na parte aérea, raiz e planta inteira de beterraba cultivada sob a dose de 60 t ha⁻¹ de composto orgânico, sem adubação potássica em cobertura. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2010.

Macronutrientes	a	b	x ₀	R ²
Parte aérea				
Nitrogênio	177,28	5,96	26,81	0,9972
Fósforo	25,91	5,56	29,26	0,9845
Potássio	341,92	5,53	29,89	0,9956
Cálcio	121,86	10,53	44,21	0,9994
Magnésio	100,93	7,74	32,77	0,9997
Enxofre	29,26	5,42	34,23	0,9984
Raiz				
Nitrogênio	481,81	11,09	60,81	1,0000
Fósforo	58,50	8,25	50,29	1,0000
Potássio	519,16	9,51	50,86	1,0000
Cálcio	122,57	15,45	93,11	1,0000
Magnésio	72,45	10,49	64,50	1,0000
Enxofre	28,27	8,01	51,43	1,0000
Total				
Nitrogênio	466,84	10,46	40,77	0,9967
Fósforo	77,78	8,89	41,29	1,0000
Potássio	762,46	8,46	38,35	0,9997
Cálcio	143,96	10,77	45,96	0,9993
Magnésio	137,37	9,19	37,51	0,9989
Enxofre	53,08	7,19	40,07	0,9999

R² = coeficiente de determinação.

$$\text{Equação: } y = \frac{a}{1 + e^{-\left(\frac{x-x_0}{b}\right)}}, \text{ em que } x = (\text{dias após o transplante})$$

6.7.2.1 Acúmulo na parte aérea

O acúmulo médio diário de macronutrientes, conforme cada intervalo entre coletas, para a parte aérea da beterraba cultivada sob as doses de 40 e 60 t ha⁻¹ de composto orgânico, sem adubação potássica em cobertura, estão apresentados nas Tabelas 37 e 38, respectivamente. Os dados da quantidade de macronutrientes acumulados pela parte aérea da beterraba ao longo do ciclo ajustaram-se ao modelo sigmoidal e estão representados nas Figuras 23 e 24.

Tabela 37. Acúmulo médio diário de macronutrientes, conforme cada intervalo entre coletas, para a parte aérea da beterraba cultivada sob a dose de 40 t ha⁻¹ de composto orgânico, sem aplicação de potássio em cobertura. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2010.

Período	N	P	K	Ca	Mg	S
.....mg planta ⁻¹ dia ⁻¹						
0 a 14	1,56	0,22	2,28	0,38	0,56	0,12
15 a 28	4,11	0,58	6,80	1,12	1,63	0,31
29 a 43	5,40	0,71	13,34	2,84	3,52	0,86
44 a 60	0,32	0,27	5,40	1,90	1,68	0,42

Tabela 38. Acúmulo médio diário de macronutrientes, conforme cada intervalo entre coletas, para a parte aérea da beterraba cultivada sob a dose de 60 t ha⁻¹ de composto orgânico, sem aplicação de potássio em cobertura. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2010.

Período	N	P	K	Ca	Mg	S
.....mg planta ⁻¹ dia ⁻¹						
0 a 14	1,50	0,22	2,27	0,37	0,54	0,11
15 a 28	5,59	0,55	7,86	1,26	2,15	0,39
29 a 43	5,51	1,06	13,37	2,47	3,10	1,27
44 a 60	0,02	-0,05	0,64	2,67	1,19	0,27

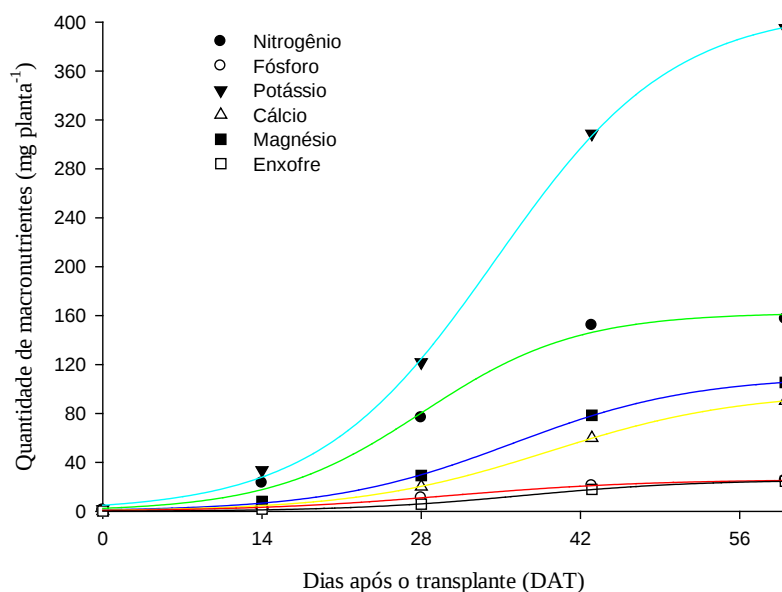


Figura 23. Quantidade de macronutrientes acumulados pela parte aérea da beterraba, cultivada sob a dose de 40 t ha⁻¹ de composto orgânico e sem adubação potássica em cobertura, ao longo do ciclo da cultura. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2010.

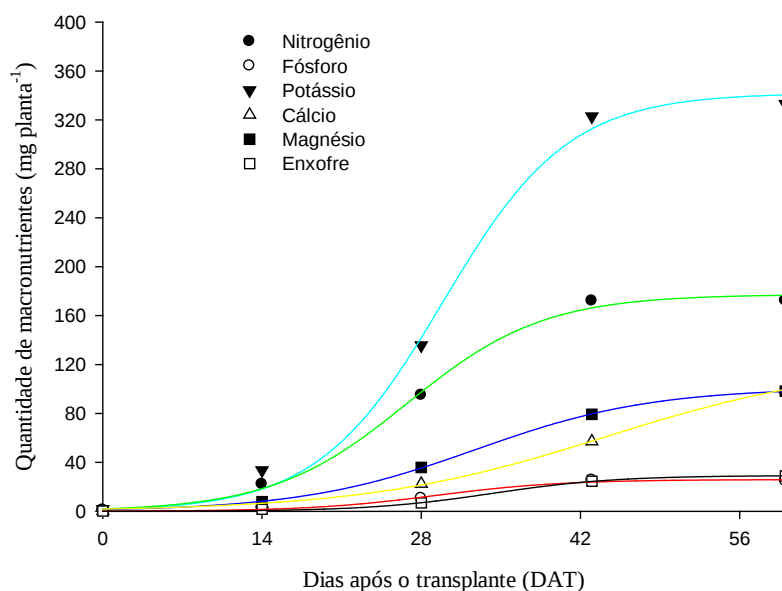


Figura 24. Quantidade de macronutrientes acumulados pela parte aérea da beterraba, cultivada sob a dose de 60 t ha⁻¹ de composto orgânico e sem adubação potássica em cobertura, ao longo do ciclo da cultura. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2010.

Na tabela 37 e na figura 23 podem ser observados que, para a dose de 40 t ha⁻¹ de composto, todos os macronutrientes apresentaram maiores valores de acúmulo na parte aérea entre 29 e 43 DAT. Já para a dose de 60 t ha⁻¹ de composto (tabela 38 e figura 24), apesar da maioria dos macronutrientes terem maiores valores de acúmulo na mesma época (28 e 43 DAT), houve diferença quanto ao nitrogênio e o cálcio, que tiveram período de maior demanda compreendido entre 15 a 28 e 44 a 60 DAT, respectivamente. Em trabalho de Grangeiro et al. (2007), com exceção do potássio que teve a maior demanda entre os 30 a 40 DAS, o período de maior demanda para os demais macronutrientes ocorreu dos 40 aos 50 DAS.

Nota-se que até os 43 DAT o acúmulo médio diário foi crescente na parte aérea da beterraba, sendo que, após este período, a taxa de acúmulo diminuiu, tendo inclusive atingido valores negativos para o fósforo na dose de 60 t ha⁻¹ de composto (Tabela 38). Uma das explicações para este fato é que a partir desta data houve inversão entre os drenos da planta, com os nutrientes sendo translocados para as raízes. A exceção foi o cálcio, principalmente para a dose 60 t ha⁻¹ (Tabela 38), onde o acúmulo na parte aérea aumentou no último período, o que pode ser explicado pela baixa mobilidade deste nutriente na planta. Segundo Marschner (1995), o baixo acúmulo de Ca nos órgãos de reserva, como frutos, tubérculos e raízes tuberosas, necessitam de concentrações mais baixas de Ca para o ótimo crescimento demonstrando que a maior parte do Ca absorvido fica retida nas hastes e folhas e não é direcionada aos órgãos de reserva. O Ca presente na seiva do xilema é translocado no sentido ascendente com o fluxo de transpiração. Assim, quando há adequada disponibilidade desse nutriente na solução do solo, o conteúdo dele nas folhas aumenta.

Deve-se ressaltar, também, que as diferenças nas quantidades acumuladas dos macronutrientes também podem estar relacionadas com a metodologia adotada para este tipo de experimento, afinal, as análises são realizadas em plantas diferentes, com uma amostra de duas plantas por parcela, a cada coleta.

A quantidade de macronutrientes acumulados na parte aérea da beterraba para as doses de 40 e 60 t ha⁻¹ de composto orgânico, sem adubação potássica em cobertura, estão apresentados nas Tabelas 39 e 40, respectivamente. A ordem decrescente dos macronutrientes acumulados pela parte aérea da beterraba cultivada sob a dose de 40 t ha⁻¹ foi:

potássio > nitrogênio > magnésio > cálcio > fósforo $\cong$ enxofre (Tabela 39). Já para dose de 60 t ha⁻¹ foi: potássio > nitrogênio > cálcio $\cong$ magnésio > fósforo > enxofre (Tabela 40). Ressalta-se que para as duas doses, houve apenas alteração na ordem entre o cálcio e o magnésio, entretanto, as diferenças nas quantidades acumuladas pelos dois nutrientes são mínimas, principalmente tratando-se da dose de 60 t ha⁻¹ (Tabela 40). Destaca-se o potássio como o nutriente mais acumulado, com quantidade muito superior ao segundo nutriente (nitrogênio).

Tabela 39. Quantidade total de macronutrientes acumulados pela parte aérea da beterraba cultivada sob a dose de 40 t ha⁻¹ de composto orgânico, sem adubação potássica em cobertura, em função das coletas (dias após o transplante - DAT). FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2010.

DAT	Nitrogênio	Fósforo	Potássio	Cálcio	Magnésio	Enxofre
.....mg planta ⁻¹						
0	1,12	0,40	1,68	0,17	0,26	0,14
14	23,06	3,43	33,53	5,51	8,12	1,76
28	76,50	11,06	121,90	20,11	29,27	5,85
43	152,05	20,99	308,70	59,85	78,48	17,91
60	157,17	25,26	395,08	90,30	105,37	24,55

Tabela 40. Quantidade total de macronutrientes acumulados pela parte aérea da beterraba cultivada sob a dose de 60 t ha⁻¹ de composto orgânico, sem adubação potássica em cobertura, em função das coletas (dias após o transplante – DAT). FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2010.

Dias	Nitrogênio	Fósforo	Potássio	Cálcio	Magnésio	Enxofre
.....mg planta ⁻¹						
0	1,12	0,4	1,68	0,17	0,26	0,14
14	22,11	3,48	33,46	6,03	7,87	1,69
28	94,84	10,60	135,66	22,46	35,83	6,79
43	172,02	25,48	322,79	57,04	79,27	24,59
60	172,28	24,63	333,01	99,70	98,24	28,90

6.7.2.2 Acúmulo de macronutrientes na raiz

O acúmulo médio diário de macronutrientes, conforme cada intervalo entre coletas, para a raiz da beterraba cultivada sob as doses de 40 e 60 t ha⁻¹ de composto orgânico, sem adubação potássica em cobertura, estão apresentados nas Tabelas 41 e 42, respectivamente. Os dados da quantidade de macronutrientes acumulados pela parte raiz da beterraba ao longo do ciclo ajustaram-se ao modelo sigmoidal e estão representados nas Figuras 25 e 26.

Tabela 41. Acúmulo médio diário de macronutrientes, conforme cada intervalo entre coletas, para a raiz da beterraba cultivada sob a dose de 40 t ha⁻¹ de composto orgânico, sem aplicação de potássio em cobertura. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2010.

Período	N	P	K	Ca	Mg	S
	mg planta ⁻¹ dia ⁻¹					
29 a 43	5,88	1,23	13,07	0,30	0,64	0,58
44 a 60	6,90	1,31	9,14	0,52	1,14	0,74

Tabela 42. Acúmulo médio diário de macronutrientes, conforme cada intervalo entre coletas, para a raiz da beterraba cultivada sob a dose de 60 t ha⁻¹ de composto orgânico, sem aplicação de potássio em cobertura. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2010.

Período	N	P	K	Ca	Mg	S
	mg planta ⁻¹ dia ⁻¹					
29 a 43	4,05	0,96	8,21	0,20	0,44	0,42
44 a 60	9,47	1,73	13,60	0,52	1,27	0,86

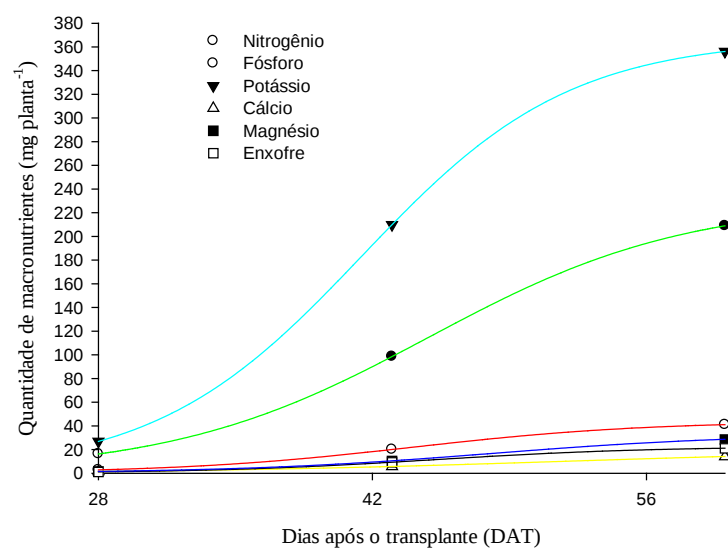


Figura 25. Quantidade de macronutrientes acumulados pela raiz da beterraba (cultivada sob a dose de 40 t ha⁻¹ de composto orgânico e sem adubação potássica em cobertura) ao longo do ciclo da cultura. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2010.

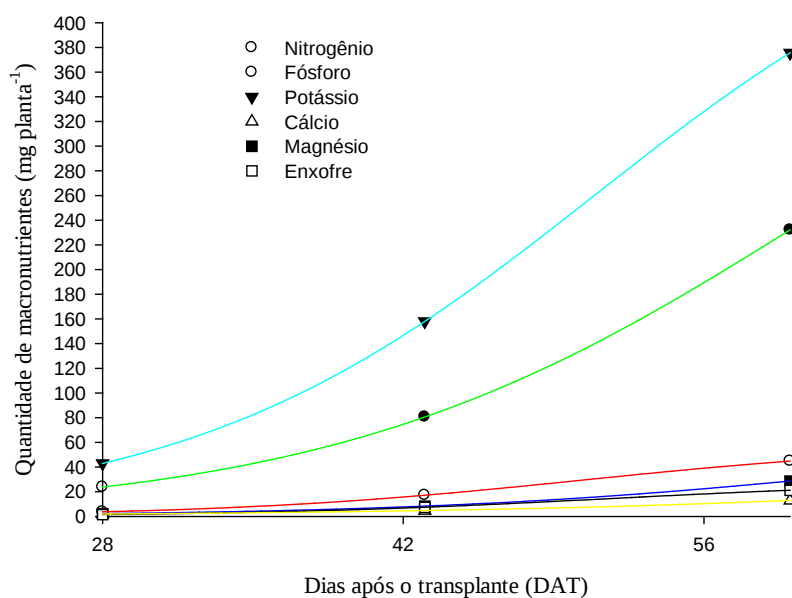


Figura 26. Quantidade de macronutrientes acumulados pela raiz da beterraba, cultivada sob a dose de 60 t ha⁻¹ de composto orgânico e sem adubação potássica em cobertura, ao longo do ciclo da cultura. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2010.

Com exceção do potássio para a dose de 40 t ha⁻¹, cujo maior acúmulo ocorreu dos 29 aos 43 DAT, para todos os macronutrientes, tanto para a dose de 40 quanto 60 t ha⁻¹, a maior taxa de acúmulo nas raízes ocorreu dos 43 aos 60 dias. Em trabalho de Grangeiro et al. (2007) o período de acúmulo para todos os macronutrientes nas raízes, também coincidiu em uma única época, entre os 50 e 60 DAS.

As quantidades exportadas pelas raízes representam importante componente de perda de nutrientes do solo, que deverão ser restituídos. Os nutrientes contidos na parte aérea podem ser incorporados ao solo dentro de um programa de reaproveitamento de restos culturais (GRANGEIRO et al., 2007). Nas tabelas 43 e 44 estão apresentados a quantidade total de macronutrientes acumulados na raiz de beterraba para as doses de 40 e 60 t ha⁻¹ de composto orgânico, sem adubação potássica em cobertura, respectivamente.

Tabela 43. Quantidade total de macronutrientes acumulados pela raiz da beterraba cultivada sob a dose de 40 t ha⁻¹, sem adubação potássica em cobertura, em função das coletas (dias após o transplante – DAT). FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2010.

DAT	Nitrogênio	Fósforo	Potássio	Cálcio	Magnésio	Enxofre
.....mg planta ⁻¹						
28	16,20	2,79	26,87	1,47	1,40	1,03
43	98,46	19,97	209,88	5,62	10,33	9,18
60	208,88	40,97	356,13	14,02	28,49	20,97

Tabela 44. Quantidade total de macronutrientes acumulados pela raiz da beterraba cultivada sob a dose de 60 t ha⁻¹, sem adubação potássica em cobertura, em função das coletas (dias após o transplante – DAT). FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2010.

DAT	Nitrogênio	Fósforo	Potássio	Cálcio	Magnésio	Enxofre
.....mg planta ⁻¹						
28	23,77	3,68	43,00	1,78	2,17	1,44
43	80,52	17,11	157,97	4,60	8,27	7,32
60	232,06	44,71	375,52	12,86	28,58	21,05

A ordem decrescente dos macronutrientes acumulados (exportados) pelas raízes de beterraba cultivada sob as doses de 40 e 60 t ha⁻¹ foi: potássio > nitrogênio > fósforo > magnésio > enxofre > cálcio.

Entre as diferenças entre o acúmulo dos macronutrientes nos órgãos da planta, destaca-se o fósforo. Se na parte aérea, juntamente com o enxofre, foram os nutrientes com menores quantidades acumuladas, na raiz ele foi o terceiro. Resultado semelhante ao ocorrido em trabalho de Alves et al. (2008) e que foi justificado pela maior exigência de P na raiz tuberosa devido à sua função, que é de promover um crescimento rápido e contínuo deste órgão.

Sediyama et al. (2011), em trabalho com adubação orgânica, obtiveram a seguinte ordem decrescente de exportação de macronutrientes: potássio > nitrogênio > cálcio > magnésio > fósforo > enxofre. Já Grangeiro et al. (2007) obtiveram a seguinte ordem: potássio > nitrogênio > magnésio > cálcio > fósforo.

A principal diferença entre a ordem nesses trabalhos está no fósforo, que nesta pesquisa foi o terceiro macronutriente mais acumulado nas raízes. Em batateira, Fernandes et al. (2011) verificaram que o P é intensamente translocado nos tubérculos e que durante parte do período de duração das taxas máximas de acúmulo deste nutriente, são direcionadas para os tubérculos quantidades semelhantes às absorvidas.

6.7.2.3 Acúmulo de macronutrientes pela planta inteira

A quantidade total de macronutrientes acumulados na planta de beterraba, que representa a somatória dos nutrientes da parte aérea + raiz, para as doses de 40 e 60 t ha⁻¹ de composto orgânico, sem adubação potássica em cobertura, estão apresentados nas Tabelas 45 e 46, respectivamente. Os dados da quantidade de macronutrientes acumulados pela planta de beterraba ao longo do ciclo ajustaram-se ao modelo sigmoidal e estão representados nas Figuras 27 e 28.

Tabela 45. Quantidade total de macronutrientes acumulados pela planta de beterraba cultivada sob a dose de 40 t ha⁻¹, sem adubação potássica em cobertura, em função das coletas (dias após o transplante – DAT). FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2010.

DAT	Nitrogênio	Fósforo	Potássio	Cálcio	Magnésio	Enxofre
.....mg planta ⁻¹						
0	1,12	0,40	1,68	0,17	0,26	0,14
14	23,06	3,43	33,53	5,51	8,12	1,76
28	92,70	13,84	148,77	21,58	30,67	6,89
43	250,51	40,96	518,58	65,46	88,80	27,09
60	366,04	66,23	751,21	104,32	133,86	45,53

Tabela 46. Quantidade total de macronutrientes acumulados pela planta da beterraba cultivada sob a dose de 60 t ha⁻¹, sem adubação potássica em cobertura, em função das coletas (dias após o transplante – DAT). FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2010.

DAT	Nitrogênio	Fósforo	Potássio	Cálcio	Magnésio	Enxofre
.....mg planta ⁻¹						
0	1,12	0,4	1,68	0,17	0,26	0,14
14	22,11	3,48	33,46	6,03	7,87	1,69
28	118,60	14,28	178,66	24,25	37,99	8,23
43	252,53	42,59	480,76	61,64	87,54	31,91
60	404,33	69,34	708,52	112,56	126,81	49,95

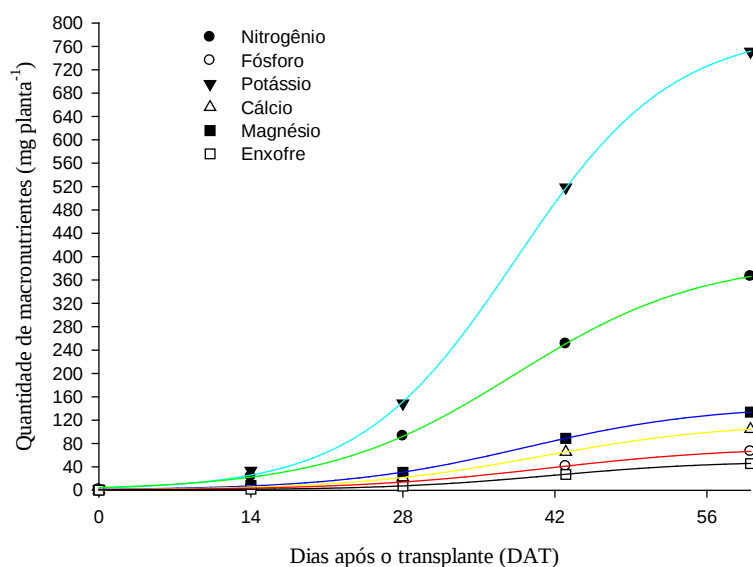


Figura 27. Quantidade de macronutrientes acumulados pela planta de beterraba, cultivada sob a dose de 40 t ha⁻¹ de composto orgânico e sem adubação potássica em cobertura, ao longo do ciclo da cultura. FCA/UNESP, São Manuel, 2010.

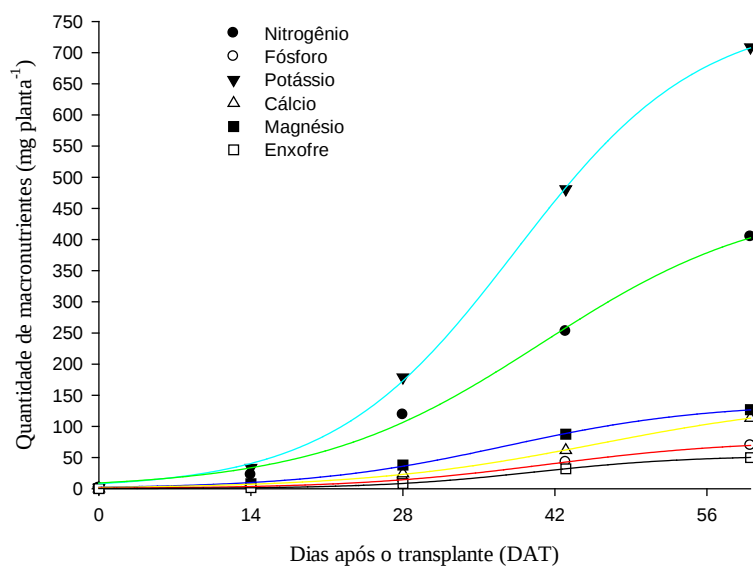


Figura 28. Quantidade de macronutrientes acumulados pela planta de beterraba, cultivada sob a dose de 60 t ha⁻¹ de composto orgânico e sem adubação potássica em cobertura, ao longo do ciclo da cultura. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2010.

O acúmulo médio diário de macronutrientes, conforme cada período de coleta, para a planta de beterraba cultivada sob as doses de 40 e 60 t ha⁻¹ de composto orgânico, sem adubação potássica em cobertura, estão apresentados nas tabelas 47 e 48.

Tabela 47. Acúmulo médio diário de macronutrientes conforme cada intervalo entre coletas para a beterraba cultivada sob a dose de 40 t ha⁻¹ de composto orgânico, sem aplicação de potássio em cobertura. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2010.

Período	N	P	K	Ca	Mg	S
	mg planta ⁻¹ dia ⁻¹					
0 a 14	1,56	0,22	2,28	0,38	0,56	0,12
15 a 28	4,11	0,58	6,80	1,12	1,63	0,31
29 a 43	11,27	1,94	26,42	3,13	4,15	1,44
44 a 60	7,22	1,58	14,54	2,43	2,82	1,15

Tabela 48. Acúmulo médio diário de macronutrientes conforme cada intervalo entre coletas para a beterraba cultivada sob a dose de 60 t ha⁻¹ de composto orgânico, sem aplicação de potássio em cobertura. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2010.

Período	N	P	K	Ca	Mg	S
	mg planta ⁻¹ dia ⁻¹					
0 a 14	1,50	0,22	2,27	0,37	0,54	0,11
15 a 28	5,59	0,55	7,86	1,26	2,15	0,39
29 a 43	9,57	2,02	21,58	2,67	3,54	1,69
44 a 60	9,49	1,67	14,24	3,18	2,45	1,13

Tanto para a dose de 40 t ha⁻¹ quanto para 60 t ha⁻¹, o maior acúmulo de nitrogênio pela beterraba ocorreu ao final do ciclo, aos 60 DAT, atingindo 366,04 e 404,33 mg planta⁻¹, respectivamente (Tabelas 45 e 46). Também na data da colheita, Grangeiro et al.

(2007) verificaram que o acúmulo total de nitrogênio pela cultivar de beterraba Early Wonder foi de 558,3 mg planta⁻¹, obtida aos 60 DAS.

O período de maior demanda de nitrogênio foi de 29 a 43 DAT (Tabelas 47 e 48), com taxa de acúmulo médio de 11,27 e 9,57 mg planta⁻¹ dia⁻¹, para as doses de 40 e 60 t ha⁻¹, respectivamente, apesar de que para a maior dose de composto o acúmulo diário de nitrogênio foi semelhante nos dois últimos períodos (29 a 43 e 44 a 60 DAT, Tabela 48). Diferentemente de outros trabalhos, a época de maior acúmulo de N não coincidiu com o período de maior acúmulo de massa seca, a qual compreendeu, neste trabalho, o período de 44 aos 60 DAT. Em trabalho de Grangeiro et al. (2007) a maior demanda ocorreu de 50 a 60 DAS, coincidindo com a época de maior acúmulo de massa seca na planta. Segundo Andriolo (1999), na escala do ciclo da cultura, há uma ligação entre a absorção de N e o crescimento em massa seca da planta pois o nitrogênio mineral absorvido pelas raízes é assimilado para satisfazer as necessidades de compostos nitrogenados da planta. Já Trani et al. (2005) verificaram uma relação linear entre o rendimento de massa seca da parte aérea e raízes de beterraba com doses aplicadas de nitrogênio.

O fósforo foi o segundo nutriente de menor acúmulo pela beterraba, com o máximo de 66,23 e 69,34 mg planta⁻¹, atingido aos 60 DAT, para as doses de 40 e 60 t ha⁻¹, respectivamente (Tabelas 45 e 46). A maior demanda de P compreendeu o período de 29 a 43 DAT para ambas as doses (Tabelas 47 e 48), com taxa de acúmulo aproximada de 1,94 e 2,02 mg planta⁻¹ dia⁻¹. Esses valores foram superiores aos obtidos em trabalho de Grangeiro et al. (2007), o qual não foi avaliado o acúmulo de enxofre, e o fósforo foi o nutriente de menor acúmulo pela beterraba, cujo valor na colheita foi de 30,67 mg planta⁻¹, atingido aos 60 DAS. Para estes autores, a maior demanda ocorreu no período de 30 a 50 DAS, quando a taxa de acúmulo foi de aproximadamente 0,84 mg planta⁻¹dia⁻¹, ou seja, a metade obtida nesta pesquisa.

O potássio foi o macronutriente mais acumulado, com acúmulo na colheita de 751,21 e 708,52 mg planta⁻¹ aos 60 DAT, para as doses de 40 e 60 t ha⁻¹, respectivamente (Tabelas 45 e 46), tendo a maior demanda ocorrida no período de 29 a 43 DAT para ambas as doses (Tabelas 47 e 48), com taxas de acúmulos médios diários neste intervalo de 26,42 e 21,58 mg planta⁻¹ dia⁻¹ de K. Já no trabalho de Grangeiro et al. (2007), o potássio foi o segundo nutriente mais acumulado pela cultivar Early Wonder, com acúmulo

máximo de 538 mg planta⁻¹ aos 60 DAS, tendo a maior demanda ocorrida no período de 30 a 40 DAS, período quase coincidente a este trabalho, ressaltando que, apesar do período de permanência no campo ser praticamente o mesmo nos dois trabalhos, o tipo de propagação utilizado foi diferente.

O acúmulo final de cálcio foi de 104,32 e 112,56 mg planta⁻¹, para as doses de 40 e 60 t ha⁻¹, respectivamente, atingido aos 60 DAT (Tabelas 45 e 46). A maior demanda compreendeu o período de 29 a 43 DAT, para a dose de 40 t ha⁻¹ (Tabela 47), enquanto para dose de 60 t ha⁻¹ a maior demanda ocorreu dos 44 ao 60 DAT (Tabela 48), coincidindo com o maior acúmulo de massa seca pela planta. O resultado desta última dose é semelhante ao trabalho de Grangeiro et al. (2007), onde verificou-se que o acúmulo máximo de cálcio foi de 110,24 mg planta⁻¹, atingido aos 60 DAS e a maior demanda ocorreu no período de 40 a 50 DAS, coincidindo também com o maior acúmulo de massa seca pela planta.

Já o total acumulado de magnésio na planta foi de 133,86 e 126,81 mg planta⁻¹, para as doses de 40 e 60 t ha⁻¹ (Tabelas 45 e 46), respectivamente, atingido aos 60 DAT, com maior demanda no período de 29 a 43 DAT para ambas as doses (Tabelas 47 e 48). A taxa de acúmulo neste intervalo foi de aproximadamente 4,15 e 3,54 mg planta⁻¹ dia⁻¹, para as doses de 40 e 60 t ha⁻¹, respectivamente. No trabalho de Grajeiro et al. (2007), o total acumulado de magnésio na planta foi de 253,37 mg planta⁻¹, com maior demanda no período de 50 a 60 DAS, coincidindo com o maior incremento de massa seca na planta.

O enxofre foi o macronutriente de menor acúmulo pela planta de beterraba para as duas doses, 40 e 60 t ha⁻¹, com valores máximos de 45,53 e 49,95 mg planta⁻¹, atingido aos 60 DAT (Tabelas 45 e 46). O período de maior demanda foi dos 29 aos 43 DAT (Tabelas 43 e 44), com taxa de acúmulos diários de 1,44 e 1,69 mg planta⁻¹ dia⁻¹, para as doses de 40 e 60 t ha⁻¹, respectivamente.

A ordem decrescente dos macronutrientes acumulados pela planta de beterraba cultivada sob as doses de 40 e 60 t ha⁻¹ de composto orgânico, sem adubação potássica em cobertura foi: potássio > nitrogênio > magnésio > cálcio > fósforo > enxofre.

6.7.3 Distribuição percentual dos macronutrientes: parte aérea e raiz

Também é possível observar a distribuição dos nutrientes na planta através da porcentagem que é acumulada na parte aérea e na raiz em relação ao total (Tabelas 49 e 50). Esta distribuição tem relação direta com a mobilidade dos nutrientes na planta e com a necessidade de cada nutriente em cada parte da planta.

Tabela 49. Distribuição porcentual dos macronutrientes acumulados na parte aérea (PA) e na raiz da planta de beterraba, cultivada sob a dose de 40 t ha⁻¹ de composto orgânico, sem adubação potássica em cobertura, em cada etapa da cultura (dias após o transplante – DAT). FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2010.

DAT	N		P		K		Ca		Mg		S	
	PA	Raiz	PA	Raiz	PA	Raiz	PA	Raiz	PA	Raiz	PA	Raiz
	%.....											
0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0
14	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0
28	82,5	17,5	79,9	20,2	81,9	18,1	93,2	6,81	95,4	4,56	84,9	14,9
43	60,7	39,3	51,3	48,8	59,5	40,5	91,4	8,59	88,4	11,6	66,1	33,9
60	42,9	57,1	38,1	61,9	52,6	47,4	86,6	13,4	78,7	21,3	53,9	46,1

Tabela 50. Distribuição porcentual dos macronutrientes acumulados na parte aérea (PA) e na raiz da planta de beterraba, cultivada sob a dose de 60 t ha⁻¹ de composto orgânico, sem adubação potássica em cobertura, em cada etapa da cultura (dias após o transplante – DAT). FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2010.

DAT	N		P		K		Ca		Mg		S	
	PA	Raiz	PA	Raiz	PA	Raiz	PA	Raiz	PA	Raiz	PA	Raiz
	%.....											
0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0
14	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0
28	80,0	20,0	74,2	25,8	75,9	24,1	92,6	7,3	94,3	5,7	82,5	17,5
43	68,1	31,9	59,8	40,2	67,1	32,9	92,5	7,5	90,6	9,4	77,1	22,9
60	42,6	57,4	35,5	64,5	47,0	53,0	88,6	11,4	77,5	22,5	57,9	42,1

Para o nitrogênio, pode-se observar que a distribuição percentual da quantidade acumulada deste nutriente foi praticamente idêntica para as duas doses avaliadas (40 e 60 t ha⁻¹) ao final do ciclo, com contribuição de 57% das raízes e 43% da parte aérea (Tabelas 49 e 50). Em ambas, verificou-se diminuição no percentual de acúmulo de N pela parte aérea com consequente aumento pela raiz ao longo do ciclo, o que, segundo Grangeiro et al. (2007), demonstra haver certa inversão com relação aos drenos preferenciais da planta, além da redistribuição por ser um nutriente móvel.

Em relação ao fósforo, as raízes contribuíram com a maior parte (média de 63%) em comparação à parte aérea (média de 37%) ao final do ciclo (Tabelas 49 e 50). Os valores são próximos aos obtidos por Grangeiro et al. (2007), que apontaram participação das raízes em 59,3% do total de P acumulado, enquanto a parte aérea contribuiu com 40,7%. O fósforo, juntamente com o nitrogênio, foram os únicos nutrientes cujo acúmulo predominou na raiz em relação à parte aérea para as duas doses.

As contribuições da parte aérea e raiz para o acúmulo de potássio ao final do ciclo foram de 53 e 47%, respectivamente, para a dose de 40 t ha⁻¹ de composto orgânico (Tabela 49). Já para a dose de 60 t ha⁻¹, o acúmulo predominou na raiz com 53% do total acumulado, contra 47% da parte aérea (Tabela 50). Para esta dose, o resultado foi semelhante ao verificado por Grangeiro et al. (2007), cujas participações da parte aérea e raízes no acúmulo de potássio foram respectivamente de 48 e 52%.

Para o cálcio a participação da parte aérea e raiz ficaram em torno de 87 e 13%, respectivamente, para as duas doses (Tabelas 49 e 50); valores bem diferentes aos encontrados por Grangeiro et al. (2007), cuja participação da parte aérea no acúmulo de cálcio foi de 67,1% e das raízes 32,9%. O Ca, ao ser absorvido pelas raízes, é translocado para a parte aérea e não é redistribuído dentro da planta, devido a sua baixa mobilidade. Dessa forma, observa-se grande diferença na distribuição percentual do Ca entre a parte aérea e a raiz. Este resultado também foi constatado em vários trabalhos com batata. Fernandes et al. (2011) verificaram que o acúmulo de Ca ocorreu em maiores proporções nas folhas, entre 68 e 74 % do total acumulado nas plantas. Yorinori (2003) também observou menor acúmulo de Ca nos tubérculos em relação às folhas, com a quantidade acumulada nos tubérculos variando entre 13

e 12 % do total. Paula et al. (1986) relataram que apenas 5% da quantidade total de Ca absorvida pelas plantas estava nos tubérculos, independentemente da adubação e da cultivar.

Já para o acúmulo de magnésio, as contribuições da parte aérea e raiz ao final do ciclo ficaram em torno de 78 e 22%, respectivamente, para as duas doses (Tabelas 49 e 50). Em trabalho de Grangeiro et al. (2007), as participações da parte aérea e raízes no acúmulo deste nutriente foram de 80 e 20%. Segundo os autores, o magnésio, em quantidades maiores que o cálcio, acumula-se preferencialmente na parte aérea por ele fazer parte da molécula de clorofila; resultado semelhante foi verificado em batata (YORINORI, 2003).

Para o acúmulo de enxofre, a parte aérea participou com 54 e 58% do total acumulado ao final do ciclo, enquanto as raízes contribuíram com 46 e 42%, para as doses de 40 e 60 t ha⁻¹, respectivamente (Tabelas 49 e 50).

6.8 Caracterização das raízes

A interação não foi significativa entre os fatores doses de composto orgânico e adubação potássica em cobertura (Tabela 12) para as quatro características relativas à caracterização das raízes (massa média, produtividade, diâmetro e comprimento). A adubação potássica em cobertura não afetou as quatro características (Tabela 51).

Tabela 51. Massa média, produtividade, diâmetro e comprimento de raízes de beterraba cultivadas com e sem adubação potássica em cobertura. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2010.

Adubação potássica em cobertura	Massa média (g)	Produtividade (t ha ⁻¹)	Diâmetro (mm)	Comprimento (mm)
Com	113,03	36,2	58,86	60,35
Sem	116,38	37,2	59,22	59,67
F	0,15 ^{ns}	5,18	0,62 ^{ns}	0,18 ^{ns}
CV (%)	23,56	23,65	7,88	8,48

CV = coeficiente de variação; ns = não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

O resultado desta pesquisa mostrou que, nestas condições, a beterraba não necessita de adubação com potássio em cobertura, contrariando a recomendação oficial do

estado de São Paulo, a qual recomenda a aplicação de 30 a 60 kg ha⁻¹ de K₂O (TRANI et al., 1997). Para alguns estados como Minas Gerais, a adubação em cobertura só é recomendada para o nitrogênio, sendo que o potássio deve ser aplicado totalmente no plantio (CASALI, 1999).

Na literatura são encontrados diversos trabalhos com hortaliças mostrando que a adubação potássica em cobertura não resultou em incrementos nas características relacionadas com a produção. Salata et al. (2011) não observaram incrementos no número e massa de vagens de ervilha-torta por planta em resposta às doses de potássio aplicadas em cobertura (0 a 5,88 g planta⁻¹ de K₂O). Os autores justificaram o resultado devido ao alto teor de potássio no solo antes da instalação do experimento. Na presente pesquisa o teor de potássio no solo antes do cultivo da beterraba era de 1,5 mmol_c dm⁻³, considerado baixo conforme Raij et al. (1997). Porém, após a adubação de plantio, elevou-se o teor para um valor de 4,64 mmol_c dm⁻³, considerado alto por estes mesmos autores e esta elevação pode ter sido responsável por não se obter resposta com a adubação potássica em cobertura para as características avaliadas.

Araújo (2011) constatou que a adubação potássica em cobertura (0 a 400 kg de K₂O ha⁻¹) não influenciou a produção total e comercial e o número de frutos total e comercial por planta de abobrinha-de-moita. Da mesma forma, Godoy et al. (2012) avaliaram a produção de couve-flor sob cinco doses de potássio (0, 50, 100, 150 e 200 kg ha⁻¹ de K₂O) aplicadas em cobertura e verificaram que as doses não influenciaram a massa e o diâmetro médio da “cabeça”. Neste trabalho, o teor de K no solo antes da instalação do experimento era de 0,9 mmol_c dm⁻³ e após adubação de plantio foi para 4,7 mmol_c dm⁻³, o que demonstra, da mesma maneira como ocorreu nesta pesquisa, que a adubação em cobertura recomendada por Trani et al. (1997) não se faz necessário desde que se forneça potássio suficiente no plantio.

Para as doses de composto orgânico, observou-se efeito quadrático para as quatro características avaliadas (Figuras 28 a 31). Este resultado pode estar relacionado com as características vegetativas ao final do ciclo (Figura 17), as quais também apresentaram efeito quadrático.

Constatou-se que a maior massa média de raiz (133,77g) foi atingida na dose de 52 t ha⁻¹, observando-se decréscimo na massa das raízes de beterraba após esse

valor (Figura 29), mostrando que o excesso de composto orgânico pode ser prejudicial a produção de beterraba.

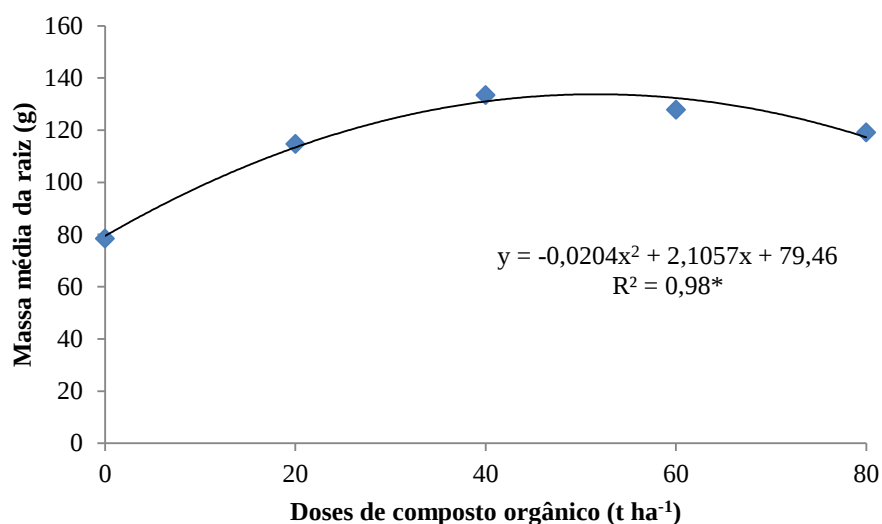


Figura 29. Massa média da raiz de beterraba em função das doses de composto orgânico. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2010.

Marques et al. (2010) obtiveram resposta positiva e linear para a massa média de raízes comerciais de beterraba cultivada em função de doses de esterco bovino (0, 20, 40, 60 e 80 t ha⁻¹), com massa máxima de 88 g. Nota-se que na presente pesquisa foram utilizadas doses idênticas as destes autores, porém, com os dados sendo ajustados de maneira distinta. Dentre as possíveis explicações, está o fato do composto orgânico apresentar uma dinâmica no solo diferente do esterco. Além disto, no trabalho de Marques et al. (2010) a adubação de plantio consistiu somente nas doses de esterco fornecidas, ao contrário desta pesquisa, na qual houve fornecimento de adubação mineral, o que pode ter contribuído inclusive com os maiores valores na massa média de raiz, com menor necessidade de adubo orgânico.

Já Sedyama et al. (2011), ao avaliarem a produtividade da beterraba sob doses de lodo de lagoa (0 a 60 t ha⁻¹), verificaram que a massa média das raízes comerciais não foi afetada pelas doses utilizadas, tendo atribuído o resultado à baixa concentração de N no lodo.

Para a produtividade, o aumento foi observado até a dose de 52 t ha⁻¹, com estimativa de 42,88 t ha⁻¹ de raízes (Figura 30). Quanto aos valores de produtividade obtidos, foram superiores aos encontrados por Guimarães et al. (2002), Tolentino Júnior et al. (2002), Trani et al. (2005), Carvalho e Guzzo (2008), Costa et al. (2010) e Zárate et al. (2010), que obtiveram produtividades máximas variando de 15 a 40 t ha⁻¹. Ressalta-se que a produtividade foi calculada multiplicando-se a massa média da raiz pela população de plantas (320000 plantas ha⁻¹), a qual foi estimada pelo espaçamento entre linhas de 0,25 metros e 0,125 m entre plantas. Apesar de muitos pesquisadores adotarem esse mesmo critério, há divergências pelo fato deste cálculo não considerar, por exemplo, o espaçamento entre canteiros, o que pode superestimar a produtividade.

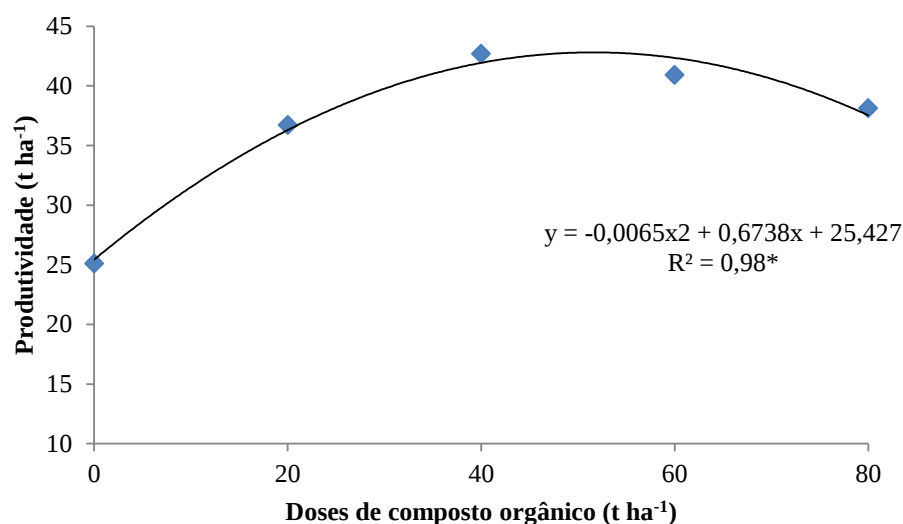


Figura 30. Produtividade de raízes de beterraba em função das doses de composto orgânico. FCA/UNESP, 2010.

Com relação ao diâmetro da raiz, os aumentos foram observados até a dose 48 t ha⁻¹, proporcionando valor de 62,2 mm, sendo constatada, a partir deste valor, diminuição no diâmetro (Figura 31).

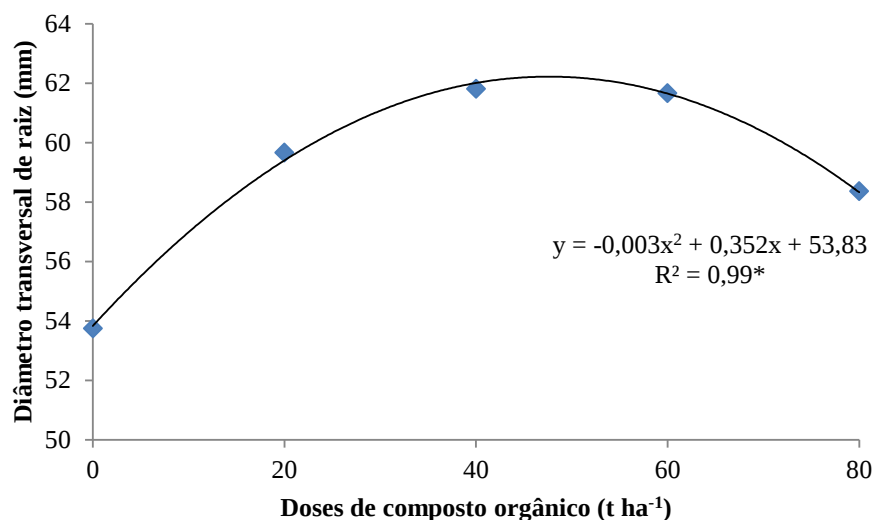


Figura 31. Diâmetro da raiz de beterraba em função das doses de composto orgânico. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2010.

O tamanho da beterraba é caracterizado pelo calibre da raiz, medido no seu maior diâmetro transversal, e a homogeneidade visual do lote é garantida pela obediência à amplitude de variação do calibre dentro de cada classe. Neste experimento, os diâmetros atingidos pelas raízes de beterraba permitem classificá-la como Extra A ou 2A (raízes com diâmetro maior ou igual a 50 e menor que 90) de acordo com o Programa Brasileiro para a Modernização da Horticultura, segundo CEAGESP (2010).

Já para o comprimento da raiz, verificou-se aumento até atingir 64,9 mm, na dose de 46 t ha⁻¹. A partir desse valor, o comprimento decresceu (Figura 32). O valor máximo observado é superior aos valores relatados por Zárate et al. (2008), cujo máximo foi de 55 mm e próximo ao máximo relatado por Zárate et al. (2010), que foi de 64,5 mm.

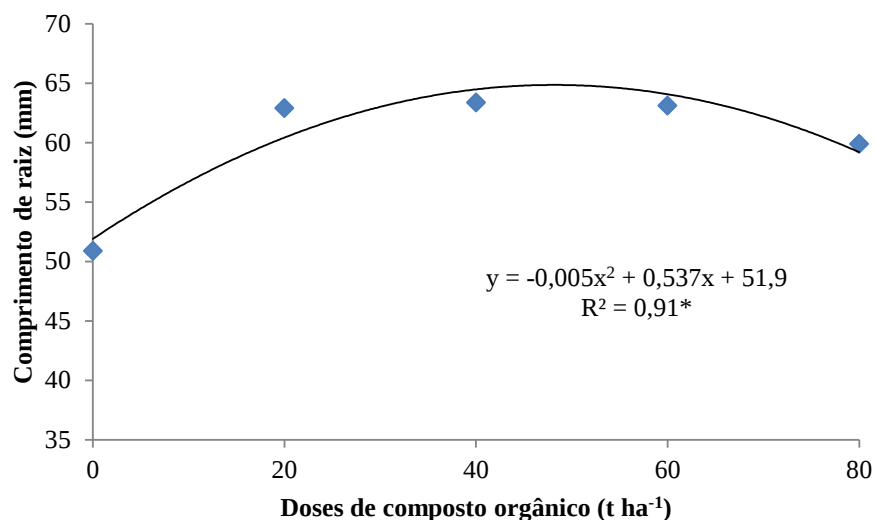


Figura 32. Comprimento da raiz de beterraba em função de doses de composto orgânico. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2010.

Vasconcelos (2009), estudando o efeito de diferentes tipos de compostos (orgânico, biodinâmico, compostagem laminar com esterco e compostagem laminar com bokashi) e doses (0 a 71 t ha⁻¹), não obteve diferenças no diâmetro das raízes de beterraba, tendo atribuído o resultado ao solo inicial, que apresentava teor adequado de nutrientes.

O efeito quadrático para as quatro características (massa média, produtividade, diâmetro e comprimento das raízes) juntamente com a proximidade das quatro melhores doses, 52, 49, 48 e 46 t ha⁻¹, respectivamente, para cada uma delas, pode ser explicado também pela relação direta entre as mesmas, afinal, quanto maior o diâmetro e/ou comprimento, maior será a massa da raiz e, conseqüentemente, a produtividade.

Os boletins oficiais de recomendação de São Paulo e Minas Gerais recomendam a aplicação de 30 a 50 t ha⁻¹ de composto orgânico (TRANI et al., 1997; CASALI, 1999), sendo que como critério de referência neste experimento foi utilizada a dose média de 40 t ha⁻¹. Os resultados desta pesquisa mostram que as doses ideais (cerca de 46 a 52 t ha⁻¹) estão próximos ou pouco acima do limite máximo recomendado, tendo em vista às características vegetativas ao final do ciclo (Figura 18) e as características relativas à produção (Figuras 29 a 32).

6.9 Características físico-químicas das raízes

Não foram observadas diferenças significativas para as características teor de sólidos solúveis, acidez titulável, potencial hidrogeniônico (pH), relação sólidos solúveis/acidez titulável (Ratio:SS/AT) e textura em função dos fatores estudados. A interação entre os fatores doses de composto orgânico e adubação potássica em cobertura também não foi significativa para estas características (Tabela 52).

Tabela 52. Teor de sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), potencial hidrogeniônico (pH), Ratio (SS/AT), textura, açúcares redutores (AR), açúcares redutores totais (ART) e açúcares não redutores (ANR) nas raízes de beterraba em função das doses de composto orgânico com e sem adubação potássica em cobertura. FCA/UNESP, São Manuel – SP, 2010.

Composto Orgânico	SS (°Brix)	AT (g/100g)	pH	SS/AT	Textura (N)	AR (%)	ART (%)	ANR (%)
0	10,35	0,062	6,0	179,87	9,28	0,13	7,64	6,76
20	9,99	0,065	6,0	153,20	9,24	0,11	7,29	6,47
40	10,28	0,072	6,0	144,49	9,01	0,12	7,84	6,95
60	9,83	0,069	6,0	145,52	9,02	0,11	7,36	6,53
80	9,98	0,064	6,0	159,85	9,10	0,12	7,36	6,52
F	0,39 ^{ns}	0,83 ^{ns}	0,80 ^{ns}	1,2 ^{ns}	0,36 ^{ns}	0,51 ^{ns}	0,68 ^{ns}	0,65 ^{ns}
Cobertura Potássica	SS	AT	pH	SS/AT	Textura	%AR	%ART	ANR
Sem	9,96 ^a	0,066a	6,0a	154,01a	9,14a	0,11a	7,19b	6,37b
Com	10,22 ^a	0,065a	6,0a	159,87a	9,12a	0,13a	7,84a	6,93a
F	0,74 ^{ns}	0,12 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,25 ^{ns}	0,01 ^{ns}	2,61 ^{ns}	6,38*	6,11*
F interação	1,98 ^{ns}	1,00 ^{ns}	2,65 ^{ns}	2,18 ^{ns}	1,14 ^{ns}	2,90*	4,72*	4,50*
CV (%)	9,61	17,64	1,13	23,40	6,33	27,38	10,60	10,75

CV = coeficiente de variação; ns = não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade; * = significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

De acordo com a literatura, o potássio é o nutriente capaz de afetar os teores de sólidos solúveis dos vegetais (LOPES, 1995). O aumento do teor de sólidos solúveis em função da adubação potássica, deve-se ao papel importante que este nutriente desempenha na translocação de fotossintatos e na ativação de diversas enzimas, como já foi verificado em outras hortaliças como melancia, tomate, melão e pimentão (CECÍLIO FILHO & GRANGEIRO, 2004). A presença desse elemento em quantidades insuficientes no solo pode resultar em características indesejáveis de qualidade como baixo teor de sólidos solúveis, além

de diminuir a atividade fotossintética. Porém, neste experimento, provavelmente a adubação potássica mineral de plantio já foi suficiente para assegurar a qualidade das raízes de beterraba, tendo em vista que a cobertura com este nutriente, além das doses de composto orgânico, não exerceram influência nesta característica. Trabalhos com outras hortaliças mostraram que a aplicação de potássio em cobertura não afetou o teor de sólidos solúveis, como verificado em abobrinha-de-moita (ARAÚJO, 2011), ervilha-torta (SALATA et al., 2011) e couve-flor (GODOY et al., 2012). Nesses dois últimos trabalhos, além do teor de sólidos solúveis, outras características como acidez titulável e pH não foram afetadas pela adubação potássica, assim como ocorreu nesta pesquisa.

Com relação a aplicação de matéria orgânica, Marques et al. (2010) observaram que o teor de sólidos solúveis, pH e firmeza das raízes de beterraba não foram influenciados pela aplicação do esterco bovino em doses que variaram de 0 a 80 t ha⁻¹. Ambrosano et al. (2004), avaliando a beterraba sob diversos sistemas com adubação mineral, organo-mineral e orgânica, não verificaram diferenças significativas quanto ao teor de sólidos solúveis, obtendo valores entre 4,82 e 5,72°Brix, ficando muito abaixo do avaliado neste trabalho, onde os valores variaram de 9,83 a 10,35°Brix (Tabela 48). Resultado semelhante ao deste trabalho foi obtido por Marques et al. (2010), que, ao avaliarem as mesmas doses utilizadas nesse experimento, porém, com o uso do esterco bovino ao invés de composto, obtiveram valores entre 10,26 e 11,10°Brix. Esses mesmos autores verificaram, diferentemente deste experimento, valores crescentes de acidez titulável com o aumento das doses de esterco. Segundo Chitarra (2005), o potássio eleva o teor de ácido ascórbico, o que levaram os autores relacionar o crescente aumento da acidez titulável com o acréscimo do potássio nos tratamentos. Porém, para as doses de composto orgânico deste experimento e para a aplicação do potássio em cobertura, a acidez não foi afetada (Tabela 48).

A ausência de efeito significativo dos tratamentos para as características teor de sólidos solúveis e acidez titulável, ajuda a explicar a relação entre ambas características, que também não foi influenciada pelos tratamentos (Tabela 48). A relação sólidos solúveis/acidez titulável é uma das melhores formas de avaliação do sabor, sendo mais representativa que a medição isolada de açúcares ou da acidez, proporcionando boa ideia do equilíbrio entre esses dois componentes (CHITARRA & CHITARRA, 2005). Em algumas hortaliças já foi determinada a relação que proporciona o melhor sabor. No caso da beterraba,

esta informação não foi encontrada na literatura. Neste trabalho, os valores da relação situaram-se na faixa de 145,52 a 179,87. Ressalta-se que se deve tomar cuidado em situações em que a acidez e o teor de sólidos solúveis são baixos, pois podem proporcionar relação SS/AT elevada, induzindo a interpretações errôneas com relação ao sabor do produto (CECÍLIO FILHO & GRANGEIRO, 2004).

Um dos nutrientes de grande importância para a conservação pós-colheita e textura da raiz é o cálcio, pois forma compostos que são partes das paredes celulares, reforçando a estrutura das plantas (LOPES, 1995). Apesar do aumento nos teores de cálcio encontrados nos solos das parcelas, ao longo do ciclo da beterraba, após a aplicação de composto orgânico (Figura 5, 7, 9 e 10), não houve diferença entre as texturas de raiz em função dos tratamentos (Tabela 48).

Em relação aos açúcares, a interação entre os fatores doses de composto orgânico e aplicação de potássio em cobertura foi significativa (Tabela 52) e os resultados do desdobramento são apresentados na Tabela 53. Para os açúcares redutores (AR), só houve influência da aplicação do potássio em cobertura na dose de 60 t ha⁻¹, com maior valor para a aplicação de potássio em relação à ausência deste. Para açúcares redutores totais (ART) e açúcares não redutores (ANR), a adubação potássica em cobertura teve efeito semelhante entre as doses. Enquanto na testemunha a aplicação de potássio proporcionou valores menores, nas doses de 40 e 60 t ha⁻¹, a adubação aumentou a porcentagem de açúcar.

Tabela 53. Resultado do desdobramento da interação doses de composto orgânico e adubação potássica em cobertura para as características açúcares redutores (AR), redutores totais (ART) e açúcares não redutores (ANR) nas raízes de beterraba. FCA/UNESP, São Manuel, 2010.

Doses de composto orgânico (t ha ⁻¹)	AR (%)		ART (%)		ANR (%)	
	Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com
	K ₂ O	K ₂ O	K ₂ O	K ₂ O	K ₂ O	K ₂ O
0	0,15a	0,11a	8,29a	7,00b	7,32a	6,20b
20	0,09a	0,13a	7,00a	7,60a	6,22a	6,72a
40	0,13a	0,12a	7,25b	8,44a	6,41b	7,49a
60	0,09b	0,14a	6,44b	8,59a	5,72b	7,60a
80	0,10a	0,14a	6,98a	7,74a	6,20a	6,64a

Médias seguidas por mesma letra, nas linhas, para cada característica, não diferem entre si pelo teste F a 5% de probabilidade.

O desdobramento da interação doses de composto orgânico dentro da aplicação ou não do potássio em cobertura para a característica açúcares redutores totais revelou que, sem potássio, o efeito das doses foi linear, havendo queda de 0,15% no teor de sacarose (ANR) para cada 10 t ha⁻¹ adicionada ao solo, ao passo que, com a adubação potássica, houve efeito quadrático, com máximo de 8,45% na dose de 50 t ha⁻¹ (Figura 33). Na literatura, são raríssimos os trabalhos em que foram determinados os açúcares redutores, redutores totais e não-redutores da beterraba. Segundo diversos autores, os sólidos solúveis oferecem boa estimativa do conteúdo de açúcares no tecido vegetal, que se constitui em importante característica qualitativa para a beterraba (AQUINO et al., 2006.). De fato, os sólidos solúveis constituem todas as substâncias que se encontram dissolvidas na água dos alimentos, e, sendo os açúcares os constituintes em maior quantidade, é comum associar que quanto maior o teor de sólidos solúveis, maior o teor de açúcar (CHITARRA & CHITARRA, 2005). Devido a esta constatação, verificou-se que vários trabalhos que avaliaram a qualidade da beterraba, são interrompidos após a determinação de sólidos solúveis sem quantificar a quantidade de açúcares. Entretanto, ressalta-se que estas avaliações deveriam ser incluídas para se poder verificar o efeito das adubações nestas características.

Para a característica de açúcares não-redutores (sacarose), o desdobramento da interação doses de composto dentro da adubação potássica em cobertura mostrou padrão semelhante (Figura 34). Sem aplicação de potássio, a redução foi linear, havendo queda de 0,13% no teor de sacarose para cada 10 t ha⁻¹ adicionada ao solo. Já na presença do potássio em cobertura, verificou-se efeito quadrático, com teor máximo de 7,48% na dose de 49 t ha⁻¹ (Figura 34). Winzer et al. (1996) observaram aumento no teor de sacarose na beterraba com o aumento da disponibilidade de nitrogênio.

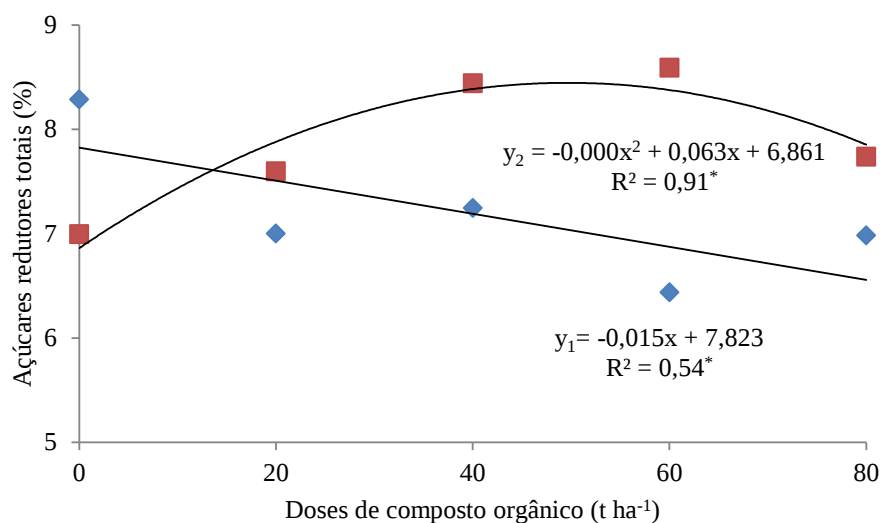


Figura 33. Açúcares redutores totais nas raízes de beterraba em função das doses de composto orgânico aplicadas na ausência (y₁) e presença (y₂) da adubação potássica em cobertura. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2010.

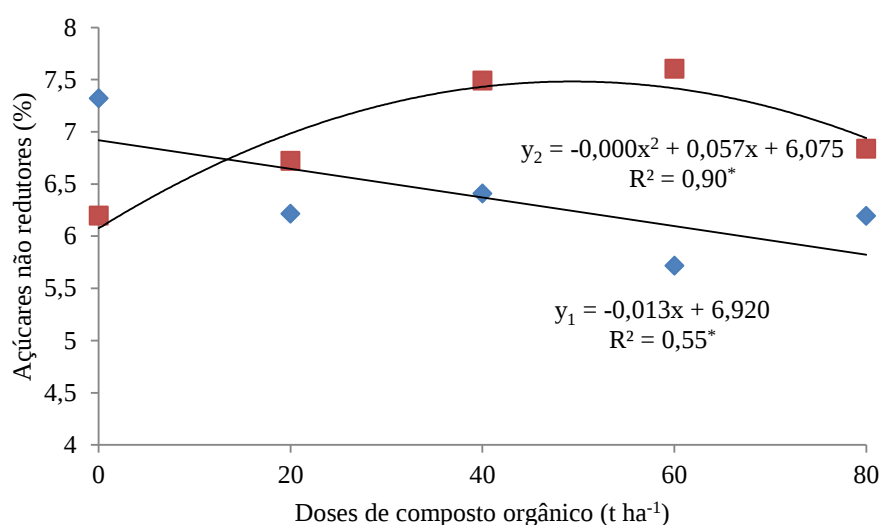


Figura 34. Açúcares não-redutores nas raízes de beterraba em função das doses de composto orgânico aplicadas na ausência (y₁) e presença (y₂) da adubação potássica em cobertura. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2010.

7. CONCLUSÕES

Conclui-se que, nestas condições:

- A adubação potássica em cobertura não causou efeito nas características vegetativas e relacionadas à produção, assim como na maioria das propriedades químicas do solo.
- As doses de composto proporcionaram efeitos positivos nas características relacionadas à produção até 52 t ha^{-1} , sendo verificada redução a partir deste valor.
- As doses de composto orgânico proporcionaram efeito positivo nas propriedades químicas do solo em todas as épocas avaliadas.
- A ordem decrescente dos macronutrientes exportados pelas raízes de beterraba foi: potássio > nitrogênio > fósforo > magnésio > enxofre > cálcio.
- A ordem decrescente dos macronutrientes acumulados pela planta de beterraba cultivada foi: potássio > nitrogênio > magnésio > cálcio > fósforo > enxofre.
- O acúmulo de todos os macronutrientes na planta de beterraba, assim como a exportação dos mesmos pela raiz, apresentou efeito quadrático em função das doses de composto orgânico.
- O período de maior demanda para a maioria dos macronutrientes foi dos 29 aos 43 dias após o transplante (DAT).
- A interação doses de composto orgânico e aplicação de potássio em cobertura influenciou nos teores de açúcar da beterraba.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, A. U. et al. Desenvolvimento e estado nutricional da beterraba em função da omissão de nutrientes. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 2, p. 292-295, 2008.

AMBROSANO, J. E. et al. 2004. Produção de beterraba em sistemas com adubação mineral, organomineral, orgânica e orgânica com homeopatia. In: Congresso Brasileiro de Olericultura, 44, Campo Grande, **Anais...**, Campo Grande, 2004, v. 22, p. 236-238.

ANDRIOLO, J. L. **Fisiologia das culturas protegidas**. Santa Maria: UFSM, 1999. 142 p.

AQUINO, L. A. et al. Produtividade, qualidade e estado nutricional da beterraba de mesa em função de doses de nitrogênio. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 24, n. 2, p. 199-203. 2006.

ARAÚJO, H. S. **Doses de potássio em cobertura na produção e qualidade de abobrinha-de-moita**. 2011. 92 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/ Horticultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2011.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY. **Official methods of analysis of the association of official analytical chemistry**. 11 ed. Washington, 1992. 1015 p.

BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas**. Jaboticabal: Funep, 1988. 42 p.

BRADY, N. C. **Natureza e propriedades do solo**. 7 ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1989. 898 p.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência de Vigilância Sanitária (ANVISA). **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. Brasil: Ministério da Saúde, 2005. 1018 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 25, de 23 de julho de 2009. Aprova as normas sobre as especificações e garantias, as tolerâncias, o registro, a embalagem e a rotulagem dos fertilizantes orgânicos simples, mistos, compostos, organominerais e biofertilizantes destinados à agricultura. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 28 jul. 2009. Seção 1, p. 20.

CARDOSO, A. I. I et al. Alterações em propriedades do solo adubado com composto orgânico e efeito na qualidade das sementes de alface. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 4, p. 594-599, 2011.

CARVALHO, L. B; GUZZO, C. D. Adensamento da beterraba no manejo de plantas daninhas. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 26, n. 1, p.73-82, 2008.

CASALI, V. W. D. Beterraba. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G. ALVAREZ, V. V. H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª** aproximação. Viçosa: CFSEMG, 1999. 359 p.

CEAGESP. Companhia de Entrepasto e Armazéns Gerais de São Paulo. Ficha técnica para a classificação da beterraba (*Beta vulgaris* L). 2010. Disponível em http://www.ceagesp.gov.br/hortiescolha/anexos/ficha_beterraba.pdf. Acesso em 09/03/2012.

CECILIO FILHO, A. B.; GRANGEIRO, L. C. Qualidade de frutos de melancia sem sementes em função de fontes e doses de potássio. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 28, n. 3, p. 570-576, 2004.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças**. 2 ed. Lavras: ESAL/FAEPE, 2005. 783 p.

COSTA, R. N. T. et al. Interferência do excesso de água no solo e componentes de produção em beterraba. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 1, p. 505-509, 2008.

CUNHA, A. R.; MARTINS, D. Classificação climática para os municípios de Botucatu, SP. **Irriga**, Botucatu, v. 14, n. 1, p. 1 – 11, 2009.

DAMATTO JÚNIOR, E. R. **Efeitos da adubação com composto orgânico na fertilidade do solo, desenvolvimento, produção e qualidade de frutos de bananeira ‘Prata-Anã’ (*Musa AAB*)**. 70 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/ Horticultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2005.

DAMATTO JÚNIOR, E. R. et al. Alterações em propriedades de solo adubado com doses de composto orgânico sob cultivo de bananeira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28, n. 3, p. 546-549, 2006.

DINIZ, E. R. et al. Crescimento e produção de brócolis em sistema orgânico em função de doses de composto. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 5, p. 1428-1434, 2008.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação dos solos**. Brasília: EMBRAPA, 2006, 306 p.

ERNANI, P.R.; ALMEIDA, J.A.; SANTOS, F. C. Potássio. In: Novais, R. F. et al. (Org.). **Fertilidade do Solo**. 1 ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007, v. 1, p. 551-594.

ESPÍNDOLA, C. R.; TOSIN, W. A. C.; PACCOLA, A. A. Levantamento pedológico da Fazenda Experimental São Manuel. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 14, 1974, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: Sociedade Brasileira de Ciência do solo, 1974. p. 650-654.

FELTRIM, A. L. et al. Crescimento e acúmulo de macronutrientes em chicória coberta e não coberta com polipropileno. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 26, p. 50-55, 2008.

FERNANDES, A. M.; SORATTO, R. P.; SILVA, B. L. Extração e exportação em cultivares de batata: I - macronutrientes. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 36, n. 6, p. 2039-2056, 2011.

FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa: UFV, 2003. 412 p.

FURLANI, P. R.; PURQUERIO, L. F. V. Avanços e desafios na nutrição de hortaliças. In: **Nutrição de Plantas: diagnose foliar em hortaliças**. MELLO PRADO, R. et al. Jaboticabal: FCAV/CAPES/FUNDUNESP, 2010. p. 45-62.

FURTINI NETO, A. E. et al. **Fertilidade do Solo**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2001. 252 p.

GRANGEIRO, L. C. et al. Acúmulo e exportação de nutrientes em beterraba. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 2, p. 267-273, 2007.

GODOY, A.R. et al. Produção e qualidade de couve-flor com diferentes doses de potássio em cobertura. **Scientia Agrária Paranaensis**, v. 11, n. 2, p. 33-42, 2012.

GUIMARÃES, V. F.; ECHER, M. M; MINAMI, K. Métodos de produção de mudas, distribuição de matéria seca e produtividade de plantas de beterraba. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 3, p. 505-509, 2002.

HAAG, H.P.; MINAMI, K. Nutrição mineral de hortaliças: LXIII. Requerimento de nutrientes pela cultura da beterraba. **Anais da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**, Piracicaba, v. 44, p. 401-407, 1987.

HÖMHELD, V. Efeitos do potássio nos processos da rizosfera e na resistência das plantas às doenças. In: YAMADA, T.; ROBERTS, T. L. **Potássio na agricultura brasileira**. Piracicaba: Potafos, 2005. 841 p.

HORTA, A. C. S. et al. Relação entre produção de beterraba, *Beta vulgaris* var. *conditiva*, e diferentes métodos de plantio. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 23, n. 5, p. 1123-1129, 2001.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário de 2006**: Brasil, Grandes Regiões e Unidades da Federação. Brasil. 2009. 777 p.

KANO, C. **Doses de fósforo no acúmulo de nutrientes, na produção e na qualidade de sementes de alface**. 2006. 112 f. Tese (Doutorado em Agronomia/ Horticultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2006.

KIEHL, E. J. **Novo Fertilizantes orgânicos**. Piracicaba: 1ª edição do autor, 2010. 248 p.

LOPES, A. S. **Manual Internacional de Fertilidade do Solo**. Associação brasileira para pesquisa da potassa e do fósforo. Piracicaba, 1995. 177 p.

LIEDGENS, M. M. **Modelos numéricos para a descrição do crescimento da planta da soja (Glycine max Merrill., cultivar IAC-15) em condições sazonais diferenciadas**. 1993. 101 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1993.

LUZ, J. M. Q. et al. Adubação de cobertura com nitrogênio, potássio e cálcio na produção comercial de cenoura. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 27, n. 4, p. 543-548, 2009.

MACHADO, E. C. et al. Análise quantitativa de crescimento de quatro variedades de milho em três densidades de plantio, através de funções matemáticas ajustadas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 17, n. 30, p. 825-833, 1982.

MAGRO, F. O. et al. Composto orgânico na produção e qualidade de sementes de brócolis. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, n. 3, p. 596-602, 2010.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. 23. ed. São Paulo: Agronômica Ceres. 1980. 253 p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas, princípios e aplicações**. 2 ed. Piracicaba: Potafós, 1997. 319 p.

MARQUES, L. F. et al. Produção e qualidade de beterraba em função da adubação com esterco bovino. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Porto Alegre, v. 5, n. 1, p. 24-31, 2010.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2th. London: Academic Press, 1995. 889 p.

NELSON, N. A. A photometric adaptation of Somogy method for the determination of Glucose. **Journal Biological Chemistry**, v. 31, n. 2, p. 159-161, 1944.

NUNES, M. A. et al. Análise de crescimento da beterraba sacarina em cultura de primavera. **Agricultura Lusitana**, v. 40, n. 3, p. 217-240, 1981.

PAULA, M. B.; FONTES, P. C. R.; NOGUEIRA, F. D. Produção de matéria seca e absorção de macronutrientes por cultivares de batata. **Horticultura Brasileira**, v.4, n. , p. 10-16, 1986.

PEIXOTO, F. C. **Crescimento e acúmulo de macronutrientes em cenoura ‘Forto’**. 2011. 25 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/ Ciência do Solo) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2011.

RAIJ, B. Van; QUAGGIO, J. A. **Métodos de análises de solo para fins de fertilidade**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1983. 31 p. (Boletim Técnico, 81).

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

RAIJ, B. Van. et al. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônomo & Fundação IAC, 1997. 285 p.

RODRIGUES, E. T.; SUMIOKA, A. T. Produção de cará em função de fontes orgânicas de adubação. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n. 4, p. 822-828, 2003.

SALATA, A. C. et al. Produção e qualidade de frutos de ervilha-torta submetidos a diferentes níveis de adubação potássica. **Nucleus**, Ituverava, v. 8, n. 2, p. 127-134, 2011.

SALGADO, J. A. A. et al. **Balanço de nutrientes em cultivares de hortaliças sob manejo orgânico**. Rio de Janeiro: Embrapa CNPAB, 1998. 9 p. Comunicado Técnico 21.

SANTOS, R. H. S. Olericultura orgânica. In: Fontes, P.C.R. **Olericultura: teoria e prática**. Viçosa. 2005.486 p.

SARTORELLI, C. S. C. **Caracterização química da parte aérea de cenoura (*Daucus carota*) e beterraba (*Beta vulgaris*) visando o aproveitamento na alimentação humana**. 1998. 98 p. Dissertação (Mestrado em Ciências dos Alimentos). Universidade Federal de Lavras – UFLA.

SEDIYAMA, M. A. N.; SANTOS, M. R.; VIDIGAL, S. M. Produtividade e exportação de nutrientes em beterraba cultivada com cobertura morta e adubação orgânica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 9, p. 883-889, 2011.

SOUZA, J. L.; RESENDE, P. **Manual de Horticultura Orgânica**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2003. 564 p.

SOUZA, R. J et al. **Cultura da beterraba (Cultivo convencional e Cultivo orgânico)**. Lavras, 2003. 37p.

TIVELLI, S. W. et al. **Beterraba: do plantio a comercialização**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2011. 45p. (Série Tecnologia APTA. Boletim Técnico IAC, 210).

TOLENTINO JÚNIOR, C. F.; ZÁRATE, N. A. H; VIEIRA, M. C. Produção de mandioquinha-salsa consorciada com alface e beterraba. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 24, n. 5, p. 1447-1454, 2002.

TRANI, P. E.; CANTARELLA, H.; TIVELLI, S. W. Nutrição e adubação da beterraba. In: FERREIRA, M. E.; CASTELLANE, P. D.; CRUZ, M. C. P. **Nutrição e adubação de hortaliças**. Piracicaba: Potafos, 1993. p. 429-446.

TRANI, P. E.; RAIJ, B. Van. Hortaliças. In: RAIJ, B. Van et al. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônomo & Fundação IAC, 1997. 285p.

TRANI, P. E.; CANTARELLA, H.; TIVELLI, S. W. Produtividade de beterraba em função de doses de sulfato de amônio em cobertura. **Horticultura Brasileira**, v. 23, n. 3, p. 726-730, 2005.

TRESSLER, D. K.; JOSLYN, M. A. **Fruits and vegetables juice processing technology**. Westport, 1961, 1028 p.

VASCONCELOS, G. P. **Adubação orgânica e biodinâmica na produção de chicória (*Cichorium endivia*) e de beterraba (*Beta vulgaris*), em sucessão**. 2009. 85 f. Dissertação

(Mestrado em Agronomia/ Horticultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2009.

VIDIGAL, S. M.; PACHECO, D. D.; FACION, C. E. Crescimento e acúmulo de nutrientes pela abóbora híbrida tipo Tetsukabuto. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 25, n. 3, p. 375-380, 2007.

VILLAS BÔAS, R. L. **Doses de nitrogênio para pimentão aplicadas de forma convencional e através da fertirrigação**. 123 f. 2001. Tese (Livre Docência) – Universidade Estadual paulista. Botucatu, 2001.

VILLAS BÔAS, R. L. et al. Efeito de doses e tipos de compostos orgânicos na produção de alface em dois solos sob ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 1, p. 28-34, 2004.

WINZER, T.; LOHAUS, G.; HELDT, H.W. Influence of phloem transport, N-fertilization and ion accumulation on sucrose in the taproots fodder beet and sugar beet. **Journal of Experimental Botany**, v. 47, p. 863-870, 1996.

YORINORI, G. T. **Curva de crescimento e acúmulo de nutriente pela cultura da bata cv. “Atlantic”**. 2003. 66 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2003.

YURI, J.E. et al. Efeito de composto orgânico sobre a produção e características comerciais de alface americana. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 1, p. 127-130, 2004.

ZANFIROV, C. A. et al. Produção de cenoura em função de doses de potássio em cobertura. **Horticultura Brasileira**, Vitória da Conquista, v. 30, n. 4, p. 747-750, 2012.

ZÁRATE, N. A. H. et al. Número de fileiras no canteiro e espaçamento entre plantas na produção e na rentabilidade da beterraba em Dourados, estado do Mato Grosso do Sul. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 30, n. 3, p. 397-401.

ZÁRATE, N.A.H. et al. Cobertura do solo com cama de frango, com e sem amontoa, na produção de beterraba. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, Edição Especial, p. 1598-1603, 2010.