



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO MANEJO DE SOLO E ÁGUA

NATANAEL SANTIAGO PEREIRA

**OTIMIZAÇÃO DA ADUBAÇÃO FOSFATADA PARA A CULTURA DA MELANCIA
IRRIGADA EM AMBIENTE SEMIÁRIDO**

MOSSORÓ-RN,
DEZEMBRO DE 2016

NATANAEL SANTIAGO PEREIRA

**OTIMIZAÇÃO DA ADUBAÇÃO FOSFATADA PARA A CULTURA DA MELANCIA
IRRIGADA EM AMBIENTE SEMIÁRIDO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Manejo de Solo e Água da Universidade Federal Rural do Semiárido como requisito para obtenção do título de Doutor em Manejo de Solo e Água.

Linha de Pesquisa: Fertilidade do solo e Adubação

Orientador: José Francismar de Medeiros, Prof. Dr.

Co-orientador: Sérgio Weine Paulino Chaves, Prof. Dr.

MOSSORÓ-RN,
DEZEMBRO DE 2016

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

P436o Pereira, Natanael Santiago.
Otimização da adubação fosfatada para a cultura da melancia irrigada em ambiente semiárido / Natanael Santiago Pereira. - 2016.
128 f. : il.

Orientador: José Francismar de Medeiros.
Coorientador: Sérgio Weine Paulino Chaves.
Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em Manejo de Solo e Água, 2016.

1. Citrullus lanatus. 2. fertirrigação. 3. fosfato. 4. produtividade. I. Medeiros, José Francismar de, orient. II. Chaves, Sérgio Weine Paulino, co-orient. III. Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

NATANAEL SANTIAGO PEREIRA

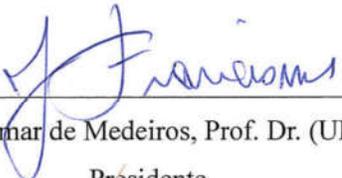
**OTIMIZAÇÃO DA ADUBAÇÃO FOSFATADA PARA A CULTURA DA MELANCIA
IRRIGADA EM AMBIENTE SEMIÁRIDO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Manejo de Solo e Água da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Doutor em Manejo de Solo e Água.

Linha de Pesquisa: Fertilidade do Solo e Adubação

Defendida em: 16 / 12 / 2016.

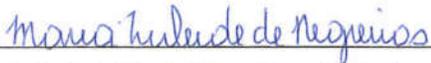
BANCA EXAMINADORA



José Francismar de Medeiros, Prof. Dr. (UFERSA)
Presidente



Sérgio Weine Paulino Chaves, Prof. Dr. (UFERSA)
Membro Examinador



Maria Zuleide de Negreiros, Profa. Dra. (UFERSA)
Membro Examinador



Andrea Raquel Fernandes Carlos da Costa, Dra. (UFERSA/CNPq)

Membro Examinador



Ismail Soares, Prof Dr. (UFC)

Membro Examinador



Diego Resende Queirós Pôrto, Prof Dr. (IFRN)

Membro Examinador

À minha esposa, Khésia

Dedico

AGRADECIMENTOS

À Deus.

A minha esposa Khésia pelo paciente apoio e compreensão, a meus pais, Espedito e Fátima e aos meus irmãos Daniel, Samuel, Silas e Sara pelo exemplo e apoio moral e incondicional.

Ao Programa de Pós-Graduação em Manejo de Solo e Água, da Universidade Federal Rural do Semiárido pela oportunidade e pelos conhecimentos transmitidos no decorrer do curso de Doutorado e a todos os professores, funcionários, amigos e colegas de curso que facilitaram esta jornada.

Ao Conselho Nacional de Pesquisa – CNPQ, que fina e ao IFCE pela infraestrutura de apoio à realização de boa parte das análises e pela flexibilização e liberação para a conclusão do curso.

Aos professores José Francismar e Sérgio Weine pela orientação, confiança e dedicação a realização da pesquisa e a todos da UFERSA que de alguma forma contribuíram para este trabalho, Pedro Maurício, Nicolas Araújo, Cristiane Alves, Roberto Júnior, Ana Cláudia, Girolando Júnior, Flavinícios, Wilma Freitas, Amsterdam Vale e Francisco das Chagas.

Aos amigos e colegas do Laboratório solos do IFCE pela amizade e apoio, Esiana Rodrigues, Clarice Barros, Arilene Franklin, Ana Maria, Alexandre Caíque, Leonardo Tals e a tantos outros que de alguma forma contribuíram para a concretização deste trabalho.

Muito Obrigado!

É uma experiência como nenhuma outra que eu possa descrever, a melhor coisa que pode acontecer a um cientista, compreender que alguma coisa que ocorreu em sua mente corresponde exatamente a alguma coisa que acontece na natureza.

— Leo Kadanoff

RESUMO

A cultura da melancia tem grande importância econômica e social para o semiárido nordestino, existindo uma grande demanda por informações para um manejo adequado das adubações, particularmente para o P, em razão de sua dinâmica no solo e por sua baixa disponibilidade em muitos solos da região. Nesse contexto, o objetivo com este trabalho foi avaliar a produção, qualidade e o acúmulo de nutrientes pela melancieira cv. Magnum sob influência do manejo da adubação fosfatada. Os experimentos foram realizados em um Cambissolo de origem calcária de textura média (Upanema-RN) e em um Argissolo de textura arenosa (Mossoró-RN), no delineamento experimental de blocos ao acaso, com quatro repetições. Em solo calcário, os tratamentos consistiram nas doses de 76, 168, 275 e 397 kg ha⁻¹ de P₂O₅, as quais foram aplicadas de duas formas: F0- em pré-plantio e F1 – em pré-plantio + cobertura (50 kg ha⁻¹ de P₂O₅ por fertirrigação). Foram aplicados ainda dois tratamentos adicionais: sem fosfato; e com fosfato somente por cobertura (50 kg ha⁻¹ de P₂O₅ na fertirrigação). No experimento realizado em solo arenoso, os tratamentos consistiram nas doses de 34, 80, 168 e 206 kg ha⁻¹ de P₂O₅, as quais foram aplicadas de duas formas: F0- em pré-plantio e F1 – em pré-plantio + cobertura (34 kg ha⁻¹ de P₂O₅ por fertirrigação), sendo aplicados ainda dois tratamentos adicionais: sem fosfato; e com fosfato somente em cobertura (103 kg ha⁻¹ de P₂O₅ por fertirrigação). Em solo calcário houve efeito isolado de doses e formas de aplicação sobre as características de produção, com destaque para a maior dose da adubação F1 em relação a F0. Porém, de forma geral, o tratamento adicional com 103 kg ha⁻¹ de P₂O₅ na fertirrigação mostrou ser mais eficiente, com produtividade comercial equivalente a uma dose de 204 kg ha⁻¹ de P₂O₅ na adubação F1. A adubação F1 proporcionou maiores acúmulos de P e de S, porém, de forma geral, os efeitos das formas de adubação foram dependentes das doses, destacando-se os tratamentos F0₂₇₅ e F1₁₆₈ em termos de acúmulo de biomassa e dos demais macronutrientes. Em solo arenoso, houve efeito isolado de doses e formas de aplicação sobre as características de produção, com destaque para a maior dose da adubação F1 em relação a F0. Porém, de forma geral, o tratamento adicional com 103 kg ha⁻¹ de P₂O₅ na fertirrigação mostrou ser mais eficiente, com produtividade comercial equivalente a uma dose de 204 kg ha⁻¹ de P₂O₅ na adubação F1. Na dose de 137 kg ha⁻¹ de P₂O₅, maiores acúmulos de P, tanto na parte aérea, como nos frutos ocorrem na adubação F1. Para Ca e Mg ocorreram maiores acúmulos com a adubação F1 apenas na parte vegetativa. De forma geral, cerca de 50% da demanda total dos macronutrientes ocorre no quarto final do ciclo.

Palavras-chave: *Citrullus lanatus*, fertirrigação, fosfato e produtividade.

ABSTRACT

The watermelon crop has great economic and social importance in the State of Rio Grande do Norte and, in this way, there is a great demand for information for an adequate management of fertilization, particularly for P, due to its dynamics in the soil and its Low availability in many soils of the region. Thus, the objective of this work was to evaluate the production and accumulation of nutrients by the cv. Magnum under the influence of the management of phosphate fertilization. The experiments were carried out in a Cambisol of medium texture, originating from limestone (Upanema-RN) and in a Ultisol of sandy texture (Mossoró-RN), in a randomized complete block design, with four replications. In the limestone experiment, treatments consisted of 76, 168, 275 and 397 kg ha⁻¹ of P₂O₅, which were applied in two ways: F0- in pre-planting and F1-in pre-planting + cover (50 kg ha⁻¹ of P₂O₅ by fertigation). Two additional treatments were applied: without phosphate; and with phosphate only in the cover (50 kg ha⁻¹ of P₂O₅ by fertigation). In the experiment carried out in a sandy soil the treatments consisted of 34, 80, 168 and 206 kg ha⁻¹ of P₂O₅, which were applied in two ways: F0- in pre-planting and F1-in pre-planting + cover (34 kg ha⁻¹ of P₂O₅ by fertigation). Two additional treatments were applied: without phosphate; and with phosphate only in the cover (103 kg ha⁻¹ of P₂O₅ by fertigation). In calcareous soil there was an isolated effect of doses and forms of application on the production characteristics, especially the highest dose of F1 fertilization in relation to F0. However, in general, the additional treatment with 103 kg ha⁻¹ of P₂O₅ in fertigation was shown to be more efficient, with commercial productivity equivalent to a dose of 204 kg ha⁻¹ of P₂O₅ in F1 fertilization. Fertilization F1 provided higher accumulations of P and S, but in general the effects of fertilization were dose-dependent, with treatments F0₂₇₅ and F1₁₆₈ in terms of accumulation of biomass and other macronutrients. In sandy soil, there was an isolated effect of doses and forms of application on the production characteristics, especially the highest dose of F1 fertilization in relation to F0. However, in general, the additional treatment with 103 kg ha⁻¹ of P₂O₅ in fertigation was shown to be more efficient, with commercial productivity equivalent to a dose of 204 kg ha⁻¹ of P₂O₅ in F1 fertilization. At the dose of 137 kg ha⁻¹ of P₂O₅, occurred higher accumulations of P in F1 fertilization, both in shoot and fruit. For Ca and Mg, greater accumulations occurred with F1 fertilization only in the vegetative part. Overall, about 50% of total macronutrient demand occurs in the last quarter of the cycle.

Keywords: *Citrullus lanatus*, fertigation, phosphate and productivity

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO II

Figura 1 – Produtividade total (PT) da melancia cv. Magnum sob influência de doses de fosfato aplicadas em pré-plantio (F0) e em pré-plantio + cobertura (F1). Upanema-RN, UFERSA, 2013.....	30
Figura 2. Produtividade comercial (PC) da melancia cv. Magnum sob influência de doses de P ₂ O ₅ aplicadas em pré-plantio (F0) e em pré-plantio + cobertura (F1). Upanema-RN, UFERSA, 2013.....	32
Figura 3 - Peso médio total dos frutos (PMT) da melancia cv. Magnum sob influência de doses de fosfato aplicadas em pré-plantio (F0) e em pré-plantio + cobertura (F1). Upanema-RN, UFERSA, 2013.....	33
Figura 4. Quantidade de frutos comerciáveis (QC) da melancia cv. Magnum sob influência de doses de fosfato aplicadas em pré-plantio (F0) e em pré-plantio + cobertura (F1). Upanema-RN, UFERSA, 2013.....	34
Figura 5. Peso médio dos frutos comerciáveis (PMC) da melancia cv. Magnum sob influência de doses de fosfato aplicadas em pré-plantio (F0) e em pré-plantio + cobertura (F1). Upanema-RN, UFERSA, 2013.....	34
Figura 6. Quantidade de frutos comerciáveis (QC) da melancia cv. Magnum sob influência de doses de fosfato aplicadas em pré-plantio (F0) e em pré-plantio + cobertura (F1). Upanema-RN, UFERSA, 2013.....	35
Figura 7. Firmeza de polpa da melancia cv. Magnum sob influência de doses de fosfato aplicadas em pré-plantio (F0) e em pré-plantio + cobertura (F1). Upanema-RN, UFERSA, 2013.....	37
Figura 8 - Teores de P disponível no solo (Mehlich-1) após o primeiro de cultivo da melancieira cv. Magnum: A - em função de doses de fosfato (A); e B - em função da forma de adubação: pré-plantio (F0) e pré-plantio + cobertura (F1). Upanema-RN, UFERSA, 2013.....	39

CAPÍTULO III

Figura 1 - Produtividades total (A) e comercial (B) da melancieira cv. Magnum em função de doses de fosfato; e médias de Produtividade total (C) e comercial (D) nas adubações F0 e F1. Mossoró-RN, UFERSA, 2014-2015.....	51
Figura 2 - Quantidade - QT (A) e peso médio totais dos frutos - PMT (B) da melancieira cv. Magnum em função de doses de fosfato; e médias de QT (C) e PMT (D) nas adubações F0 e F1. Mossoró-RN, UFERSA, 2014-2015.....	53
Figura 3 - Quantidade de frutos comerciáveis (QC) da melancieira cv. Magnum em função de doses de fosfato (A) e em função das formas de adubação: em pré-plantio (F0) e em pré-plantio mais cobertura (F1) (B). Mossoró-RN, UFERSA, 2014-2015.....	54
Figura 4 - Teores de P disponível no solo (Mehlich-1) após o primeiro ciclo de cultivo da melancieira cv. Magnum em função da forma de adubação: pré-plantio (F0) e pré-plantio + fertirrigação (F1). Mossoró-RN, UFERSA, 2014-2015.....	59

CAPÍTULO IV

- Figura 1. Acúmulos de biomassa seca total em plantas de melancia cv. Magnum em solo calcário em função dos dias após a emergência (DAE) nos tratamentos sem (A) e com P na fertirrigação (B). Upanema-RN, UFERSA, 2013..... 70
- Figura 2. Acúmulos de matéria seca dos frutos (MSF) em plantas de melancia cv. Magnum em solo calcário em função dos dias após a emergência nos tratamentos sem (A) e com P na fertirrigação (B). Upanema-RN, UFERSA, 2013..... 72
- Figura 3. Concentrações de N, P e K na parte aérea da melancieira cv. Magnum em solo calcário. Concentrações de N (A) e P (B) em função do tempo. Cortes da superfície de resposta de Dose x DAE para a concentração de P (C); e concentrações de K em função do tempo (D). Upanema-RN, UFERSA, 2013..... 75
- Figura 4. Concentrações de Ca, Mg e S na melancieira cv. Magnum em solo calcário. (A) corresponde às concentrações de Ca em função do tempo. Segue-se a este o perfil da superfície de resposta para os tratamentos do ensaio fatorial (B) e curva em função do tempo dos tratamentos adicionais para a concentração de Mg (C). D e E correspondem ao teor de S para os tratamentos sem e com P na fertirrigação, respectivamente. Upanema-RN, UFERSA, 2013. 77
- Figura 5. Acúmulos totais de N, P e K na parte aérea da melancieira cv. Magnum em solo calcário: N acumulado sem (A) e com P na fertirrigação (B); curvas de resposta para o acúmulo de P aos tratamentos em função do tempo (C) e perfil da superfície de resposta Dose x DAE para o acúmulo de P (D); curvas de acúmulo de K sem (E) e com P na fertirrigação (F). UPANEMA-RN, UFERSA, 2013..... 80
- Figura 6. Acúmulos totais de macronutrientes secundários na parte aérea da melancieira cv. Magnum em solo calcário: Ca (A) e Mg (B) sem P na fertirrigação e Ca (C) e Mg (D) com P na fertirrigação. E, F, G correspondem a estimativa de S total pelos perfis das superfícies de respostas para S total nas adubações F0 e F1 e nos modelos ajustados para os tratamentos adicionais. Upanema-RN, UFERSA, 2013. 86
- Figura 7. Acúmulos de nutrientes nos frutos da melancieira cv. Magnum em solo calcário. Acúmulos de N sem (A) e com P na fertirrigação (B) em função do tempo. C e D correspondem aos acúmulos de P nos tratamentos em função do tempo (C) e pelo corte da superfície de resposta Doses x DAE (D); e E - a curva de resposta de acúmulo de K nas diferentes doses de fosfato. Upanema-RN, UFERSA, 2013. 89
- Figura 8. Acúmulos de nutrientes nos frutos da melancieira cv. Magnum em solo calcário em função do tempo. Acúmulos de Ca (A) nas diferentes doses de fosfato; de Mg sem (B) e com P na fertirrigação (C); e de S pelos perfis das superfícies de respostas nas adubações F0 (D) e F1 (E) e nos modelos ajustados para os tratamentos adicionais (K). Upanema-RN, UFERSA, 2013. 92

CAPÍTULO V

- Figura 1. Desenho esquemático do minirhizotron + scanner portátil utilizado para a captura das imagens das raízes da melancieira cv. Magnum em solo arenoso. Mossoró-RN, UFERSA, 2014. 102
- Figura 2. Acúmulos de biomassa do caule (A), da folha (B), do fruto (C) e total (D) pela melancieira cv. Magnum em solo arenoso em função dos dias após a emergência (DAE) (—)

e taxa de produção diária de biomassa (-----) obtida por derivação das equações apresentadas. Mossoró, RN, UFERSA, 2014-2015.	103
Figura 3. Médias da biomassa da folha da melancia cv. Magnum em solo arenoso para todo o período de avaliação (27, 34, 40 e 55 DAE) em função das doses de fosfato. Mossoró, RN. Mossoró-RN, UFERSA, 2014-2015. Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de tukey ($p < 0,05$).	104
Figura 4. Concentrações totais de N (A) e S (B) pela melancia cv. Magnum em função dos dias após a emergência (DAE). Mossoró-RN, UFERSA, 2014-2015.	106
Figura 5. Concentrações totais de Ca e Mg pela melancia cv. Magnum em solo arenoso. Concentrações de Ca com fosfato em pré-plantio (A) e em pré-plantio + cobertura (B) e de Mg com fosfato em pré-plantio (C) e em pré-plantio + cobertura (D) em função dos dias após a emergência (DAE). Mossoró-RN, UFERSA, 2014-2015.	107
Figura 6. Acúmulos totais de N (A), P (B), K (C) e S (D) pela melancia cv. Magnum em função dos dias após a emergência (DAE) (—) e respectivas taxas de acúmulo diários (-----) obtidas por derivação das equações apresentadas. Mossoró-RN, UFERSA, 2014-2015.	109
Figura 7. Médias de acúmulo de P pela melancia cv. Magnum para todo o período de avaliação (27, 34, 40 e 55 DAE) em função das formas de adubação F0 e F1. Mossoró-RN, UFERSA, 2014-2015. Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de tukey ($p < 0,05$).	110
Figura 8. Acúmulos totais de Ca e Mg pela melancia cv. Magnum em solo arenoso: Ca com fosfato em fundação (A) e em fundação + cobertura (B) e de Mg com fosfato em fundação (C) e em fundação + cobertura (D) em função dos dias após a emergência (DAE) (—) e respectivas taxas de acúmulo diários (-----) obtidas por derivação das equações apresentadas. Mossoró-RN, UFERSA, 2014-2015.	113
Figura 9. Evolução do diâmetro e do comprimento médio de raízes da melancia cv. Magnum sob a dose de 137 kg ha^{-1} de P_2O_5 em fundação (F0) e em fundação + fertirrigação (F1). Mossoró-RN, UFERSA, 2014-2015.	114
Figura 10. Acúmulos nos frutos de N (A), P (B), K (C), Ca (D), Mg (E) e S (F) pela melancia cv. Magnum em solo arenoso em função dos dias após a emergência (DAE) (—) e respectivas taxas de acúmulo diários (-----) obtidas por derivação das equações apresentadas. Mossoró-RN, UFERSA, 2014-2015.	116
Figura 11. Médias de acúmulo de P nos frutos da melancia cv. Magnum em solo arenoso para todo o período de avaliação (27, 34, 40 e 55 DAE) em função das formas de adubação F0 e F1. Mossoró-RN, UFERSA, 2014-2015. Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de tukey ($p < 0,05$).	117

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO II

Tabela 1 – Características do solo ¹ e da água de abastecimento. Upanema-RN, UFERSA, 2013.	27
Tabela 2 - Doses de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹) correspondentes às adubações em pré-plantio (F0) e em pré-plantio + cobertura (F1). Upanema-RN, UFERSA, 2013.....	28
Tabela 3. Distribuição semanal de N e K para todos os tratamentos e de P nos tratamentos que receberam fosfato por cobertura, a partir do transplântio da melancia cv. Magnum em solo calcário. Upanema-RN, UFERSA, 2013.....	29
Tabela 4. Distribuição percentual dos frutos da melancia cv. Magnum cultivada em solo calcário por classe de peso ¹ em relação às doses de P ₂ O ₅ dentro de cada forma de adubação (F0 e F1). Upanema-RN, UFERSA, 2013.....	35
Tabela 5- Produtividade comercial estimada, Receita bruta ¹ (RB), custo com o fertilizante fosfatado (CFF), custo total ² (CT), receita líquida (RL) e relação benefício/custo (RB/C) em função dos tratamentos aplicados na cultura da melancia em solo calcário. Upanema-RN, UFERSA, 2013.....	38

CAPÍTULO III

Tabela 1 - Características do solo e da água de abastecimento. Mossoró-RN, UFERSA, 2014.	47
Tabela 2– Doses de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹) correspondentes às formas de adubação em pré-plantio (F0) e em pré-plantio mais cobertura (F1) e aos tratamentos adicionais (Adc ₀ e Adc ₁₀₃). Mossoró-RN, UFERSA, 2014-2015.....	48
Tabela 3– Distribuição semanal de N, K, Ca e Mg para todos os tratamentos e de P nos tratamentos com fosfato na fertirrigação, a partir do plantio da melancia cv. ‘Magnum’ em solo arenoso. Mossoró-RN, UFERSA, 2014-2015.....	49
Tabela 4 - Firmeza de polpa ¹ (Newton) da melancia cv. Magnum sob influência de diferentes doses e de adubação fosfatada em pré-plantio (F0) e em pré-plantio + fertirrigação (F1). Mossoró-RN, UFERSA, 2014-2015.....	55
Tabela 5– Distribuição percentual dos frutos da melancia cv. Magnum por classe de peso ¹ em relação às doses de fósforo dentro de cada forma de adubação (F0 e F1) e para o tratamento adicional C ₁₀₃ . Mossoró-RN, UFERSA, 2014-2015.....	57
Tabela 6. Produtividade comercial estimada, Receita bruta (RB), custo com o fertilizante fosfatado (CFF), custo total (C), receita líquida (RL) e relação benefício/custo (B/C) em função dos tratamentos aplicados na cultura da melancia cv. Magnum em solo arenoso. Mossoró-RN, UFERSA, 2014-2015.....	58

CAPÍTULO IV

Tabela 1. Características do solo ¹ e da água de abastecimento. Upanema-RN, UFERSA, 2013.	67
---	----

Tabela 2. Doses de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹) correspondentes aos tratamentos com (F1) e sem fertirrigação fosfatada (F0). UPANEMA-RN, UFERSA, 2013.	67
Tabela 3. Distribuição semanal de N e K para todos os tratamentos e de P nos tratamentos que receberam fosfato por cobertura, a partir do transplântio da melancia cv. Magnum em solo calcário. Upanema-RN, UFERSA, 2013.	69
Tabela 4. Quadrados médios da análise de variância para a biomassa seca total e dos frutos (g planta ⁻¹) em função de doses e formas de aplicação de fosfato e do tempo em dias após a emergência (DAE) da melancia cv. Magnum em solo calcário. Upanema-RN, UFERSA, 2013.	70
Tabela 5. Quadrados médios da análise de variância para as concentrações totais de N, P, K, Ca, Mg e S (g kg ⁻¹) na parte aérea da melancia cv. Magnum em solo calcário em função de doses e formas de aplicação de fosfato e do tempo em dias após a emergência (DAE).	74
Tabela 6. Quadrados médios da análise de variância para acúmulos totais de N, P, K, Ca, Mg e S (g planta ⁻¹) em função de doses e formas de aplicação de fosfato e do tempo em dias após a emergência (DAE) da melancia cv. Magnum em solo calcário. UPANEMA-RN, UFERSA, 2013.	79
Tabela 7. Quadrados médios da análise de variância para acúmulos nos frutos de N, P, K, Ca, Mg e S (g planta ⁻¹) em função de doses e formas de aplicação de fosfato e do tempo em dias após a emergência (DAS) da cultivar Magnum. UPANEMA-RN, UFERSA, 2013.	88

CAPÍTULO V

Tabela 1. Resumo da análise de variância para o acúmulo de biomassa no caule, folha, fruto e total (g planta ⁻¹) pela melancia cv. Magnum em solo arenoso. Mossoró-RN, UFERSA, 2014-2015.	102
Tabela 2. Resumo da análise de variância para as concentrações totais de N, P, K, Ca, Mg e S (g planta ⁻¹) na melancia cv. Magnum em solo arenoso. Mossoró-RN, UFERSA, 2014-2015.	106
Tabela 3. Resumo da análise de variância para os acúmulos totais de N, P, K, Ca, Mg e S (g planta ⁻¹) pela melancia cv. Magnum em solo arenoso. Mossoró-RN, UFERSA, 2014-2015.	108
Tabela 4. Resumo da análise de variância para os acúmulos nos frutos de N, P, K, Ca, Mg e S (g planta ⁻¹) pela melancia cv. Magnum irrigada. Mossoró-RN, UFERSA, 2014-2015.	115

LISTA DE APÊNDICES

APÊNDICE A

Apêndice A 1 - Imagens dos experimentos realizados em solo calcário, Upanema-RN (2013) e em solo arenoso, Mossoró-RN (2014-2015).	125
---	-----

APÊNDICE B

Apêndice B 1 – Quadrados médios da análise de variância da produção total –PT (Mg ha ⁻¹) e comercial –PC (Mg ha ⁻¹), quantidade total –QT (frutos ha ⁻¹) e comercial de frutos–QC (frutos ha ⁻¹), pesos médios total –PMT (kg) e comercial –PMC (kg), sólidos solúveis –SS (° Brix) e firmeza da polpa – Fir (Newton) da melancia ‘Magnum’ em solo calcário sob efeito de doses e formas de adubação fosfatada. Upanema-RN, UFERSA, 2013.....	126
Apêndice B 2 – Resumo da análise de variância para os teores de P disponível (por Mehlich-1, em mg dm ⁻³) em solo calcário cultivado com melancia irrigada sob influência de diferentes doses e formas de adubação fosfatada. Upanema-RN, UFERSA, 2013.....	126
Apêndice B 3 – Resumo da análise de variância para os contrastes dos teores de P disponível (por Mehlich-1, em mg dm ⁻³) em solo calcário cultivado com melancia entre os tratamentos adicionais (Adc ₁ e Adc ₂) e os relativos às adubações F0 e F1 (76 a 397 kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅). Upanema-RN, UFERSA, 2013.....	127
Apêndice B 4 - Quadrados médios da análise de variância da produção total – PT (kg ha ⁻¹) e comercial – PC (kg ha ⁻¹), quantidade total – QT (frutos ha ⁻¹) e comercial de frutos – QC (frutos ha ⁻¹), pesos médios total – PMT (kg) e comercial – PMC (kg) da melancia ‘Magnum’ em solo arenoso. Mossoró-RN, UFERSA, 2014-2015.	127
Apêndice B 5 - Quadrados médios da análise de variância das características avaliadas: firmeza do fruto – Fir (Newton) e sólidos solúveis – SS (°Brix) da melancia ‘Magnum em solo arenoso. Mossoró-RN, UFERSA, 2014-2015.	127
Apêndice B 6 - Resumo da análise de variância para os teores de P disponível (por Mehlich-1, em mg dm ⁻³) em solo arenoso cultivado com melancia irrigada sob influência de diferentes doses e formas de adubação fosfatada. Mossoró-RN, UFERSA, 2014-2015.	128
Apêndice B 7 – Resumo da análise de variância para os contrastes dos teores de P disponível (por Mehlich-1, em mg dm ⁻³) em solo arenoso cultivado com melancia entre os tratamentos adicionais (Adc ₀ e Adc ₁₀₃) e os relativos às adubações F0 e F1 (34 a 206 kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅). Mossoró-RN, UFERSA, 2014-2015.	128

SUMÁRIO

RESUMO	ix
ABSTRACT	x
LISTA DE FIGURAS	xi
LISTA DE TABELAS	xiv
INTRODUÇÃO GERAL	1
CAPÍTULO I - REVISÃO DE LITERATURA	3
1. ASPECTOS GERAIS E ECOFISIOLÓGICOS SOBRE A CULTURA DA MELANCIA ...	3
2. DINÂMICA E DISPONIBILIDADE DE P NO SOLO	5
3. MANEJO EFICIENTE DA ADUBAÇÃO FOSFATADA	8
3.1 Sistemas de recomendação de adubação fosfatada	9
3.2 Base para avaliação da eficiência de uso de nutrientes	13
3.3 Produtividade e acúmulo de P pela melancieira	15
REFERÊNCIAS	17
CAPÍTULO II - PRODUÇÃO E QUALIDADE DA MELANCIA ‘MAGNUM’ SUBMETIDA AO MANEJO DE ADUBOS FOSFATADOS EM SOLO CALCÁRIO ...	24
1. INTRODUÇÃO	25
2 MATERIAL E MÉTODOS	26
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
3. 1. Produção	30
3.2. Sólidos solúveis e textura de polpa	36
3.3. Eficiência da adubação	37
4. CONCLUSÕES	40
REFERÊNCIAS	40
CAPÍTULO III - DOSES E FORMAS DE ADUBAÇÃO FOSFATADA SOBRE A PRODUÇÃO E QUALIDADE DA MELANCIA ‘MAGNUM’ EM SOLO ARENOSO .	45
1. INTRODUÇÃO	46
2. MATERIAL E MÉTODOS	47
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	50
3.1. Produtividade e qualidade dos frutos: Pré-plantio vs. Pré-plantio mais cobertura	50
3.2. Produtividade e qualidade de frutos: 103 kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅ por cobertura	56
3.3. Eficiência da adubação	57
4. CONCLUSÕES	60

REFERÊNCIAS	60
CAPÍTULO IV - MARCHA DE ABSORÇÃO DE NUTRIENTES DA MELANCIA 'MAGNUM' SUBMETIDA AO MANEJO DA ADUBAÇÃO FOSFATADA EM SOLO CALCÁRIO	64
1. INTRODUÇÃO.....	65
2. MATERIAL E MÉTODOS	66
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	69
3.1. Biomassa total e dos frutos.....	69
3.2. Concentrações de macronutrientes.....	73
3.3. Acúmulo total de macronutrientes	78
3.4. Acúmulo de nutrientes nos frutos	87
4. CONCLUSÕES	94
REFERÊNCIAS	94
CAPÍTULO V - MARCHA DE ABSORÇÃO DE MACRONUTRIENTES DA MELANCIA 'MAGNUM' SOB DOSES E FORMAS DE ADUBAÇÃO FOSFATADA EM SOLO ARENOSO	97
1. INTRODUÇÃO.....	98
2. MATERIAL E MÉTODOS	99
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	102
3.1. Biomassa	102
3.2. Concentrações totais de nutrientes.....	105
3.3. Acúmulo total de nutrientes.....	108
3.4. Acúmulo de nutrientes nos frutos	115
4. CONCLUSÕES	119
REFERÊNCIAS	119
CAPÍTULO VI - CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÕES	122
1. CONSIDERAÇÕES FINAIS	122
2. CONCLUSÕES	123
APÊNDICES	124

INTRODUÇÃO GERAL

As hortaliças de frutos são cultivadas em todas as regiões do Brasil. Os altos níveis de radiação e as condições de baixa umidade relativa do ar da região Nordeste são favoráveis ao crescimento, produtividade e qualidade dessas olerícolas. Dentre estas, encontram-se as plantas da família das Cucurbitáceas, com destaque para a melancia.

Essa cultura tem grande importância social e econômica para o estado do Rio Grande do Norte, particularmente para o pólo agrícola Mossoró-Assu, por constituir-se produto de exportação, gerando divisas para o estado, empregos diretos e indiretos, efetivando a permanência do produtor no campo. O melhor desempenho da melancieira pode ser obtido pela introdução ou adaptação de técnicas de cultivo já utilizadas na região, incluindo-se o manejo nutricional por ser um dos fatores que mais contribui direta e indiretamente sobre a produtividade e qualidade dos frutos.

O fósforo é um dos macronutrientes menos demandados pela cultura, porém geralmente é o que entra em maior quantidade nas adubações. Isso ocorre devido a disponibilidade frequentemente baixa e alta capacidade de adsorção de P dos solos tropicais.

Outra possível razão para isto é o efeito das práticas de adubação sobre a disponibilidade de P às plantas e desse modo existe uma demanda para o desenvolvimento de estudos locais no sentido de conhecer a capacidade de fornecimento de P pelo solo para subsidiar as recomendações.

No Brasil, boa parte dos trabalhos de pesquisa sobre manejo de P foram desenvolvidos em solos de clima tropical úmido, podendo não representar a realidade das condições semiáridas, que é marcada por uma grande diversidade de tipos de solos, demandando a adaptação de técnicas de manejo nutricional.

O conhecimento e adaptação de melhores práticas de adubação deverá contribuir para a disponibilização do P de forma racional e equilibrada, reduzindo o consumo de fertilizantes, que podem representar grande proporção dos custos de produção, além de reduzir os impactos ambientais oriundos da adubação mineral.

Atualmente, uma técnica de aplicação de fertilizantes bastante difundida, mesmo entre pequenos produtores é a fertirrigação, que consiste na aplicação de fertilizantes junto a água de irrigação. Esta técnica tem sido utilizada com sucesso para o nitrogênio (N) e o potássio (K), principalmente, porém a adubação fosfatada por este meio aumenta o contato do P com as

partículas do solo, contribuindo para a elevação de sua “fixação” pelo solo, podendo reduzir a eficiência dessa prática, principalmente em solos com alta capacidade tampão para P (CTP).

Por outro lado, a fertirrigação é de particular interesse, visto que os ajustes nas quantidades de fertilizantes aplicadas, de acordo com a marcha de absorção de nutrientes pela cultura pode ser facilmente realizado.

É possível que a combinação entre aplicações de P de forma localizada (para reduzir a adsorção pelo solo) e na fertirrigação (para fracionar as aplicações conforme a necessidade da cultura) atendam os princípios básicos para um manejo eficiente do nutriente largamente abordado na literatura: melhores fonte, dose, momento de aplicação e localização do fertilizante.

Dessa forma, são necessárias pesquisas no sentido de entender os processos envolvidos no sistema solo-planta-nutriente relacionados com a absorção e utilização de P pela cultura que possam servir de subsídio para a otimização da adubação fosfatada no semiárido.

Estas informações são de grande importância para o aumento das exportações dessa fruta tanto pelo incremento na produtividade quanto na qualidade dos frutos da melanciaira. Assim, o objetivo com este trabalho foi avaliar a produção e absorção de nutrientes pela melanciaira cv. Magnum em função do manejo da adubação fosfatada em ambiente semiárido.

CAPÍTULO I

REVISÃO DE LITERATURA

1. ASPECTOS GERAIS E ECOFISIOLÓGICOS SOBRE A CULTURA DA MELANCIA

A melancia (*Citrullus lanatus*) é originária das regiões secas da África tropical, tendo um centro de diversificação secundário no sul da Ásia (Almeida, 2003). Pertence à família das cucurbitáceas sendo uma planta herbácea de ciclo vegetativo anual, de hábito rastejante, com ramos angulosos, estriados, pubescentes, com gavinhas ramificadas e folhas profundamente lobadas (Rocha, 2010).

O sistema radicular é amplo, porém superficial, com um predomínio de raízes nos primeiros 60 cm do solo. As flores são isoladas, pequenas, de coloração amarela. Permanecem abertas durante menos de um dia e são polinizadas por insetos. A espécie é monoica. O fruto é um pepônio cujo peso pode atingir mais de 25 kg. A forma pode ser redonda, oblonga ou alongada, podendo atingir 60 cm de comprimento. (Almeida, 2003).

A melancieira é cultivada em quase todas as regiões do Brasil, existindo atualmente diversas variedades com diferentes características comerciais, bem como de adaptabilidade. As cultivares de formato globular ou globular-alongado, como as do tipo “Crimson”, são as preferidas pelo consumidor, sendo a mais disseminada no Brasil a cv. Crimson Sweet, embora outras cultivares e híbridos similares venham sendo introduzidos (Filgueiras, 2008; Silva et al., 2014a).

A cultura se desenvolve melhor em solos leves e com temperaturas médias entre 20 e 30° C e em condições de baixa umidade relativa (Carvalho et al., 2008). Temperaturas favoráveis, mas com pluviosidade excessiva podem comprometer a formação de frutos de boa qualidade (Filgueiras, 2008). Essas condições são frequentemente encontradas no semiárido Nordeste, principalmente na estação seca, o que aumenta a importância da irrigação para o suprimento da demanda desta cultura.

Estudo conduzido por Freitas et al. (1999) com a cv Crimson Sweet demonstrou maior sensibilidade ao déficit hídrico na floração, seguida pela fase de desenvolvimento dos frutos. O Kc (coeficiente da cultura) máximo recomendado pela FAO é em torno de 1,0 (Allen et al., 2006), porém, Kc de até 1,12 foi encontrado para a cv. Mickylee nas condições climáticas de Mossoró, RN (Figueirêdo et al., 2009).

A melancia está entre as diversas espécies de olerícolas exploradas no Brasil que vem se destacando na região do Nordeste, onde há condições de solo e clima favoráveis ao seu cultivo sob condições irrigadas (Souza, 2012).

Na região Nordeste existe uma grande diversidade de solos, sendo comum encontrar-se solos argilosos e rasos próximos a solos arenosos e profundos (Embrapa, 2014). No contexto da irrigação, são preferidos solos mais profundos, razão pela qual os perímetros irrigados do semiárido nordestino normalmente circunscrevem solos de origem sedimentar, como os da formação barreiras e da Chapada do Apodi.

Solos arenosos têm sido considerados de boa aptidão para irrigação, visto que o manejo da irrigação localizada e da fertirrigação são mais facilitados (Amaral, 2011).

Entre os solos com alta fertilidade natural na região semiárida nordestina, podem-se citar os Cambissolos (Embrapa, 2014), como os desenvolvidos de rochas calcárias da Chapada do Apodi. Porém, estes podem ser susceptíveis ao encharcamento (Embrapa, 2014), podendo prejudicar a cultura da melancia (Amaral, 2011).

A produtividade média da cultura da melancia no Brasil tem sido relativamente estável nos últimos anos (2011-2015), entre 21,98 e 23,51 Mg ha⁻¹, sendo que em 2015 a média foi de 22,09 Mg ha⁻¹. Em 2015 foram produzidos 2.119.559 Mg de melancia em uma área de 95.965 ha, sendo a região Nordeste responsável por 25,4% da produção e 27,8% da área colhida, em que os principais estados produtores são Bahia, seguida pelo Rio Grande do Norte. Juntos, as produções desses dois estados somaram mais de dois terços da produção total da região Nordeste em 2015, ou seja, 359.655 Mg, de um total 538.320 Mg (IBGE, 2016).

A produção apenas do estado do Rio Grande do Norte em 2015 foi de 114.673 t, da qual aproximadamente 42% foi oriunda de municípios no entorno de Mossoró e Assu, constituindo o Agropólo Mossoró-Assu, com uma produtividade média de 23,26 t ha⁻¹ (IBGE, 2016).

Porém, em condições de irrigação e com manejo nutricional adequado é comum considerar expectativas de produtividade da ordem de 40 a 50 Mg ha⁻¹ ou mais, dependendo do nível tecnológico, práticas culturais e eficiência no manejo dos insumos. Nos perímetros irrigados do semiárido nordestino, sob manejo ideal, a expectativa de produtividade por ciclo é de aproximadamente 60 t ha⁻¹ (Amaral, 2011),

Dessa forma, a introdução ou adaptação das técnicas já utilizadas pode contribuir para a obtenção de maiores produtividades e qualidade da produção, refletindo na eficiência econômica da atividade.

O manejo nutricional é um dos fatores que mais afetam a produtividade e a qualidade da cultura da melancia. Além disso, os fertilizantes podem chegar a representar grande proporção dos custos de produção e por isso devem ser utilizados de forma eficiente, o que permite também a redução dos riscos de contaminação ambiental no sistema de cultivo da melancia.

Nitrogênio (N) e o potássio (K) são os nutrientes mais exigidos pela melancia (Grangeiro & Cecílio Filho, 2004), no entanto, muitas vezes o fósforo (P) é o nutriente aplicado em maior quantidade nas adubações da cultura. Segundo Filgueira (2008), o P é o macronutriente que tem sido verificada maior resposta pela cultura tanto em produtividade como em tamanho do fruto.

De forma geral, a exigência de altas doses de adubação fosfatada pelas culturas, são um reflexo tanto da baixa disponibilidade, como à elevada capacidade de “fixação” do fósforo (P) dos solos de origem tropical (Raij, 2011; Raij, 2004).

2. DINÂMICA E DISPONIBILIDADE DE P NO SOLO

Em virtude das transformações que passa o P ao longo da pedogênese, este pode estar presente na forma de precipitados, associados ou adsorvidos a superfícies dos minerais secundários no solo. À medida que o solo se desenvolve, ocorrem mudanças na proporção de distribuição dessas frações de P, incluindo-se também a fração orgânica, que pode se tornar um reservatório importante em alguns solos (Rheinheimer et al., 2008).

Assim, a ciclagem do P, bem como sua disponibilidade depende tanto do resultado das reações físico-químicas como também dos processos biológicos que ocorrem no solo. Porém, à medida que os solos se tornam mais intemperizados, a possibilidade de um equilíbrio entre o P ciclado e os componentes minerais do solo é reduzida. Isso ocorre porque o solo torna-se drenado de P, competindo com a cultura pelo mesmo (Novais et al., 2007; Farias et al., 2009).

Essa redução da disponibilidade do P é frequentemente atribuída à sua “fixação” pelo solo devido aos processos de adsorção e precipitação que ocorrem neste. Esses processos ocorrem imediatamente após a aplicação do adubo fosfatado ao solo, sendo, de modo geral, parte do P adsorvida aos minerais secundários da fração argila e outra parte precipitada com Fe e Al na solução do solo (Farias et al., 2009).

Os óxidos de Fe e Al e argilas 1:1, como a caulinita são considerados as frações minerais mais ativas nas quais ocorrem os processos de adsorção de P (Moreira et al., 2006;

Raij, 2004), possivelmente um dos principais motivos para o baixo aproveitamento do P das adubações nos solos tropicais, com mineralogia predominantemente oxidada, em que a “fixação” de P pode corresponder entre 75% e 95% do total aplicado (Falcão e Silva, 2004).

A adsorção de P nesses solos sofre ainda o efeito da variação de pH, como explicado por Novais et al. (2007). A matéria orgânica também tem papel importante nesse processo, podendo diminuir ou aumentar a adsorção de P pelo solo (Moreira et al., 2006).

A formação de compostos de P tem relação com o tipo de solo, sendo também bastante influenciada pelo pH, o qual interfere nos processos de solubilização e precipitação. Em solos ácidos são mais comuns as combinações de Fe e Al, enquanto em solos neutros ou calcários ocorrem com mais frequência fosfatos de cálcio de ordem elevada e baixa solubilidade (Raij, 2011).

Melhor compreensão da dinâmica das formas de P no solo pode ser obtida por meio de estudos de fracionamento, haja vista que a divisão dessas formas é fundamentada justamente nos extratores utilizados para estimá-las (Santos et al., 2008). Todavia, as formas inorgânicas de P podem existir em estado mais ou menos disponível, dependendo do tipo e tempo de reação dos fosfatos. Assim, esse tipo de informação pode ser pouco útil na estimativa da disponibilidade de P no solo (Raij, 2011).

A importância de se estimar o P disponível no solo reside na relação de equilíbrio deste com a concentração do P na solução do solo, de onde é absorvido pelas plantas (geralmente, nas formas HPO_4^{2-} ou $\text{H}_2\text{PO}_4^{-1}$).

Este equilíbrio é mais evidente para o P lábil, isto é, com potencial para repor facilmente o P em solução. Porém, alguns compostos são mais estáveis, isto é, menos lábeis, cujo equilíbrio com a solução do solo é mais limitado ou até inexistente, caso em que o P é adsorvido ou precipitado em compostos insolúveis (P-não lábil) (Alvarez et al., 2000; Santos et al., 2008).

A formação do P não lábil está relacionada à energia de ligação, que cresce com o tempo de reação, tornando-se mais estável, tendo alta relação com a presença de óxidos de Fe e Al nos solos (Novais et al., 2007). Assim, o P lábil (fator quantidade) determina o potencial para reposição de P à solução, porém, a relação de equilíbrio deste com o P na solução (fator intensidade) é bastante variável entre solos, sendo que quanto maior a relação fator quantidade/fator intensidade, maior a capacidade tampão para P (CTP).

A relação fator quantidade/fator intensidade é obtida por isotermas de adsorção, sendo afetada pela dose de fósforo adicionado, pela textura do solo e mineralogia da fração argila (Sousa et al., 2010).

Para obtenção destas isotermas, as amostras de solo são colocadas em equilíbrio com soluções com diferentes concentrações de P, avaliando-se posteriormente o P “desaparecido” independentemente do processo envolvido, adsorção ou precipitação (Novais et al., 2007).

A estimativa da CTP pode ser de grande utilidade no contexto agrônômico, principalmente quando associada com o valor de P disponível para auxiliar o diagnóstico e recomendações de adubação. Porém, do ponto de vista prático, a avaliação da disponibilidade de P no solo requer métodos rápidos e de fácil execução, sem prejuízo da eficácia.

De acordo com Van Rotterdan et al. (2012), existe uma grande discrepância entre a estimativa do potencial de fornecimento de P pelo solo estimado nos laboratórios de rotina e o conhecimento científico atual. No Brasil, o método Mehlich-1 (HCl 0,05 N + H₂SO₄ 0,025 N) é o mais largamente utilizado nos laboratórios e para sua interpretação normalmente recomenda-se a utilização do valor do teor de argila, por sua relação com a CTP.

Todavia, nem sempre a textura reflete a CTP do solo, devido às diferenças mineralógicas da fração argila (Moreira et al., 2006). Por outro lado, a confecção de isotermas de adsorção tem pouca praticidade em laboratórios de rotina. Uma alternativa é a agitação de uma amostra de solo com uma só concentração de P e a determinação do P remanescente (P-rem) após um determinado tempo de contato, fornecendo uma boa estimativa da CTP do solo (Alvarez et al., 2000; Novais et al., 2007).

Outros extratores, assim como o Mehlich-1, foram propostos há décadas e ainda hoje são utilizados (Bray-1, Olsen, Mehlich-3, Resina de troca iônica, entre outros), não existindo um consenso sobre o mais indicado, embora se saiba que todos eles podem levar a uma sub ou superestimativa do P disponível, dependendo das características do solo e da adubação, bem como dos critérios utilizados para interpretação dos resultados.

Embora a extração com Resina seja considerada um método cuja eficiência é independente do tamponamento do solo (Simões et al., 2009), em trabalho de avaliação do P potencialmente disponível por meio de extrações sucessivas, Gatiboni et al. (2002) concluíram que nos tratamentos com maior disponibilidade de P, Mehlich-1 e 3 foram mais eficazes.

Apesar da importância da avaliação da disponibilidade de P, salienta-se que mesmo em solos adubados o P inicialmente disponível deverá com o tempo formar compostos menos

solúveis, de modo que a quantidade recuperada pelas plantas é dependente da dose, fonte, granulometria e forma de aplicação do fertilizante fosfatado (Sousa & Lobato, 2004).

O conhecimento de melhores práticas do manejo de solo e de adubação é de suma importância quando se trata de disponibilizar P de forma racional e equilibrada para o atendimento da necessidade desse nutriente essencial para as culturas.

3. MANEJO EFICIENTE DA ADUBAÇÃO FOSFATADA

O P é considerado um elemento essencial para o crescimento e desenvolvimento das plantas, cuja limitação no início do ciclo das culturas implica em reduções no desenvolvimento destas que podem não ser mais corrigidas ainda que seja aumentado o suprimento (Grant et al., 2001). É componente de vários compostos na planta, como açúcares-fosfato, ácidos nucleicos, nucleotídeos, coenzimas, fosfolipídios, ácido fítico, entre outros. Além disso, tem função em reações que envolvem armazenagem de energia, na forma de ATP (Taiz & Zeiger, 2013).

Por ser um elemento móvel dentro da planta, os sintomas de deficiência de P ocorrem inicialmente nos órgãos mais velhos das plantas, de forma geral. Vidigal et al. (2004) observaram em plantas de melancia folhas com coloração verde mais escuro, com limbo mais rígido, redução do crescimento das folhas e o aparecimento de manchas arroxeadas em folhas novas, evoluindo para necrose, como resultado da deficiência de P em ensaio conduzido em solução nutritiva.

O fósforo tem ação marcante no crescimento vegetativo, floração e frutificação, sendo um nutriente geralmente relacionado com o vigor da formação de mudas, produção de biomassa, formação de sementes, precocidade, produtividade e qualidade da colheita (Filgueira, 2008).

De forma geral, a adubação fosfatada é de baixa eficiência, mesmo em sistemas hortícolas. Granjeiro e Cecílio Filho (2004) observaram acúmulo na planta de aproximadamente 13,5 kg ha⁻¹ de P (31 kg ha⁻¹ de P₂O₅) para a melancieira híbrido Tide adubada com mais de 200 kg ha⁻¹ de P₂O₅. Esse contraste entre o P aplicado através da adubação e o extraído pela cultura pode ser visto também em outros trabalhos, como Almeida et al. (2012), Vidigal et al. (2009).

Sob condições favoráveis de desenvolvimento, a maioria das culturas recupera apenas entre 20 e 30% do P aplicado durante seu ciclo, embora parte considerável possa ser recuperada pelas culturas subseqüentes ao longo do tempo (Dobermann, 2007). Todavia, sob condições

limitantes de P, normalmente ocorre uma série de mudanças nas plantas no sentido de aumentar o potencial de aquisição de fosfato (Raghothama e Karthikeyan, 2005), refletindo na eficiência de recuperação do P.

Considerando a baixa disponibilidade e a alta capacidade de adsorção de P em muitos solos, particularmente os de origem tropical, estudos para a otimização da adubação fosfatada são fundamentais para obter máximos rendimentos das culturas com doses mínimas. Com isso, os riscos ambientais decorrentes de adubações excessivas (como a eutrofização de aquíferos) podem ser também minimizados.

A indústria de fertilizantes tem apoiado o aperfeiçoamento de práticas para o uso eficiente de fertilizantes em várias regiões do mundo. O conjunto dessas orientações é chamado de Manejo de Nutrientes 4Cs, correspondente aos quatro “certos” do manejo da adubação: fonte certa, dose certa, momento certo e local certo (Johnston e Bruulsema, 2014).

Assim, estudos locais são necessários a fim de que se adapte o manejo da adubação às necessidades da cultura e particularidades do solo, visando a maximização da eficiência de uso dos nutrientes.

3.1 Sistemas de recomendação de adubação fosfatada

Devido as características da dinâmica do P no solo, as recomendações de adubação fosfatada são normalmente idealizadas no sentido de reduzir a “fixação”, ou, de outra forma, aumentar o P disponível para a cultura. O teor e a capacidade de adsorção de P pelo solo normalmente são os principais parâmetros utilizados para subsidiar as recomendações de adubação fosfatada.

Além do conhecimento da capacidade de fornecimento de nutrientes pelo solo, Paula et al. (2011) sugerem que as recomendações de adubação devem estar embasadas no conhecimento da demanda de nutrientes pela cultura, eficiência de absorção, ajustando-se ainda as recomendações de adubação de acordo com a produtividade esperada e condições locais de plantio. Segundo Johnston e Bruulsema (2014), deve-se ainda estabelecer um equilíbrio entre as necessidades das culturas, condições ambientais e a situação econômica dos agricultores.

O esforço dos pesquisadores para geração de novas recomendações de adubação parece não ser suficiente para contemplar as diferentes necessidades de nutrientes e padrões de resposta à adubação das cultivares atuais de melancia, particularmente na região semiárida nordestina, que se distingue pela grande diversidade de solos e pelo uso de irrigação localizada com aplicação dos nutrientes via água de irrigação (fertirrigação).

Porém, recentemente, Paula et al. (2011), a partir de trabalhos encontrados na literatura, definiram um modelo para determinação das necessidades líquidas de nutrientes da melancia, incluindo o P, validando-o com dados obtidos de experimentos realizados no Agropólo Mossoró-Assu, RN.

De posse das necessidades líquidas do nutriente pela cultura, o próximo passo é calcular a quantidade a ser aplicada. Para isto, deve-se ter conhecimento da fração do nutriente aplicado que ficará disponível no solo para absorção pelas plantas. Em muitas recomendações, baseadas em parte na experiência dos técnicos, tem se admitido uma proporção 30%, equivalente a um fator de correção da adubação de 3,3.

Todavia, em determinadas condições, o aproveitamento do P pelas culturas pode ser muito menor, sendo comum observar valores da ordem de 10% do P aplicado para culturas anuais, informa Raij (2004).

A localização e a época de aplicação do fertilizante, ou seja, o manejo da adubação, pode resultar em maior ou menor aproveitamento do nutriente. Montag (1999) sugere fatores de correção diferentes conforme o modo de adubação, admitindo para o P valores entre 1,9 e 2,2 na adubação convencional e entre 1,6 e 1,9 na fertirrigação.

Enquanto Papadopoulos (2001) apresenta índices de eficiência mínima de 10% (irrigação por sulcos), chegando a um máximo de 35% (microirrigação), o que retornaria um fator de correção de no mínimo 2,9. Estes índices também são generalistas, pois não consideram as características de adsorção de P dos solos, como também, as diferenças entre espécies e cultivares quanto a eficiência de absorção de P.

Além disso, as características dos produtos formados pela reação de combinação entre o fertilizante e o solo podem influenciar a resposta das culturas ao P aplicado (Prochnow et al., 2004). Segundo Johnston e Bruuselma (2014), a escolha da fonte deve considerar a compatibilidade com as características do solo bem como a necessidade da cultura, visando o equilíbrio entre os vários nutrientes no solo, que é um dos principais desafios para melhorar a eficiência do uso de nutrientes aplicados.

Dependendo das características do solo, incluindo o pH, alguns fertilizantes são geralmente preferidos. As características de solubilidade das fontes de P são também de grande importância, visto que uma maior solubilidade pode favorecer a absorção e o aproveitamento do nutriente pela planta por estar prontamente disponível.

Por outro lado, este P estará mais susceptível à precipitação pelos componentes do solo, podendo ter sua disponibilidade reduzida, principalmente em solos mais argilosos. Nestes,

as diferenças entre as fontes de P utilizadas podem se tornar menos perceptíveis devido ao efeito da capacidade de “fixação” do P pelo solo (Bedin et al., 2003).

Dessa forma, o modo de aplicação do adubo fosfatado pode ser decisivo para aumentar a disponibilização de P às plantas, bem como o efeito residual da adubação. Devido as características gerais dos solos tropicais já comentadas, as recomendações de adubação fosfatada são normalmente restritas aos métodos convencionais (adubação de fundação ou de pré-plantio), de forma localizada, no intuito de reduzir o contato do P com o solo e, conseqüentemente a adsorção.

Novais et al. (2007) discorre sobre a possibilidade de utilização de fosfatos de maior granulação, para reduzir o tempo de contato com o solo, sugerindo até mesmo o parcelamento do P, tal como se faz com o N.

De fato, alguns trabalhos indicam que em algumas situações o parcelamento de parte da dose total do P pode ser vantajoso. Segundo Ekelöf et al. (2014), solos com reduzida capacidade de adsorção e baixo teor de P são provavelmente mais adequados para aplicações parceladas.

O parcelamento do P pode ser uma forma de reduzir a quantidade fixada pelo solo, possibilitando maiores produtividades com uma mesma dose (Aquino et al., 2011). Todavia, ao avaliar o parcelamento do fertilizante fosfatado no algodoeiro, não observaram aumento da eficiência da adubação.

Em outro trabalho, Aquino et al. (2012), ao avaliar a aplicação parcelada de doses de P na forma de superfosfato triplo, observaram que a aplicação da menor proporção de P na semeadura (40%) reduziu a produtividade do algodão em caroço. Já Faria & Pereira (1993) observaram que o parcelamento do P proporcionou maior produtividade que a dose única, em tomateiro rasteiro.

Diante de revisão sobre os ganhos econômicos e em eficiência resultantes do método de aplicação de fertilizantes, Souza (2012) ressaltou que a fertirrigação pode aperfeiçoar o sistema de produção da melancia, possibilitando maior eficiência de uso dos nutrientes pelas plantas que se reflete em maior retorno econômico para a atividade.

Porém, a utilização desta técnica de forma empírica tem causado prejuízos, o que tem desestimulado o seu uso por parte de alguns agricultores (Villas Bôas et al., 2001). Uma formação adequada para realizar com segurança e eficiência o manejo da fertirrigação é uma das limitações dessa prática quando comparada com as técnicas convencionais (Frizzone et al., 2012).

Para o sucesso da fertirrigação, deve-se observar principalmente a uniformidade e eficiência de distribuição, conhecer as características da água de irrigação e das misturas dos fertilizantes a serem aplicados, a fim de evitar precipitações e, ou incompatibilidades, além de ter cuidado com a limpeza do sistema para evitar corrosão, entre outras recomendações.

Outra observação importante é o fato de que a fertirrigação é mais eficiente quando a acidez e os teores dos nutrientes dos solos são previamente corrigidos para valores mais adequados para a cultura (Paula et al., 2011).

Para a cultura da melancia, na literatura são encontrados com maior frequência trabalhos que avaliam doses de N e K por fertirrigação, todavia, em trabalho recente Souza (2012) avaliou doses de fosfato em cultivares de melancia em um Cambissolo háplico de textura média, tendo verificado maiores rendimentos com doses próximas de 220 kg ha⁻¹ de P₂O₅, em que 130 kg ha⁻¹ de P₂O₅, foram aplicados em pré-plantio e o restante na fertirrigação.

Em experimento com diferentes fontes de P na cultura do melão, Brito et al. (2000) verificaram maior produtividade comercial com a utilização do ácido fosfórico, aplicado via água aos 42 dias, sendo diferente apenas do tratamento com superfosfato simples aplicado em fundação e do MAP aplicado na água de irrigação até 30 dias após a germinação.

Maior produtividade do tomateiro para processamento foi obtida quando 55% do P foi aplicado via gotejamento parcelado em dez aplicações semanais, tendo sido reduzida quando o P foi aplicado todo em pré-plantio (superfosfato simples) ou via fertirrigação (ácido fosfórico) (Silva et al., 2003).

Com o objetivo de estabelecer a proporção ótima de fosfato na fertirrigação por gotejamento em tomateiro, Marouelli et al. (2015) explicaram que a aplicação de 50% do P em pré-plantio elevou a disponibilidade inicial desse elemento, promovendo o crescimento inicial das plantas, enquanto que a fração de P aplicada na fertirrigação contribuiu para a manutenção de alta disponibilidade de P no solo até a época da colheita.

Objetivando determinar o efeito da frequência de aplicação de P via fertirrigação por gotejamento na cultura do mamoeiro, Souza et al. (2005) indicaram que os tratamentos com MAP foram superiores ao com adubação convencional, utilizando superfosfato simples, para todas as características de crescimento, bem como produtividade avaliadas (sete a dozes meses do ciclo).

Ao comparar doses de hidróxido de potássio e ácido fosfórico via fertirrigação com a adubação convencional, Deus et al. (2011) destacaram o tratamento com dose completa de P e K na fertirrigação na melhoria das características agrônômicas e comerciais de alface.

Salienta-se, porém, que um sistema de manejo de adubação eficiente deve promover um aproveitamento eficiente do nutriente aplicado ao longo dos ciclos. Nesse aspecto, espera-se maior efeito residual do P em aplicações localizadas (Anghinoni et al., 2004).

Marouelli et al. (2015) constataram teor médio final de P no solo ligeiramente superior no tratamento com 100% do P em pré-plantio em comparação ao tratamento com metade da dose de P parcelada na fertirrigação devido a maior eficiência deste em fornecer P ao tomateiro.

Deve-se considerar que decisões sobre fonte, dose, época e local de aplicação devem estar interligados e, portanto, o enfoque apenas na redução das doses ao longo de um ciclo de cultivo é incapaz de alcançar as metas gerais para uma maior sustentabilidade (Mikkelsen, 2011).

Para compensar o efeito de uma menor solubilidade do fertilizante fosfatado no solo, Hopkins et al. (2010) recomendam o aumento da dose de adubação em pré-plantio e que a fertirrigação com P deve ser limitada apenas a situações em que haja necessidade de complementação, quando detectada a carência nutricional.

Esta pode ser detectada por meio de avaliações nutricionais, como a diagnose foliar, que corresponde a concentração do nutriente por unidade de biomassa seca, que em geral reduz-se com a idade do órgão devido ao crescimento (efeito de diluição) (Fageria, 2009).

É importante salientar que a diagnose nutricional, qualquer que seja o sistema adotado, diz respeito ao estado nutricional da cultura, não fornecendo dessa maneira, informações seguras sobre as alterações nas adubações adotadas (Wadt, 2009). Além disso, pode não haver tempo para que se façam as intervenções técnicas sem comprometimento da produção, principalmente para culturas de ciclo curto.

Dessa forma, um bom manejo nutricional deve antever as necessidades da cultura, devendo considerar as diferenças na absorção e uso de nutrientes entre as cultivares, bem como os processos envolvidos que podem influenciar na eficiência da adubação. Para avaliar a eficiência do manejo nutricional são adotados índices de eficiência de uso de nutrientes (EUN). Estes variam em conceito, e, ou modos de cálculo, porém, de forma geral, expressam de diferentes maneiras a relação entre a produção obtida por unidade de nutriente aplicado (Fageria, 1998).

3.2 Base para avaliação da eficiência de uso de nutrientes

A EUN deve ser vista como um indicador do desempenho do sistema agrícola. Porém, Fixen (2010) mostrou que existem casos em que alguns índices de EUN são inapropriados, particularmente quando dissociados da produtividade.

As pesquisas devem incluir a mensuração de vários índices para entender os fatores que governam a absorção do nutriente e a eficiência da adubação, comparando os resultados em diferentes ambientes e testando diferentes estratégias de manejo (Dobermann, 2007).

Informações sobre os conceitos gerais e modos de cálculo de alguns destes índices podem ser encontrados em Fageria (1998), Dobermann (2007), Fageria, (2009), Syers et al. (2008), entre outros trabalhos.

No caso da eficiência de recuperação (ER) existe um certo questionamento quanto ao modo de cálculo de sua estimativa indireta. O método usualmente empregado é o da diferença, também chamado de eficiência de recuperação aparente (ERa), que é estimada a partir da diferença entre a quantidade do nutriente absorvido pela planta adubada e não adubada e dividindo-se resultado desta operação pela quantidade do nutriente aplicado.

Este método pode levar a subestimativa da ER, particularmente no caso do P, devido ao seu efeito residual (Syers et al., 2008). Aparentemente, isto ocorre porque a absorção de P na planta na parcela não adubada ocorre às custas do exaurimento das reservas do solo. Assim, os autores sugerem que uma boa estimativa da ER do P do fertilizante poderia ser obtida pelo método do balanço (ERb), cuja estimativa é baseada na relação entre a absorção total e o total aplicado.

Já para Chien et al. (2012) o uso do ERb pode levar a superestimativas. Os autores argumentam que percentagem de recuperação do P do fertilizante é diferente de mensuração do P absorvido pela cultura que é reabastecido pelo fertilizante, em referência ao trabalho de Syers et al. (2008). Todavia, Chien et al. (2012) reconhecem que o ERb é adequada para a determinação do equilíbrio das reservas de P no solo devido a aplicação de fertilizantes.

Tanto para a interpretação de um indicador específico como para a recomendação de um conjunto equilibrado de indicadores de desempenho, para qualquer sistema, é preciso considerar o conjunto de práticas validadas por pesquisa para o melhor desempenho do sistema agrícola, chamado de Boas Práticas de Manejo (BPMs) (Fixen, 2010).

Bruuselma et al. (2009) descrevem uma nova abordagem para as BPMs, utilizando o conceito 4Cs (fonte, quantidade, tempo e local certos de aplicação dos nutrientes). Os autores explicam que para avaliação do desempenho dessas práticas podem ser considerados o incremento em produtividade, qualidade e lucro resultante da aplicação do fertilizante,

estendendo-se no longo prazo a efeitos nos níveis de fertilidade do solo e nas perdas de nutrientes para a água e ar, entre outros.

A avaliação do suprimento de nutrientes no médio e longo prazo é utilizada para entender a ciclagem dos nutrientes, que é estimada pelo balanço de massa, sendo útil em estudos para avaliação de boas práticas de manejo de adubação (BPMAs) e seus respectivos impactos no solo e no ambiente (Dobermann, 2007).

Os níveis de fertilidade do solo, matéria orgânica e outros indicadores de qualidade do solo estão entre os índices elencados por Bruulsema et al. (2009) para avaliação do desempenho das BPMAs. Dobermann et al. (1996), a partir de resultados de experimentos de adubação em sistemas intensivos de arroz irrigado concluíram que para produtividades mais altas e sustentáveis requer-se o conhecimento local do balanço de P no longo prazo e da capacidade de suprimento do solo.

Riscos de lixiviação também podem ser monitorados e evitados, considerando como dose máxima aquela a partir da qual ocorre aumento acelerado dos níveis de P em solução. Porém, isto normalmente ocorre bem acima do nível crítico, em condições de uso ineficiente do P (Bai et al., 2013). Além disso, estudos tem mostrado que os níveis de ortofosfato dissolvido nas águas superficiais representa muito pouco do movimento do P em sistemas agrícolas, estando associado principalmente aos sedimentos argilosos que são transportados pela erosão (Ongley, 2001).

Ao sumarizar resultados de experimentos com diferentes fontes de fertilizantes fosfatados, Chien et al. (2011) mostraram que é possível maximizar a produtividade e simultaneamente minimizar os riscos de impactos ambientais.

3.3 Produtividade esperada e acúmulo de P pela melanciaira

A produtividade depende de inúmeros fatores, incluindo a disponibilidade do solo, o manejo da adubação e o potencial genético da cultivar utilizada, que podem ter um impacto relevante sobre a responsividade da cultura às doses aplicadas, particularmente de P.

Em trabalho recente desenvolvido em um Cambissolo Háptico de textura média e com 11,6 mg dm⁻³ de P disponível (Mehlich-1), Silva et al. (2014b) indicaram produtividade comercial ótima na dose de 220 kg ha⁻¹ de P₂O₅ para a melanciaira cv. Olímpia (39,5 Mg ha⁻¹), em que 60% do fosfato foi aplicado em fundação e o restante na fertirrigação.

Enquanto Gonçalves et al. (2016), ao avaliar as cultivares Olímpia e Top Gun em um Argissolo vermelho-amarelo de textura arenosa e com $6,4 \text{ mg dm}^{-3}$ de P disponível (Mehlich-1) mostrou produtividade máxima comercial de $74,39 \text{ Mg ha}^{-1}$ a partir de uma dose estimada pelo modelo linear-platô de apenas $49,4 \text{ kg ha}^{-1}$ de P_2O_5 aplicado no sulco.

Em trabalho desenvolvido no nordeste da Flórida com a cv. Royal Jubilee Hochmuthl et al. (1993) verificaram produtividades comerciais máximas observadas de $44,5$ e $73,5 \text{ Mg ha}^{-1}$ com uma dose de 229 kg ha^{-1} de P_2O_5 em solos em solos da série dos Ultissols com 6 e 10 mg kg^{-1} de P disponível (Mehlich-1), respectivamente. Porém, o padrão de resposta foi similar nos dois locais, apresentando ponto de máximo com uma dose de 172 kg ha^{-1} de P_2O_5 , estimada pela regressão quadrática e um nível crítico de aproximadamente 60 kg ha^{-1} de P_2O_5 , estimado pelo modelo linear-platô.

Em face da diversidade de resposta da cultura a adubação fosfatada nas diferentes condições apresentadas, bem como das eventuais imprecisões dos modelos teóricos utilizados para estimá-la, é essencial que se conheça o balanço do nutriente no sistema, associando produtividade esperada com potencial de extração do nutriente, permitindo ajustes mais consistentes na adubação.

A partir de trabalhos de acúmulo de nutrientes pela melanciaira, Paula et al. (2011) elaboraram e testaram a eficiência de modelos que relacionam quantidades acumuladas de nutrientes na planta com a sua produtividade. Para uma expectativa de produtividade de 60 Mg ha^{-1} e uma densidade entre 5.000 e 10.000 plantas ha^{-1} , o modelo proposto estima um acúmulo total de $5,39$ a $7,93 \text{ kg ha}^{-1}$ de P.

Considerando um fator de correção de $3,3$, estima-se uma necessidade de adubação entre 40 e 60 kg ha^{-1} de P_2O_5 para as condições dadas acima. Porém, em solos com baixa disponibilidade e elevada capacidade de “fixação” de P as doses podem ser bem superiores.

Por outro lado, à medida que o P se acumula no sistema pelo efeito residual das adubações, de uma forma geral, ocorre um aumento dos teores disponíveis na análise de solo, reduzindo a necessidade de adubação das culturas, que em alguns casos pode se limitar basicamente à reposição do exportado nas colheitas (Resende et al., 2016).

Porém, vários outros fatores, além da densidade de plantio e da produtividade, podem influenciar o acúmulo de nutrientes, dificultando as estimativas.

Em um Cambissolo de origem calcária, Silva et al. (2012 cap 4) verificaram um acúmulo de P de $1,58 \text{ g planta}^{-1}$ para a cv. Olímpia, equivalente a $8,12 \text{ kg ha}^{-1}$ (5.144 plantas ha^{-1}). Enquanto que Vidigal et al. (2009) constataram $3,62 \text{ g planta}^{-1}$ de P, ou $18,1 \text{ kg ha}^{-1}$ (5.000

plantas ha⁻¹), em trabalho com a cv. Crimson Sweet. Essas diferenças podem não ser devidas tão-somente às diferenças de produtividade, mas também à partição da biomassa, a qual é também resultado da interação genótipo-ambiente, interferindo na velocidade de desenvolvimento da planta e nas relações fonte-dreno.

Além disso, o impacto do manejo da adubação fosfatada sobre a disponibilização de P no solo e, conseqüentemente, para a cultura, deve influenciar no seu acúmulo pela planta. Nesse aspecto, pode-se especular que a distribuição do P por cobertura (via fertirrigação) ao longo do ciclo da cultura deve favorecer a absorção de P pelas plantas, uma vez que é esperado um declínio das concentrações na solução do solo por efeito da adubação fosfatada em pré-plantio (Mohammad et al., 2004).

REFERÊNCIAS

ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, J. Evapotranspiration del cultivo: guias para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Roma: FAO, 2006. 298 p. (Estudio Riego e Drenaje Paper, 56).

ALMEIDA, D. P. F. **Melancia**. Portugal: Faculdade de Ciências, Universidade do Porto. 2003.
ALMEIDA, E. I. B.; CORRÊA, M. C. M; NÓBREGA, G. N.; PINHEIRO, E. A. R.; LIMA, F. Crescimento e marcha de absorção de macronutrientes para a cultivar de melancia Crimson Sweet. **Revista Agro@ambiente On-line**, v. 6, n. 3, p. 205-214, 2012.

ALVAREZ V.; V.H.; NOVAIS, R.F.; DIAS, L.E. & OLIVEIRA, J.A. Determinação e uso do fósforo remanescente. **Boletim informativo da sociedade brasileira de ciência do solo**, 25:27-32, 2000.

AMARAL, F.C.S (Ed.). **Sistema Brasileiro de Classificação de Terras para Irrigação: Enfoque na Região Semi-Árida**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 164p.

ANGHINONI, I., T. YAMADA & S.R.S ABDALLA. Fatores que interferem na eficiência da adubação fosfatada. **Fósforo na agricultura brasileira. Piracicaba, Potafos**, 2004, p. 537-558.

AQUINO, L. A.; BERGER, P. G.; OLIVEIRA, R. A.; NEVES, J. C. L.; LIMA, T. C. & BATISTA, C. H. Parcelamento do fertilizante fosfatado no algodoeiro em sistema de cultivo irrigado e de sequeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.5, p.463-470, 2011.

AQUINO, L. A.; BERGER, P. G.; NEVES, J. C. L.; LIMA, T. C. & AQUINO, R. F. A. Parcelamento de fósforo em algodoeiro irrigado. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 42, n. 1, p. 1-8, jan./mar. 2012.

- BAI, Z.; LI, H.; YANG, X. et al. The critical soil P levels for crop yield, soil fertility and environmental safety in different soil types. **Plant Soil**, 372:27– 37, 2013.
- BEDIN, I., FURTINI NETO, A. E., RESENDE, A. V., FAQUIN, V., TOKURA, A. M., & SANTOS, J. Z. L. Fertilizantes fosfatados e produção da soja em solos com diferentes capacidades tampão de fosfato. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 4, p. 639-646, 2003.
- BRITO, L. T. L.; SOARES, J. M.; FARIA, C. M. B. & COSTA, N. D. Fontes de fósforo aplicadas na cultura do melão via água de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.4, n.1, p.19-22, 2000.
- BRUSELMA, T.; LEMUNYON, J.; HERZ, B.; Know your fertilizer rights. **Crop and Soils**, Madison, v. 42, p.13-18, 2009.
- CARVALHO, L. C. C.; BEZERRA, F. M. L.; CARVALHO, M. A. R. Evapotranspiração e coeficientes de cultivo da melancia sem sementes. **Revista Ciência Agronômica**, v. 39, n. 1, p. 53-59, 2008.
- CHIEN, S. H.; PORCHNOW, L. I.; TU, S.; SNYDER, C. S. Agronomic and environmental aspects of phosphate fertilizers varying in source and solubility: an update review. **Nutrient cycling agroecosystems**, 89, p. 229-255, 2011.
- CHIEN, S. H.; SIKORA, F. J.; GILKES, R. J.; McLAUGHLIN, M. J. Comparing of the difference and balance methods to calculate percent recovery of fertilizer phosphorus applied to soils: a critical discussion. **Nutrient cycling agroecosystems**, 92, p. 1-8, 2012.
- DEUS, A. C. F.; COSTA, C. D. O.; FORATTO, L. C.; FERNANDES, D. M.; CARRIBEIRO, L. S. Alface americana fertirrigada com diferentes doses de ácido fosfórico e hidróxido de potássio. **Irriga**, Botucatu, v. 16, n. 2, p. 125-133, 2011.
- DOBERMANN, A., CASSMAN, K. G., CRUZ, P. S., ADVIENTO, M. A. A., & PAMPOLINO, M. F. Fertilizer inputs, nutrient balance and soil nutrient supplying power in intensive, irrigated rice system. III. Phosphorus. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 46, n. 2, p. 111-125, 1996.
- DOBERMANN, A. Nutrient use efficiency – measurement and management. In: Workshop on Fertilizer Best Management Practices – General principles, strategy for their adoption and voluntary initiatives vs. regulations, 2007, Brussels, Belgium. **Proceedings...** France: International Fertilizer Industry Association, 2007. p. 1-28.
- EKELÖF, J. E., LUNDELL, J., ASP, H., & JENSEN, E. S. Recovery of phosphorus fertilizer in potato as affected by application strategy and soil type. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, v. 177, n. 3, p. 369-377, 2014.
- EMBRAPA. Embrapa Solos UEP. 2014. **Solos do nordeste**. Disponível em <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/114582/1/FOLDER-SOLOS-DO-NE-versao-final.pdf>>. Acesso em 15 fev. 2017.

FAGERIA, N. K. Otimização da eficiência nutricional na produção das culturas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 2, n. 1, p. 6-16, 1998.

FAGERIA, N. K. **The use of nutrientes in crop plants**. Boca Raton: CRC Press, 2009, 430p.

FALCÃO, N. P. S.; SILVA, J. R. A. Características de adsorção de fósforo em alguns solos da Amazônia Central. **Acta Amazônica**, v. 34, n. 3, 2004.

FARIA, M. B.; PEREIRA, J. R. Movimento de fósforo no solo e seu modo de aplicação no tomateiro rasteiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 28. n.12, p.1363-1370, 1993.

FARIAS, D. R. D.; OLIVEIRA, F. H. T.; SANTOS, D.; ARRUDA, J. A., HOFFMANN, R. B.; & NOVAIS, R. F. Fósforo em solos representativos do estado da Paraíba. I-Isotermas de adsorção e medidas do fator capacidade de fósforo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 3, p. 623-632, 2009.

FIGUEIRÊDO, V. B.; MEDEIROS, J. F. DE; ZOCOLER, J. L.; ESPÍNOLA SOBRINHO, J. Evapotranspiração da cultura da melancia irrigada com água de diferentes salinidades. **Engenharia Agrícola**, v.29, p.231-240, 2009.

FILGUEIRA, F.A.R. **Novo Manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3 ed.Viçosa: UFV, 2008, 421p.

FIXEN, P. E. The four rights within a global fertilizer best management practices framework. In: PROCHNOW LI; CASARIN V; STIPP SR (eds.). **Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute. 2010, p. 1-22.

FREITAS, A. A.; BEZERRA, F. M. L.; FONTENELE, F. C. B. Determinação da evapotranspiração máxima e real e do fator de sensibilidade ao déficit hídrico da melancia em Canindé, CE. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 3, n. 3, p. 298-303, 1999.

FRIZZONE, J. A.; FREITAS, P. S. L.; REZENDE, R.; FARIA, M. A. **Microirrigação: Gotejamento e Microaspersão**. 1. ed. Maringá: Eduem - Editora da Universidade Estadual de Maringá, v. 1. 356 p, 2012.

GATIBONI, L. C.; KAMINSKI, J.; RHEINHEIMER, D. S.; & SAGGIN, A. Quantificação do fósforo disponível por extrações sucessivas com diferentes extratores em Latossolo Vermelho distroférico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, p. 1023-1029, 2002.

GONÇALVES, F. C.; SOUSA, V. D. F. L.; NOVO JUNIOR, J.; GRANGEIRO, L. C.; MEDEIROS, J. F., CECÍLIO FILHO, A. B., & MARROCOS, S. D. T. P. Productivity and quality of watermelon as function of phosphorus doses and variety. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 44, p. 4461-4469, 2016.

GRANGEIRO, L.C. & CECÍLIO FILHO, A.B. Acúmulo e exportação de macronutrientes pelo híbrido de melancia Tide. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, n.1, p.93-97, 2004.

GRANT, C. A.; PLATEN, D. N.; TOMAZIEWICZ, D. J.; SHEPPARD, S. C. A importância do fósforo no desenvolvimento inicial da planta. **Informações Agronômicas, Piracicaba**, n. 95, 2001.

HOPKINS, B. G.; ELLSWORTH, J. W.; SHIFFLER, A. K.; BOWEN, T. R.; COOK, A. G. Pre-plant versus in-season application of phosphorus fertilizer for Russet Burbank potato grown in calcareous soil. **Journal of plant nutrition**, v. 33, n. 7, p. 1026-1039, 2010.

HOCHMUTH, G. J.; HANLON, E. A.; & CORNELL, J. Watermelon Phosphorus Requirements in Soils with Low Mehlich-I-Extractable Phosphorus. **Hortscience**, 28 (6): 630-632, 1993.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Agrícola Municipal, 2015**. Rio de Janeiro: IBGE, 2016. Disponível em <www.sidra.ibge.gov.br>, acesso em 20 de dez. 2016.

JOHNSTON, A. M.; BRUULSEMA, T. W. 4R Nutrient stewardship for improved nutrient use efficiency. **Procedia Engineering**, v. 83, p. 365-370, 2014.

MAROUELLI, W. A., GUIMARAES, T. G., BRAGA, M. B., & DE CARVALHO, W. L. Frações ótimas da adubação com fósforo no pré-plantio e na fertirrigação por gotejamento de tomateiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 50, n. 10, p. 949-957, 2015.

MIKKELSEN, R. L. The “4R” nutrient stewardship framework for horticulture. **HortTechnology**, v. 21, n. 6, p.658-662, 2011.

MOHAMMAD, M. J.; HAMMOURI, A.; FERDOWS, A. Phosphorus fertigation and preplant conventional soil application of drip irrigated summer squash. **Journal of Agronomy**, 3 (3): 162-169, 2004.

MONTAG, U. Fertigation in Israel. In: **IFA Agricultural Conference on Managing Plant Nutrition**. 1999.

MOREIRA, F. L. M.; MOTA, F. O. B.; CLEMENTE, C. A.; AZEVEDO, B. M.; BOMFIM, G. V. Adsorção de fósforo em solos do estado do Ceará. **Revista Ciência Agronômica**, v. 37, n.1, p. 7-12, 2006.

NOVAIS, R.F.; SMYTH, T.J. & NUNES, F.N. **Fósforo**. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B. & NEVES, J.C.L., eds. Fertilidade do solo. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. v.1. p.471-550.

ONGLEY, E. D. **Controle da poluição da água pelas atividades agrícolas**. Campina Grande: UFPB, 2001. 92p. FAO. Irrigação e Drenagem, 55.

PAPADOPOULOS, I. Tendências da Fertirrigação: Processo de transição da fertilização convencional para a fertirrigação. In: FOLEGATTI, M.V.; CASARINE, E.; BLANCO, F.; BRASIL, R. P. C.; RESENDE, R. S. (coord.). **Fertirrigação: Flores, Frutas e Hortalças**. Guaíba: Agropecuária, 2001, p. 9-70.

- PAULA, J.A.A.; MEDEIROS, J.F.; MIRANDA, N.O.; OLIVEIRA, F.A.; LIMA, C.J.G.S. Metodologia para determinação das necessidades nutricionais de melão e melancia. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, p. 911-916, 2011.
- PROCHNOW, L. I.; ALCARDE, J. C.; CHIEN, S. H. Eficiência agrônômica dos fosfatos totalmente acidulados. **Fósforo na agricultura brasileira. Piracicaba, Potafos**, p. 605-651, 2004.
- RAGHOTHAMA, K. G. & KARTHIKEYAN, A. S. Phosphate acquisition. **Plant and Soil**, 274, p. 37-49, 2005.
- RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. Piracicaba, Brazil: International Plant Nutrition Institute, 2011, p. 157-171.
- RAIJ, B. V. **Fósforo no solo e interação com outros elementos**. In: YAMADA, T. & ABDALLA, S.R.S. **Fósforo na agricultura brasileira**. Piracicaba, Potafos, 2004, p.107-115.
- RESENDE, A. V.; FONTOURA, S. M. V.; BORGHI, E.; SANTOS, F. C.; KAPPES, C.; MOREIRA, S. G.; OLIVEIRA JÚNIOR, A. O.; BORIN, A. L. D. C. Solos de fertilidade construída: características, funcionamento e manejo. **Informações agrônômicas**, nº 156, 2016, p.1-19.
- RHEINHEIMER, D.; CASSOL, P. C.; KAMINSKI, J.; ANGNINONI, I. **Fósforo orgânico do solo**. In: SANTOS, G. A.; CAMARGO, F. A. O. (Ed.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Genesis, 2008. p. 101-111.
- ROCHA, R. M. **Sistemas de cultivo para a cultura da melancia**. 2010. Tese (Mestrado em Ciência do solo), Universidade Federal de Santa Maria (UFSM – RS), Santa Maria, 2010.
- SANTOS, D.R.; GATIBONI, L.C. & KAMINSKI, J. Fatores que afetam a disponibilidade do fósforo e o manejo da adubação fosfatada em solos sob sistema plantio direto. **Ciência Rural**, 38:576-586, 2008.
- SILVA, M. V. T.; CHAVES, S. W. P.; MEDEIROS, J. F.; SOUZA, M. S.; SANTOS, A. P. F.; OLIVEIRA, F. L. Acúmulo e exportação de macronutrientes em melancieiras fertirrigadas sob ótimas condições de adubação nitrogenada e fosfatada. **CSA – Agropecuária Científica no Semi-Árido**, v. 98, n. 4, p. 55-59, 2012.
- SILVA, H. R.; SILVA, W. L. C.; MAROUELLI, W. A.; CARRIJO, O. A. Estratégia de aplicação de fósforo via gotejamento em tomateiro. In: WORKSHOP [DE] TOMATE NA UNICAMP, 2003, Campinas. **Anais...** Campinas: UNICAMP, 2003. CD-ROM.
- SILVA, M. V. T.; NOGUEIRA, F. P.; OLIVEIRA, F. L.; CHAVES, S. W. P.; MEDEIROS, J. F. Teores de macronutrientes em melancias fertirrigadas com diferentes doses de nitrogênio e potássio. **Revista Verde**, Pombal-PB, v. 9, n. 1, p.279-286, 2014a.
- SILVA, M. V. T.; SANTOS, A. P. F. OLIVEIRA, F. L.; SOUSA, M. S. & MEDEIROS, J. F. Eficiência agrônômica e fisiológica na melancia fertirrigada com diferentes doses de nitrogênio e fósforo. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, 9(2), p. 264-269, 2014b.

SIMÕES NETO, D. E.; OLIVEIRA, A. C.; FREIRE, F. J.; FREIRE, B. G. S.; NASCIMENTO, C. W. A.; & ROCHA, A. T. Extração de fósforo em solos cultivados com cana-de-açúcar e suas relações com a capacidade tampão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, n. 6, p. 840-848, 2009.

SOUSA, D.M.G. & LOBATO, E. **Adubação fosfatada em solos da região do Cerrado**. In: YAMADA, T. & ABDALLA, S.R.S. Fósforo na agricultura brasileira. Piracicaba, Potafos, 2004. p.157-200.

SOUSA, D. M. G.; REIN, T. A.; GOEDERT, W. J.; LOBATO, E.; NUNES, R. S. Fósforo. In: PROCHNOW, L. I.; CASARIN, V. & STIPP, S. R (eds). Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes: nutrientes. Piracicaba: IPNI, 2010, p. 67-132.

SOUZA, E. D. A.; COELHO, E. F.; PAZ, V. P. D. S. & FILHO, M. A. C. Crescimento e produtividade do mamoeiro fertirrigado com fósforo por gotejamento superficial e subsuperficial. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 27, n. 3, p. 495-499, 2005.

SOUZA, M. S. **Nitrogênio e fósforo aplicados via fertirrigação em melancia híbridos Olímpia e Leopard**. Mossoró - RN, 2012, Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA), 282p. (Tese de doutorado).

SYERS, J., JOHNSTON, A. & CURTIN, D. **Efficiency of soil and fertilizer phosphorus use**. Rome: Food and Agriculture Organization of United Nations, 2008, 108 p.

TAIZ, L.; EDUARDO, Z. **Fisiologia vegetal**. Porte Alegre: Artmed, 2013.

VAN ROTTERDAM, A. M. D.; BUSSINK, D. W.; TEMMINGHOFF, E. J. M. & VAN RIEMSDIJK, W. H. Predicting the potential of soils to supply phosphorus by integrating soil chemical processes and standard soil tests. **Geoderma**, v. 189, p. 617-626, 2012.

VIDIGAL, S.M.; SANTOS, C.; PEREIRA, P. R. G.; PACHEGO, D.D.; FACION, C. E. **Composição mineral e sintomas de deficiência de macronutrientes em melancia cultivada em solução nutritiva**. Viçosa, MG. 2004. Disponível em: <http://www.abhorticultura.com.br/biblioteca/arquivos/Download/Biblioteca/45_0515.pdf>. Acesso em: 20 jan. 2016.

VIDIGAL, S. M.; PACHECO, D. D.; COSTA, E. L.; FACION, C. E. Crescimento e acúmulo de macro e micronutrientes pela melancia em solo arenoso. **Revista Ceres**, 56(1): 112-118, 2009.

VILLAS BÔAS, R.L.; ANTUNES, C.L.; BOARETTO, A.E.; SOUSA, V.F. de; DUENHAS, L.H. Perfil da pesquisa e emprego da fertirrigação no Brasil. In: FOLEGATTI, M.V.; CASARINI, E.; BLANCO, F.F.; BRASIL, R.P.C. do; RESENDE, R.S. (Coords.) **Fertirrigação: flores, frutas e hortaliças**. Guaíba: Agropecuária, 2001. v. 2, cap. 3, p. 71-103.

WADT, P. G. S. Análise foliar como ferramenta para recomendação de adubação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 32, 2009, Fortaleza. **Anais...**Fortaleza, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2009. 50p. (CD-Rom).

CAPÍTULO II

PRODUÇÃO E QUALIDADE DA MELANCIA ‘MAGNUM’ SUBMETIDA AO MANEJO DE ADUBOS FOSFATADOS EM SOLO CALCÁRIO

RESUMO: Objetivou-se com este trabalho avaliar a eficiência de doses e de formas de adubação fosfatada sobre a cultura da melancia (*Citrullus lanatus*, Schrad), cv. Magnum. O experimento foi realizado em Upanema, RN, em um solo de origem calcária, em delineamento experimental de blocos casualizados com quatro repetições. Foram avaliadas quatro doses de fósforo (76, 168, 275 e 397 kg ha⁻¹ de P₂O₅) aplicadas em pré-plantio e em pré-plantio mais cobertura, sendo a dose em pré-plantio aplicada na forma de superfosfato triplo e a dose em cobertura aplicada via fertirrigação na forma de fosfato monoamônico (50 kg ha⁻¹ P₂O₅). Foram aplicados ainda dois tratamentos adicionais (sem aplicação de fósforo e aplicando somente em cobertura por fertirrigação). O peso médio total dos frutos foi influenciado significativamente somente pelas doses dentro da adubação F0, tendo maiores incrementos entre as doses de 0 e 76 kg ha⁻¹ de P₂O₅. Maiores produtividades, qualidade dos frutos e retorno econômico foram obtidas na maior dose de P₂O₅ com o manejo da adubação fosfatada em pré-plantio + fertirrigação (F1), porém a adubação em pré-plantio (F0) foi mais eficiente nas doses intermediárias. Com a dose de 50 kg ha⁻¹ de P₂O₅ em cobertura, a produtividade comercial foi equivalente a 72% da máxima obtida com a adubação convencional em pré-plantio (F0₂₆₄).

PALAVRAS-CHAVE: *Citrullus lanatus*, fertirrigação, fosfato

PRODUCTION AND QUALITY OF WATERMELON 'MAGNUM' SUBMITTED TO PHOSPHATE FERTILIZER MANAGEMENT IN CALCAREOUS SOIL

ABSTRACT: The objective of this study was to evaluate the efficiency of phosphate fertilization doses and forms on watermelon crop (*Citrullus lanatus*, Schrad), cv. Magnum. The experiment was conducted in Upanema, RN, in a calcareous soil in a randomized complete block with four replications. We evaluated four phosphorus doses (76, 168, 275 and 397 kg ha⁻¹ of P₂O₅) applied in pre-planting and in pre-planting more coverage. The dose applied in pre-planting was a triple superphosphate form, while the coverage dose was applied as monoammonium phosphate via fertigation (50 kg ha⁻¹ P₂O₅). Two additional treatments were applied (without phosphorus application and applying only through fertigation).

The total average weight of the fruits was significantly influenced only by the doses within the fertilization F0, having greater increases between the doses of 0 and 76 kg ha⁻¹ of P₂O₅. Higher yields, fruit quality and economic return were obtained in the highest P₂O₅ dose with the management of phosphate fertilization in pre-planting + fertirrigation (F1), but pre-planting fertilization (F0) was more efficient at intermediate doses. The yield of 50 kg ha⁻¹ of P₂O₅ under cover, commercial productivity was equivalent to 72% of the maximum obtained with conventional fertilization in pre-planting (F0₂₆₄).

KEYWORDS: *Citrullus lanatus*, fertirrigation, phosphate

1. INTRODUÇÃO

A cultura da melancia tem grande importância social e econômica em muitas áreas irrigadas da região Nordeste do Brasil. Para o melhor desempenho da cultura na região tem sido introduzidas ou adaptadas técnicas de cultivo, incluindo o manejo nutricional.

O nitrogênio (N) e o potássio (K) são os nutrientes mais exigidos pela melancieira e devem ser aplicados na quantidade adequada e na época correta para melhores resultados (Grangeiro & Cecílio Filho, 2004). No entanto, verifica-se nas adubações que o fósforo (P), por sua vez, entra em maior quantidade devido a sua baixa disponibilidade e elevada capacidade de adsorção de P na maioria dos solos das regiões tropicais (Costa et al., 2011).

Nas áreas irrigadas do semiárido Nordestino, há uma diversidade de tipos de solo originalmente pobres em P que são utilizados para o cultivo da melancia, incluindo-se os de origem calcária. Nesses solos, o P lábil pode ser adsorvido na superfície das argilas, do CaCO₃, ou de óxidos de Fe e Al (Wang & Chu, 2015), podendo ainda ser precipitado com Ca e Mg (Hopkins et al., 2010).

Devido a essas características, o P é um nutriente frequentemente limitante nesses solos, de modo que geralmente as culturas são responsivas à adubação fosfatada (Mohammad et al., 2004). Além da definição de doses ótimas de adubação, devem-se considerar ainda as fontes, épocas de aplicação e localização dos fertilizantes mais adequados para o solo considerado (Chien et al., 2011).

A adubação fosfatada em pré-plantio e localizada é considerada a forma mais eficiente de manejo, porém a fertirrigação pode se tornar vantajosa uma vez que culturas sob irrigação localizada tem um volume radicular restrito, demandando uma frequente reposição do P na zona radicular (Mohammad et al., 2004).

Em sistemas agrícolas modernos, é comum a aplicação de nutrientes via água de irrigação (fertirrigação), especialmente em condições áridas e semiáridas, em que se utilizam dispositivos de irrigação localizada (Silber et al., 2003). Todavia, essa prática tem se adiantado à pesquisa, particularmente quanto a utilização de P.

Em trabalho com a cultura da batata em solo calcário, Hopkins et al. (2010) afirmam que a eficiência da aplicação de P via fertirrigação é baixa quando se consideram parâmetros importantes de produtividade e qualidade do produto colhido, devendo ser utilizada apenas em situações específicas que requerem a sua suplementação.

A aplicação de fosfatos totalmente acidulados, como o superfosfato simples, superfosfato triplo e fosfatos de amônio, de forma parcelada pode ou não ser vantajosa, todavia, no caso de doses baixas a recomendação geral é a aplicação de forma localizada (Prochnow et al., 2004).

Já Marouelli et al. (2015), em estudo com tomateiro de crescimento determinado concluíram que a aplicação de todo o P em pré-plantio ou na fertirrigação não foi a estratégia mais adequada para a cultura, sugerindo então a combinação destas técnicas, particularmente em solos com baixa disponibilidade inicial do nutriente.

A combinação de formas de adubação pode ser interessante, visto que a fração de P localizada tem a vantagem de prover altos níveis iniciais de P na solução do solo, enquanto que o contínuo fornecimento de P através da fertirrigação pode aumentar a absorção de P pela manutenção dos teores de P na solução do solo até a época da colheita (Mohammad et al., 2004; Marouelli et al., 2015).

Assim, o objetivo com este trabalho foi avaliar a produção e qualidade da melancia cv. Magnum irrigada submetida ao manejo de adubos fosfatados em solo de origem calcária com baixa disponibilidade de P.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no período de setembro a novembro de 2013 na fazenda Roçado Grande, município de Upanema, região do Agropólo Mossoró-Assu, Estado do Rio Grande do Norte, localizada nas coordenadas 5°35'04" S e 37°12'08" W, altitude de 122 m. A precipitação registrada no local foi inferior a 5 mm. Durante o período experimental, a temperatura média diária do ar variou entre 26,9 e 28,2°C e a umidade relativa média foi de 65% (dados da estação automática de Mossoró A318 - INMET).

O solo da área experimental é um Cambissolo formado sobre o Calcário Jandaíra, sem histórico de cultivo, sendo obtido uma amostra composta camada de 0-20 cm para a sua caracterização física e química. As características do solo bem como da água de abastecimento são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Características do solo¹ e da água de abastecimento. Upanema-RN, UFERSA, 2013.

Solo										
Argila	Silte	Areia	pH _(H2O)	M.O.	P	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Al ³⁺	H+Al
-----g kg ⁻¹ -----				g kg ⁻¹	mg	-----mmolc dm ⁻³ -----				
228	87	685	7,4	23,86	4	48,4	21,1	5,6	0,0	14,9
B	Cu		Fe		Mn		Zn		Pr	
-----mg kg ⁻¹ -----										
0,21	0,8		0,7		17,9		7,0		24	
Água										
C.E.	pH	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻	RAS	
dSm ⁻¹		-----mmolc L ⁻¹ -----							(mmolc L ⁻¹) ^{0,5}	
0,47	7,8	2,25	0,89	0,44	2,16	1,31	4,0	0,16	1,72	

¹As determinações químicas no solo seguiram roteiro preconizado por Silva (2009). M.O. = matéria orgânica. pH em água (1: 2,5). Extratores químicos: Mehlich-1 for P, K and Na; KCl 1N para Ca, Mg and Al; Acetato de cálcio a pH 7,0 para H+Al; solução DTPA (pH=7,3) para Cu, Fe, Mn e Zn e B disponível foi extraído com HCl (0.05M), na razão solo/extrator de 1:2. Pr representa o P remanescente obtido após uma hora de agitação em solução de CaCl₂ 0,01 M, com 60 mg L⁻¹ of P, na razão solo/solução de 1:10, deixando-se descansar por 16 h. A fração argila foi obtida pelo método da pipeta; silte pela diferença de massa entre a amostra total e a areia por tamisação.

O experimento foi conduzido em delineamento experimental de blocos ao acaso, no esquema fatorial aninhado (5x 2), com quatro repetições. Os tratamentos consistiram na combinação de quatro doses de P (76, 168, 275 e 397 kg ha⁻¹ de P₂O₅) aplicadas em pré-plantio na forma de superfosfato triplo - SFT (41% P₂O₅) e em pré-plantio mais cobertura. A dose de P em cobertura foi aplicada via fertirrigação na forma de fosfatomonoamônico - MAP (60% P₂O₅), equivalente a 50 kg P₂O₅ ha⁻¹.

Foram aplicados ainda dois tratamentos adicionais (Adc): a dose zero e a dose de 50 kg ha⁻¹ de P₂O₅ aplicada somente em cobertura por fertirrigação, totalizando 10 (dez) tratamentos (Tabela 2).

O solo foi previamente preparado por meio de aração e gradagem, sendo levantados os camalhões com 0,30 m de altura por 0,60 m de largura. A área das parcelas experimentais era de 27,36 m² (14,4 m x 1,9 m) sendo a parcela útil de 13,68 m² (7,2 m x 1,9 m), contendo um total de oito plantas, dispostas no espaçamento de 0,90 x 1,9 m.

Tabela 2 - Doses de P₂O₅ (kg ha⁻¹) correspondentes às adubações em pré-plantio (F0) e em pré-plantio + cobertura (F1). Upanema-RN, UFERSA, 2013.

Pré-plantio	Cobertura	Total	Pré-plantio	Cobertura	Total
-----F0-----			-----F1-----		
0	-	0	0	50	50
76	-	76	26	50	76
168	-	168	118	50	168
275	-	275	225	50	275
397	-	397	347	50	397

A cultivar utilizada no experimento foi a ‘Magnum’, cujos frutos tem formato oblongo, com casca escura e listras claras, tendo boa tolerância a queimaduras de sol e resistência ao transporte.

As mudas foram produzidas em bandejas de poliestireno expandido com 200 células preenchidas com substrato agrícola comercial Plantimax e fibra de coco. Quando as mudas apresentaram duas folhas definitivas transplantou-se para a área aos sete dias após a emergência (DAE) ou doze dias após a semeadura (DAS), em 28 de setembro de 2013.

O sistema de irrigação adotado foi o gotejamento, com emissores espaçados de 0,30 m, sendo realizadas irrigações diárias. O sistema de irrigação foi avaliado por três vezes durante o cultivo, de acordo com Merriam e Keller (1978), tendo vazão média e coeficientes de uniformidade de emissão de 1,20 L h⁻¹ e 93,2 %, respectivamente. O manejo da irrigação foi realizado pelo monitoramento da umidade do solo com auxílio de tensiômetros, de modo a manter o solo com potencial matricial superior a -30 kPa.

Outras práticas culturais, como capinas, pulverizações, penteamento e raleio de frutos foram realizadas conforme a necessidade. Para assegurar a polinização da cultura, foram instaladas colmeias próximo a área experimental.

A adubação fosfatada em pré-plantio foi aplicada manualmente em covas a cada 0,30 m e ao lado de cada emissor. Junto ao fertilizante fosfatado foram aplicados ainda 100 kg ha⁻¹ do fertilizante Barimicro (FTE BR12), contendo 1,8 % de B; 0,8 % de Cu; 2,0 % de Mn; 9,0 % de Zn; e 4,0 % de S.

As aplicações em cobertura foram feitas por meio de fertirrigação através de dois tanques de derivação conectados em redes separadas de irrigação, sendo uma correspondente aos tratamentos com adubação fosfatada somente em pré-plantio; e na outra, os com adubação fosfatada em pré-plantio mais cobertura.

N e K foram aplicados via fertirrigação de modo a atender as necessidades da planta, que foram estimadas com base em modelos desenvolvidos por Paula et al. (2011). Foram

aplicados 140 e 100 kg ha⁻¹ de N e K₂O, respectivamente, que foram distribuídas a partir da semana seguinte ao transplântio, conforme Tabela 3. Aplicaram-se ainda 7,6 kg ha⁻¹ de CaO entre a 3^a e a 4^a semana após o transplântio. As fontes utilizadas foram: uréia, sulfato de amônio, cloreto de potássio, nitrato de potássio e nitrato de cálcio.

Tabela 3. Distribuição semanal de N e K para todos os tratamentos e de P nos tratamentos que receberam fosfato por cobertura, a partir do transplântio da melancia cv. Magnum em solo calcário. Upanema-RN, UFERSA, 2013.

Nutrientes	Até a 3 ^a	4 ^a	5 ^a	6 ^a	7 ^a	8 ^a	9 ^a
	-----%						
N	15	7	10	18	23	22	5
P	10	15	20	20	20	15	0
K	5	10	10	15	25	25	10

A colheita foi realizada no dia 26 de novembro de 2013, correspondendo a 65 dias após a emergência (DAE) ou 59 dias após o transplântio (DAT), época em que a gavinha apresentou-se seca e foi observada a mudança de coloração de branco para amarelo-claro da parte dos frutos apoiada no solo (formação de cama). Em cada parcela, os frutos foram coletados, contados e pesados, sendo separados em refugo (frutos pequenos – menor que 6 kg, rachados, manchados, malformados, podres, queimado do sol e atacados por animais, pragas ou doenças) e comerciáveis. Foram avaliados o número de frutos, os pesos médios e as produtividades totais e comerciais.

Dos frutos comerciáveis foram retirados dois para análise do teor de sólidos solúveis (SS) a partir do suco da polpa – utilizando-se um refratômetro digital modelo PR-100 Palette (Attago Co. Ltd., Japan) com correção automática de temperatura e leitura na faixa de 0 a 32°Brix; e da firmeza da polpa, procedendo-se três leituras na região equatorial da polpa – com o auxílio de um penetrômetro da marca McCormick, modelo FT 327 analógico (ponteira de 12 mm de diâmetro).

Os dados foram submetidos a análise de variância, pelo teste F, a 5 % de significância, sendo posteriormente aplicada análise de regressão polinomial, utilizando-se o programa computacional SAEG 9.0 (Sistema de Análise Estatística da UFV) (SAEG, 2007).

A escolha dos modelos de regressão baseou-se na significância do modelo pela análise pelo teste F ($p < 0,05$), dos coeficientes das equações (teste t, com $p < 0,10$) e no valor do

coeficiente de determinação (R^2). $^{\circ}$, * e ** indicam significância a 10, 5 e 1 % de probabilidade, respectivamente.

A partir dos dados de produtividade comercial estimada foram avaliadas as eficiências agrônômica (EA) e econômica (EE) das adubações. A EA foi calculada pela relação entre a variação na produtividade na dose i e na dose zero ($Y_i - Y_0$) pela dose de P_2O_5 aplicada e a avaliação da EE foi feita comparando-se os custos e receitas para cada adubação.

O preço de venda dos frutos considerado foi o menor entre os preços mais comuns de atacado (R\$ 0,37/kg) em todas as Ceasas por unidade da Federação (CONAB, 2014).

Os custos para todos os tratamentos foram variáveis de acordo com os quantitativos dos adubos fosfatados, MAP (R\$ 7,03 kg^{-1} de P_2O_5) e Superfosfato triplo -SFT (R\$ 4,63 kg^{-1} de P_2O_5). Os demais custos foram estimados utilizando-se os coeficientes técnicos para a cultura da melancia elencados por Dias et al. (2010) - atualizados para agosto de 2013 (1 US\$ = 2,24 R\$).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3. 1. Produção

De modo geral, verificou-se efeito positivo para as características de produção em resposta às doses de P_2O_5 , porém na adubação F0 ocorre um ponto de inversão, que pode ser causado por inúmeros fatores, incluindo toxicidade (Marschner, 2012).

Os máximos de produtividade total (PT) para as adubações F0 e F1 foram de 57,45 e 59,98 $Mg\ ha^{-1}$ nas adubações F0 e F1 com doses de 264 e 397 $kg\ ha^{-1}$ de P_2O_5 , respectivamente (Figura 1).

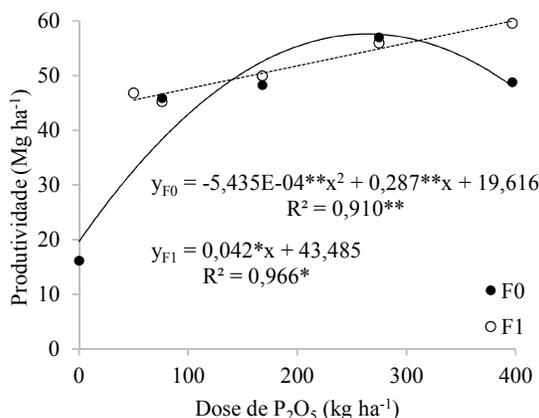


Figura 1. Produtividade total (PT) da melancia cv. Magnum sob influência de doses de fosfato aplicadas em pré-plantio (F0) e em pré-plantio + cobertura (F1). Upanema-RN, UFERSA, 2013.

Na adubação F0, a partir da dose de 191 kg ha⁻¹ de P₂O₅, obtém-se uma produtividade equivalente a 54,58 Mg ha⁻¹ (95% da máxima). Esta mesma produtividade foi obtida com 267 kg ha⁻¹ de P₂O₅ em F1, correspondendo a aproximadamente 91% da produtividade máxima deste (Figura 1).

As maiores produtividades em F1 para doses menores que 142 kg ha⁻¹ devem-se em parte a reposição do P na solução do solo através das fertirrigações, permitindo a absorção pela planta antes que este fosse adsorvido pelo solo (Silber et al., 2003; Mohammad et al., 2004).

Isso ocorre porque embora a difusão seja considerada o principal mecanismo de deslocamento de P no solo (Anghinoni et al., 2004), o fluxo de massa pode ser significativo sob condições de fertirrigação localizada com alta frequência (Silber et al., 2003; Laurindo et al., 2010; Azevedo et al., 2016).

Por outro lado, quando o P é aplicado na forma fluida, torna-se mais susceptível de ser adsorvido, visto que entra em contato com um maior volume de solo, podendo ser reduzida a sua disponibilidade (Korndörfer & Melo, 2009).

De todo modo, a alta demanda de fosfato para obtenção de altas produtividades revela a baixa eficiência da adubação fosfatada, já que as extrações pela cultura são relativamente baixas (Almeida et al., 2012; Vidigal et al., 2009). Grangeiro & Cecílio Filho (2004) observaram acúmulo em torno de 13,5 kg ha⁻¹ de P ou 31 kg ha⁻¹ de P₂O₅ para o Híbrido Tide adubado com mais de 200 kg ha⁻¹ de P₂O₅.

Leão et al. (2008) apontaram que a falta de P foi um dos fatores que limitaram a produtividade da cv. Crimson Sweet, ao avaliar doses de NPK e de adubo orgânico. Já Freitas Júnior et al. (2008) relataram que o híbrido Congo cultivado em Neossolo Quartzarênico não respondeu às doses crescentes até 360 kg ha⁻¹ de P₂O₅ na forma de SFT. Parte dessa diversidade de resposta ao P pela cultura encontrada na literatura deve-se a diferenças de disponibilidade de P no solo e às características intrínsecas das cultivares utilizadas.

A produtividade comercial (PC) na dose de 50 kg ha⁻¹ de P₂O₅ em cobertura (39,67 Mg ha⁻¹) foi equivalente a obtida com 110 kg ha⁻¹ de P₂O₅ com a adubação convencional em pré-plantio - F0₁₁₀ (Figura 2). Isto representa uma economia de aproximadamente 31% nos custos com fertilizantes fosfatados (R\$ 157,80 ha⁻¹), considerando os preços por kg de P₂O₅ em agosto de 2013 (1 US\$ = 2,24) para SFT (R\$ 4,63) e MAP (R\$ 7,03).

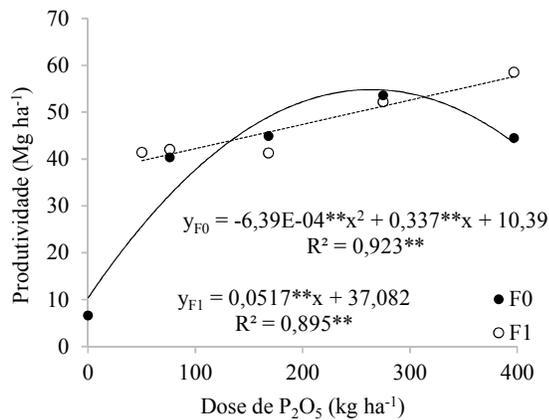


Figura 2. Produtividade comercial (PC) da melancia cv. Magnum sob influência de doses de P₂O₅ aplicadas em pré-plantio (F0) e em pré-plantio + cobertura (F1). Upanema-RN, UFERSA, 2013.

Maior massa fresca total de plantas foi verificado em trabalho com a cultura da alface, quando se aplicaram as doses recomendadas de P e K em adubação de plantio + fertirrigação em comparação com a adubação de plantio (Deus et al., 2011).

Porém, o aumento da dose P₂O₅ na adubação F1 implica em redução da proporção aplicada por cobertura, reduzindo o efeito desta.

Marouelli et al. (2015) verificaram redução da produtividade e massa média dos frutos tomateiro para frações de P na fertirrigação maiores ou menores que 50% da dose total de P₂O₅ (600 kg ha⁻¹) em Latossolo vermelho argiloso com 7,5 mg dm⁻³ de P (Mehlich-1).

Em trabalho recente desenvolvido em um Cambissolo Háplico de textura média com 11,6 mg dm⁻³ de P (Mehlich-1), Silva et al. (2014) encontraram produtividade comercial ótima na dose de 220 kg ha⁻¹ de P₂O₅ para a melancia cv. Olímpia (39,5 Mg ha⁻¹), em que 60% do fosfato foi aplicado em fundação e o restante na fertirrigação.

Já Gonçalves et al. (2016), ao avaliar as cultivares Olímpia e Top Gun em um Argissolo vermelho-amarelo de textura arenosa e com 6,4 mg dm⁻³ de P disponível (Mehlich-1) observou produtividade máxima comercial de 74,39 Mg ha⁻¹ a partir de uma dose estimada pelo modelo linear-platô de apenas 49,4 kg ha⁻¹ de P₂O₅ aplicado no sulco.

Em trabalho com solos da série dos Ultissols, Hochmuthl et al. (1993) observaram produtividades máximas maiores em solo com teor de P-Melich-1 de 10 mg dm⁻³ (73,5 Mg ha⁻¹) em relação ao que continha 6 mg dm⁻³. Porém, o padrão de resposta foi similar nos dois locais, com ponto de máximo na dose de 172 kg ha⁻¹ de P₂O₅, estimada pela regressão

quadrática e um nível crítico de aproximadamente 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅ estimado pelo modelo linear-platô.

Diante do exposto, verifica-se que diversos fatores podem afetar a resposta da melancieira a adubação fosfatada e a tomada de decisão sobre a dose ótima, podendo-se citar ainda práticas culturais, tendo em vista o seu impacto na produtividade (Dantas et al., 2013) bem como na necessidade de fertilizante fosfatado (Geleta et al., 2006; Hochmulth et al., 1993).

O peso médio total dos frutos (PMT) é influenciado significativamente pelas doses de P₂O₅ apenas na adubação F0 (Figura 3).

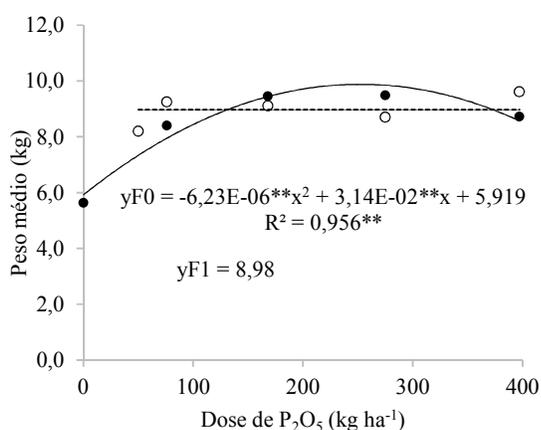


Figura 3. Peso médio total dos frutos (PMT) da melancia cv. Magnum sob influência de doses de fosfato aplicadas em pré-plantio (F0) e em pré-plantio + cobertura (F1). Upanema-RN, UFERSA, 2013.

Faria et al. (1994) verificaram influência positiva da adubação fosfatada sobre o peso médio dos frutos do meloeiro em dois ciclos sucessivos da cultura. Em trabalho realizado em solo de origem calcária, Costa et al. (2011) verificaram efeito do fosfato sobre a produtividade do melão, apresentando maior peso médio de frutos com doses próximas a 400 kg ha⁻¹ de P₂O₅.

O maior PMT foi obtido com a dose de 252 kg ha⁻¹ de P₂O₅ na adubação F0. Porém, ocorrem maiores incrementos entre as menores doses, variando entre 5,91 e 7,94 kg com 0 e 76 kg ha⁻¹ de P₂O₅, respectivamente. Já na adubação F1, o PMT é de 8,98 kg, em média (Figura 3).

A quantidade total de frutos teve crescimento linear na adubação F0, com máximo de 6.161 frutos ha⁻¹ (1,05 frutos planta⁻¹), enquanto que na adubação F1, a média foi de 5.799 frutos ha⁻¹ (0,99 frutos planta⁻¹) (Figura 4).

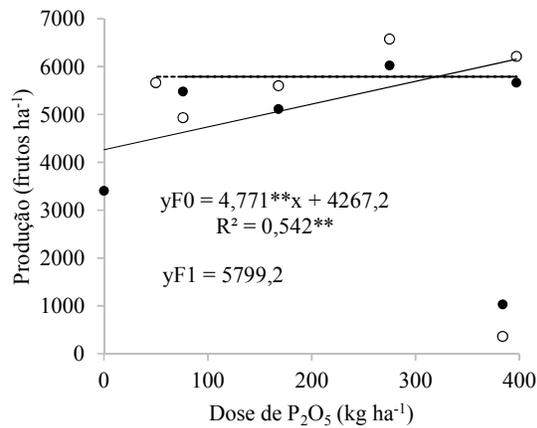


Figura 4. Quantidade de frutos comerciáveis (QC) da melancia cv. Magnum sob influência de doses de fosfato aplicadas em pré-plantio (F0) e em pré-plantio + cobertura (F1). Upanema-RN, UFERSA, 2013.

Quanto ao peso médio dos frutos comerciáveis (PMC), verificou-se que na adubação F1 foi em média de 9,95 kg, sendo equivalente à dose de 283 kg ha⁻¹ de P₂O₅ da adubação F0 (Figura 5).

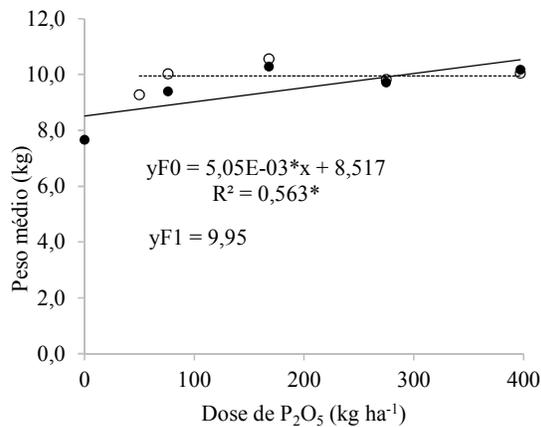


Figura 5. Peso médio dos frutos comerciáveis (PMC) da melancia cv. Magnum sob influência de doses de fosfato aplicadas em pré-plantio (F0) e em pré-plantio + cobertura (F1). Upanema-RN, UFERSA, 2013.

Como a diferença entre doses na adubação F1 para o PMC não foi significativa, a variação na produtividade comercial nesta pode ser atribuída principalmente a variação na quantidade de frutos comerciáveis (QC) (Figura 6).

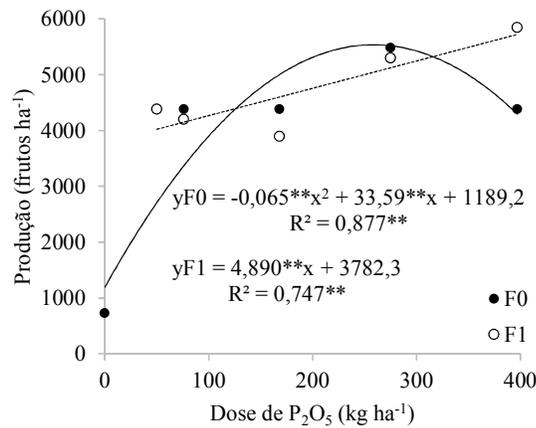


Figura 6. Quantidade de frutos comerciáveis (QC) da melancia cv. Magnum sob influência de doses de fosfato aplicadas em pré-plantio (F0) e em pré-plantio + cobertura (F1). Upanema-RN, UFERSA, 2013.

O efeito das doses de P_2O_5 sobre a QC pode ser atribuído a sua influência sobre o PMT e, ou na quantidade de frutos defeituosos, afetando a proporção de frutos com padrão comercial (PFPC) (Tabela 4).

Tabela 4. Distribuição percentual dos frutos da melancia cv. Magnum cultivada em solo calcário por classe de peso¹ em relação às doses de P_2O_5 dentro de cada forma de adubação (F0 e F1). Upanema-RN, UFERSA, 2013.

Dose de P_2O_5	-----%-----		
	NC ²	6 a 7 kg	>7 kg
F0			
0	78,93	5,00	16,07
76	20,44	9,03	70,54
168	13,99	0,00	86,01
275	8,68	5,90	85,42
397	20,49	6,25	73,26
F1			
0+50	20,74	12,50	66,76
26+50	13,54	6,70	79,76
118+50	35,11	2,50	62,39
225+50	16,92	5,40	77,68
347+50	5,56	0,00	94,44

¹Dados observados. ²NC – frutos não comerciáveis (menor que 6 kg ou rachados, manchados, malformados, podres, queimado do sol e atacados por animais, pragas ou doenças).

Aproximadamente 95% (5.259 frutos ha⁻¹) da QC máxima da adubação F0 é obtida com 193 kg ha⁻¹ de P₂O₅. Esta produção só é obtida com a dose de 302 kg ha⁻¹ de P₂O₅ na adubação F1 (Figura 6).

Não obstante, a maior QC ocorreu com a adubação F1 na dose de 397 kg ha⁻¹ de P₂O₅, com 5.724 frutos ha⁻¹ (0,98 frutos planta⁻¹). Com esta mesma dose, a QC em F0 foi de 4.296 frutos ha⁻¹ ou 0,73 frutos planta⁻¹.

Isto pode ser explicado pela redução na PFPC nessa dose (397 kg ha⁻¹ de P₂O₅) em F0 (Tabela 4) devido a um efeito fitotóxico causado pela concentração de uma dose excessiva em pré-plantio.

O incremento linear da QT devido ao estímulo a formação de frutos com o aumento das doses de P₂O₅ na adubação F0 pode também ter levado a alterações na relação fonte-dreno, refletindo no PMT, particularmente na maior dose testada (397 kg ha⁻¹ de P₂O₅) (Figura 3).

O aumento do número de frutos induz à competição por assimilados, podendo levar a limitação de fonte, afetando a qualidade dos frutos caso estes não sejam abortados pela planta (Lins et al., 2013).

Parte das diferenças encontradas para as características de produção entre as adubações F0 e F1 podem ser atribuídas também às características do fertilizante e dos produtos formados pela combinação deste com o solo, influenciando a resposta da cultura a adubação (Prochnow et al., 2004).

3.2. Sólidos solúveis e textura de polpa

Não houve variação significativa para sólidos solúveis, porém os frutos apresentaram uma média geral de 10,73 °Brix, sendo, portanto, aceitáveis pelo mercado consumidor que exige no mínimo de 10 °Brix (Barros et al., 2012).

Para a firmeza de polpa foi verificada diferença significativa entre os tratamentos, podendo-se observar que na ausência de fosfato o valor desta característica é mais elevado (10,29 N), que pode ser explicado pelo atraso do ciclo e, por consequência, na maturação dos frutos (Figura 7).

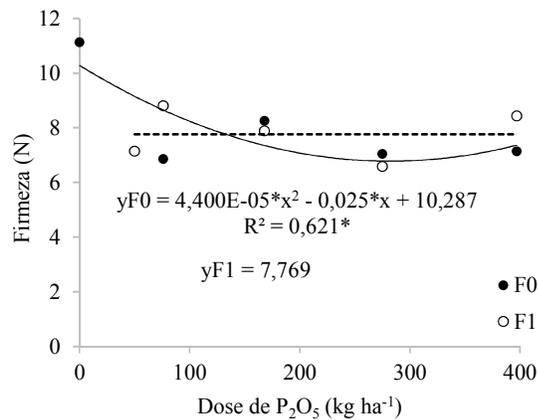


Figura 7. Firmeza de polpa da melancia cv. Magnum sob influência de doses de fosfato aplicadas em pré-plantio (F0) e em pré-plantio + cobertura (F1). Upanema-RN, UFERSA, 2013.

Houve uma intensa redução da firmeza de polpa a partir da dose zero na adubação F0. Na adubação F1, a média foi de 7,77 N, a qual é superior a F0 a partir da dose de 132 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (Figura 7).

Maiores valores de firmeza de polpa são desejáveis, uma vez que normalmente está relacionada com a resistência ao transporte e tempo de prateleira (Barros et al., 2012).

Em trabalho com a cultura do melão foi verificado efeito significativo de doses de fosfato na fertirrigação sobre a firmeza de polpa, sugerindo que isto pode ser uma consequência indireta do metabolismo do P sobre o transporte de Ca para os frutos (Martuscelli et al., 2015).

3.3. Eficiência da adubação

As produtividades obtidas no presente trabalho são bastante significativas, considerando a média de produtividade brasileira dos últimos cinco anos (2011-2015), entre 21,98 e 23,51 Mg ha⁻¹ (IBGE, 2016).

Porém, em áreas irrigadas no semiárido, com manejo nutricional adequado é comum considerar expectativas de produtividade da ordem de 40 a 50 Mg ha⁻¹ ou mais.

A partir das produtividades comerciais estimadas (Figura 2) e custos de produção sumarizados por Dias et al (2010) - atualizados para agosto de 2013 (1 US\$ = 2,24 R\$), foram obtidos os índices econômicos apresentados na Tabela 5.

A máxima eficiência econômica (MEE) estimada corresponde à dose que maximiza a receita líquida, sendo de 254 e 397 kg ha⁻¹ de P₂O₅ em F0 (R\$ 12.245,86) e F1 (R\$ 12.523,54), respectivamente.

Tabela 5- Produtividade comercial estimada, Receita bruta¹ (RB), custo com o fertilizante fosfatado (CFF), custo total² (CT), receita líquida (RL) e relação benefício/custo (RB/C) em função dos tratamentos aplicados na cultura da melancia em solo calcário. Upanema-RN, UFRSA, 2013.

Dose de P ₂ O ₅	Produtividade Mg ha ⁻¹	RB -----R\$ -----	CFF -----R\$ -----	CT ² -----R\$ -----	RL -----R\$ -----	RB/C
F0						
0	10,39	3844,337	-	6830,87	-2986,534	0,56
76	32,30	11952,68	352,20	7183,07	4769,62	1,66
168	48,96	18113,79	778,54	7609,41	10504,38	2,38
275	54,72	20245,11	1274,39	8105,26	12139,85	2,50
397	43,43	16069,84	1839,76	8670,63	7399,22	1,85
F1						
0+50	25,64	9486,13	351,67	7182,54	7494,07	2,04
26+50	41,01	15173,94	472,15	7303,03	7870,92	2,08
118+50	45,77	16933,75	898,50	7729,37	9204,38	2,19
225+50	51,30	18980,47	1394,35	8225,22	10755,25	2,31
347+50	57,61	21314,13	1959,72	8790,59	12523,54	2,42

¹Considerando o menor preço médio regional (R\$ 0,37 por kg) no mês de Dezembro de 2013 (PROHORT, 2014). ²Custos gerais (DIAS et al., 2010) mais os respectivos custos com os fertilizantes fosfatados (R\$ 4,63 e R\$ 7,03 por kg de P₂O₅ para SFT e MAP, respectivamente).

As produtividades comerciais estimadas obtidas com estas doses correspondem a 54,74 e 57,61 Mg ha⁻¹, em F0 e F1, respectivamente, sendo próximas ou iguais às máximas obtidas (Tabela 5).

As eficiências agrônômicas nas doses de MEE são de 175 e 119 kg kg⁻¹ de P₂O₅, sendo superiores a apresentada por Silva et al. (2014) para a cv. Olímpia (97 kg kg⁻¹) com a dose de 218 kg ha⁻¹ de P₂O₅, em trabalho realizado em um Cambissolo Eutrófico, em Baraúna, RN.

Uma avaliação mais completa deve envolver rendimentos e custos de produção do sistema agrícola como um todo, que pode incluir mais um ciclo da mesma ou de outra cultura, aproveitando o efeito residual da adubação anterior, que normalmente é maior em aplicações localizadas (Anghinoni et al., 2004).

As doses estimadas para a MEE eram esperadas, por se tratar de solo calcário com baixa disponibilidade de P. Nestas condições, a otimização da produção é normalmente obtida com doses relativamente altas de adubação fosfatada, em função da reduzida solubilidade dos compostos de P em pH mais elevado e das precipitações com Ca e Mg (Hopkins et al., 2010).

Devido a essas características e à baixa mobilidade do P no solo, o valor de P disponível pode ser relativamente baixo mesmo com as altas doses de fosfato, como se pode verificar na Figura 7.

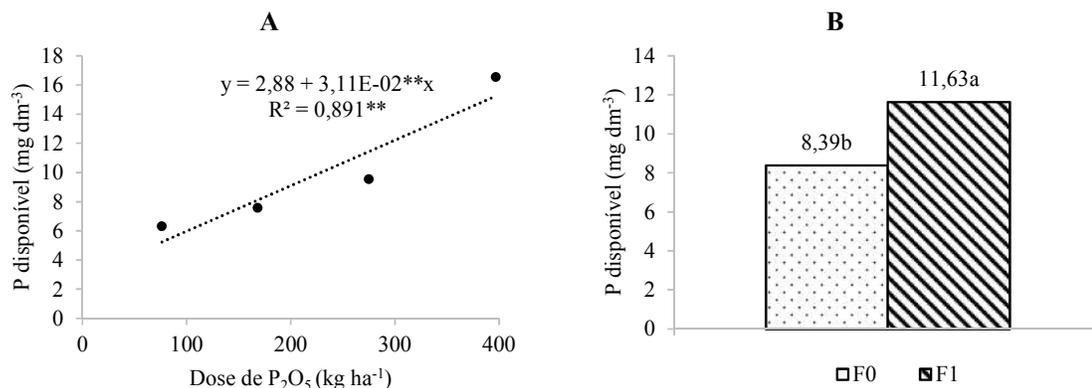


Figura 8. Teores de P disponível no solo (Mehlich-1) após o primeiro de cultivo da melancia cv. Magnum: A - em função de doses de fosfato (A); e B - em função da forma de adubação: pré-plantio (F0) e pré-plantio + cobertura (F1). Upanema-RN, UFERSA, 2013.

Verifica-se que o incremento do fosfato causou aumento linear nos teores de P no solo, independentemente da forma de adubação (Figura 8A). Isto ocorre porque nas duas formas de adubação as diferentes doses de P₂O₅ foram obtidas pela variação apenas da quantia aplicada em pré-plantio.

Ambas as formas de adubação diferiram significativamente do tratamento sem adubação fosfatada (Adc₀) (Apêndice B 3), com apenas 2,62 mg dm⁻³.

Considerando as diferenças médias para o P disponível entre as adubações F1 e F0 (3,24 mg dm⁻³) (Figura 6B) e as doses ótimas para a MEE, pode-se estimar os níveis críticos de P de 10,8 e 19,5 mg dm⁻³ para as adubações F0 e F1, respectivamente.

Esses valores são relativamente baixos, considerando as altas doses de P₂O₅ aplicadas. Isto pode ser explicado pela capacidade tampão do solo do presente estudo, visto que os níveis críticos no solo normalmente se relacionam inversamente com o grau de competição entre o solo e a planta pelo P (Silva et al., 2011).

Em trabalho com a cultura do tomateiro, Marouelli et al. (2015) verificaram que no tratamento com 50% do P em fertirrigação o valor residual de P no solo foi ligeiramente menor do que com a aplicação de 100% do P em pré-plantio, tendo atribuído isto a maior produtividade de frutos no primeiro que estaria associada a uma maior eficiência em fornecer P.

Este efeito pode também ter ocorrido no presente trabalho, reduzindo as diferenças entre as adubações F1 e F0 e explica também o valor relativamente alto de P disponível no tratamento Adc₅₀ (13,47 mg dm⁻³), que foi equivalente a F0₃₂₄ e F1₂₃₈.

A fertirrigação com P pode ter contribuído para a saturação dos sítios de adsorção do solo, liberando mais P para a solução do solo que combinado com o fluxo forçado de água favoreceu a sua distribuição e aumento de sua concentração no interior do solo (Laurindo et al., 2010; Zanini et al., 2007). Em trabalho realizado em solo calcário, Wang & Chu (2015) observaram que o P na forma líquida distribuiu-se de forma mais rápida e homogênea quando comparado ao P na forma granular (SFT).

Ao avaliar diferentes fontes de fósforo com diferentes níveis de umidade em amostras de solo do Estado de Alagoas, Costa et al. (2009) concluíram que o uso da fonte MAP favoreceu uma maior difusão do P, quando comparado ao fosfato de potássio e ao fosfato monocálcico devido ao efeito do cátion acompanhante.

A solubilidade da fonte de P poderá também influenciar os efeitos iniciais e residuais da adubação (Chien et al. 2011). Segundo Bedin et al. (2003), a utilização de fertilizantes fosfatados mais solúveis pode favorecer o aproveitamento do P especialmente para culturas de ciclo curto, no entanto torna o nutriente mais susceptível de ser precipitado e, ou adsorvido pelo solo.

Considerando este aspecto, a fração do fosfato em pré-plantio da adubação F1 tem importância estratégica, pois além de beneficiar o crescimento inicial das plantas (Hopkins et al., 2014; Marouelli et al., 2015), tem maior poder residual, favorecendo a disponibilização de P para os ciclos subsequentes das culturas (Anghinoni et al., 2014; Subramaniam & Singh, 1997).

4. CONCLUSÕES

O peso médio total dos frutos foi influenciado significativamente somente pelas doses dentro da adubação F0, tendo maiores incrementos entre as doses de 0 e 76 kg ha⁻¹ de P₂O₅.

Maiores produtividades, qualidade dos frutos e retorno econômico foram obtidas na maior dose de P₂O₅ com o manejo da adubação fosfatada em pré-plantio + fertirrigação (F1), porém a adubação em pré-plantio (F0) foi mais eficiente nas doses intermediárias.

Com a dose de 50 kg ha⁻¹ de P₂O₅ em cobertura, a produtividade comercial foi equivalente a 72% da máxima obtida com a adubação convencional em pré-plantio (F0₂₆₄).

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, E. I. B. CORRÊA, M. C. M.; NÓBREGA, G. N.; PINHEIRO, E. A. R. LIMA, F. F. Crescimento e marcha de absorção de macronutrientes para a cultivar de melancia Crimson Sweet. **Revista Agro@ambiente On-line**, v. 6, n. 3, p. 205-214, 2012.

ANGHINONI, I., T. YAMADA & S.R.S ABDALLA. Fatores que interferem na eficiência da adubação fosfatada. In: **Fósforo na agricultura brasileira**. Piracicaba, Potafos, 2004, p. 537-558.

AZEVEDO, B. M., FERNANDES, C. N. V., DO NASCIMENTO NETO, J. R., DE ARAÚJO VIANA, T. V., VASCONCELOS, D. V., & DIAS, C. N. Frequência da fertirrigação fosfatada na produtividade da cultura da melancia. **Irriga**, v. 21, n. 2, p. 257-268, 2016.

BARROS, M. M.; ARAÚJO, W. F.; NEVES, L. T. B. C.; CAMPOS, A. J. & TOSIN, J. M. Produção e qualidade da melancia submetida a adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 16(10), 1078-1084, 2012.

BEDIM, L. FURTINE NETO, A. E.; RESENDE, A. V.; FAQUINO, V.; TOKURA, A. M. & SANTOS, J. Z. L. Fertilizantes fosfatados e produção da soja em solos com diferentes capacidades tampão de fosfato. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 27:639-646, 2003.

CHIEN, S. H.; PORCHNOW, L. I.; TU, S.; SNYDER, C. S. Agronomic and environmental aspects of phosphate fertilizers varying in source and solubility: an update review. **Nutrient cycling agroecosystems**, 89, p. 229-255, 2011.

CONAB – Companhia Nacional de abastecimento. **Programa brasileiro de modernização do mercado hortigranjeiro – PROHORT**. Disponível em: <<http://www.ceasa.gov.br/precos.php>>. Acesso em 27 Abr. 2014.

COSTA, C. L. L., BATISTA, J. E. B., COSTA JÚNIOR, C. O., SANTOS, A. P. E SILVA, M. L. Uso de adubo fosfatado na cultura do melão em solos de origem calcária. **Revista Verde**, v. 6, n. 3, p. 58-62, 2011.

COSTA, J. P. V.; BASTOS, A. L.; REIS, L. S.; MARTINS, G. O.; SANTOS, A. F. Difusão de fósforo em solos de Alagoas influenciada por fontes do elemento e pela umidade. **Revista Caatinga**, v.22, n.3, p.229-235, 2009.

DANTAS, M. S., GRANGEIRO, L. C., DE MEDEIROS, J. F., CRUZ, C. A., & DA CUNHA, A. Rendimento e qualidade de melancia cultivada sob proteção de agrotêxtil combinado com mulching plástico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 824-829, 2013.

DEUS, A. C. F.; COSTA, C. D. O.; FORATTO, L. C.; FERNANDES, D. M.; CARRIBEIRO, L. S. Alface americana fertirrigada com diferentes doses de ácido fosfórico e hidróxido de potássio. **Irriga**, Botucatu, v. 16, n. 2, p. 125-133, 2011.

DIAS, R. C. S.; RESENDE, G. M.; CORREIA, R. C.; COSTA, N. D.; BARBOSA, G. S.; TEIXEIRA, F.; A. **Sistema de Produção de Melancia**. Custos e rentabilidade. Embrapa Semiárido: Sistema de Produção, 6. 2010. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Melancia/SistemaProducaoMelancia/rentabilidade.htm>>. Acesso em: 26 Abr. 2014.

FARIA, C. M. B.; PEREIRA, J. R.; POSSIDIO, E. L. Adubação orgânica e mineral na cultura do melão em um Vertissolo do Submédio São Francisco. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 29, n. 2, 1994.

FREITAS JÚNIOR, A. N.; BISCARO, A. G.; SILVA, T. R. B. Adubação fosfatada em melancia irrigada, no município de Cassilândia (MS). **Revista Cultivando o Saber**, Cascavel, v. 1, n. 1, p. 1-6, 2008.

GELETA, S. B.; BRIAND, C.; WOMACK, H. E.; BRINSFIELD, R. B.; MULFORD, F. R. Is phosphorus fertilization necessary for watermelon production on high phosphorus soils?. **Canadian Journal of Plant Science**, v.86, n.1, p.205-211, 2006.

GONÇALVES, F. C.; SOUSA, V. D. F. L.; NOVO JUNIOR, J.; GRANGEIRO, L. C.; MEDEIROS, J. F., CECÍLIO FILHO, A. B., & MARROCOS, S. D. T. P. Productivity and quality of watermelon as function of phosphorus doses and variety. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 44, p. 4461-4469, 2016.

GRANGEIRO, L.C.& CECÍLIO FILHO, A.B. Acúmulo e exportação de macronutrientes pelo híbrido de melancia Tide. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, n.1, p.93-97, 2004.

HOCHMUTH, G. J.; HANLON, E. A.; & CORNELL, J. Watermelon Phosphorus Requirements in Soils with Low Mehlich-I-Extractable Phosphorus. **Hortscience** 28 (6): 630-632, 1993.

HOPKINS, B. G., ELLSWORTH, J. W., SHIFFLER, A. K., BOWEN, T. R., & COOK, A. G. Pre-plant versus in-season application of phosphorus fertilizer for Russet Burbank potato grown in calcareous soil. **Journal of Plant Nutrition**, v. 33, n. 7, p. 1026-1039, 2010.

HOPKINS, B. G., HORNECK, D. A., & MACGUIDWIN, A. E. Improving phosphorus use efficiency through potato rhizosphere modification and extension. **American journal of potato research**, 91(2), 161-174, 2014.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Agrícola Municipal, 2015**. Rio de Janeiro: IBGE, 2016. Disponível em <www.sidra.ibge.gov.br>, acesso em 20 de dez. 2016.

KORNDÖRFER1, G. H; MELO, S. P. Fontes de fósforo (fluida ou sólida) na produtividade agrícola e industrial da cana-de-acúcar. **Ciência e agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 1, p. 92-97, 2009.

LAURINDO, V. T.; SILVA, G. O.; PAVANI, L. C.; QUAGGIO, J. A. Padrão de distribuição de K⁺, Ca⁺⁺, Mg⁺⁺ e P no solo de um pomar de citros em função da fertirrigação. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 30, n. 5, p. 909-921, 2010.

LEÃO, D. S. S.; PEIXOTO, J. R.; VIEIRA, J. V.; CECÍLIO FILHO, A. B. Produtividade de melancia em diferentes níveis de adubação química e orgânica. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 24, n. 4, p. 32-41, 2008.

- LINS, H. A.; QUEIROGA, R. C. F.; PEREIRA, A. M.; SILVA, G. D.; ALBUQUERQUE, J. R. T. Produtividade e Qualidade de Frutos de Melancia em Função de Alterações na Relação Fonte-Dreno. **Revista Verde**, Mossoró-RN, v. 8, n. 3, p. 143 - 149, 2013.
- MAROUELLI, W. A., GUIMARAES, T. G., BRAGA, M. B., & DE CARVALHO, W. L. Frações ótimas da adubação com fósforo no pré-plantio e na fertirrigação por gotejamento de tomateiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 50, n. 10, p. 949-957, 2015.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 3.ed London: Elsevier, 2012. 643p.
- MERRIAM, J. L.; KELLER, J. **Farm irrigation system evaluation: a guide for management**. Logan: Utah State University, 1978. 271p.
- MOHAMMAD, M. J.; HAMMOURI, A.; FERDOWS, A. E. Phosphorus fertigation and preplant conventional soil application of drip irrigated summer squash. **Journal of Agronomy**, 3 (3): 162-169, 2004.
- PAULA, J.A.A.; MEDEIROS, J.F.; MIRANDA, N.O.; OLIVEIRA, F.A. ; LIMA, C.J.G.S. Metodologia para determinação das necessidades nutricionais de melão e melancia. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, p. 911-916, 2011.
- PROCHNOW, L. I.; ALCARDE, J. C.; CHIEN, S. H. Eficiência agrônômica dos fosfatos totalmente acidulados. In: **Fósforo na agricultura brasileira**. Piracicaba, Potafos, p. 605-651, 2004.
- SAEG. **SAEG: Sistema para análises estatísticas**, versão 9.1. Fundação Arthur Bernardes – Viçosa: UFV. 2007.
- SILBER, A., XU, G., LEVKOVITCH, I., SORIANO, S., BILU, A., & WALLACH, R. (2003). High fertigation frequency: the effects on uptake of nutrients, water and plant growth. **Plant and soil**, 253(2), 467-477, 2003.
- SILVA, F. C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2 ed. Brasília, DF: Embrapa Informação tecnológica, 2009, 627p.
- SILVA, T. A.; SILVA, I. P.; PEREIRA, R. D. Adubação fosfatada em mudas de bananeira ‘Prata anã’ (AAB), cultivadas em dois Latossolos. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 58, n.1, p. 238-242, 2011.
- SILVA, M. V. T.; SANTOS, A. P. F. OLIVEIRA, F. L.; SOUSA, M. S. & MEDEIROS, J. F. Eficiência agrônômica e fisiológica na melancia fertirrigada com diferentes doses de nitrogênio e fósforo. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, 9(2), 2014, p. 264-269.
- SUBRAMANIAM, V. & SINGH, B. R. Phosphorus supplying capacity of heavily fertilized soils I. Phosphorus adsorption characteristics and phosphorus fractionation. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, 47:115-122, 1997.
- VIDIGAL, S. M.; PACHECO, D. D.; COSTA, E. L.; FACION, C. E. Crescimento e acúmulo de macro e micronutrientes pela melancia em solo arenoso. **Revista Ceres**, 56(1): 112-118, 2009.

WANG, J.; CHU, G. Phosphate fertilizer form and application strategy affect phosphorus mobility and transformation in a drip-irrigated calcareous soil. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, v. 178, n. 6, p. 914-922, 2015.

ZANINI, J. R.; BARRETO, A. K. G.; FORATO, L. C.; NATALE, W. Distribuição de fósforo no bulbo molhado, aplicado via fertirrigação por gotejamento com ácido fosfórico. **Engenharia Agrícola**, v.27, p.180-193, 2007.

CAPÍTULO III

DOSES E FORMAS DE ADUBAÇÃO FOSFATADA SOBRE A PRODUÇÃO E QUALIDADE DA MELANCIA 'MAGNUM' EM SOLO ARENOSO

RESUMO: Objetivou-se com este trabalho avaliar os efeitos de doses e formas de aplicação de fosfato sobre a cultura da melancia (*Citrullus lanatus*, Schrad), cv. Magnum. O experimento foi realizado em um Argissolo de textura arenosa, em Mossoró-RN, em delineamento experimental de blocos casualizados, com quatro repetições. Foram avaliadas quatro doses de fósforo (34, 80, 137 e 206 kg P₂O₅ ha⁻¹) aplicadas em pré-plantio e em pré-plantio mais cobertura (por meio de fertirrigação). Foram utilizados o superfosfato triplo – SFT para aplicações em pré-plantio e o fosfato monoamônico – MAP na adubação de cobertura (34 kg P₂O₅ ha⁻¹). Foram aplicados ainda dois tratamentos adicionais: sem aplicação de fósforo (C₀) e aplicando somente em cobertura por fertirrigação a dose de 103 kg P₂O₅ ha⁻¹ (C₁₀₃), totalizando dez tratamentos. Foram avaliadas características de produção e qualidade dos frutos. Verificou-se efeito isolado de doses e formas de aplicação sobre a firmeza de polpa e características de produção, com destaque para a dose de 206 kg ha⁻¹ de P₂O₅ em pré-plantio mais cobertura. Porém, o tratamento C₁₀₃ foi mais eficiente, com produtividade comercial de 68,91 Mg ha⁻¹, equivalente à dose de 204 kg ha⁻¹ de P₂O₅ da adubação em pré-plantio mais cobertura. A produtividade comercial na dose de 34 kg ha⁻¹ de P₂O₅ em cobertura (38,94 Mg ha⁻¹) foi equivalente a 79% da máxima obtida com a adubação convencional em pré-plantio - F0₂₀₆ (49,34 Mg ha⁻¹).

PALAVRAS-CHAVE: *Citrullus lanatus*, fertirrigação, fósforo

DOSES AND FORMS OF PHOSPHATE FERTILIZATION ON THE PRODUCTION AND QUALITY OF THE WATERMELON 'MAGNUM' IN SANDY SOIL

ABSTRACT: The objective with this study was to evaluate the effects of doses and forms of phosphate application on watermelon crop (*Citrullus lanatus*, Schrad), cv. Magnum. The experiment was carried out in a Ultisol with sandy texture, in Mossoró-RN, in a randomized complete block design and four replications. Four phosphorus doses (34, 80, 137 and 206 kg ha⁻¹ of P₂O₅) applied in pre-planting and in pre-planting (in holes) plus cover (through

fertigation) were evaluated. Triple superphosphate - SFT was used for pre – planting applications and monoammonium phosphate - MAP in cover fertilization (34 kg ha⁻¹ of P₂O₅). Two additional treatments were applied: without application of phosphorus (C₀) and applying 103 kg of P₂O₅ ha⁻¹ in fertigation coverage (C₁₀₃), totaling ten treatments. Characteristics of fruit production and quality were evaluated. There was an isolated effect of doses and forms of phosphate application on pulp firmness and production characteristics, with emphasis on the dose of 206 kg ha⁻¹ of P₂O₅ in pre-planting plus coverage. However, the C₁₀₃ treatment was more efficient, with commercial productivity of 68.91 Mg ha⁻¹, equivalent to the dose of 204 kg ha⁻¹ of P₂O₅ in pre-planting plus cover. The commercial productivity at the rate of 34 kg ha⁻¹ of P₂O₅ in coverage (38.94 Mg ha⁻¹) was equivalent to 79% of the maximum obtained with conventional fertilization in pre-planting - F₀₂₀₆ (49.34 Mg ha⁻¹).

KEYWORDS: *Citrullus lanatus*, fertigation, phosphorus

1. INTRODUÇÃO

A melancia é uma hortaliça-fruto de grande importância sócio-econômica na região Nordeste, sendo que o estado do Rio Grande do Norte é o segundo maior produtor, sendo superado apenas pela Bahia (IBGE, 2016).

Como a maioria das hortaliças, a melancieira requer um manejo intensivo do solo, demandando muitas vezes quantidades significativas de P e de outros nutrientes (Geleta et al., 2006). A adubação fosfatada normalmente ultrapassa muito as necessidades reais de P das culturas devido às reações de adsorção e precipitação, o que reduz a sua concentração na solução do solo (Mohammad et al., 2004).

Culturas sob irrigação localizada, onde geralmente há uma restrição do volume radicular à zona molhada podem sofrer de deficiência de P ao longo do ciclo, mas que pode ser evitada com um contínuo suprimento de P por fertirrigação (Mohammad et al., 2004). Já Maschner (2012) explica que em solos com baixos teores de P disponível a localização do fertilizante fosfatado é considerada a prática mais comum e efetiva para garantir uma oferta adequada do nutriente às raízes.

Por outro lado, solos arenosos geralmente tem um menor tamponamento para P, de modo que maior proporção do nutriente é disponibilizado em solução, influenciando assim o potencial de resposta das culturas. Dessa forma, a resposta das culturas à adubação fosfatada

depende muito da capacidade de adsorção do solo, existindo então uma demanda de pesquisas para verificar o efeito de métodos de adubação fosfatada em condições específicas de solo (Marouelli et al., 2015).

Grande parte da produção de alimentos na região Nordeste encontra-se na zona costeira. Esta é marcada por longos trechos recobertos por diversos sedimentos do Grupo Barreiras e do Quaternário, sendo composto pelas formações Gangorra, Açú e Jandaíra, atingindo espessuras de até 1.000 m (Lima et al., 2006). A ocorrência de solos profundos nessas formações favorece a agricultura irrigada, que é praticamente obrigatória nas condições de clima semiárido. Nesse contexto, os solos arenosos, não obstante sua baixa fertilidade natural, têm sido considerados de boa aptidão, visto que o manejo da irrigação localizada e da fertirrigação são mais facilitados (Amaral, 2011).

Portanto, o objetivo com este trabalho foi avaliar o efeito de doses e formas de adubação fosfatada sobre a produção e qualidade da melancia ‘Magnum’ fertirrigada em solo arenoso.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido no período de novembro de 2014 a janeiro de 2015 em área da fazenda experimental da UFERSA, município de Mossoró-RN, localidade de Alagoinha (5°3'33"S; 37°23'54"O e altitude de 79 m). Durante o período experimental, a temperatura média diária do ar variou entre 26,4 e 31,2°C e a umidade relativa do ar média foi de 62% (dados da estação automática de Mossoró A318 - INMET)

O solo da área experimental foi um Argissolo de textura arenosa. Amostras da camada superficial do solo (0-20 cm) e da água de abastecimento foram analisadas previamente, sendo suas características são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Características do solo e da água de abastecimento. Mossoró-RN, UFERSA, 2014.

Solo ¹												
Argila	Silte	Areia	pH _(H2O)	M.O.	P	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Al ³⁺	H+Al	Pr
-----g kg ⁻¹ -----				g kg ⁻¹	mgdm ⁻	-----mmolc dm ⁻³ -----						mg L ⁻¹
80	15	905	5,7	18,43	4	14,7	5,0	2,30	4,4	0,0	24,8	50
Água												
C.E.	pH	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻	RAS			
dSm ⁻¹		-----mmolc L ⁻¹ -----						(mmolc L ⁻				
0,71	7,9	1,84	1,36	0,75	1,80	2,40	4,32	0,0	1,42			

¹As determinações químicas seguiram roteiro preconizado por Silva (2009). M.O. = matéria orgânica. Extratores químicos: Mehlich-1 for P, K and Na; KCl IN para Ca, Mg and Al; Acetato de cálcio a pH 7,0 para H+Al; solução DTPA (pH=7,3) para Cu, Fe, Mn e Zn e B disponível foi extraído com HCl (0.05M), na razão solo/extrator de 1:2. Pr representa o P remanescente obtido após uma hora de agitação em solução de CaCl₂ 0,01 M, com 60 mg L⁻¹ of P, na razão solo/solução de 1:10, deixando-se descansar por 16 h (Alvarez et al., 2000). A fração argila foi obtida pelo método da pipeta; silte pela diferença de massa entre a amostra total e a areia por tamisação.

O experimento foi conduzido em delineamento experimental de blocos ao acaso, em esquema fatorial, com quatro repetições. Os tratamentos consistiram da combinação de quatro doses de fosfato (34, 80, 137 e 206 kg ha⁻¹ de P₂O₅) e duas formas de adubação, em pré-plantio (F0) e em pré-plantio mais cobertura (F1).

A forma de adubação F0 consistiu da aplicação de todo o fosfato em pré-plantio, sendo utilizado como fonte o superfosfato triplo - SFT (41% P₂O₅). Na adubação F1, parte do fosfato foi aplicado em cobertura (34 kg ha⁻¹ de P₂O₅ através de fertirrigação), utilizando como fonte o fosfatomonamônico - MAP (60 % P₂O₅), sendo o restante da dose aplicada em pré-plantio.

Foram aplicados ainda dois tratamentos-controle: C₀ - sem fosfato e C₁₀₃ - aplicando somente em cobertura por fertirrigação (103 kg ha⁻¹ de P₂O₅), totalizando dessa forma 10 tratamentos, como apresentado na Tabela 2.

Tabela 2. Doses de P₂O₅ (kg ha⁻¹) correspondentes às formas de adubação em pré-plantio (F0) e em pré-plantio mais cobertura (F1) e aos tratamentos adicionais (Adc₀ e Adc₁₀₃). Mossoró-RN, UFERSA, 2014-2015.

Pré-plantio	Fertirrigação	Total	Pré-plantio	Fertirrigação	Total
-----F0-----			-----F1-----		
34	-	34	0	34	34
80	-	80	46	34	80
137	-	137	103	34	137
206	-	206	172	34	206
-----Adc ₀ -----			-----Adc ₁₀₃ -----		
0	0	0	0	103	103

O preparo do solo no experimento incluiu aração, gradagem e o preparo de camalhões com 0,30 m de altura e 0,6 m de largura. As parcelas continham 24,0 m² (12,0 m x 2,0 m), com a parcela útil contendo 12,0 m² (6,0 m x 2,0 m).

O plantio da cv. Magnum foi realizado diretamente no campo, no espaçamento de 0,60 m entre plantas e de 2,0 m entre linhas, em onze de novembro de 2014. O sistema de irrigação adotado foi o gotejamento, com emissores espaçados de 0,30 m, vazão média de 1,13 L h⁻¹ (pressão de 64 kPa) coeficiente de uniformidade de emissão de 91 %, estimados de acordo com

Merriam e Keller (1978). O manejo da irrigação foi realizado pelo monitoramento da umidade do solo por meio de tensiometria, mantendo-se o solo com potencial matricial superior a -20 kPa.

Outras práticas culturais, como capinas, pulverizações, penteamento e raleio de frutos foram realizadas conforme a necessidade. A presença de colmeias na fazenda experimental garantiu a polinização da cultura.

A adubação fosfatada em pré-plantio foi feita manualmente em covas de 10 cm de profundidade, a cada 30 cm e ao lado de cada emissor (10 cm). As aplicações em cobertura foram realizadas por fertirrigação utilizando tanques de derivação, conectados às redes de irrigação. As fontes utilizadas em pré-plantio e em cobertura (fertirrigação) foram o superfosfato triplo (41% P₂O₅) e o fosfato monoamônico (60 % P₂O₅), respectivamente.

As fontes de N (ureia e sulfato de amônio), K (cloreto de potássio e sulfato de potássio), Ca (nitrato de cálcio) e Mg (sulfato de magnésio) foram aplicadas em cobertura via fertirrigação, a partir da primeira semana após o plantio, contabilizando totais de 141, 148, 33, 7 e 28 kg ha⁻¹ de N, K₂O, CaO, MgO e de S, respectivamente (Tabela 3).

Tabela 3– Distribuição semanal de N, K, Ca e Mg para todos os tratamentos e de P nos tratamentos com fosfato na fertirrigação, a partir do plantio da melancieira ‘Magnum’ em solo arenoso. Mossoró-RN, UFERSA, 2014-2015.

Nutrientes	Semana								
	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	5 ^a	6 ^a	7 ^a	8 ^a	9 ^a
	-----%-----								
N	10	10	10	5	10	20	22	10	3
P	15	15	15	15	15	15	10	0	0
K	11	7	8	11	11	16	19	18	0
Ca	0	0	0	0	17	39	45	0	0
Mg	0	0	0	33	33	33	0	0	0

Em 16 de dezembro de 2014, aos 35 dias após a semeadura (DAS), foram aplicados via fertirrigação aproximadamente 0,44 kg ha⁻¹ de B, na forma de ácido bórico e 1,30 kg ha⁻¹ de micronutrientes quelatizados YaraVitaRexolin® (2,1 % de B; 0,36 % de Cu; 2,66 % de Fe; 2,48 % de Mn; 3,38 % de Zn; e 11,6 % de K₂O; 1,28 % de S; e 0,86% de S).

No dia 14 de janeiro de 2015, aos 64 DAS, foi realizada a colheita da parcela útil. Em cada parcela, os frutos foram coletados, contados e pesados, sendo separados em não comerciáveis (frutos pequenos – com peso inferior a 6 kg, rachados, manchados, mal formados, podres, queimado do sol e atacados por animais, pragas ou doenças) e comerciáveis. Foram

avaliadas as características de produção, a saber: quantidade de frutos total (QT) e comercial (QC), produtividades comercial (PC) e total (PT) e peso médio dos frutos comerciais (PMC) e totais (PMT).

Para a obtenção das características de qualidade foi avaliado um fruto comerciável representativo de cada parcela, analisando-se o teor de sólidos solúveis (SS) do sulco da polpa – utilizando-se um refratômetro digital modelo PR-100 Palette (Attago Co. Ltd., Japan) com correção automática de temperatura e leitura na faixa de 0 a 32°Brix; a firmeza, procedendo-se três leituras na região equatorial da polpa - penetrômetro da marca McCormick, modelo FT 327 analógico (ponteira de 12 mm de diâmetro).

Ao final do ciclo da cultura, foi realizada amostragem da camada superficial (0-20 cm), obtendo-se uma amostra composta por parcela, coletando-se quatro amostras simples - à esquerda e à direita de dois gotejadores.

Os dados foram submetidos a análise de variância, pelo teste F, até 5 % de significância e, posteriormente sendo aplicada a análise de regressão polinomial, utilizando planilha de cálculo e o programa computacional Sistema para Análise de Variância – SISVAR, versão 5.3 (Ferreira, 2010). Posteriormente foi aplicada a análise de regressão com o software Table Curve 2D (Scientific, 1991), sendo selecionado os modelos cujos coeficientes foram significativos pelo teste t a 5% de probabilidade, dando-se preferência àqueles com maior valor F e de R² e que ofereciam uma explicação mais simples e coerente, sendo utilizados * e ** para indicar significância a 5% e 1%, respectivamente.

As estimativas das características avaliadas (\hat{y}), quando da ocorrência de efeito isolado de formas e de doses de adubação, são apresentadas no texto da discussão, efetuando-se os cálculos (válidos apenas para dose de P₂O₅ ≥ 34 kg ha⁻¹) com a seguinte fórmula: $\hat{y} = (y_{Fi} - \bar{y}) + (y_{Di} - \bar{y})$, em que y_{Fi} é o estimador de y na adubação Fi; y_{Di} é o estimador de y na dose Di; e \bar{y} é a média dos valores observados nos tratamentos do fatorial.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Produtividade e qualidade dos frutos: Pré-plantio vs. Pré-plantio mais cobertura

Verificou-se efeito isolado das doses de fosfato sobre as características de produção, sendo que o aumento da dose de fosfato proporcionou maiores produtividades total (PT) e comercial (PC), apresentando na maior dose (206 kg ha⁻¹ de P₂O₅) aproximadamente 70,75 e 59,21 Mg ha⁻¹, respectivamente (Figura 1A-1B).

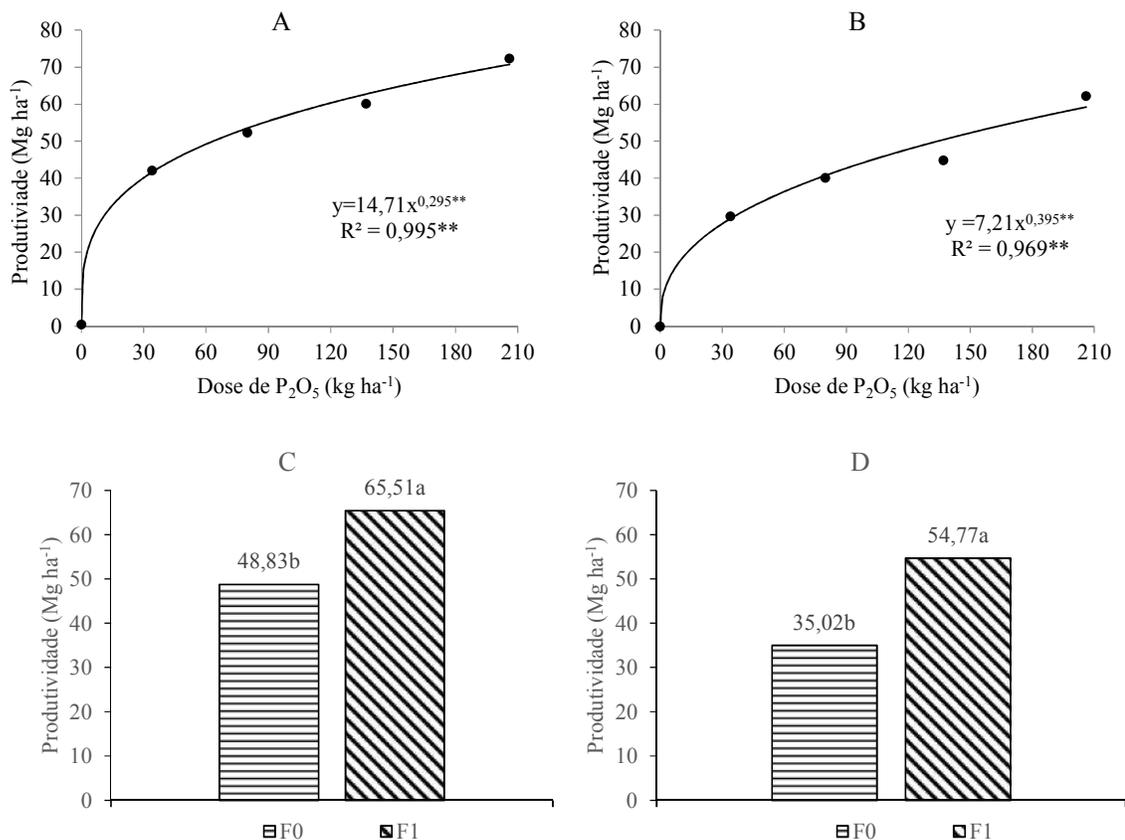


Figura 1. Produtividades total (A) e comercial (B) da melancia cv. Magnum em função de doses de fosfato; e médias de Produtividade total (C) e comercial (D) nas adubações F0 e F1. Mossoró-RN, UFERSA, 2014-2015.

Porém, as produtividades apresentadas na Figura 1A-1B são estimativas médias, uma vez que também houve efeito isolado da forma de adubação sobre estas características (Figura 1C-1D).

Considerando as diferenças de produtividade entre as formas de adubação (Figura 1C-1D), com a dose de 206 kg ha⁻¹ de P₂O₅ as respectivas PTs máximas para F0 e F1 foram de 62,41 e 79,09 Mg ha⁻¹, enquanto que as PCs foram de 49,33 e 69,09 Mg ha⁻¹.

Em trabalho anterior, realizado em solo calcário, as PCs máximas foram de 54,80 Mg ha⁻¹ com fosfato em pré-plantio e de 57,61 Mg ha⁻¹ com fosfato em pré-plantio mais fertirrigação, nas doses de 264 e 397 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (Cap. II, p. 31).

Fatores como a textura e mineralogia do solo podem ter contribuído para o potencial de resposta da cultura às doses e à forma de adubação haja vista que estão relacionados com o tamponamento do solo. Syers et al. (2008) explicam que os principais fatores que controlam a

disponibilidade de P para as raízes das plantas são a sua concentração em solução e a capacidade tampão de P no solo.

Em torno de 95% das PC máximas nas adubações F0 (46,86 Mg ha⁻¹) e F1 (65,64 Mg ha⁻¹) foram obtidas com uma dose de 181 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (Figura 1B).

Em um Cambissolo, Santos et al. (2011a) verificaram melhores resultados com a cv. Olímpia com uma dose de 220 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (aplicada 60% em fundação e 40% por cobertura via fertirrigação) a mesma utilizada pelos produtores locais de Baraúna, RN, obtendo PT de 36,47 Mg ha⁻¹ e PC de 29,23 Mg ha⁻¹.

Já Gonçalves et al. (2016) verificou PC de 74,39 Mg ha⁻¹ com menos de 50 kg ha⁻¹ de P₂O₅ aplicado no sulco, em trabalho com as cultivares ‘Olímpia’ e ‘Top Gun’ em solo de textura arenosa, em Mossoró, RN. Porém, o autor encontraram teor inicial de P no solo de 6,4 mg dm⁻³ (Mehlich-1), tendo uma PC de 46,97 Mg ha⁻¹ no tratamento sem adubação fosfatada.

Em condições de baixa disponibilidade de P, principalmente em solo de primeiro cultivo, há maior restrição à absorção do nutriente pela planta devido a competição com os sítios de adsorção do solo (Santos et al., 2011b), sendo necessário elevar as doses para se obter um mesmo nível de produtividade. Além disso, diferenças locais, incluindo a época de plantio, devem interferir na adaptabilidade e previsibilidade de resposta das cultivares (Silva et al., 2008).

Em solo com alta disponibilidade de P, Marouelli et al. (2015) não verificaram influência de diferentes formas de aplicação de fosfato sobre as características de produção do tomateiro, porém verificaram efeitos significativos em solo com baixo P disponível, tendo verificado maior produtividade quando parte do fosfato foi aplicado na fertirrigação, utilizando o ácido fosfórico.

A máxima PC na adubação F0 (206 kg ha⁻¹ de P₂O₅) foi equivalente a obtida na adubação F1, na dose de 74 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (49,34 Mg ha⁻¹) (Figura 2). Com base nos preços de mercado por kg de P₂O₅ em novembro de 2014 para o SFT (R\$ 4,63 kg⁻¹ de P₂O₅) e para o MAP (R\$ 7,03 kg⁻¹ de P₂O₅), isto equivale a uma economia de aproximadamente 55% nos custos com o fertilizante fosfatado.

Verificou-se também que com uma dose de 34 kg ha⁻¹ de P₂O₅ em cobertura, a PC foi equivalente a 79% da máxima obtida com a adubação convencional em pré-plantio - F0₂₀₆ (49,34 Mg ha⁻¹) (Figura2).

Verificou-se que tanto a quantidade (QT) como o peso médio totais (PMT) responderam às doses de fosfato. Porém, a QT tendeu para um patamar máximo de 8.940

(Figura 2A), enquanto que o PMT continuou a aumentar mesmo para doses mais altas, atingindo 7,52 kg por fruto, com a dose de 206 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 7,52 kg por fruto (Figura 2B), respectivamente.

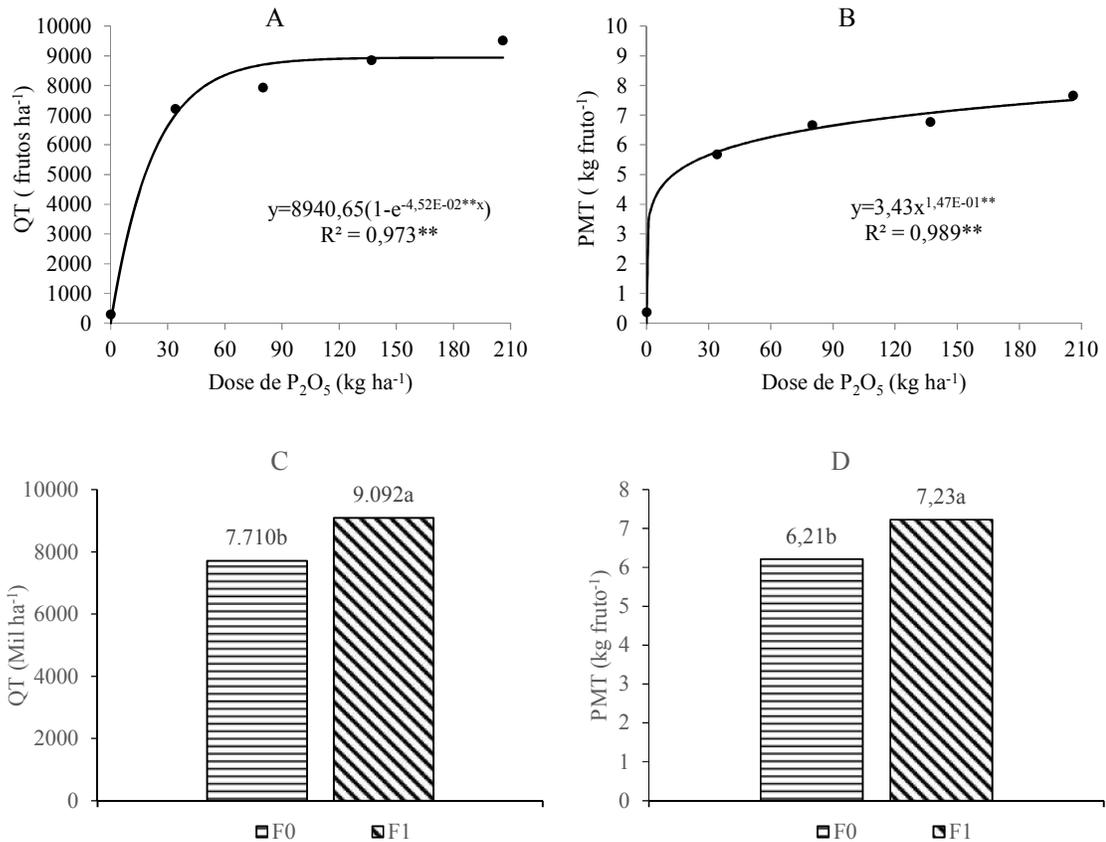


Figura 2. Quantidade - QT (A) e peso médio totais dos frutos - PMT (B) da melancia cv. Magnum em função de doses de fósforo; e médias de QT (C) e PMT (D) nas adubações F0 e F1. Mossoró-RN, UFERSA, 2014-2015.

Aumento do número de frutos da abóbora do segundo ciclo de cultivo sob efeito da aplicação de fósforo foi verificado por Mohammad et al. (2004). Em trabalho com a cultura do meloeiro, Faria et al. (1994) verificaram que o P da adubação mineral contribuiu para o aumento do número de frutos no primeiro ciclo e do peso médio de frutos do meloeiro em dois ciclos de cultivo da cultura.

O P tem efeito sobre o crescimento da planta, na formação de flores e sementes (Marschner, 2012), de modo que podem ser esperadas respostas na quantidade e no crescimento de frutos, principalmente em solos com deficiência desse nutriente. Segundo Filgueira (2008),

o P é o macronutriente que tem sido verificada maior resposta pela cultura tanto em produtividade como em tamanho do fruto da melanciaira.

Considerando as diferenças entre as formas de adubação (Figura 2C -2D), estimam-se QT de 8.248 (0,99 frutos planta⁻¹) e 9.631 (1,16 frutos planta⁻¹) frutos ha⁻¹ e PMT de 7,01 e 8,02 kg para as adubações F0 e F1, respectivamente com uma dose de 206 kg ha⁻¹ de P₂O₅. Esses máximos de QT e PMT na adubação F0 podem ser obtidos com doses de 41 e 77 kg ha⁻¹ de P₂O₅ na adubação F1, respectivamente.

Em trabalho realizado em solo calcário com a cv. Magnum (5.847 plantas ha⁻¹) verificou-se PMT acima de 7,94 kg a partir de 76 kg ha⁻¹ de P₂O₅ aplicado em pré-plantio, porém com uma QT de 4.630 frutos ha⁻¹ (0,79 frutos planta⁻¹).

Diferenças de densidade de plantio da cultura podem interferir na produção da planta, uma vez que tem efeito sobre a competição por água, luz e nutrientes (Bastos et al., 2008). Saraiva et al. (2013) verificaram maior produtividade da melanciaira cv. Crimspn Sweet com o aumento da densidade de plantio, apesar de terem observado maior peso dos frutos no sistema de menor densidade.

Para PMC, houve diferença significativa apenas para o contraste entre a média dos tratamentos do fatorial (7,91 kg) e o tratamento sem P na adubação (C₀), porém não foram observados frutos comerciais neste, sendo considerado o valor zero para o mesmo.

Enquanto para a quantidade de frutos comerciáveis (QC), houve efeito isolado de doses (Figura 3A) e formas de adubação fosfatada (Figura 3B).

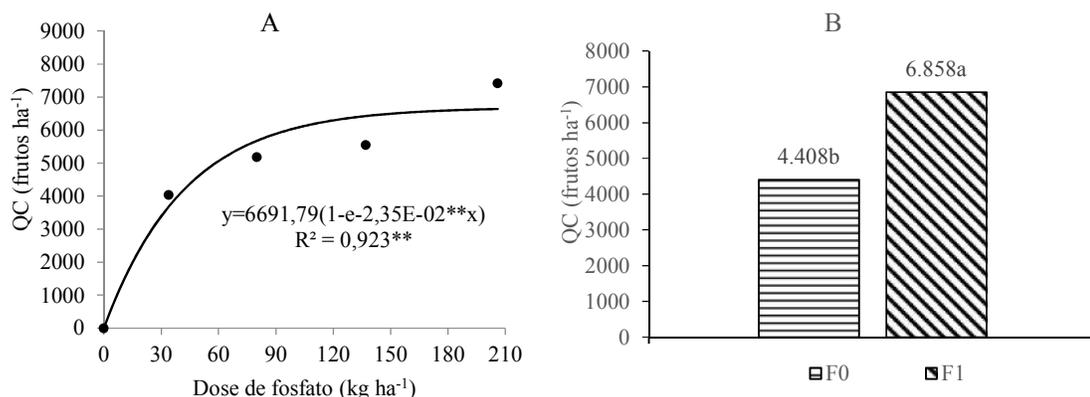


Figura 3. Quantidade de frutos comerciáveis (QC) da melanciaira cv. Magnum em função de doses de fósforo (A) e em função das formas de adubação: em pré-plantio (F0) e em pré-plantio mais cobertura (F1) (B). Mossoró-RN, UFERSA, 2014-2015.

Na maior dose de fosfato aplicada, estimou-se uma média de 6.639 frutos comerciáveis ha⁻¹ (0,80 frutos planta⁻¹) (Figura 3A). A diferença entre F1 e F0 para esta característica foi de 2.449 frutos ha⁻¹ (Figura 3B) ou 0,29 frutos planta⁻¹, que é bem maior que a verificada para a quantidade total (1.383 frutos ha⁻¹). Isto pode ser explicado pelo efeito positivo do P em pré-plantio + fertirrigação (F1) sobre o PMT, aumentando a proporção de frutos maiores que 6 kg (padrão comercial).

O parcelamento de P por meio de fertirrigação provavelmente permitiu a saturação dos sítios de fixação do solo, melhorando a distribuição do nutriente (Laurindo et al., 2010; Zanini et al., 2007), refletindo na resposta da cultura a adubação.

Em trabalho investigativo sobre as causas da variação da produtividade do melão fertirrigado, Miranda et al. (2006) verificaram que o teor de P no solo foi o fator que teve maior influência sobre a produtividade de frutos com padrão comercial devido a sua influência sobre o número e peso dos frutos.

Houve interação significativa entre doses e formas de adubação para firmeza de polpa, porém, foram observadas diferenças apenas para a forma de adubação dentro da dose de 206 kg ha⁻¹ de P₂O₅, com a adubação F1 apresentando média superior (Tabela 4). Maiores valores para esta característica normalmente são associados com a conservação da qualidade dos frutos após a colheita (Barros et al., 2012).

Tabela 4. Firmeza de polpa¹ (Newton) da melancia cv. Magnum sob influência de diferentes doses e de adubação fosfatada em pré-plantio (F0) e em pré-plantio + fertirrigação (F1). Mossoró-RN, UFERSA, 2014-2015.

Dose de P ₂ O ₅ (Kg ha ⁻¹)	F0	F1
34	8,07Aa	8,63Aa
80	8,44Aa	8,95Aa
137	8,72Aa	7,61Aa
206	6,68Ba	9,65Aa

¹Letras maiúsculas e minúsculas iguais não diferem entre si nas linhas e nas colunas, respectivamente, ao nível de 5% de probabilidade.

Em trabalho com a cultura do melão, Martuscelli et al. (2015) verificaram que melhor desempenho agrônômico e na qualidade dos frutos com dose de 200 kg ha⁻¹ de P₂O₅. Os autores especularam que o efeito do P na fertirrigação sobre a firmeza da polpa dos frutos pode ter sido uma consequência indireta do metabolismo do P no transporte de Ca para os mesmos.

Quanto aos sólidos solúveis (SS), obteve-se média geral de 11,44° Brix, que é considerada alta, uma vez que normalmente o mercado exige um mínimo de 10° Brix (Barros

et al., 2012). Em trabalho anterior em que se avaliou doses e formas de adubação fosfatada na mesma cultivar em solo de origem calcária também não se verificou diferença estatística para SS, com média de 10,73° Brix.

3.2. Produtividade e qualidade de frutos: 103 kg ha⁻¹ de P₂O₅ por cobertura

Quanto as características de produção, de forma geral, o tratamento com 103 kg ha⁻¹ de P₂O₅ aplicados somente por cobertura (C₁₀₃) foi superior a adubação em pré-plantio (F0). A PT obtida com a aplicação de fosfato somente na fertirrigação na dose de 103 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (C₁₀₃) correspondeu a 71,46 Mg ha⁻¹, sendo equivalente a dose de 140 kg ha⁻¹ de P₂O₅ da adubação F1 (Figura 1A).

Considerando a PT para uma mesma dose (103 kg ha⁻¹ de P₂O₅), o C₁₀₃ mostra-se superior em aproximadamente 45% e 8% em relação as obtidas com as adubações F0 e F1, respectivamente.

Porém, quanto a QT, o C₁₀₃ (9.375 frutos ha⁻¹ ou 1,13 frutos planta⁻¹) foi equivalente a dose de 78 kg ha⁻¹ de P₂O₅ da adubação F1 (Figura 2). Assim, as diferenças de PT para uma mesma dose entre a adubação F1 e o tratamento C₁₀₃ podem ser atribuídas principalmente ao PMT deste (7,59 kg), que é equivalente a 138 kg ha⁻¹ de P₂O₅ em F1.

O efeito do manejo da adubação sobre o PMT pode ter relação com a fração de P na fertirrigação. Para as adubações F0, F1 e o tratamento C₁₀₃ tem-se frações de 0%, 33% de 100% na fertirrigação, respectivamente, considerando uma mesma dose (103 kg ha⁻¹ de P₂O₅). Marouelli et al. (2015) verificaram máxima resposta para a massa média de frutos do tomateiro ao aplicar 47% da dose total de P (600 kg ha⁻¹ de P₂O₅) na fertirrigação.

A produtividade comercial do C₁₀₃ (68,91 Mg ha⁻¹) foi 39,66% superior a máxima obtida na adubação F0 (49,34 Mg ha⁻¹) e foi equivalente a uma dose de 204 kg ha⁻¹ de P₂O₅ na adubação F1. Isto pode ser explicado pelo efeito do C₁₀₃ sobre o PMT, refletindo na quantidade - QC (8.681 frutos ha⁻¹) e proporção de frutos comerciáveis (Tabela 5).

Diferenças quanto a eficiência de utilização do P do fertilizante podem ser atribuídas às fontes utilizadas, principalmente por se tratar de solo arenoso, em que o efeito da capacidade de “fixação” do P pelo solo é menos expressivo (Bedin et al., 2003).

Em trabalho com a cultura do melão em solo de textura arenosa, Brito et al. (2000) observaram que a produtividade comercial sob efeito do ácido fosfórico na fertirrigação (até 42 dias após a germinação) foi estatisticamente superior a convencional, quando a fonte utilizada foi o superfosfato simples, porém não diferiu quando se utilizou o MAP.

Tabela 5. Distribuição percentual dos frutos da melancia cv. Magnum por classe de peso¹ em relação às doses de fósforo dentro de cada forma de adubação (F0 e F1) e para o tratamento adicional C₁₀₃. Mossoró-RN, UFERSA, 2014-2015.

Dose de P ₂ O ₅	%		
	NC ²	6 a 7 kg	>7 kg
F0			
34	53,21	20,18	26,61
80	43,75	12,85	43,40
137	47,83	4,35	47,83
206	31,43	8,57	60,00
F1			
34	38,46	23,08	38,46
80	17,98	24,72	57,30
137	28,57	28,57	42,86
206	13,16	15,79	71,05
C ₁₀₃			
103	7,41	37,85	54,75

¹Dados observados. ²NC – frutos não comerciáveis (menor que 6 kg ou rachados, manchados, malformados, podres, queimado do sol e atacados por animais, pragas ou doenças).

Quanto as características qualitativas firmeza e SS, o C₁₀₃ apresentou médias de 9,56 N e 11,08 °Brix, respectivamente, porém o contraste C₁₀₃ vs. Fatorial não foi significativo (Apêndice B5).

3.3. Eficiência da adubação

Considerando as produtividades comerciais estimadas e coeficientes técnicos apresentados por Dias et al. (2010) atualizados para novembro de 2014 (1 US\$ = 2,60), foram obtidos os índices econômicos abaixo (Tabela 6).

Maiores rendimentos líquidos (RL) correspondem a máxima eficiência econômica (MEE), a qual ocorreu para a maior dose de fosfato (206 kg ha⁻¹) em ambas as formas de adubação (Tabela 6), sendo que o RL na adubação F1 é superior a F0 em R\$ 11.970,19 por hectare.

Mesmo admitindo um preço de venda 40% menor (R\$ 0,37 por kg), não há mudança na dose de MEE, porém as diferenças de RL entre F1 e F0 reduzem para R\$ 7.228,50. Em experimento realizado em 2013 em solo de origem calcária, verificaram-se diferenças de RL de

R\$ 277,68 entre as formas de adubação nas doses ótimas das adubações em pré-plantio + fertirrigação (397 kg ha⁻¹ de P₂O₅) e somente em pré-plantio (254 kg ha⁻¹ de P₂O₅).

Tabela 6. Produtividade comercial estimada, Receita bruta (RB), custo com o fertilizante fosfatado (CFF), custo total (C), receita líquida (RL) e relação benefício/custo (B/C) em função dos tratamentos aplicados na cultura da melancia cv. Magnum em solo arenoso. Mossoró-RN, UFERSA, 2014-2015.

Dose de P ₂ O ₅	Produtividade Mg ha ⁻¹	RB ¹	CFF	CT ²	RL	B/C
		-----R\$-----				
F0						
34	19,18	11698,73	157,42	7747,28	3951,45	1,51
80	30,87	18830,98	370,40	7960,26	10870,73	2,37
137	40,52	24719,70	634,31	8224,17	16495,54	3,01
206	49,34	30098,08	953,78	8543,64	21554,44	3,52
F1						
34	38,94	23750,51	239,02	7828,88	15921,64	3,03
80	50,63	30882,77	452,00	8041,86	22840,91	3,84
137	60,28	36771,49	715,91	8305,77	28465,72	4,43
206	69,10	42149,87	1035,38	8625,24	33524,63	4,89
C ₁₀₃						
103	68,91	42033,87	724,09	8313,95	33719,92	5,06

¹Considerando o menor preço médio regional (R\$ 0,61 por kg) no mês de Janeiro de 2015 (PROHORT, 2015).

²Custos totais (DIAS et al., 2010), incluindo os respectivos custos com os fertilizantes fosfatados (R\$ 4,63 e R\$ 7,03 por kg de P₂O₅ para SFT e MAP, respectivamente).

O C₁₀₃ é o tratamento que tem a maior eficiência econômica (Tabela 6), visto que apresenta maior RL (R\$ 33.719,92), sendo superior a máxima RL da adubação F1 em R\$ 195,29 por hectare. Porém, considerando uma valorização no preço da melancia (a partir de R\$ 1,64 por kg) a ponto de cobrir as diferenças entre os custos com o fertilizante fosfatado, a adubação em pré-plantio mais cobertura (F1) se tornaria mais interessante.

Outra situação em que a adubação F1 pode se tornar mais conveniente é na hipótese de uma valorização a partir de 40% sobre o kg do MAP (relação de preços por kg de P₂O₅: MAP/SFT > 2,1), mantendo as demais condições constantes. Outras simulações podem ser realizadas considerando as possíveis mudanças nos cenários futuros de oferta e demanda de produção de fertilizantes fosfatados, tendo em vista tratar-se de recurso não-renovável (Fixen, 2009).

As eficiências agronômicas (EA) foram de 669,01 kg kg⁻¹ de P₂O₅ para o C₁₀₃, de 335,43 para F1 e de 239,52 kg kg⁻¹ de P₂O₅ para F0 na dose de MEE (206 kg ha⁻¹ de P₂O₅).

Uma EA de 97 kg kg⁻¹ de P₂O₅ foi verificado por Silva et al. (2014) para a cv. Olímpia sob uma dose de 218 kg ha⁻¹ de P₂O₅ em estudo realizado em um Cambissolo Eutrófico. Porém, mesmo na dose zero, os autores informaram produtividade de 18,38 Mg ha⁻¹, aproximadamente.

A inexistência de produção comercial na dose zero devido a baixa disponibilidade inicial de P no solo e a baixa capacidade de tamponamento (Pr de 50 mg L⁻¹) aumentou a resposta relativa da cultura, afetando os resultados de EA no presente trabalho.

Em trabalho anterior realizado em solo calcário (Pr = 24 mg L⁻¹) com a mesma cultivar verificaram-se EAs de 175 e 119 kg kg⁻¹ de P₂O₅ nas doses de MEE para os tratamentos com P em pré-plantio (254 kg ha⁻¹ de P₂O₅) e em pré-plantio + fertirrigação (397 kg ha⁻¹ de P₂O₅), respectivamente.

Os resultados apresentados podem ser explicados pela maior disponibilização do P no solo (Mehlich-1) com o tratamento C₁₀₃ (23,08 mg dm⁻³), o qual foi estatisticamente superior ao F0 (4,64 mg dm⁻³) e ao F1 (12,66 mg dm⁻³), que também diferiram entre si (Figura 4).

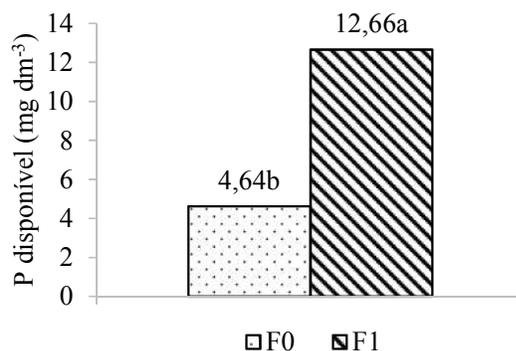


Figura 4. Teores de P disponível no solo (Mehlich-1) após o primeiro ciclo de cultivo da melancia cv. Magnum em função da forma de adubação: pré-plantio (F0) e pré-plantio + fertirrigação (F1). Mossoró-RN, UFERSA, 2014-2015.

O baixo poder tampão para P do solo estudado (Prem) deve ter contribuído para aumentar a eficiência do tratamento C₁₀₃, por permitir a manutenção das concentrações de P em solução, aumentando a sua mobilidade a favor do fluxo de massa desde a superfície até o interior do solo (Azevedo et al., 2016).

Assim, a aplicação de P por meio de fertirrigação elevou os níveis de P no solo, desempenhando um papel semelhante a uma adubação corretiva (fosfatagem), aumentando a eficiência do sistema de adubação.

Em solos com altos teores de P pode ser desnecessária a adubação fosfatada para a cultura da melancia (Geleta et al., 2006). Todavia, há que considerar que o remanescente de P da fertirrigação, que não é absorvido pela cultura, estará mais susceptível a ser adsorvido mais fortemente pelo solo no longo prazo, podendo reduzir a eficiência do sistema.

Além disso, a tomada de decisão com enfoque apenas na redução das doses, ao logo de um único ciclo de cultivo, não atende à necessidade para uma maior sustentabilidade. Dessa forma, são necessários estudos que envolvam a avaliação do poder residual da adubação, bem como dos eventuais riscos de poluição resultante da aplicação de fertilizantes altamente solúveis em solos arenosos.

4. CONCLUSÕES

A adubação fosfatada teve efeito sobre a firmeza de polpa e características de produção avaliadas, com destaque para a adubação em pré-plantio mais cobertura na dose de 206 kg ha⁻¹ de P₂O₅. Porém, a aplicação de 103 kg ha⁻¹ de P₂O₅ somente por cobertura via fertirrigação mostrou-se mais eficiente, com produtividade comercial equivalente à dose de 204 kg ha⁻¹ de P₂O₅ da adubação F1.

A produtividade comercial na dose de 34 kg ha⁻¹ de P₂O₅ em cobertura (38,94 Mg ha⁻¹) foi equivalente a 79% da máxima obtida com a adubação convencional em pré-plantio - F0₂₀₆ (49,34 Mg ha⁻¹).

REFERÊNCIAS

ALVAREZ V.; V. H.; NOVAIS, R. F.; DIAS, L. E. & OLIVEIRA, J. A. Determinação e uso do fósforo remanescente. **Boletim Informativo da SBCS**, 25:27-32, 2000.

AMARAL, F. C. S. (Ed). **Sistema Brasileiro de Classificação de Terras para Irrigação: Enfoque na Região Semi-Árida**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011, 164 p.

AZEVEDO, B. M., FERNANDES, C. N. V., DO NASCIMENTO NETO, J. R., DE ARAÚJO VIANA, T. V., VASCONCELOS, D. V., & DIAS, C. N. Frequência da fertirrigação fosfatada na produtividade da cultura da melancia. **Irriga**, v. 21, n. 2, p. 257-268, 2016.

BARROS, M. M.; ARAÚJO, W. F.; NEVES, L. T. B. C.; CAMPOS, A. J. & TOSIN, J. M. Produção e qualidade da melancia submetida a adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 10, p. 1078-1084, 2012.

BASTOS, F. G. C., DE AZEVEDO, B. M., DE LIMA REGO, J., DE ARAÚJO VIANA, T. V., & D'ÁVILA, J. H. T. Efeitos de espaçamentos entre plantas na cultura da melancia na Chapada do Apodi, Ceará. **Revista Ciência Agronômica**, v. 39, n. 2, p. 240-244, 2008.

BEDIN, I., FURTINI NETO, A. E., RESENDE, A. V., FAQUIN, V., TOKURA, A. M., & SANTOS, J. Z. L. Fertilizantes fosfatados e produção da soja em solos com diferentes capacidades tampão de fosfato. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 4, p. 639-646, 2003.

BRITO, L. T. L.; SOARES, J. M.; FARIA, C. M. B.; COSTA, N. D. Fontes de fósforo aplicadas na cultura do melão via água de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 4, p. 19-22, 2000.

DIAS, R. C. S.; RESENDE, G. M.; CORREIA, R. C.; COSTA, N. D.; BARBOSA, G. S.; TEIXEIRA, F.; A. **Sistema de Produção de Melancia**. Custos e rentabilidade. Embrapa Semiárido: Sistema de Produção, 6. 2010. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Melancia/SistemaProducaoMelancia/rentabilidade.htm>>. Acesso em: 25 Out. 2015.

FARIA, C. M. B.; PEREIRA, J. R.; POSSIDIO, E. L. Adubação orgânica e mineral na cultura do melão em um Vertissolo do Submédio São Francisco. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 29, n. 2, 1994.

FERREIRA, D. F. **Sistemas de análises de variância para dados balanceados: programa de análises estatísticas e planejamento de experimentos**. SISVAR Versão, v. 4, 2010.

FILGUEIRA, F.A.R. **Novo Manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3 ed. Viçosa: UFV, 2008, 421p.

FIXEN, PAUL E. World fertilizer nutrient reserves—a view to the future. **Better Crops**, v. 93, n. 3, p. 8-11, 2009.

GELETA, S. B., BRIAND, C. H., WOMACK, H. E., BRINSFIELD, R. B., & MULFORD, F. R. Is phosphorus fertilization necessary for watermelon production on high phosphorus soils?. **Canadian journal of plant science**, v. 86, n. 1, p. 205-211, 2006.

GONÇALVES, F. C.; SOUSA, V. D. F. L.; NOVO JUNIOR, J.; GRANGEIRO, L. C.; MEDEIROS, J. F., CECÍLIO FILHO, A. B., & MARROCOS, S. D. T. P. Productivity and quality of watermelon as function of phosphorus doses and variety. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 44, p. 4461-4469, 2016.

IBGE – Instituto brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Agrícola Municipal, 2015**. Rio de Janeiro: IBGE, 2016. Disponível em: <www.sidra.ibge.gov.br>. Acesso em 28 dez. 2016.

LAURINDO, V. T.; SILVA, G. O.; PAVANI, L. C.; QUAGGIO, J. A. Padrão de distribuição de K⁺, Ca⁺⁺, Mg⁺⁺ e P no solo de um pomar de citros em função da fertirrigação. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 30, n. 5, p. 909-921, 2010.

LIMA, E. A.; NASCIMENTO, D. A.; DOURADO, T. D. C.; BRANDÃO, L. C. R. & BERALDO, V. J. Mapeamento hidrogeológico das folhas SB.24-X-B / - X-D – Areia Branca/Mossoró. **Revista Águas Subterrâneas** - Suplemento XIV Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, p. 1-13, 2006.

MAROUELLI, W. A., GUIMARAES, T. G., BRAGA, M. B., & DE CARVALHO, W. L. Frações ótimas da adubação com fósforo no pré-plantio e na fertirrigação por gotejamento de tomateiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 50, n. 10, p. 949-957, 2015.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 3.ed London: Elsevier, 2012. 643 p.

MARTUSCELLI, M., DI MATTIA, C., STAGNARI, F., SPECA, S., PISANTE, M., & MASTROCOLA, D. Influence of phosphorus management on melon (*Cucumis melo* L.) fruit quality. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 96, n. 15, p. 2715-2722, 2015.

MERRIAM, J. L.; KELLER, J. **Farm irrigation system evaluation: a guide for management**. Logan: Utah State University, 1978. 271p.

MIKKELSEN, R. L. The “4R” nutrient stewardship framework for horticulture. **HortTechnology**, v. 21, n. 6, p.658-662, 2011.

MIRANDA, N.O.; OLIVEIRA, T.S.; MEDEIROS, J.F.; LEVIEN, S.L.A. Causas da variação em produtividade e qualidade do melão em um Latossolo Vermelho-Amarelo fertirrigado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.36, n.2, p.487-93, 2006.

MOHAMMAD, M. J.; HAMMOURI, A.; FERDOWS, A. E. Phosphorus fertigation and preplant conventional soil application of drip irrigated summer squash. **Journal of Agronomy**, 3 (3): 162-169, 2004.

SANTOS, A. P. F.; SOUZA, M. S.; MEDEIROS, J. F.; CHAVES, S. W. P.; SILVA, M. V. T.; AROUCHA, E. M. M. Produção da melancia cv. olímpia fertirrigada com diferentes doses de nitrogênio e fósforo. In: **Reunião sulamericana para manejo e sustentabilidade da irrigação em regiões áridas e semiáridas**. Cruz das Almas, BA, 2011a.

SANTOS, J. Z. L., FURTINI NETO, A. E., RESENDE, A. V., CARNEIRO, L. F., CURI, N. AND MORETII, B. S. Resposta do feijoeiro à adubação fosfatada em solos de cerrado com diferentes históricos de uso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 35, 193-202. 2011b.

SARAIVA, K. R.; VIANA, T. V. A.; COSTA, S. C.; COELHO, E. L., CELEDONIO, C. A., LIMA, G. H. P. Influência da densidade de plantio da cultura da melancia sobre suas características de produção, na chapada do apodi, ce. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada** v. 7, n. 2, p. 128-135, 2013.

SCIENTIFIC, J. **Table curve: curve fitting software**. Corte Madera, 1991. 280p.

SILVA, F. C. (Ed.). **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Embrapa Informação Tecnológica. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009.

SILVA, J. R., DE SOUSA NUNES, G. H., DE NEGREIROS, M. Z., TORRES, J. F., & DANTAS, M. S. M. Interação genótipo x ambiente em melancia no estado do Rio Grande do Norte. **Revista Caatinga**, v. 21, n. 1, 2008.

SILVA, M. V. T.; SANTOS, A. P. F. OLIVEIRA, F. L.; SOUSA, M. S. & MEDEIROS, J. F. Eficiência agronômica e fisiológica na melancia fertirrigada com diferentes doses de nitrogênio e fósforo. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 9, n. 2, p. 264-269, 2014.

SYERS, J., JOHNSTON, A. & CURTIN, D. Efficiency of soil and fertilizer phosphorus use. Rome: **Food and Agriculture Organization of United Nations**, 2008, 108 p.

ZANINI, J. R.; BARRETO, A. K. G.; FORATO, L. C.; NATALE, W. Distribuição de fósforo no bulbo molhado, aplicado via fertirrigação por gotejamento com ácido fosfórico. **Engenharia Agrícola**, v.27, p.180-193, 2007.

CAPÍTULO IV

MARCA DE ABSORÇÃO DE NUTRIENTES DA MELANCIA ‘MAGNUM’ SUBMETIDA AO MANEJO DA ADUBAÇÃO FOSFATADA EM SOLO CALCÁRIO

RESUMO: A cultura da melancia tem grande importância econômica e social no Estado do Rio Grande do Norte e região e, dessa forma, existe uma grande demanda por informações para um manejo adequado das adubações, particularmente para o P, em razão da dinâmica desse elemento no solo e por sua baixa disponibilidade em muitos solos da região. O objetivo com este trabalho foi avaliar a produção de biomassa e a extração de macronutrientes da melancieira cv. Magnum irrigada sob influência da adubação fosfatada. O experimento foi realizado em um Cambissolo, de textura média, em Upanema-RN, no delineamento experimental de blocos ao acaso, no esquema fatorial e de parcelas subdivididas, com quatro repetições. Os tratamentos consistiram nas doses de 76, 168, 275 e 397 kg ha⁻¹ de P₂O₅, as quais foram aplicadas de duas formas: F0- 100% em pré-plantio e F1 – em pré-plantio + fertirrigação (50 kg ha⁻¹ como MAP). Foram aplicados ainda dois tratamentos adicionais: Adc₁ – sem fosfato; e Adc₂ – com fosfato somente na fertirrigação. A adubação F1 proporcionou maiores acúmulos de P e de S, porém, de forma geral, os efeitos das doses foram dependentes do sistema de adubação, destacando-se os tratamentos F0₂₇₅ e F1₁₆₈ em termos de acúmulo de biomassa e dos demais macronutrientes.

PALAVRAS-CHAVE: *Citrullus lanatus*, fertirrigação, fósforo

NUTRIENT UPTAKE OF WATERMELON ‘MAGNUM’ UNDER PHOSPHATE FERTILIZATION EFFECT ON CALCAREOUS SOIL

ABSTRACT: The culture of watermelon has great economic and social importance in the state of Rio Grande do Norte and thus there is a great demand for information on appropriate management of fertilizers, particularly for P, because of the dynamics of this element in the soil and its low availability in many soils of the region. Thus, the aim of this study was to evaluate the production of biomass and macronutrients extraction of watermelon cv. Magnum irrigated under the influence of phosphate fertilization. The experiment was performed on a Cambisol with media texture in Upanema, RN, Brazil. A randomized blocks design, in a factorial and split plot outline with four replications was used. The treatments were the following doses: 76, 168, 275 and 397 kg ha⁻¹ P₂O₅, which was applied in two ways: F0- 100% pre-planting and F1 - pre-

planting + fertigation (50 kg ha⁻¹ of P₂O₅ as MAP), wherein the fraction preplant consisted of localized supply as triple superphosphate in pits side of the dripline, each 0.30 m. They were also applied two additional treatments: Adc1 - without phosphate; and Adc2 - with only phosphate in fertigation. F1 fertilization resulted in higher accumulation of P and S, but, in general, the effects of doses were dependent on fertilization system, highlighting the F0₂₇₅ and F1₁₆₈ treatments in terms of accumulation of biomass and the other macronutrients.

KEYWORDS: *Citrullus lanatus*, fertirrigation, phosphorus

1. INTRODUÇÃO

A obtenção de modelos de crescimento e de absorção de nutrientes pelas plantas por meio da análise da partição de sua biomassa, bem como de sua composição química são essenciais na nutrição e adubação das culturas, principalmente para culturas de ciclo curto como a melancia, permitindo o atendimento da demanda da planta nos períodos de maior exigência (Almeida et al., 2014). Entretanto, a absorção e proporção entre os nutrientes dependem tanto da cultivar como de fatores externos que influenciam o processo.

Segundo Fernandes & Soratto (2012), diversos trabalhos têm mostrado que o nível nutricional de fósforo (P) pode afetar a absorção de outros nutrientes e consequentemente a nutrição e produção das culturas.

Apesar disso, muitos estudos consideram apenas as variações ontogenéticas da absorção e utilização dos nutrientes pela cultura, desprezando os efeitos decorrentes de seu manejo nutricional. Segundo Araújo & Rossiello (2013), a análise das taxas de absorção por meio de estudos desta natureza permite avaliar a resposta à disponibilidade de nutrientes, bem como identificar e interpretar as relações fonte-dreno.

Na cultura da melancia, estas relações sofrem grande alteração após a polinização, visto que os frutos são drenos preferenciais em relação aos órgãos vegetativos (Lins et al., 2013). Nestas condições, os nutrientes minerais ganham importância como fatores limitantes da produtividade, particularmente quando associado a um declínio da absorção dos mesmos pelas raízes (Marschner, 1995).

De forma geral, o P tem sido considerado um dos nutrientes mais limitantes, inclusive em solos calcários (Mohammad et al., 2004), em função da reduzida solubilidade dos compostos de P em pH mais elevado e das precipitações com Ca e Mg (Hopkins et al., 2014).

Silva et al. (2012) explicam que a absorção do P pela cultura da melancia é baixa devido a sua baixa mobilidade no solo e a grande proporção que fica adsorvida aos colóides.

Assim, o P é demandado em grandes quantidades nas adubações, principalmente em solos de origem tropical, sendo que a recomendação geral é a aplicação da dose total de forma localizada, de modo a reduzir o contato com o solo.

Todavia, Barreto & Fernandes (2002) levantaram a hipótese de que a mistura do adubo fosfatado com maiores frações do solo poderia em certos casos incrementar a eficiência de uso do adubo fosfatado, particularmente em solos com baixos teores de argila e de óxidos de ferro e de alumínio, em contraste com os solos ácidos tropicais típicos.

Para Mohammad et al. (2004), a aplicação convencional do P em pré-plantio tem a vantagem de prover altas concentrações na solução do solo nos estágios iniciais das culturas, porém um suprimento contínuo do P por meio da água de irrigação (fertirrigação) pode aumentar a absorção de P ao final do ciclo de produção, particularmente para culturas com volume radicular mais restrito.

Estudos deste tipo são escassos para a cultura da melancia, particularmente nas condições de solo e clima do Estado do Rio Grande do Norte e região. Desse modo, objetivou-se com este trabalho avaliar a produção de biomassa e a extração de macronutrientes da melancieira cv. Magnum em solo calcário sob influência do manejo da adubação fosfatada.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi conduzido no período de setembro a novembro de 2013 em um Cambissolo sobrejacente a formação do Calcário Jandaíra, sem histórico de cultivo, estando localizado na fazenda Roçado Grande, município de Upanema, região do Agropólo Mossoró-Assu, Estado do Rio Grande do Norte, sob as coordenadas 5°35'04" S e 37°12'08" W e altitude de 122 m. O clima predominante na região é quente e seco - tipo BSw^h, segundo a classificação climática de Köppen.

Durante o período experimental, a temperatura média diária do ar variou entre 26,9 e 28,2°C e a umidade relativa do ar média foi de 65% (dados da estação automática de Mossoró A318 - INMET).

Antes da instalação do experimento foi realizada amostragem da camada de 0-20 cm para caracterização físico-química (Tabela 1).

O experimento foi conduzido em delineamento experimental de blocos ao acaso, em esquema fatorial (2 x 4 + 2) x 4, com duas formas de manejo da adubação e quatro doses de P e mais dois tratamentos adicionais e em parcelas subdivididas no tempo, correspondente a quatro épocas.

As formas de adubação fosfatada consistiram na aplicação em pré-plantio (F0) e em pré-plantio + cobertura (F1) que foram combinadas com quatro doses de P₂O₅ (76, 168, 275 e

397 kg ha⁻¹). As doses em pré-plantio foram aplicadas manualmente, utilizando o superfosfato triplo - SFT (41% P₂O₅), enquanto que a adubação de cobertura foi realizada via água de irrigação (fertirrigação), utilizando fosfato monoamônico - MAP (60% P₂O₅), equivalente a 50 kg P₂O₅ ha⁻¹.

Tabela 1. Características do solo¹ e da água de abastecimento. Upanema-RN, UFERSA, 2013.

Solo										
Argila	Silte	Areia	pH _(H2O)	M.O.	P	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Al ³⁺	H+Al
-----g kg ⁻¹ -----				g kg ⁻¹	mg	-----mmolc dm ⁻³ -----				
228	87	685	7,4	23,86	4	48,4	21,1	5,6	0,0	14,9
B	Cu		Fe		Mn		Zn		Pr	
-----mg kg ⁻¹ -----										
0,21	0,8		0,7		17,9		7,0		24	
Água										
C.E.	pH	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻	RAS	
dSm ⁻¹		-----mmolc L ⁻¹ -----						(mmolc L ⁻¹) ^{0,5}		
0,47	7,8	2,25	0,89	0,44	2,16	1,31	4,0	0,16	1,72	

¹As determinações químicas no solo seguiram roteiro preconizado por Silva (2009). M.O. = matéria orgânica. pH em água (1: 2,5). Extratores químicos: Mehlich-1 for P, K and Na; KCl 1N para Ca, Mg and Al; Acetato de cálcio a pH 7,0 para H+Al; solução DTPA (pH=7,3) para Cu, Fe, Mn e Zn e B disponível foi extraído com HCl (0.05M), na razão solo/extrator de 1:2. Pr representa o P remanescente obtido após uma hora de agitação em solução de CaCl₂ 0,01 M, com 60 mg L⁻¹ of P, na razão solo/solução de 1:10, deixando-se descansar por 16 h. A fração argila foi obtida pelo método da pipeta; silte pela diferença de massa entre a amostra total e a areia por tamisação.

Foram aplicados ainda dois tratamentos adicionais, que consistiram na ausência de aplicação de P (Adc₁) e com aplicação apenas por cobertura de 50 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (Adc₂) (Tabela 2).

Tabela 2. Doses de P₂O₅ (kg ha⁻¹) correspondentes aos tratamentos com (F1) e sem fertirrigação fosfatada (F0). UPANEMA-RN, UFERSA, 2013.

Pré-plantio	Fertirrigação	Total	Pré-plantio	Fertirrigação	Total
-----F0-----			-----F1-----		
76	-	76	26	50	76
168	-	168	118	50	168
275	-	275	225	50	275
397	-	397	347	50	397

O solo foi previamente preparado por meio de aração e gradagem, sendo levantados os camalhões com 0,30 m de altura por 0,60 m de largura. A área das parcelas experimentais era de 27,36 m² (14,4 m x 1,9 m) sendo a parcela útil de 13,68 m² (7,2 m x 1,9 m), contendo um total de oito plantas, dispostas no espaçamento de 0,90 x 1,9 m.

A cultivar utilizada no experimento foi a ‘Magnum’, cujos frutos tem formato oblongo, com casca escura e listras claras, tendo boa tolerância a queimaduras de sol e resistência ao transporte.

As mudas foram produzidas em bandejas de poliestireno expandido com 200 células preenchidas com substrato agrícola comercial Plantimax e fibra de coco. Quando as mudas apresentaram duas folhas definitivas transplantou-se para a área aos sete dias após a emergência (DAE) ou doze dias após a semeadura (DAS), em 28 de setembro de 2013.

O sistema de irrigação adotado foi o gotejamento, com emissores espaçados de 0,30 m, sendo realizadas irrigações diárias. O sistema de irrigação foi avaliado por três vezes durante o cultivo, de acordo com Merriam e Keller (1978), tendo vazão média e coeficientes de uniformidade de emissão de 1,20 L h⁻¹ e 93,2 %, respectivamente. O manejo da irrigação foi realizado pelo monitoramento da umidade do solo com auxílio de tensiômetros, de modo a manter o solo com potencial matricial superior a -30 kPa.

Outras práticas culturais, como capinas, pulverizações, penteamento e raleio de frutos foram realizadas conforme a necessidade. Para assegurar a polinização da cultura, foram instaladas colmeias próximo a parea experimental.

A adubação fosfatada em pré-plantio foi aplicada manualmente em covas a cada 0,30 m e ao lado de cada emissor. Junto ao fertilizante fosfatado foram aplicados ainda 100 kg ha⁻¹ do fertilizante Barimicro (FTE BR12), contendo 1,8 % de B; 0,8 % de Cu; 2,0 % de Mn; 9,0 % de Zn; e 4,0 % de S.

As aplicações em cobertura foram feitas por meio de fertirrigação através de dois tanques de derivação conectados em redes separadas de irrigação, sendo uma correspondente aos tratamentos com adubação fosfatada somente em pré-plantio; e na outra, os com adubação fosfatada em pré-plantio mais cobertura.

N e K foram aplicados via fertirrigação de modo a atender as necessidades da planta, que foram estimadas com base em modelos desenvolvidos por Paula et al. (2011). Foram aplicados 140 e 100 kg ha⁻¹ de N e K₂O, respectivamente, que foram distribuídas a partir da semana seguinte ao transplântio, conforme Tabela 3. Aplicaram-se ainda 7,6 kg ha⁻¹ de CaO entre a 3^a e a 4^a semana após o transplântio. As fontes utilizadas foram: uréia, sulfato de amônio, cloreto de potássio, nitrato de potássio e nitrato de cálcio.

Foi realizada a coleta de uma planta por parcela aos 28, 38, 54 e 69 dias após a emergência (DAE), que foi dividida em caule, folhas e frutos, os quais foram pesados, sendo retiradas as respectivas subamostras e levadas para secagem em estufa de circulação forçada de ar, a 65° C. Após a secagem, estas foram pesadas, sendo os dados utilizados para dedução da estimativa da biomassa seca total.

Tabela 3. Distribuição semanal de N e K para todos os tratamentos e de P nos tratamentos que receberam fosfato por cobertura, a partir do transplântio da melancia cv. Magnum em solo calcário. Upanema-RN, UFERSA, 2013.

Nutrientes	Até a 3ª	4ª	5ª	6ª	7ª	8ª	9ª
-----%-----							
N	15	7	10	18	23	22	5
P	10	15	20	20	20	15	0
K	5	10	10	15	25	25	10

Para a avaliação das concentrações de nutrientes, o material seco foi primeiramente moído em moinho tipo Willey para análise química segundo Malavolta et al. (1997), determinando-se as concentrações de N pelo método semimicro Kjeldahl, de K por fotometria de emissão de chama, de Ca e Mg por espectrofotometria de absorção atômica, de S por turbidimetria e de P por colorimetria do metavanadato.

Os acúmulos dos nutrientes foram obtidos a partir do produto entre a biomassa seca e sua respectiva concentração no material.

Os dados foram submetidos a análise de variância, pelo teste F, a 5 % de significância utilizando-se o programa computacional Sistema para Análise de Variância – SISVAR, versão 5.3 (Ferreira, 2010). Posteriormente foi realizada a análise de regressão com o software Table Curve 2D e 3D (Scientific, 1991), sendo selecionados os modelos cujos coeficientes foram significativos pelo teste t a 5% de probabilidade, dando-se preferência àqueles com maior valor F e de R² e que ofereciam uma explicação mais simples e coerente ao comportamento biológico, sendo utilizados * e ** para indicar significância a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Biomassa total e dos frutos

Ocorre significância da interação tripla entre forma de adubação, doses de fosfato e dias após a emergência (DAE) tanto para a biomassa total como de frutos (Tabela 4), porém melhores ajustes foram possíveis somente com o fator DAE dentro de cada dose e forma de adubação (Figura 1).

Na ausência de fosfato (Adc₁) o acúmulo máximo de biomassa (209 g planta⁻¹) foi de 24% a 43% dos máximos estimados para os demais tratamentos (Figura 1A).

Já com 50 kg ha⁻¹ de P₂O₅ na fertirrigação (Adc₂), o máximo acúmulo (500 g planta⁻¹) (Figura 1B) foi próximo aos estimados com a dose de 76 kg ha⁻¹ de P₂O₅, tanto na adubação F0 (540 g planta⁻¹) como na adubação F1 (483 g planta⁻¹) (Figura 1A) e ainda do tratamento F0₁₆₈

(493 g planta⁻¹) (Figura 1B). Não obstante, considera-se que a cultura foi responsiva aos tratamentos visto que foram observados acúmulos bem superiores aos 69 DAE para o F0₂₇₅ (805 g planta⁻¹) (Figura 1A), seguido pelo F1₁₆₈ (734 g planta⁻¹) e o F1₂₇₅ (617 g planta⁻¹) (Figura 1B).

Tabela 4. Quadrados médios da análise de variância para a biomassa seca total e dos frutos (g planta⁻¹) em função de doses e formas de aplicação de fosfato e do tempo em dias após a emergência (DAE) da melancia cv. Magnum em solo calcário. Upanema-RN, UFRSA, 2013.

F.V. ¹	G.L. ²	Total	Fruto
Bloco	3	43,44E+02 ^{ns}	33,12E+03 ^{ns}
Forma	1	48,59E+02 ^{ns}	67,73E+02 ^{ns}
Dose	3	46,80E+02*	30,35E+03 ^{ns}
Forma x Dose	3	58,64E+03*	30,53E+03 ^{ns}
Fat ³ vs, Adc ₁	1	82,90E+04**	51,73E+04**
Fat vs, Adc ₂	1	14,22E+04**	88,55E+03*
Erro a	27	1,49E+04	1,23E+04
DAE	3	25,63E+05**	21,50E+05**
Forma x DAE	3	72,01E+02 ^{ns}	42,71E+02 ^{ns}
Dose x DAE	9	50,32E+03**	34,46E+03**
Forma x Dose x DAE	9	29,54E+02*	22,27E+03*
DAE d. Adc ₁	3	35,65E+03*	27,60E+03 ^{ns}
DAE d. Adc ₂	3	19,46E+04**	15,22E+04**
Erro b	90	1,18E+04	1,07E+04
C.V. ⁴ a (%)		42,24	52,19
C.V.b (%)		37,59	48,58
Média geral		288,91	212,44

¹F.V. – Fator de variação. ²G.L. – grau de liberdade. ³Fat – Fatorial: Forma de manejo x Dose. ⁴C.V. – Coeficiente de variação. ^{ns}, * e ** correspondem a não significativo, significativo a 5% e a 1%, respectivamente, pelo teste F.

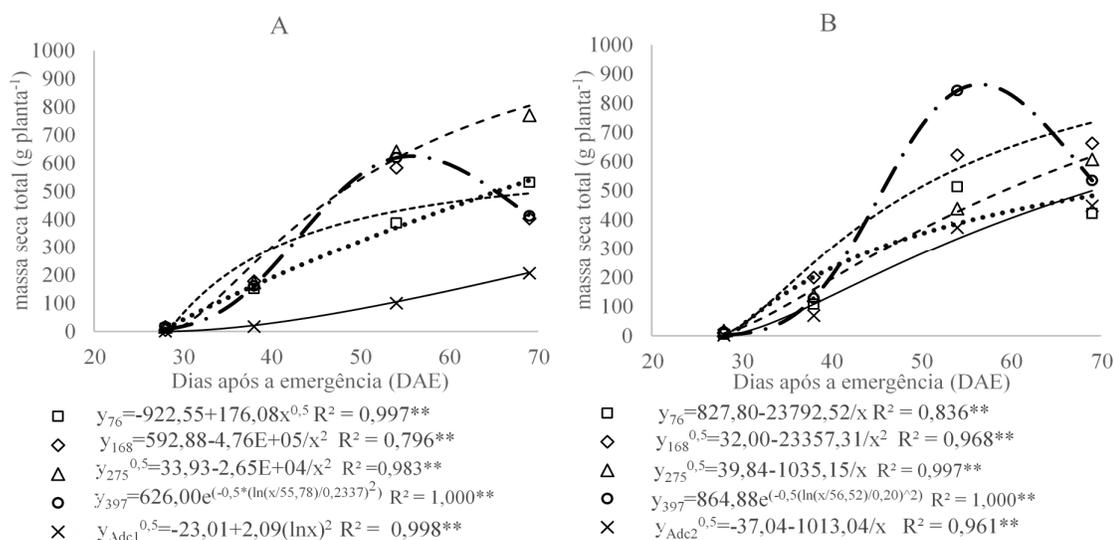


Figura 1. Acúmulos de biomassa seca total em plantas de melancia cv. Magnum em solo calcário em função dos dias após a emergência (DAE) nos tratamentos sem (A) e com P na fertirrigação (B). Upanema-RN, UFRSA, 2013.

Porém, sob doses maiores de fosfato, parece haver um efeito indireto sobre os processos fisiológicos, causando um desequilíbrio nas relações fonte-dreno, levando a um decréscimo no acúmulo de biomassa total na dose de 397 kg ha⁻¹ de P₂O₅ a partir de 56 e 57 DAE para as adubações F0 e F1, respectivamente.

O máximo acúmulo de biomassa total no F1₃₉₇ foi de 865 g planta⁻¹, todavia reduziu-se de 38% até o final do ciclo. Essa redução pode ser explicada em parte por uma senescência foliar mais intensa e, ou ainda devido ao abortamento tardio de frutos.

Assim, no presente trabalho, as variações de produção biomassa provavelmente são resultantes da combinação da dose e manejo do P sobre o crescimento da planta e formação de frutos e de seu efeito no equilíbrio das relações fonte-dreno.

Marschner (2012) menciona diversos estudos sobre os efeitos da nutrição mineral sobre a ontogenia das plantas, incluindo a formação de flores por efeito do P. Mohammad et al. (2004) verificaram aumento do número de frutos da abóbora do segundo ciclo de cultivo sob efeitos da aplicação de fosfato.

Em trabalho com a cultura do pimentão, Marcelis et al. (2004) verificaram que para uma mesma intensidade de fonte, há uma estreita relação entre a taxa de aborto de frutos e a taxa de crescimento dos frutos anteriormente formados, porém associaram a maior parte da variação do aborto à redução na taxa de crescimento vegetativo.

Os acúmulos de biomassa total ao final do experimento são menores que o apresentado por Almeida et al. (2014) para a cv. Crimson Sweet com uma dose de 300 kg ha⁻¹ de P₂O₅ na forma de superfosfato simples (1.131,72 g planta⁻¹ aos 64 DAE), mesmo com uma densidade de plantio bastante superior (11.111 plantas ha⁻¹) a do presente trabalho (5.847 plantas ha⁻¹). Diferenças de solo, clima e época de plantio provavelmente podem ser decisivas no desenvolvimento e expressão do potencial genético das cultivares.

Cabe salientar que no trabalho supracitado, a frutificação deu início aos 44 DAE, sendo o período com maior taxa de crescimento, principalmente do frutos. No presente trabalho, a primeira coleta (28 DAE) foi caracterizada pelo início da floração das plantas, sendo que aos 38 DAE, já haviam frutos na maioria dos tratamentos.

Provavelmente, o início precoce da fase reprodutiva, antes que as plantas tivessem acumulado uma suficiente biomassa vegetativa pode ter prejudicado o potencial desta como fonte. Segundo Duarte & Peil (2010) deve haver um equilíbrio adequado entre fonte e dreno a fim de ajustar o aporte de assimilados à sua demanda e maximizar a produção

De forma geral, o crescimento relativo das plantas sob a adubação F0 foi um pouco mais rápido, visto que em média, aproximadamente 50% dos respectivos acúmulos máximos

de biomassa total ocorre aos 42 DAE (entre 37 e 46 DAE), enquanto que para F1 o mesmo ocorre aos 44 DAE (entre 41 e 47 DAE) (Figura 1A-1B).

Para os tratamentos adicionais o acúmulo é mais lento provavelmente devido a baixa disponibilidade inicial de P, sendo observado que 50% do acúmulo máximo nesses tratamentos ocorre aos 48 (Adc₂) e 54 DAE (Adc₁) (Figura 1A-1B).

Verificaram-se altos índices de colheita para os tratamentos estudados (entre 83% e 92%), exceto para o Adc₁ (23%). Porém, a ausência de P na adubação neste tratamento prejudicou a formação dos frutos e consequentemente não houve significância para o desdobramento dentro de DAE (Tabela 2), apresentando o valor médio de 48,70 g (Figura 2A).

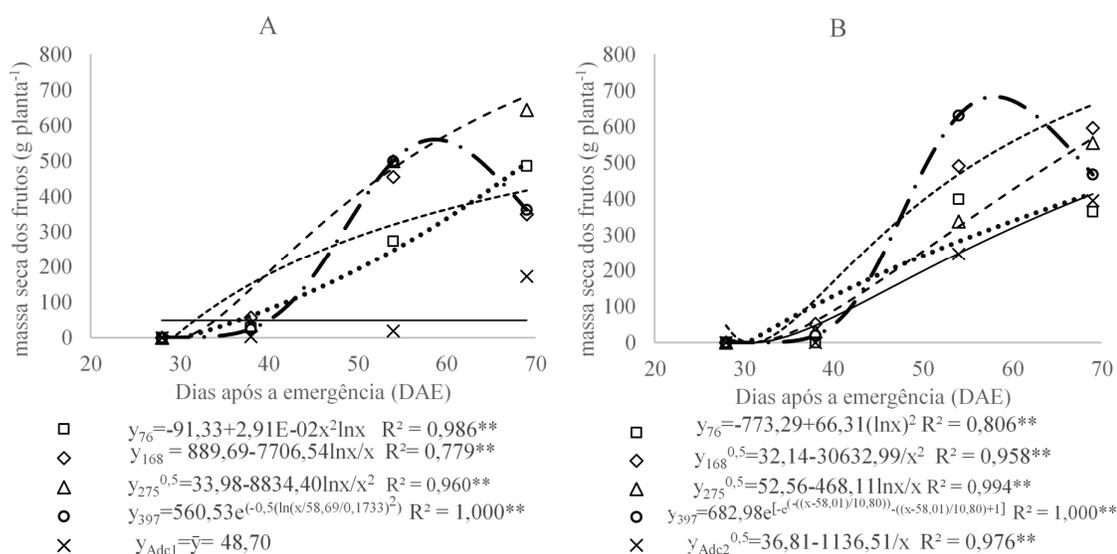


Figura 2. Acúmulos de matéria seca dos frutos (MSF) em plantas de melancia cv. Magnum em solo calcário em função dos dias após a emergência nos tratamentos sem (A) e com P na fertirrigação (B). Upanema-RN, UFERSA, 2013.

Os tratamentos F0₂₇₅ (Figura 2A) e F1₁₆₈ (Figura 2B) foram os que mais se destacaram quanto a biomassa dos frutos, com 683 e 661 g planta⁻¹, respectivamente, aos 69 DAE.

A taxa de produção de biomassa de frutos nesses tratamentos aos 69 DAE é em torno de 10 g dia⁻¹, porém as taxas de produção de biomassa total são de 9 (Figura 1A) e 4 g dia⁻¹ (Figura 1B), denotando perda de biomassa vegetativa às custas do crescimento dos frutos, de modo que ao final do experimento, 85% e 90% da biomassa seca total é alocada nos frutos, respectivamente para o F0₂₇₅ e o F1₁₆₈.

Em trabalho desenvolvido com o híbrido ‘Tide’ no espaçamento de 1,7 x 3,0 m, em Borborema-SP, Grangeiro e Cecílio Filho (2004a) encontraram uma taxa de acúmulo de massa seca de frutos em torno de 42 g planta⁻¹dia⁻¹ no período final de crescimento, atingindo um

acúmulo de aproximadamente $1.253 \text{ g planta}^{-1}$, correspondendo a uma proporção de alocação nos frutos de 69% da biomassa seca total.

A diferença entre as taxas de crescimento em relação às do presente trabalho deve-se em parte às diferenças de densidade de plantio. Em trabalho com a cultura do meloeiro, Duarte et al. (2008) verificaram redução da taxa de crescimento dos frutos em maiores densidades de plantio.

Aos 69 DAE, a dose de 50 kg ha^{-1} de P_2O_5 em cobertura (Adc_2) proporcionou uma produção de biomassa seca de frutos ($414 \text{ g planta}^{-1}$) próxima à estimada para a dose de 76 kg ha^{-1} de P_2O_5 na adubação F1 ($415 \text{ g planta}^{-1}$) (Figura 2B), de forma similar ao observado para biomassa seca total.

Neste tratamento (F1_{76}), a quantia aplicada de P em pré-plantio foi muito pequena (26 kg ha^{-1} de P_2O_5) e provavelmente teve pouca influência sobre o P inicial na solução do solo, diferentemente da dose de 76 kg ha^{-1} de P_2O_5 aplicada integralmente em pré-plantio (F0), com $495 \text{ g planta}^{-1}$ nos frutos, aos 69 DAE (Figura 2A).

O valor relativamente baixo da biomassa seca dos frutos no F0_{168} aos 69 DAE ($417 \text{ g planta}^{-1}$), deve-se possivelmente ao aborto de frutos, apesar da taxa crescente de crescimento destes (Figura 2A).

Verifica-se nas Figuras 2A e 2B que há uma redução expressiva da biomassa de frutos a partir de 58 DAE na dose de 397 kg ha^{-1} de P_2O_5 das adubações F0 e F1, explicando cerca de 93% e 67% da redução das respectivas biomassas totais (Figura 1A-1B). Limitações de fonte, em que ocorre redução da disponibilidade de fotoassimilados frente a uma alta demanda pelos frutos pode resultar em maior índice de abortos (Duarte et al., 2008).

É possível também que a competição entre plantas por água, luz e nutrientes tenha provocado o surgimento de plantas dominadoras e dominadas, acentuando a variabilidade experimental e a precisão das estimativas, visto que foi amostrada apenas uma planta por parcela em cada época.

Os tratamentos F0_{275} e F1_{168} foram os que mais se destacaram quanto ao aporte de biomassa total e dos frutos. Todavia, o impacto no rendimento da cultura vai depender da qualidade do produto colhido e inclusive do teor de matéria seca dos frutos (médias de 4,49% e 4,40% em F0 e F1, respectivamente – dados não apresentados), influenciando o peso fresco destes.

3.2. Concentrações de macronutrientes

De forma geral, observou-se que as concentrações (C) de macronutrientes da parte aérea das plantas são influenciadas principalmente pelo tempo. Porém, foram observados

efeitos isolados da forma de adubação para a concentração de N (C_N); da forma de adubação e das doses para a concentração de P (C_P) e da interação tripla (Forma x Dose x DAE) para a concentração de S (C_S) (Tabela 5).

Tabela 5. Quadrados médios da análise de variância para as concentrações totais de N, P, K, Ca, Mg e S (g kg^{-1}) na parte aérea da melancia cv. Magnum em solo calcário em função de doses e formas de aplicação de fosfato e do tempo em dias após a emergência (DAE).

F.V. ¹	G.L. ²	N	P	K	Ca	Mg	S
Bloco	3	14,17 ^{ns}	1,28 ^{ns}	152,91 ^{ns}	73,61 ^{ns}	0,44 ^{ns}	0,25 ^{ns}
Forma	1	107,92**	15,44**	301,23 ^{ns}	4,85 ^{ns}	7,8E-05 ^{ns}	0,18 ^{ns}
Dose	3	7,2 ^{ns}	9,25**	67,79 ^{ns}	59,8 ^{ns}	0,55 ^{ns}	0,45*
Forma x Dose	3	3,96 ^{ns}	0,02 ^{ns}	65,87 ^{ns}	25,87 ^{ns}	0,37 ^{ns}	0,13 ^{ns}
Fat ³ vs, Adc ₁	1	222,86**	58,62**	846,42**	1272,39**	33,19**	0,1 ^{ns}
Fat vs, Adc ₂	1	101,94**	0,33 ^{ns}	253,97 ^{ns}	117,08 ^{ns}	0,48 ^{ns}	0,05 ^{ns}
Erro a	27	10,32	0,90	80,82	29,26	0,33	0,10
DAE	3	3659,94**	48,49**	3156,42**	5765,96**	75,01**	12,2**
Forma x DAE	3	28,03 ^{ns}	5,57**	107,03 ^{ns}	3,72 ^{ns}	0,81 ^{ns}	0,17 ^{ns}
Dose x DAE	9	14,98 ^{ns}	1,77*	73,3 ^{ns}	23,71 ^{ns}	0,73*	0,56**
Forma x Dose x DAE	9	11,69 ^{ns}	1,06 ^{ns}	70,34 ^{ns}	41,87 ^{ns}	0,42 ^{ns}	0,30*
DAE d. Adc ₁	3	602,01**	4,18**	169,67 ^{ns}	1560,82**	14,61**	0,67**
DAE d. Adc ₂	3	479,42**	8,1**	425,58**	614,21**	6,09**	2,38**
Erro b	90	12,35	0,82	83,23	37,39	0,35	0,13
C.V. ⁴ a (%)		9,6	22,08	17,61	20,54	14,89	16,93
C.V.b (%)		10,5	21,03	17,87	23,22	15,3	19,23
Média geral		33,46	4,31	51,04	26,34	3,86	1,88

¹F.V. – Fator de variação. ²G.L. – grau de liberdade. ³Fat – Fatorial: Forma de manejo x Dose. ⁴C.V. – Coeficiente de variação. ^{ns}, * e ** correspondem a não significativo, significativo a 5% e a 1%, respectivamente, pelo teste F.

Verificaram-se reduções de C_N entre 51% e 53% ao longo do tempo (Figura 3A). Para os tratamentos do fatorial (fat), esta redução é de 46,40 a 22,26 g kg^{-1} de N entre 28 e 69 DAE, o que pode ser explicado pelo rápido crescimento das plantas, resultando em um efeito de diluição.

As taxas iniciais de redução de C_N no tratamento sem aplicação de P foram mais baixas (0,2 $\text{g kg}^{-1} \text{ dia}^{-1}$), quando comparado ao Fatorial (1,45 $\text{g kg}^{-1} \text{ dia}^{-1}$) e ao Adc₂ (0,87 $\text{g kg}^{-1} \text{ dia}^{-1}$). Porém, ao final do ensaio, a C_N no Adc₁ atinge um valor mínimo de 20,45 g kg^{-1} , que é próximo ao dos demais tratamentos (Figura 3A).

A adubação F1 apresenta uma média geral de C_N (33,72 g kg^{-1}) maior do que o de F0 (31,88 g kg^{-1}) (Figura 3A). Essa maior C_N pode ser explicada por uma maior absorção de N, que pode ter sido estimulada por uma maior disponibilização de P.

A interação sinérgica entre P e N tem respaldo teórico uma vez que a absorção de nitrato é um processo ativo, que requer ATP (Araújo & Machado, 2006). É possível também que a adubação F1 tenha reunido os efeitos da localização do fosfato e de sua aplicação junto ao N, contribuindo para o incremento da densidade de raízes (Marschner, 1995), e, conseqüentemente da absorção de nutrientes.

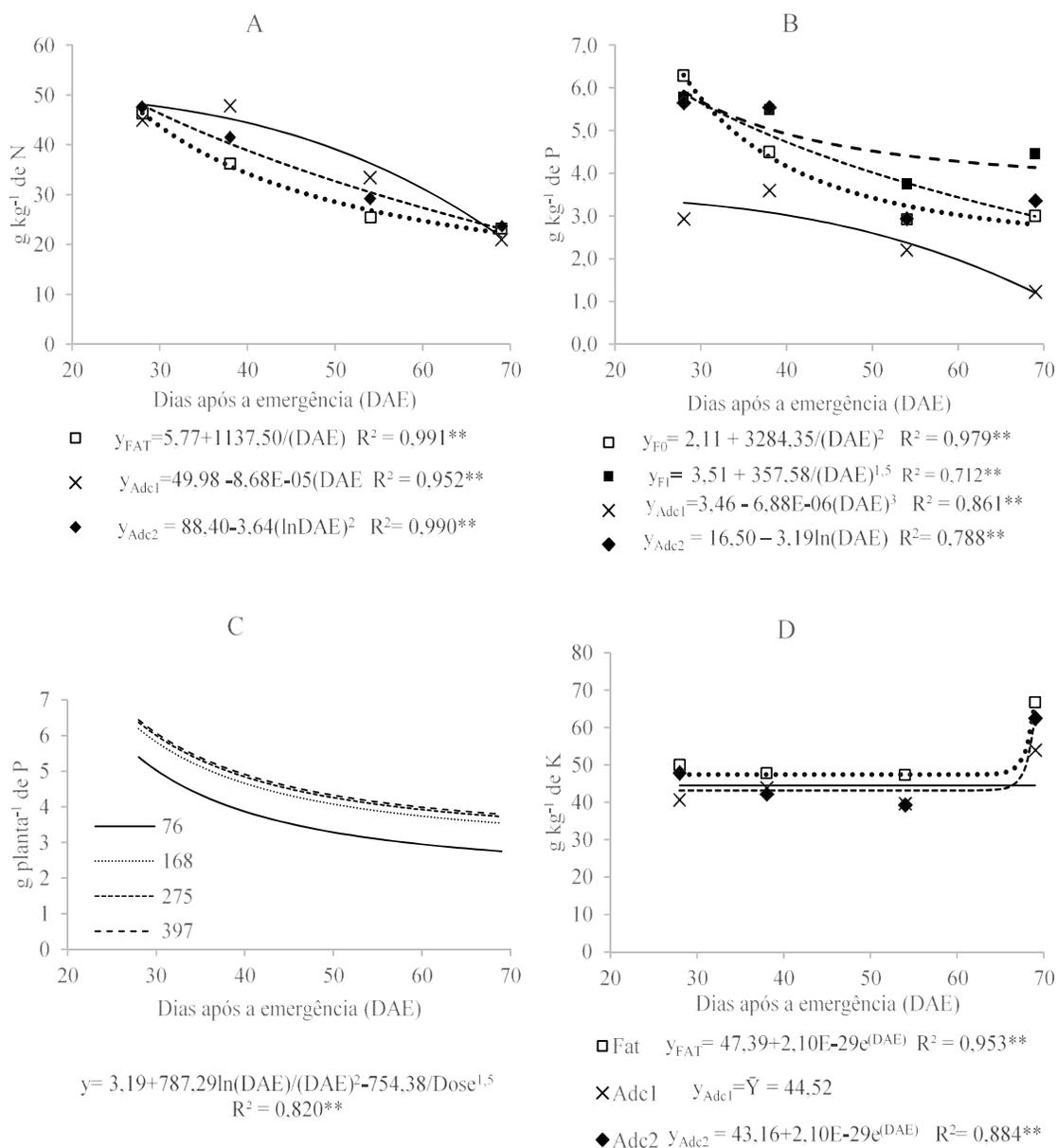


Figura 3. Concentrações de N, P e K na parte aérea da melancia cv. Magnum em solo calcário. Concentrações de N (A) e P (B) em função do tempo. Cortes da superfície de resposta de Dose x DAE para a concentração de P (C); e concentrações de K em função do tempo (D). Upanema-RN, UFERSA, 2013.

Maiores valores de C_P podem ser verificados inicialmente na adubação F0 (Figura 3B), porém a partir de 31 DAE, passam a ser menores que na adubação F1. As diferenças entre as formas de adubação para C_P crescem a partir daí, chegando até 1,33 g kg⁻¹ aos 69 DAE.

A C_P no Adc2 (50 kg ha⁻¹ de P₂O₅ por meio de fertirrigação) aos 69 DAE (2,99 g kg⁻¹) é equivalente a obtida com a dose de 218 kg ha⁻¹ de P₂O₅ no F0 (vide equações – Figuras 3B e 3C).

Segundo Mohammad et al. (2004), alguns autores sugerem que o aumento da absorção de P por efeito da fertirrigação fosfatada pode ser o resultado de sua aplicação contínua durante

o período de crescimento, enquanto outros atribuem a um possível efeito sinérgico com o N aplicado junto ao P em cobertura via fertirrigação.

Verifica-se pela Figura 3C que a variação de C_P é maior entre doses menores, sendo de 0,79 unidades entre 76 e 168 kg ha⁻¹ de P₂O₅, porém de apenas 0,25 unidades entre as doses de 168 e 397 kg ha⁻¹.

Possivelmente, sob doses maiores de fosfato o excesso de P na solução do solo, que não é absorvido pela planta, fica mais sujeito às reações de adsorção e precipitação, tornando-se com o tempo menos disponível. Além disso, doses muito altas aplicadas de forma localizada podem ter mais uma função de reserva do que no incremento do P em solução em virtude do tamponamento do solo. Costa et al. (2006) verificaram pequenas alterações no P da solução do solo entre as doses mais altas de fosfato em solos com capacidade tampão elevada.

Verificou-se uma estabilidade relativa das concentrações de K (C_K) durante quase todo o ciclo da cultura (Figura 3D), indicando que a taxa de absorção do nutriente parece acompanhar o ganho de biomassa. Contudo, ao final do experimento ocorre um súbito aumento, chegando a 66,78 e 62,56 g kg⁻¹ para os tratamentos do fatorial e o Adc₂, respectivamente (Figura 3D), como consequência da redução da taxa de crescimento em relação a de absorção de K.

O aumento de C_K ao final do ciclo pode ser um indicativo da redução da eficiência da planta em utilizá-lo para a produção de biomassa, o que está de acordo com a expectativa biológica. Porém, a utilização da concentração de nutrientes apresenta limitações como indicador da redução ontogenética da eficiência de uso do nutriente, uma vez que em muitos casos ocorre uma redução das concentrações com o tempo (Araújo & Rossiello, 2013), como é o caso do P, em que uma reserva não metabólica é armazenada no vacúolo, podendo ser mobilizada a fim de atender a demanda do nutriente pela planta (Raghothama & Karthikeyan, 2005).

Quanto as concentrações de Ca (C_{Ca}) verifica-se que no Fatorial há diminuição das mesmas durante o ciclo da cultura. Porém, no Adc₁ e no Adc₂ a redução de C_{Ca} ocorre somente ao final do ciclo da melancia (Figura 4A). Isto deve estar associado ao crescimento final dos frutos combinado com uma senescência foliar, levando consigo os nutrientes menos móveis, como o Ca, principalmente no Adc₁. Neste tratamento observa-se que antes da redução, ocorre um período de concentração (Figura 4A), que também está relacionado com uma limitação do crescimento da planta devido a carência de P.

As concentrações de Mg (C_{Mg}) ajustaram-se a uma superfície de resposta para os fatores DAE e doses de fosfato (Figura 4B). Verifica-se que ocorre um decréscimo de C_{Mg} de 3,49 unidades entre 28 e 69 DAE. A variação de C_{Mg} em função das doses também é negativa, porém de apenas -0,3 g kg⁻¹ entre as doses de 76 e 397 kg ha⁻¹ de P₂O₅.

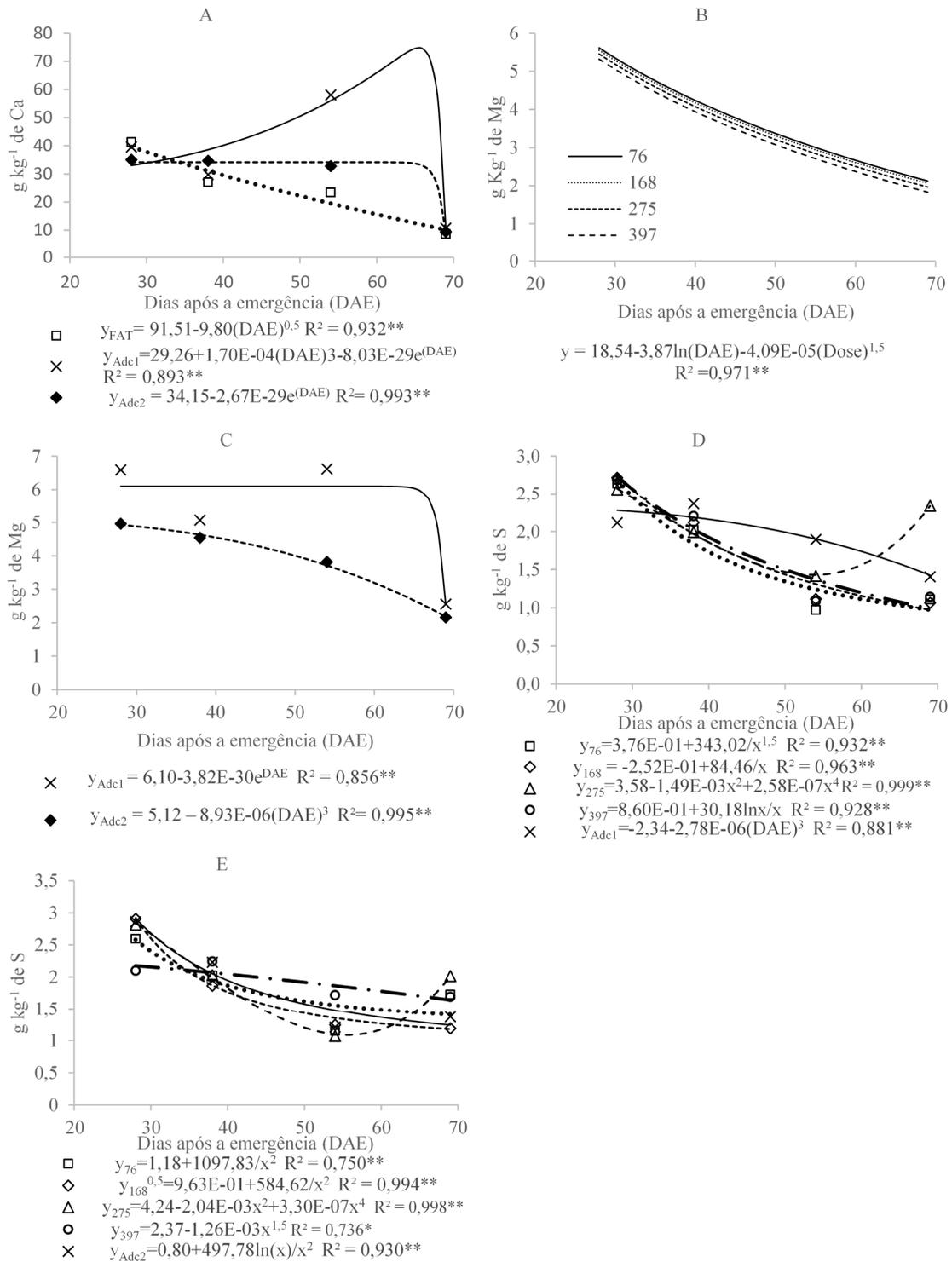


Figura 4. Concentrações de Ca, Mg e S na melancia cv. Magnum em solo calcário. (A) corresponde às concentrações de Ca em função do tempo. Segue-se a este o perfil da superfície de resposta para os tratamentos do ensaio fatorial (B) e curva em função do tempo dos tratamentos adicionais para a concentração de Mg (C). D e E correspondem ao teor de S para os tratamentos sem e com P na fertirrigação, respectivamente. Upanema-RN, UFERSA, 2013.

Observa-se que a redução de C_{Mg} com o tempo é de menor intensidade em relação a C_{Ca} (Figura 3A), o que deve estar relacionado à maior mobilidade do primeiro, tornando suas perdas menores por ocasião da senescência foliar.

A C_{Mg} no Adc_2 reduziu-se de 4,90 a 2,19 $g\ kg^{-1}$, cuja amplitude de variação (2,72 $g\ kg^{-1}$) (Figura 4C) é menor que a verificada para o fatorial (3,35 $g\ kg^{-1}$), devido ao maior crescimento das plantas neste (Figura 4B). Já no Adc_1 a estimativa de C_{Mg} segue relativamente estável, decrescendo intensamente nos últimos três dias do ciclo (Figura 4C), possivelmente devido a senescência foliar e, ou devido à variabilidade observada nas plantas deste tratamento.

Ao comparar as curvas ajustadas para K, Ca e Mg, verifica-se que o comportamento do primeiro em relação aos demais é quase o oposto, possivelmente devido a alta demanda de K pelos frutos, em detrimento do Ca e Mg, devido a forte competição existente entre esses cátions (Malavolta et al., 1997; Marschner, 2012).

Apesar da significância da interação tripla para a concentração de S (C_S) (Tabela 3), melhores ajustes só foram obtidos em função de DAE dentro de cada dose e forma de adubação (Figura 4D-4E).

Observa-se que de forma geral ocorre uma redução de C_S , exceto para a dose de 275 $kg\ ha^{-1}$ de P_2O_5 em ambas as adubações F0 e F1 (Figura 4D-4E). Nestes tratamentos os modelos ajustados assumem um valor mínimo aos 54 (1,43 $g\ kg^{-1}$) e 56 DAE (1,09 $g\ kg^{-1}$), respectivamente para o $F0_{275}$ (Figura 4D) e $F1_{275}$ (Figura 4E), e aumentando a partir daí em aproximadamente 0,9 unidades até o final do ciclo.

É possível que a alta demanda de K pelos frutos tenha favorecido a absorção do SO_4^{2-} como ânion acompanhante, principalmente ao final do ciclo.

Em trabalho com a cultura da batata, foi verificado que as concentrações de S aumentaram com o incremento dos níveis de P na solução nutritiva, porém reduzindo-se em concentrações mais elevadas por efeito da competição entre os ânions fosfato e sulfato (Fernandes & Soratto (2012). Porém, no solo a relação entre esses elementos torna-se mais complexa em razão do efeito do fosfato no deslocamento do sulfato da fase sólida, entre outros efeitos, inclusive o de toxicidade, como é possível de ter ocorrido na maior dose de fosfato (397 $kg\ ha^{-1}$ de P_2O_5) no presente trabalho.

3.3. Acúmulo total de macronutrientes

As interações triplas entre a forma de adubação, doses e dias após a emergência (DAE) foram significativas, exceto para o P, que apresentou interações significativas apenas para Forma vs DAE e Dose x DAE (Tabela 6).

Tabela 6. Quadrados médios da análise de variância para acúmulos totais de N, P, K, Ca, Mg e S (g planta⁻¹) em função de doses e formas de aplicação de fosfato e do tempo em dias após a emergência (DAE) da melancia cv. Magnum em solo calcário. UPANEMA-RN, UFERSA, 2013.

F.V. ¹	G.L. ²	N	P	K	Ca	Mg	S
Bloco	3	74,35**	1,68*	220,81*	10,77 ^{NS}	0,06 ^{NS}	0,24*
Forma	1	30,91 ^{NS}	3,86**	126,41 ^{NS}	1,16 ^{NS}	0,2 ^{NS}	0,07 ^{NS}
Dose	3	43,78*	3,72**	142,36 ^{NS}	9,35 ^{NS}	0,32*	0,45**
Forma x Dose	3	44,72*	0,87 ^{NS}	237,22*	16,14*	0,53**	0,43**
Fat ³ vs, Adc ₁	1	576,64**	17,54**	2672,35**	170,11**	4,23**	1,83**
Fat vs, Adc ₂	1	84,67*	3,8**	640,61**	9,56 ^{NS}	0,55*	0,55**
Erro a	27	11,53	0,38	64,5	4,86	0,08	0,06
DAE	3	1413,72**	31,47**	8992,88**	887,57**	14,41**	4,85**
Forma x DAE	3	19,00 ^{NS}	1,24**	61,39 ^{NS}	5,75 ^{NS}	0,26**	0,07 ^{NS}
Dose x DAE	9	40,77**	1,82**	177,09**	15,2**	0,34**	0,48**
Forma x Dose x DAE	9	26,84**	0,55 ^{NS}	127,07*	8,49*	0,3**	0,17**
DAE d. Adc ₁	3	16,69 ^{NS}	0,06 ^{NS}	108,5 ^{NS}	28,2**	0,42**	0,08 ^{NS}
DAE d. Adc ₂	3	117,69**	1,68**	588,44**	114,69**	1,6**	0,27**
Erro b	90	9,78	0,3	49,74	3,75	0,04	0,06
C.V. ⁴ a (%)		44,57	56,74	51,01	43,01	35,93	54,54
C.V.b (%)		41,05	50,69	44,79	37,79	25,85	53,82
Média geral		7,62	1,09	15,75	5,13	0,79	0,44

¹F.V. – Fator de variação. ²G.L. – grau de liberdade. ³Fat – Fatorial: Forma de manejo x Dose. ⁴C.V. – Coeficiente de variação. ^{NS}, * e ** correspondem a não significativo, significativo a 5% e a 1%, respectivamente, pelo teste F.

De forma geral, verificou-se que para a maioria dos tratamentos estudados ocorreu primeiramente aumento das taxas de acúmulo de N até aos 44 DAE, no máximo (deduzido pela derivação das equações) (Figuras 5A e 5B), para depois seguirem reduzindo-se até o final do ciclo. Provavelmente, isso decorre de um estímulo ao acúmulo de N nos órgãos vegetativos, funcionando como reserva de nutrientes para a fase reprodutiva que se inicia, de modo que metade do N total é acumulado em até 38-44 DAE (Figura 5A-5B).

Para o tratamento F0₂₇₅, observou-se aumento na taxa de acúmulo de N por planta de 0,42 a 0,79 g dia⁻¹, entre 28 e 42 DAE, reduzindo-se a partir daí até 0,20 g dia⁻¹ ao final do ciclo (Figura 5A). Já no F1₁₆₈, verificam-se maiores taxas de acúmulo aos 28 DAE (1,22 g dia⁻¹), reduzindo-se até 0,13 g dia⁻¹ (Figura 5B).

A perda expressiva de biomassa no F1₃₉₇ levou à redução da expectativa de acúmulo de N ao final do ciclo, apesar de ter alcançado o maior acúmulo do nutriente (23,08 g planta⁻¹ aos 55 DAE), correspondente a aproximadamente 134,95 kg ha⁻¹ de N (Figura 5B).

O tratamento F0₃₉₇ também apresentou um padrão similar ao F1₃₉₇, mas com curvatura menos pronunciada no ponto de máximo (53 DAE). O mesmo ocorre para o F0₁₆₈ e F1₇₆, ambos com máximos aos 57 DAE (Figura 5A-5B). Possivelmente, isto se deve mais ao aborto de frutos do que devido a senescência foliar, já que o N pode ser facilmente remobilizado das folhas.

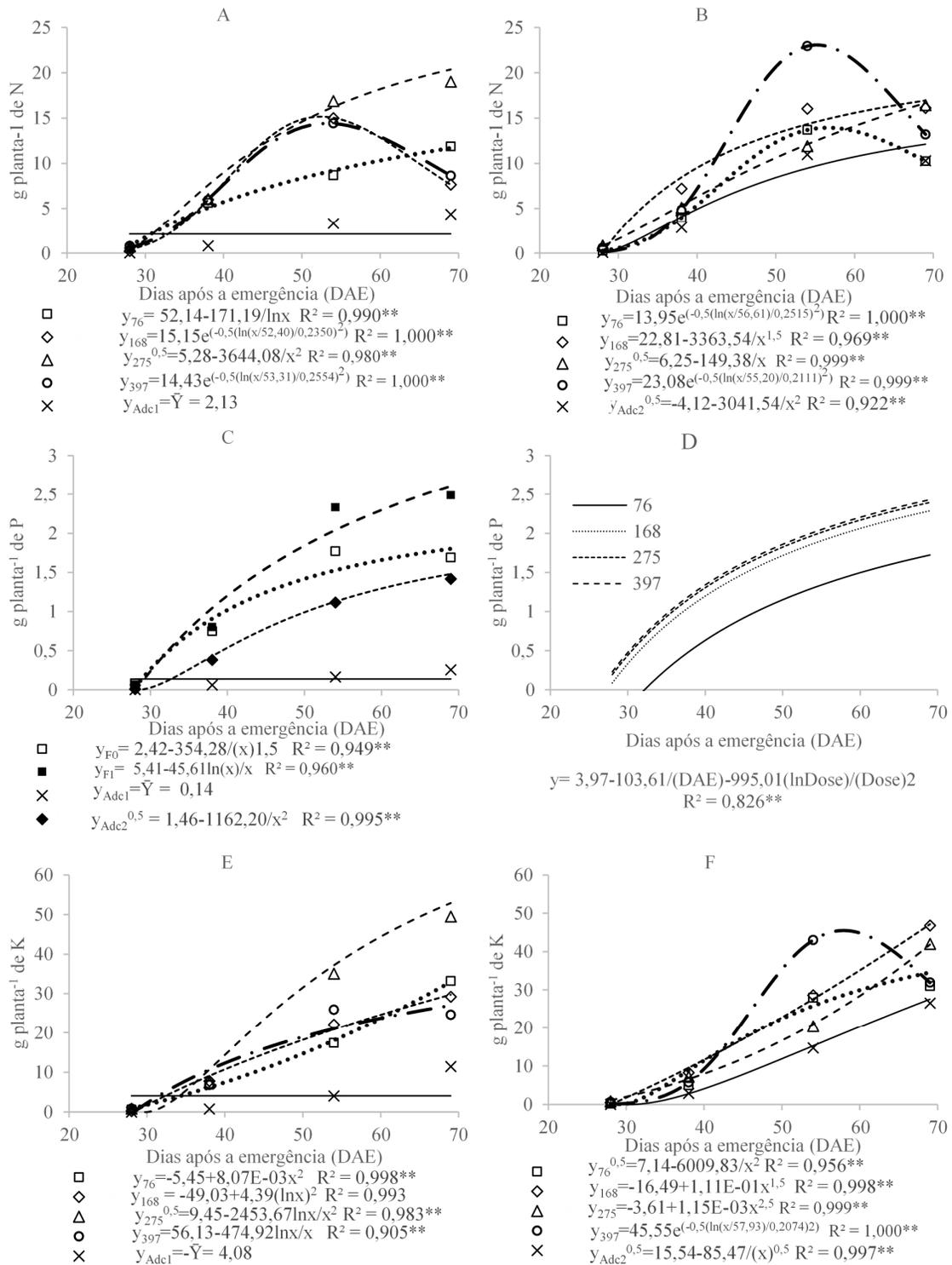


Figura 5. Acúmulos totais de N, P e K na parte aérea da melancia cv. Magnum em solo calcário: N acumulado sem (A) e com P na fertirrigação (B); curvas de resposta para o acúmulo de P aos tratamentos em função do tempo (C) e perfil da superfície de resposta Dose x DAE para o acúmulo de P (D); curvas de acúmulo de K sem (E) e com P na fertirrigação (F). UPANEMA-RN, UFERSA, 2013.

Em trabalho com o híbrido 'Tide', Grangeiro & Cecílio Filho (2004a) verificaram incrementos positivos do acúmulo de N até o final do ciclo, porém observaram redução na parte vegetativa que foi explicada por forte translocação para o desenvolvimento dos frutos. Os autores indicaram ainda que o N foi o segundo nutriente mais absorvido, acumulando 138,8 kg ha⁻¹ ou 71 g planta⁻¹ (1.960 plantas ha⁻¹).

A densidade de plantio utilizada, além de características intrínsecas dos genótipos utilizados, condições climáticas, entre outros fatores, deve ter tido forte influência sobre os acúmulos de N por planta que aos 69 DAE seguiu a seguinte ordem decrescente: 20,36 (F0₂₇₅), 16,94 (F1₁₆₈), 16,66 (F1₂₇₅) e 13,20 g planta⁻¹ (F1₃₉₇) ou 119,04, 99,04, 97,41 e 77,18 kg ha⁻¹ de N (5.847 plantas ha⁻¹), respectivamente (Figura 5A-5B).

Trabalhando com a cv. Olímpia, Silva et al. (2012) verificaram acúmulo máximo de N aos 69 dias após a semeadura (DAS), de 77,5 kg ha⁻¹ ou 10,04 g planta⁻¹ (7.716 plantas ha⁻¹), enquanto que Vidigal et al. (2009) estimaram 21,16 g planta⁻¹ ou 105,8 kg ha⁻¹ de N para a cv. Crimson Sweet (aos 89 DAS) com densidade de 5.000 plantas ha⁻¹, que é mais próxima da utilizada no presente trabalho.

O acúmulo máximo de N no Adc₂ (12,12 g planta⁻¹) (Figura 5B) é superior ao verificado no F0₇₆ (11,70 g planta⁻¹) (Figura 5A) devido a maior concentração de N no primeiro, podendo ser atribuído ao efeito sinérgico entre P e N.

Araújo & Machado (2006) discorrem sobre o papel do P sobre os efeitos gerais regulatórios da absorção e assimilação de N. Fernandes & Soratto (2012) verificaram aumento das concentrações de N em plantas de batata com o aumento do suprimento de P, mesmo após a estabilização da produção a partir de determinado nível de P na solução nutritiva (>8 mg L⁻¹).

De outro modo, é possível ainda que a aplicação de fosfato somente em pré-plantio em doses baixas condicione um reabastecimento muito lento da solução do solo, em razão de um menor gradiente de concentração de P, afetando a absorção de N. Alves et al. (1999), ao estudar os efeitos do suprimento parcial de P às raízes do milho cultivado em solução nutritiva, verificaram redução no acúmulo de N da parte aérea quando o mesmo é fornecido separadamente do P, atribuindo este resultado a baixa concentração de P na raiz.

Verificou-se na Figura 5C que ocorreu maior acúmulo de P com a adubação F1 em relação a F0, com uma diferença em torno de 0,81 g planta⁻¹, aos 69 DAE.

A aplicação de 50 kg ha⁻¹ de P₂O₅ somente na fertirrigação (Adc₂) proporcionou uma absorção inicial de P mais lenta, já que 50% do respectivo acúmulo máximo ocorre aos 44 DAE, enquanto que para F0 e F1, essa mesma proporção foi observada em média aos 38 e 41 DAE, respectivamente.

A aplicação de todo o P na fertirrigação pode levar a deficiências do nutriente na fase inicial da cultura, tal como observado por Marouelli et al. (2015), em trabalho com tomateiro. Segundo Mohammad et al. (2004), diferentes estudos indicam que o P aplicado em pré-plantio é disponibilizado mais cedo às plantas, porém suas concentrações na solução do solo declinam com o tempo, em razão das reações de adsorção e de precipitação.

Em torno de 50% dos totais de P são acumulados entre 36 e 42 DAE e entre 40 e 45 DAE com doses de 76 a 397 kg ha⁻¹ de P₂O₅ nas adubações F0 e F1, respectivamente (Vide equações da Figura 5C-5D). Isto decorre dos efeitos da adubação fosfatada localizada sobre a disponibilidade inicial de P, como já discutido, uma vez que os aumentos das doses para ambas as adubações decorrem de incrementos do fosfato em pré-plantio.

A variação total no acúmulo máximo de P nos tratamentos do fatorial é de 1,32 a 2,84 g planta⁻¹ (7,72 a 16,61 kg ha⁻¹), que é decorrente das diferenças entre as adubações F1 e F0 (0,81 g planta⁻¹) (Figura 5C) e entre as doses de 397 e 76 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (0,71 g planta⁻¹) (Figura 5D). O acúmulo de P no Adc₂ (1,48 g planta⁻¹) é equivalente a dose de 89 kg ha⁻¹ de P₂O₅ na adubação F0.

De forma geral, os acúmulos de P verificados no presente trabalho são superiores aos observados por Silva et al. (2012) para a cv. Olímpia, com 8,12 kg ha⁻¹ ou 1,58 g planta⁻¹ de P com densidade de 5.144 plantas ha⁻¹, porém inferiores ao acúmulo máximo apresentado por Vidigal et al. (2009), de 3,62 g planta⁻¹ (18,1 kg ha⁻¹ para 5.000 plantas ha⁻¹) na cv. Crimson Sweet.

Porém, o trabalho de Silva et al. (2012) foi realizado em um Cambissolo Eutrófico de origem calcária com 11,6 mg dm⁻³ de P (Mehlich-1), sendo aplicado um total de 220 kg ha⁻¹ de P₂O₅, enquanto que o de Vidigal et al. (2009) foi desenvolvido em solo arenoso com 70,65 mg dm⁻³ de P (Resina de troca iônica), tendo as plantas recebido o equivalente a 300 kg ha⁻¹ de P₂O₅ mais adubação orgânica.

Diferenças de acúmulo de P podem também ser o reflexo da interação genótipo-ambiente, interferindo na velocidade de desenvolvimento da planta e, conseqüentemente, no potencial de acúmulo de nutrientes. De acordo com Marschner (2012), o progresso na seleção de genótipos de ciclo curto e, ou alto índice de colheita, pode ser bastante limitado principalmente pela restrição na absorção de nutrientes e sua disponibilidade para retranslocação da fonte para o dreno.

Os maiores acúmulos de K podem ser verificados para os tratamentos F0₂₇₅ (52,89 g planta⁻¹), F1₁₆₈ (47,17 g planta⁻¹), F1₃₉₇ (45,55 g planta⁻¹) e F1₂₇₅ (41,84 g planta⁻¹), correspondendo aos valores entre 245 e 309 kg ha⁻¹ de K (Figura 5E-5F). Salienta-se, porém, que o ponto de máximo para o F1₃₉₇ estimado pelo modelo lognormal ocorreu em torno de 58

DAE, reduzindo-se a partir daí até aproximadamente 31,92 g planta⁻¹ de K, aos 69 DAE, que é menor que o estimado para o F1₇₆ nesta mesma época (34,56 g planta⁻¹). Como o K é um nutriente de elevada mobilidade, esta redução pode ser atribuída principalmente ao abortamento de frutos já formados.

Os acúmulos de K no presente trabalho são superiores aos apresentados em estudo desenvolvido em Cambissolo Eutrófico com a cv. Olímpia (5.114 plantas ha⁻¹), de 10,30 g planta⁻¹ (Silva et al., 2012) e em Neossolo Quartzarênico com a cv. Crimson Sweet (5.000 plantas ha⁻¹), de 24,19 g planta⁻¹ (Vidigal et al., 2009).

Enquanto que em um Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico de textura média, Grangeiro & Cecílio Filho (2004a) constataram um acúmulo de K de 79,3 g planta⁻¹ pelo híbrido Tide, porém com uma expectativa por área de 155,5 kg ha⁻¹ de K, em razão da densidade de plantio utilizada (1960 plantas ha⁻¹).

Essa interferência da densidade de plantas sobre o acúmulo de nutrientes também foi percebida por Paula et al. (2011), que optaram pela utilização das relações entre produtividade e exportação de nutrientes por planta em vez de unidade de área, em estudo sobre a definição da necessidade nutricional para N, P e K nas culturas do melão e da melancia.

Ao comparar as doses intermediárias de fosfato quanto as taxas de acúmulo de K verificou-se que estas foram crescentes ao longo do tempo na adubação F1, variando entre 0,88 e 1,38 g dia⁻¹ na dose de 168 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (F1₁₆₈) e entre 0,43 e 1,65 g dia⁻¹ com 275 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (F1₂₇₅). Enquanto no F0₁₆₈ ocorreu uma redução da taxa de acúmulo de K de 1,05 para 0,54 g dia⁻¹, entre 28 e 69 DAE. No F0₂₇₅ ocorreu um aumento da taxa de absorção, que atinge 0,93 g dia⁻¹ aos 40 DAE, porém reduziu-se a partir daí para 0,41 g dia⁻¹, aos 69 DAE (Figura 5E-5F).

A aceleração ou estabilização das taxas de absorção de K com o tempo deve estar relacionada com melhor distribuição do sistema radicular, que até certo limite pode aumentar a eficiência de absorção de nutrientes via difusão (Marschner, 1995), embora a absorção de K via fluxo de massa possa ser mais representativa em condições de alta concentração do mesmo na solução do solo (Ruiz et al., 1999).

Por outro lado, a redução das taxas de acúmulo de K pode ser uma consequência do declínio da eficiência de absorção de nutrientes pelas raízes com o avanço do ciclo, particularmente com o início da fase reprodutiva, em que ocorre uma priorização de partição de nutrientes e assimilados para os frutos, em detrimento do crescimento das raízes (Marschner, 1995).

Em relação ao Ca, verificou-se a seguinte ordem de acúmulo total aos 69 DAE: F0₂₇₅>F1₁₆₈>F1₂₇₅>F1₇₆ (Figura 6A-6B). Verificaram-se picos de acúmulo de Ca entre 50 e 54

DAE, ocorrendo a partir daí uma intensa redução, que variou entre 43% e 82% dos respectivos máximos (Figura 6A-6B), que deve estar associada a diferentes proporções de perda de biomassa foliar pela senescência.

O conteúdo máximo de Ca total é maior nas maiores doses de fosfato, correspondendo a 20,32 e 14,36 g planta⁻¹, ou 118,81 e 83,96 kg ha⁻¹ de Ca, para F1₃₉₇ e F0₃₉₇, respectivamente (Figura 6A-6B), podendo ser explicado pela composição do superfosfato triplo (12% de CaO).

Porém, no F0₃₉₇ a intensidade de redução do Ca foi menor do que no F1₃₉₇ devido a maior proporção de perda de biomassa pelos frutos, que contém menor fração do nutriente (Vide seção 3.1).

Isto ocorre devido a movimentação do Ca na planta ocorrer principalmente no xilema, via corrente transpiratória e por ter baixa redistribuição pelo floema (Grangeiro & Cecílio Filho, 2004a; Malavolta et al., 1997; Vidigal et al., 2009).

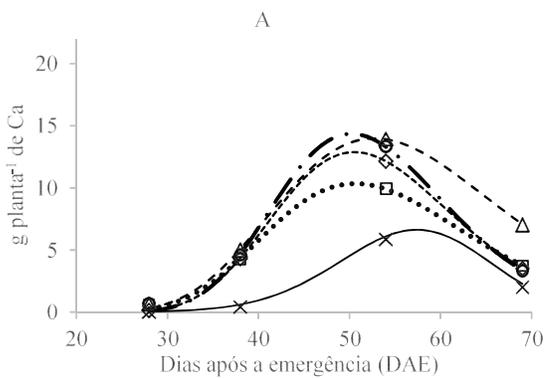
Silva et al. (2012) informaram um máximo de Ca equivalente a 3,46 g planta⁻¹ (17,8 kg ha⁻¹) para a cv. Olímpia de 5,58 g planta⁻¹ (28,7 kg ha⁻¹) para a cv. Leopard cultivadas em Cambissolo Eutrófico originário do calcário Jandaíra, em Baraúna-RN. Por outro lado, Vidigal et al. (2009), em trabalho com o híbrido Crimson Sweet em solo arenoso na região Norte de Minas Gerais, indicaram um acúmulo máximo de Ca de 19,23 g planta⁻¹ (96,15 kg ha⁻¹ de Ca).

A grande variação nos acúmulos máximos de Ca entre os tratamentos que receberam fosfato (entre 9,71 e 22,32 g planta⁻¹) (Figura 6A-6B) pode indicar efeitos de inibição competitiva, principalmente com o K (Malavolta et al., 1997) e, ou diferenças na efetividade de dissolução de minerais de Ca do solo devido a adubação.

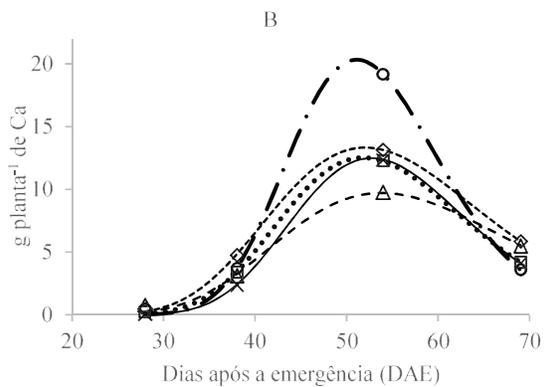
Souza et al. (2012) indicaram que a adubação, por seu efeito acidificante, pode influenciar na liberação de cátions trocáveis para a solução do solo, particularmente os que são retidos mais fortemente, como o Ca e o Mg, pela redução das cargas dependentes de pH.

Na ausência de fosfato (Adc₁) o acúmulo máximo de Ca (6,62 g planta⁻¹) (Figura 6A) corresponde entre 32% e 64% dos máximos verificados para os demais tratamentos (Figura 6A-6B) devido ao menor crescimento da planta. Nessas condições, a absorção de nutrientes é seriamente prejudicada, particularmente aqueles mais dependentes do arraste pelo fluxo transpiracional (fluxo de massa), como o Ca.

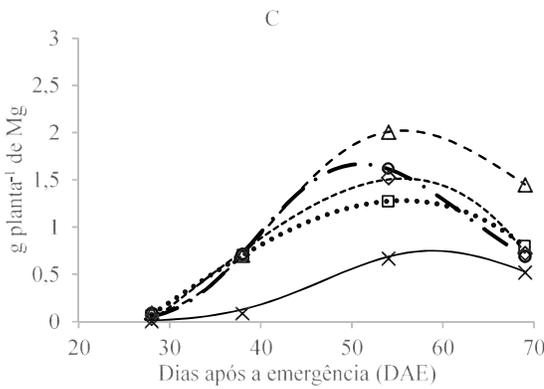
Aos 69 DAE, a ordem decrescente dos maiores acúmulos de Mg verificados foi a seguinte: F1₁₆₈>F0₂₇₅>F1₂₇₅>F1₃₉₇ (Figura 6C-6D). Porém, os maiores acúmulos de Mg foram obtidos com o F1₃₉₇ (2,58 g planta⁻¹ aos 52 DAE), seguido pelo F0₂₇₅ (2,02 g planta⁻¹ aos 56 DAE), F0₃₉₇ (1,67 g planta⁻¹ aos 51 DAE) e F1₁₆₈ (1,64 g planta⁻¹ aos 69 DAE) (Figura 6C-6D).



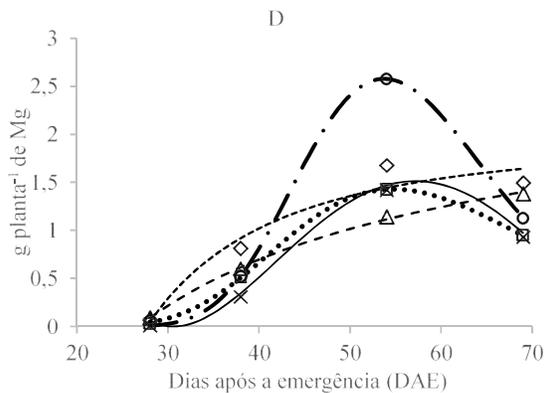
\square $y_{76}=10,35e^{(-0,5(\ln(x/50,65)/0,2176)^2)}$ $R^2 = 0,998^{**}$
 \diamond $y_{168}=12,87e^{(-0,5(\ln(x/50,56)/0,1933)^2)}$ $R^2 = 1,000^{**}$
 \triangle $y_{275}=13,99e^{(-0,5(\ln(x/52,75)/0,2299)^2)}$ $R^2 = 0,999^{**}$
 \circ $y_{397}=14,36e^{(-0,5(\ln(x/50,24)/0,1860)^2)}$ $R^2 = 0,996^{**}$
 \times $\ln(y_{Adc1})=-10,69+9,26E-02(x)\ln(x)-4,73E-05(x)^3$
 $R^2 = 0,992^{**}$



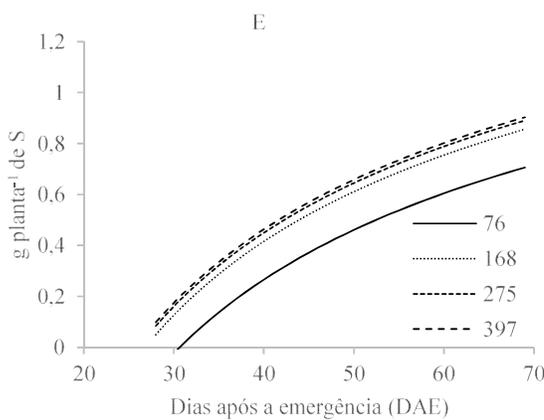
\square $y_{76}=12,53e^{(-0,5(\ln(x/51,85)/0,1930)^2)}$ $R^2 = 1,000^{**}$
 \diamond $y_{168}=13,33e^{(-0,5(\ln(x/52,04)/0,2201)^2)}$ $R^2 = 0,999^{**}$
 \triangle $y_{275}=9,71 * e^{(-0,5(\ln(x/53,81)/0,2346)^2)}$ $R^2 = 0,992^{**}$
 \circ $y_{397}=20,32e^{(-0,5(\ln(x/51,12)/0,1608)^2)}$ $R^2 = 0,999^{**}$
 \times $y_{Adc2}=12,48e^{(-0,5*(\ln(x/52,73)/0,1803)^2)}$ $R^2 = 1,000^{**}$



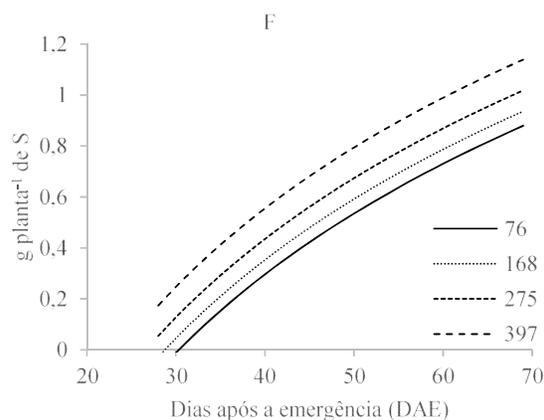
\square $y_{76}=-1,05+1,87E-03x^2\ln x-9,05E-04x^{2,5}$ $R^2 = 1,00^{**}$
 \diamond $y_{168}=-1,19+1,74E-03x^2-2,82E-07x^4$ $R^2 = 0,998^{**}$
 \triangle $y_{275}=2,02e^{(-0,5(\ln(x/55,67)/0,2639)^2)}$ $R^2 = 1,000^{**}$
 \circ $y_{397}=1,67e^{(-0,5(\ln(x/51,01)/0,2282)^2)}$ $R^2 = 0,999^{**}$
 \times $\ln(y_{Adc1})=-40,73-3,51E-04(x)^2\ln(x)+11,14\ln(x)$
 $R^2 = 0,990^{**}$



\square $y_{76}=1,43e^{(-0,5(\ln(x/54,77)/0,2545)^2)}$ $R^2 = 1,000^{**}$
 \diamond $y_{168}=1,96-1495,09/x^2$ $R^2 = 0,944^{**}$
 \triangle $y_{275}=2,79-22,70\ln x/x$ $R^2 = 0,999^{**}$
 \circ $y_{397}=2,58e^{(-0,5*(\ln(x/53,76)/0,1945)^2)}$ $R^2 = 0,999^{**}$
 \times $y_{Adc2}^{0,5}=-4,46+1,99E-01(x)-1,74E-03(x)^2$ $R^2 = 0,996^{**}$



$yF0 = 3,90-12,61/\ln(\text{DAE})-142,94/(\text{Dose})^{1,5}$
 $R^2 = 0,544^{**}$



$yF1 = -3,91+1,07\ln(\text{DAE})+0,22e^{\text{Dose}/463,11}$
 $R^2 = 0,798^{**}$

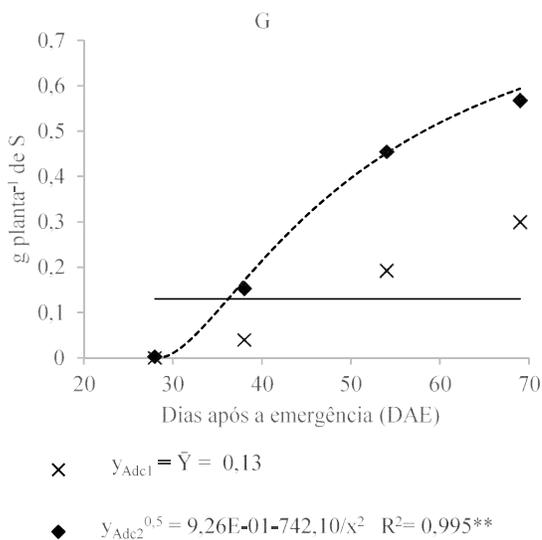


Figura 6. Acúmulos totais de macronutrientes secundários na parte aérea da melancia cv. Magnum em solo calcário: Ca (A) e Mg (B) sem P na fertirrigação e Ca (C) e Mg (D) com P na fertirrigação. E, F, G correspondem a estimativa de S total pelos perfis das superfícies de respostas para S total nas adubações F0 e F1 e nos modelos ajustados para os tratamentos adicionais. Upanema-RN, UFERSA, 2013.

No Adc₂ verificou-se acúmulo máximo de 1,51 g planta⁻¹ de Mg (aos 57 DAE), que é equivalente ao obtido com o F0₁₆₈ (56 DAE) e superior ao F0₇₆ (1,28 g planta⁻¹ aos 56 DAE) e ao F1₇₆ (1,43 g planta⁻¹ aos 55 DAE). Isto pode ser explicado pelo menor acúmulo de K no Adc₂ em relação a esses tratamentos, reduzindo o efeito da inibição competitiva com o Mg (Malavolta et al., 1997). O acúmulo máximo de Mg no Adc₁ corresponde a apenas 0,75 g planta⁻¹ (Figura 6C), ou entre 29% e 58% do estimado para os demais tratamentos.

De forma geral, os efeitos dos tratamentos sobre a marcha de absorção de Mg podem ser atribuídos principalmente ao crescimento das plantas, refletindo no potencial de acúmulo do nutriente. Em estudo com videira, Skinner & Matthews (1990) sugeriram que a absorção de Mg seria menos sensível que sua translocação em resposta ao suprimento de P.

Os acúmulos de S são crescentes até o final do ciclo, sendo que para F0, em razão do comportamento assintótico da resposta à adubação, maiores diferenças ocorrem entre as doses de 76 e 168 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (Figura 6E).

Pelas equações apresentadas nas Figuras 6E e 6F pode-se deduzir que a adubação F1 proporcionou maiores acúmulos de S para uma mesma dose em relação a F0. Para doses entre 76 e 397 kg ha⁻¹ de P₂O₅ estimaram-se acúmulos totais de 0,88 a 1,12 g planta⁻¹ para a adubação F1 e de 0,71 a 0,90 g planta⁻¹ para a adubação F0.

O acúmulo de S no Adc₂ (0,77 g planta⁻¹ aos 69 DAE) (Figura 5M) equivale a dose de 96 kg ha⁻¹ de P₂O₅ na adubação F0 (Figura 5K), enquanto que para o Adc₁ não foi ajustado um

modelo em razão da não significância do teste F para o desdobramento em função do tempo (Tabela 4).

Os maiores acúmulos de S na adubação F1 em relação F0 devem estar relacionados com a maior disponibilização de P no primeiro. Kumar & Singh (1980) identificaram interação positiva do P sobre a absorção de S em trabalho com a cultura da soja. Alvarez et al. (2007) reportaram a existência de diversos trabalhos que apontam para uma forte interação positiva entre P e S, cujos efeitos podem estar relacionados com vários processos metabólicos na planta e ainda como resultado do deslocamento do S adsorvido no solo por efeito do P, que apresenta maior energia de ligação.

A ordem geral do acúmulo máximo de nutrientes nas adubações F0 e F1 foi: $K > N > Ca > P > Mg > S$, exceto pelo tratamento F0₂₇₅, em que o acúmulo de Mg é pouco maior que o de P.

Menor acúmulo de P em relação ao Mg foi verificado por Grangeiro & Cecílio Filho (2004a), em trabalho com o híbrido 'Tide'. Enquanto Silva et al. (2012) apontaram um conteúdo de P maior que Mg para a cv. Olímpia, todavia para a cv. Leopard (sem sementes) constataram o inverso.

Nos tratamentos adicionais verificou-se uma maior proporção de Ca, modificando a ordem de acúmulo de nutrientes no Adc₂ para: $K > Ca > N > Mg \approx P > S$. Como já discutido, isto provavelmente é o resultado da menor absorção de K neste tratamento, resultando em maior absorção de Ca. No geral, pode-se inferir que os acúmulos totais dos nutrientes avaliados acompanharam a produção de biomassa seca das plantas, havendo contudo alguma influência das maiores concentrações médias de nutrientes na adubação F1, particularmente para P e S.

A aplicação de parte do fosfato por cobertura pode ter favorecido a melhor distribuição do sistema radicular e assim maior absorção de nutrientes. Barreto & Fernandes (2002) verificaram maior biomassa radicular e distribuição de raízes do milho sob efeito de adubação de cobertura (a lanço) em comparação a adubação de pré-plantio.

Em trabalho de revisão sobre a eficiência da adubação fosfatada para a cultura da batata, Hopkins et al. (2014) explicam que apesar dos conhecidos benefícios da aplicação localizada dos fertilizantes fosfatados, toda a zona radicular precisa de P, de modo que a combinação de técnicas de aplicação do fertilizante pode ser favorável, particularmente em solos com níveis baixos a médios de P.

3.4. Acúmulo de nutrientes nos frutos

A ausência de P na adubação (Adc1) prejudicou a formação de frutos e consequentemente a significância dos nutrientes acumulados neste em função do tempo, com exceção do Mg (Tabela 7).

Tabela 7. Quadrados médios da análise de variância para acúmulos nos frutos de N, P, K, Ca, Mg e S (g planta⁻¹) em função de doses e formas de aplicação de fosfato e do tempo em dias após a emergência (DAS) da cultivar Magnum. UPANEMA-RN, UFERSA, 2013.

F.V. ¹	G.L. ²	N	P	K	Ca	Mg	S
Bloco	3	53,05**	1,41*	185,72*	1,14 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,20*
Forma	1	32,22 ^{ns}	3,21**	122,34 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,23*	0,09 ^{ns}
Dose	3	31,9*	2,68**	100,53 ^{ns}	1,12 ^{ns}	0,2*	0,36**
Forma x Dose	3	25,91 ^{ns}	0,52 ^{ns}	151,99 ^{ns}	0,4 ^{ns}	0,13 ^{ns}	0,28**
Fat ³ vs, Adc ₁	1	317,9**	11,33**	1963,35**	12,84**	1,58**	1,01**
Fat vs, Adc ₂	1	52,58*	2,61**	453,61**	0,72 ^{ns}	0,31*	0,33*
Erro a	27	9,35	0,33	54,71	0,43	0,04	0,05
DAE	3	1231,9**	33,41**	8792,62**	53,54**	6,64**	5,01**
Forma x DAE	3	14,95 ^{ns}	1,35**	47,39 ^{ns}	0,25 ^{ns}	0,21**	0,04 ^{ns}
Dose x DAE	9	28,72**	1,53**	139,83**	1,95**	0,15**	0,42**
Forma x Dose x DAE	9	19,47*	0,41 ^{ns}	95,62 ^{ns}	0,42 ^{ns}	0,09**	0,11*
DAE d. Adc ₁	3	13,34 ^{ns}	0,04 ^{ns}	94,9 ^{ns}	0,55 ^{ns}	0,11*	0,07 ^{ns}
DAE d. Adc ₂	3	90,39**	1,78**	535,61**	5,72**	0,51**	0,25**
Erro b	90	7,91	0,26	48,27	0,36	0,03	0,05
C.V. ⁴ a (%)		58,47	68,1	57,76	61,55	53,97	69,77
C.V.b (%)		53,79	60,5	54,25	55,78	43,59	74,59
Média geral		5,23	0,84	12,81	1,069	0,39	0,30

¹F.V. – Fator de variação. ²G.L. – grau de liberdade. ³Fat – Fatorial: Forma de manejo x Dose. ⁴C.V. – Coeficiente de variação. ^{ns}, * e ** correspondem a não significativo, significativo a 5% e a 1%, respectivamente, pelo teste F.

Maiores acúmulos de N nos frutos são verificados aos 69 DAE, com destaque para os tratamentos F0₂₇₅, F1₁₆₈, F1₂₇₅ e F1₃₉₇, acumulando 18,27, 15,84, 15,83 e 14,36 g planta⁻¹ (Figura 7A-7B), correspondendo a 90%, 93%, 95% e 62% dos respectivos acúmulos totais máximos (Figura 6A-6B).

Nas maiores doses de fosfato, as proporções de exportação de N foram de 65% (F0₃₉₇) e 62% (F1₃₉₇) provavelmente decorrem de um possível excesso na carga inicial de frutos, incrementando a competição entre os mesmos pelo nutriente translocado das folhas, levando ao abortamento e perda de N.

A estimativa de exportação de N no F0₂₇₅ (18,27 g planta⁻¹) foi próxima da verificada por Grangeiro & Cecílio Filho (2004b) em trabalho realizado com o híbrido Tide (18,72 g planta⁻¹) com uma densidade de aproximadamente 1.960 plantas ha⁻¹.

O máximo acúmulo de N nos frutos no Adc₂ foi de 9,41 g planta⁻¹ (78% do máximo acumulado), sendo pouco superior ao F0₁₆₈ (8,41 g planta⁻¹) (Figura 7A-7B), o que pode ser explicado pela baixa proporção de exportação de N neste último (56%).

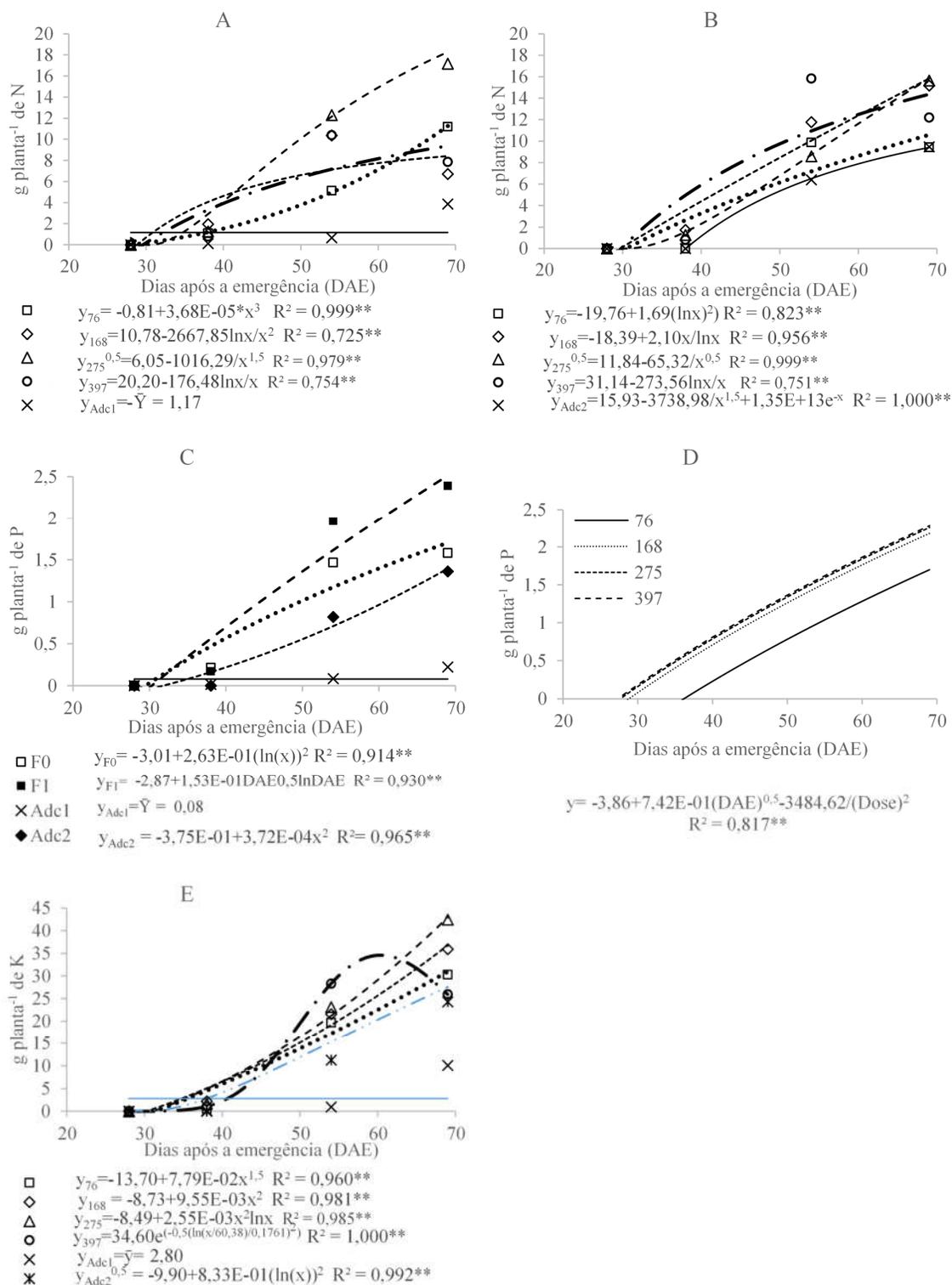


Figura 7. Acúmulos de nutrientes nos frutos da melancia cv. Magnum em solo calcário. Acúmulos de N sem (A) e com P na fertirrigação (B) em função do tempo. C e D correspondem aos acúmulos de P nos tratamentos em função do tempo (C) e pelo corte da superfície de resposta Doses x DAE (D); e E - a curva de resposta de acúmulo de K nas diferentes doses de fosfato. Upanema-RN, UFRSA, 2013.

O lento crescimento inicial associado a uma precoce iniciação floral provavelmente afetou o equilíbrio t nuo das relações fonte-dreno da cultura, levando a diferentes respostas de crescimento e partição de assimilados nos tratamentos.

Na fase reprodutiva a remobilização de nutrientes é particularmente importante, podendo levar a aceleração da senescência foliar   medida que os nutrientes absorvidos pelas raízes não atendem a demanda dos órgãos em crescimento (Souza & Fernandes, 2006; Marschner, 1995).

Quanto ao P nos frutos, verificou-se nas Figura 7C que o seu acúmulo   maior na adubação F1 em relação a F0, com estimativas médias de 2,51 e 1,70 g planta⁻¹, respectivamente, aos 69 DAE.

Em ambas as adubações, as taxas de acúmulo de P nos frutos são positivas e decrescentes com o tempo, variando entre 0,06 a 0,03 g dia⁻¹ para a adubação F0 e de 0,08 e 0,06 g dia⁻¹ com a adubação F1 entre 28 e 69 DAE (Figura 7C). A intensidade de redução das taxas de acúmulo total de P também foi maior na adubação F0 (0,13 a 0,01 g dia⁻¹) em relação a F1 (0,14 a 0,03 g dia⁻¹) (Figura 5C). Isto se deve em parte ao declínio das concentrações de P em solução por efeito das aplicações de P em pré-plantio (Mohammad et al., 2004).

Diante destes resultados, pode-se inferir que na adubação F1, os maiores efeitos iniciais do P em pré-plantio na solução do solo somaram-se aos efeitos da reposição do P ao longo do ciclo da cultura, por meio da aplicação parcelada junto a água de irrigação. Estes efeitos são comparáveis aos do aumento das doses de fosfato entre 76 e 397 kg ha⁻¹ de P₂O₅, cujo efeito isolado proporcionou acúmulos de 1,70 a 2,28, respectivamente, aos 69 DAE (Figura 7D).

A partir do modelo apresentado na Figura 7D e considerando a diferença de acúmulo de P nos frutos entre as adubações F1 e F0 aos 69 DAE (0,81 g planta⁻¹) (Figura 7C) estimam-se exportações de P pelos frutos de 1,30 a 1,88 g planta⁻¹ para F0 e de 2,10 a 2,68 g planta⁻¹ para F1 entre as doses de 76 e 397 kg ha⁻¹ de P₂O₅, ao final do ciclo.

O acúmulo de P nos frutos no Adc₂ (1,40 g planta⁻¹) (Figura 7C)   equivalente a dose de 83 kg ha⁻¹ de P₂O₅ na adubação F0, sendo correspondente a aproximadamente 94% do respectivo máximo acumulado na parte  erea (Figura 5C).

Os acúmulos de P nos frutos nos tratamentos de melhor desempenho, F0₂₇₅ e F1₁₆₈, foram respectivamente de 1,85 e 2,58 g planta⁻¹ (Figura 7C-7D), enquanto que as proporções de exportação foram mais próximas entre si, com 93% e 96%.

Trabalhando com o híbrido ‘Tide’ cultivado no espaçamento de 3,0 x 1,7 m e recebendo o equivalente a 204 kg ha⁻¹ de P₂O₅ na adubação de plantio, Grangeiro & Cecílio Filho (2004a) observaram que 82% do total de P na planta foi acumulado nos frutos, exportando

assim 5,66 g planta⁻¹ ou 11,1 kg ha⁻¹ de P que é pouco superior ao estimado para o F0₂₇₅ (10,84 kg ha⁻¹), mas inferior ao F1₁₆₈ (15,10 kg ha⁻¹).

Além das diferenças entre genótipos, essas discrepâncias podem ser atribuídas mais à forma de adubação do que pela densidade de plantio, uma vez que a competição pelo P entre as plantas deve ser mínima, em razão de sua baixa mobilidade no solo (Novais & Mello, 2007).

Aos 69 DAE, maiores acúmulos de K ocorrem nas doses de 275, 168, 76 e 397 kg ha⁻¹ de P₂O₅ com 42,94, 36,74, 30,93 e 25,97 g planta⁻¹ (Figura 7E), respectivamente, independente da forma de adubação. Isto equivale a exportações entre 152 e 251 kg ha⁻¹ de K.

Em trabalho com o híbrido Tide, Grangeiro & Cecílio Filho (2004a) apresentaram uma exportação de K de 118 kg ha⁻¹, porém, correspondendo a 60,18 g planta⁻¹, com densidade utilizada de 1960 plantas ha⁻¹.

Observa-se que aos 69 DAE o acúmulo de K nos frutos do Adc₂ (28,57 g planta⁻¹) é superior ao da dose de 397 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (25,97 g planta⁻¹), porém, isto ocorre devido a sua redução após atingir um máximo de 34,60 g planta⁻¹ (60 DAE) (Figura 7E).

Considerando as proporções de exportação de K de 81% e 91% nos tratamentos de melhor desempenho, F0₂₇₅ e F1₁₆₈, respectivamente (Vide equações nas Figuras 7E e 5E-5F), pode-se inferir que neste último a distribuição do nutriente foi mais afetada pela demanda para o crescimento dos frutos. Para o híbrido Tide, Grangeiro & Cecílio Filho (2004a) observaram uma exportação de 76% do K total acumulado.

A ordem de acúmulo de Ca nos frutos é similar ao de K, sendo influenciado por DAE dentro de cada dose de fosfato, independentemente da forma de adubação. Aos 69 DAE os acúmulos de Ca nos frutos são de 3,54, 3,22, 2,27 e 1,67 g planta⁻¹ respectivamente para as doses de 275, 168, 397 e 76 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (Figura 8A).

Os acúmulos finais de Ca nos frutos (69 DAE) nas doses de 275 kg ha⁻¹ e 168 kg ha⁻¹ de P₂O₅ correspondem a exportações de 20,72 e 18,80 kg ha⁻¹ (Figura 8A), ou 25% e 24% dos respectivos máximos acumulados (Figura 6A-6B).

Em trabalho com o híbrido Tide, Grangeiro & Cecílio Filho (2004a) apontaram um acúmulo de Ca nos frutos de 4,3 kg ha⁻¹, ou 2,19 g planta⁻¹, correspondendo a 17% do total acumulado na planta. Os autores atribuíram a alta proporção de Ca na parte vegetativa ao transporte de Ca exclusivamente pelo xilema, via fluxo transpiratório, favorecendo o seu acúmulo nas folhas. A baixa capacidade de remobilização inerente a esse elemento é também um fator que contribui para a distribuição do Ca na planta (Marschner, 2012).

O conteúdo máximo de Ca nos frutos no tratamento Adc₂ (2,47 g planta⁻¹) foi superior ao verificado com a dose de 76 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (2,27 g planta⁻¹), provavelmente devido a um

maior efeito da inibição competitiva com o K neste último, como já explicado para o acúmulo total de Ca.

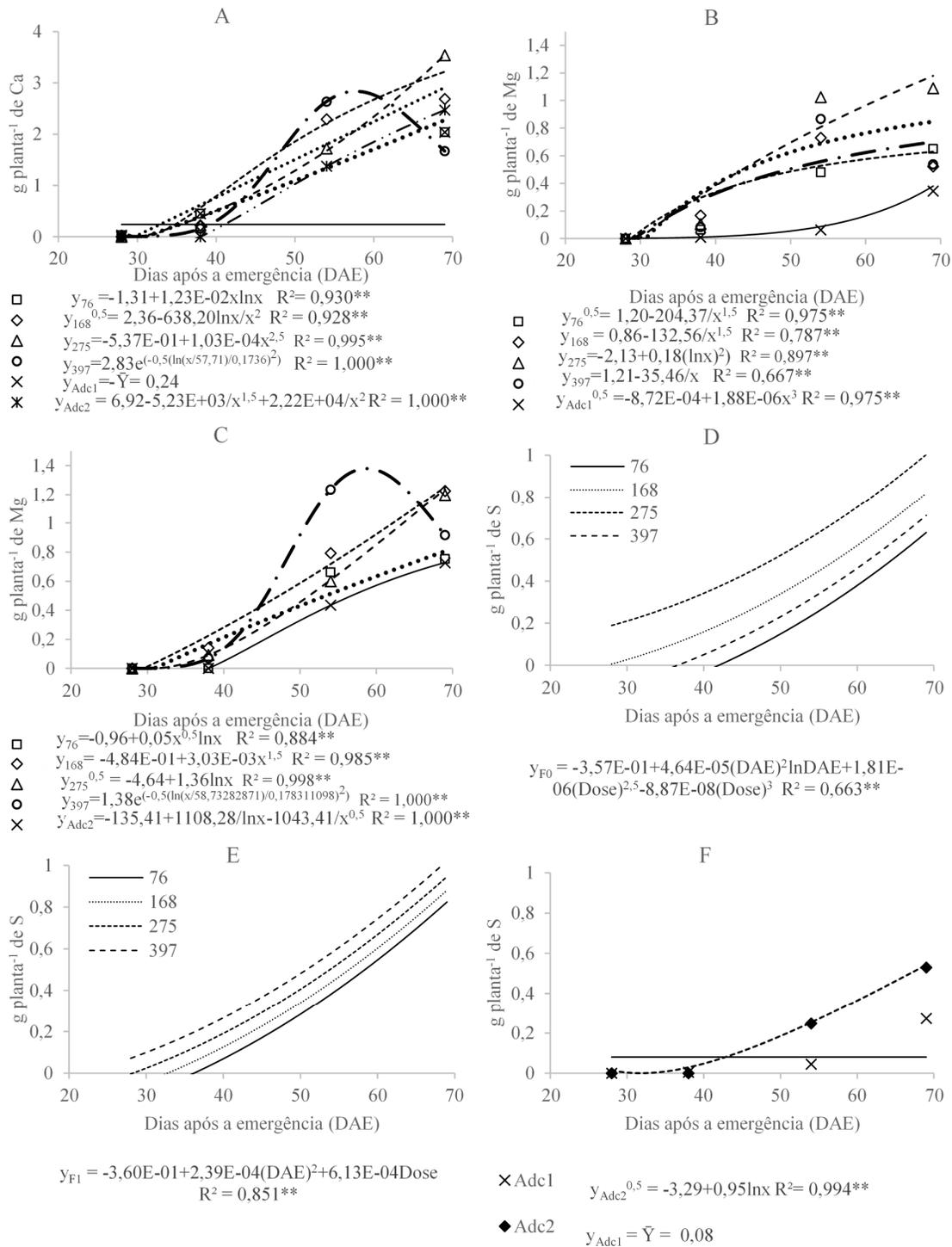


Figura 8. Acúmulos de nutrientes nos frutos da melancia cv. Magnum em solo calcário em função do tempo. Acúmulos de Ca (A) nas diferentes doses de fósforo; de Mg sem (B) e com P na fertirrigação (C); e de S pelos perfis das superfícies de respostas nas adubações F0 (D) e F1 (E) e nos modelos ajustados para os tratamentos adicionais (K). Upanema-RN, UFRSA, 2013.

Aos 69 DAE, maiores acúmulos de Mg nos frutos são obtidos para os tratamentos F1₁₆₈, F1₂₇₅ e F0₂₇₅, com 1,25, 1,24 e 1,18 g planta⁻¹, respectivamente (Figura 8B-8C). No tratamento Adc₂ o acúmulo de Mg nos frutos (0,73 g planta⁻¹) é um pouco superior ao verificado para o F0₁₆₈ (0,63 g planta⁻¹), o que pode ser atribuído a uma maior proporção de exportação para os frutos no primeiro, visto que os acúmulos totais foram similares (Figura 6C-6D).

Em estudo com videira, Skinner & Matthews (1990) concluíram que a translocação de Mg é mais sensível ao suprimento do P do que a sua absorção. Isto pode explicar a maior proporção média de acúmulo de Mg nos frutos nos tratamentos da adubação F1 (64%) em comparação com a F0 (52%).

Para os tratamentos F1₁₆₈ e no F0₂₇₅ as exportações de Mg correspondem a aproximadamente 76% e 58% dos respectivos máximos estimados para a parte aérea (Vide Figuras 8B-8C E 6C-6D).

Já Grangeiro & Cecílio Filho (2004a) verificaram uma alocação de Mg nos frutos de 3,47 g planta⁻¹ correspondente a 41% do total acumulado para o híbrido Tide (1.960 plantas ha⁻¹), atribuindo a maior proporção de acúmulo nas folhas ao papel deste nutriente como constituinte da molécula de clorofila.

Aos 69 DAE, o conteúdo de S nos frutos no Adc₂ atinge um máximo de 0,54 g planta⁻¹ (Figura 8F) que é bem inferior aos máximos estimados para as adubações F0 e F1, de 1,01 e 1,02 g planta⁻¹, nas doses de 290 e 397 kg ha⁻¹ de P₂O₅, respectivamente, porém próximo à dose de 76 kg ha⁻¹ de P₂O₅ da adubação F0 (0,63 g planta⁻¹) (Figura 8D-8E).

O maior acúmulo de S nos frutos na dose de 290 kg ha⁻¹ de P₂O₅ na adubação F0 deve estar relacionado com a maior produção de biomassa de frutos próximo a esta dose - tratamento F0₂₇₅.

A baixa acurácia do ajuste do modelo obtido para o S nos frutos na adubação F0, prejudicou a estimativa de exportação de S do F0₂₇₅. Porém, as proporções de exportação de S na média das doses na adubação F0 e F1 foram de 94,3% e 92,4%, respectivamente, podendo ser consideradas altas.

A relação entre o suprimento e a demanda do S definem a intensidade de sua remobilização, podendo no presente caso estar associada à elevada proporção da biomassa de frutos.

Em trabalho com o híbrido Tide, Grangeiro & Cecílio Filho (2004a) verificaram uma proporção de 65%, relativo a exportação de 6,8 kg ha⁻¹ ou 3,47 g planta⁻¹ de S nos frutos, sendo que os frutos representaram 69% da biomassa total.

Em estudo com melancia sem sementes, em que os frutos participaram com apenas 39% da massa seca total, a relação porcentual entre S nos frutos e S total foi de 33% (Grangeiro & Cecílio Filho, 2005).

4. CONCLUSÕES

As doses e formas de adubação fosfatada influenciaram a partição e proporção de distribuição dos nutrientes acumulados na planta ao longo do tempo.

Maiores acúmulos totais de P e de S ocorrem com a adubação F1 (pré-plantio + fertirrigação), porém, de forma geral, as características avaliadas foram dependentes da interação entre doses e formas de adubação, destacando-se os tratamentos F0₂₇₅ e F1₁₆₈ em termos de acúmulo de biomassa e dos demais nutrientes.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, E. I. B.; NÓBREGA, G. N.; CORRÊA, M. C. M.; PINHEIRO, E. A. R.; ARAÚJO, N. A. Crescimento e marcha de absorção de micronutrientes para a cultivar de melancia Crimson Sweet. **Revista Agro@ambiente ON-line**, v. 8, n. 1, p.74-80, 2014.

ALVAREZ, V. H. et al. Enxofre. In: NOVAIS, R. F. et al. (Ed) **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 595-644.

ALVES, V. M.C.; MAGALHAES, J. V.; VASCONCELLOS, C. A.; NOVAIS, R. F.; BAHIA FILHO, A. F. C.; FRANÇA, G. E.; OLIVEIRA, C. A.; FRANÇA, C. C. M. Acúmulo de nitrogênio e de fósforo em plantas de milho afetadas pelo suprimento parcial de fósforo às raízes. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.23, p.299-305, 1999.

ARAÚJO A. P.; ROSSIELLO R. O. P. Aplicação da análise quantitativa do crescimento vegetal para avaliar a absorção e a utilização de nutrientes. In: ARAÚJO A. P., ALVES B. J. R. eds. **Tópicos em Ciência do Solo**. Viçosa: Soc. Bras. Ciênc. Solo 8:293-323, 2013.

ARAÚJO, A. P.; MACHADO, C. T. T. Fósforo. In: **Nutrição mineral de plantas**. Fernandes, M.S. (ed.) 1.ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. Cap 10, p.253-280.

BARRETO, A. C.; FERNANDES, M. F. Produtividade e absorção de fósforo por plantas de milho em função de doses e modos de aplicação de adubo fosfatado em solo de tabuleiro costeiro. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, 26: 151-156, 2002.

COSTA, J. P. V.; BARROS, N. F.; ALBUQUERQUE, A. W.; MOURA FILHO, G.; SANTOS, J. R. Fluxo difusivo de fósforo em função de doses e da umidade do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, n. 4, p.828-835, 2006.

DUARTE T. S.; PEIL R. M. N.; MONTEZANO E. M. Crescimento de frutos do meloeiro sob diferentes relações fonte:dreno. **Horticultura Brasileira** 26: 342-347, 2008.

- DUARTE T. S.; PEIL, R. M. N. Relações fonte:dreno e crescimento vegetativo do meloeiro. **Horticultura Brasileira** 28: 271-276, 2010.
- FERNANDES, A. M.; SORATTO, R. P. Nutrition, dry matter accumulation and partitioning and phosphorus use efficiency of potato grown at different phosphorus levels in nutrient solution. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 36: 1528-1537, 2012.
- FERREIRA, D.F. Sisvar versão 5.3 (Biud 75). **Sistemas de análises de variância para dados balanceados**: Programa de análises estatísticas e planejamento de experimentos. Lavras, Universidade Federal de Lavras, 2010.
- GRANGEIRO, L. C.; CECÍLIO FILHO, A. B. Acúmulo e exportação de macronutrientes em melancia sem sementes. **Horticultura Brasileira, Brasília**, v.23, n.3, p.763-767, 2005.
- GRANGEIRO, L.C.& CECÍLIO FILHO, A.B. Acúmulo e exportação de macronutrientes pelo híbrido de melancia Tide. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, n.1, p.93-97, 2004a.
- GRANGEIRO, L.C.& CECÍLIO FILHO, A.B. Exportação de nutrientes pelos frutos da melancia em função de épocas de cultivo, fontes de doses de potássio. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, p. 740-743, 2004b.
- HOPKINS, B. G., HORNECK, D. A., & MACGUIDWIN, A. E. Improving phosphorus use efficiency through potato rhizosphere modification and extension. **American journal of potato research**, 91(2), 161-174, 2014.
- KUMA, V. & SINGH, M. Sulfur, phosphorus and molibdenium interactions in relation to growth, uptake and utilization of sulfur in soybean. **Soil Science**, vol. 129, n. 5, p. 297-304, 1980.
- LINS, H. A.; QUEIROGA, R. C. F.; PEREIRA, A. M.; SILVA, G. D.; ALBUQUERQUE, J. R. T. Produtividade e Qualidade de Frutos de Melancia em Função de Alterações na Relação Fonte-Dreno. **Revista Verde**, Mossoró-RN, v. 8, n. 3, p. 143 - 149, 2013
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 201p.
- MARCELIS L. M. F.; HEUVELINK L. R.; HOFMAN-EIJER B.; BAKER J. D.; XUE L. B. Flower and fruit abortion in sweet pepper in relation to source and sink strength. **Journal Experimental of Botany**, 55: 2261- 2268, 2004.
- MAROUELLI, W. A., GUIMARAES, T. G., BRAGA, M. B., & DE CARVALHO, W. L. Frações ótimas da adubação com fósforo no pré-plantio e na fertirrigação por gotejamento de tomateiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 50, n. 10, p. 949-957, 2015.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 3a ed London: Elsevier, 2012. 643 p.
- MERRIAM, J. L.; KELLER, J. **Farm irrigation system evaluation: a guide for management**. Logan: Utah State University, 1978. 271p.

- MOHAMMAD, M. J.; HAMMOURI, A.; FERDOWS, A. E. Phosphorus fertigation and preplant conventional soil application of drip irrigated summer squash. **Journal of Agronomy**, 3 (3): 162-169, 2004.
- NOVAIS, R. F.; MELLO, J. W. V. de. Relação Solo-Planta. In: NOVAIS, R. F. et al. **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de solos, 2007.p. 133-204.
- PAULA, J.A.A.; MEDEIROS, J.F.; MIRANDA, N.O.; OLIVEIRA, F.A. ; LIMA, C.J.G.S. Metodologia para determinação das necessidades nutricionais de melão e melancia. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, p. 911-916, 2011.
- RAGHOTHAMA, K. G. & KARTHIKEYAN, A. S. Phosphate acquisition. **Plant and Soil**, 274, p. 37-49, 2005.
- RUIZ, H. A.; MIRANDA, J. E.; CONCEIÇÃO, J. C. S. Contribuição dos mecanismos de fluxo de massa e de difusão para o suprimento de K, Ca, Mg às plantas de arroz. **Revista Brasileira da Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, n. 4, p. 1015-1018, 1999.
- SCIENTIFIC, J. **Table curve: curve fitting software**. Corte Madera, 1991. 280p.
- SILVA, FC. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2 ed. Brasília, DF: Embrapa Informação tecnológica, 2009, 627p.
- SILVA, M. V. T.; CHAVES, S. W. P.; MEDEIROS, J. F.; SOUZA, M. S.; SANTOS, A. P. F.; OLIVEIRA, F. L. Acúmulo e exportação de macronutrientes em melancieiras fertirrigadas sob ótimas condições de adubação nitrogenada e fosfatada. **CSA – Agropecuária Científica no Semi-Árido**, v.98, n.4, p.55-59, 2012.
- SKINNER, P. W.; MATTHEWS, M. A. A. Novel interaction of magnesium translocation with the supply of phosphorous to root of grapevine (*Vitis vinifera* L.). **Plant, Cell and Environment**, Oxford, v. 13, n. 8, p. 821-826, 1990.
- SOUZA, S. R.; FERNANDES, M. S. Nitrogênio. In: Fernandes, M. S. (ed.) **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa: SBCS, 2006. Cap. 9, p.215-254.
- SOUZA, T. R.; BÔAS, R. L. V.; QUAGGIO, J. A.; SALOMÃO, L. C.; FORATTO, L. C. Dinâmica de nutrientes na solução do solo em pomar fertirrigado de citros. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.47, n.6, p.846-854, 2012.
- VIDIGAL, S. M.; PACHECO, D. D.; COSTA, E. L.; FACION, C. E. Crescimento e acúmulo de macro e micronutrientes pela melancia em solo arenoso. **Revista Ceres**, 56(1): 112-118, 2009.

CAPÍTULO V

MARCA DE ABSORÇÃO DE MACRONUTRIENTES DA MELANCIA 'MAGNUM' SOB DOSES E FORMAS DE ADUBAÇÃO FOSFATADA EM SOLO ARENOSO

RESUMO: Objetivou-se com este trabalho avaliar a marcha de acúmulo e distribuição de biomassa seca e de macronutrientes da melancieira cv. Magnum irrigada submetida a diferentes doses e formas de aplicação de fosfato. O experimento foi realizado em um Argissolo de textura arenosa, em Mossoró-RN, em delineamento experimental de blocos casualizados no esquema fatorial e em parcelas subdivididas no tempo com quatro repetições. Foram avaliadas três doses de fosfato (34, 80 e 137 kg ha⁻¹ de P₂O₅) e duas formas de adubação (em pré-plantio – F0 e em pré-plantio + cobertura – F1). A fonte utilizada para as doses em pré-plantio foi o superfosfato triplo – SFT e as aplicações em cobertura foram feitas através de fertirrigação, utilizando fosfato monoamônico - MAP (34 kg ha⁻¹ de P₂O₅). Para a determinação do crescimento das plantas, foram realizadas coletas, aos 27, 34, 40 e 55 dias após a emergência (DAE) da parte aérea total (caule + folha + fruto) de todos os tratamentos. A marcha de acúmulo de nutrientes foi determinada para a dose de 137 kg ha⁻¹ de P₂O₅ de ambas as formas de adubação. A dose de 137 kg ha⁻¹ de P₂O₅ proporcionou maior acúmulo de biomassa nas folhas, independente da forma de adubação. De forma geral, 50% do total dos nutrientes é acumulada em até 44 DAE, seguindo o padrão de acúmulo de biomassa. A ordem geral de acúmulo de nutrientes foi alterada com a forma de adubação, havendo aumento do acúmulo de P com a adubação F1 na parte aérea como um todo e nos frutos. Maiores acúmulos totais de Ca e Mg ocorrem na adubação em pré-plantio mais fertirrigação (F1), porém o mesmo não ocorreu para o acúmulo nos frutos.

PALAVRAS-CHAVE: *Citrullus lanatus*, acúmulo de nutrientes, fósforo.

MARCH OF MACRONUTRIENT ABSORPTION OF WATERMELON 'MAGNUM'
UNDER DOSES AND FORMS OF PHOSPHATE FERTILIZATION IN SANDY SOIL

ABSTRACT: The objective with this work was to evaluate the march of accumulation and distribution of dry biomass and macronutrients of the watermelon cv. Magnum irrigated under different doses and forms of phosphate application. The experiment was carried out in a Ultissol

with sandy texture in Mossoró-RN, in a randomized complete block design in factorial scheme and in plots subdivided in time with four replications. Three doses of phosphate (34, 80 and 137 kg ha⁻¹ de P₂O₅) and two forms of fertilization (pre-planting - F0 and pre-planting + cover - F1) were evaluated. The source used for the pre-planting doses was triple superphosphate - SFT and the cover applications were made through fertigation using monoammonium phosphate - MAP (34 kg ha⁻¹ of P₂O₅). For the determination of plant growth, samples were taken at 27, 34, 40 and 55 days after emergence (DAE) of the total shoot (stem + leaf + fruit) of all treatments. The march of nutrient accumulation was determined at the dose of 137 kg ha⁻¹ of P₂O₅ both forms of fertilization. The dose of 137 kg ha⁻¹ P₂O₅ provided higher biomass accumulation in the leaves, regardless of the form of fertilizer. In general, 50% of the total nutrients are accumulated in up to 44 DAE, following the biomass accumulation pattern. The general sequence of nutrient accumulation was altered with the form of fertilization, with an increase of P accumulation with F1 fertilization in the aerial part as a whole and in the fruits. Higher accumulations of Ca and Mg occur in pre-planting plus fertigation (F1), but the same did not occur for the accumulation in the fruits.

KEYWORDS: *Citrullus lanatus*, accumulation of nutrients, phosphorus.

1. INTRODUÇÃO

As condições climáticas adequadas da região Nordeste tem feito do cultivo da melancia um negócio de expressiva importância social e econômica, porém o desconhecimento das necessidades nutricionais da cultura pode levar a ineficiência do sistema de adubação.

Entre os elementos de importância para o desenvolvimento da melancieira, destacam-se o fósforo (P), que apesar das baixas extrações pela cultura quando comparado com o nitrogênio (N) e o potássio (K), é demandado em grandes quantidades nas adubações. Esse fato decorre da baixa disponibilidade natural e ou da capacidade de “fixação” do P no solo, sendo esta última a principal causa para a baixa eficiência de recuperação do nutriente pela maioria das culturas, entre 5 e 20% do aplicado (Araújo & Machado, 2006).

Por esses motivos, na adubação convencional o P é aplicado em pré-plantio de forma localizada, de modo a minimizar a sua reação com os componentes do solo. Porém, alguns trabalhos tem indicado que adubações fosfatadas por cobertura (via fertirrigação) proporcionaram aumento da disponibilidade de P no solo, com impactos sobre a sua absorção e produtividade das culturas (Deus et al., 2011; Marouelli et al., 2015).

A combinação do P em pré-plantio mais fertirrigação pode ser uma boa estratégia para garantir a disponibilidade inicial para o crescimento das plantas, bem como para manter níveis adequados de P no solo ao longo do ciclo de cultivo (Marouelli et al., 2015).

Ressalta-se porém que para maior eficiência do sistema de adubação é necessário que se conheça as necessidades reais da cultura ao longo de seu ciclo, a qual é possível através de estudos de marcha de absorção (Andrade Jr. et al., 2011).

A partir de levantamento de publicações sobre marcha de absorção de nutrientes para a cultura da melancia, Gonçalves et al. (2016) concluíram que as recomendações de adubação dependem das necessidades de cada nutriente pela cultura mas também do manejo da adubação e das condições edafoclimáticas da região de cultivo.

O manejo da adubação fosfatada poderá influenciar também a absorção e partição de outros nutrientes na biomassa, com efeito sobre os ritmos de crescimento e de diluição.

Assim, o objetivo com este trabalho foi avaliar a produção e distribuição de biomassa e de macronutrientes pela melancieira cv. Magnum irrigada sob efeito do manejo da adubação fosfatada em solo de textura arenosa.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no período de novembro de 2014 a janeiro de 2015 em área da fazenda experimental da UFERSA, município de Mossoró-RN, localidade de Alagoinha (5° 3'33"S; 37°23'54"O e altitude de 78 m). O clima predominante na região é quente e seco - tipo BSw^h, pela classificação climática de Köppen.

Durante o período experimental, a temperatura média diária do ar variou entre 26,4 e 31,2°C e a umidade relativa do ar média foi de 62% (dados da estação automática de Mossoró A318 - INMET).

O experimento foi realizado em um Argissolo de textura arenosa, tendo sido recolhida amostra composta da camada de 0-20 cm para fins de caracterização. As características físicas e químicas do solo, bem como da água de abastecimento foram apresentadas na Tabela 1.

O experimento foi conduzido em delineamento experimental de blocos ao acaso, em esquema fatorial, subdividido em quatro épocas de avaliação, com quatro repetições. Para o acúmulo de biomassa, foram avaliadas três doses de fosfato (34, 80 e 137 kg ha⁻¹ de P₂O₅) sob duas formas de adubação: F0 –pré-plantio e F1 – pré-plantio e em cobertura (na fertirrigação -

34 kg P₂O₅ ha⁻¹). Para a análise do acúmulo de nutrientes, considerou-se somente a dose de 137 kg ha⁻¹ de P₂O₅ nas duas formas de adubação.

Tabela 1. Características do solo¹ e da água de abastecimento

Solo												
Argila	Silte	Areia	pH _(H2O)	M.O.	P	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Al ³⁺	H+Al	Pr
g kg ⁻¹				g kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	mmolc dm ⁻³						mg L ⁻¹
80	15	905	5,7	18,43	4	14,7	5,0	2,30	4,4	0,0	24,8	50
Água												
C.E.	pH	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻	RAS			
dSm ⁻¹		mmolc L ⁻¹						(mmolc L ⁻¹)				
0,71	7,9	1,84	1,36	0,75	1,80	2,40	4,32	0,0	1,42			

¹As determinações químicas seguiram roteiro preconizado por Silva (2009). M.O. = matéria orgânica. Extratores químicos: Mehlich-1 for P, K and Na; KCl 1N para Ca, Mg and Al; Acetato de cálcio a pH 7,0 para H+Al; solução DTPA (pH=7,3) para Cu, Fe, Mn e Zn e B disponível foi extraído com HCl (0.05M), na razão solo/extrator de 1:2. Pr representa o P remanescente obtido após uma hora de agitação em solução de CaCl₂ 0,01 M, com 60 mg L⁻¹ of P, na razão solo/solução de 1:10, deixando-se descansar por 16 h. A fração argila foi obtida pelo método da pipeta; silte pela diferença de massa entre a amostra total e a areia por tamisação.

O plantio da cv. Magnum foi realizado diretamente no campo, no espaçamento de 0,60 m entre plantas e de 2,0 m entre linhas, no dia 11/11/2014. O sistema de irrigação adotado foi o gotejamento, com emissores espaçados de 0,30 m, vazão média de 1,13 L h⁻¹ (pressão de 0,65 kgf cm⁻²) coeficiente de uniformidade de emissão de 91 %, estimados de acordo com Merriam e Keller (1978). O manejo da irrigação foi realizado pelo monitoramento da umidade do solo por meio de tensiometria, mantendo-se o solo com potencial matricial superior a -20 kPa.

A adubação fosfatada em pré-plantio foi manualmente em covas de 10 cm de profundidade, a cada 30 cm e ao lado de cada emissor (10 cm). As aplicações em cobertura foram feitas através de fertirrigação através de tanques de derivação, conectados às redes de irrigação. As fontes utilizadas em pré-plantio e em cobertura (fertirrigação) foram o superfosfato triplo (41% P₂O₅) e o fosfato monoamônico (61 % P₂O₅), respectivamente.

As fontes de N (ureia e sulfato de amônio), K (cloreto de potássio e sulfato de potássio), Ca (nitrato de cálcio) e Mg (sulfato de magnésio) foram aplicadas em cobertura via fertirrigação, a partir da primeira semana após o plantio, contabilizando totais de 141, 148, 33, 7 e 28 kg ha⁻¹ de N, K₂O, CaO, MgO e de S, respectivamente (Tabela 2).

Em 16/12/2014 foram aplicados via fertirrigação aproximadamente 0,44 kg ha⁻¹ de B, na forma de ácido bórico e 1,30 kg ha⁻¹ de micronutrientes quelatizados YaraVitaRexolin[®] (2,1 % de B; 0,36 % de Cu; 2,66 % de Fe; 2,48 % de Mn; 3,38 % de Zn; e 11,6 % de K₂O; 1,28 % de S; e 0,86% de S).

Tabela 2. Distribuição semanal (%) de N, K, Ca e Mg para todos os tratamentos e de P nos tratamentos com fosfato na fertirrigação, a partir do plantio.

Nutrientes	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	5 ^a	6 ^a	7 ^a	8 ^a	9 ^a
N	10	10	10	5	10	20	22	10	3
P	15	15	15	15	15	15	10	0	0
K	11	7	8	11	11	16	19	18	0
Ca	0	0	0	0	17	39	45	0	0
Mg	0	0	0	33	33	33	0	0	0

Foram realizadas quatro coletas, aos 27, 34, 40 e 55 dias pós a emergência (DAE). As plantas foram retiradas do campo e acondicionadas em sacos plásticos sendo levadas imediatamente ao Laboratório de Irrigação e Salinidade do Departamento de Ciências Ambientais da UFRSA, para separação em caule, folhas e frutos, sendo pesados, inclusive as respectivas subamostras, que foram colocados em estufa de circulação forçada a 65° C por pelo menos 72 h, para posterior pesagem em balança analítica.

Para a avaliação das concentrações de nutrientes, o material seco foi primeiramente moído em moinho tipo Willey para análise química segundo Malavolta et al. (1997), determinando-se os teores de N pelo método semimicro Kjeldahl, K por fotometria de emissão de chama, Ca e Mg por espectrofotometria de absorção atômica, S por turbidimetria e o P por colorimetria do metavanadato.

Foi feita análise descritiva dos dados de imagens de raízes com o auxílio de tubos de acrílico transparente (minirhizotron) e de um scanner de raízes Scanner (CI-600 Root Scanner), sendo capturadas imagens aos 12, 19, 30, 37, 51 e 58 DAE. Os minirhizotrons foram instalados apenas em um bloco (um por parcela), a 10 cm do gotejador e com uma inclinação de 45° com a vertical, ficando os 10 cm superiores dos tubos acima do solo e 50 cm dentro do solo (Figura 1). Foram tomadas duas imagens em cada medição que foram sobrepostas, produzindo uma única imagem de comprimento igual a 42,4 cm e largura igual ao perímetro percorrido pela câmera (19,6 cm). As imagens obtidas foram editadas no photoscape 3.7 e analisadas com o software Safira v. 1.1, seguindo proposta metodológica de Jorge & Rodrigues (2008), sendo extraídos os valores para avaliação do diâmetro e comprimento médio de raízes.

Os dados de acúmulo de biomassa e de nutrientes foram submetidos ao teste F, até 5 % de significância com o auxílio do programa computacional Sistema para Análise de Variância – SISVAR, versão 5.3 (Ferreira, 2010), sendo posteriormente aplicada a análise de regressão, utilizando software Table Curve 2D (Scientific, 1991), selecionando-se modelos cujos coeficientes foram significativos pelo teste t a 5% de probabilidade e dentre estes, os de maiores valor F e R² e que ofereciam uma explicação mais simples e coerente.

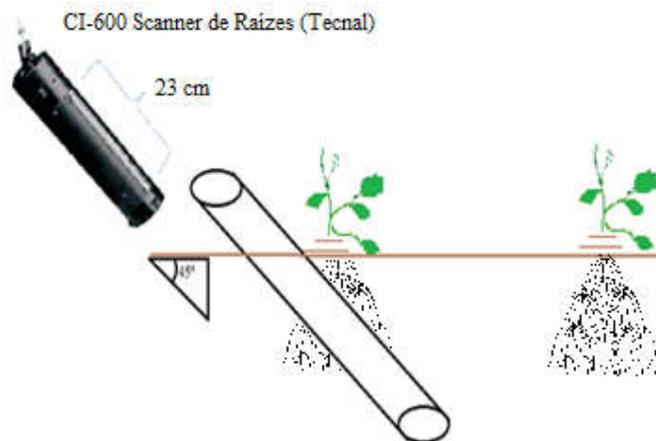


Figura 1. Desenho esquemático do minirhizotron + scanner portátil utilizado para a captura das imagens das raízes da melancia cv. Magnum em solo arenoso. Mossoró-RN, UFERSA, 2014.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Biomassa

Não foram encontradas interações significativas para os acúmulos de biomassa, porém, verificou-se efeito isolado do tempo, em dias após a semeadura-DAE (Tabela 1).

Tabela 1. Resumo da análise de variância para o acúmulo de biomassa no caule, folha, fruto e total (g planta^{-1}) pela melancia cv. Magnum em solo arenoso. Mossoró-RN, UFERSA, 2014-2015.

FV	GL	Caule	Folha	Fruto	Total
		-----Quadrados médios-----			
Bloco	3	92,15 ^{ns}	24,31 ^{ns}	8490,65 ^{ns}	9294,79 ^{ns}
Forma	1	515,77 ^{ns}	730,12 ^{ns}	1517,39 ^{ns}	7865,02 ^{ns}
Dose	2	676,62 ^{ns}	1633,07*	5658,18 ^{ns}	17469,19 ^{ns}
Forma*Dose	2	342,71 ^{ns}	515,47 ^{ns}	2561,57 ^{ns}	120,74 ^{ns}
Erro a	6	175,58	267,22	3830,01	6126,25
DAE	3	3297,04**	15551,24**	446005,56**	708571,21**
Forma*DAE	3	146,01 ^{ns}	314,45 ^{ns}	2590,93 ^{ns}	5674,02 ^{ns}
Dose*DAE	6	204,72 ^{ns}	392,14 ^{ns}	987,62 ^{ns}	2314,3 ^{ns}
Forma*Dose*DAE	6	63,41 ^{ns}	397,90 ^{ns}	1955,02 ^{ns}	4690,73 ^{ns}
Erro b	63	151,28	386,58	3164,25	5082,28
CV a (%)		41,53	29,64	53,16	38,47
CV b (%)		38,55	35,65	48,32	35,04
Média geral		31,91	55,15	116,41	203,48

FV – Fonte de variação; GL – Graus de liberdade; C.V. – Coeficiente de variação; *Significativo a 5 %; **Significativo a 1 %; ^{ns}Não significativo.

Na Figura 2 observa-se que ocorreu um acúmulo positivo de biomassa seca em todos os órgãos da planta até os 55 DAE. Porém, para o caule, embora as taxas sejam positivas, são decrescentes com o tempo, variando entre 1,6 e 0,5 g dia^{-1} (Figura 2A), representando

aproximadamente 10% da biomassa total ao final do ciclo, o que pode ser explicado pela priorização da partição de assimilados para outros drenos, principalmente os frutos.

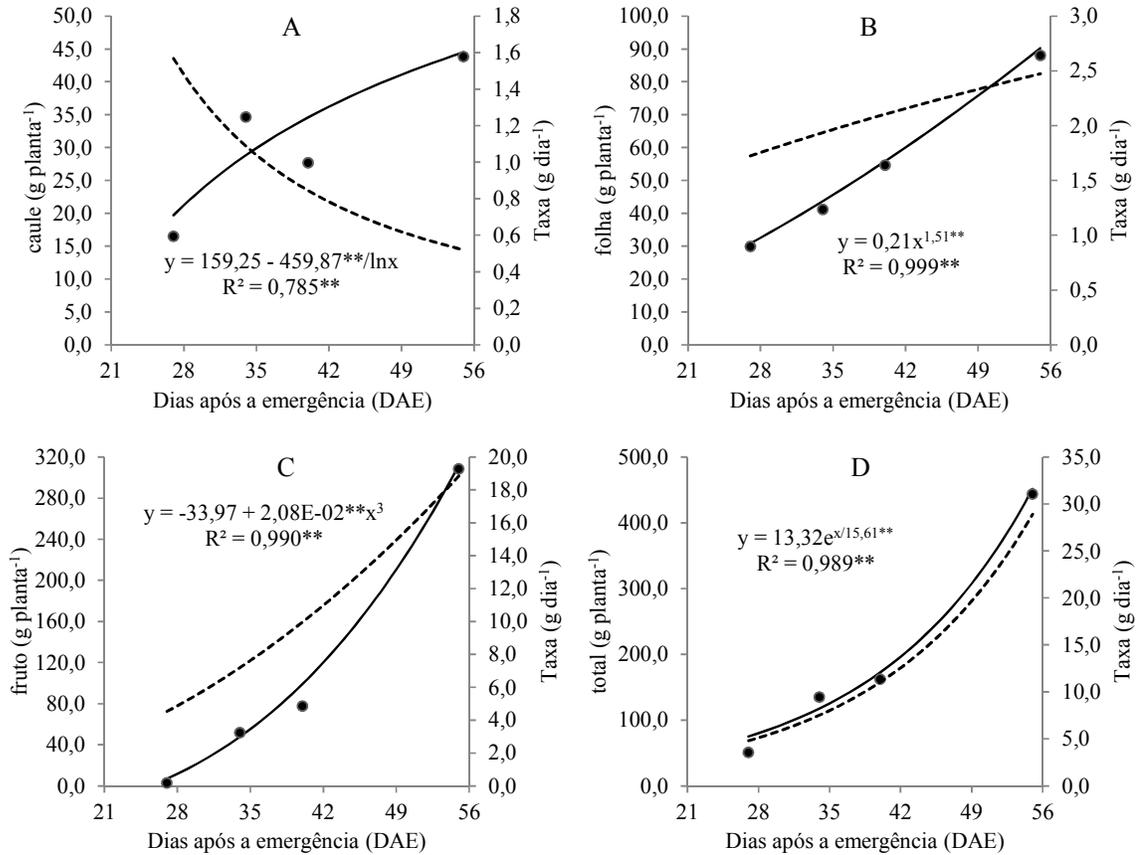


Figura 2. Acúmulos de biomassa do caule (A), da folha (B), do fruto (C) e total (D) pela melancieira cv. Magnum em solo arenoso em função dos dias após a emergência (DAE) (—) e taxa de produção diária de biomassa (----) obtida por derivação das equações apresentadas. Mossoró, RN. UFERSA, 2014-2015.

No decorrer do desenvolvimento das plantas ocorrem mudanças quanto à relação fonte-dreno, particularmente no início da fase reprodutiva, em que há um fluxo preferencial de fotossintatos para o crescimento dos frutos, explicando o declínio da taxa de produção de massa seca do caule (Hedge, 1988).

A taxa de produção de biomassa foliar varia positivamente com o tempo (entre 1,7 e 2,5 g dia⁻¹), evidenciando a importância deste órgão mesmo após a formação dos frutos (Figura 2B).

Porém, verificou-se também que a biomassa foliar, que é correspondente a uma proporção de aproximadamente 50% do total aos 28 DAE, passou a representar somente 20% ao final do experimento. Isto ocorre devido ao rápido crescimento dos frutos, cujo surgimento

iniciou-se a partir da primeira coleta (27 DAE), passando a representar o dreno preferencial (Figura 2C).

O acúmulo médio de biomassa foliar respondeu positivamente ao aumento das doses, porém diferenças significativas só foram verificadas entre as doses de 137 e 34 kg ha⁻¹ de P₂O₅, equivalente a um aumento de 30% em relação a dose de 34 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (Figura 3). Supõe-se que o efeito da dose sobre a biomassa foliar decorre da maior disponibilidade inicial de P na maior dose, favorecendo o desenvolvimento na fase vegetativa.

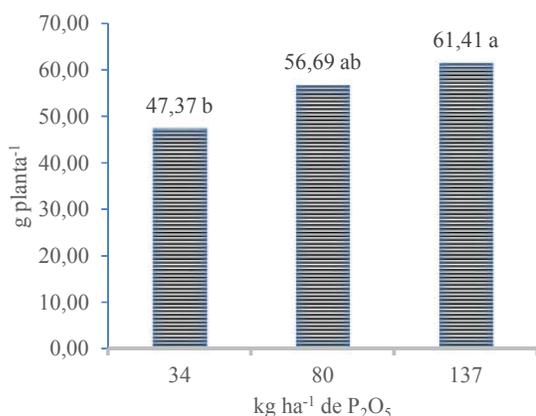


Figura 3. Médias da biomassa da folha da melancia cv. Magnum em solo arenoso para todo o período de avaliação (27, 34, 40 e 55 DAE) em função das doses de fosfato. Mossoró, RN. Mossoró-RN, UFERSA, 2014-2015. Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de tukey ($p < 0,05$).

O P atua no desenvolvimento da planta como um todo, tendo ainda interação sinérgica com o nitrogênio (Araújo & Machado, 2006), o que contribui para o melhor aproveitamento deste nutriente pela planta, que tem um relevante papel sobre o crescimento vegetativo.

Pelo modelo ajustado para a biomassa de frutos (Figura 2C) verifica-se que a taxa de acúmulo é crescente, atingindo 50% de seu peso final em torno de 45 DAE. Em condições térmicas ótimas, o fruto pode atingir 50% do seu peso final em apenas 15 dias após a antese (Rezende et al., 2010).

Na região Nordeste a maturação ocorre entre 65 e 80 dias após o plantio (Andrade Jr. et al., 2011), sendo que no presente trabalho os frutos atingiram ponto de colheita já aos 55 DAE. As condições climáticas de Mossoró, RN provavelmente proporcionam condições para o desenvolvimento precoce da cultura.

Ao final do experimento, a biomassa de frutos atingiu aproximadamente 311,9 g planta⁻¹, correspondendo a 4,4% da biomassa fresca (dados observados). Neste período, em

média, aproximadamente 70% da biomassa total máxima é alocada nos frutos. Todavia, como ocorreram diferenças significativas para as doses sobre a biomassa foliar há uma ligeira variação nas proporções gerais de caule, folha e fruto: 10%, 20%-21% e 69%-71%, respectivamente.

Essas proporções são similares às verificadas por Grangeiro & Cecílio Filho (2004a) para o híbrido Tide em que a parte vegetativa participou com 31% e os frutos com 69%, porém com uma biomassa de frutos (deduzida pelo modelo apresentado pelos autores) bem superior ($1.253 \text{ g planta}^{-1}$). Vidigal et al. (2009) encontraram uma proporção de 52% dos frutos na biomassa total no ponto de colheita da cv. Crimson Sweet (89 DAS), em experimento realizado em Jaíba-MG.

Diferenças no acúmulo e partição de biomassa apontadas na literatura podem estar associadas às características das cultivares utilizadas e condições de solo, manejo nutricional, densidade de plantio e fotoperíodo favoráveis ao prolongamento do ciclo.

É possível que a variabilidade experimental no presente trabalho (Tabela 1) tenha prejudicado a verificação de diferenças significativas entre os tratamentos, de modo que a biomassa total é também representada por uma única curva (Figura 2D). A partir desta deduz-se que aproximadamente 50% do respectivo máximo ($451,54 \text{ g planta}^{-1}$) é acumulado em até 43 DAE.

Estes dados estão relativamente próximos dos verificados por Lucena et al. (2011) em trabalho com a cv. Quetzale, em Mossoró-RN, em que maiores incrementos de biomassa ocorrem a partir dos 42 dias após o transplântio (54 dias após a semeadura em bandejas).

No presente trabalho, entre 27 e 43 DAE, as taxas de acúmulo de biomassa variaram entre 5 e 13 g dia^{-1} e ao final do experimento atinge aproximadamente 29 g dia^{-1} , devido principalmente a influência da taxa de crescimento dos frutos neste período (28 g dia^{-1}) (Figura 2C). Esta representatividade dos frutos sobre a taxa de crescimento da planta decorre da força dreno que está intimamente relacionada com a atividade metabólica do órgão (Marschner, 2012). Lins et al. (2013) explicam que a cultura da melancia sofre grandes alterações das relações fonte-dreno após a polinização, sendo os frutos os drenos preferenciais.

3. 2. Concentrações totais de nutrientes

De forma geral, não houve efeito significativo da forma de adubação sobre as concentrações de nutrientes, exceto para as concentrações de Ca (C_{Ca}) e Mg (C_{Mg}), nas quais se observou influência da interação entre forma de adubação e do tempo (Tabela 2).

Tabela 2. Resumo da análise de variância para as concentrações totais de N, P, K, Ca, Mg e S (g planta⁻¹) na melancia cv. Magnum em solo arenoso. Mossoró-RN, UFERSA, 2014-2015.

F.V.	GL	N	P	K	Ca	Mg	S
		-----Quadrados médios-----					
Bloco	3	0,11 ^{ns}	0,53 ^{ns}	39,45 ^{ns}	82,02**	1,11 ^{ns}	0,04 ^{ns}
Forma	1	6,64 ^{ns}	9,88 ^{ns}	15,96 ^{ns}	79,31*	19,32*	0,05 ^{ns}
Erro a	3	6,57	1,16	24,95	2,65	0,59	0,27
DAE	3	4,93**	0,82 ^{ns}	112,83 ^{ns}	143,89**	2,59**	0,6**
Forma*DAE	3	8,26 ^{ns}	0,53 ^{ns}	34,54 ^{ns}	107,68**	3,88**	0,03 ^{ns}
Erro b	18	13,99	0,51	42,56	19,52	0,51	0,09
CV a (%)		7,67	27,76	12,84	8,31	13,73	23,58
CV b (%)		11,19	18,31	16,77	22,53	12,7	13,45
Média geral		33,41	3,88	38,90	19,61	5,61	2,20

FV – Fonte de variação; GL – Graus de liberdade; C.V. – Coeficiente de variação; *Significativo a 5 %; **Significativo a 1 %; ^{ns}Não significativo.

As concentrações de N (C_N) reduzem-se em aproximadamente 28% ao longo do tempo, de 42,14 para 30,49 g kg⁻¹, sendo que já aos 34 DAE (início da formação de frutos), a C_N correspondeu a 34,50 g kg⁻¹, aproximadamente.

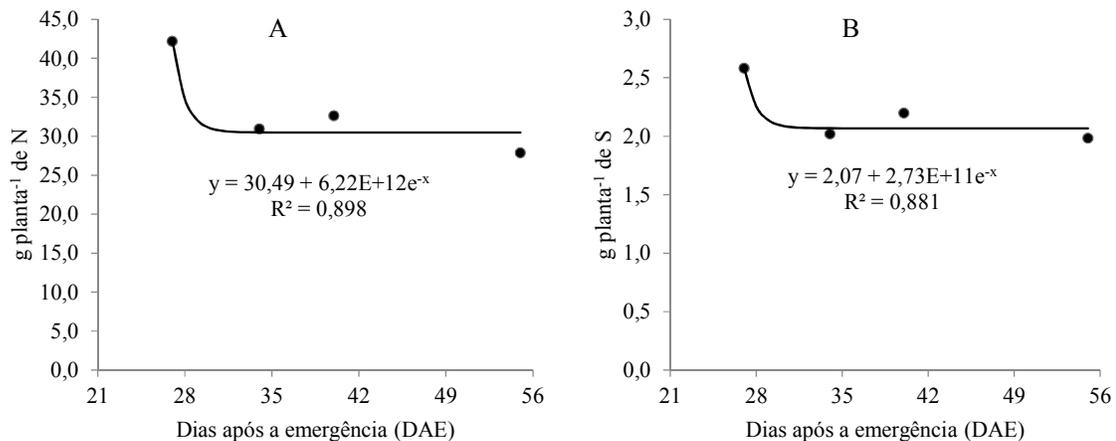


Figura 4. Concentrações totais de N (A) e S (B) pela melancia cv. Magnum em função dos dias após a emergência (DAE). Mossoró-RN, UFERSA, 2014-2015.

Em trabalho com o híbrido Tide (Grangeiro & Cecílio Filho, 2004a), foi verificada uma concentração final superior a 39 g kg⁻¹ de N (calculada a partir das curvas de acúmulo apresentadas). Novais & Melo (2007) explicam que a população de plantas pode afetar fortemente a competição por nutrientes móveis, como o N.

Não houve efeito significativo do tempo sobre as concentrações de P (C_P) e de K (C_K), que apresentaram médias de 3,88 e 38,90 g kg⁻¹, respectivamente (Tabela 2), indicando certa estabilidade entre as taxas de absorção e de crescimento das plantas, principalmente para o K,

cujas médias das concentrações observadas variaram entre 42,51 e 38,17 g kg⁻¹ (entre 27 e 55 DAE) – dados não apresentados.

Quanto as concentrações de S (C_S), o comportamento foi semelhante ao do N, com rápida redução inicial das concentrações devido ao efeito de diluição, seguido de relativa estabilidade. Aos 27 DAE, a C_S variou foi de 2,58 g kg⁻¹, sendo que já aos 32 DAE foi de aproximadamente 2,07 g kg⁻¹, permanecendo em torno deste valor até o final do ciclo. Em trabalho anterior realizado em solo calcário verificou-se redução da C_S na maioria dos tratamentos, porém, houve tratamentos que apresentaram aumento de até 0,9 g kg⁻¹ nas últimas semanas do ciclo.

A variação de C_{Ca} não é significativa na adubação F0 (média de 18,03 g kg⁻¹), porém o modelo apresentado para adubação F1 parece indicar a ocorrência de altas taxas de absorção de Ca em relação às de crescimento, causando um efeito de concentração até os 52 DAE (54,89 g kg⁻¹), seguido de um efeito de diluição até o final do ciclo (17,88 g kg⁻¹) (Figura 5).

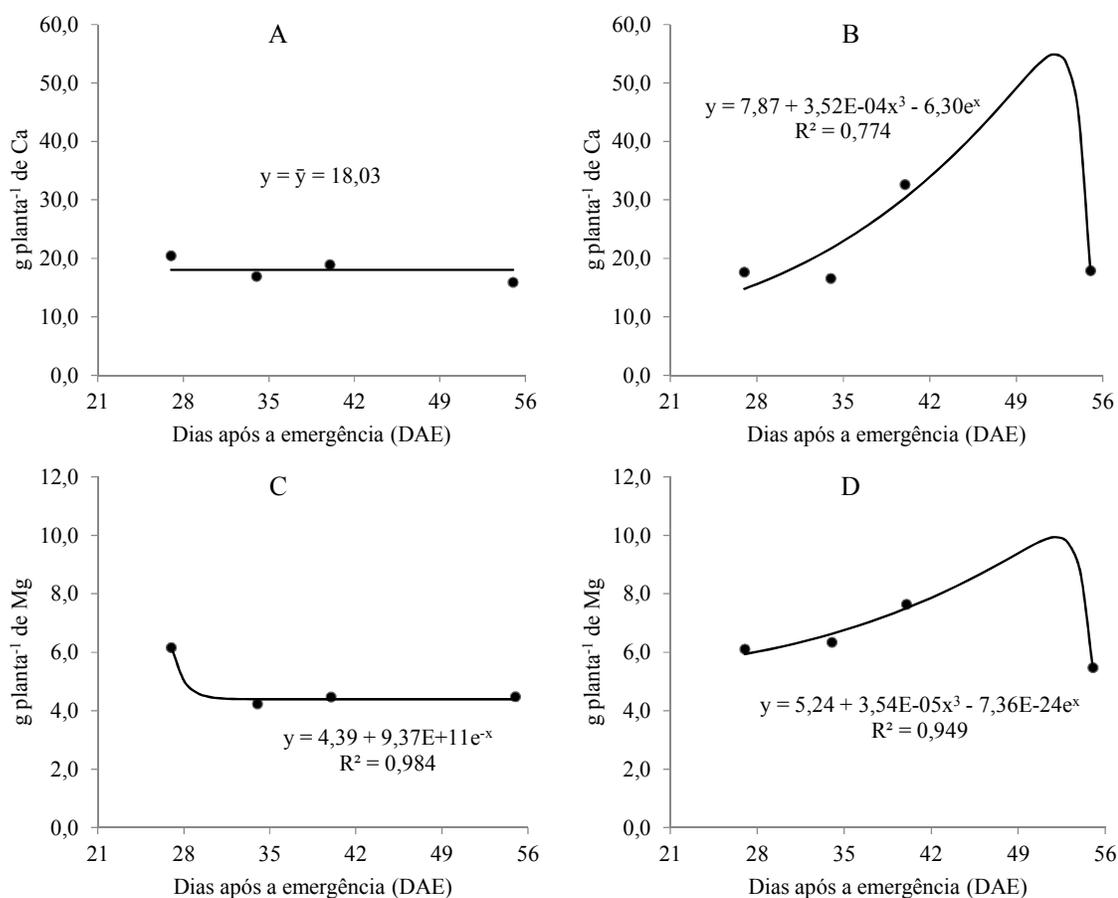


Figura 5. Concentrações totais de Ca e Mg pela melancia cv. Magnum em solo arenoso. Concentrações de Ca com fosfato em pré-plantio (A) e em pré-plantio + cobertura (B) e de Mg com fosfato em pré-plantio (C) e em pré-plantio + cobertura (D) em função dos dias após a emergência (DAE). Mossoró-RN, UFERSA, 2014-2015.

Quanto à C_{Mg} , verificou-se uma redução de 6,15 a 4,39 g kg⁻¹ na adubação F0, enquanto que em F1 a mesma partiu de 5,94 g kg⁻¹ aos 27 DAE, alcançando 9,94 g kg⁻¹ aos 52 DAE. A partir daí, houve uma drástica redução das concentrações, apresentando 5,47 g kg⁻¹ aos 55 DAE.

Pode-se verificar maior intensidade de redução de C_{Ca} em relação a C_{Mg} após o ponto de máximo. A maior mobilidade do Mg na planta torna este nutriente menos susceptível a perdas por ocasião da senescência foliar, embora não tenham sido constatadas diferenças significativas entre as formas de adubação quanto a biomassa foliar.

3. 3. Acúmulo total de nutrientes

Na Tabela 3 é apresentado o resumo da análise de variância, podendo se observar que ocorre significância da interação Fert vs. DAE apenas para Ca e Mg.

Tabela 3. Resumo da análise de variância para os acúmulos totais de N, P, K, Ca, Mg e S (g planta⁻¹) pela melancia cv. Magnum em solo arenoso. Mossoró-RN, UFERSA, 2014-2015.

F.V.	GL	N	P	K	Ca	Mg	S
		-----Quadrados médios -----					
Bloco	3	7,46 ^{ns}	0,19 ^{ns}	7,15 ^{ns}	1,02 ^{ns}	0,07 ^{ns}	0,04 ^{ns}
Forma	1	2,19 ^{ns}	0,68*	1,66 ^{ns}	14,67 ^{ns}	1,6 ^{ns}	0,01 ^{ns}
Erro a	3	8,71	0,04	14,68	3,89	0,25	0,05
DAE	3	146,5**	3,13**	359,26**	55,47**	4,9**	0,8**
Forma*DAE	3	4,54 ^{ns}	0,15 ^{ns}	3,93 ^{ns}	11,26*	0,55*	0,02 ^{ns}
Erro b	18	4,57	0,08	7,76	3,51	0,13	0,02
CV a (%)		45,35	25,59	46,08	48,6	43,88	49,04
CV b (%)		32,87	34,29	33,5	46,19	31,03	33,65
Média geral		6,51	0,81	8,31	4,06	1,15	0,44

FV – Fonte de variação; GL – Graus de liberdade; C.V. – Coeficiente de variação; *Significativo a 5 %; **Significativo a 1 %; ^{ns}Não significativo.

De forma geral, maiores acúmulos de nutrientes ocorreram durante o período de crescimento dos frutos. A partir de dados de marcha de absorção de nutrientes pela melancia verificadas na literatura, Gonçalves et al. (2016) concluíram que a maior exigência nutricional da cultura é na fase da frutificação.

Os acúmulos totais de N, P, K e S apresentam comportamento similar ao observado para a biomassa, acumulando 50% de seus máximos em torno de 41, 42, 44 e 42 DAE, respectivamente (Figura 6).

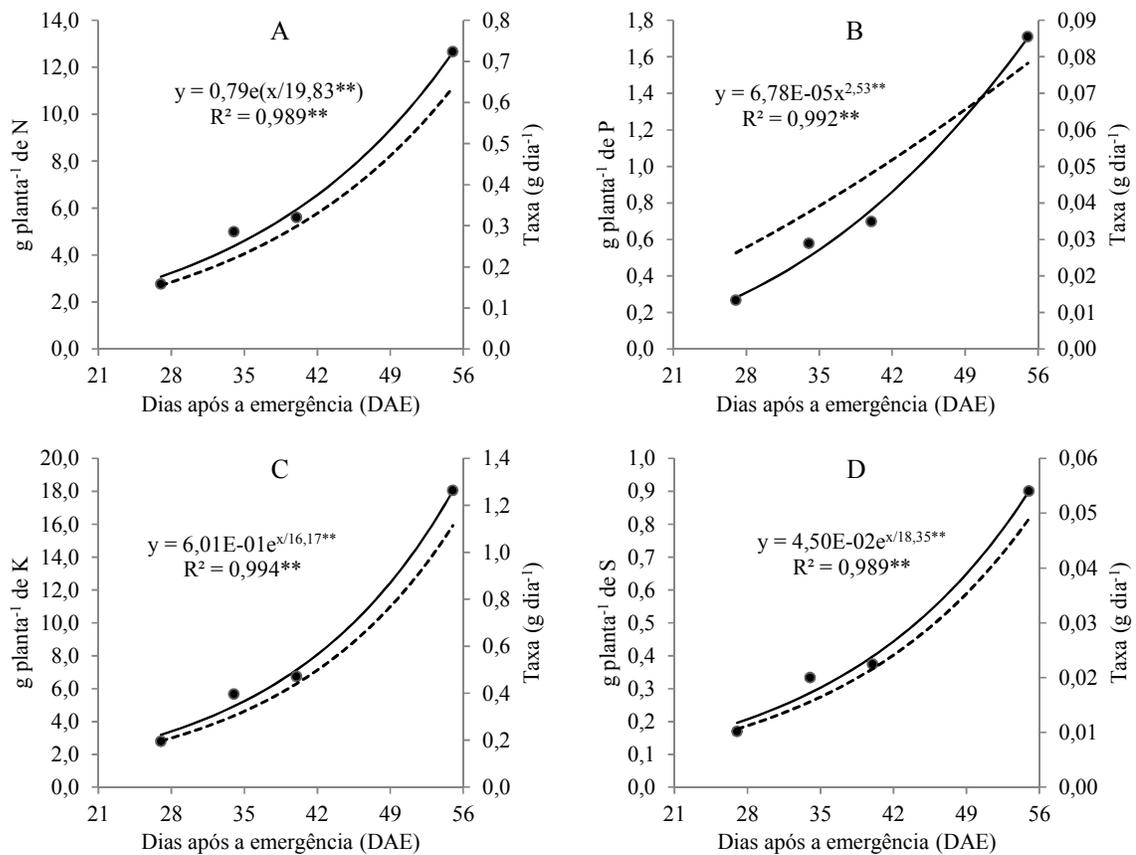


Figura 6. Acúmulos totais de N (A), P (B), K (C) e S (D) pela melancia cv. Magnum em função dos dias após a emergência (DAE) (—) e respectivas taxas de acúmulo diários (----) obtidas por derivação das equações apresentadas. Mossoró-RN, UFERSA, 2014-2015.

Vidigal et al. (2009) também verificaram um padrão similar entre as curvas de acúmulo de biomassa e de nutrientes, em estudo com a cv. Crimson Sweet. Silva et al. (2014) verificaram forte correlação entre os acúmulos de macronutrientes (N, P, K, Ca e Mg) e de biomassa pela cv. Olímpia.

O acúmulo máximo de N foi de 12,64 g planta⁻¹ ou aproximadamente 105 kg ha⁻¹ (8.333 plantas ha⁻¹), com taxas de acúmulo crescentes e variando entre 0,16 e 0,64 g dia⁻¹ (Figura 6A).

Um acúmulo total de N similar (105,8 kg ha⁻¹) para a cv. Crimson Sweet foi verificado por Vidigal et al. (2009), porém com um acúmulo por planta bem superior (21,16 g planta⁻¹) devido a densidade menor (5.000 plantas ha⁻¹). Porém, ao relacionar o total de N com a biomassa total acumulada no referido trabalho, verifica-se uma concentração de N (C_N) de 29,18 g kg⁻¹, que é relativamente próxima das C_Ns finais observadas no presente trabalho (Figura 4A).

Já Grangeiro & Cecílio Filho (2004a) verificaram um total de N equivalente a 70,79 g planta⁻¹ ou 138,8 kg ha⁻¹ (1.960 plantas ha⁻¹) para o híbrido Tide.

Apesar da variabilidade nos acúmulos por planta na literatura, estes representam melhor a demanda nutricional em função da produção. Paula et al. (2011), ao avaliar metodologia para definição da necessidade nutricional do melão e da melancia, verificaram que a relação entre a extração de nutrientes (N, P e K) e produtividade é afetada pela densidade de plantio, recomendando assim a utilização de modelos que consideram as estimativas por planta.

Quanto ao P, como não ocorre interação significativa entre forma de adubação e o tempo (Forma vs. DAE) foi ajustado uma única curva para representar os totais de P na planta (Figura 4B). Porém, ocorre efeito isolado das formas de adubação para o P total (Tabela 3), sendo que os acúmulos médios de P na adubação F1 são superiores a F0 em aproximadamente 0,29 g (Figura 7).

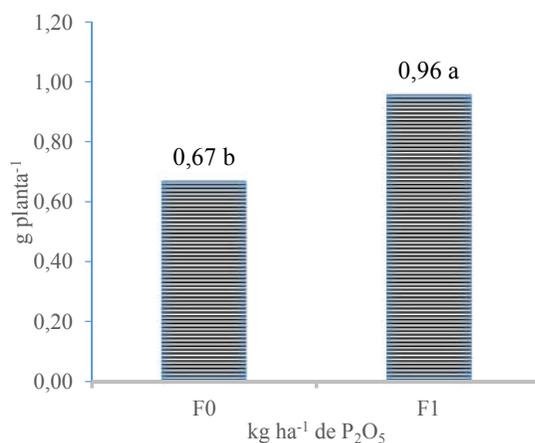


Figura 7. Médias de acúmulo de P pela melancia cv. Magnum para todo o período de avaliação (27, 34, 40 e 55 DAE) em função das formas de adubação F0 e F1. Mossoró-RN, UFERSA, 2014-2015. Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de tukey ($p < 0,05$)

Isto é o resultado da maior absorção de P pelas plantas sob a adubação F1 em relação a F0, embora não tenha sido verificado efeito significativo dos tratamentos sobre as concentrações de P (Tabela 2).

A adubação F1 deve ter proporcionado uma elevação da disponibilidade de P no solo por efeito do fosfato aplicado na fertirrigação. Ao simular a absorção de P pelas raízes por efeito da forma de adubação, Wang & Chu (2015) concluíram que o P na forma fluida reduziu a fixação e aumentou a disponibilidade de P no solo.

Em estudo com a cultura do tomateiro, Marouelli et al. (2015) explicaram que a aplicação de todo o P em pré-plantio teria resultado em menor absorção do nutriente pelo tomateiro com o avançar do ciclo.

Ao avaliar a cultura da batata, Fernandes & Soratto (2012) indicaram que entre os níveis mais altos de P na solução nutritiva ocorreu aumento da absorção do nutriente, embora a produção de biomassa não tenha sido afetada.

Deus et al. (2011) não verificaram efeito significativo de formas de adubação com P e K sobre a produção de massa seca, porém verificaram diferenças significativas para a biomassa fresca, destacando o tratamento com doses de P e K via fertirrigação.

As taxas de acúmulo de P são crescentes, variando entre 0,03 e 0,05 g dia⁻¹ de 27 a 42 DAE e atingindo um máximo aos 55 DAE, com 0,08 g dia⁻¹. O máximo acúmulo de P ocorre nesse período, sendo de 1,56 e 1,85 g planta⁻¹ para as adubações F0 e F1, respectivamente, que corresponde a estimativas entre 13 e 15,4 kg ha⁻¹ de P.

Extração de P similar a esta foi encontrada por Grangeiro & Cecílio Filho (2004a) para o híbrido Tide, de 13,5 kg ha⁻¹, apesar de ter sido utilizada uma densidade de plantio bem inferior (1960 plantas ha⁻¹). A absorção de P por unidade de área é pouco influenciada pela população de plantas, em virtude de sua relativa imobilidade no solo, de modo que a competição entre plantas pelo mesmo é mínima (Novais & Mello et al., 2007).

Todavia, outros fatores como dose e manejo da adubação fosfatada, disponibilidade inicial e potencial de adsorção de P pelo solo devem condicionar a absorção de P pela planta.

Além disso, a demanda de P é também dependente da expectativa de produtividade (Paula et al., 2011). Vidigal et al. (2009) obtiveram uma extração total equivalente a 18,1 kg ha⁻¹ de P (5.000 plantas ha⁻¹) com a cv. Crimson Sweet, porém com uma dose em torno de 300 kg ha⁻¹ de P₂O₅ em solo arenoso com alto teor de P. Já Silva et al. (2012) em trabalho realizado em Cambissolo Eutrófico, informaram acúmulos totais de apenas 8,12 e 8,80 kg ha⁻¹ para as cultivares Olímpia (5.144 plantas ha⁻¹) e Leopard (7.716 plantas ha⁻¹), ao adotar uma dose de 220 kg ha⁻¹ de P₂O₅, dos quais 90,2 kg ha⁻¹ foram aplicados via fertirrigação.

O K é o nutriente mais acumulado na planta, estimando-se um total de 18,03 g planta⁻¹ aos 55 DAE, sendo equivalente a 150 kg de K ou 181 kg ha⁻¹ de K₂O. Grangeiro & Cecílio Filho (2004a) constataram um acúmulo máximo similar para o híbrido Tide (155,5 kg ha⁻¹ de K). Outros trabalhos apontam acúmulos menores, de aproximadamente 121 kg ha⁻¹ tanto para a cv. Crimson Sweet (Vidigal et al., 2009) como para a cv. Olímpia (Silva et al., 2012).

Ocorre pequena variação na concentração de K (C_K) entre 27 e 55 DAE (entre 42,51 e 38,17 g kg⁻¹) (dados não apresentados), denotando um estreita relação entre a produção de biomassa e a absorção deste nutriente. Isto também pode ser verificado ao relacionar as taxas de produção de biomassa e de acúmulo de K, que variaram apenas entre 24,4 e 25,9 g MS g⁻¹ de K absorvido, aos 27 e 55 DAE, respectivamente.

Isto pode estar relacionado com o papel do K no transporte de fotossintatos da fonte para o dreno (Marschner, 2012), sendo então particularmente importante após a frutificação, em que há uma intensificação da translocação para os frutos (Grangeiro & Cecílio Filho, 2004b).

Quanto ao S, verifica-se que suas concentrações (C_S) são decrescentes, aproximando-se de 2,0 g kg⁻¹ ao final do ciclo (Tabela 3). A taxa de acúmulo de S é crescente, atingindo 0,05 g dia⁻¹ aos 55 DAE, quando também ocorre o acúmulo máximo, de 0,90 g planta⁻¹.

Vidigal et al. (2009) verificaram máximos acúmulo e taxa de absorção de S de 1,26 g planta⁻¹ e 0,06 g dia⁻¹, respectivamente, para a cv. Crimson Sweet em solo arenoso na região Norte de Minas Gerais. Porém, considerando a densidade de plantio informada pelos autores (5.000 plantas ha⁻¹), tem-se uma absorção máxima de 6,30 kg ha⁻¹ de S, que é menor que a verificada no presente trabalho (7,50 kg ha⁻¹).

Já Grangeiro & Cecílio Filho (2004a) apontaram acúmulos de S superiores tanto em área (9,1 kg ha⁻¹) como por planta (4,64 g planta⁻¹), em trabalho com o híbrido Tide, em Borborema-SP. Essas discrepâncias ocorrem devido às características intrínsecas das cultivares utilizadas e por diferenças nas populações de plantas e condições edafoclimáticas, entre outros fatores.

Os totais de Ca e Mg sob a adubação F0 seguem o padrão de acúmulo de biomassa, acumulando 50% dos respectivos máximos aos 40 e 42 DAE, respectivamente (Figura 8).

Na adubação F1, cerca de 50% do Ca e do Mg totais são acumulados aos 35 e 37 DAE, respectivamente, que pode ser explicado pelas maiores taxas de absorção iniciais pelas plantas sob a adubação F1 (Figura 8).

Isto explica o aumento das concentrações de Ca e Mg até 52 DAE, enquanto que na adubação F0 as concentrações de Ca e Mg são estáveis ou decrescentes entre 27 e 55 DAE (Figura 6).

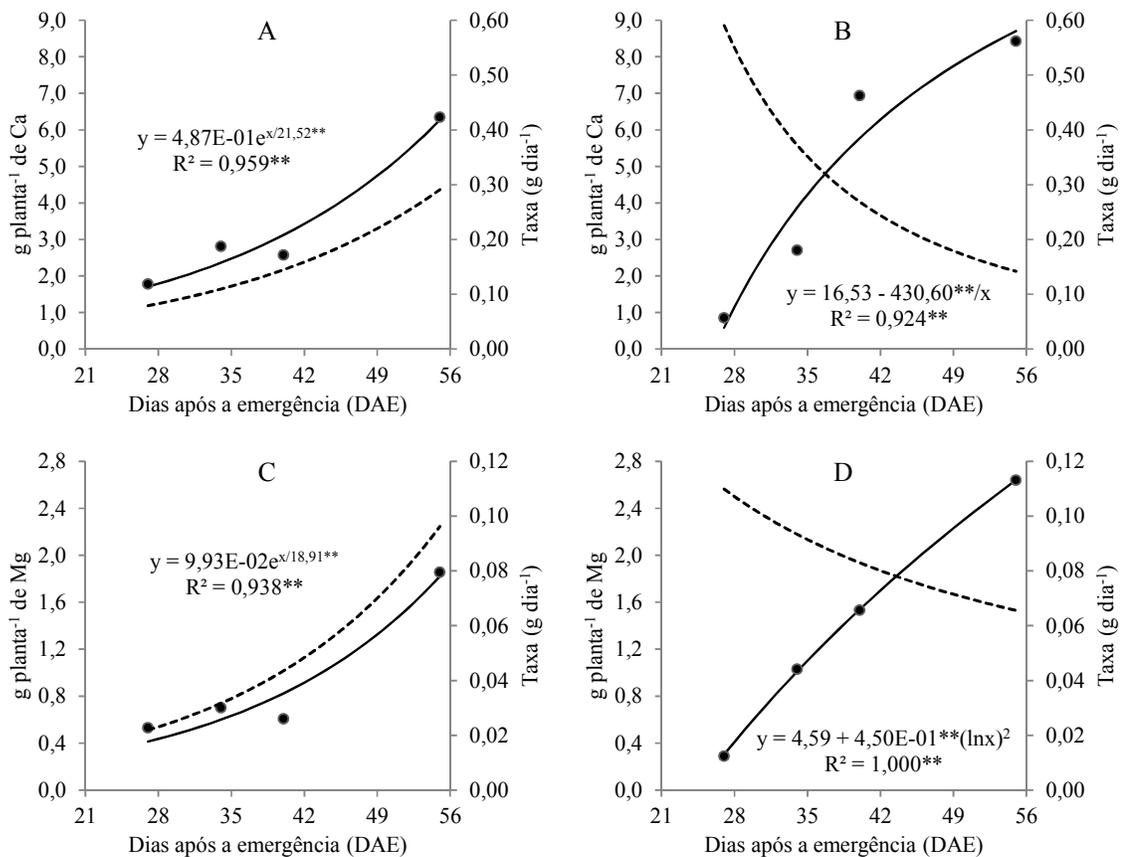


Figura 8. Acúmulos totais de Ca e Mg pela melancia cv. Magnum em solo arenoso: Ca com fosfato em fundação (A) e em fundação + cobertura (B) e de Mg com fosfato em fundação (C) e em fundação + cobertura (D) em função dos dias após a emergência (DAE) (—) e respectivas taxas de acúmulo diários (-----) obtidas por derivação das equações apresentadas. Mossoró-RN, UFERSA, 2014-2015.

Na adubação F1, os acúmulos máximos tanto de Ca (8,71 g planta⁻¹), como de Mg (2,64 g planta⁻¹) são maiores do que na adubação F0, com 6,27 g planta⁻¹ de Ca e 1,82 g planta⁻¹ de Mg (Figura 8). Contudo, isso pode revelar também uma relativa ineficiência de utilização do Ca, haja vista que não ocorre diferença significativa para a produção de biomassa entre as formas de adubação.

Em estudo com mudas enxertadas com diferentes genótipos de café, Tomaz et al. (2003) atribuíram o aumento do conteúdo de Ca entre alguns tratamentos a um aumento do sistema radicular. Por outro lado, os autores também verificaram variação na eficiência de utilização do nutriente, destacando que há ainda certa incompreensão sobre esta, embora a inativação do Ca pela ligação e, ou precipitações nas formas de oxalato e, ou fosfato tenham sido sugeridas como possíveis causas.

Considerando que o transporte de Ca e Mg em direção às raízes se dá principalmente

via fluxo de massa (Vitti et al., 2006), a transpiração de água pela planta, bem como a concentração dos nutrientes na solução do solo tem relação direta com a sua absorção.

Segundo Chien et al. (2011) alguns pesquisadores tem afirmado que o efeito acidificante da nitrificação do amônio do MAP e de sua absorção pelas raízes pode aumentar a dissolução de compostos de Ca-P precipitados. Dessa forma, é possível que o MAP da adubação F1 tenha favorecido a dissolução do Ca e do Mg, tanto os nativos do solo como do SFT (12% CaO).

Uma disponibilização mais uniforme do P no solo na adubação F1 pode também ter levado a uma melhor distribuição das raízes absorventes, principalmente as mais finas (Figura 9A), estimulando o alongamento destas (Figura 9B) e melhorando assim a captação de água e nutrientes. Mudanças na distribuição e, ou atividade radicular podem ocorrer em função da forma de adubação fosfatada (Pan et al., 2011) ou ainda da combinação de nutrientes nos fertilizantes, como N e P (Marschner, 2012).

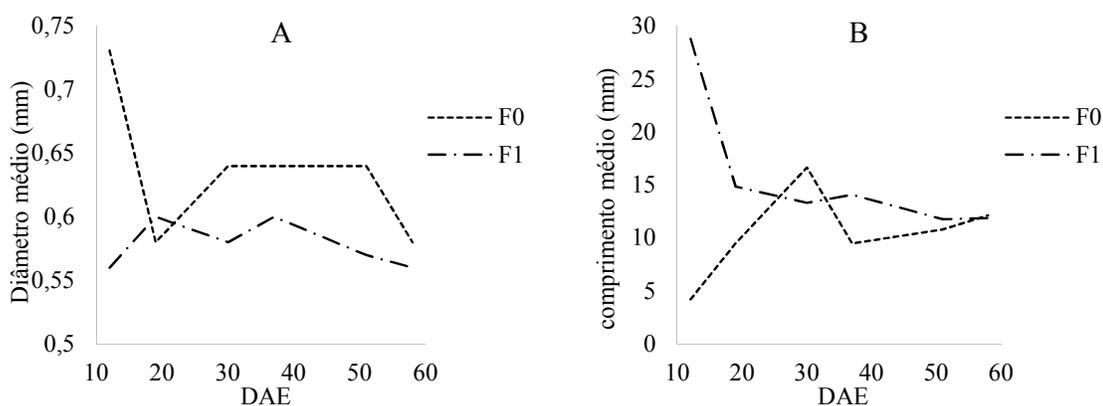


Figura 9. Evolução do diâmetro e do comprimento médio de raízes da melancia cv. Magnum sob a dose de 137 kg ha⁻¹ de P₂O₅ em fundação (F0) e em fundação + fertirrigação (F1). Mossoró-RN, UFERSA, 2014-2015.

Menor média de diâmetro de raiz é resultado da maior proporção de raízes finas, cuja manutenção e produção normalmente tem um impacto considerável sobre a economia de carbono na planta (Tingey et al., 2005), competindo com outros drenos preferenciais, como os frutos. As taxas decrescentes de acúmulo de Ca e de Mg na adubação F1 (Figuras 6B e 6D) podem ser efeito resultante dessa competição.

A ordem geral dos acúmulos máximos dos macronutrientes na planta na adubação F0 (K>N>Ca>Mg>P>S) é similar a verificada por Vidigal et al. (2009) em trabalho com a cv. Crimson Sweet em solo arenoso e por Grangeiro & Cecílio Filho (2004a), com o híbrido Tide

em solo de textura média.

Já na adubação F1, a ordem foi: K>N>Ca>P>Mg>S, indicando um aumento da proporção de P na composição total de nutrientes. Silva et al. (2012) também verificaram maior proporção de P em relação a Mg em trabalho com a cv. Olímpia, no qual a adubação fosfatada em fundação foi complementada com aplicações via fertirrigação.

3.4. Acúmulo de nutrientes nos frutos

Na Tabela 4 é apresentado o resumo da análise de variância para os macronutrientes acumulados nos frutos, de onde pode se verificar que só existem diferenças significativas para o fator DAE, exceto pelo P nos frutos em que a forma de adubação mostra também efeito significativo.

Tabela 4. Resumo da análise de variância para os acúmulos nos frutos de N, P, K, Ca, Mg e S (g planta⁻¹) pela melancia cv. Magnum irrigada. Mossoró-RN, UFERSA, 2014-2015.

FV	G.L.	N	P	K	Ca	Mg	S
		-----Quadrados médios -----					
Bloco	3	4,18 ^{ns}	0,12 ^{ns}	3,41 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,03 ^{ns}
Forma	1	0,48 ^{ns}	0,41*	2,2 ^{ns}	0,37 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,00 ^{ns}
Erro a	3	3,00	0,03	6,81	0,23	0,06	0,02
DAE	3	81,37**	3**	290,66**	3,28**	1,35**	0,45**
Forma*DAE	3	1,14 ^{ns}	0,10 ^{ns}	1,00 ^{ns}	0,19 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,01 ^{ns}
Erro b	18	2,17	0,06	4,38	0,07	0,03	0,01
CV a (%)		58,67	29,71	49,44	73,8	69,45	72,84
CV b (%)		49,86	43,74	39,66	39,79	48,06	50,87
Média geral		2,95	0,54	5,28	0,65	0,34	0,21

FV – Fonte de variação; GL – Graus de liberdade; C.V. – Coeficiente de variação; *Significativo a 5 %; **Significativo a 1 %; ^{ns}Não significativo.

O máximo acúmulo estimado de N nos frutos é de 7,48 g planta⁻¹ (Figura 10A), que equivale a aproximadamente 59,1% do total acumulado pela planta. Porém, considerando que os frutos representam cerca de 70% da biomassa total ao final do ciclo, como já foi discutido, deduz-se que as concentrações finais de N nos frutos são menores do que na parte vegetativa. Segundo Marschner (2012), diferentemente de grãos, frutos carnosos tem concentrações relativamente baixas de N.

Outros trabalhos apresentam proporções de exportação de N relativamente próximas, de 54% para a cv. Olímpia (Silva et al., 2012) e de 63% para a cv. Crimson Sweet (Vidigal et al., 2009). Já Grangeiro & Cecílio Filho (2004a) apontaram uma participação do N nos frutos correspondente a 77% do total acumulado pelo híbrido Tide. Todavia, estes últimos verificaram redução do N da parte vegetativa que foi explicada pela forte translocação deste para os frutos.

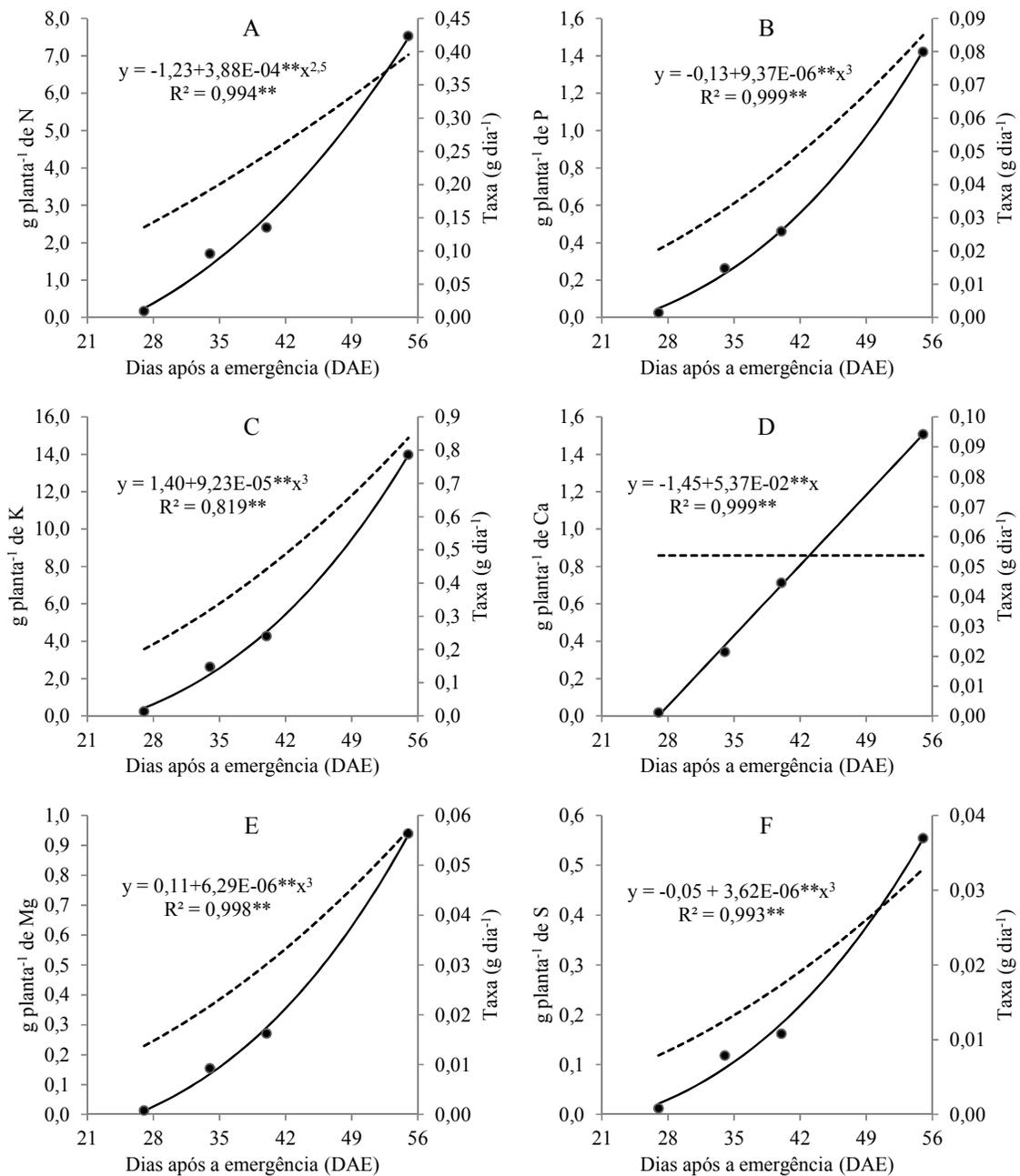


Figura 10. Acúmulos nos frutos de N (A), P (B), K (C), Ca (D), Mg (E) e S (F) pela melancia cv. Magnum em solo arenoso em função dos dias após a emergência (DAE) (—) e respectivas taxas de acúmulo diários (-----) obtidas por derivação das equações apresentadas. Mossoró-RN, UFERSA, 2014-2015.

Aos 55 DAE, as plantas acumulam em média 1,42 g de P nos frutos (Figura 8B), porém a adubação F1 proporciona um acúmulo superior a adubação F0 em aproximadamente 0,23 g (Figura 11).

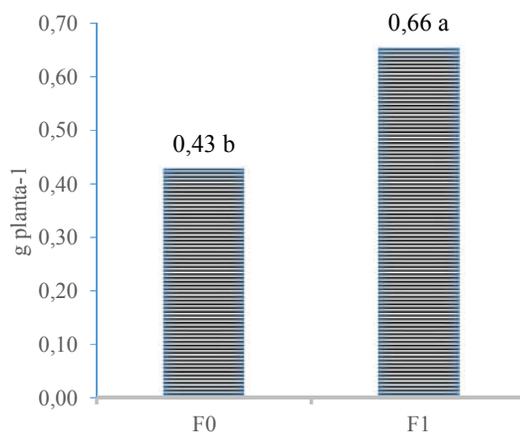


Figura 11. Médias de acúmulo de P nos frutos da melancia cv. Magnum em solo arenoso para todo o período de avaliação (27, 34, 40 e 55 DAE) em função das formas de adubação F0 e F1. Mossoró-RN, UFERSA, 2014-2015. Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de tukey ($p < 0,05$).

Com base nos modelos ajustados e nas diferenças entre as formas de adubação, foram obtidas proporções de exportação de P nos frutos de 84,1% e 83,1%, respectivamente para as adubações F0 e F1, indicando que o aumento na absorção de P praticamente não modifica o padrão de partição do nutriente na planta.

Essa alta proporção de exportação de P condiz com a verificada por Grangeiro & Cecílio Filho (2004a), em trabalho com o híbrido Tide (82%). Já Silva et al. (2012) e Vidigal et al. (2009) verificaram exportações de P de 57% e 55% para as cultivares, Olímpia e Crimson Sweet, respectivamente.

Estudos indicam que a movimentação e partição de P dentro da planta pode não ser um efeito direto de sua demanda pelos drenos, mas principalmente pela demanda de carboidratos (Araújo & Machado, 2006).

Ao final do experimento (55 DAE), em torno de 13,95 g (Figura 8C) ou 77,4% do máximo de K total acumulado está alocado nos frutos.

Proporção de exportação de K similar foi verificada para o híbrido Tide (76%) (Grangeiro & Cecílio Filho (2004a). Grangeiro et al. (2005) apontaram 73% em trabalho com o híbrido Shadow e Silva et al. (2012) verificaram exportações de 72% e de 63,6% do total de K para a cv. Leopard e cv. Olímpia, respectivamente, em experimento realizado em Baraúna, RN.

Já Vidigal et al. (2009) apontaram que o K dos frutos correspondeu a apenas 56% do total na cv. Crimson Sweet. Todavia, a distribuição de biomassa na planta foi bem diferente do

presente trabalho, possivelmente devido as diferenças de condições climáticas, como já discutido.

Ao final do experimento, o Ca acumulado nos frutos é de aproximadamente 24,0% e 17,3% dos acúmulos máximos na adubação F0 e F1, respectivamente. Isso ocorre porque há um maior acúmulo de Ca na parte vegetativa na adubação F1 e por não haver diferenças para o acumulado nos frutos, com 1,51 g planta⁻¹, aos 55 DAE (Figura 10D).

Aumento da concentração de Ca na solução externa pode levar a um aumento do acúmulo pelas folhas, mas não necessariamente nos frutos em função dos mecanismos desenvolvidos pelas plantas para reduzir o transporte desse nutriente (Vitti et al., 2006). A redução da concentração de Ca nos tecidos é necessária para a rápida expansão celular e permeabilidade das membranas (Marschner, 2012). Além disso, o Ca é absorvido seguindo a corrente transpiratória, o que leva ao seu acúmulo principalmente na parte vegetativa (Marschner, 1995; Vidigal et al., 2009).

O acúmulo final de Mg no fruto é de 0,93 g (Figura 10E), correspondendo a 51,35% e 35,40% dos respectivos totais máximos do nutriente das adubações F0 e F1 (Figuras 10C e 10D), indicando a relativa mobilidade deste no floema quando comparado ao Ca.

Assim, como ocorre para o Ca, o aumento da absorção de Mg na planta não implica em maiores exportações do nutriente no fruto. Marschner (1995) explica que a contínua absorção e importação pelas folhas após a antese é uma das principais causas da insuficiência de remobilização tanto de Ca como Mg.

Proporção de exportação de 20% do Ca e 53% do Mg foi verificada para a cv. Olímpia e de 19% do Ca e 42% do Mg para a cv. Leopard, em experimento realizado em Baraúna, RN (Silva et al., 2012).

O S é o nutriente de menor acúmulo nos frutos (0,55 g planta⁻¹), porém corresponde a maior parte do que é acumulado na planta (61,38%). Vidigal et al. (2009) e Grangeiro & Cecílio Filho (2004a) também verificaram que baixos acúmulos de S em comparação com outros macronutrientes na melanciaira, exportando 52% e 65% dos totais acumulados para a cv. Crimsn Sweet e o híbrido Tide., respectivamente.

A partir dos valores máximos dos modelos ajustados pode-se estabelecer a seguinte ordem de acúmulo de nutrientes nos frutos na adubação F0: K>N>Ca>P>Mg>S e na adubação F1: K>N>P>Ca>Mg>S (Figura 10). A diferença entre estas é um reflexo da maior absorção de P na adubação F1, sendo também um indicativo da capacidade de translocação do P para os frutos.

Considerando a densidade de plantio utilizada (8.333 plantas ha⁻¹), estima-se que ao final deste experimento (55 DAE), as quantidades exportadas para os frutos de N, K, Ca, Mg e S foi de 62,30, 116,28, 12,54, 7,79 e 4,60 kg ha⁻¹, respectivamente. Já o P nos frutos correspondeu a 10,93 e 12,81 kg ha⁻¹ com as adubações F0 e F1, respectivamente.

4. CONCLUSÕES

A dose de 137 kg ha⁻¹ de P₂O₅ proporcionou maior acúmulo de biomassa nas folhas, independente da forma de adubação.

De forma geral, 50% do total dos nutrientes é acumulada em até 44 DAE, seguindo o padrão de acúmulo de biomassa.

A ordem geral de acúmulo de nutrientes foi alterada com a forma de adubação, havendo aumento do acúmulo de P com a adubação F1 na parte aérea como um todo e nos frutos.

Maiores acúmulos totais de Ca e Mg ocorrem na adubação em pré-plantio mais fertirrigação (F1), porém o mesmo não ocorreu para o acúmulo nos frutos.

REFERÊNCIAS

ANDRADE JUNIOR, A. S. de; MARQUELLI, W. A.; SOUSA, V. F. de. **Irrigação e fertirrigação na cultura da melancia**. In: SOUSA, V. F. de; MARQUELLI, W. A.; COELHO, E. F.; PINTO, J. M.; COELHO FILHO, M. A. (Ed.). Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Embrapa Hortaliças; São Luís: Embrapa Cacaís; Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura; Petrolina: Embrapa Semiárido, 2011. p. 637-656.

ARAÚJO, A. P.; MACHADO, C. T. T. Fósforo. In: FERNANDES, M. S. (Ed.). **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa: SBCS, 2006. p. 253-280.

CHIEN, S. H.; PORCHNOW, L. I.; TU, S.; SNYDER, C. S. Agronomic and environmental aspects of phosphate fertilizers varying in source and solubility: an update review. **Nutrient cycling agroecosystems**, 89, p. 229-255, 2011.

DEUS, A. C. F.; COSTA, C. D. O.; FORATTO, L. C.; FERNANDES, D. M.; CARRIBEIRO, L. S. Alface americana fertirrigada com diferentes doses de ácido fosfórico e hidróxido de potássio. **Irriga**, Botucatu, v. 16, n. 2, p. 125-133, 2011.

FERNANDES, A. M.; SORATTO, R. P. Nutrition, dry matter accumulation and partitioning and phosphorus use efficiency of potato grown at different phosphorus levels in nutrient solution. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 36: 1528-1537, 2012.

- FERREIRA, D. F. **Sistemas de análises de variância para dados balanceados**: programa de análises estatísticas e planejamento de experimentos. SISVAR Versão, v. 4, 2010.
- GONÇALVES, F. C. M.; NASSER, M. D.; GOUVEIA, A. M. S.; VILLAS BOAS, R. L. Estudos da marcha de absorção de nutrientes para recomendação e adubação no cultivo da melancia. **Revista Mirante**, Anápolis (GO), v. 9, n. 1, 2016
- GRANJEIRO, L.C.; CECÍLIO FILHO, A.B. Acúmulo e exportação de macronutrientes pelo híbrido de melancia Tide. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.22, n.1, p.93-97, 2004a.
- GRANJEIRO, L.C.; CECÍLIO FILHO, A.B. Acúmulo e exportação de nutrientes pela melancia sem sementes, híbrido Shadow. **Científica**, Jaboticabal, v. 33, n. 1, p.69-74, 2005.
- GRANGEIRO, L. C.; CECÍLIO FILHO, A. B. Exportação de nutrientes pelos frutos da melancia em função de épocas de cultivo, fontes de doses de potássio. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, p. 740-743, 2004b.
- HEDGE, D. M. Physiological analysis of growth and yield of watermelon (*Citrus lanatus* Thunb Musf) in relation to irrigation and nitrogen fertilization. **J. Agronomy & Crop Science** 160, 1988, p. 296-302.
- JORGE, L. A. C. & RODRIGUES, A. F. O. Safira: Sistema de análise de fibras e raízes. São Carlos, Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2008. 20p. (**Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, 24).
- LINS, H. A.; QUEIROGA, R. C. F.; PEREIRA, A. M.; SILVA, G. D.; ALBUQUERQUE, J. R. T. Produtividade e Qualidade de Frutos de Melancia em Função de Alterações na Relação Fonte-Dreno. *Revista Verde*, Mossoró-RN, v. 8, n. 3, p. 143 - 149, 2013
- LUCENA, R. R. M.; NEGREIROS, M. Z.; MEDEIROS, J. F. GRANGEIRO, L. C.; MARROCOS, S. T. P. Crescimento e acúmulo de macronutrientes em melancia ‘Quetzale’ cultivada sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 24, n. 1, p. 34-42, 2011.
- MAROUELLI, W. A., GUIMARAES, T. G., BRAGA, M. B., & DE CARVALHO, W. L. Frações ótimas da adubação com fósforo no pré-plantio e na fertirrigação por gotejamento de tomateiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 50, n. 10, p. 949-957, 2015.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 3a ed London: Elsevier, 2012. 643 p.
- NOVAIS, R. F.; MELLO, J. W. V. de. Relação Solo-Planta. In: NOVAIS, R. F. et al. **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de solos, 2007.p. 133-204.
- PAN, N.; SHEN, H.; WU, D. M.; DENG, L. S.; TU, P. F.; GAN, H. H. & LIANG, Y. C. Mechanism of improved phosphate uptake efficiency in banana seedlings on acidic soils using fertigation. **Agricultural Water Management**, 98, p. 632-638, 2011.

PAULA, J. A. A.; MEDEIROS, J. F.; MIRANDA, N. O.; OLIVEIRA, F. A.; LIMA, C. J. G. S. Metodologia para determinação das necessidades nutricionais de melão e melancia. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, p. 911-916, 2011.

REZENDE, G. M.; DIAS, R. C. S.; COSTA, N. D. Clima. In: **Sistema de produção de melancia**. Embrapa Semiárido Sistemas de Produção, Versão Eletrônica, 2010. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Melancia/SistemaProducaoMelancia/clima.htm>>. Acesso em: 20 mai. 2015.

SCIENTIFIC, J. **Table curve**: curve fitting software. Corte Madera, 1991. 280p.

SILVA, F. C. (Ed.). **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Embrapa Informação Tecnológica. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009.

SILVA, M. V. T.; CHAVES, S. W. P.; MEDEIROS, J. F.; SOUZA, M. S.; SANTOS, A. P. F.; OLIVEIRA, F. L. Acúmulo e exportação de macronutrientes em melancieiras fertirrigadas sob ótimas condições de adubação nitrogenada e fosfatada. **CSA – Agropecuária Científica no Semi-Árido**, v.8, n.4, p.55-59, 2012.

SILVA, M. V. T.; CHAVES, S. W. P.; OLIVEIRA, F. L.; SOUZA, M. S.; MEDEIROS, J. F. Correlação entre acúmulo de massa seca e conteúdo de nutriente na melancia cv. ‘olímpia’ sob ótimas condições de adubação nitrogenada e fosfatada. **Revista Verde**, v 9, n. 3, 2014, p. 28-34.

TINGEY, D. T.; PHILLIPS, D. L.; JOHNSON, M. G.; RYGIEWICZ, P. T.; BEEDLOW, P. A.; HOGSETT, W. E. Estimates of Douglas-fir fine root production and mortality from minirhizotrons. **Forest Ecology and Management**, v. 204, n. 2, p. 359-370, 2005.

TOMAZ, M. A., SILVA, S. R., SAKIYAMA, N. S., & MARTINEZ, H. E. P. Eficiência de absorção, translocação e uso de cálcio, magnésio e enxofre por mudas enxertadas de *Coffea arabica*. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 5, p. 885-892, 2003.

VIDIGAL, S. M.; PACHECO, D. D.; COSTA, E. L.; FACION, C. E. Crescimento e acúmulo de macro e micronutrientes pela melancia em solo arenoso. **Revista Ceres**, 56(1): 112-118, 2009.

VITTI, G. C.; LIMA, E.; CICARONE, F. Cálcio, magnésio e enxofre. In: FERNANDES, M. S. (Ed.). **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p. 299-325.

WANG, J.; CHU, G. Phosphate fertilizer form and application strategy affect phosphorus mobility and transformation in a drip-irrigated calcareous soil. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, v. 178, n. 6, p. 914-922, 2015.

CAPÍTULO VI

CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÕES

1. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A combinação de adubação fosfatada em pré-plantio mais cobertura foi mais promissora do que a adubação em pré-plantio, tendo aumentado a disponibilização de P no solo e sua absorção pelas plantas, bem como a produtividade e qualidade dos frutos, principalmente no experimento realizado em solo arenoso.

No experimento realizado em solo arenoso, a aplicação de 103 kg ha⁻¹ de P₂O₅ via fertirrigação foi mais eficiente, porém deve-se ter cautela com altas dosagens de P na fertirrigação em solos arenosos com baixa capacidade tampão para P em razão dos riscos de perdas por erosão, lixiviação ou devido a precipitações de minerais de fosfato ao exceder concentrações máximas de equilíbrio químico em solução.

Além disso, considerando as demandas relativamente baixas de P pela cultura da melancia, o P aplicado em pré-plantio está mais protegido das reações de adsorção e precipitação no solo, porém pode ser necessário a adoção de um sistema de preparo mínimo a fim de reduzir a possibilidade de reação do P do fertilizante com o solo.

Dessa forma, a combinação de fosfato em pré-plantio mais cobertura pode ser utilizada a contento em solos pobres em P para a cultura da melancia pois entende-se que a fração aplicada em cobertura, sendo parcelada através da fertirrigação permite a manutenção dos níveis de P necessários para o desenvolvimento da cultura ao longo de seu ciclo, enquanto que a fração aplicada em pré-plantio deve assegurar a disponibilização do nutriente na fase inicial da cultura, tendo possivelmente um maior efeito residual para os ciclos seguintes.

Todavia, é possível que diferentes efeitos dos tratamentos sejam observados apenas nos ciclos seguintes, pois as respostas da cultura em solos com níveis de P previamente corrigidos podem ser bastante diversas desta. A sazonalidade dos preços da melancia e das fontes de P também deve ser considerada no processo de tomada de decisão entre a maximização da produtividade e a minimização de custos.

Assim, é interessante que seja dada continuidade a esse estudo através de novos ciclos da cultura, explorando também o potencial das novas cultivares em termos de responsividade e

eficiência recuperação do P de modo a conhecer o balanço do nutriente no sistema e a capacidade de suprimento deste pelo solo.

2. CONCLUSÕES

I - Como resultado dos experimentos realizados em solo calcário concluiu-se que:

- A adubação F1 proporcionou maiores acúmulos de P e de S, porém, de forma geral, os efeitos das formas de adubação foram dependentes das doses, destacando-se os tratamentos F0₂₇₅ e F1₁₆₈ em termos de acúmulo de biomassa e dos demais macronutrientes. As maiores exigências de macronutrientes ocorrem a partir da frutificação. A ordem geral dos acúmulos máximos foi K>N>Ca>P>Mg>S, exceto pelo tratamento F0₂₇₅, em que o acúmulo de Mg é pouco superior ao de P.

- Maiores produtividades comerciais foram obtidas com a aplicação de fosfato em pré-plantio + fertirrigação (F1) na dose de 397 kg ha⁻¹ de P₂O₅, porém, a adubação em pré-plantio (F0) foi mais eficiente nas doses intermediárias. Maiores retornos econômicos são esperados para as doses de 254 e 397 kg ha⁻¹ de P₂O₅, para as adubações F0 e F1, respectivamente, nas condições em que foi realizado este trabalho.

II - Como resultado dos experimentos realizados em solo arenoso, concluiu-se que:

- Na dose de 137 kg ha⁻¹ de P₂O₅, maiores acúmulos de P, tanto na parte aérea, como nos frutos ocorrem na adubação F1. Para Ca e Mg ocorreram maiores acúmulos com a adubação F1 apenas na parte vegetativa. De forma geral, cerca de 50% da demanda total dos macronutrientes ocorre no quarto final do ciclo. A ordem geral de acúmulo total na dose de 137 kg ha⁻¹ de P₂O₅ foram: K>N>Ca>Mg>P>S na adubação F0 e K>N>Ca>P>Mg>S na adubação F1.

- Houve efeito isolado de doses e formas de aplicação sobre as características de produção, com destaque para a maior dose da adubação F1 em relação a F0. Porém, de forma geral, o tratamento adicional com 103 kg ha⁻¹ de P₂O₅ na fertirrigação mostrou ser mais eficiente, com produtividade comercial equivalente a uma dose de 204 kg ha⁻¹ de P₂O₅ na adubação F1. Maiores retornos econômicos são esperados com a dose de 397 kg ha⁻¹ na adubação F1, seguido pelo tratamento adicional com 103 kg ha⁻¹ de P₂O₅ na fertirrigação e pela dose de 397 kg ha⁻¹ de P₂O₅ na adubação F0.

APÊNDICES

APÊNDICE A - FOTOS

Apêndice A 1 - Imagens dos experimentos realizados em solo calcário, Upanema-RN (2013) e em solo arenoso, Mossoró-RN (2014-2015).



Experimentos em Upanema-RN – 01) sistema de distribuição de fertilizantes via fertirrigação (tanques de derivação); 02) vista da área experimental; 03) Abertura das covas para adubação de pré-plantio; 04) tensiômetros a 30 e 60 cm; plantas dos tratamentos: 05) Adc₁; 06) Adc₂; 07) F0₃₉₇; e 08) F1₃₉₇, aos 28 DAE; 09) frutos colhidos das parcelas; 09) amostragem do solo após a colheita. **Experimentos em Mossoró-RN** – 11) sistema de distribuição de fertilizantes (tanques de derivação); 12) montagem do sistema de irrigação; 13) instalação dos minirhizotrons; 14) abertura das covas para adubação de pré-plantio; 15) vista da área experimental; 16) teste de vazão do sistema; 17) coletas de material vegetal para a marcha de absorção; 18) delimitação da parcela de produção; 19) colheita e pesagem in situ dos frutos; 20) disposição dos frutos em bancada para as análises qualitativas.

APÊNDICE B – ANÁLISE DE VARIÂNCIA

Apêndice B 1 – Quadrados médios da análise de variância da produção total –PT (Mg ha⁻¹) e comercial –PC (Mg ha⁻¹), quantidade total –QT (frutos ha⁻¹) e comercial de frutos–QC (frutos ha⁻¹), pesos médios total –PMT (kg) e comercial –PMC (kg), sólidos solúveis –SS (° Brix) e firmeza da polpa – Fir (Newton) da melancia ‘Magnum’ em solo calcário sob efeito de doses e formas de adubação fosfatada. Upanema-RN, UFERSA, 2013

F.V. ¹	G.L. ²	PT	PC	QT	QC	PMT	PMC	SS	Fir
Bloco	3	23,97 ^{ns}	101,91 ^{ns}	1,48E+06 ^{ns}	6,53E+04 ^{ns}	5,72*	4,3 ^{ns}	1,18 ^{ns}	3,69 ^{ns}
Forma	1	689,06**	828,2**	4,33E+06 ^{ns}	7,27E+06**	4,01 ^{ns}	2,53 ^{ns}	0,64 ^{ns}	0,99 ^{ns}
Dose d.F0	4	985,8**	1321,37**	4,18E+06 ^{ns}	1,33E+07**	10**	4,51 ^{ns}	0,75 ^{ns}	12,71**
Linear	1	2001,21**	2708,5**	9,05E+06*	2,39E+07**	17,4**	10,16*	0,65 ^{ns}	21,13**
Quadrática	1	1585,19**	2189,74**	4,26E+06 ^{ns}	2,26E+07**	20,83**	4,89 ^{ns}	0,75 ^{ns}	10,39*
Desvio	2	178,4 ^{ns}	193,61 ^{ns}	1,69E+06 ^{ns}	3,27E+06*	0,88 ^{ns}	1,49 ^{ns}	0,79 ^{ns}	9,65**
Dose d.F1	4	148,55 ^{ns}	248,11*	1,58E+06 ^{ns}	2,66E+06*	1,19 ^{ns}	0,86 ^{ns}	0,43 ^{ns}	3,34 ^{ns}
Linear	1	574,05*	888,43**	3,61E+06 ^{ns}	7,95E+06**	1,64 ^{ns}	0,32 ^{ns}	0,66 ^{ns}	1,08E-
Quadrática	1	0,06 ^{ns}	41,49 ^{ns}	2,57E+05 ^{ns}	1,02E+06 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,94 ^{ns}	0,36 ^{ns}	2,3 ^{ns}
Desvio	2	10,05 ^{ns}	31,26 ^{ns}	1,24E+06 ^{ns}	8,39E+05 ^{ns}	1,54 ^{ns}	1,10 ^{ns}	0,35 ^{ns}	5,53 ^{ns}
Erro	27	86,57	76,2	1,54E+06	7,68E+05	1,34	2,05	0,56	1,7
C.V. ³ (%)		19,64	20,53	22,72	20,38	13,34	14,76	6,98	16,45
Média		47,36	42,52	5470,27	4300,68	8,66	9,69	10,73	7,93

¹F.V. – Fator de variação. ²G.L. – graus de liberdade. ³C.V. – Coeficiente de variação. Significativos a 1, 5% e não significativo, **, * e ns, respectivamente.

Apêndice B 2 – Resumo da análise de variância para os teores de P disponível (por Mehlich-1, em mg dm⁻³) em solo calcário cultivado com melancia irrigada sob influência de diferentes doses e formas de adubação fosfatada. Upanema-RN, UFERSA, 2013.

F.V. ¹	G.L. ²	QM ³
Blocos	3	3,52E+01 ^{ns}
Forma	1	8,41E+01*
Dose	3	1,67E+02**
Dose*Forma	3	1,67E+01 ^{ns}
Fat ⁴ vs Adc ₁	1	1,94E+02**
Fat vs Adc ₂	1	4,26E+01 ^{ns}
Erro	27	1,28E+01
C.V. ⁵ (%)		33,17
Média geral		9,62

¹F.V. – Fator de variação. ²G.L. – graus de liberdade. ³QM – quadrado médio. ⁴Fat – Fatorial: Forma de adubação (Fert) x Dose. ⁵C.V. – Coeficiente de variação. ns, * e ** correspondem a não significativo, significativo a 5% e a 1%, respectivamente, pelo teste F.

Apêndice B 3 – Resumo da análise de variância para os contrastes dos teores de P disponível (por Mehlich-1, em mg dm⁻³) em solo calcário cultivado com melancia entre os tratamentos adicionais (Adc₁ e Adc₂) e os relativos às adubações F0 e F1 (76 a 397 kg ha⁻¹ de P₂O₅). Upanema-RN, UFERSA, 2013.

F.V.	GL	QM
Contraste Adc ₁ x F0	1	106,31**
Contraste Adc ₁ x F1	1	259,60**
Contraste Adc ₂ x F0	1	82,62*
Contraste Adc ₂ x F1	1	10,81 ^{ns}
Erro	27	1,28E+01

Apêndice B 4 - Quadrados médios da análise de variância da produção total – PT (kg ha⁻¹) e comercial – PC (kg ha⁻¹), quantidade total – QT (frutos ha⁻¹) e comercial de frutos – QC (frutos ha⁻¹), pesos médios total – PMT (kg) e comercial – PMC (kg) da melancia ‘Magnum’ em solo arenoso. Mossoró-RN, UFERSA, 2014-2015.

F.V. ¹	G.L. ²	PT	PC	QT	QC	PMT	PMC
Blocos	3	1,24E+08 ^{ns}	2,61E+08 ^{ns}	1,43E+06 ^{ns}	2,42E+06 ^{ns}	1,04 ^{ns}	0,21 ^{ns}
Forma	1	1,66E+09**	2,78E+09**	7,77E+06*	3,95E+07**	8,83**	0,25 ^{ns}
Dose	3	9,44E+08**	9,94E+08**	6,74E+06*	1,02E+07**	2,99**	1,01 ^{ns}
Forma x Dose	3	1,36E+08 ^{ns}	2,42E+07 ^{ns}	2,82E+06 ^{ns}	4,54E+05 ^{ns}	0,94 ^{ns}	0,84 ^{ns}
C ₀ vs. Fat ³	1	1,14E+10**	7,68E+09**	1,87E+08**	1,20E+08**	103,54**	223,84**
C ₁₀₃ vs. Fat	1	6,16E+08**	1,79E+09**	3,04E+06 ^{ns}	2,93E+07**	1,98 ^{ns}	0,01 ^{ns}
Erro	27	8,33E+07	1,30E+08	1,81E+06	2,07E+06	0,54	0,40
C.V. ⁴ (%)		17,25	26,65	17,52	26,77	11,94	8,92
Média geral		52923,15	42807,21	7688,49	5374,50	6,17	7,11

¹F.V. – Fator de variação. ²G.L. – graus de liberdade. ³Fat – Fatorial: Forma de adubação x Dose. ⁴C.V. – Coeficiente de variação. Significativos a 1, 5% e não significativo, **, * e ns, respectivamente.

Apêndice B 5 - Quadrados médios da análise de variância das características avaliadas: firmeza do fruto – Fir (Newton) e sólidos solúveis – SS (°Brix) da melancia ‘Magnum em solo arenoso. Mossoró-RN, UFERSA, 2014-2015.

F.V. ¹	GL ²	Fir	SS
Bloco	3	8,79**	2,08 ^{ns}
Forma	1	4,27 ^{ns}	1,16 ^{ns}
Dose	3	0,51 ^{ns}	2,42 ^{ns}
Forma x Dose	3	5,66*	0,64 ^{ns}
C ₁₀₃ vs. Fat ³	1	5,22 ^{ns}	0,60 ^{ns}
Erro	24	3,03	1,50
C.V. (%) ⁴		20,52	10,71
Média geral		8,48	11,44

¹F.V. – Fator de variação. ²G.L. – graus de liberdade. ³Fat – Fatorial: Forma de adubação x Dose. ⁴C.V. – Coeficiente de variação. Significativos a 1, 5% e não significativo, **, * e ns, respectivamente.

Apêndice B 6 - Resumo da análise de variância para os teores de P disponível (por Mehlich-1, em mg dm⁻³) em solo arenoso cultivado com melancia irrigada sob influência de diferentes doses e formas de adubação fosfatada. Mossoró-RN, UFERSA, 2014-2015.

F.V. ¹	G.L. ²	QM ³
Blocos	3	203,14*
Forma	1	515,17**
Dose	3	28,35 ^{ns}
Dose*Forma	3	34,87 ^{ns}
Fat ⁴ vs Adc ₁	1	119,80 ^{ns}
Fat vs Adc ₂	1	740,63**
Erro	27	47,74
C.V. ⁵ (%)		72,65
Média geral		9,51

¹F.V. – Fator de variação. ²G.L. – graus de liberdade. ³QM – quadrado médio. ⁴Fat – Fatorial: Forma de adubação (Fert) x Dose. ⁵C.V. – Coeficiente de variação. ^{ns}, * e ** correspondem a não significativo, significativo a 5% e a 1%, respectivamente, pelo teste F.

Apêndice B 7 – Resumo da análise de variância para os contrastes dos teores de P disponível (por Mehlich-1, em mg dm⁻³) em solo arenoso cultivado com melancia entre os tratamentos adicionais (Adc₀ e Adc₁₀₃) e os relativos às adubações F0 e F1 (34 a 206 kg ha⁻¹ de P₂O₅). Mossoró-RN, UFERSA, 2014-2015.

F.V. ¹	GL ²	QM ³
Contraste C ₀ x F0	1	10,28 ^{ns}
Contraste C ₀ x F1	1	308,40*
Contraste C ₁₀₃ x F0	1	1088,71**
Contraste C ₁₀₃ x F1	1	347,47*
Erro	27	47,74

¹F.V. – Fator de variação. ²G.L. – graus de liberdade. ³Quadrado médio. ^{ns}, * e ** correspondem a não significativo, significativo a 5% e a 1%, respectivamente, pelo teste F.