

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

**COMPORTAMENTO DE MILHO (*Zea mays* L.) E PROPRIEDADES
FÍSICAS DO SOLO, NO SISTEMA PLANTIO DIRETO, EM RESPOSTA
A APLICAÇÃO DE FERTILIZANTE ORGANOMINERAL**

CLEVERTON TIAGO CARNEIRO DE SANTANA

Dissertação apresentada à Faculdade de
Ciências Agronômicas da Unesp - Câmpus de
Botucatu, para obtenção do título de Mestre em
Agronomia (Agricultura)

BOTUCATU-SP

Março - 2012

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

**COMPORTAMENTO DE MILHO (*Zea mays* L.) E PROPRIEDADES
FÍSICAS DO SOLO, NO SISTEMA PLANTIO DIRETO, EM RESPOSTA
A APLICAÇÃO DE FERTILIZANTE ORGANOMINERAL**

CLEVERTON TIAGO CARNEIRO DE SANTANA

Orientadora: Prof^a Dr^a Maria Helena Moraes

Dissertação apresentada à Faculdade de
Ciências Agronômicas da Unesp - Câmpus de
Botucatu, para obtenção do título de Mestre em
Agronomia (Agricultura)

BOTUCATU-SP

Março - 2012

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

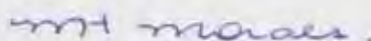
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: COMPORTAMENTO DE MILHO E PROPRIEDADES FÍSICAS DO SOLO
NO SISTEMA PLANTIO DIRETO EM RESPOSTA A FERTILIZANTE
ORGANOMINERAL

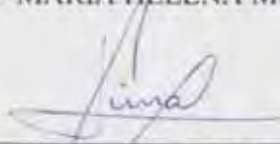
ALUNO: CLEVERTON TIAGO CARNEIRO DE SANTANA

ORIENTADORA: PROFª DRª MARIA HELENA MORAES

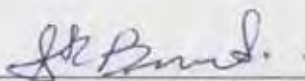
Aprovado pela Comissão Examinadora



PROFª DRª MARIA HELENA MORAES



PROF. DR. SERGIO LAZARO DE LIMA



PROF. DR. SANDRO ROBERTO BRANCALIÃO

Data da Realização: 16 de março de 2012.

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

S233c Santana, Cleverton Tiago Carneiro de, 1988-
Comportamento de milho (*Zea Mays* L.) e propriedades físicas do solo, no sistema plantio direto, em resposta a aplicação de fertilizante organomineral / Cleverton Tiago Carneiro de Santana. - Botucatu : [s.n.], 2012
ix, 49 f. : il., color., gráfs., tabs.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2012
Orientador: Maria Helena Moraes
Inclui bibliografia

1. Latossolo vermelho distroférico. 2. Sistema radicular. 3. SAFIRA. I. Moraes, Maria Helena. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônômicas. III. Título.

DEDICATÓRIA

“Este trabalho é dedicado aos meus amigos que nunca mediram esforços em ser dedicados e esforçados e se tornaram exemplos de vida para mim”

AGRADECIMENTOS

À Faculdade de Ciências Agronômicas (FCA/UNESP) pela oportunidade de cursar a pós-graduação em Agronomia (Agricultura) e realização da pesquisa da dissertação.

À Prof^a Dr^a MARIA HELENA MORAES, pela orientação e apoio no planejamento, condução e conclusão deste experimento.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudo a fim de formar pesquisadores indispensáveis ao desenvolvimento da pesquisa no Brasil.

À RACHEL ARRUDA pela concessão e consultoria dos produtos da linha Haf (ADM).

Aos DOCENTES e FUNCIONÁRIOS do Departamento de Recursos Naturais – Ciência do Solo.

Aos pais, ADALBERTO e RAIMUNDA SANTANA, pela muita paciência.

À minha segunda família, TÂNIA RODER, DONATO e VÂNIA RODER, FRANCELINO e MARIA TEODORO, LESLIE e PHYLLIS RODER, pelo grande apoio em Botucatu.

Aos meus amigos, que não caberia o nome de todos nesta página, pelo simples fato de serem meus amigos, o que pra mim significa muito.

Aos professores da Universidade do Estado de Mato Grosso, ADALBERTO SANTI e MIRIAM HIROKO INOUE, pelo incentivo para a realização do curso de pós-graduação e auxílio na minha formação acadêmica.

Aos COLEGAS da graduação em Agronomia (UNEMAT) e da pós-graduação em Agronomia (FCA-UNESP), pelo companheirismo e amizade.

SUMÁRIO

	Página
1. RESUMO.....	1
2. SUMMARY.....	3
3. INTRODUÇÃO.....	5
4. REVISÃO DE LITERATURA	7
4.1. Cultura do milho	7
4.2. Sistema plantio direto	9
4.3. Fertilizantes organominerais.....	10
4.4. Avaliação do sistema radicular	12
5. MATERIAL E MÉTODOS.....	14
5.1. Caracterização da área experimental	14
5.2. Delineamento estatístico e tratamentos	16
5.3. Instalação e condução do experimento	17
5.4. Avaliações.....	17
5.4.1 Avaliação do sistema radicular	17
5.4.2. Avaliação da densidade do solo, macro, micro e porosidade total	21
5.4.3. Diagnose nutricional	22
5.4.4 Componentes biométricos	23
5.5. Análise dos resultados	24
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
7. CONCLUSÕES	42
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	43

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1. Cronograma de Atividades	14
Tabela 2. Características químicas do solo na área experimental	15
Tabela 3. Teores de micronutrientes do solo na área experimental.....	15
Tabela 4. Características físicas do solo na área experimental.....	15
Tabela 5. Biofertilizantes, doses utilizadas e época de aplicação	16
Tabela 6. Teores foliares de macronutrientes aos noventa dias após o plantio, em função dos tratamentos com fertilizante organomineral foliar	26
Tabela 7. Teores foliares de micronutrientes aos noventa dias após o plantio, em função dos tratamentos com fertilizante organomineral foliar	27
Tabela 8. Teores de clorofila aos noventa dias após o plantio, em função dos tratamentos com fertilizante organomineral foliar.....	29
Tabela 9. Componentes biométricos e rendimento de grãos, em função dos tratamentos com fertilizante organomineral foliar	30
Tabela 10. Componentes biométricos, em função dos tratamentos com fertilizante organomineral foliar.....	31
Tabela 11. Macroporosidade para as três profundidades avaliadas, em função dos tratamentos com fertilizante organomineral	33
Tabela 12. Microporosidade para as três profundidades avaliadas, em função dos tratamentos com fertilizante organomineral	34
Tabela 13. Porosidade total para as três profundidades avaliadas, em função dos tratamentos com fertilizante organomineral	35
Tabela 14. Densidade do solo para as três profundidades avaliadas, em função dos tratamentos com fertilizante organomineral	36
Tabela 15. Massa seca de raízes de milho nas três profundidades de análise	37
Tabela 16. Comprimento de raízes de milho nas três profundidades de análise	38
Tabela 17. Área de raízes de milho nas três profundidades de análise	39
Tabela 18. Volume de raízes de milho nas três profundidades de análise	40

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Trincheira para captura de imagens, detalhando as regiões e raízes pintadas ...	18
Figura 2. Primeira e segunda etapa da análise de imagens pelo software SAFIRA.....	18
Figura 3. Terceira e quarta etapa da análise de imagens pelo software SAFIRA	19
Figura 4. Quinta e sexta etapa da análise de imagens pelo software SAFIRA.....	19
Figura 5. Sétima etapa da análise de imagens pelo software SAFIRA	20
Figura 6. Oitava etapa da análise de imagens pelo software SAFIRA.....	20
Figura 7. Coletas de raízes na primeira camada (0-0,10 m) com cubo volumétrico	21
Figura 8. Coleta de anéis para análise física do solo na primeira camada (0-0,10 m)	22
Figura 9. Identificação do teor de clorofila em folhas de milho.....	22
Figura 10. Estádio vegetativo e reprodutivo de efetuação das avaliações.....	24

1. RESUMO

Esta pesquisa foi conduzida com o objetivo de avaliar a resposta agronômica de *Zea Mays* L. à aplicação de fertilizante organomineral, aplicado via tratamento de sementes e foliar, também utilizando-se de metodologias para avaliação das raízes por meio de coleta e análise de imagens. Para tal, foi realizado um trabalho em área de plantio direto, em Latossolo Vermelho distroférico, textura argilosa, na Fazenda Experimental Lageado da Faculdade de Ciências Agrônômicas – Universidade Estadual Paulista, Município de Botucatu, SP (22°58'S e 48°23'W, 765 m de altitude média). O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com cinco repetições. Os tratamentos foram constituídos pela aplicação isolada ou em combinação de três biofertilizantes (Haf Plus, Haf Alfa e Haf Potassium) e por quatro épocas de aplicação (Tratamento de Semente, Estádio V3, Estádio V9 e Estádio V11). Cada parcela possuía 5,5 metros de comprimento por 3,6 m de largura. Foram feitas trincheiras para capturar imagens do sistema radicular pelo método do perfil. As imagens foram analisadas pelo software SAFIRA, resultando em área, comprimento e volume de raízes. Na mesma trincheira foram coletadas amostras de 10 cm³, com o auxílio de um cubo volumétrico, para determinar a massa de raízes secas. A aplicação de fertilizante organomineral provoca sinergismo para fósforo e antagonismo para boro e cobre. A melhor interação entre os produtos e épocas de aplicação é a utilização conjunta de Plus (TS) + Alfa (V9) + Potassium (V11), com efeito positivo nos componentes biométricos das plantas de milho. O tratamento de semente com o fertilizante organomineral Plus é o que mais contribui

para aumento dos componentes biométricos e da massa, comprimento, volume e área de raízes de milho. A aplicação de Alfa em V11, combinado ou não com Potassium, não produz bons resultados para comprimento médio da espiga, número de fileiras por espiga, massa seca, área e volume de raízes. O método de análise de imagens digitais de raízes no perfil utilizando o software SAFIRA produz bons resultados para a cultura do milho. A massa seca, comprimento, volume e área de raízes sofrem alteração por ocasião da aplicação de fertilizante organomineral e não promovem mudanças imediatas nas propriedades físicas do solo. Os fertilizantes organominerais aplicados em tratamento de semente e nos estádios V3, V9 e V11 não alteram o rendimento de grãos de milho.

Palavras-chave: Latossolo Vermelho distroférico, sistema radicular, SAFIRA.

BEHAVIOR OF CORN (*Zea mays* L.) AND PHYSICAL PROPERTIES OF THE SOIL, IN NO-TILLAGE SYSTEM, IN RESPONSE TO THE APPLICATION OF BIOFERTILIZER. Botucatu, 2012. 49 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: CLEVERTON TIAGO CARNEIRO DE SANTANA

Adviser: MARIA HELENA MORAES

2. SUMMARY

This research was developed to evaluate the agronomic response of *Zea mays* L to the application of bio-fertilizer applied as seed and foliate treatment, evaluating the roots by collecting and analyzing images. To this end, work was undertaken in an area of no-tillage in Rhodic Eutrudox (or Red Latosol), clayey soils in three growing seasons, Faculty of Agricultural Sciences, State University of São Paulo (Universidade Estadual Paulista), Botucatu, SP (22 ° 58'S and 48 ° 23'W, 765 m average elevation). The trial design was made up of five (5) random trial blocks. The treatments were applied individually or in a combination of three bio-fertilizers (Haf Plus, Haf Alfa and Haf Potassium) and at four different stages (seed treatment, V3 Stadium, V9 Stadium and Stadium V11). Each plot was 5.5 meters long by 3.6 m wide. Trenches were dug to capture images of the root system via the profile method. The images were analyzed by the software SAFIRA, resulting in area, root length and volume. In the same trenches samples of 10 cm³ were collected with the aid of a volumetric cube to determine the dry root mass. The application of bio-fertilizer causes phosphorus synergism and boron and copper antagonism. A better interaction between the products and application times is the joint use of Plus (ST) + Alfa (V9) + Potassium (V11) with positive effect on biometric components of the corn plants. Treatment Plus (TS), at the time of application, is the biggest contributor to increasing biometric components and mass, length, volume and area of maize roots. Plus + Alpha applied to V11, either with or without Potassium, does not produce good results for average length of the spike, number of rows per ear, dry mass, area and volume of roots. The method of digital image analysis of roots in the

profile using the software SAFIRA produces good results for the cultivation of corn. The mass, length, volume and area of roots undergo changes during the application of bio-fertilizer and do not bring immediate changes to the physical properties of the soil. Organic-mineral fertilizers do not affect grain yield of maize.

Keywords: Rhodic Eutradox, root system, SAFIRA.

3. INTRODUÇÃO

O sistema radicular tem como funções principais sustentar a planta e absorver água e nutrientes para o seu desenvolvimento e produção, contudo o seu crescimento depende de fatores químicos, físicos e biológicos do solo, além dos fatores genéticos intrínsecos de cada cultura. Por isso é importante compreender sua distribuição, com o intuito de alcançar meios de induzir a planta a uma maior exploração do solo, alcançando assim o máximo de expressão produtiva.

Há problemas edafoclimáticos nas muitas regiões agricultáveis como períodos de seca, deficiências de nutrientes, desequilíbrio químico, compactação, acidez e salinidade que refletem diretamente no desenvolvimento e produção das culturas. Com isso é necessário que as plantas apresentem bom desenvolvimento do sistema radicular, tanto em volume como uma boa arquitetura, para aperfeiçoar a utilização dos recursos que estão disponíveis. Em regiões em que esses problemas são minimizados, um bom desenvolvimento radicular, além de contribuir mais com a cultura, ajuda na boa estruturação do solo.

O sistema plantio direto, pela ausência de revolvimento do solo, promove um acúmulo na superfície de resíduos culturais que causam diferenças em relação a outros sistemas de manejo, tanto na distribuição dos nutrientes no perfil do solo quanto na estruturação do mesmo. Essa alteração pode influenciar o crescimento e a distribuição do sistema radicular. A ausência do manejo nesse sistema também induz a modificações e

reorganizações na estrutura do solo, reduzindo macroporosidade e da porosidade total, aumento da densidade do solo e da resistência do solo à penetração das raízes nos primeiros anos de cultivo. Em consequência, esses fatores refletem na mudança no volume de solo explorado pelas raízes, quando comparado a sistemas onde há revolvimento do solo.

No entanto, a aplicação de fertilizante organomineral em tratamento de semente e/ou aplicação foliar tem sido uma opção para melhorar o desenvolvimento fisiológico da planta, tanto da parte aérea como de raízes, principalmente em áreas que apresentam maior densidade do solo e conseqüentemente, maior resistência ao desenvolvimento das raízes. Além disso, na medida em que o melhoramento genético tem buscado aumentar o potencial genético das culturas, destaca-se a importância da utilização desses fertilizantes, quando se deseja obter altos rendimentos e a melhoria da qualidade do produto colhido, podendo contribuir para a estabilidade do sistema de manejo, aumentando os teores de matéria orgânica do solo, incentivando o produtor a se manter no sistema plantio direto.

Dentro deste contexto, a presente pesquisa foi conduzida na Faculdade de Ciências Agrônômicas da Universidade Estadual Paulista, com o objetivo de avaliar a resposta agrônômica de *Zea Mays* L. em sistema plantio direto à aplicação de fertilizante organomineral, via tratamento de sementes e foliar. Foram utilizadas metodologias de avaliação do sistema radicular, de modo a constatar se há alteração no perfil radicular da cultura com a aplicação do produto, sem que haja necessidade de revolvimento do solo.

4. REVISÃO DE LITERATURA

4.1. Cultura do milho

A necessidade de altas temperaturas para germinação e crescimento e, em certos casos, a exigência de dias curtos para florescimento para proporcionar rendimentos compensadores se deve ao fato da origem subtropical da cultura de milho (DIDONET et al., 1998). A temperatura do ar e do solo produz efeito na divisão e na extensão de células consequentemente no desenvolvimento do milho. Este efeito tem início no crescimento das folhas e, posteriormente, na alongação do colmo (DELOUCHE, 1953).

Baixa temperatura, em geral, é fator determinante para provocar alongamento do ciclo da cultura, enquanto que temperaturas elevadas provocam redução na duração do ciclo. As temperaturas ideais para o crescimento de milho se encontram na faixa de 25 e 30°C. Quando a temperatura do solo alcança limite inferior a 10°C e/ou superior a 42°C a germinação é afetada negativamente, enquanto a faixa de 25 a 30°C é a mais adequada para a germinação e emergência da cultura (FANCELLI, 2001).

O desenvolvimento do milho e sua produtividade têm encontrado entraves pelo desconhecimento dos produtores e responsáveis técnicos das quantidades de nutrientes extraídos e exportados pela cultura, o que permitiria uma adubação mais criteriosa e adoção de sistemas de cultivo mais adequados (CUSTÓDIO et al., 2003). O suprimento de fósforo, por exemplo, é essencial desde os estádios iniciais de crescimento da planta e está

diretamente relacionado com a produtividade (GRANT et al., 2001). Um dos períodos mais críticos da exigência nutricional da cultura do milho ocorre durante o desenvolvimento vegetativo (V12 a V18), onde há maior taxa diária de absorção de elementos e maior acúmulo de matéria seca, quando o número potencial de grãos está sendo definido (KARLEN et al., 1987).

A massa dos grãos das plantas de milho pode ser afetada significativamente por qualquer tipo de estresse, de natureza biótica ou abiótica, no qual a planta seja submetida após o florescimento (FANCELLI; DOURADO NETO, 2000) como pela deficiência ou a fitotoxidez de algum nutriente, como o boro (DOURADO NETO et al., 2004a). Como sintoma visual de toxidez de boro observa-se, queima das folhas, ou seja, clorose e necrose nas bordas e pontas das folhas mais velhas (NABLE et al., 1997)

Os valores normais de ocorrência de cobre em folhas de milho variam de 6 mg kg⁻¹ a 20 mg kg⁻¹ e de ferro de 50 mg kg⁻¹ a 250 mg kg⁻¹. Já para os valores de manganês o limite crítico é de 42 mg kg⁻¹ a 150 mg kg⁻¹. No caso do zinco, os teores foliares adequados para a cultura do milho têm amplitude de 15 mg kg⁻¹ a 50 mg kg⁻¹ (MALAVOLTA et al., 1997 e BÜLL, 1993). Já a amplitude entre a deficiência e a toxicidade de boro é muito estreita. Segundo Büll (1993), o nível crítico de boro em folhas de milho tem amplitude de 15 a 20 mg kg⁻¹.

Entretanto, de acordo com Gupta (1993), em geral não ocorre toxidez de boro em solos agrícolas, a menos que compostos com este micronutriente tenham sido aplicados em excesso. Para Lima et al. (2007), que utilizaram dez solos para cultivar milho em ambiente protegido, os teores de boro só apresentaram toxicidade em níveis acima de 43,3 mg dm⁻³.

Silva et al. (2000), estudando o impacto do plantio direto e do preparo convencional de solo no estado de compactação, atributos químicos e distribuição radicular de milho, observaram que 70% das raízes se concentra, nas camadas superiores (até 0,20m). A quantidade de nutrientes extraídos é dependente do crescimento do sistema radicular do milho o qual é, por sua vez, ligado não só a fatores químicos e biológicos do solo, mas principalmente físicos (sistema de cultivo empregado), e o estudo da sua distribuição é importante para compreender o processo dinâmico da solução do solo (água e nutrientes) (BASSOI et al., 1994a).

4.2. Sistema plantio direto

Os fatores mais determinantes para o armazenamento de água e nutrientes no solo e mobilidade de íons na sua solução são as propriedades físicas. Com isso, sua degradação promove perda da qualidade estrutural e do aumento da erosão hídrica, favorecendo as perdas de nutrientes contidos no solo (BERTOL et al., 2001).

O sistema plantio direto, desenvolvido com a finalidade de eliminar a mobilização superficial dos solos e mantê-los cobertos com restos culturais, buscando-se assim a redução da erosão, o aumento do teor de matéria orgânica e a economia de combustíveis nas operações agrícolas (DE MARIA et al., 1999), provoca compactação superficial do solo, caracterizada pelo aumento da densidade do solo e redução de sua porosidade total (SIDIRAS et al., 1982; TAVARES FILHO; TESSIER, 1998), a qual poderá restringir o desenvolvimento radicular das culturas.

Em contrapartida, Dao (1996) afirma que, sistemas conservacionistas como o plantio direto, promove a manutenção de resíduos vegetais sobre a superfície do solo, colaborando para uma maior macroporosidade na camada superficial. Esse sistema, além de permitir acúmulo de resíduos vegetais na superfície do solo, proporciona o enriquecimento de matéria orgânica do solo (BAYER et al., 2000; AMADO et al., 2001).

De acordo com Camargo e Alleoni (1997), um solo com 50% poros totais é considerado ideal para que ocorra a possibilidade de 33,5% dos poros serem ocupados pela água e 16,5% pelo ar quando este se encontrar na capacidade de campo.

Cardoso et al. (2006), quando estudavam dois sistemas de plantio direto (compactado e não compactado) em um Latossolo Vermelho distroférico, textura muito argilosa (787 g kg⁻¹ de argila, 45 g kg⁻¹ de areia e 168 g kg⁻¹ de silte) encontraram maior valor de macroporosidade (0,17%) na camada superficial (0-0,8m) para o sistema não compactado. Não houve diferença entre as profundidades avaliadas no sistema onde foi promovido compactação.

Ao estudar as modificação nas propriedades físicas de uma Terra Bruna estruturada (590 g kg⁻¹ de argila, 50 g kg⁻¹ de areia e 360 g kg⁻¹ de silte), Bertol et al. (2000) encontraram maiores valores de microporosidade, para o sistema plantio direto, nas camadas mais profundas (0,44 m³ m⁻³).

Pauletto et al. (2005), estudando a influência de sistemas de cultivo na densidade e na porosidade de um Gleissolo, não encontraram valores de porosidade total acima de $0,43 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ em plantio direto, fato esperado por ocasião do experimento ser conduzido por três anos. Em geral, nos primeiros anos encontra-se menor porosidade total em sistemas com plantio direto, aumentando-se à medida que o sistema se consolida (DA ROS et al., 1997).

Esse sistema tem sido utilizado como uma alternativa para evitar as alterações do preparo do solo sobre as propriedades físicas, realizado de forma repetitiva e inadequada (CHAN et al., 1992). Entretanto, não há possibilidade que a adoção de tal prática resolva de imediato o efeito do cultivo intensivo por diversos anos. Esta técnica diminui a porosidade e o potencial de desenvolvimento radicular na camada superficial do solo nos primeiros anos de cultivo, porém nos anos subsequentes, esses parâmetros tendem a aumentar. Sendo assim, o sistema acaba por permitir a recuperação da estrutura do solo na camada superficial, com a possibilidade de atingir níveis de densidade do solo, porosidade e níveis de desenvolvimento radicular correspondente aos obtidos logo após a realização das operações mecânicas de preparo (CORSINI; FERRAUDO, 1999).

4.3. Fertilizantes organominerais

Dentre os fatores que podem afetar o desenvolvimento e a produtividade das culturas estão os genéticos, ambientais e culturais. Além destes, há também o controle por parte de fatores fisiológicos ou hormonais. Com isso, além dos macro e micronutrientes que desempenham funções essenciais à cultura, tem aumentado o uso nas culturas agrícolas de biorreguladores ou bioestimulantes ou bioativadores, também conhecidos como fertilizantes organominerais, obtendo resultados importantes nas lavouras (FLOSS; FLOSS, 2007). Esses resultados se devem ao efeito dos bioativadores sobre hormônios vegetais que desempenham um papel importante no controle do desenvolvimento desses componentes (CATO, 2006). A definição deste composto está na mistura de dois ou mais reguladores vegetais com outras substâncias (aminoácidos, nutrientes e vitaminas) (CASTRO; VIEIRA, 2001).

Com o incremento no potencial genético das culturas pelo melhoramento genético, em conjunto com situações em que há praticamente ausência de fatores ambientais e culturais limitantes, aumenta-se em consequência a importância da utilização de fertilizantes organominerais, tanto pela obtenção de altos rendimentos quanto pela melhoria da qualidade dos grãos (FLOSS; FLOSS, 2007). Em razão da composição, concentração e proporção das substâncias presentes nos fertilizantes organominerais, eles podem atuar no incremento do crescimento vegetal em função de uma maior divisão, alongação e diferenciação celular e, dessa forma, estimulando o aumento da capacidade de absorção de nutrientes e água (STOLLER DO BRASIL, 1998), sendo que esses fatores influenciam no desenvolvimento (germinação de sementes, floração, frutificação, senescência) e no incremento na produtividade das culturas (CASTRO; VIEIRA, 2003).

A interação destes compostos com a nutrição de plantas, por ocasião do aumento da eficiência na absorção, transporte e assimilação dos nutrientes, se deve ao fato que compostos orgânicos apolares, como os bioativadores aumentam a capacidade de circulação de substâncias através das membranas, que são apolares (FLOSS; FLOSS, 2007). Com isso, há um crescimento, nas últimas safras, no emprego de fitorreguladores, aplicado via semente ou foliar, como prática agrônômica para se incrementar as produções em diversas culturas (DOURADO NETO et al., 2004b).

O efeito dos bioativadores também está relacionado diretamente ao desenvolvimento de raízes, possibilitando melhor aproveitamento dos nutrientes contidos no solo. Eles possuem papel fundamental na síntese de substâncias de reserva e aumentam a absorção e a utilização de nutrientes contidos no solo (CASTRO, 2006).

Vieira (2001) verificou que os fitorreguladores aplicados via semente apresentaram crescimento radicular, velocidade de crescimento radicular, comprimento radicular total e rendimento da cultura, superiores ao controle, para as culturas de soja, feijão e arroz. O autor também acrescenta que a aplicação desses fitorreguladores não apresentam fitotoxicidade para as respectivas culturas.

Janegitz et al. (2008), avaliando quatro bioestimulantes aplicados via semente, não encontrou diferença para comprimento de raiz de milho. Já Klahold (2005) verificou que a aplicação de bioestimulante via semente e foliar promove resultados positivos sobre a massa seca de raiz de soja.

Ferreira et al. (2007), usando bioativadores em tratamento de sementes e via foliar na cultura do milho, encontraram diferença significativa para produtividade para massa seca de raízes, mas não encontraram efeito significativo sobre o comprimento da planta, o diâmetro da planta, a altura de inserção da espiga e o rendimento de grãos para a cultura do milho. Dário e Baltieri (1998), avaliando a eficiência de regulador vegetal na cultura do milho, também tiveram resultados semelhantes.

Gonçalves e Simonetti (2011), aplicando fertilizante em ambiente protegido via tratamento de semente e foliar na cultura do milho, não encontraram diferença significativa para comprimento de planta, altura de inserção da espiga, comprimento médio da espiga e número de fileiras por espiga.

Castoldi et al. (2011) não encontraram diferença estatística para comprimento médio da espiga e diâmetro médio da espiga, quando trabalharam com três adubações (mineral, orgânica e organomineral) aplicadas na cultura do milho, via solo.

Para número de grãos por espiga, os mesmos autores encontraram diferenças quando aplicaram diferentes adubações (mineral, orgânica e organomineral) na cultura do milho, sendo a adubação organomineral estatisticamente igual a orgânica, mas não encontraram diferença para massa dos grãos.

Esses resultados corroboraram com Dourado Neto et al. (2004b) que, utilizando doses de bioestimulante via semente e foliar em plantas de milho, encontraram diferença significativa para número de grãos por espiga, mas não para massa dos grãos.

4.4. Avaliação do Sistema Radicular

O estudo de raízes é um fator fundamental por ocasião da sua importância em práticas de manejo cultural tais como adubação e irrigação. Além disso, as relações de absorção de água e nutrientes podem ser entendidas a partir destes estudos (ZONTA et al., 2006).

O desenvolvimento de metodologias que permitem obter dados acerca do sistema radicular das culturas (BOHM, 1979; KOPKE, 1981; SCHUURMAN; GOEDWAAGEN, 1971) vem se desenvolvendo com técnicas que proporcionam maior agilidade e exatidão nos estudos a campo. A avaliação de volume explorado, comprimento e

área de raiz é tarefa árdua e grandes dificuldades são encontradas em qualquer técnica de amostragem por necessitar de maior tempo de amostragem, pobreza de informação alta variabilidade dos dados obtidos (FANTE JÚNIOR, et al., 1994).

As análises radiculares são feitas empregando-se de métodos diretos e indiretos (BOHM, 1979). Os métodos diretos para avaliação de raiz por vezes são mais trabalhosos pela necessidade de separação manual das porções de raízes e solo. Um desses é o método do cubo volumétrico que, por empregar cubos com volume de 10 cm³, apresenta vantagem sobre o método do anel volumétrico que, com 5 cm³ de diâmetro apresentava desvantagem na amostragem em camadas com baixas quantidades de raízes, necessitando de um maior número de repetições (BOHM, 1979; VAN NOORDWIJCK, 1987).

Alguns autores (CRESTANA et al., 1994; JORGE et al., 1994) têm apresentado importantes metodologias para estudo do sistema radicular pelo processamento de imagens, facilitando a obtenção do comprimento, da área superficial e do volume no perfil de solo. Por ocasião do trabalho necessário para o cálculo manual desses parâmetros, o estudo do sistema radicular só teve avanço mais significativo com a introdução de técnicas de análise de imagens (JORGE, 2006).

Entre os programas que auxiliam neste avanço, pode-se citar o SIARCS@ 3.0 (Sistema Integrado para Análise de Raízes e Cobertura do Solo) e o SAFIRA (Sistema para Análise de Fibras e Raízes - 2010), o mais novo software de análise de raízes e fibras, ambos desenvolvidos pela Embrapa Instrumentação Agropecuária. Processamento de imagens digitais é um recurso utilizado para análise simples, rápida e precisa (LIMA, et al., 2006) da distribuição do sistema radicular de milho (BASSOI et al., 1994a; BASSOI et al., 1994b), forrageiras (BRASIL et al., 2000; FANTE JÚNIOR et al., 1999), soja (BORDIN et al., 2008; CRESTANA et al., 1994), cana-de-açúcar (VASCONCELOS et al., 2003) em sistemas plantio direto e/ou preparo convencional.

5. MATERIAL E MÉTODOS

5.1. Caracterização da área experimental

O trabalho foi realizado no ano agrícola de 2011 em área de plantio direto, na Fazenda Experimental Lageado, da Faculdade de Ciências Agrônômicas, da Universidade Estadual Paulista, Município de Botucatu, SP (22°58'S e 48°23'W, 765 m de altitude média), no período de abril a setembro de 2011, de acordo com o cronograma descrito na Tabela 1.

Tabela 1. Cronograma de Atividades

Atividades	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro
Semeadura	11					
Tratamento de Semente	11					
Aplicação V3		12				
Aplicação V9			07			
Aplicação V11			29			
Avaliação (características agrônômicas)				18-20		
Avaliação (física do Solo)				21	04	
Avaliação (raiz)				21	04	
Colheita						16-19

O clima predominante da região é do tipo Cfa segundo a classificação climática de Köppen, ou seja, subtropical úmido mesotérmico, com verões quentes e geadas pouco frequentes, com tendência de concentração das chuvas nos meses de verão, sem estação

seca. A média das temperaturas dos meses mais quentes é superior a 22° C e a dos meses mais frios é inferior a 18° C (CUNHA; MARTINS, 2009).

O solo do local é um Latossolo Vermelho distroférico, textura argilosa (CARVALHO et al., 1983; EMBRAPA, 2006) cujas características químicas iniciais se encontram nas Tabelas 2 e 3. O solo apresentava como características 610 g kg⁻¹ de argila, 120 g kg⁻¹ % de areia e 270 g kg⁻¹ de silte, de acordo com análise realizada no Laboratório de Física do Solo do Departamento de Recursos Naturais, área de Ciência do Solo da FCA-UNESP – Botucatu – SP.

Tabela 2. Características químicas do solo na área experimental*.

Profundidade m	pH CaCl ₂	M.O. g dm ⁻³	P_{resina} mg dm ⁻³	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V %
				mmol _c dm ⁻³						
0-0,10	4,9	37	23	40	5,2	37	16	58	98	59
0,10-0,20	4,9	36	14	42	3,3	39	14	57	99	58
0,20-0,30	5,3	29	10	28	2,3	48	15	66	94	70

*Análises realizadas segundo metodologia descrita por Raij e Quaggio (1983), no Laboratório de Fertilidade do Solo do Departamento de Recursos Naturais – Área de Ciência do Solo da FCA-UNESP. Botucatu – SP

Tabela 3. Teores de micronutrientes do solo na área experimental*.

Profundidade m	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	mg dm ⁻³				
0-0,10	0,38	11,4	17	72,2	2,3
0,10-0,20	0,41	12,2	24	90,9	2,8
0,20-0,30	0,38	10,8	14	42,8	1,2

*Análises realizadas segundo metodologia descrita por Camargo et al. (2009), no Laboratório de Fertilidade do Solo do Departamento de Recursos Naturais – Área de Ciência do Solo da FCA-UNESP. Botucatu – SP

Tabela 4. Características físicas do solo na área experimental*.

Profundidade M	Macro ⁽¹⁾	Micro ⁽²⁾	Pt ⁽³⁾	Ds ⁽⁴⁾
	m ³ m ⁻³			m ³ m ⁻³
0-0,10	0,11	0,40	0,51	1,30
0,10-0,20	0,09	0,40	0,49	1,34
0,20-0,30	0,09	0,42	0,51	1,30

⁽¹⁾ Macroporosidade, ⁽²⁾ Microporosidade, ⁽³⁾ Porosidade Total e ⁽⁴⁾ Densidade do Solo.

*Análises realizadas segundo metodologia descrita por Embrapa, 1997, no Laboratório de Física do Solo do Departamento de Recursos Naturais – Área de Ciência do Solo da FCA-UNESP. Botucatu – SP

5.2. Delineamento estatístico e tratamentos

O experimento foi conduzido no delineamento de blocos casualizados, com cinco repetições. Os tratamentos foram constituídos pela combinação de três biofertilizantes (Haf Plus, Haf Alfa e Haf Potassium) e quatro épocas de aplicação (tratamento de semente, estágio V3, estágio V9 e estágio V11). Cada parcela possuía 5,5 metros de comprimento por 3,6 m de largura, sendo a área útil de 8,10 m².

Os tratamentos utilizados estão descritos na Tabela 5.

Tabela 5. Biofertilizantes, doses utilizadas e época de aplicação.

Tratamentos	Dose (ml ha⁻¹)
Controle	0
Plus (semente)	150
Alfa (V3)	200
Potassium (V11)	800
Plus (semente) + Alfa (V3)	150 + 200
Plus (semente) + Alfa (V9)	150 + 200
Plus (semente) + Alfa (V11)	150 + 200
Plus (semente) + Alfa (V3) + Alfa (V8) + Alfa (V11)	150 + 200 + 200 + 200
Plus (semente) + Potassium (V11)	150 + 800
Plus (semente) + Alfa (V3) + Potassium (V11)	150 + 200 + 800
Plus (semente) + Alfa (V9) + Potassium (V11)	150 + 200 + 800
Plus (semente) + Alfa (V11) + Potassium (V11)	150 + 200 + 800

O Haf Plus é um fertilizante composto de boro (0,2% ou 2,4 g l⁻¹), carbono orgânico (14% ou 168 g l⁻¹), cobalto (0,02% ou 0,6 g l⁻¹), cobre (0,05% ou 0,6 g l⁻¹), ferro (0,1% ou 1,2 g l⁻¹), manganês (0,05% ou 0,6 g l⁻¹), molibdênio (0,2% ou 2,4 g l⁻¹), nitrogênio (5% solúvel) e matéria orgânica (25% ou 300 g l⁻¹). Já o Haf Alfa é um fertilizante composto de boro (0,2% ou 2,5 g l⁻¹), carbono orgânico (11% ou 137,5 g l⁻¹), cobalto (0,2% ou 2,5 g l⁻¹), cobre (0,25% ou 3,12 g l⁻¹), enxofre (1,5% ou 18,75 g l⁻¹), manganês (1,5% ou 18 g l⁻¹), zinco (1% ou 12,5 g l⁻¹), nitrogênio (3% solúvel ou 37,5 g l⁻¹) e matéria orgânica (20% ou 250 g l⁻¹). O Haf Potassium é um produto composto apenas por potássio (28% ou 420 g l⁻¹) na forma de hidróxido.

5.3. Instalação e condução do experimento

No dia 11/04/2011 foi realizada a semeadura do híbrido simples 2B707HX da Dow AgroSciences, tratado com Fludioxonil (0,038 g i.a. kg semente⁻¹), metalaxil-m (0,014 g i.a. kg semente⁻¹), pirimifós-metílico (0,015 g i.a. kg semente⁻¹) e deltametrina (0,0015 g i.a. kg semente⁻¹). A semeadora utilizada no experimento era equipada com quatro unidades de semeadura, com mecanismos sulcadores para adubo e sementes do tipo discos duplos defasados. As sementes foram depositadas a 0,05 m de profundidade, com 5 sementes m⁻¹. A adubação de semeadura foi de 300 kg ha⁻¹ da fórmula 8-28-16 + 3,981% de S + 0,300% de Zn para adubação de plantio e 130 kg ha⁻¹ de uréia na adubação de cobertura, parcelados em duas aplicações (V5 e V9).

5.4. Avaliações

5.4.1. Avaliação do sistema radicular

Para coleta de informações das raízes no perfil do solo foi utilizado o Método da Trincheira (JORGE, 1999), que consiste na abertura de trincheiras com o intuito de visualizar e avaliar a distribuição das raízes do milho. A avaliação das raízes consiste em cavar uma trincheira ao lado da planta e remover uma fina camada da parede do perfil, de modo a expor as raízes (BOHM, 1979). A variação do método consiste na filmagem do perfil, onde se encontram as raízes para análise, a partir de imagens digitais (JORGE; CRESTANA, 2007). No centro de todas as parcelas foi aberta uma trincheira paralela à linha de semeadura, com a planta posicionada no centro da mesma, no estágio VT (pendoamento), aos 120 DAP.

Para a avaliação do comprimento (mm), área (mm²) e volume (mm³) das raízes, utilizou-se a técnica de processamento e análise de imagens digitais das raízes, fotografadas em regiões de 10 cm x 10 cm dispostas sobre a parede das trincheiras, abrangendo uma área total de 30 cm de largura por 30 cm de profundidade (Figura 1). O preparo consistiu na limpeza e pintura das raízes com spray branco para posterior filmagem do perfil do solo e das raízes expostas (CRESTANA et al., 1994; JORGE; CRESTANA, 1996).

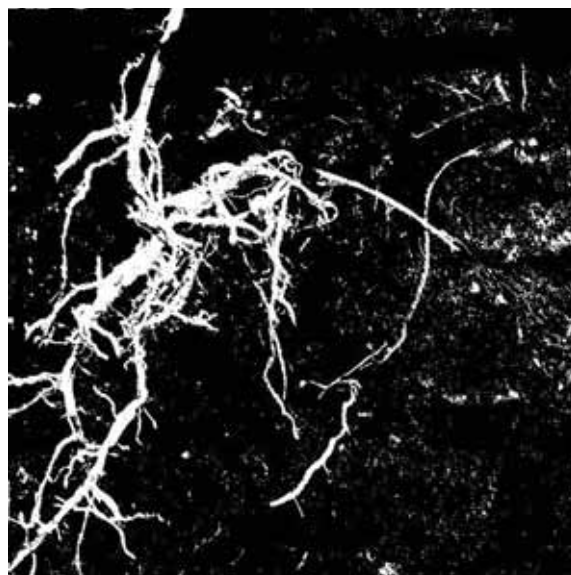


Figura 1. Trincheira para captura de imagens, detalhando as regiões e raízes pintadas.

As imagens obtidas no método de processamento de imagens por meio de uma câmera digital SONY com resolução espacial de 1600 x 1200 pixels e analisadas pelo software SAFIRA, 2010 – Sistema para Análise de Fibras e Raízes – desenvolvido pelo Centro Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento de Instrumentação Agropecuária, da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (CNPDIA/EMBRAPA), em São Carlos, SP (JORGE; RODRIGUES, 2008).



A. Imagem retocada

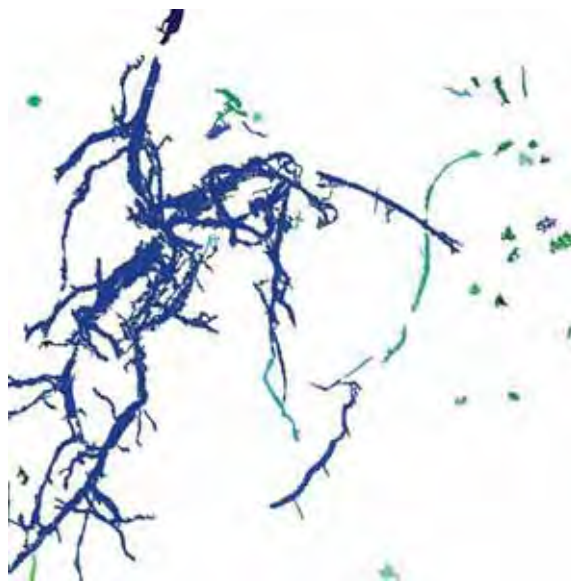


B. Limiarização manual

Figura 2. Primeira e segunda etapa da análise de imagens pelo software SAFIRA.

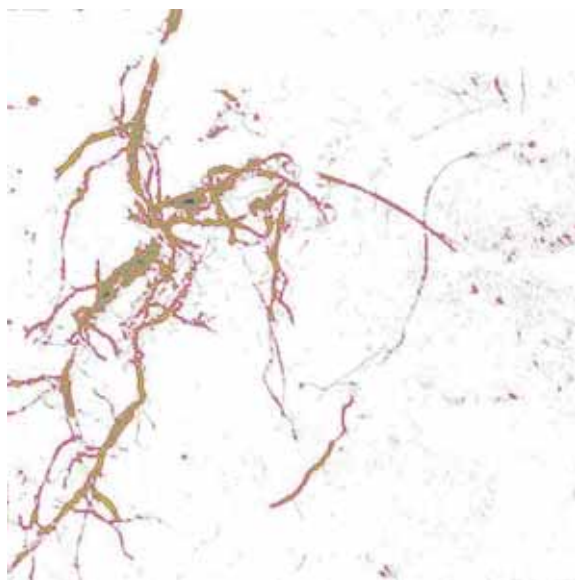


A. Inverter cores



B. Imagem segmentada

Figura 3. Terceira e quarta etapa da análise de imagens pelo software SAFIRA.

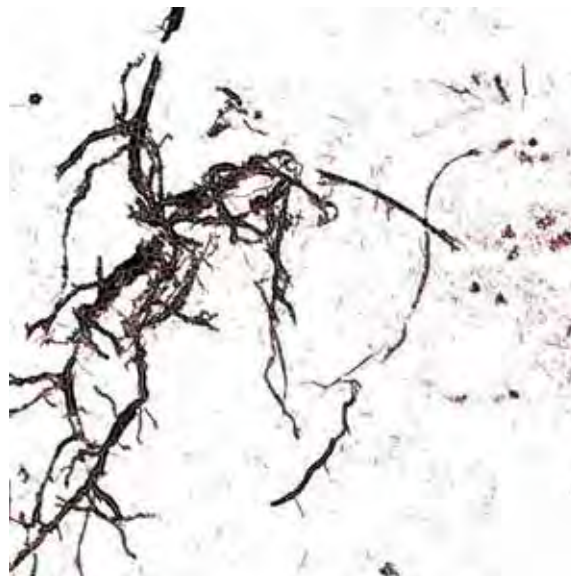


A. Transformada de distância



B. Esqueleto

Figura 4. Quinta e sexta etapa da análise de imagens pelo software SAFIRA.



Esqueleto Colorido

Figura 5. Sétima etapa da análise de imagens pelo software SAFIRA.



Análise dos dados

Figura 6. Oitava etapa da análise de imagens pelo software SAFIRA.

Quanto ao cubo volumétrico, as amostras foram coletadas cravando-se, no perfil do solo, cubos de 10 cm³ (10 x 10 x 10) na mesma trincheira utilizada para o

processamento de imagens, sendo retiradas 9 amostras, com uma amostra por região de 10 x 10 cm, abrangendo a mesma área total de 30 cm de largura por 30 cm de profundidade (Figura 7). As porções da raiz serão separadas das porções de solo e levadas à estufa para a determinação da matéria seca.



Figura 7. Coletas de raízes na primeira camada (0-0,1 m) com cubo volumétrico.

5.4.2. Avaliação da densidade do solo, macro, micro e porosidade total

Uma segunda trincheira foi aberta nas parcelas com o intuito de coletar amostras indeformadas para determinação da densidade do solo, macro, micro e porosidade total, em intervalos de 10 cm, até a profundidade de 30 cm (Figura 8). As análises foram feitas no laboratório de Física de Solo, da Faculdade de Ciências Agronômicas (FCA) da UNESP de Botucatu, utilizando-se o método do anel volumétrico, segundo metodologia da Embrapa (1997).

O método consiste em retirar uma porção de solo com sua estrutura natural, obtida com auxílio de um anel metálico e de bordas cortantes, o qual é introduzido no solo, com auxílio de um “castelo” (Figura 8), sendo retirado cuidadosamente para que a amostra não sofra alterações. Com um instrumento cortante, elimina-se o excesso de terra de ambas as faces do anel. No laboratório o anel é saturado com água para determinação da porosidade do solo pela mesa de tensão. Em seguida é colocado em estufa a 105°C por 24 horas para obtenção da densidade do solo (EMBRAPA, 1997).



Figura 8. Coleta de anéis para análise física do solo na primeira camada (0-0,1 m).

5.4.3. Diagnose nutricional

Para a análise foliar de macro e micronutrientes foram coletadas cinco folhas por parcela, no estágio de crescimento da planta anterior ao florescimento (V12). A folha utilizada foi a oposta e abaixo da primeira espiga. As amostragens de teor de clorofila na folha foram realizadas concomitantes às amostras para análises químicas (Figura 9).



Figura 9. Identificação do teor de clorofila em folhas de milho.

A análise química realizada para determinação da concentração de nutrientes seguiu a metodologia descrita por Malavolta et al. (1997).

5.4.4. Componentes biométricos

A avaliação de comprimento da planta (CP), o diâmetro do segundo colmo acima do solo (DP) e a altura de inserção da primeira espiga (AE), foi realizada no estádio VT, na área útil das parcelas (Figura 10A). O comprimento médio da espiga (CE), diâmetro médio da espiga (DE), número de fileiras por espiga (NF), número de grãos por espiga (NG), massa de 100 grãos (M100) e rendimento de grãos (RG) foram determinados por ocasião da colheita, em toda a área experimental, após a maturação fisiológica dos grãos (R6) (Figura 10B).

a) Comprimento de planta (cm)

Os dados foram obtidos para dez plantas medindo-se, com o auxílio de uma trena graduada, entre a inserção da folha bandeira e o nível do solo.

b) Diâmetro do colmo (mm)

A avaliação foi feita com paquímetro digital, no segundo entrenó, contado a partir do nível do solo, amostrando-se ao acaso dez plantas por parcela.

c) Altura da espiga (mm)

A medição foi obtida entre a inserção da espiga e o nível do solo, feita com trena graduada, sendo amostradas dez plantas por parcela.

d) Comprimento médio da espiga (mm)

A medida foi obtida entre a inserção e a extremidade da espiga sem palha, feita com paquímetro digital e sendo amostradas cinco espigas por parcela.

e) Diâmetro médio da espiga (mm)

A mensuração foi realizada na parte mediana de cinco espigas sem a palha de cada parcela, utilizando-se um paquímetro digital.

f) Número de fileiras por espiga

A determinação consistiu pela contagem de fileiras de grãos no sentido longitudinal da espiga. O procedimento foi repetido para cinco espigas de cada parcela.

g) Número de grãos por espiga

A determinação constituiu da contagem de todos os grãos da espiga, amostrando-se cinco espigas por parcela.

h) Massa de 100 grãos (g)

A determinação contou da pesagem de 100 grãos, coletados ao acaso, para cinco repetições por parcela.

i) Rendimento de grãos (kg ha^{-1})

A avaliação foi feita por ocasião da colheita, 160 dias após o plantio, pesando-se o material coletado dentro da área útil de cada parcela e transformando-se os dados obtidos em kg ha^{-1} , debulhando-se as espigas para determinação da massa de grãos, considerando a umidade padrão de 13%.



A. Estádio VT (pendoamento)



B. Estádio R6 (maturidade fisiológica)

Figura 10. Estádio vegetativo e reprodutivo de efetuação das avaliações.

5.5. Análise dos resultados

Os dados de massa seca, comprimento, área e volume das raízes foram submetidos à análise de variância, adotando-se o modelo experimental inteiramente ao acaso em parcelas subdivididas, considerando-se as três profundidades como subparcelas de cada repetição dos tratamentos. Em virtude da alta variabilidade dos dados, esses foram previamente transformados para $x = \sqrt{x+1}$, para posterior análise. Depois as médias comparadas pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Os resultados biométricos e de diagnose foliar, além das propriedades físicas do solo, foram submetidos à análise de variância pelo teste f, e as médias comparadas

pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade de modo a estudar o efeito do fertilizante organomineral sobre as características agronômicas do milho. Os estudos estatísticos seguiram procedimentos descritos por Gomes (1990).

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os teores foliares de macronutrientes das plantas de milho em V12 contam apresentados na Tabela 6.

Tabela 6. Teores foliares de macronutrientes aos noventa dias após o plantio, em função dos tratamentos com fertilizante organomineral foliar.

Tratamentos	Nitrogênio	Fósforo	Potássio	Cálcio	Magnésio	Enxofre
	g kg ⁻¹					
Controle	23,85	1,61 b	19,25	6,85	2,98	1,89
Plus (TS)	24,41	1,59 b	19,30	6,13	2,35	1,93
Alfa (V3)	22,42	1,49 b	18,60	6,93	2,80	1,86
Potassium (V11)	23,73	1,67 b	19,53	6,73	2,48	1,96
Plus + Alfa (V3)	24,90	1,94 a	19,45	6,38	2,75	1,89
Plus + Alfa (V9)	21,54	1,84 a	19,55	6,75	2,53	1,89
Plus + Alfa (V11)	22,31	1,74 a	19,80	6,70	2,73	1,96
Plus + Alfa (V3 + V9 + V11)	23,75	1,79 a	19,45	6,70	2,68	1,92
Plus + Potassium	23,75	1,83 a	19,48	6,33	2,73	1,90
Plus + Alfa (V3) + Potassium	23,68	1,84 a	19,98	5,98	2,63	1,98
Plus + Alfa (V9) + Potassium	22,70	1,75 a	18,58	6,70	2,63	1,89
Plus + Alfa (V11)+Potassium	23,91	1,82 a	19,05	6,30	2,90	1,97
CV (%)	10,31	8,83	10,31	9,36	13,68	3,14

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Um dos períodos críticos da exigência nutricional da cultura do milho é durante o desenvolvimento vegetativo (V12 a V18), com maior taxa diária de absorção de elementos e maior acúmulo de matéria seca, quando o número potencial de grãos está sendo

definido (KARLEN et al., 1987). A análises estatísticas para os teores foliares de macronutrientes (Tabela 6) mostraram que não houve diferença significativa para N, K, Ca, Mg e S entre os tratamentos analisados. Para os teores de fósforo, os tratamentos onde não ocorreu combinação dos produtos, não diferiram significativamente do Controle, sendo que os demais apresentaram maior teor de fósforo nas folhas. Segundo Grant et al. (2001), o suprimento adequado de fósforo é essencial desde os estádios iniciais de crescimento da planta e está diretamente relacionado com a produtividade.

Os bioativadores tem efeito sobre hormônios vegetais que desempenham um papel importante no controle do desenvolvimento de componentes relacionados ao crescimento da planta (CATO, 2006). Em razão da composição, concentração e proporção das substâncias presentes nos fertilizantes organominerais, eles podem atuar no incremento do crescimento vegetal através de uma maior divisão, alongação e diferenciação celular e dessa forma, estimulando o aumento da capacidade de absorção de nutrientes e água (STOLLER DO BRASIL, 1998).

Na Tabela 7 são apresentados os teores foliares de micronutrientes das plantas de milho em V12, (90 DAP), após a aplicação de fertilizante organomineral.

Tabela 7. Teores foliares de micronutrientes aos noventa dias após o plantio, em função dos tratamentos com fertilizante organomineral foliar.

Tratamentos	Boro	Cobre	Ferro	Manganês	Zinco
	mg kg ⁻¹				
Controle	33,99 a	13,25 a	185,25	38,00	13,75
Plus (TS)	36,42 a	13,00 a	184,25	36,25	14,75
Alfa (V3)	34,36 a	11,00 b	208,00	40,75	14,25
Potassium (V11)	31,45 b	11,25 b	182,50	36,00	16,00
Plus + Alfa (V3)	28,86 b	10,50 b	203,50	36,25	15,25
Plus + Alfa (V9)	30,34 b	8,25 c	215,25	39,00	14,75
Plus + Alfa (V11)	30,34 b	7,00 c	223,00	43,7	14,25
Plus + Alfa (V3 + V9 + V11)	30,78 b	7,75 c	188,25	39,75	15,25
Plus + Potassium	30,10 b	7,00 c	182,50	41,00	15,25
Plus + Alfa (V3) + Potassium	28,92 b	7,25 c	178,25	34,00	15,00
Plus + Alfa (V9) + Potassium	28,30 b	6,75 c	183,50	39,75	14,25
Plus + Alfa (V11) + Potassium	25,71 b	5,25 c	196,50	37,25	14,25
CV (%)	7,25	15,20	12,45	14,14	9,92

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Constata-se que não houve diferença significativa para Fe, Mn e Zn entre os tratamentos analisados. O teor de boro nas folhas de milho, nos tratamentos onde os fertilizantes foram aplicados em combinação, pode estar relacionado com a aplicação de potássio em algum destes, uma vez que Woodruff et al. (1987) evidenciaram a necessidade de boro em função do aumento das doses de potássio aplicadas na cultura do milho para evitar redução na produção, indicando efeito da interação boro e potássio sobre a produção de milho. Já o menor teor de cobre, em alguns tratamentos, provavelmente é tanto pela aplicação via foliar (Alfa) de zinco, quanto de boro. Alguns autores encontraram maiores teores de cobre nas folhas de milho sem a aplicação de zinco devido à inibição competitiva entre os dois nutrientes (GALRÃO; MESQUITA FILHO, 1981; SOUZA et al., 1985). Jamami (2001) encontrou teores foliares de cobre significativamente menores no tratamento com maior dose de boro, quando comparado ao tratamento que não recebeu boro.

Os teores foliares de cobre e de ferro encontrados neste experimento estão dentro do limite citado por Malavolta et al. (1997) e Büll (1993), ou seja, os valores normais de ocorrência de cobre em folhas de milho variam de 6 mg kg^{-1} a 20 mg kg^{-1} e de ferro de 50 mg kg^{-1} a 250 mg kg^{-1} . Já para os valores de manganês, apenas o tratamento Plus + Alfa (V11) apresentou valor dentro do limite crítico que é de 42 mg kg^{-1} a 150 mg kg^{-1} . No caso do zinco, os tratamentos Plus + Alfa (V3), Plus + Alfa (V3 + V9 + V11), Plus + Potassium, Plus + Alfa (V3) + Potassium foram os únicos a apresentarem teores foliares adequados para a cultura do milho, que tem amplitude de 15 mg kg^{-1} a 50 mg kg^{-1} .

Segundo Büll (1993), o nível crítico de boro em folhas de milho tem sido relatado para uma amplitude de 15 a 20 mg kg^{-1} . Dentro deste contexto, todos os tratamentos apresentaram valores superiores ao nível máximo crítico deste nutriente. A ocorrência de toxidez de boro normalmente está associada a solos com problemas de salinidade, em regiões áridas. Plantas cultivadas em solos agrícolas, em geral apresentam toxidez se houver sido adicionado, em excesso, algum composto com boro em sua composição (GUPTA, 1993). Para Lima et al. (2007), que cultivaram milho em ambiente protegido, utilizando amostras de dez solos, os teores de boro só apresentaram toxicidade em níveis acima de $43,3 \text{ mg dm}^{-3}$.

Os resultados para teores foliares de clorofila em V12 podem ser observados na Tabela 8.

Tabela 8. Teores de clorofila aos noventa dias após o plantio, em função dos tratamentos com fertilizante organomineral foliar.

Tratamentos	Clorofila A	Clorofila B	Clorofila Total
	$\mu\text{mol m}^{-2}$		
Controle	299,75	107,00	406,75
Plus (TS)	310,75	113,20	423,95
Alfa (V3)	296,70	107,85	404,55
Potassium (V11)	298,40	104,75	403,15
Plus + Alfa (V3)	305,10	116,20	421,30
Plus + Alfa (V9)	297,40	103,70	401,10
Plus + Alfa (V11)	316,40	119,45	435,85
Plus + Alfa (V3 + V9 + V11)	310,15	111,90	422,05
Plus + Potassium	296,60	104,50	401,10
Plus + Alfa (V3) + Potassium	304,60	113,00	417,60
Plus + Alfa (V9) + Potassium	301,00	114,20	415,20
Plus + Alfa (V11) + Potassium	312,20	114,10	426,30
CV (%)	6,70	15,01	8,78

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Das variáveis em que há possibilidade de correlação com o conteúdo de clorofila no tecido foliar, pode se destacar a atividade fotossintética, o conteúdo de proteínas e carboidratos solúveis, de N total e micronutrientes existentes nas folhas (ZOTARELLI et al., 2003). Por esta razão, o clorofiLog foi usado para medir a quantidade de radiação transmitida através das folhas, em três diferentes comprimentos de onda (dois na faixa do vermelho, próximos aos picos de absorção da clorofila e um no infravermelho próximo). A combinação destes valores de transmitâncias nestes três comprimentos de onda gera o ICF – Índice de Clorofila Falker. Essa medição é eficiente pela vantagem da simplicidade no uso, além da avaliação não-destrutiva do tecido foliar (ARGENTA et al., 2001). A aplicação de fertilizante organomineral em tratamento de semente e foliar não proporcionou diferença significativa quanto ao teor de clorofila A, B e Total (Tabela 8).

Os valores dos componentes biométricos (comprimento de planta - CP, diâmetro do segundo colmo acima do solo - DP, altura de inserção da primeira espiga - AE e rendimento de grãos - RG) são apresentados na Tabela 8.

Tabela 9. Componentes biométricos e rendimento de grãos, em função dos tratamentos com fertilizante organomineral foliar.

Tratamentos	CP ⁽¹⁾	DP ⁽²⁾	AE ⁽³⁾	RG ⁽⁴⁾
	m	mm	m	kg ha ⁻¹
Controle	1,56	17,68	0,64	4847,52
Plus (TS)	1,58	17,33	0,64	5299,75
Alfa (V3)	1,53	17,68	0,64	4281,59
Potassium (V11)	1,61	17,54	0,65	4986,97
Plus + Alfa (V3)	1,55	17,65	0,62	4849,91
Plus + Alfa (V9)	1,53	17,00	0,63	5214,03
Plus + Alfa (V11)	1,54	17,43	0,64	4834,42
Plus + Alfa (V3 + V9 + V11)	1,59	17,36	0,67	4952,42
Plus + Potassium	1,59	17,55	0,64	5481,56
Plus + Alfa (V3) + Potassium	1,53	17,34	0,63	5152,41
Plus + Alfa (V9) + Potassium	1,53	17,55	0,67	5217,20
Plus + Alfa (V11) + Potassium	1,57	18,36	0,64	5210,93
CV (%)	4,36	3,57	5,92	12,26

⁽¹⁾ Comprimento da Planta, ⁽²⁾ Diâmetro do Segundo Colmo Acima do Solo, ⁽³⁾ Altura de Inserção da Primeira Espiga e ⁽⁴⁾ Rendimento de Grãos.

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade.

A aplicação de fertilizante organomineral não proporcionou efeito significativo sobre o comprimento da planta, o diâmetro da planta, a altura de inserção da espiga e o rendimento de grãos para a cultura do milho, nas condições em que foi realizado o ensaio (Tabela 9). Resultados semelhantes foram observados por Ferreira et al. (2007), trabalhando com bioativadores em tratamento de sementes e via foliar na cultura do milho e por Dário e Baltieri (1998) que avaliaram a eficiência de regulador vegetal na cultura do milho. Gonçalves e Simonetti (2011) não encontraram diferença significativa para comprimento de planta e altura de inserção da espiga com a aplicação de doses de fertilizante, via tratamento de semente e foliar.

A Tabela 10 apresenta os dados dos componentes biométricos (comprimento de espiga - CE, diâmetro da espiga - DE, número de fileiras por espiga - NF, número de grãos por espiga - NG e massa de cem grãos - P100) por ocasião da aplicação de fertilizante organomineral.

Tabela 10. Componentes biométricos, em função dos tratamentos com fertilizante organomineral foliar.

Tratamentos	CE ⁽¹⁾	DE ⁽²⁾	NF ⁽³⁾	NG ⁽⁴⁾	M100 ⁽⁵⁾
	cm	cm			g
Controle	13,51 d	4,32 d	16,38 b	375,69 c	23,72 b
Plus (TS)	15,50 a	4,68 a	16,75 a	498,18 a	33,29 a
Alfa (V3)	13,59 d	4,37 d	15,90 b	452,14 b	24,30 b
Potassium (V11)	13,59 d	4,43 c	16,10 b	459,96 b	25,35 b
Plus + Alfa (V3)	15,37 a	4,63 a	16,60 a	481,54 a	30,49 a
Plus + Alfa (V9)	14,89 b	4,63 a	17,15 a	486,80 a	36,36 a
Plus + Alfa (V11)	14,49 c	4,60 a	16,28 b	459,39 b	31,03 a
Plus + Alfa (V3 + V9 + V11)	14,88 b	4,64 a	16,78 a	492,59 a	29,40 a
Plus + Potassium	15,68 a	4,68 a	17,00 a	511,76 a	30,35 a
Plus + Alfa (V3) + Potassium	14,73 b	4,50 b	16,90 a	496,76 a	29,42 a
Plus + Alfa (V9) + Potassium	15,27 a	4,65 a	17,07 a	506,50 a	32,01 a
Plus + Alfa (V11) + Potassium	14,37 c	4,64 a	16,53 b	493,67 a	29,84 a
CV (%)	2,50	1,08	3,04	6,03	11,11

⁽¹⁾ Comprimento da Espiga, ⁽²⁾ Diâmetro da Espiga, ⁽³⁾ Número de Fileiras por espiga, ⁽⁴⁾ Número de Grãos por Espiga e ⁽⁵⁾ Massa de 100 grãos.

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Os tratamentos Plus (TS), Plus + Alfa (V3), Plus + Potassium e Plus + Alfa (V9) + Potassium apresentaram os maiores valores para CE, apresentando cerca de 2 cm a mais do que o tratamento Controle.

Com relação ao componente diâmetro da espiga, com exceção do tratamento Alfa (V3) que não diferiu do Controle, e dos tratamentos Potassium (V11), Plus + Alfa (V3) + Potassium, todos os demais tratamentos apresentaram valores entre 4,60 e 4,68. Castoldi et al. (2011), trabalhando com três adubações, mineral, orgânica e organomineral, não encontraram diferença estatística para CE, DE.

Quanto ao NF, apenas 4 tratamentos (Alfa (V3), Potassium (V11), Plus + Alfa (V11) e Plus + Alfa (V11) + Potassium) não diferiram do tratamento Controle, sendo todos os outros superiores. Gonçalves (2011) também encontrou diferença significativa para CE e NF quando aplicou em ambiente protegido, doses de fertilizante via tratamento de semente e foliar na cultura do milho.

Dos tratamentos analisados, apenas três (Alfa (V3), Potassium (V11), Plus + Alfa (V11)) não estiveram entre as melhores médias para NG, contudo ainda assim foram superiores ao tratamento Controle. Apesar de não apresentar diferença significativa para

rendimento de grãos, os valores alcançados pelos diferentes tratamentos mostraram semelhança com o NG. Isso ocorre porque o NG espiga⁻¹ é um parâmetro fundamental para o rendimento da cultura (BORTOLINI et al., 2001), influenciado, conseqüentemente, pelo CE.

Castoldi et al. (2011) encontraram diferenças para NG, quando aplicaram diferentes adubações (mineral, orgânica e organomineral) na cultura do milho, sendo que a adubação organomineral não apresentou diferença da orgânica, mas não encontraram diferença para massa de grãos.

Dourado Neto et al. (2004b), utilizando bioestimulante via semente e foliar em plantas de milho, encontraram diferença significativa para NG, mas não para M1000.

A massa dos grãos pode ser afetada significativamente por qualquer tipo de estresse, de natureza biótica ou abiótica, no qual a planta seja submetida após o florescimento, por isso é um importante componente de produtividade de grãos (FANCELLI; DOURADO NETO, 2000). Para M100, os tratamentos Alfa (V3) e Potassium (V11) não diferiram do tratamento Controle (23,72g), fato que pode ser explicado pelo maior teor de boro nas folhas destes tratamentos, em relação aos demais, uma vez que a deficiência ou a fitotoxidez provocada por algum elemento poderá reduzir a massa de grãos das plantas de milho (DOURADO NETO et al., 2004a).

Apesar de não apresentar sintomas visuais de toxidez de boro, como queima das folhas, ou seja, clorose e necrose nas bordas e pontas das folhas mais velhas (NABLE et al., 1997), os tratamentos que apresentaram menores valores para CE, DE, NF, NG, M100, são os que apresentaram maiores teores de boro nas folhas (Controle, Alfa (V3), Potassium (V11)).

A superioridade do tratamento Plus (TS) em relação aos demais e sua semelhança estatística com os tratamentos Plus + Alfa (V3), Plus + Potassium e Plus + Alfa (V9) + Potassium, pode ser explicada pela época de aplicação do mesmo, uma vez que entre as vantagens dos fertilizantes organominerais estão germinação mais rápida e emergência mais uniforme, promoção da síntese de precursores de hormônios nas plantas e ativação da flora microbiana, melhorando as condições do solo no nível de rizosfera. Os tratamentos com Alfa e Potassium não diferiram do Controle para nenhum componente biométrico, sendo que só houve resposta significativa na combinação com Plus e entre si.

Os resultados de macroporosidade, nas três profundidades avaliadas (0-0,10 m; 0,10-0,20 m; 0,20-0,30 m), constam na Tabela 11.

Tabela 11. Macroporosidade para as três profundidades avaliadas, em função dos tratamentos com fertilizante organomineral.

Tratamentos	Macroporosidade			Média
	0-0,10 m	0,10-0,20 m	0,20-0,30 m	
	$\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$			
Controle	0,11	0,09	0,09	0,10
Plus (TS)	0,10	0,09	0,10	0,10
Alfa (V3)	0,11	0,11	0,09	0,10
Potassium (V11)	0,11	0,09	0,10	0,10
Plus + Alfa (V3)	0,11	0,10	0,10	0,10
Plus + Alfa (V9)	0,10	0,10	0,09	0,10
Plus + Alfa (V11)	0,11	0,10	0,09	0,10
Plus + Alfa (V3 + V9 + V11)	0,11	0,10	0,10	0,10
Plus + Potassium (V11)	0,11	0,10	0,08	0,10
Plus + Alfa (V3) + Potassium	0,10	0,11	0,09	0,10
Plus + Alfa (V9) + Potassium	0,10	0,10	0,09	0,10
Plus + Alfa (V11) + Potassium	0,10	0,10	0,10	0,10
Médias	0,10 A	0,09 B	0,09 B	

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade. CV de 15,10%.

Não houve interação significativa entre os tratamentos com fertilizantes organomineral e a macroporosidade do solo, nas três profundidades avaliadas, bem como não houve diferença para macroporosidade, entre os tratamentos avaliados. Como não houve interação, o teste de médias foi aplicado somente sobre as médias dos tratamentos e das profundidades. A camada superficial apresentou maior macroporosidade, fato promovido pelo sistema no qual foi instalado o experimento (plantio direto), e não em virtude da aplicação do fertilizante organomineral. Esses resultados corroboram com Dao (1996) que afirma que a conservação de resíduos vegetais sobre a superfície do solo colabora para uma maior macroporosidade na camada superficial em solos sob cultivos conservacionistas. O sistema plantio direto permite acúmulo de resíduos vegetais na superfície do solo, além do enriquecimento de matéria orgânica do solo (BAYER et al., 2000; AMADO et al., 2001).

Cardoso et al. (2006), estudando dois sistemas de plantio direto (compactado e não compactado), observaram valores maiores de macroporosidade na camada

superficial de um Latossolo Vermelho distroférico, textura muito argilosa (787 g kg⁻¹ de argila, 45 g kg⁻¹ de areia e 168 g kg⁻¹ de silte) com diferença apenas para o sistema não compactado.

A Tabela 12 contém os dados de microporosidade nas três profundidades avaliadas (0-0,10 m; 0,10-0,20 m; 0,20-0,30 m).

Tabela 12. Microporosidade para as três profundidades avaliadas, em função dos tratamentos com fertilizante organomineral.

Tratamentos	Microporosidade			Média
	0-0,10 m	0,10-0,20 m	0,20-0,30 m	
	m ³ m ⁻³			
Controle	0,40	0,40	0,45	0,42
Plus (TS)	0,41	0,41	0,45	0,42
Alfa (V3)	0,38	0,40	0,43	0,40
Potassium (V11)	0,41	0,40	0,42	0,41
Plus + Alfa (V3)	0,41	0,43	0,43	0,42
Plus + Alfa (V9)	0,42	0,41	0,43	0,42
Plus + Alfa (V11)	0,41	0,41	0,42	0,41
Plus + Alfa (V3 + V9 + V11)	0,41	0,40	0,42	0,41
Plus + Potassium (V11)	0,40	0,42	0,44	0,42
Plus + Alfa (V3) + Potassium	0,41	0,40	0,42	0,41
Plus + Alfa (V9) + Potassium	0,41	0,41	0,43	0,42
Plus + Alfa (V11) + Potassium	0,41	0,42	0,42	0,41
Média	0,41 B	0,41 B	0,43 A	

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade. CV de 5,09%.

A microporosidade também não apresentou interação com os tratamentos utilizados neste experimento. Mas, em contrapartida com a macroporosidade, a microporosidade, quando analisadas as médias, foi maior na camada mais profunda (0,2-0,3m). Bertol et al. (2000) também encontraram, em sistema plantio direto, maiores valores de microporosidade nas camadas mais profundas (0,44 m³ m⁻³) em Terra Bruna estruturada (590 g kg⁻¹ de argila, 50 g kg⁻¹ de areia e 360 g kg⁻¹ de silte).

A tabela 13 apresenta os dados de porosidade total, para as três profundidades (0-0,10 m; 0,10-0,20 m; 0,20-0,30 m) analisadas.

Tabela 13. Porosidade total para as três profundidades avaliadas, em função dos tratamentos com fertilizante organomineral.

Tratamentos	Porosidade Total			Média
	0-0,10 m	0,10-0,20 m	0,20-0,30 m	
	$\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$			
Controle	0,51	0,49	0,54	0,51
Plus (TS)	0,51	0,50	0,55	0,52
Alfa (V3)	0,49	0,50	0,52	0,50
Potassium (V11)	0,52	0,49	0,51	0,51
Plus + Alfa (V3)	0,51	0,52	0,53	0,52
Plus + Alfa (V9)	0,52	0,51	0,52	0,52
Plus + Alfa (V11)	0,52	0,51	0,51	0,51
Plus + Alfa (V3 + V9 + V11)	0,52	0,50	0,52	0,51
Plus + Potassium (V11)	0,50	0,51	0,53	0,51
Plus + Alfa (V3) + Potassium	0,51	0,51	0,51	0,51
Plus + Alfa (V9) + Potassium	0,51	0,51	0,52	0,51
Plus + Alfa (V11) + Potassium	0,51	0,52	0,51	0,51
Média	0,51 B	0,50 B	0,52 A	

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade. CV de 4,67%.

A porosidade total do solo apresentou valores em torno de $0,50 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ para todos os tratamentos. De acordo com Camargo e Alleoni (1997), um solo com 50% de poros totais é considerado ideal, havendo a possibilidade de que 33,5% dos poros serem ocupados pela água e 16,5% pelo ar, quando o mesmo se encontrar na capacidade de campo. Pauletto et al. (2005) não encontraram valores de porosidade total acima de $0,43 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ em plantio direto, valor este que era esperado, uma vez que o experimento foi conduzido por três anos. Em geral, encontra-se menor porosidade total nos primeiros anos em sistemas com plantio direto, aumentando-se à medida que o sistema se estabelece (DA ROS et al., 1997).

A Tabela 14 indica a densidade do solo nas três profundidades avaliadas (0-0,10 m; 0,10-0,20 m; 0,20-0,30 m).

A densidade do solo também não apresentou interação com os tratamentos utilizados. Segundo Cubilla et al. (2002), o sistema radicular das plantas não promove alteração significativa sobre a densidade do solo. É possível constatar que para nenhuma das profundidades e dos tratamentos avaliados foram encontrados valores acima de $1,40 \text{ Mg m}^{-3}$, que são considerados por Arshad et al. (1996) como restritivos ao crescimento radicular em solos argilosos, tal qual o encontrado no experimento.

Tabela 14. Densidade do solo para as três profundidades avaliadas, em função dos tratamentos com fertilizante organomineral.

Tratamento	Densidade do Solo			Média
	0-0,10 m	0,10-0,20 m	0,20-0,30 m	
	Mg dm ⁻³			
Controle	1,20	1,33	1,33	1,28
Plus (TS)	1,31	1,35	1,25	1,30
Alfa (V3)	1,21	1,24	1,29	1,24
Potassium (V11)	1,34	1,28	1,29	1,30
Plus + Alfa (V3)	1,26	1,33	1,29	1,29
Plus + Alfa (V9)	1,32	1,32	1,29	1,31
Plus + Alfa (V11)	1,28	1,33	1,30	1,30
Plus + Alfa (V3 + V9 + V11)	1,27	1,38	1,31	1,32
Plus + Potassium (V11)	1,29	1,33	1,28	1,30
Plus + Alfa (V3) + Potassium	1,27	1,32	1,32	1,30
Plus + Alfa (V9) + Potassium	1,33	1,39	1,30	1,34
Plus + Alfa (V11) + Potassium	1,31	1,30	1,34	1,32
Médias	1,28 B	1,32 A	1,30 B	

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade. CV de 4,82%.

Beutler et al. (2001) não encontraram, para Latossolo Vermelho distrófico, textura argilosa (582 g kg⁻¹ de argila, 234 g kg⁻¹ de areia e 184 g kg⁻¹ de silte), valores acima de 1,40 Mg m⁻³, em cultivos submetidos a plantio direto.

Os resultados obtidos de massa seca de raízes de milho com o uso de fertilizante organomineral, aplicado via tratamento de sementes e foliar, são apresentados na Tabela 15.

Não houve diferença significativa para os valores de massa seca para cada camada, tampouco para cada tratamento nas diferentes camadas. Apenas para a média houve diferença significativa para as três profundidades avaliadas e para os tratamentos com fertilizante organomineral. Quando se compara as médias de todas as regiões, observa-se que os tratamentos Plus (TS), Plus + Alfa (V3), Plus + Alfa (V9), Plus + Potassium (V11) e Plus + Alfa (V9) + Potassium são os que apresentaram as maiores médias. Essa resposta se dá pela presença do Plus que, aplicado em tratamento de semente, promove um enraizamento mais rápido e agressivo, aumentando o sistema radicular e proporcionando um melhor aproveitamento da umidade do solo por ocasião da semeadura e uma melhor instalação dos cultivos.

Tabela 15. Massa seca de raízes de milho nas três profundidades de análise.

Tratamentos	Massa Seca de Raízes			Média
	0-0,10 m	0,10-0,20 m	0,20-0,30 m	
	*g			
Controle	1,42	1,28	1,08	1,26 b
Plus (TS)	1,77	1,40	1,15	1,44 a
Alfa (V3)	1,50	1,21	1,05	1,25 b
Potassium (V11)	1,47	1,20	1,05	1,24 b
Plus + Alfa (V3)	1,68	1,26	1,10	1,35 a
Plus + Alfa (V9)	1,66	1,26	1,11	1,34 a
Plus + Alfa (V11)	1,55	1,22	1,04	1,27 b
Plus + Alfa (V3 + V9 + V11)	1,56	1,25	1,08	1,30 b
Plus + Potassium (V11)	1,81	1,33	1,13	1,43 a
Plus + Alfa (V3) + Potassium	1,59	1,23	1,07	1,30 b
Plus + Alfa (V9) + Potassium	1,83	1,34	1,12	1,43 a
Plus + Alfa (V11) + Potassium	1,61	1,29	1,06	1,32 b
Média	1,62 A	1,27 B	1,09 C	

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si, minúscula na coluna e maiúscula na linha, pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade. CV de 13,59% para os tratamentos e de 12,45% para as profundidades.

* Dados transformados.

Constata-se, também, que dentre os componentes biométricos avaliados (CE, DE, NF, NG e P100), os mesmos tratamentos estão entre os que mostraram as maiores médias. Isso se deve ao fato de que a aplicação do fertilizante organomineral estimula o crescimento vegetal, pois contribui para uma maior divisão, alongação e diferenciação celular e, dessa forma, estimula o aumento da capacidade de absorção de nutrientes e água (STOLLER DO BRASIL, 1998), sendo que esses fatores influenciam no desenvolvimento (germinação de sementes, floração, frutificação, senescência) e no incremento na produtividade das culturas (CASTRO; VIEIRA, 2003).

Ferreira et al. (2007), aplicando bioestimulantes em sementes de milho, encontraram diferença significativa para produtividade para massa seca de raízes e Klahold (2005) verificou que a aplicação de bioestimulante via semente e foliar promoveu resultados positivos sobre a massa seca de raízes de soja.

Na Tabela 16 são apresentados os valores de comprimento de raízes para cada uma das três profundidades avaliadas.

Tabela 16. Comprimento de raízes de milho nas três profundidades de avaliação.

Tratamentos	Comprimento de Raízes						Média
	0-0,10 m	0,10-0,20 m	0,20-0,30 m	*mm			
Controle	77,01	A	73,73	bA	59,39	A	70,04
Plus (TS)	91,37	A	90,83	aA	62,75	B	81,65
Alfa (V3)	69,41	A	73,36	bA	58,35	A	67,04
Potassium (V11)	86,79	A	88,91	aA	61,31	B	79,00
Plus + Alfa (V3)	87,02	A	52,19	bA	77,12	B	72,11
Plus + Alfa (V9)	88,05	A	88,88	aA	58,94	B	78,62
Plus + Alfa (V11)	77,74	A	75,03	bA	59,26	A	70,68
Plus + Alfa (V3 + V9 + V11)	83,62	A	84,93	aA	53,24	B	73,93
Plus + Potassium (V11)	91,01	A	93,33	aA	65,98	B	83,44
Plus + Alfa (V3) + Potassium	83,78	A	87,32	aA	59,21	B	76,77
Plus + Alfa (V9) + Potassium	92,79	A	92,84	aA	50,56	B	78,73
Plus + Alfa (V11) + Potassium	82,99	A	86,83	aA	60,18	B	76,67
Média	84,30	A	82,35	A	60,52	B	

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si, minúscula na coluna e maiúscula na linha, pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade. CV de 19,14% para os tratamentos e de 18,31% para as profundidades.

* Dados transformados.

Para os dados de comprimento de raízes, houve interação entre os tratamentos e as regiões avaliadas. Nenhum dos tratamentos apresentou diferença significativa entre as duas primeiras camadas avaliadas (0-0,1 m e 0,1-0,2 m). Apenas para Controle, Alfa (V3) e Plus + Alfa (V11) não houve diferença para as três camadas avaliadas. Nas médias das camadas, as duas camadas superiores apresentaram maiores médias para comprimento de raízes, em relação à camada mais profunda (0,2-0,3 m). Em todos os tratamentos, em torno de 70% das raízes de milho se concentraram nas duas camadas superiores, corroborando com os dados obtidos por Silva et al. (2000).

Nas camadas 0-0,1 m e 0,2-0,3 m não houve diferença significativa entre os tratamentos. Na camada 0,1-0,2 m apenas os tratamentos Alfa (V3), Plus + Alfa (V3) e Plus + Alfa (V11) não diferiram do tratamento Controle, sendo os demais superiores. Essa resposta pode deve atribuída à maior contribuição do Plus no desenvolvimento de raízes, sendo que a sua combinação com Alfa pode ter efeito negativo sobre o comprimento das mesmas, dependendo da época de aplicação.

Castro e Vieira (2003) não só relatam que o uso de bioestimulantes resulta em maior comprimento de raiz, como obteve efeito significativo sobre o comprimento

radicular de feijão. Vieira (2001) encontrou aumento no comprimento radicular de soja, feijão e arroz a partir da aplicação de fitorreguladores via semente. Janegitz et al. (2008), avaliando quatro bioestimulantes aplicados via semente no desenvolvimento inicial das raízes de milho, não encontraram diferença para comprimento de raízes de milho.

Na Tabela 17 podem ser observados os valores de área de raízes para cada uma das profundidades avaliadas.

Tabela 17. Área de raízes de milho nas três profundidades de avaliação.

Tratamentos	Área de Raízes						Média
	0-0,10 m		0,10-0,20 m		0,20-0,30 m		
	*mm ²						
Controle	76,06	bA	81,97	A	66,80	A	74,94 b
Plus (TS)	100,91	aA	100,74	A	81,72	B	94,45 a
Alfa (V3)	78,76	bA	85,45	A	65,02	A	76,41 b
Potassium (V11)	95,13	aA	99,37	A	75,93	B	90,14 a
Plus + Alfa (V3)	93,53	aA	92,91	A	75,19	A	87,21 a
Plus + Alfa (V9)	95,03	aA	99,26	A	79,71	A	91,33 a
Plus + Alfa (V11)	75,72	bA	82,80	A	56,99	B	71,83 b
Plus + Alfa (V3 + V9 + V11)	83,65	bA	87,97	A	72,26	A	81,29 b
Plus + Potassium (V11)	100,44	aA	101,78	A	83,98	A	95,39 a
Plus + Alfa (V3) + Potassium	84,48	bA	86,18	A	71,30	A	80,65 b
Plus + Alfa (V9) + Potassium	98,47	aA	98,92	A	83,41	B	93,59 a
Plus + Alfa (V11) + Potassium	84,00	bA	88,99	A	72,69	A	81,89 b
Média	88,84	A	92,19	A	73,75	B	

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si, minúscula na coluna e maiúscula na linha, pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade. CV de 20,95% para os tratamentos e de 17,28% para as profundidades.

* Dados transformados.

Houve interação entre os tratamentos com fertilizante organomineral e as profundidades avaliadas no perfil do solo. Assim como para comprimento de raízes, não houve diferença significativa entre as duas primeiras camadas avaliadas (0-0,1 m e 0,1-0,2 m) para área de raízes. Os tratamentos Plus (TS), Potassium (V11), Plus + Alfa (V11) e Plus + Alfa (V9) + Potassium apresentaram maior área de raízes nas duas primeiras camadas, em relação à camada mais profunda (0,2-0,3 m). Com exceção do Plus + Alfa (V11), essa diferença se dá pelo aumento da área de raízes destes tratamentos, nas camadas mais superficiais, o que promoveu uma diferença com a camada mais profunda. Na média das

camadas o resultado foi semelhante, com os valores de área de raízes na camada 0,2-0,3 m estatisticamente inferior às demais.

Nas duas camadas mais profundas (0,1-0,2 m e 0,2-0,3 m) não houve diferença entre os tratamentos. Os tratamentos Plus (TS), Potassium (V11), Plus + Alfa (V3), Plus + Alfa (V9), Plus + Potassium (V11) e Plus + Alfa (V9) + Potassium apresentaram maior área de raízes na camada superior, sendo que todos os demais não diferiram da testemunha. A superioridade apresentada nos tratamentos Plus (TS), Plus + Alfa (V3), Plus + Alfa (V9), Plus + Potassium e Plus + Alfa (V9) + Potassium corroboram com os dados encontrados para massa seca de raízes (Tabela 14), onde as médias destes tratamentos foram superiores aos demais. Novamente, o Plus aplicado em tratamento de semente, teve maior contribuição por promover enraizamento mais rápido e agressivo, com efeito sobre a área de raízes, sendo que sua combinação com Alfa, em diferentes épocas de aplicação, pode melhorar ou piorar esta variável.

Os resultados de volume de raízes nas três profundidades avaliadas constam da Tabela 18.

Tabela 18. Volume de raízes de milho nas três profundidades de avaliação.

Tratamentos	Volume de Raízes			Média
	0-0,10 m	0,10-0,20 m	0,20-0,30 m	
	*mm ³			
Controle	46,56	47,82	41,63 b	45,34 b
Plus (TS)	62,99	64,03	59,44 a	62,15 a
Alfa (V3)	47,62	46,41	43,79 b	45,94 b
Potassium (V11)	57,76	56,86	57,52 a	57,38 a
Plus + Alfa (V3)	54,94	55,46	51,97 a	54,12 b
Plus + Alfa (V9)	53,42	56,56	48,80 b	52,93 b
Plus + Alfa (V11)	48,12	53,20	41,76 b	47,70 b
Plus + Alfa (V3 + V9 + V11)	54,44	57,63	48,48 b	53,52 b
Plus + Potassium (V11)	61,37	62,22	56,39 a	59,99 a
Plus + Alfa (V3) + Potassium	63,82	64,02	62,10 a	63,31 a
Plus + Alfa (V9) + Potassium	61,96	61,33	57,63 a	60,31 a
Plus + Alfa (V11) + Potassium	51,00	52,23	47,62 b	50,28 b
Média	55,33 A	56,48 A	51,43 B	

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si, minúscula na coluna e maiúscula na linha, pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade. CV de 29,38% para os tratamentos e de 21,05% para as profundidades.

* Dados transformados.

Os dados de volume de raízes apresentaram interação significativa entre os tratamentos e as regiões avaliadas. Porém, não houve diferença significativa entre as camadas avaliadas, nem entre os tratamentos nas duas primeiras camadas. Para a camada mais profunda, os tratamentos Plus (TS), Potassium (V11), Plus + Alfa (V3), Plus + Potassium (V11), Plus + Alfa (V3) + Potassium e Plus + Alfa (V9) + Potassium foram os que resultaram em maiores médias, enquanto que os demais não diferiram da testemunha.

Klahold (2005), avaliando doses de um mesmo bioestimulantes em soja, não encontrou diferença significativa para volume radicular em relação ao Controle (0 ml).

7. CONCLUSÕES

A aplicação de fertilizante organomineral provoca sinergismo para fósforo e antagonismo para boro e cobre.

A melhor interação entre os produtos e épocas de aplicação é a utilização conjunta de Plus (TS) + Alfa (V9) + Potassium (V11), com efeito positivo nos componentes biométricos das plantas de milho.

O tratamento de semente com o fertilizante organomineral Plus é o que mais contribui para aumento dos componentes biométricos e da massa, comprimento, volume e área de raízes de milho.

A aplicação de Alfa em V11, combinado ou não com Potassium, não produz bons resultados para comprimento médio da espiga, número de fileiras por espiga, massa seca, área e volume de raízes.

O método de análise de imagens digitais de raízes no perfil utilizando o software SAFIRA produz bons resultados para a cultura do milho.

A massa seca, comprimento, volume e área de raízes sofrem alteração por ocasião da aplicação de fertilizante organomineral e não promovem mudanças imediatas nas propriedades físicas do solo.

Os fertilizantes organominerais aplicados em tratamento de semente e nos estádios V3, V9 e V11 não alteram o rendimento de grãos de milho.

8. REFERÊNCIAS

AMADO, T. J. C. et al. Potencial de culturas de cobertura em acumular carbono e nitrogênio no solo no plantio direto e a melhoria da qualidade ambiental. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 25, n. 1, p. 189-197, jan./mar. 2001.

ARGENTA, G. et al. Relação da leitura do clorofilômetro com os teores de clorofila extraível e nitrogênio na folha de milho. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Lavras, v. 13, n. 2, p. 158-167, 2001.

ARSHAD, M. A.; LOWERY, B.; GROSSMAN, B. Physical tests for monitoring soil quality. In: DORAN, J.W.; JONES, A.J. (Ed.). **Methods for assessing soil quality**. Madison: Soil Science Society of America, 1996. p. 123-141. (SSSA Special Publication, 49).

BASSOI, L. H. et al. Distribuição do sistema radicular do milho irrigado em terra roxa estruturada latossólica: II: Comparação entre cultura irrigada e fertirrigada. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 51, n. 3, p. 541-548, set./dez. 1994a.

BASSOI, L. H. et al. Distribuição do sistema radicular do milho irrigado em terra roxa estruturada latossólica: I: Comparação de metodologias. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 51, n. 3, p. 513-518, set./dez. 1994b.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J.; MARTIN-NETO, L. Efeito de sistemas de preparo e de cultura na dinâmica da matéria orgânica e na mitigação das emissões de CO₂. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 24, n. 3, p. 599-607, jul./set. 2000.

BERTOL, I. et al. Propriedades físicas de um cambissolo húmico afetadas pelo tipo de manejo do solo. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 58, n. 3, p. 555-560, jul./set. 2001.

BERTOL, I. et al. Propriedades físicas e químicas e produtividade de milho afetadas pelo manejo do solo com tração animal, numa terra bruna estruturada. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n. 6, p. 971-976, nov./dez. 2000.

- BEUTLER, A. N. et al. Resistência à penetração e permeabilidade de latossolo vermelho distrófico típico sob sistemas de manejo na região dos cerrados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 25, n. 1, p. 167-177, jan./mar. 2001.
- BOHM, W. **Methods of studying root systems**. New York: Springer Verlag, 1979. 190 p.
- BORDIN, I. et al. Matéria seca, carbono e nitrogênio de raízes de soja e milho em plantio direto e convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 43, n. 12, p. 1785-1792, dez. 2008.
- BORTOLINI, C. G. et al. Rendimento de grãos de milho cultivado após aveia-preta em resposta à adubação nitrogenada e regime hídrico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 36, n. 9, p. 1101-1106, set. 2001.
- BRASIL, F. C. et al. Distribuição e variação temporal de características radiculares de *Brachiaria humidicola* em um Planossolo. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37., 2000, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2000. 1 CD-ROM.
- BÜLL, L. T. Nutrição mineral do milho. In: BÜLL, L. T.; CANTARELLA, H. (Ed.). **Cultura do milho: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1993. p. 63-145.
- CAMARGO, O. A.; ALLEONI, L. R. F. **Compactação do solo e o desenvolvimento das plantas**. Piracicaba: ESALQ, 1997. 132 p.
- CAMARGO, O. A. et al. Métodos de análise química, mineralógica e física de solos do Instituto Agrônomo de Campinas. **Boletim Técnico do Instituto Agrônomo de Campinas**, Campinas, n. 106, 2009. 77 p.
- CARDOSO, E. G. et al. Sistema radicular da soja em função da compactação do solo no sistema de plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 41, n. 3, p. 493-501, mar. 2006.
- CARVALHO, W. A.; ESPINDOLA, C. R.; PACCOLA, A. A. Levantamento de solos da Fazenda Lageado-Estação Experimental "Presidente Médici". **Boletim Científico da Faculdade de Ciências Agronômicas UNESP**, Botucatu, n. 1, 1983. 95 p.
- CASTOLDI, G. et al. Sistemas de cultivo e uso de diferentes adubos na produção de silagem e grãos de milho. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 33, n. 1, p. 139-146, jan./mar. 2011.
- CASTRO, P. R. C. **Agroquímicos de controle hormonal na agriculturatropical**. Piracicaba: ESALQ, 2006. 46 p.
- CASTRO, P. R. C.; VIEIRA, E. L. **Aplicações de reguladores vegetais na agricultura tropical**. Guaíba: Agropecuária, 2001. 132 p.

CASTRO, P. R. C.; VIEIRA, E. L. Biorreguladores e bioestimulantes na cultura do milho. In: FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. (Ed.). **Milho: estratégias para alta produtividade**. Piracicaba: ESALQ/USP/LPV, 2003. p. 99-115.

CATO, S. C. **Ação de bioestimulante nas culturas do amendoimzeiro, sorgo e trigo e interações hormonais entre auxinas, citocininas e giberelinas**. 2006. 74 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)-Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

CHAN, K. Y.; ROBERTS, W. P.; HEENAN, D. P. Organic carbon and associated soil properties of a red earth after 10 years of rotation under different stubble and tillage practices. **Australian Journal of Soil Research**, Melbourne, v. 30, n. 1, p. 71-83, 1992.

CORSINI, P. C.; FERRAUDO, A. S. Efeitos de sistemas de cultivo na densidade e macroporosidade do solo e no desenvolvimento radicular do milho em Latossolo Roxo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 34, n. 2, p. 289-298, fev. 1999.

CUBILLA, M.; REINERT, D.; REICHERT, J. M. Plantas de cobertura do solo: uma alternativa para aliviar a compactação em sistema plantio direto. In: REUNIÃO SUL-BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, 4., 2002, Porto Alegre. **Resumos...** Porto Alegre: UFRGS, 2002. 1 CD-ROM.

CUNHA, A. R.; MARTINS, D. Classificação climática para os municípios de Botucatu e São Manuel. **Irriga**, Botucatu, v. 14, n. 1, p. 1-11, jan./mar. 2009.

CUSTÓDIO, D. P.; PASQUALETTO, A.; OLIVEIRA, I. P. Comportamento de cultivares de milho (*Zea mays*) e sistemas de cultivo. **Estudos**, Goiânia, v. 30, n. 8, p. 1793-1804, 2003.

CRESTANA, S. et al. Avaliação da distribuição de raízes no solo auxiliada por processamento de imagens digitais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 18, n. 3, p. 365-371, set./dez. 1994.

DAO, T. H. Tillage system and crop residue effects on surface compaction of a paleustoll. **Agronomy Journal**, Madison, v. 88, n. 2, p. 141-148, 1996.

DA ROS, C. O. et al. Manejo do solo a partir de campo nativo: efeito sobre a forma de estabilidade da estrutura ao final de cinco anos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 21, n. 2, p. 241-247, abr./jun. 1997.

DARIO, G. J. A.; BALTIERI, E. M. Avaliação da eficiência do regulador vegetal Stimulate (citocinina + ácido indolbutírico + ácido giberélico) na cultura do milho (*Zea mays* L.). **Relatório Técnico Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**, Piracicaba, 1998. 12 p.

DELOUCHE, J. C. Influence of moisture and temperature levels on the germination of com, soybean and watermelons. **Association of Official Seed Analyst**, Ithaca, v. 43, n. 1, p. 117-126, 1953.

- DE MARIA, I. C.; CASTRO, O. M.; SOUZA DIAS, H. Atributos físicos do solo e crescimento radicular de soja em Latossolo Roxo sob diferentes métodos de preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 3, p. 703-709, jul./set. 1999.
- DIDONET, A. D. et al. Efeito de temperatura no desenvolvimento de milho. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 12., 1998, Recife. **Anais...** Brasília, DF: ABMS/EMBRAPA, 1998. 1 CD-ROM.
- DOURADO NETO, D. et al. Efeito de boro e nitrogênio na cultura do milho. **Ínsula**, Florianópolis, v. 33, p. 51-67, 2004a.
- DOURADO NETO, D. et al. Aplicação e influência do fitorregulador no crescimento das plantas de milho. **Revista da Faculdade de Zootecnia, Veterinária e Agronomia**, Uruguaiana, v. 11, n. 1, p. 1-9. 2004b.
- EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1997. 212 p.
- EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.
- FANCELLI, A. L. Ecofisiologia de plantas de lavouras. In: CARLESSO, R. (Ed.). **Irrigação por aspersão no Rio Grande do Sul**. Santa Maria: Reimar Carlesso, 2001. p. 59-73.
- FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. Guaíba: Agropecuária, 2000. 360 p.
- FANTE JÚNIOR, L. et al. Distribuição do sistema radicular de uma cultura de aveia forrageira. **ScientiaAgricola**, Piracicaba, v. 56, n. 4, p. 1091-1100, out./dez. 1999. Suplemento
- FANTE JÚNIOR, L. et al. Distribuição do sistema radicular do milho em terra roxa estruturada latossólica: I. Comparação de metodologias. **ScientiaAgricola**, Piracicaba, v. 51, n. 3, p. 513-518, set./dez. 1994.
- FERREIRA, L. A. et al. Bioestimulante e fertilizante associados ao tratamento de sementes de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, DF, v. 29, n. 2, p. 80-89, mar. 2007.
- FLOSS, E. L.; FLOSS, L. G. Fertilizantes organominerais de última geração: funções fisiológicas e uso na agricultura. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, v. 100, p. 26-29, 2007.
- GALRÃO, E. Z.; MESQUITA FILHO, M. V. Efeito de fontes de zinco na produção de matériaseca do milho em um solo sob cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 5, p. 167-70, 1981.
- GRANT, C. A. et al. **A importância do fósforo no desenvolvimento inicial da planta**. Piracicaba: Potafos, 2001. 16 p.
- GOMES, F. P. **Curso de estatística experimental**. 13. ed. Piracicaba: Nobel, 1990. 468 p.

GONÇALVES, P. R. P.; SIMONETTI, A. P. M. M. Tratamento de sementes e adubação foliar na cultura do milho. **Revista Cultivando o Saber**, Cascavel, v. 4, n. 1, p. 1-9, 2011.

GUPTA, U. C. **Boron and its role in crop production**. Charlottetown: CRC Press, 1993. 237 p.

JAMAMI, N. **Efeito de boro e zinco na cultura do milho**. 2001. 92 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Agricultura)-Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2001.

JANEGITZ, M. C. et al. Efeito de bioestimulantes via semente no desenvolvimento inicial das raízes de milho e sorgo. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 28.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 12.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 10.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 7., 2008, Londrina. **Desafios para o uso do solo com eficiência e qualidade ambiental: anais...** Londrina: EMBRAPA Soja; IAPAR; UEL, 2008. 1 CD-ROM.

JORGE, L. A. C. Descrição detalhada do método de trincheira com produção de imagens para uso de SIARCS®. In: WORKSHOP SOBRE SISTEMA RADICULAR: METODOLOGIAS E CASOS, 1., 1999, Aracaju. **Anais...** Aracaju: EMBRAPA-Tabuleiros Costeiros, 1999. p. 255-267.

JORGE, L. A. C. Sistema radicular: atualização do método SIARCS. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 16., 2006, Aracaju. **Novos desafios do carbono no manejo conservacionista: resumos...** Aracaju: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. 1 CD-ROM.

JORGE, L. A. C.; CRESTANA, S. Processamento de Imagens em Ciência do Solo: raízes, morfologia e cobertura do solo. In: MARTIN NETO, L.; VAZ, C. M. P.; CRESTANA, S. (Ed.). **Instrumentação avançada em ciência do solo**. São Carlos: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2007. p. 341-438.

JORGE, L. A. C.; CRESTANA, S. Recomendações práticas para utilização do SIARCS 3.0 nos estudos de raízes, cobertura vegetal, folhas e outras aplicações. **Recomendação Técnica da Embrapa Instrumentação Agropecuária**, São Carlos, n. 4, 1996. 34 p.

JORGE, L. A. C.; RODRIGUES, A. F. O. Safira: sistema de análise de fibras e raízes. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento da Embrapa Instrumentação Agropecuária**, São Carlos, n. 24, 2008. 21 p.

JORGE, L. A. C. et al. Comparação de técnicas de análise de imagens digitais na determinação do comprimento de raízes. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 10., 1994, Florianópolis. **Resumos...** Florianópolis: SBCS, 1994. p. 314-315.

KARLEN, D. L.; FLANNERY, R. L.; SADLER, E. J. Nutrient and dry matter accumulation rates for high yielding maize. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 10, n. 9/16, p. 1409-1417, 1987.

KLAHOLD, C. A. **Resposta da Soja (*Glycine max* (L.) Merrill) a ação de bioestimulante**. 2005.37 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2005.

KOPKE, V. Methods for studying root growth. In: SYMPOSIUM ON THE SOIL/ROOT SYSTEM IN RELATION TO BRAZIL AGRICULTURE, 1980, Londrina. **Proceedings...** Londrina: Fundação Instituto Agrônômico do Paraná, 1981, p.130.

LIMA, J. C. P. S. et al. Níveis críticos e tóxicos de boro em solos de Pernambuco determinados em casa-de-vegetação. **Revista Brasileira de Ciência Solo**, Campinas, v. 31, n. 1, p. 73-79, jan./fev. 2007.

LIMA, W. L. et al. Editoração de imagens para avaliação de crescimento de plantas ou microrganismos com o programa SIARCS. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento da Embrapa Agrobiologia**, Seropédica, n. 14, 2006. 32 p.

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

NABLE, R. O.; BAÑUELOS, G. S.; PAULL, J. G. Borontoxicity. **Plant Soil**, Dordrecht, v. 193, n. 1/2, p.181-198, jun. 1997.

PAULETTO, E. A. et al. Avaliação da densidade e da porosidade de um gleissolo submetido a diferentes sistemas de cultivo e diferentes culturas. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 11, n. 2, p. 207-210, abr./jun. 2005.

RAIJ, B. van; QUAGGIO, J. A. Métodos de análise de solos para fins de fertilidade. **Boletim Técnico do Instituto Agrônômico de Campinas**, Campinas, n. 81, 1983. 31 p.

SCHUURMAN, J. J.; GOEDEWAAGEN, M. A. J. **Methods for the examination of root systems and root**. 2. ed. Wageningen: Pudoc, 1971. 86 p.

SIDIRAS, N.; HENKLAIN, J. C.; DERPSCH, R. Comparison of three different tillage system with respect to aggregate stability, the soil and water conservation and the yields of soybean and wheat on an oxisol. In: CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL SOIL TILLAGE RESEARCH ORGANIZATION, 9., 1982, Osijek. **Anais...** Osijek: ISTRO, 1982. p. 537-544.

SILVA, V. R.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M. Densidade do solo, atributos químicos e sistema radicular do milho afetados pelo pastejo e manejo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 24, n. 1, p. 191-199, jan./mar. 2000.

SOUZA, E. A. et al. Resposta de milho (*Zea mays* L.) à adubação com fósforo e zinco. **Científica**, São Paulo, v. 13 n. 1/2, p. 39-49, 1985.

STOLLER DO BRASIL. Stimulate Mo em hortaliças. **Informativo Técnico da Stoller do Brasil**, Cosmópolis, v. 1, 1998. 1 p.

TAVARES FILHO, J.; TESSIER, D. Influencedes pratiques culturalessurlecomportement et lespropriétésdessolsdu Paraná (Brésil). **Étude et Gestion dès Sols**, Paris, v. 5, n. 1, p. 61-71, 1998.

TORRES, E.; ALVES, B. J. R. Calibração do medidor de clorofila Minolta SPAD-502 para avaliação do conteúdo de nitrogênio do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 38, n. 9, p. 1117-1122, set. 2003.

VAN NOORDWIJK, M. Methods for quantification of root distribution pattern and root dynamics in the field. **Colloquium International Potash Institute**, Bern, n. 20, p. 263-281, 1987.

VASCONCELOS, A. C. M. et al. Avaliação do sistema radicular da cana-de-açúcar por diferentes métodos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 27, n. 5, p. 849-858, set./out. 2003.

VIEIRA, E. L. **Ação de bioestimulante na germinação de sementes, vigor de plântulas, crescimento radicular e produtividade de soja (*Glycinemax* (L.) Merrill), feijoeiro (*Phaseolusvulgaris* L.) e arroz (*Oryza sativa* L.)**. 2001. 122 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia)-Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.

WOODRUFF, J. R.; MOORE, F. W.; MUSEN, H. L. Potassium, boron, nitrogen, and limeeffects on corn yield and ear leaf nutrient concentrations. **Agronomy Journal**, Madison, v. 79, n. 3, p. 520-524, 1987.

ZONTA, E. et al. O sistema radicular e suas interações com o ambiente edáfico. In: FERNANDES, M. S. (Org.). **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p. 7-52.

ZOTARELLI, L. et al. Calibração do medidor de clorofila Minolta SPAD-502 para uso na cultura do milho. **Comunicado técnico da Embrapa Agrobiologia**, Rio de Janeiro, n. 55, 2003. 4 p.