

DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DO SISTEMA RADICULAR DA GRAVIOLEIRA EM FUNÇÃO DE DIFERENTES DOSES DE NITROGÊNIO E POTÁSSIO APLICADAS VIA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO

Waleska Martins Eloi¹; Valdemício Ferreira de Sousa²; Thales Vinícius de Araújo Viana³; Aderson Soares de Andrade Júnior²; Roberto Silvio Frota de Holanda²; Rosa Maria Carvalho Mota de Alcântara²

¹Instituto Centro de Ensino Tecnológico, Fortaleza, CE, waleskaeloi@yahoo.com.br

²Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Meio-Norte

³Universidade Federal do Ceará

1 RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de diferentes doses de nitrogênio e potássio aplicadas através da água de irrigação por microaspersão na distribuição espacial do sistema radicular da gravioleira (*Annona muricata* L.), através de imagens digitalizadas. O estudo foi realizado no campo experimental da Embrapa Meio - Norte, em Teresina - PI (05° 05' S e 42° 48' W). Os tratamentos consistiram da combinação de cinco doses de nitrogênio (20, 120, 200, 280 e 380 kg ha⁻¹ ano⁻¹) com cinco doses de potássio (30, 180, 300, 420 e 570 kg ha⁻¹ ano⁻¹), além da testemunha, aplicadas a cada quinze dias. A quantificação do comprimento de raízes foi realizada utilizando-se o software SIARCS e os resultados foram analisados através de gráficos de isolinhas de contorno e colunas. As maiores concentrações de raízes em relação à distância horizontal ocorreram dentro da projeção da copa e com relação à profundidade a maior concentração ocorreu na camada superficial. O tratamento cujas doses foram 380 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de N e 420 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de K₂O apresentou o melhor perfil vertical de distribuição radicular e verificou-se também que doses elevadas de potássio inibiram o desenvolvimento radicular.

UNITERMOS: fertirrigação, *Annona muricata* L., raiz.

**ELOI, W.M.; SOUSA, V.F.; VIANA, T.V.A.; JUNIOR, A.S.A.; HOLANDA, R.S.F.;
ALCÂNTARA, R.M.C.M. SPACE DISTRIBUTION OF THE SOURSOP SYSTEM ROOT AT
DIFFERENT DOSES OF NITROGEN AND POTASSIUM APPLIED THROUGH IRRIGATION
WATER**

2 ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate, through digital images, the effect of different doses of nitrogen and potassium applied through the irrigation water by micro-sprinkler in the space distribution of the soursop (*Annona muricata* L.) root system. The study was carried out at the experimental field of Embrapa - North, in Teresina - PI (05th 05 ' S and 42 and 48 ' W). Besides the control, the treatments consisted of a combination of five doses of nitrogen (20, 120, 200, 280 and 380 kg ha⁻¹ year⁻¹) with five potassium doses (30, 180, 300, 420 and 570 kg ha⁻¹ year⁻¹), applied every fifteen days. Evaluation of root length was done using the software SIARCS and results were analyzed

through contour and column graphs. The largest root concentrations in relation to horizontal distance were found in the canopy projection. Treatments in which doses of N and K₂O were 380 kg ha⁻¹ year⁻¹ of N and 420 kg ha⁻¹ year⁻¹ of K₂O presented the best vertical profile for root distribution and it was also verified that high doses of potassium inhibit root development.

KEYWORDS: nutrition, *Annona muricata* L., root.

3 INTRODUÇÃO

A gravioleira (*Annona muricata* L.) é uma fruteira tropical de relevante importância econômica para a fruticultura do Nordeste do Brasil, já tendo alcançado boa comercialização no mercado interno. Apresenta grande potencial para a exportação, devido a sua aceitação internacional nas formas de suco, sorvete, polpa e “in natura”. A demanda do fruto, tanto no mercado interno quanto no externo, tem motivado produtores, principalmente do Nordeste, a promoverem o cultivo racional da gravioleira. A expansão das áreas cultivadas fica limitada às necessidades de tecnologias de manejo de água e nutrientes, de modo a, proporcionar o aumento da produtividade e da qualidade dos frutos para melhor competir nos mercados nacional e internacional.

A utilização adequada de água em cultivos irrigados tem condicionado aos produtores a garantia da produção; todavia, a maximização dos recursos naturais e o aumento da produtividade não são obtidos apenas com o fornecimento de água às culturas. A elevação dos níveis de fertilidade do solo é também muito importante para o desenvolvimento e produção das plantas. Nos últimos anos, a forma tradicional de aplicação de fertilizantes nas culturas vem sendo substituída pela fertirrigação, que permite a aplicação de fertilizantes simultaneamente com a água de irrigação.

Na maioria das recomendações de adubação da gravioleira se empregam formulações onde os elementos que entram em maior quantidade são o fósforo e o potássio, contudo, os dados obtidos por Araque (1964) e Avilán et al. (1981) mostram que o elemento mais exportado durante a colheita é o nitrogênio

seguido pelo potássio. Assim, as recomendações de adubação devem levar em consideração esse fato e, portanto, recomenda-se aumentar a proporção do nitrogênio na formulação. A nutrição mineral é de relevante importância quando se pensa em uma agricultura rentável, onde o manejo adequado dos nutrientes contribui positivamente para um aumento da produção, mantendo um equilíbrio sustentável com o ambiente. Os suprimentos de nutrientes e de água, a densidade do solo, a aeração, a temperatura e a textura do solo, bem como suas interações, influenciam o crescimento das plantas. Em consequência, diferentes quantidades e/ou condições desses fatores implicam em alterações na produtividade das culturas. A fertirrigação é uma técnica que vem crescendo, principalmente em virtude da economia de fertilizantes, da redução da mão de obra, da melhor uniformidade de distribuição, entre outros fatores. Mas, apesar desse crescente uso, o manejo dessa técnica é realizado, na maioria das vezes, de maneira empírica. O parcelamento da aplicação de nutrientes, principalmente do nitrogênio e do potássio, que se perdem com mais facilidade por lixiviação, é uma das principais práticas que devem ser empregadas na fertirrigação (SOUSA, 1993).

Uma das maneiras de se obter um maior embasamento técnico-científico para a fertirrigação é através do conhecimento do sistema radicular da planta e de suas interações com a água e com os nutrientes do solo. Por isso, é necessário conhecer o desenvolvimento, a distribuição e a atividade de absorção promovida pelas raízes das plantas. Na literatura não foram encontrados trabalhos sobre o sistema radicular da gravioleira, o qual é indispensável para o manejo de água e nutrientes das culturas. Segundo Tinker (1981), existe uma relação

direta, positiva e estreita entre o desenvolvimento do sistema radicular das plantas, o volume da copa e a produção agrícola. Embora o desenvolvimento do sistema radicular dependa principalmente de fatores genéticos da planta, certas limitações do solo podem inibi-lo, reduzindo o volume de raízes e, conseqüentemente, o volume de solo explorado, afetando o crescimento e o desenvolvimento da planta e a produção agrícola.

As avaliações do sistema radicular de uma cultura podem ser consideradas como fundamental no diagnóstico de sistemas de manejo que visam a otimização da produtividade agrícola. A distribuição de raízes no solo é resultante de uma série de processos complexos e dinâmicos, que incluem as interações entre o ambiente, o solo e as plantas em pleno crescimento (FANTE JÚNIOR et al., 1999). De acordo com Bohm (1979), estudos sobre crescimento radicular devem ser feitos a partir da avaliação das características das raízes, como massa, comprimento e área, no tempo e no espaço, em conjunto com os fatores que influenciam a distribuição do sistema radicular, como densidade e porosidade do solo, água e ar disponíveis no solo, nutrientes e pH, dentre outros fatores.

Vários são os métodos para avaliar a distribuição do sistema radicular no perfil do solo. Com o avanço da informática, novas metodologias foram propostas, apresentando menores custos, maior precisão e menor tempo de análises, dentre as quais se destaca o método de imagens digitalizadas desenvolvido por Crestana et al. (1994) e utilizado com sucesso por Santos (1997), Fante Júnior et al. (1999) e Machado & Coelho (2000) na avaliação de raízes de mangueira, aveia e lima ácida tahiti, respectivamente.

Objetivou-se, com este trabalho, estudar o efeito de diferentes dosagens de nitrogênio e potássio aplicados via água de irrigação por

microaspersão sobre a distribuição espacial do sistema radicular da gravioleira, utilizando-se a técnica auxiliada por imagens digitalizadas.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi instalado no campo experimental da Embrapa Meio – Norte, em Teresina - PI (05° 05' S; 42° 48' W e 74,4 m de altitude). A região apresenta uma precipitação média anual de 1.300 mm, com média anual de temperatura do ar de 27,9° C, umidade relativa do ar média anual de 69,2 % e com demanda evaporativa de 4,6 mm dia⁻¹ (BASTOS & ANDRADE JÚNIOR, 2000).

O solo da área é um franco arenoso, sendo classificado como Latossolo Vermelho Amarelo. Previamente realizou-se a calagem. As adubações de fundação e de cobertura foram realizadas com base na análise de solo. O preparo do solo constou de uma aração profunda e de duas gradagens, sendo, a primeira, logo após a aração e a distribuição de calcário dolomítico (2 t ha⁻¹) e, a segunda, próxima ao plantio. A adubação de fundação foi feita por cova, misturando com a terra da superfície: 10 L de esterco bovino, 0,450 kg de superfosfato simples e 0,100 kg de cloreto de potássio. As covas foram abertas nas dimensões de 0,60 x 0,60 x 0,60 m e no espaçamento de 6,0 x 5,0 m. As mudas de gravioleira tipo B, pé franco, foram plantadas no dia 06 de junho de 2000.

A distribuição dos tratamentos foi feita de acordo com a matriz Plan Plueba III com 2^k+2k+2 tratamentos, sendo k o número de fatores em estudo, que no presente trabalho foram dois. Os tratamentos consistiram de cinco doses de nitrogênio combinadas com cinco doses de potássio e a testemunha (Tabela 1), totalizando 11 tratamentos.

Tabela 1. Doses de N e K₂O distribuídas por tratamento, em graviolera

Nutrientes	Tratamentos										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
N (kg ha ⁻¹ ano ⁻¹)	0	20	20	120	120	120	200	280	280	280	380
K ₂ O (kg ha ⁻¹ ano ⁻¹)	0	30	180	30	180	420	300	180	420	570	420

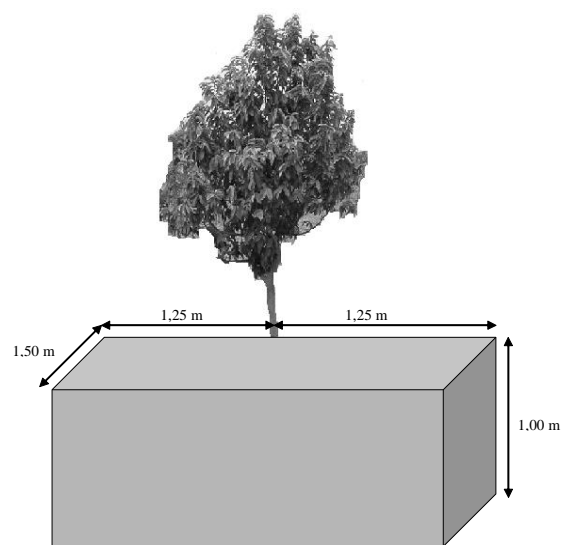
O sistema de irrigação utilizado foi o de microaspersão, com emissores autocompensantes, vazão de 41 L h⁻¹, operando a uma pressão de serviço de 200 kPa. A quantidade de água aplicada foi determinada com base na evapotranspiração de referência estimada pelo tanque Classe A e o coeficiente médio da cultura (Kc). Para a aplicação de água foi estabelecida uma frequência de irrigação diária, mas sempre observando o potencial mátrico, medido em tensiômetros instalados junto às plantas, nas profundidades de 0,20 m e 0,60 m.

Para o adequado fornecimento de água e aplicação dos tratamentos com doses de nitrogênio e potássio, dimensionou-se e instalou-se o sistema de irrigação/fertirrigação com onze linhas de derivação, de tal maneira a permitir a aplicação de água e fertilizantes de forma independente. As adubações com nitrogênio e potássio foram feitas pela água de irrigação, na frequência de aplicação de 15 dias, definidas segundo os tratamentos estabelecidos, nas formas de uréia e cloreto de potássio.

Realizaram-se coletas de dados em 11 plantas, sendo uma de cada tratamento, sem repetição. A avaliação das raízes foi realizada por meio do SIARCS (Sistema Integrado para Análise de Raízes e Cobertura do Solo), programa de análise e processamento de imagens digitais provenientes de trabalhos relacionados com solos, desenvolvido pela Embrapa/CNPDI (CRESTANA et al., 1994), o qual permite avaliar a distribuição do sistema radicular quanto à porcentagem de área e comprimento de raízes.

Para proceder a avaliação da distribuição de raízes, foram abertas trincheiras nas dimensões de 1,0 m de profundidade, 1,25 m de comprimento (a partir do caule da planta na direção da linha

de plantio da cultura) e 1,50 m do caule da planta na direção da entrelinha (Figura 1), a partir de 0,30 m do caule da planta.

**Figura 1.** Dimensões da trincheira para estudo do sistema radicular da graviolera

Após a abertura das trincheiras, procedeu-se a limpeza e o preparo das raízes, da seguinte forma:

a) exposição das raízes com auxílio de espátula de unha e por meio da lavagem do solo com água sob pressão (pulverizador costal);

b) pintura das raízes com tinta “spray” branca, visando um bom contraste entre as raízes e o solo;

c) delimitação do perfil do solo com o auxílio de um sistema reticulado (Figura 2), feito com madeira e barbante, nas dimensões de 1,25 m de comprimento e 1,00 m de altura, com quadrículas de 0,25 m x 0,25 m numeradas.



Figura 2. Sistema reticulado para o estudo do sistema radicular da gravioleira

A imagem, de cada quadricula, foi feita à distância de 1m do perfil, com máquina fotográfica digital, durante o período do fim da tarde, para evitar a incidência direta do sol no perfil.

As imagens obtidas de cada quadricula foram gravadas no formato aceito pelo SIARCS (bitmap do Windows, convertendo-as para 256 cores - 8 bits). Após a aquisição e conversão das imagens no formato requerido pelo programa, processaram-nas utilizando-se o referido programa.

As etapas de processamento da imagem no SIARCS consiste em: i) determinar a área de interesse da imagem; ii) selecionar as raízes com o auxílio do filtro de cores; iii) fazer os retoques com o auxílio do pincel; iv) binarização das raízes do resto da imagem, gerando uma imagem binária que consiste na transformação dos 256 tons em apenas dois (preto e branco), podendo-se obter nessa etapa o valor de área de raízes e v) afinamento das raízes para o processamento do comprimento das mesmas.

Para este trabalho, utilizaram-se apenas os resultados de comprimento de raízes e não os de área, pois de acordo com Weller (1971), a representação da quantidade de raízes, através do comprimento, expressa uma idéia melhor da distribuição do sistema radicular da cultura. O comprimento, ao contrário da massa, expressa melhor a ocorrência de raízes finas, mais importantes na absorção de água e nutrientes.

Utilizando-se o programa SURFER 7.0, os resultados obtidos nas imagens digitais foram apresentados em gráficos de contorno, em que o caule da planta está localizado sempre na coordenada (0,0).

O desenvolvimento do sistema radicular da gravioleira foi analisado pela distribuição espacial de raízes, com base no tratamento que apresentou maior quantidade de raízes.

Foram realizadas coletas de amostras de solo deformadas, nas profundidades estudadas, sendo uma amostra por profundidade em cada trincheira, para a determinação da densidade do solo em laboratório, a fim de se verificar se os resultados obtidos da distribuição do sistema radicular, realmente foram devidos aos efeitos dos tratamentos utilizados, ou poderiam estar sofrendo influência daquele fator.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O conhecimento da distribuição espacial do sistema radicular das culturas é indispensável no manejo de água e de nutrientes. A quantificação das distribuições vertical e horizontal das raízes auxilia na estimativa da lâmina de irrigação necessária e também na aplicação dos locais adequados dos fertilizantes, de forma a reduzir as perdas e aumentar a eficiência de uso destes pelas plantas.

Analisando-se a distribuição espacial do comprimento de raízes (cm de raiz por cm² de solo) da gravioleira, observaram-se variações na concentração de raízes de 0 até 0,58 cm de raiz por cm² de solo, sendo o tratamento 7 (200 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de N e 300 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de K₂O) o que apresentou os maiores valores (Figura 3).

Os menores valores de concentração radicular foram registrados no tratamento 2 (20 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de N e 30 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de K₂O) (Figura 5), seguidos dos tratamentos 1 (0 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de N e 0 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de K₂O), 3 (20 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de N e 180 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de K₂O), 4 (120 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de N e 30 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de K₂O) e 10 (280 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de N e 570 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de K₂O), conforme as Figuras 6, 7, 8 e 9 respectivamente.

No caso do tratamento 2, observou-se o maior valor de densidade do solo (Tabela 2) dentre todos os tratamentos na camada de 0-

0,25 m, o que provavelmente também contribuiu para a redução no desenvolvimento do sistema radicular. Nos tratamentos 3 e 4 valores reduzidos de N e K, respectivamente, aliados à grande desproporção no total aplicado entre eles

podem ter proporcionado a ocorrência de um desequilíbrio nutricional afetando o desenvolvimento radicular.

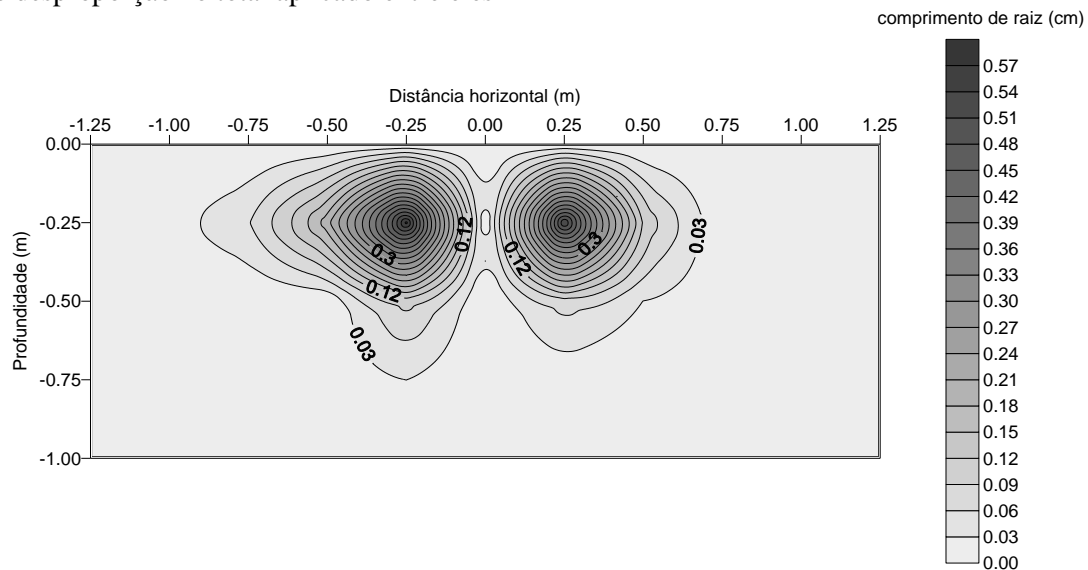


Figura 3. Distribuição espacial de comprimento de raízes (cm de raiz por cm² de solo) da gravioleira para o tratamento 7 (200 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de N e 300 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de K₂O).

Tabela 2. Valores de densidade do solo (kg m⁻³) da área experimental para o estudo do sistema radicular da gravioleira

Tratamentos*	Profundidade (m)			
	0 - 0,25	0,25- 0,50	0,50-0,75	0,75-1,00
1	1.350	1.310	1.240	1.260
2	1.510	1.380	1.370	1.340
3	1.320	1.250	1.270	1.260
4	1.340	1.290	1.250	1.380
5	1.340	1.220	1.240	1.300
6	1.420	1.350	1.280	1.290
7	1.400	1.270	1.250	1.260
8	1.360	1.330	1.320	1.350
9	1.360	1.350	1.320	1.300
10	1.340	1.230	1.280	1.300
11	1.290	1.230	1.280	1.250

* Conforme descritos na Tabela 1.

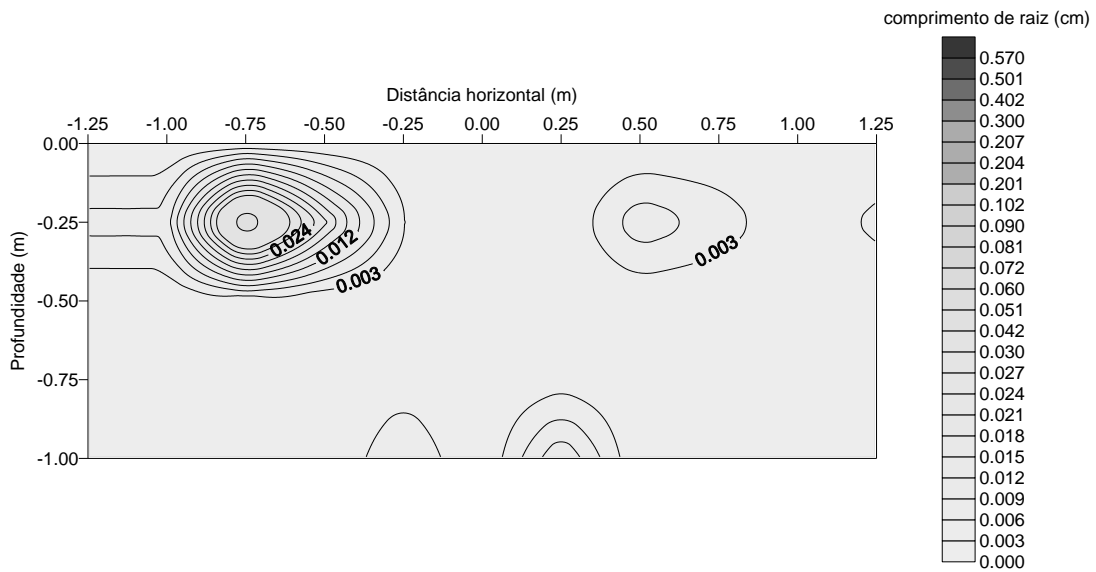


Figura 4. Distribuição espacial de comprimento de raízes (cm de raiz por cm^2 de solo) da gravioleira para o tratamento 2 ($20 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de N e $30 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de K_2O)

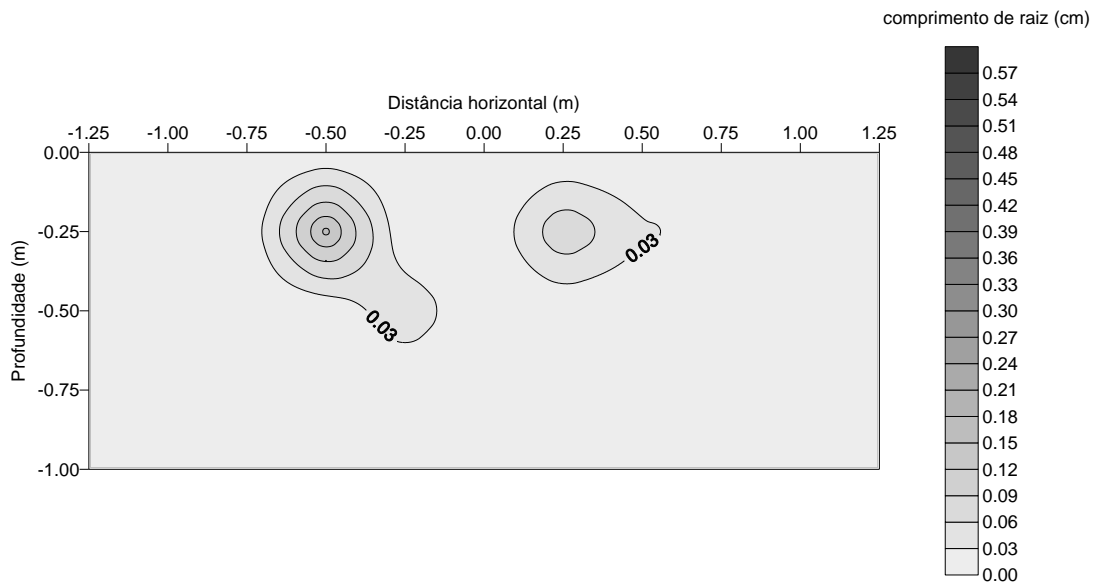


Figura 5. Distribuição espacial de comprimento de raízes (cm de raiz por cm^2 de solo) da gravioleira para o tratamento 1 ($0 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de N e $0 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de K_2O)

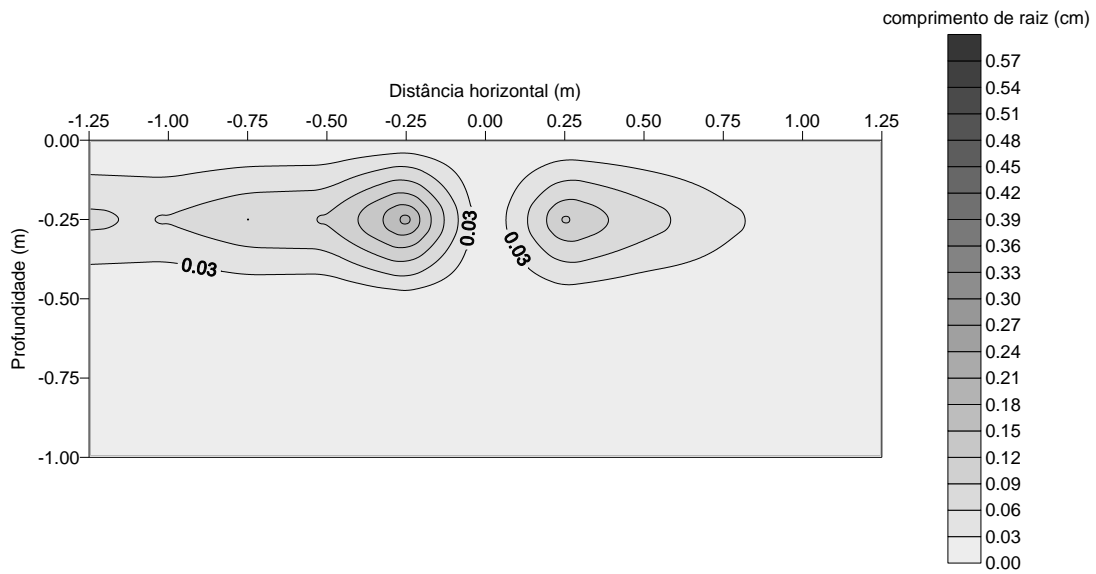


Figura 6. Distribuição espacial de comprimento de raízes (cm de raiz por cm^2 de solo) da gravioleira para o tratamento 3 ($20 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de N e $180 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de K_2O)

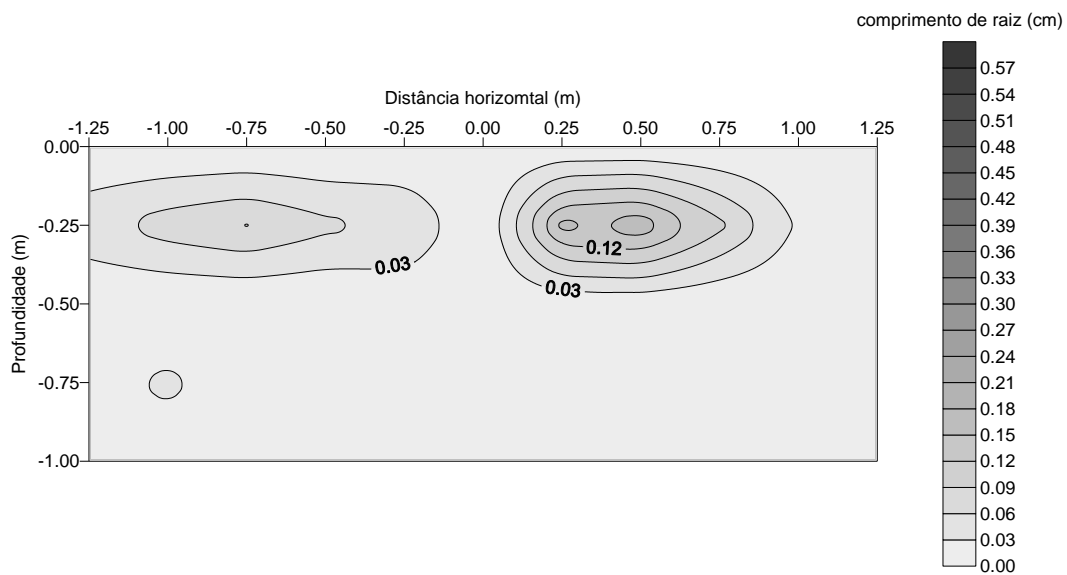


Figura 7. Distribuição espacial de comprimento de raízes (cm de raiz por cm^2 de solo) da gravioleira para o tratamento 4 ($120 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de N e $30 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de K_2O)

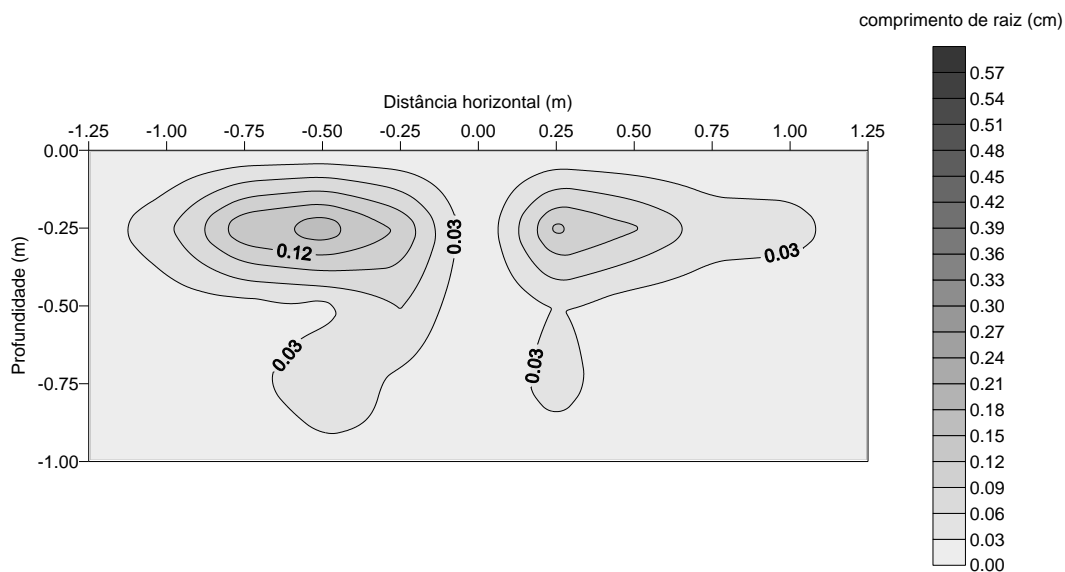


Figura 8. Distribuição espacial de comprimento de raízes (cm de raiz por cm² de solo) da gravioleira para o tratamento 10 (280 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de N e 570 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de K₂O)

Segundo Primavesi (1984), para cada espécie existe uma proporção de nutrientes que lhe é adequada. Em todos os equilíbrios que são característicos às espécies, não importa a quantidade do nutriente em si, mas sim sua proporção com seus antagonistas. Podem-se elevar os níveis das proporções, mas não se pode elevar um ou outro componente de uma proporção, destruindo-a. A deficiência de um elemento provoca o excesso ou toxidez de outro e, conseqüentemente, causa prejuízos ao desenvolvimento da planta. O comportamento apresentado pelos tratamentos 3 e 4 leva a crer que as proporções aplicadas causaram um desequilíbrio entre nutrientes prejudicando um melhor desenvolvimento do sistema radicular.

Com relação ao tratamento 10, o fato pode estar relacionado com a quantidade de potássio aplicada, a qual deve ter possibilitado a elevação da condutividade elétrica no perfil do solo, aumentando a pressão osmótica da solução do solo, afetando conseqüentemente o desenvolvimento do sistema radicular. Resultado semelhante foi verificado por Sousa (1993) no meloeiro, que com a aplicação de uma elevada quantidade de potássio via

fertirrigação obteve um desenvolvimento não satisfatório do sistema radicular, com uma distribuição não uniforme no perfil do solo, atribuído-a também à provável elevação do potencial osmótico. Em corroboração ao raciocínio exposto, Malavolta (1981) comentou que o efeito depressivo dos fertilizantes potássicos, diminuindo a produção das culturas, pode ser explicado pela elevação na concentração salina que esses produtos provocam na solução do solo. Do mesmo modo, Primavesi (1984) discorre que o adubo potássico, sendo oferecido como cloreto, é altamente desfavorável em solos ácidos e pior ainda em clima quente, onde aumenta desproporcionalmente a pressão osmótica externa, dificultando a absorção vegetal.

Os tratamentos 1, 2, 3, 5, 6, 7 e 10 apresentaram uma tendência a maiores concentrações de raízes do lado esquerdo do caule das plantas (Figuras 5, 4, 6, 9, 10, 3 e 8, respectivamente). Esse comportamento pode ser justificado em função da posição dos microaspersores, os quais encontravam-se posicionados do lado esquerdo.

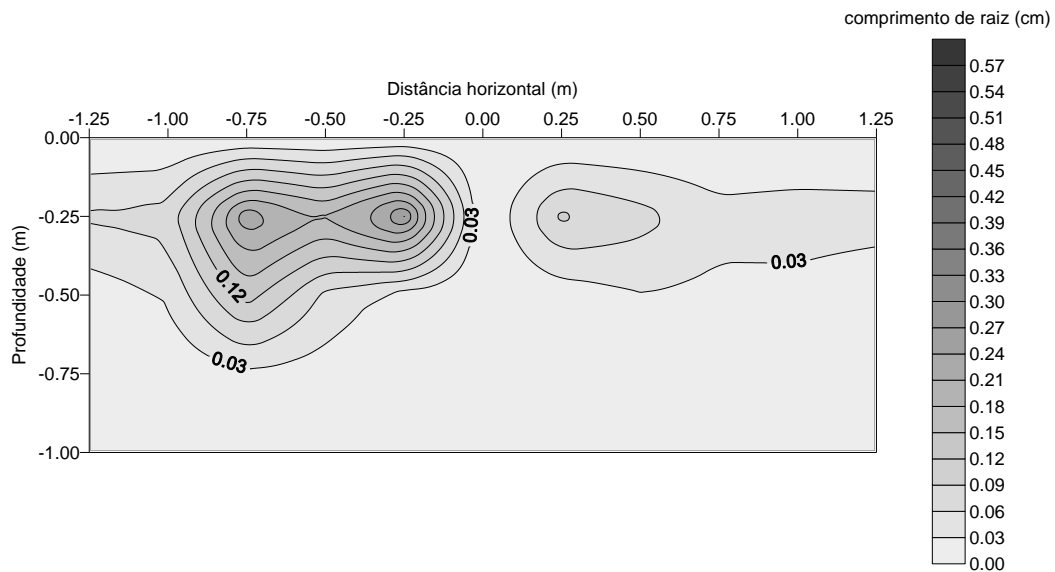


Figura 9. Distribuição espacial de comprimento de raízes (cm de raiz por cm^2 de solo) da gravioleira para o tratamento 5 ($120 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de N e $180 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de K_2O)

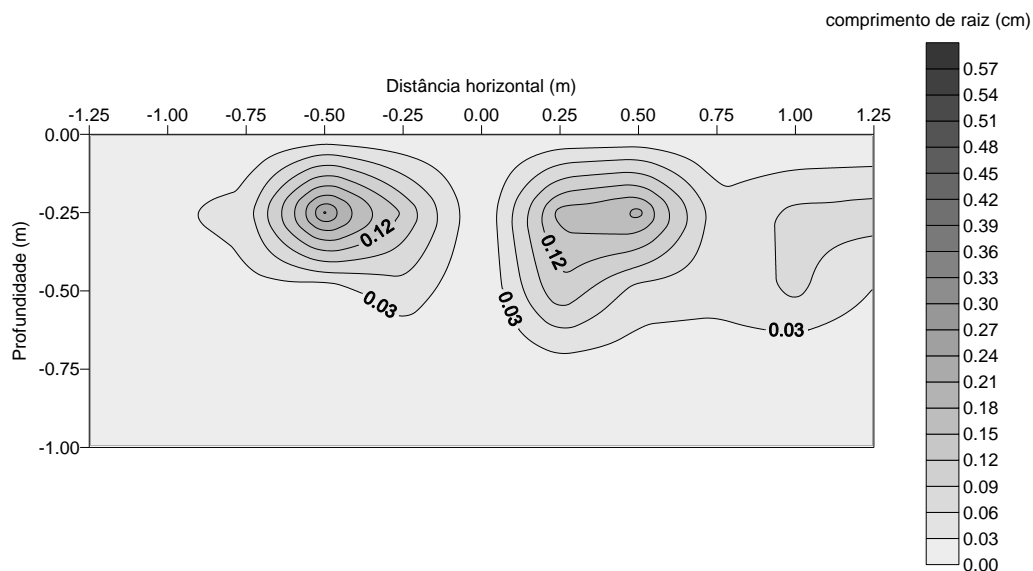


Figura 10. Distribuição espacial de comprimento de raízes (cm de raiz por cm^2 de solo) da gravioleira para o tratamento 6 ($120 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de N e $420 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de K_2O)

Existe uma tendência da região próxima ao emissor receber maiores quantidades de água e nutrientes em função do perfil natural de distribuição. Estudos realizados por Sousa et al. (1993), ao avaliar a uniformidade de precipitação de microaspersores sob condição de campo, constataram que os valores de coeficiente de variação e os dados de precipitação determinaram uma grande dispersão das lâminas em torno das médias, essa dispersão

acentuava-se à medida que se afastava do emissor. As maiores quantidades de água foram registradas em regiões próximas ao emissor, fato este que também pode ter ocorrido nos tratamentos deste estudo, ou seja, maiores precipitações e maiores quantidade de fertilizantes, conseqüentemente, isso pode ter contribuído para maior concentração radicular.

Em todos os tratamentos, com exceção do 11 ($380 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de N e $420 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de K_2O), as maiores concentrações

ocorreram até a profundidade de 0,50 m (Figura 11). A maior profundidade de desenvolvimento das raízes observada no tratamento 11 pode ser consequência da menor densidade do solo apresentada nesse perfil, o que favoreceu condições propícias a um melhor desenvolvimento do sistema radicular.

A máxima distância na extensão lateral apresentou variações entre os tratamentos de 0,50 m até 1,25 m, sendo que na maioria dos tratamentos houve uma tendência de maior densidade de raízes do lado esquerdo, fato já justificado anteriormente em função da posição do microaspersor. No tratamento 11 pôde-se

ainda observar uma maior concentração de raízes do lado direito, em comparação ao lado esquerdo, cuja distância horizontal de alcance das raízes foi bem maior. O mesmo fato foi registrado para os tratamentos 4, 7, e 8 (Figuras 7, 12 e 13, respectivamente), o que pode provavelmente estar relacionado com a variabilidade espacial das características químicas e físicas do solo, canais provocados pela fauna do solo, alterações na posição dos microaspersores (quando ocorreram as capinas), maiores dispersão de água e nutrientes etc., na área de coletas de dados desses tratamentos.

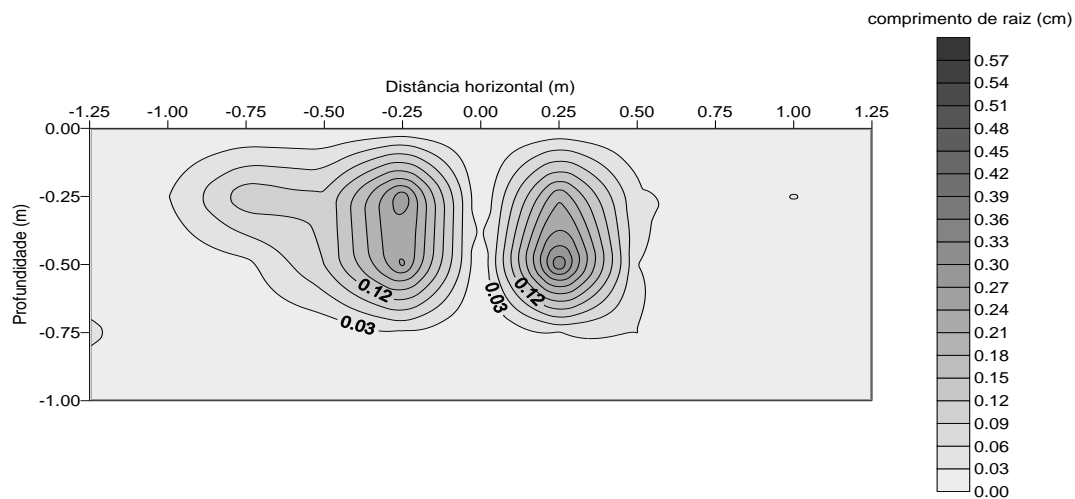


Figura 11. Distribuição espacial de comprimento de raízes (cm de raiz por cm^2 de solo) da gravioleira para o tratamento 11 ($380 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de N e $420 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de K_2O)

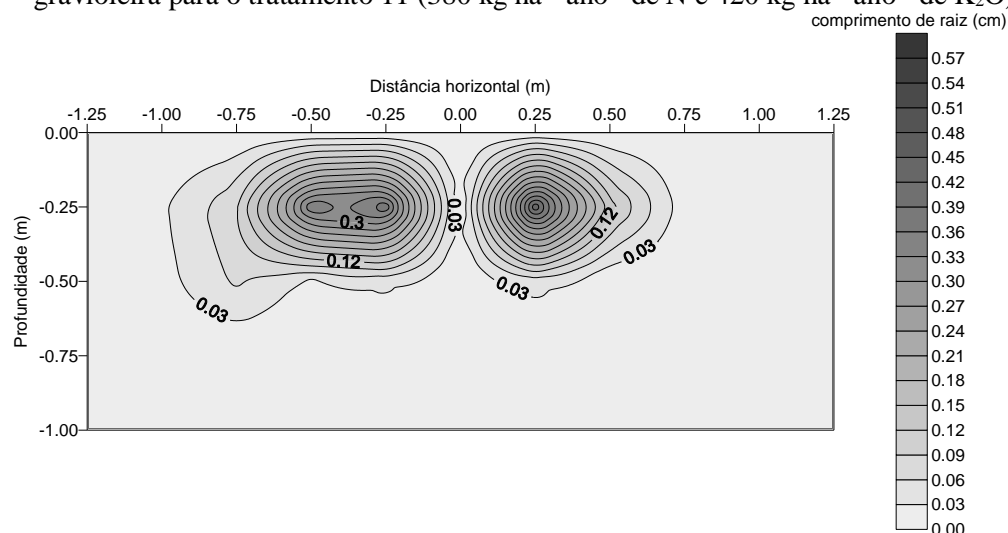


Figura 12. Distribuição espacial de comprimento de raízes (cm de raiz por cm^2 de solo) da gravioleira para o tratamento 8 ($280 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de N e $180 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de K_2O)

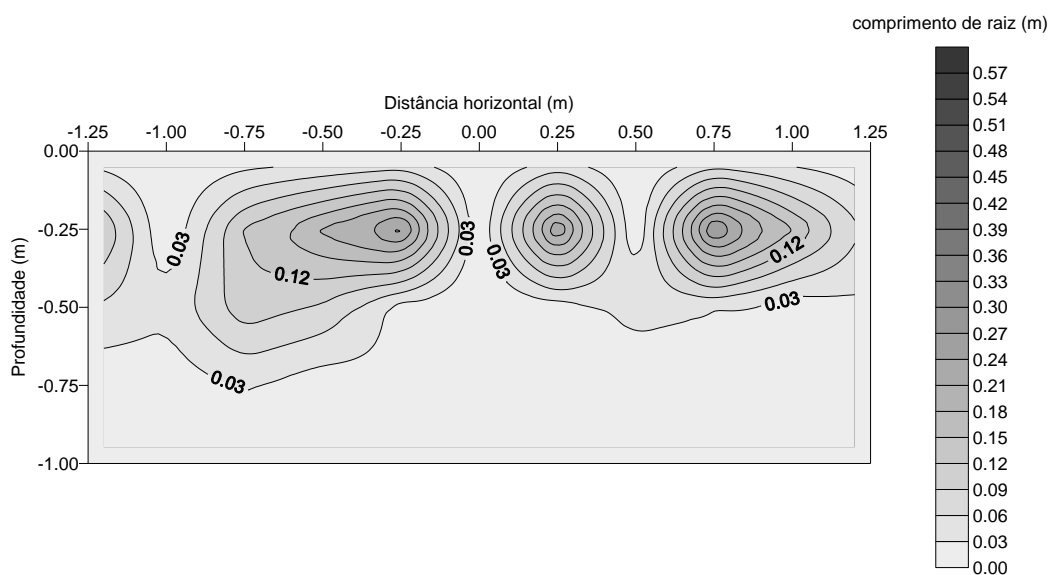


Figura 13. Distribuição espacial de comprimento de raízes (cm de raiz por cm^2 de solo) da gravioleira para o tratamento 9 ($280 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de N e $420 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de K_2O)

Os tratamentos que apresentaram uma distribuição radicular mais uniforme foram os de números 7, 8, 9 e 11 (Figuras 3, 12, 13 e 11, respectivamente), sendo que o tratamento 7 apresentou concentração de até $0,58 \text{ cm}$ de raiz por cm^2 de solo. Nesses tratamentos os microaspersores provavelmente funcionaram com distribuição de precipitação mais uniforme, tal como destaca Sousa et al. (1993).

Por outro lado, o comportamento verificado nos tratamentos mencionados pode também ser atribuído à variabilidade espacial do solo e às características das plantas. Nesse sentido, Reichardt (1985) destaca que a distribuição radicular e da parte aérea das plantas depende das propriedades do solo, das operações de plantio e do manejo de pragas e de doenças. Assim, medidas de parâmetros do solo e da planta, muitas vezes, apresentam irregularidades que podem ou não estar distribuídas ao acaso em relação à sua distribuição espacial no campo.

Na Figura 14 pode-se verificar o comportamento da distribuição percentual espacial de raízes em termos comparativos, tomando como base o tratamento no qual foi registrada a maior quantidade de raízes (tratamento 9). Os tratamentos que

apresentaram o menor percentual de raízes foram aqueles nos quais se aplicaram as menores quantidades dos dois macronutrientes (N e K, tratamentos 1 e 2, respectivamente), ou de um desses (N, no tratamento 3; K, no tratamento 4) e no que se aplicou a maior quantidade de potássio (tratamento 10). Nos tratamentos com menores quantidades de nitrogênio e potássio, possivelmente, o menor desenvolvimento do sistema radicular deveu-se ao fato de os nutrientes não terem sido suficientes para o bom desenvolvimento da cultura e/ou a dificuldades de desenvolvimento devido ao valor mais elevado da densidade do solo, como é o caso do tratamento 10 que apresentou indícios de compactação quando comparado com os demais tratamentos. Já as alterações devido à alta dosagem de potássio devem ter ocorrido em função do possível aumento da condutividade elétrica do solo com a respectiva dosagem, fato esse já explicado anteriormente.

O tratamento 9 ($280 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de N e $420 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de K_2O) foi o que apresentou a maior quantidade de raízes seguido pelo 7, que, como já apresentado, foram os que também apresentaram os

maiores valores de concentração radicular por cm^2 de solo. Nesses tratamentos, a dosagem utilizada foi superior a 200 kg de cada nutriente (N e K), sendo a relação de duas partes de nitrogênio para três de potássio.

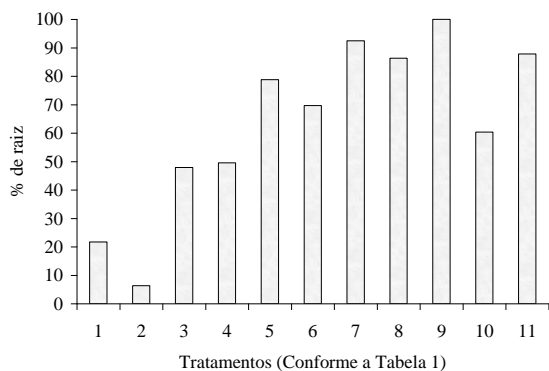


Figura 14. Distribuição de raízes (%) em relação ao tratamento que obteve maior quantidade de raiz (tratamento 9 - $280 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de N e $420 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de K_2O)

6 CONCLUSÕES

-A maior concentração de raízes, em relação à distância horizontal, ocorreu dentro da copa da gravioleira e, com relação à profundidade, a maior concentração ocorreu na camada superficial;

-O tratamento cujas doses de fertilizantes foram $380 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de N e $420 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de K_2O apresentou o melhor perfil vertical de distribuição radicular;

-Doses elevadas de potássio inibiram o desenvolvimento radicular da gravioleira.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAQUE, R. **Algunas recomendaciones sobre el cultivo de la guanábana**. Caracas: Consejo de bien Estar Rural, 1964. p.1-10.

AVILÁN, L. R. et al. Exportación de nutrientes por una cosecha de guanábana (*Annona muricata* L.). **Agronomia Tropical**: Maracay, v.31, n.1-6, p.301-307, 1981.

BASTOS, E. A.; ANDRADE JÚNIOR, A. S. de. **Dados agrometeorológicos para o município de Teresina, PI (1980-1999)**. Teresina: Embrapa – CPAMN, 2000. 27 p. (Documentos, 46).

BOHM, T. A. **Methods of studying root systems**. Berlin: Spring Verlag, 1979. 330 p.

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, 1994.

FANTE JÚNIOR, L. et al. Distribuição do sistema radicular de uma cultura de aveia forrageira. **Scientia Agricola**, v.56, n.4, p.1091-1100, 1999. Disponível em: <<http://www.scielo.br>> Acesso em: 15 maio 2002.

MACHADO, C. C.; COELHO, R. D. Estudos da distribuição espacial do sistema radicular do limão “Crava” enxertado com lima ácida “Tahiti”. **Laranja**, Coordepólis, v.21, n.2, p. 359-380, 2000.

MALAVOLTA, E. **Manual de química agrícola: adubos e adubações**. São Paulo: Agronômicas Ceres, 1981. 596 p.

PRIMAVESI, A. M. **Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais**. 7. ed. São Paulo: Nobel, 1984. 541 p.

REICHARDT, K. **Processos de transferência no sistema solo-planta-atmosfera**. 4. ed. Campinas: Fundação Cargill, 1985. 445 p.

SANTOS, C. A. S. **Distribuição espacial e absorção de água pelo sistema radicular da cultura da manga (*Mangifera indica* L.) irrigada por microaspersão**. 1997. 151f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem). Escola Superior de Agrivultura “Luis de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

SOUSA, V. F. de. **Frequência de aplicação de N e K via água de irrigação por gotejamento**

no meloeiro (*Cucumis melo* L. cv. Eldorado

Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem). Universidade Estadual Paulista "Júlio de mesquita Filho", Botucatu.

SOUSA, V. F. de; et al. O. Uniformidade de precipitação de microaspersores sob condição de campo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 22. 1993, Ilhéus. **Anais...** Ilhéus: SBEA, 1993. v.4, p. 2493-2502.

300) em solo de textura arenosa. 1993. 131f.

TINKER, P. B. Root distribution and nutrient uptake. In: RUSSEL, R. S.; IGUE, K.; MEHTA, Y. R. **The soil / root system in relation to Brazilian Agriculture.** Londrina: IAPAR, 1981. p. 115-136.

WELLER, F. A method for studying the distribution of absorbing roots of fruit trees. **Experimental Agriculture**, Melbourne, v. 7, p. 351-361, 1971.