

DETERMINAÇÃO DO ÂNGULO DE CONTATO DE GOTAS EM DIFERENTES SUPERFÍCIES FOLIARES

George França Gomes de Carvalho¹; Elton da Silva Bicalho²; Marcelo da Costa Ferreira³; João Emmanuel Ribeiro Guimarães⁴.

¹ Doutorando em Agronomia, Produção Vegetal; Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Unesp Jaboticabal; Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane, s/n, 14884-900, Jaboticabal-SP; giorge-carvalho@uol.com.br

² Mestrando em Agronomia, Produção Vegetal; Unesp Jaboticabal; eltonbicalho@ig.com.br

³ Professor Adjunto; Unesp Jaboticabal; mdacosta@fcav.unesp.br

⁴ Mestrando em Agronomia, Produção Vegetal; Unesp Jaboticabal; jerguimaraes@uol.com.br

Resumo – A molhabilidade de uma determinada superfície foliar está relacionada à maneira com que um determinado líquido se espalha quando é depositado, na forma de gotas, sobre esta superfície, sendo possível, a partir dessa informação, propor formas de se reduzir o volume de calda aplicado, mantendo-se ou melhorando-se a eficiência no controle. Assim, dada a importância econômica e ambiental dessa propriedade para a tecnologia de aplicação, objetivou-se com este trabalho determinar o ângulo de contato da água em relação a diferentes superfícies foliares e classificar essas superfícies quanto à sua capacidade de molhamento. Foram utilizadas folhas jovens de mangueira (*Mangifera indica* L.) e folhas fisiologicamente maduras de mangueira e aceroleira (*Malpighia glabra* L.). Gotas de água foram depositadas sobre a superfície adaxial do tecido foliar utilizando-se o equipamento de medição de tensão superficial da gota, onde foram capturadas imagens, estas foram processadas por um software. Cada tratamento constou de nove repetições, sendo os dados submetidos à análise de variância pelo teste F e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Foi constatado que o ângulo de contato entre a gota e a superfície foliar apresentou-se variável em função da espécie e idade do tecido amostrado, sendo as superfícies classificadas como hidrofílicas.

Palavras chave: tecnologia de aplicação, molhamento foliar, hidrofílicidade

Introdução

A tecnologia de aplicação tem importância para o sucesso do tratamento fitossanitário, pois utiliza conhecimentos científicos para a correta colocação do produto fitossanitário no alvo, na quantidade necessária, de forma econômica, com segurança ao aplicador e com a mínima contaminação das áreas não-alvo (Matuo, 1990). No entanto, ao se realizar uma pulverização é comum verificar que determinadas partes das plantas não recebem uma cobertura suficiente de calda, podendo, nesses casos, pragas ou doenças se manterem nestas áreas, sobrevivendo devido à ausência de contato com o produto fitossanitário aplicado (Ferreira, 2003).

Nesse sentido, um dos principais parâmetros que deve ser analisado é a molhabilidade que diferentes líquidos proporcionam em diferentes superfícies, sendo possível, a partir dessa informação, propor uma redução no volume de calda aplicado, estando de acordo com os princípios da tecnologia de aplicação. Segundo Oliveira (2010), molhabilidade pode ser definida como a maneira com que um líquido se espalha ao ser depositado sobre uma superfície sólida, sendo as propriedades de molhabilidade dessa superfície determinadas por sua natureza física e por sua rugosidade (Brenier et al., 2009; Shibuichi et al., 1996).

Quando são formadas durante o processo de pulverização, as gotas formam um ângulo de contato com a superfície foliar, podendo caracterizar sua capacidade de molhamento. Dessa forma, um ângulo de contato menor do que 90° caracteriza uma superfície hidrofílica, ou seja, a superfície pode ser molhada pelo líquido; por outro lado, quando o ângulo de contato é maior do que 90°, tem-se uma superfície hidrofóbica (Moita Neto, 2006).

A molhabilidade da superfície foliar depende diretamente dos constituintes do tecido de sua epiderme, onde a atração pela água tem que ser maior do que a tensão superficial do líquido para que se tenha uma boa molhabilidade. Sendo assim, quando uma superfície foliar é

hidrofóbica (com presença de ceras), tem-se um menor contato entre a gota e a superfície, já que a gota apresentará um formato mais esférico e um maior ângulo de contato (Kissmann, 1997; Lo & Hopkinson, 1995).

Assim, considerando a importância econômica e ambiental da tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários, objetivou-se com o presente trabalho determinar o ângulo de contato da água em relação a diferentes superfícies foliares com o uso da análise por imagem e classificar as superfícies foliares quanto à sua capacidade de molhamento.

Material e Métodos

Foram coletadas folhas jovens e fisiologicamente maduras de mangueira (*Mangifera indica* L.), cultivar Haden, e folhas fisiologicamente maduras de aceroleira (*Malpighia glabra* L.), sendo ambas as plantas adultas. Durante o procedimento de coleta, foram utilizadas luvas cirúrgicas para evitar o contato da oleosidade da pele com as folhas. Além disso, o corte foi feito com tesoura para que não fosse causada nenhuma injúria às folhas.

Após a coleta, as folhas foram recortadas em retângulos com cerca de 4 cm², sendo afixadas em um suporte de forma a ficarem com a superfície plana. Todas as análises foram realizadas em ambiente com temperatura de 23 °C ± 1 °C e umidade relativa de 65% ± 2%.

Para a deposição das gotas, foi utilizado o equipamento Contact Angle System OCA, equipado com câmera digital de alta velocidade e definição, e o software SCA20, utilizado para a automação do equipamento e o manuseio das imagens obtidas.

Foram utilizados um total de nove repetições para cada um dos três tratamentos (Tabela 1), sendo depositadas sobre a superfície adaxial do tecido foliar gotas de água de 10 µL a uma velocidade de 5 µL.s⁻¹. Foi utilizada uma agulha com diâmetro de 1,065 mm fixada a uma seringa de plástico graduada e descartável. A água depositada sobre a folha foi a de Tipo 1, produzida pelo purificador modelo Purelab Option-Q.

Tabela 1. Identificação dos tratamentos, espécies utilizadas, partes e estágio fisiológico.

Tratamento	Espécie	Parte da planta amostrada	Estádio fisiológico
1	<i>M. indica</i>	folhas de mangueira	Madura
2	<i>M. indica</i>	folhas de mangueira	Jovem
3	<i>M. glabra</i>	folhas de aceroleira	Madura

A gota foi depositada sobre a superfície foliar a partir do acionamento do equipamento com o auxílio do software. Imagens em tempo real de todo o processo foram obtidas com a câmera. Imediatamente após a deposição da gota sobre a superfície foliar, contou-se 10 segundos para então congelar a imagem e fazer o seu processamento.

Para a análise estatística, utilizou-se o programa ESTAT, sendo os dados submetidos à análise de variância pelo teste F e as médias comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Para a classificação das superfícies foliares quanto à sua capacidade de molhamento, utilizou-se a classificação De Gennes (1985), que considera o ângulo de contato entre a gota e a superfície em que esta foi depositada, podendo ser as superfícies hidrofílicas ($\theta < 90^\circ$), hidrofóbicas ($90^\circ < \theta < 150^\circ$) ou superhidrofóbicas ($\theta > 150^\circ$).

Resultados e Discussão

As superfícies vegetais das folhas apresentam compostos cerosos em suas estruturas que podem variar em espessura, quantidade e qualidade, sendo esta característica dependente de seu estágio fisiológico. Em geral, folhas jovens normalmente apresentam quantidades menores de cera quando comparadas com folhas fisiologicamente maduras. Por outro lado, a quantidade de cera nos tecidos foliares também pode variar em função da espécie analisada.

Levando-se em consideração a hidrofobia destes compostos à água, pode-se dizer que folhas com uma maior quantidade de cera em sua superfície apresentam um molhamento menor (Tabela 2), uma vez que as folhas fisiologicamente maduras de mangueira (Tratamento 1) e de aceroleira (Tratamento 3) foram as que obtiveram os maiores valores para o ângulo de

contato, ao contrário das folhas jovens de mangueira (Tratamento 2), que apresentaram um menor ângulo de contato (Figura 1).

Mesmo sendo aplicado o mesmo volume de gota nas três superfícies e sendo todas classificadas como hidrofílicas, houve diferença significativa entre os tratamentos. Em uma situação de campo, quando da pulverização para se promover o controle fitossanitário, esta diferença entre os ângulos de contato, que chega a ser de mais de 12° entre as folhas fisiologicamente maduras de mangueira e aceroleira, podem promover uma diferença substancial no molhamento em relação à área de toda a planta, o que justifica uma nova calibração do equipamento, independentemente se as duas plantas forem de mesmo porte.

Tabela 2. Valores de ângulo de contato formado por gotas de água em diferentes superfícies foliares e classificação da superfície segundo De Gennes (1985).

Tratamento	Ângulo de contato	Classificação da superfície
1	67,04° a	Hidrofílica
3	55,74° b	Hidrofílica
2	45,23° c	Hidrofílica
F	16,59**	
C.V. (%)	14,35	

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si considerando-se o teste de Tukey a 5% de probabilidade.

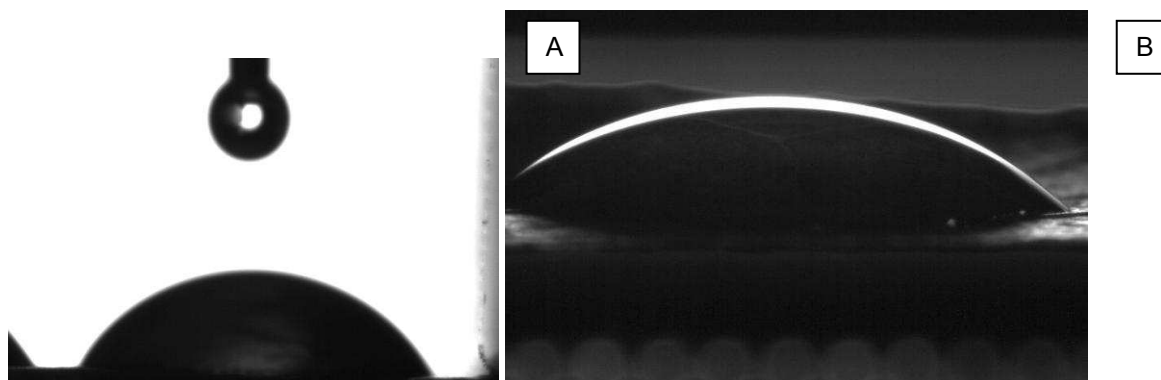


Figura 1. Deposição de gota de água sobre superfície foliar. A: imagem 2D de gota sobre folha fisiologicamente madura de mangueira; B: imagem 3D de gota sobre folha jovem de mangueira.

lost & Raetano (2010) observaram que a gota de água formada sobre folhas de diferentes plantas daninhas apresentava um ângulo de contato maior em relação a outras caldas aquosas somadas de adjuvantes. A gota de água sobre corda-de-viola apresentou um ângulo de contato de 78,4°, enquanto a gota de LI-700 apresentou um ângulo de 68,0° na dosagem recomendada (0,25% v.v⁻¹) e 64,7° com o dobro da dosagem (0,5% v.v⁻¹). Já a gota de Silwet L-77 apresentou um ângulo de contato de 0,0°, tanto na dosagem recomendada (0,1% v.v⁻¹), quanto utilizando-se o dobro da dosagem (0,2% v.v⁻¹).

Já as observações feitas em amendoim-bravo com os mesmos tratamentos e dosagens, apresentaram resultados distintos, provavelmente devido à diferença de superfície, rugosidade e cerosidade entre as espécies. Para a água, o valor do ângulo de contato foi de 90,3°; para o surfatante LI-700, o ângulo foi de 83,7° e 43,9° para a dosagem recomendada e o dobro da dosagem, respectivamente. Já a gota de Silwet L-77 apresentou um ângulo de contato de 5,6° para a dosagem recomendada e de 13,3° para o dobro da dosagem.

Conclusão

O ângulo de contato entre a gota e a superfície foliar, e o seu consequente molhamento, apresentou-se variável em função da espécie e idade do tecido amostrado, demonstrando que esta propriedade é dependente das características da superfície das

espécies vegetais, mesmo com todas as superfícies sendo classificadas como hidrofílicas.

Agradecimentos

Agradecemos à FAPESP pelo Auxílio Pesquisa aprovado referente ao processo 2010/02387-1 e também pela bolsa de Doutorado aprovada junto ao processo 2009/15660-0 para o primeiro autor.

Ao CNPq pelas bolsas de Mestrado fornecidas ao segundo e quarto autores.

Referências

- BRENIER, R.; RAMOS, S. M. M.; MONTCHANIN, M. Superhydrophobic surfaces via electroless displacement of nanometric Cu layers by Ag⁺. **Applied Surface Science**, v.255, p.7439-7445, 2009.
- DE GENNES, P. G. Wetting: statics and dynamics. **Reviews of Modern Physics**, v.57, p.827-863, 1985.
- FERREIRA, M. C. **Caracterização da cobertura de pulverização necessária para o controle do ácaro *Brevipalpus phoenicis* (G., 1939) em citros**. 2003. 64f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2003.
- IOST, C. A. R.; RAETANO, C. G. Tensão superficial dinâmica e ângulo de contato de soluções aquosas com surfatantes em superfícies artificiais e naturais. **Engenharia Agrícola**, v.30, p.670-680, 2010.
- KISSMANN, K. G. Adjuvantes para caldas de produtos fitossanitário. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 21, 1997, Caxambu. **Palestras...** Caxambu: Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, 1997. p.61-77.
- LO, C. C.; HOPKINSON, M. Influence of adjuvants on droplet spreading. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ADJUVANTS FOR AGROCHEMICALS, 14, 1995, Melbourne. **Proceedings...** Rotorua: New Zealand Forest Research Institute, 1995. p.144-149. (FRI Bulletin, 193).
- MATUO, T. **Técnicas de aplicação de defensivos agrícolas**. Jaboticabal: FUNEP, 1990. 139p.
- MOITA NETO, J. M. **Molhamento e ângulo de contato**. Teresina: FAPEPI, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Piauí, 2006. 2 p. Disponível em: <<http://www.fapepi.pi.gov.br/novafapepi/ciencia/documentos/Molhamento.pdf>>. Acesso em: 13 mar. 2011.
- OLIVEIRA, L. R. **Modelagem bidimensional de hidrofobicidade e superhidrofobicidade em superfícies de pilares**. 2010. 86f. 2010. Dissertação (Mestrado em Física) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2010.
- SHIBUICHI, S.; ONDA, T.; SATOH, N.; TSUJII, K. Super water-repellent surfaces resulting from fractal structure, **The Journal of Physical Chemistry**, v.100, p.19512-19517, 1996.