

Molhamento foliar em cafezal recepado e decotado^{*1/}

FERNANDO JOSE LINO DO NASCIMENTO**, ANTONIO TUBELIS**

ABSTRACT

This paper reports on the study of the beginning, termination and duration of the active period of leaf wetness in coffee

Surface wetness was observed in two plots arranged in a north-south orientation, on the sides of the plants facing east and west. One plot of trees was populated with high-level topped plants, the other with low-level topped plants.

In wetness, caused by dew, the beginning and the duration was decreased as a function of the increasing time lapse after rainfall

The length of the period of wetness, whether caused by dew or by rain, was found to be greater on the side of the plants facing west, as compared to the side facing east. Similarly, the length of period was found to be of longer duration in the plot with high-level topped trees as compared with the plot with low-level topped plants.

Introdução

NA cultura cafeeira, a duração do período de molhamento é fator indispensável para a germinação e penetração dos esporos dos fungos *Hemileia vastatrix*, agente causal da ferrugem alaranjada, e *Colletotrichum coffeanum* da antracnose ou c.b.d. (2, 6). Em virtude da expressão econômica elevada da cafeicultura no Brasil e do montante que se dispense no controle químico da ferrugem, é de inegável necessidade estudos microclimáticos nessa cultura que possam levar às práticas que minimizem a incidência dessa doença.

Algumas observações de orvalho em cafezal foram feitas por Kirpatrick (3), que verificou que o mesmo se forma provavelmente em todas as noites sob céu limpo, mesmo com umidade relativa do ar abaixo de 85 por cento.

Woodhead (7) examinou com que extensão ocorriam as condições físicas para a germinação conídias *Colletotrichum coffeanum* dentro de um cafezal, a partir de medidas de temperatura do ar e de duração

do molhamento vegetal. Observou uma maior duração do molhamento para a face poente das plantas, devido ao fato da radiação solar provocar o secamento mais rápido da face nascente; o secamento foi mais rápido sob condições de alta energia solar e de alta velocidade do vento.

O presente trabalho estuda a duração do molhamento vegetal do cafeeiro, por orvalho e por chuva, em duas condições de cobertura do solo pela cultura e duas faces de exposição das plantas.

Material e método

Local de Estudos

Os estudos foram desenvolvidos na Estação Experimental "Presidente Médici", no Campus de Botucatu-SP, da Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho"

O cafezal era da variedade 'Mundo Novo', de aproximadamente dez anos de idade, plantado sob espaçamento 3 x 2 m, com duas plantas por cova, em Terra Roxa Estruturada de meia encosta, com 8 por cento de declividade e exposição poente. As linhas eram orientadas na direção norte-sul (5).

Foram utilizadas três parcelas do cafezal, sendo duas recepadas e uma decotada, como pode ser visto na Figura 1. Cada parcela consistia de 4 linhas de 10 covas. A recepa das plantas foi feita a 0,4 m e o decote a 1,7 m do solo.

* Recebido para publicação novembro 1º, 1979.

1/ Trabalho realizado com suporte financeiro do Instituto Brasileiro do Café-Grupo Executivo de Racionalização da Cafeicultura e da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo

** Departamento de Ciências Ambientais, Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho", 18 600, Botucatu, SP, Brasil

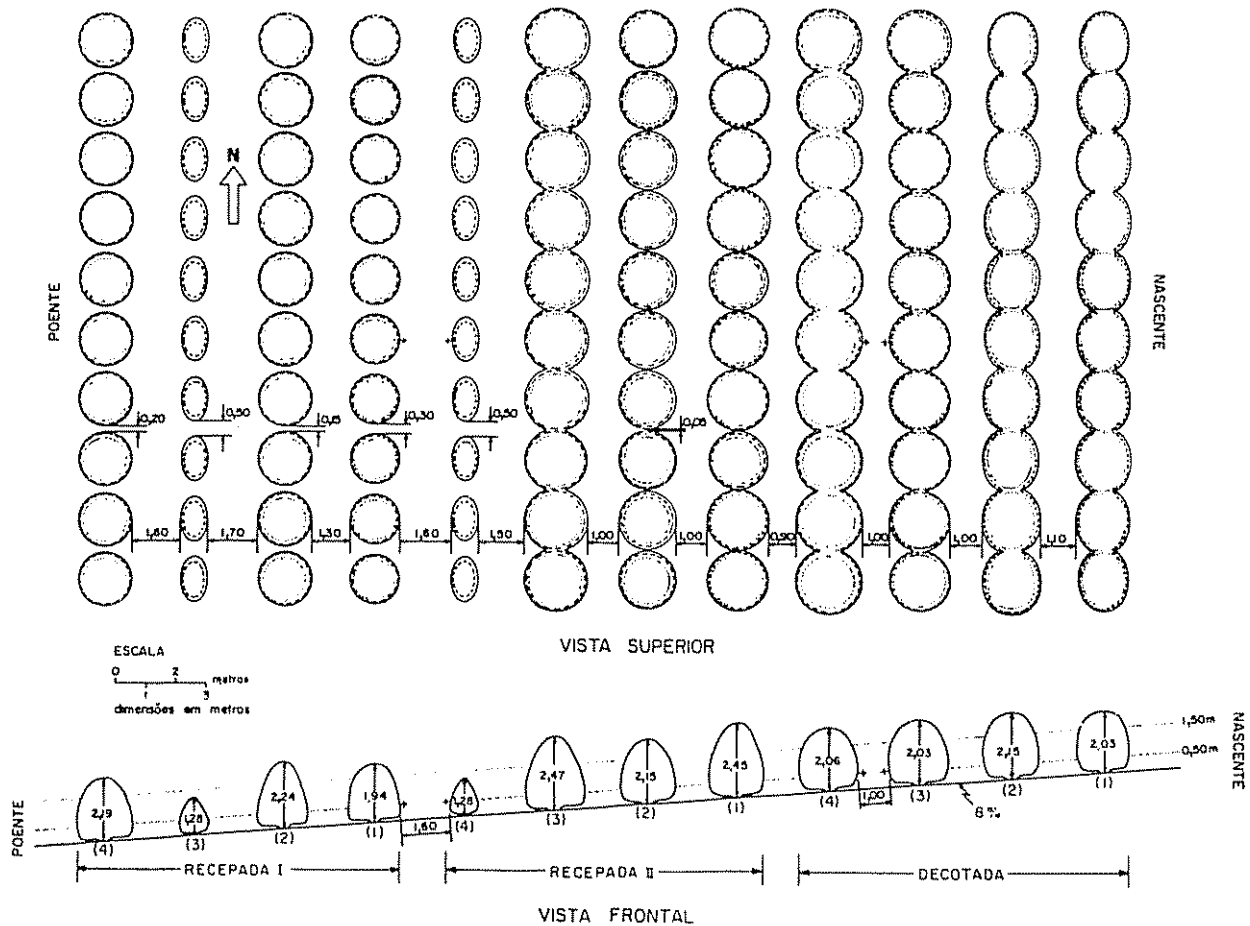


Fig. 1 — Esquema do cafezal utilizado nos estudos do molhamento vegetal (i) vista superior, onde as linhas representam o perímetro das plantas na saia e nas alturas de 0,5 e 1,5 m acima do solo, (ii) vista frontal, onde as cruzes indicam os pontos de observação.

A parcela decotada apresentava um índice de cobertura do solo de 55 por cento na saia, 53 por cento de 0,5 m e 38 por cento na altura de 1,5 m acima do solo. Para as parcelas recepadas, a área ocupada pela linha 1 da parcela recepada I e pelas linhas 3 e 4 da parcela recepada II apresentava um índice de cobertura do solo de 34 por cento na saia, 29 por cento na altura de 0,5 m e 15 por cento na altura de 1,5 m.

Observação do Molhamento Vegetal

O molhamento da superfície foliar dos cafeeiros foi observado visualmente em pontos definidos e marcados sobre a folhagem. O tato das mãos foi utilizado como meio secundário de inspeção, quando necessário.

Os pontos de observação foram quatro, localizados a 0,5 m acima do solo: na face nascente da linha 4 e na poente da linha 3 na parcela decotada; na face nascente da linha 1 na parcela recepada I e na poente da linha 4 da parcela recepada II, conforme mostra a Figura 1

As observações do molhamento vegetal foram realizadas no período de 13 a 31 de janeiro de 1972.

Parâmetros do Molhamento Foliar

O período de molhamento foliar foi estudado com respeito aos três parâmetros abaixo (5):

- momento de início oI, medido em horas em relação às 12 horas locais imediatamente anteriores ao evento,
- momento de fim F, medido em horas a partir da zero hora local imediatamente anterior ao evento,
- duração D, medida como a diferença em horas entre os momentos de fim e de início.

Quando o molhamento perdurou durante todo o dia, só indo ocorrer o secamento no dia seguinte, considerou-se como momento de fim as 12 horas locais, e nesse momento, o início de novo período de molhamento

Quadro 1.—Valores médios de momento de início, momento de fim e duração do período de molhamento por orvalho da superfície vegetal do cafeeiro sob dois tipos de condução das plantas e duas faces de exposição (horas).

Tipo de Condução	Início			Fim			Duração		
	Nascente	Poente	Média	Nascente	Poente	Média	Nascente	Poente	Média
Recepada	10,86	10,56	10,71	6,98	7,11	7,05	7,81	8,03	7,92
Decotada	10,96	10,98	10,97	7,19	7,91	7,55	7,58	8,18	7,88
Média	10,91	10,77	10,84	7,09	7,51	7,30	7,70	8,11	7,90

Delineamento Experimental

Os três parâmetros no período de molhamento vegetal foram analisados estatisticamente como blocos ao acaso com parcelas subdivididas. Cada noite de ensaio foi considerada como um bloco, como tratamentos foram consideradas as duas condições de cobertura do solo e como subparcelas as faces nascente e poente das plantas.

Análise e discussão

Molhamento por Orvalho

Os valores médios dos parâmetros do período de molhamento da superfície foliar do cafeeiro causado por orvalho são mostrados no Quadro 1.

Os resultados da análise de variância dos dados de momento de início relevam que foram altamente significantes as diferenças entre as noites, cujos valores médios variaram de 6,38 h a 15,73 h, em um período cuja duração foi de 16 dias. Essas diferenças mostraram-se associados com diferenças de umidade do solo e do ar. A comprovação dessa verificação está no fato de que o momento de início de formação do orvalho I mostrou-se diretamente correlacionado com o número de horas X decorridas a partir do final da última chuva anterior ao evento, conforme mostra a Figura 2, tendo-se obtido a equação

$$I = 0,049 X + 7,56$$

com um coeficiente de correlação de 0,85, significante ao nível de 1 por cento de probabilidade. Desse forma, o momento de início da formação do orvalho atrasou-se numa taxa de 1,17 hora para cada dia de afastamento da última chuva, em decorrência da diminuição de umidade. A dependência do momento de início da formação de orvalho com a data da última chuva está de acordo com Lloyd (4).

Embora o momento de início tenha se mostrado correlacionado com o afastamento do final da última precipitação, a relação só se verifica em condições de resfriamento noturno favoráveis à formação de orvalho.

Não ocorreu diferença significativa no momento de início da formação de orvalho por efeito do tipo de condução de plantas. As médias variaram de 10,97 a 10,71 h, com uma diferença de 16 minutos. Da mesma forma não foi significativo o efeito de face, com o orvalho iniciando-se 8 minutos mais tarde na face nascente, nem a interação, significando que não ocorreu diferença de comportamento nas faces em relação ao tipo de condução das plantas, que define o índice de cobertura do solo e o índice de área foliar.

Embora não se tenha constatado significância entre faces e entre conduções, nota-se pelo Quadro 1 que a diferença entre as faces para a parcela decotada é muito pequena, enquanto que a diferença entre as faces na parcela recepada é de 0,30 hora. Cronologicamente, o início do molhamento ocorreu na face poente da parcela recepada, depois na sua face nascente e por último em ambas as faces da parcela decotada. Como as plantas da linha 4 da parcela recepada II contavam com um ano de desenvolvimento, o seu pequeno volume foliar permitia uma maior ventilação de suas folhas, o que deve ter permitido o início da formação de orvalho mais cedo do que ocorreu nas plantas bem enfolhadas. A maior ventilação condiciona um maior fluxo de vapor d'água em direção à folhagem. Esse mesmo mecanismo deve ter sido o responsável pelo início mais tardio da formação do orvalho na parcela decotada, onde a circulação do ar é menor.

As médias de momento de fim entre as noites foram estatisticamente diferentes, tendo variado de 6,67 a 8,96 h. Ao contrário do que ocorreu com o momento de início, o momento em que cessou o molhamento não se mostrou correlacionado com o afastamento em relação à última chuva, conforme pode ser visto na Figura 2. As diferenças poderiam ser explicadas pela quantidade de orvalho formado e pelas condições de secamento.

Não ocorreu significância para o efeito do tipo de condução de plantas sobre o momento de fim do período de molhamento. Entretanto o Quadro 1 mostra uma diferença de 0,5 h entre as médias das parcelas decotada e recepada, com o momento de fim de molhamento mais tardio na parcela decotada. A justificativa física do porque o momento de fim ocorreu mais cedo na parcela recepada deve ser que nesta o balanço de radiação foi maior, devido a uma menor porcentagem de cobertura do solo e ao menor albedo do solo. Em consequência ocorreu um maior aquecimento do ar, que condicionou um maior poder evaporante do ar e uma mais rápida evaporação do orvalho. Deve ter-se associado a este efeito a maior ventilação das plantas da parcela recepada.

O efeito de face de exposição foi significativo sobre o momento de fim do molhamento por orvalho. O efeito mais pronunciado ocorreu dentro da parcela decotada, com uma diferença de 0,72 h, enquanto que na parcela recepada a diferença entre as faces foi de 0,13 h, com o momento de fim ocorrendo mais tarde nas faces poentes das plantas. O momento de fim do molhamento das faces poentes das plantas foi mais tardio pelo fato da radiação solar, no período da manhã, incidir diretamente sobre as faces nascentes das plantas. Pelo maior aquecimento das folhas das faces nascentes, ocorreu uma mais intensa evaporação do orvalho. As folhas dos lados poentes secaram predominantemente pelo aumento do poder evaporante do ar, uma vez que não receberam radiação solar diretamente. A diferença nos momentos de fim do molhamento entre as faces nascente e poente foi mais pronunciada na parcela decotada porque na parcela recepada ocorreu maior exposição da superfície do solo à radiação solar e uma maior ventilação da folhagem.

Não se constatou significância para a interação condução-face, revelando que as faces não se comportaram de maneira diversa com relação às conduções.

Foram significantes as diferenças de duração do período de molhamento entre as noites, variando de 2,61 a 14,59 h. Observou-se uma estreita correlação entre a duração D do período de molhamento com o número de horas X de afastamento em relação à última precipitação, conforme se vê na Figura 2, cuja equação é:

$$D = -0,063 X + 13,10$$

com um coeficiente de correlação 0,85, significativo ao nível de 5 por cento de probabilidade. Esta relação, conforme a Figura 2 evidencia, é decorrente do retardamento no momento de início a medida que se afasta das precipitações. A maior disponibilidade de água no solo e na atmosfera imediatamente após as precipitações permite a formação de maior quantidade de orvalho nas noites propícias ao fenômeno.

Tendo em vista que algumas doenças do cafeeiro dependem da existência de um filme de água líquida sobre a superfície vegetal e que deve existir uma duração mínima de molhamento para que o agente patogênico penetre na planta, a infecção somente poderá ocorrer depois de uma chuva ou longos períodos

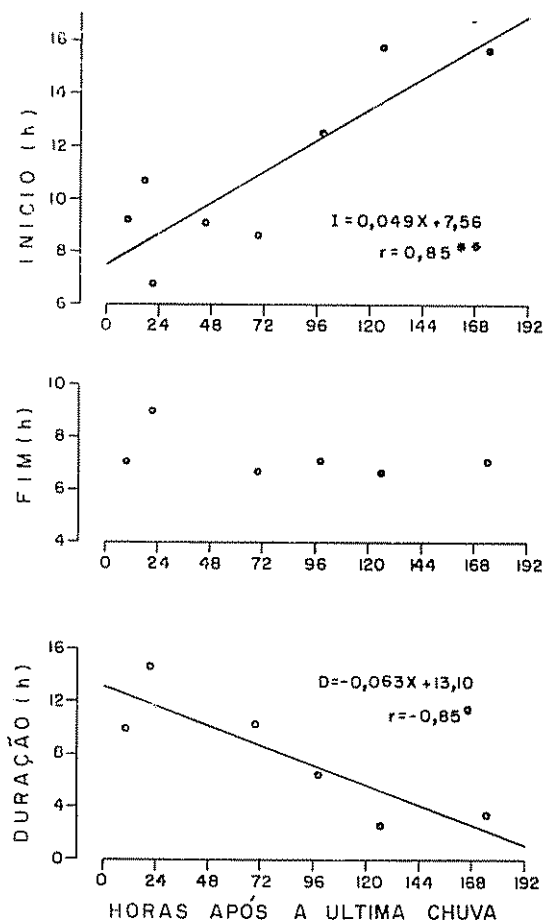


Fig. 2 — Dependência entre o momento de início, o momento de fim e a duração do período de molhamento do cafeeiro por orvalho com o intervalo de tempo decorrido a partir da última chuva.

de molhamento por orvalho. Como as maiores durações de orvalho ocorrem associadas com as precipitações, deve ser de difícil separação o efeito da precipitação e o efeito do molhamento por orvalho na infecção da planta. Este seria o caso, por exemplo, da ferrugem alaranjada do cafeeiro.

Não se observou significância para as diferenças de duração do molhamento entre as parcelas decotada e recepada, cujos valores médios foram 7,88 e 7,92 h.

Obteve-se significância para o efeito da face de exposição, com uma duração do molhamento maior em 0,41 h na face poente, em média. Isoladamente a diferença foi maior na parcela decotada, 0,60 h, enquanto que foi 0,22 h na parcela recepada. A maior duração foi observada na face poente das plantas da parcela decotada devido a ser a face que secou mais tarde; a segunda ordem foi a face poente das plantas da parcela recepada, em decorrência de que foi a primeira em que o orvalho se formou; e na ordem seguem as faces nascentes das plantas da parcela recepada e da parcela decotada, respectivamente.

Quadro 2 — Valores médios de momento de fim e de duração do período de molhamento por chuva da superfície vegetal do cafeeiro em dois tipos de condução de plantas e duas faces de exposição (horas).

Tipo de Condução	Fim			Duração		
	Nascente	Poente	Média	Nascente	Poente	Média
Recepada	9,27	9,89	9,58	15,22	16,34	15,78
Decotada	9,97	11,01	10,49	16,32	17,56	16,94
Média	9,62	10,46	10,04	15,77	16,95	16,36

Molhamento por Chuva

Os valores médios dos parâmetros do período de molhamento da superfície foliar do cafeeiro causado por chuva são mostrados no Quadro 2.

O início do molhamento da superfície foliar do cafeeiro por chuva ocorreu simultaneamente em ambas as faces de exposição e em ambas as parcelas. As diferenças a serem analisadas deveriam ser, portanto, as referentes ao momento de fim do qual dependeria a duração do período de molhamento.

Observou-se significância para as diferenças de momento de fim entre as noites, cujos valores médios variaram de 7,17 a 12,07 h. Essas diferenças devem estar ligadas à quantidade de precipitação interceptada, à intensidade de energia solar no período de secamento e ao poder evaporante do ar.

As diferenças entre as parcelas foram altamente significativas, sendo o momento de fim de molhamento 0,91 h mais tardio na parcela decotada. As considerações já feitas para secamento do orvalho valem também aqui, de modo que a fração de cobertura do solo, menor na parcela recepada, favoreceu um maior recebimento de energia pelo solo, um maior aquecimento do ar e um secamento mais cedo do orvalho das plantas recepadas. A diferença de 0,91 h, superior a de 0,50 h do molhamento por orvalho, deve ser consequência de que a quantidade de água interceptada da chuva é maior que a depositada por orvalho.

Observou-se significância para face de exposição. O momento de fim foi 0,84 h mais tardio na face poente, sendo essa diferença de 1,04 h na parcela decotada e de 0,62 h na parte recepada. A explicação prende-se ao fato de que a face nascente recebe diretamente a energia solar pela manhã, secando portanto mais cedo. As diferenças são menores na parcela de plantas recepadas porque aqui a fração descoberta do solo, sendo maior que na de plantas decotadas, contribui para um maior aquecimento do ar, que agirá na

evaporação da água da superfície vegetal mais equitativamente em ambas as faces, associado com uma maior ventilação.

Não se observou significância para a interação face-condução, revelando que as faces não atuaram diferentemente nas duas parcelas.

Tendo-se observado que ocorreu simultaneidade nos momentos de início do período de molhamento por chuva, a análise das durações dos períodos de molhamento deve ser idêntica àquela feita para os momentos de fim. A duração do período de molhamento variou entre os limites de 7,37 a 23,83 h, com valores médios de 15,78 h para a parcela recepada e 16,94 para a parcela decotada. As maiores durações de molhamento ocorreram nas plantas da parcela decotada pelo fato de sua superfície foliar secar mais tarde, o mesmo ocorrendo com as faces poentes das plantas de ambas as parcelas em relação as faces nascentes.

Comparando-se os dados de momento de fim do molhamento por chuva e por orvalho, observa-se que ocorreu a mesma ordem de sequência dos momentos, isto é, primeiro secou a face nascente das plantas recepadas, seguindo-se a face poente dessas plantas, posteriormente a face nascente das plantas decotadas e por último a face poente dessas plantas. Esta sequência de momentos foi observada para as condições do ensaio, tendo ocorrido em todos os casos o secamento das plantas durante a elevação do sol acima do horizonte. Na hipótese de que o início de um período de secamento se dê durante a fase em que diminui a altura do sol, vai haver mudança na sequência dos momentos de fim, pois o processo de secamento é decorrente do balanço de radiação.

Medição do Molhamento

A duração do período de molhamento é um parâmetro importante do ponto de vista biológico, com respeito à infecção das plantas por agentes patogênicos. Desde que as demais condições sejam favoráveis, as maiores infecções são decorrentes das maiores durações do molhamento.

Comparando os Quadros 1 e 2, verifica-se que o valor médio da duração do molhamento é de 7,90 h para orvalho e 16,36 h para chuva. As faixas de variação foram de 2,61 a 14,59 h para orvalho e de 7,37 a 23,83 h para chuva. Isto mostra que o molhamento por chuva teria uma maior importância para a infecção das plantas, o que concorda com a observação de Bock (1). Por outro lado não se exclui a importância das grandes durações de molhamento por orvalho na infecção (2).

Tendo em vista o interesse em se medir as maiores durações de molhamento, que propiciam melhor condição de infecção, os registros do molhamento deveriam ser feitos nas faces poentes das plantas, desde que as ruas estejam orientadas no sentido norte-sul, pois foi nessa face que foram registrados os maiores valores, tanto na cultura decotada como na recepada.

Conclusões

O desenvolvimento do presente trabalho, em cafezal cujas linhas tem orientação norte-sul e exposição oeste, instalado em terra roxa estruturada, levou às seguintes conclusões:

a. A duração do molhamento, tanto por orvalho como por chuva, foi maior em parcela decotada do que em parcela recepada

b. A duração do molhamento, por orvalho ou por chuva, foi maior na face poente das plantas do que na face nascente.

c. Diferenças de duração do molhamento foram decorrentes de diferenças no momento de fim do período de molhamento, pois os momentos de início não diferiram estatisticamente.

d. O momento de início do período de molhamento por orvalho mostrou-se correlacionado positivamente com o intervalo de tempo decorrido a partir do final da última precipitação

Resumo

Este trabalho estuda os parâmetros momento de início, momento de fim e duração do período de molhamento, por orvalho e por chuva, da superfície foliar exposta de cafeeiros.

O molhamento vegetal foi observado visualmente nas faces nascente e poente das plantas, em duas parcelas, uma decotada e outra recepada, com as linhas de plantas orientadas norte-sul.

No molhamento por orvalho, o momento de início atrasou-se e a duração diminuiu com o aumento do intervalo de tempo depois da última chuva.

A duração do molhamento, por orvalho ou por chuva, foi maior (i) na face poente das plantas que na face nascente (ii) na parcela decotada que na parcela recepada

As diferenças de duração de molhamento foram decorrentes de diferenças no momento de fim, pois os momentos de início não diferem estatisticamente.

Resumen

Se estudiaron los parámetros del momento de iniciación, fin y duración del período de mojadura, por rocío o por lluvia, de la superficie foliar expuesta de los árboles de café.

La observación visual de la mojadura de la superficie fue realizada en los lados este y oeste de las plantas, las que estaban dispuestas en una orientación norte-sur, en dos parcelas, una de plantas recepadas y la otra, descopadas.

Para la mojadura por rocío, el momento del inicio se demoró y la duración disminuyó con el aumento del lapso después de la última lluvia. La duración del período de mojadura, ya sea por rocío o por lluvia, fue mayor (i) en el lado oeste de las plantas, comparado con el lado este, y (ii) en la parcela de plantas recepadas comparado con la parcela de planta recepadas.

Literatura citada

1. BOCK, K.R. Dispersal of uredospores of *Hemileia vastatrix* under field conditions. Transactions of the British Mycological Society 45 (1): 63-74 1962.
2. CHAVES, G.M.; CRUZ FILHO, J.; CARVALHO, M.G.; MATSUOKA, K.; COELHO, D.T. e SHIMOYA, C. A ferrugem do cafeeiro (*Hemileia vastatrix* Berk & Br.) Revisão de literatura com observações e comentários sobre a enfermidade no Brasil, Seiva, (Viçosa) 1970 75 p. (Numero especial).
3. KIRKPATRICK, I.W. The climate and eco-climate of coffee plantations Amani, East African Agricultural Research Station, 1935. 66 p.
4. LLOYD, M.G. The contribution of dew to the summer water budget of Northern Idaho. Bulletin of the American Meteorological Society 42: 572-580 1961
5. NASCIMENTO, F.J.L. Estimativa da formação de orvalho e molhamento foliar em cafezal (*Coffea arabica* L.) não sombreado Botucatu SP, 1973. (Tese de Doutorado - Faculdade de Ciências Médicas e Biológicas de Botucatu) 125 p
6. ORTOLANI, A.A.; VIANNA, A.C.C. e ABREU, R.G. *Hemileia vastatrix* Berk & Br. Estudos e observações em regiões da Africa e sugestões à cafeicultura do Brasil Ministério de Industria e do Comercio, Instituto Brasileiro do Café, Secretaria da Agricultura do Estado de São Paulo, Relatório, 1971 222 p.
7. WOODHEAD, I. An investigation into some micrometeorological aspects of coffee berry disease. Agricultural Meteorology 6: 195-210 1969