



Revista Iberoamericana de Tecnología  
Postcosecha

ISSN: 1665-0204

rebasa@hmo.megared.net.mx

Asociación Iberoamericana de Tecnología  
Postcosecha, S.C.

México

Kluge, Ricardo Alfredo; Jacomino, Angelo Pedro; Morelli Alves, Renata; Camargo e Castro, Paulo  
Roberto de; Saavedra del Aguila, Juan

Efeito do 1-metilciclopropeno em ameixa e nectarina

Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha, vol. 9, núm. 1, 2008, pp. 26-33

Asociación Iberoamericana de Tecnología Postcosecha, S.C.

Hermosillo, México

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81311226005>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal

Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

## EFEITO DO 1-METILCICLOPROPENO EM AMEIXA E NECTARINA

Ricardo Alfredo Kluge<sup>1,6</sup>; Angelo Pedro Jacomino<sup>2,6</sup>; Renata Morelli Alves<sup>3,6</sup>;  
Paulo Roberto de Camargo e Castro<sup>4</sup>; Juan Saavedra del Aguila<sup>5,7</sup>

<sup>1</sup>Prof. Associado do Departamento de Ciências Biológicas, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ), Universidade de São Paulo (USP), C. Postal 9, 13418-900, Piracicaba, SP, Brasil. E-mail: [rakluge@esalq.usp.br](mailto:rakluge@esalq.usp.br);

<sup>2</sup>Prof. Doutor do Departamento de Produção Vegetal, ESALQ/USP; <sup>3</sup>Mestranda do Programa de Pós-graduação em Entomologia, ESALQ/USP; <sup>4</sup>Prof. Titular do Departamento de Ciências Biológicas, ESALQ/USP;

<sup>5</sup> Doutorando do Programa de Pós-graduação em Fitotecnia, ESALQ/USP; <sup>6</sup> Bolsista CNPq; <sup>7</sup> Bolsista FAPESP.

*Palavras-chave: Prunus salicina Lindl., Prunus persica var. nucipersica, etileno, 1-MCP.*

### RESUMO

Ameixas e nectarinas apresentam reduzida vida útil pós-colheita devido, em parte, a sua alta taxa respiratória e amadurecimento rápido. Estes processos estão relacionados com a produção e a ação do etileno. Ameixas cv. Reubennel e nectarinas cv. Rosalina foram colhidos em dois estádios de maturação (verde e maduro), enquanto que nectarinas cv. Josefina foram colhidas no estágio maduro. Os frutos foram tratados com o 1-metilciclopropeno (1-MCP) nas concentrações de 0, 100, 300 e 900 nL L<sup>-1</sup>, durante 12 horas a 25°C. Após os tratamentos os frutos foram armazenados em condições ambientais (25°C) durante oito dias. Não houve efeito do 1-MCP sobre o amadurecimento e vida útil dos frutos. É possível que para nas variedades testadas de ameixa e nectarina a ausência de efeito do 1-MCP esteja ligada ao nível de receptores presente na polpa ou à presença de diferentes tipos de receptores de etileno.

### EFFECT OF 1-METHYLCYCLOPROPENE IN PLUM AND NECTARINE

*Key words: Prunus salicina Lindl., Prunus persica var. nucipersica, ethylene, 1-MCP.*

### ABSTRACT

Plums and nectarines shows reduced postharvest shelf life, partially, due to their respiratory rate and fast ripening. These processes are related to ethylene production, as well as its action. Plums cv. Reubennel and nectarines cv. Rosalina, were picked at two different ripening stages (mature green and ripe). Nectarines cv. Josefina were picked only ripe ripening stage. Fruits were treated with 1-methylcyclopropene (1-MCP), the at concentrations of 0, 100, 300 and 900 nL L<sup>-1</sup> for 12 hours at 25°C. After treatment, the fruits were stored at room temperature (25°C) for eight days. There were no effects of 1-MCP on ripening and shelf life of the fruits. It is possible that for in the tested varieties of plum and nectarine the absence of effect of the 1-MCP is related to the level of receivers in the pulp or to the presence of different types of ethylene receivers.

## INTRODUÇÃO

Ameixas, pêssegos e nectarinas apresentam reduzida vida útil pós-colheita devido, em parte, a sua alta taxa respiratória e amadurecimento rápido. A perda de firmeza de polpa e a ocorrência de podridões constituem os principais fatores depreciadores da qualidade das frutas, principalmente durante a comercialização em temperatura ambiente (Kluge et al., 1997). Estas frutas de caroço são climatéricas, onde a ação do etileno regula o amadurecimento e a senescência. Em certo estágio do desenvolvimento dos frutos, o etileno se liga ao seu receptor da célula e desencadeia uma sucessão de eventos que culminam com o amadurecimento e senescência dos frutos (Burg & Burg, 1967; Lelièvre et al., 1997a).

Tem sido verificado que a inibição da ligação do etileno ao seu receptor reduz a ação do mesmo e, como isso, retarda o amadurecimento e a senescência. Alguns compostos são capazes de bloquear a ligação do etileno ao seu receptor na célula, causando inibição dos efeitos deste hormônio, como é o caso do 2,5-norbornadieno (NBD) e do diazocyclopentadieno (DACP). Foi verificado que estes compostos retardaram o amadurecimento de maçãs (Blankenship & Sisler, 1989 e 1993; Gong & Tian, 1998). Entretanto, estes compostos não têm sido comercialmente aceitos devido à sua toxidez.

O 1-metilciclopropeno (1-MCP ou  $C_4H_6$ ) é um composto volátil recentemente descoberto e que tem demonstrado ser um potente inibidor da ação do etileno (Serek et al., 1995). Embora o 1-MCP seja um gás, ele tem sido formulado como pó, o qual libera o 1-MCP quando misturado a uma solução básica ou água. O 1-MCP se liga fortemente ao sítio de ligação do etileno, evitando a ligação e a ação do mesmo.

O 1-MCP retarda a senescência de flores cortadas e plantas envasadas quando aplicado em baixíssimas concentrações, ao nível de  $nL L^{-1}$  (Serek et al., 1994 e 1995; Porat et al., 1995; Sisler et al., 1996). Estudos indicaram que o 1-MCP, além de restringir a ação do etileno, pode reduzir sua produção e,

com isso, retardar o amadurecimento de muitos frutos climatéricos, como verificado em pêra (Lelièvre et al., 1997b), maçã (Fan et al., 1999), banana (Sisler & Serek, 1997; Golding et al., 1998; e Jiang et al., 1999), ameixa (Abdi et al., 1998), tomate (Nakatsuka et al., 1997; Sisler & Serek, 1997) e damasco (Fan et al., 2000).

Kluge & Jacomino (2002), verificaram efeito benéfico do 1-MCP em pêssego 'Aurora-1', tendo mantido a firmeza e a coloração dos frutos durante a exposição em temperatura ambiente.

Considerando a potencialidade do 1-MCP em retardar o amadurecimento de frutos climatéricos e prolongar o seu período de conservação, o objetivo do presente trabalho foi avaliar o efeito inibitório do 1-MCP sobre o amadurecimento e senescência de ameixas e nectarinas.

## MATERIAL E MÉTODOS

As frutas foram obtidas da Empresa Holambra, e colhidas na região produtora de frutas de caroço, em Paranapanema, SP, Brasil. As frutas foram colhidas pela manhã e transportadas imediatamente para o Departamento de Produção Vegetal da ESALQ/USP, em Piracicaba, SP, onde o experimento foi conduzido.

Ameixas 'Reubennel' foram colhidas em dois estádios de maturação (verde ou "de vez" e maduro) e submetidas a diferentes concentrações de 1-MCP (0; 100; 300 e 900  $nL L^{-1}$ ). Os tratamentos consistiram na exposição dos frutos ao 1-MCP por 12 horas a 25°C, em câmaras herméticas. Foram utilizadas 4 repetições por tratamento, sendo cada uma composta de 10 frutos. As avaliações foram realizadas após 2, 4, 6 e 8 dias a 25°C.

Duas cultivares de nectarina: Rosalina e Josefina foram utilizadas, sendo que a cultivar Rosalina foi utilizada em dois estádios de maturação (verde ou "de vez" e maduro). As frutas foram submetidas a diferentes concentrações de 1-MCP (0; 100; 300 e 900  $nL L^{-1}$ ). Os tratamentos consistiram na exposição dos frutos ao 1-MCP por 12 horas a 25°C, em câmaras herméticas. Foram utilizadas 4 repetições por tratamento, sendo cada uma

composta de 10 frutos. As avaliações foram realizadas após 2, 4, 6 e 8 dias a 25°C.

As seguintes variáveis respostas foram analisadas:

- Firmeza de polpa: com penetrômetro digital e ponteira de 6 mm de diâmetro. Os resultados foram expressos em Newtons. Foram realizadas duas leituras por fruto.
- Coloração: através de um colorímetro Minolta, com os resultados sendo expressos em L\*, C\* e h° (luminosidade, croma e ângulo de cor, respectivamente). Foram realizadas duas leituras por fruto.
- Podridões: em cada período de avaliação foi contado o número de frutos podres e calculado o percentual em relação ao total por tratamento. Foi considerado frutos com podridão aquele com, no mínimo, uma lesão de 3 mm de diâmetro.

O delineamento experimental foi inteiramente ao acaso em esquema fatorial 4 x 5, com 4 tratamentos (concentrações de 1-MCP) e 5 períodos de avaliação (0, 2, 4, 6 e 8 dias). Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância (teste F), e em caso de significância, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas Tabelas 1 a 5 estão apresentados os resultados referentes à aplicação do 1-MCP em ameixa 'Reubennel'. De maneira geral, não houve efeito do 1-MCP sobre as variáveis analisadas.

A firmeza de polpa apresentou pouca variação ao longo do período estudado (Tabela 1), enquanto que os valores de L\*, C\* e h° foram sendo reduzidos durante o armazenamento, ou seja, houve um desenvolvimento de coloração característica da fruta, independente da aplicação ou não do 1-MCP (Tabelas 2, 3 e 4).

O percentual de podridões foi bastante baixo para esta cultivar, tendo alcançado pouco mais de 5,0% ao final de 8 dias a 25°C (Tabela 5).

**Tabela 1. Firmeza de polpa (Newtons) em ameixas 'Reubennel' colhidas em dois estádios de maturação (verde e maduro) e tratadas com 1-metilciclopropeno.**

1-MCP (nL L <sup>-1</sup> )	Dias após a colheita				
	0	2	4	6	8
Verde					
0	22,24	26,01	27,14	26,43	23,83
100	22,24	24,24	28,88	24,84	24,84
300	22,24	24,68	28,68	25,25	22,43
900	22,24	26,56	30,55	25,42	22,92
Teste F	ns	ns	Ns	ns	ns
CV (%)	-	10,95	9,82	7,16	7,42
Maduro					
0	20,80	21,50	26,46	23,49	23,20
100	20,80	25,08	29,19	25,17	23,83
300	20,80	23,68	27,57	25,26	22,31
900	20,80	22,59	26,74	24,36	23,23
Teste F	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	-	5,05	8,40	5,37	5,89

*ns = não significativo*

**Tabela 2. Croma (C\*) em ameixas 'Reubennel' colhidas em dois estádios de maturação (verde e maduro) e tratadas com 1-metilciclopropeno**

1-MCP (nL L <sup>-1</sup> )	Dias após a colheita				
	0	2	4	6	8
Verde					
0	37,82	28,29	28,28	28,55	27,76
100	37,82	29,17	29,27	27,80	26,86
300	37,82	27,76	30,04	30,11	28,43
900	37,82	29,54	30,49	29,61	28,02
Teste F	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	-	5,51	4,15	5,20	5,42
Maduro					
0	36,86	27,09	27,74	28,21	26,05a
100	36,86	27,94	30,53	28,10	25,46a
300	36,86	27,58	28,12	27,33	21,59b
900	36,86	26,22	26,41	27,66	23,76ab
Teste F	ns	ns	ns	ns	*
CV (%)	-	5,80	4,79	4,60	5,64

*ns, \* = não significativo e significativo a 5%, respectivamente.*

**Tabela 3. Ângulo de cor (h°) em ameixas 'Reubennel' colhidas em dois estádios de maturação (verde e maduro) e tratadas com 1-metilciclopropano**

1-MCP (nL L <sup>-1</sup> )	Dias após a colheita				
	0	2	4	6	8
	Verde				
0	87,41	86,17	83,43	83,67	80,70
100	87,41	85,28	86,95	85,29	78,30
300	87,41	84,40	84,05	87,22	78,89
900	87,41	88,41	84,89	84,94	82,03
Teste F	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)		2,20	3,76	2,30	3,58
	Maduro				
0	82,11	72,60	73,67	72,04	63,12
100	82,11	74,50	77,16	74,49	70,60
300	82,11	74,66	73,80	72,83	63,67
900	82,11	76,55	72,99	74,55	65,14
Teste F	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)		7,11	4,90	3,41	6,92

<sup>ns</sup> = não significativo

**Tabela 4. L\* (luminosidade) em ameixas 'Reubennel' colhidas em dois estádios de maturação (verde e maduro) e tratadas com 1-metilciclopropano**

1-MCP (nL L <sup>-1</sup> )	Dias após a colheita				
	0	2	4	6	8
	Verde				
0	57,59	51,41	48,64	48,64	47,62
100	57,59	51,88	49,71	48,94	47,73
300	57,59	52,63	48,69	48,59	47,30
900	57,59	53,55	49,81	49,26	47,37
Teste F	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)		2,40	2,67	2,45	2,32
	Maduro				
0	57,42	50,38	46,98	47,60	43,98b
100	57,42	51,34	49,70	47,88	46,87a
300	57,42	51,05	47,86	47,36	46,03ab
900	57,42	51,89	48,50	48,08	47,20a
Teste F	ns	ns	ns	ns	*
CV (%)		2,97	3,00	2,39	2,87

<sup>ns, \*</sup> = não significativo e significativo a 5%, respectivamente.

**Tabela 5. Podridão (%) em ameixas 'Reubennel' colhidas em dois estádios de maturação (verde e maduro) e tratadas com 1-metilciclopropano**

1-MCP (nL L <sup>-1</sup> )	Dias após a colheita				
	0	2	4	6	8
	Verde				
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
100	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
300	0,00	0,00	0,00	1,43	2,86
900	0,00	1,37	4,11	4,11	5,48
	Maduro				
0	0,00	0,00	0,00	0,00	1,75
100	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
300	0,00	0,00	1,75	1,75	1,75
900	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Dados não analisados estatisticamente.

Nas Tabelas 6 a 9 estão apresentados os resultados referentes à aplicação do 1-MCP em nectarina 'Rosalina'. De maneira geral, também não houve efeito do 1-MCP sobre as variáveis analisadas.

**Tabela 6. Firmeza de polpa (Newtons) em nectarina 'Rosalina' colhidas em dois estádios de maturação (verde e maduro) e tratadas com 1-metilciclopropano**

1-MCP (nL L <sup>-1</sup> )	Dias após a colheita			
	0	2	4	6
	Verde			
0	74,50	55,45	75,32	51,44
100	74,50	51,20	69,14	50,54
300	74,50	60,02	69,51	49,43
900	74,50	63,54	66,66	54,33
Teste F	-	ns	ns	ns
CV (%)	-	13,38	9,55	14,85
	Maduro			
0	57,29	36,76	47,71	27,46
100	57,29	41,01	45,19	28,77
300	57,29	41,67	49,27	36,31
900	57,29	35,68	52,12	29,96
Teste F	-	ns	ns	ns
CV (%)		18,59	10,06	20,32

A firmeza de polpa apresentou redução significativa ao longo do período estudado (Tabela 6), mas independeu dos tratamentos. <sup>ns</sup> = não significativo

Os valores de  $C^*$  e  $h^\circ$  também foram reduzidos durante o armazenamento, intensificando a coloração característica da fruta, independente da aplicação ou não do 1-MCP (Tabelas 7 e 8).

**Tabela 7. Croma ( $C^*$ ) em nectarina 'Rosalina' colhidas em dois estádios de maturação (verde e maduro) e tratadas com 1-metilciclopropeno.**

1-MCP (nL L <sup>-1</sup> )	Dias após a colheita			
	0	2	4	6
Verde				
0	50,85	44,07ab	47,52	50,48
100	50,85	45,74a	47,58	49,24
300	50,85	43,52ab	48,30	48,31
900	50,85	42,17b	47,99	48,27
Teste F	-	*	ns	ns
CV (%)	-	3,46	3,21	3,23
Maduro				
0	50,09	53,34	52,58	50,80
100	50,09	52,07	51,08	49,61
300	50,09	49,13	51,20	48,64
900	50,09	50,85	50,73	48,49
Teste F	-	ns	ns	ns
CV (%)	-	4,13	4,17	3,67

<sup>ns,\*</sup> = não significativo e significativo a 5%, respectivamente

**Tabela 8. Ângulo de cor ( $h^\circ$ ) em nectarina 'Rosalina' colhidas em dois estádios de maturação (verde e maduro) e tratadas com 1-metilciclopropeno**

1-MCP (nL L <sup>-1</sup> )	Dias após a colheita			
	0	2	4	6
Verde				
0	104,00	90,82	87,51	78,90
100	104,00	91,14	84,93	82,85
300	104,00	94,97	85,49	80,26
900	104,00	96,55	87,55	86,84
Teste F	-	ns	ns	ns
CV (%)	-	4,75	3,67	4,77
Maduro				
0	91,21	75,21	71,20	68,02
100	91,21	73,54	71,01	69,25
300	91,21	74,12	73,90	66,99
900	91,21	73,52	73,27	66,90
Teste F	-	ns	ns	ns
CV (%)	-	4,36	2,30	5,44

<sup>ns</sup> = não significativo.

O percentual de podridões foi bastante alto para esta cultivar, tendo alcançado valores superiores a 20% já do segundo dia a 25°C

(Tabela 9). Houve uma tendência dos frutos mais maduros serem mais afetados por podridões.

**Tabela 9. Podridão (%) em nectarina 'Rosalina' colhidas em dois estádios de maturação (verde e maduro) e tratadas com 1-metilciclopropeno.**

1-MCP (nL L <sup>-1</sup> )	Dias após a colheita				
	0	2	4	6	8
Verde					
0	0,00	19,05	61,90	71,43	80,95
100	0,00	17,24	27,59	34,48	55,17
300	0,00	12,90	25,81	35,48	45,16
900	0,00	28,57	71,43	78,57	82,14
Maduro					
0	0,00	16,67	63,33	90,00	100,00
100	0,00	26,27	56,67	93,33	100,00
300	0,00	20,00	70,00	96,67	100,00
900	0,00	10,00	73,33	93,33	100,00

*Dados não analisados estatisticamente.*

Nas Tabelas 10 a 13 estão apresentados os resultados referentes à aplicação do 1-MCP em nectarina 'Josefina'. De uma maneira geral, também não houve efeito do 1-MCP sobre as variáveis analisadas para esta cultivar.

A firmeza de polpa apresentou redução significativa ao longo do período estudado (Tabela 10), sem efeito dos tratamentos.

**Tabela 10. Firmeza de polpa (Newtons) em nectarina 'Josefina' tratada com 1-metilciclopropeno**

1-MCP (nL L <sup>-1</sup> )	Dias após a colheita				
	0	2	4	6	8
0	57,89	30,82b	22,20	17,75	10,
100	57,89	40,76b	38,09	22,08	17,95
300	57,89	43,71ab	32,14	21,42	8,67
900	57,89	59,64a	32,62	24,02	6,89
Teste F	-	ns	ns	ns	ns
CV (%)	-	20,36	44,34	40,78	73,91

<sup>ns</sup> = não significativo.

Igualmente ao verificado para as outras cultivares, os valores de  $C^*$  e  $h^\circ$  diminuíram ao longo do armazenamento, havendo desenvolvimento de coloração

característica da fruta, independente da aplicação ou não do 1-MCP (Tabelas 11 e 12).

**Tabela 11. Croma (C\*) em nectarina 'Josefina' tratada com 1-metilciclopropeno ficativo.**

1-MCP (nL L <sup>-1</sup> )	Dias após a colheita				
	0	2	4	6	8
0	31,44	34,55	33,80	31,03	30,03
100	31,44	35,18	33,90	29,64	30,19
300	31,44	32,93	34,14	28,97	28,84
900	31,44	32,21	33,74	27,63	29,65
Teste F	-	ns	ns	ns	ns
CV (%)	-	5,15	3,62	4,27	6,20

<sup>ns</sup> = não significativo.

**Tabela 12. Ângulo de cor (h°) em nectarina 'Josefina' tratada com 1-metilciclopropeno**

1-MCP (nL L <sup>-1</sup> )	Dias após a colheita				
	0	2	4	6	8
0	92,28	105,47	104,07	95,35a	91,47
100	92,28	107,04	104,12	91,63ab	93,20
300	92,28	103,66	103,13	91,03b	89,68
900	92,28	101,48	102,89	82,52b	86,55
Teste F	-	Ns	ns	ns	ns
CV (%)	-	3,50	2,77	5,91	6,65

<sup>ns</sup> = não significativo.

Houve um incremento no percentual de podridões a partir do 4º dia a 25°C (Tabela 13), tendo alcançado 44%, em média, ao final do período de avaliação.

**Tabela 13. Podridão (%) em nectarina 'Josefina' tratada com 1-metilciclopropeno.**

1-MCP (nL L <sup>-1</sup> )	Dias após a colheita				
	0	2	4	6	8
0	-	8,89	31,11	40,00	46,67
100	-	15,91	36,36	47,73	63,64
300	-	8,89	17,78	35,56	40,00
900	-	11,63	23,26	27,91	27,91

Dados não analisados estatisticamente

Tem sido verificado, em vários trabalhos, o efeito positivo do 1-MCP em controlar o amadurecimento e retardar a senescência de várias frutas climatéricas. Este efeito decorre da potente capacidade do 1-MCP em se ligar ao sítio receptores do etileno na

célula e evitar os efeitos fisiológicos desse hormônio vegetal (Serek et al., 1995).

Os resultados encontrados no presente experimento não condizem com os observados por outros autores que trabalharam com frutas de caroço (Abdi et al., 1998; Fan et al., 2000 e Kluge & Jacomino, 2002; Martinez-Romero et al., 2003; Menniti et al., 2004; Bregoli et al., 2005; Manganaris et al., 2007a e 2007b).

A ausência de efeito do 1-MCP nestes cultivares de ameixa e nectarina é pouco explicável à luz dos conhecimentos atuais das relações do 1-MCP com o amadurecimento dos frutos. Algumas considerações, entretanto, podem ser feitas. Tem sido constatado que o ligante do etileno pode ser um grupo de proteína ou uma simples proteína, onde o 1-MCP se liga fortemente e impede a ligação do etileno (Sisler & Serek, 1999). Este sítio de ligação do etileno, ou também chamado de sítio de ação do etileno, tem sido definido com ETR1, verificado em *Arabidopsis thaliana*. Sisler & Serek (1999) questionam se mais tipos de receptores de etileno podem existir. Em relação a isso, Muller et al. (2000) verificaram diferentes níveis de receptores em várias variedades de *Rosa* sp. Os autores observaram que a depender no nível de receptores de etileno, as variedades apresentaram diferentes longevidades.

Assim, é possível que para nas variedades testadas de ameixa e nectarina a ausência de efeito do 1-MCP esteja ligada ao nível de receptores presente na polpa ou à presença de diferentes tipos de receptores de etileno, o que demanda futuros estudos.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdi, N.; Mcglasson, W.B.; Holford, P.; Williams, M.; Mizrahi, Y. 1998. Responses of climacteric and suppressed-climacteric plums to treatment with propylene and 1-methylcyclopropene. *Postharvest Biology and Technology*, v.14, p.29-39.
- Blankenship, S.M.; Sisler, E.C. 1989. 2,5-norbornadiene retards apple softening. *HortScience*, v.24, p.313-314.
- Blankenship, S.M.; Sisler, E.C. 1993. Response of apples to diazocyclopentadiene inhibition of ethylene binding. *Postharvest Biology and Technology*, v.3, p.95-101.

- Bregoli, A.M.; Ziosi, V.; Biondi, S.; Rasori, A.; Ciccioni, M.; Costa, G.; Torrigiani, P. 2005. Postharvest 1-methylcyclopropene application in ripening control of 'Stark Red Gold' nectarines: temperature-dependent effects on ethylene production and biosynthetic gene expression, fruit quality, and polyamine levels. *Postharvest Biology and Technology*, v.37, p.111-121.
- Burg, S.P.; Burg, E.A. 1967. Molecular requirements for the biological activity of ethylene. *Plant Physiology*, v.42, p.144-152.
- Fan, X.; Argenta, L.; Mattheis, J.P. 2000. Inhibition of ethylene action by 1-methylcyclopropene prolongs storage life of apricots. *Postharvest Biology and Technology*, v.20, p.135-142.
- Fan, X.; Blankenship, S.M.; Mattheis, J.P. 1999. 1-methylcyclopropene inhibits apple ripening. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, v.124, p.690-695.
- Golding, J.B.; Shearer, D.; Wyllie, S.G.; Mcglasson, W.B. 1998. Application of 1-MCP and propylene to indentify ethylene-dependent ripening processes in mature banana fruit. *Postharvest Biology and Technology*, v.14, p.87-98.
- Gong, Y.; Tian, M.S. 1998. Inhibitory effect of diazocyclopentadiene on the development of superficial scald in 'Granny Smith' apples. *Plant Growth Regulation*, v.26, p.117-121.
- Jiang, Y.; Joyce, D.C.; Macnish, A.J. 1999. Extension of the shelf life of banana fruit by 1-methylcyclopropene in combination with polyethylene bags. *Postharvest Biology and Technology*, v.16, p.187-193.
- Kluge, R. A.; Cantillano, R. F. F.; Bilhalva, A. B. 1997. Colapso de polpa em ameixas 'Santa Rosa' armazenadas em diferentes regimes de temperatura. *Revista Brasileira de Agrociência, Pelotas*, v. 3, n. 3, p. 125-130.
- kluge, r.a.; jacomino, A.P. 2002. Shelf life of peaches treated with 1-methylcyclopropene. *Scientia Agricola*, v.59, n.1, p.69-72.
- Lelièvre, J.M.; Latché, A.; Jones, B.; Bouzayen, M.; PECH, J.C. 1997a. Ethylene and fruit ripening. *Physiologia Plantarum*, v.101, p.727-739.
- Lelièvre, J.M.; Tichit, L.; Dao, P.; Fillion, L.; Nam, Y.W.; Pech, J.C.; Latché, A. 1997b. Effects of chilling on the expression of ethylene biosynthetic genes in Passe-Crassane pear (*Pyrus communis* L.) fruits. *Plant Molecular Biology*, v.33, p.847-855.
- Manganaris, G.; Vicente, A.R.; Crisosto, C.H.; Labavitch, J.M. 2007a. Effect of dips in a 1-Methylcyclopropene-generating solution on 'Harrow Sun' plums under different temperature regimes, v.55, p.7015-7020.
- Manganaris, G.; Crisosto, C.H.; Bremer, V.; Holcroft, D. 2007b. Novel 1-Methylcyclopropene immersion formulation extends maturity 'Joanna Red' plums (*Prunus salicina* Lindell) (Article in Press).
- Martinez-Romero, D.; Dupille, E.; Guillen, F.; Valverde, J.M.; Serrano, M.; Valero, D. 2003. 1-Methylcyclopropene increases storability and shelf life in climacteric and nonclimacteric plums. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v.51, p.4680-4686.
- Menniti, A.M.; Gregori, R.; Donati, I. 2004. 1-Methylcyclopropene retards postharvest softening of plums. *Postharvest Biology and Technology*, v.31, p.269-275.
- Muller, R.; Stummann, B.M.; Serek, M. 2000. Characterization of an ethylene receptor family with differential expression in rose (*Rosa hybrida* L.) flowers. *Plant Cell Reports*, v.19, n.12, p.1232-1239.
- Nakatsuka, A.; Shiomi, S.; Kubo, Y.; Inaba, A. 1997. Expression and internal feedback regulation of ACC synthase and ACC oxidase genes in ripening tomato fruit. *Plant and Cell Physiology*, v.38, p.1130-1110.
- Porat, R.; Halevy, A.H.; Serek, M.; Borochoy, A. 1995. Na increase in ethylene sensitivity following pollination is the initial event triggering na increase in ethylene production and enhanced senescence of Phalaenopsis orchid flowers. *Physiologia Plantarum*, v.88, p.243-250.
- Serek, M.; Sisler, E.C.; Reid, M.S. 1994. A volatile ethylene inhibitor improves the postharvest life of potted roses. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, v.119, p.572-577.
- Serek, M.; Sisler, E.C.; Reid, M.S. 1995. 1-Methylcyclopropene, a novel gaseous inhibitor of ethylene action, improves the life of fruit, cut flowers and potted plants. *Acta Horticulturae*, n.394, p.337-345.



Sisler, E.C.; Serek, M. 1999. Compounds controlling the ethylene receptor. Bot. Bull. Acad. Sin., v.40, p.1-7.

Sisler, E.C.; Serek, M. 1997. Inhibitors of ethylene responses in plants at the receptors level: recent developments. Physiologia Plantarum, v.100, p.577-582.

Sisler, E.C.; Serek, M.; Dupille, E. 1996. Comparison of cyclopropene, 1-methylcyclopropene, and 3,3-dimethylcyclopropene as ethylene antagonists in plants. Plant Growth Regulation, v.18, p.169-174.