

ÍNDICE

1.- IMPORTANCIA ECONÓMICA DE LOS CÍTRICOS Y SITUACIÓN DE LA RECOLECCIÓN EN ESPAÑA	1
2.- ASPECTOS GENERALES DE LA RECOLECCIÓN MECANIZADA	2
2.1.- PLATAFORMAS DE ASISTENCIA A LA RECOLECCIÓN	3
2.2.- VIBRADORES.....	4
2.2.1.- Máquinas vareadoras.....	5
2.2.2.- Máquinas recolectoras integrales basadas en vareadoras o cosechadoras.....	6
2.2.3.- Vibradores de tronco y ramas.....	7
2.3.- NECESIDAD DE AGENTES ABSCISORES	9
3.- GENERALIDADES SOBRE LA ABSCISIÓN FISIOLÓGICA.....	10
3.1.- PAPEL DE LAS HORMONAS EN LA ABSCISIÓN: AUXINA/ETILENO	11
3.2.- ABSCISORES. DESCRIPCIÓN Y ANTECEDENTES	12
3.2.1.- Dikegulaco (ácido 2,3:4,6-di-O-isopropilideno- α -L-xilo-2-exulofuranoico)	13
3.2.2.- Prosulfurón y metsulfurón-metil e imazameth.....	14
3.2.3.- Coronatina.....	15
3.2.4.- Ácido jasmónico y derivados.....	16
3.2.5.- CMN-P (5-cloro-3-metil-4-nitro-1 <i>H</i> pirazol).....	17
3.2.6.- Etefón (ácido 2-cloroetilfosfónico)	17
3.3.- COMPUESTOS PALIATIVOS A LA DEFOLIACIÓN CAUSADA POR LOS ABSCISORES	19
4.- ANTECEDENTES SOBRE EL EFECTO DE LA VIBRACIÓN Y LA APLICACIÓN DE ABSCISORES SOBRE LOS FRUTOS Y EL ESTADO FISIOLÓGICO DE LOS CÍTRICOS	21
4.1.- EFECTO DE LA VIBRACIÓN SOBRE EL ÁRBOL Y SU ESTADO FISIOLÓGICO	21
4.2.- EFECTO DE LOS ABSCISORES SOBRE LOS FRUTOS	22
4.3.- EFECTO DE LOS ABSCISORES SOBRE EL ESTADO FISIOLÓGICO	23
5.- OBJETIVO DE LA TESIS	25
6.- MATERIALES Y MÉTODOS	26
6.1.- DESCRIPCIÓN DE LAS PARCELAS. TRATAMIENTOS Y FECHAS.....	26
6.2.- DESCRIPCIÓN DE LAS VARIABLES RELACIONADAS CON LA EFICIENCIA DE LA RECOLECCIÓN.	34
6.2.1.- Análisis de los datos	35
6.3.- DESCRIPCIÓN DE LAS VARIABLES RELACIONADAS CON EL ESTADO DE LA FRUTA	37
6.3.1.- Análisis de los datos	41
6.4.- DESCRIPCIÓN DE LAS VARIABLES RELACIONADAS CON EL ESTADO FISIOLÓGICO.....	43

6.4.1.- Análisis de los datos	46
6.5.- DESCRIPCIÓN DE LAS VARIABLES RELACIONADAS CON LA PRODUCCIÓN	48
6.5.1.- Análisis de los datos	48
7.- RESULTADOS	50
7.1.- EFICIENCIA DEL VIBRADOR DE TRONCOS SIN LA APLICACIÓN DE ETEFÓN	50
7.1.2.- Porcentaje de fruta derribada (%)	50
7.1.3.- Porcentaje de fruta derribada sin cáliz (%)	52
7.1.4.- Defoliación (kg hoja/árbol)	54
7.2.- EFICIENCIA DE LA RECOLECCIÓN CON LA APLICACIÓN DE ETEFÓN	56
7.2.1.- Porcentaje de fruta derribada (%)	56
7.2.3.- Porcentaje de fruta derribada sin cáliz (%)	57
7.2.4.- Defoliación (kg hoja/árbol)	57
7.3.- ESTADO DE LA FRUTA EN EL MOMENTO DE LA RECOLECCIÓN Y EFECTO DEL ETEFÓN SOBRE SU CALIDAD INTERNA Y EXTERNA	59
7.3.1.- FRF (N)	59
7.3.2.- ICC	62
7.3.3.- Porcentaje de deformación de la corteza (%)	66
7.3.4.- IM	68
7.3.5.- Porcentaje de manchas (%)	70
7.4.- EFECTO DE LA VIBRACIÓN Y DEL ETEFÓN SOBRE EL ESTADO FISIOLÓGICO DE LOS ÁRBOLES	73
7.4.1.- Potencial hídrico del tallo (Ψ_{tallo})	73
7.3.2.- Conductancia estomática (g_s)	79
7.3.3.- Fotosíntesis neta (A_{CO_2})	82
7.3.4.- Transpiración (E_i)	85
7.3.5.- Porcentaje de interceptación de radiación fotosintéticamente activa de la copa (F_{PAR})	88
7.6.- EFECTO DEL ETEFÓN SOBRE LA PRODUCCIÓN DE LA MISMA CAMPAÑA DE LA APLICACIÓN Y EFECTO DEL ETEFÓN Y EL VIBRADOR DE TRONCOS SOBRE LA PRODUCCIÓN DE LA CAMPAÑA SIGUIENTE	92
8.- DISCUSIÓN	96
9.- CONCLUSIONES	112
10.- BIBLIOGRAFÍA	116
11.- ANEJOS	129
11.1.- ANEJO DE TABLAS A. RESULTADOS REGRESIÓN	130
Tabla R1. - Resultados del análisis de regresión para el porcentaje de fruta derribada (%) en la campaña 09-10 tras la aplicación de etefón (*). D: Dosis (mg/árbol)	130
Tabla R2.- Resultados del análisis de regresión para el porcentaje de fruta derribada (%) en la campaña 10-11 tras la aplicación de etefón (*). D: Dosis (mg/árbol)	131

Tabla R3.- Resultados del análisis de regresión para el porcentaje de fruta derribada (%) en las tres campañas ensayadas (08-09, 09-10 y 10-11) de la parcela Orogrande A tras la aplicación de etefón (*). <i>D</i> : Dosis (mg/árbol).	131
Tabla R4.- Resultados del análisis de regresión para el porcentaje de fruta derribada sin cáliz (%) en la campaña 09-10 tras la aplicación de etefón (*). <i>D</i> : Dosis (mg/árbol).	132
Tabla R5.- Resultados del análisis de regresión para el porcentaje de fruta derribada sin cáliz (%) en la campaña 10-11 tras la aplicación de etefón (*). <i>D</i> : Dosis (mg/árbol).	133
Tabla R6.- Resultados del análisis de regresión para el porcentaje de fruta derribada sin cáliz (%) en las tres campañas ensayadas (08-09, 09-10 y 10-11) de la parcela Orogrande 1 tras la aplicación de etefón (*). <i>D</i> : Dosis (mg/árbol).	133
Tabla R7.- Resultados del análisis de regresión para la defoliación producida (kg hojas/árbol) en todas las parcelas y años de ensayo tras la aplicación de etefón (*). <i>D</i> : Dosis (mg/árbol).	134
Tabla R8.- Resultados de los análisis de regresión para la FRF(N) en todas las parcelas y campañas de ensayo tras la aplicación de etefón (*). <i>D</i> : Dosis (mg/árbol). (*) Los coeficientes de regresión no se muestran cuando el $p > 0.05$	134
Tabla R9.- Resultados de los análisis de regresión para el ICC en todas las parcelas y campañas de ensayo tras y antes de la aplicación de etefón (*). <i>D</i> : Dosis (mg/árbol). (*) Los coeficientes de regresión no se muestran cuando el $p > 0.05$	136
Tabla R10.- Resultados de los análisis de regresión para el porcentaje de deformación de la corteza (%) en todas las parcelas y campañas de ensayo tras la aplicación de etefón (*). <i>D</i> : Dosis (mg/árbol). (*) Los coeficientes de regresión no se muestran cuando el $p > 0.05$	138
Tabla R11.- Resultados de los análisis de regresión para el IM en todas las parcelas y campañas de ensayo tras la aplicación de etefón (*). <i>D</i> : Dosis (mg/árbol). (*) Los coeficientes de regresión no se muestran cuando el $p > 0.05$	139
Tabla R12.- Resultados de los análisis de regresión para el porcentaje de fruta con manchas (%) en las parcelas y campañas de ensayo en las que se contabilizaron tras la aplicación de etefón (*). <i>D</i> : Dosis (mg/árbol). (*) Los coeficientes de regresión no se muestran cuando el $p > 0.05$. .	140
Tabla R13.- Significación de la regresión lineal para la producción (kg/árbol) como función de la <i>dosis de etefón</i> (mg/L) en árboles recolectados mecánicamente en las parcelas de Orogrande (1 y 2), Marisol, Clemenules, Fortune y Navel Lane Late en la primera campaña de ensayos. Producción (Media±ES) obtenida por cada dosis en cada parcela.	141
Tabla R14.- Resultados obtenidos de los análisis de Regresión Lineal Múltiple (RLM): significación del modelo y coeficientes de regresión para producción (kg/árbol)	142
11.2.- ANEJO DE TABLAS B. RESULTADOS ANOVA.	143
TablaA1.- Resultados de los ANOVA realizados para los estudios del efecto del tratamiento sobre el potencial hídrico del tallo o de hoja embolsada (Ψ_{tallo} , MPa) en las parcelas de Orogrande (1 y 2), Marisol, Clemenules, Fortune y Navel Lane Late en las fechas en las que previamente se observaron diferencias visuales. En las parcelas en las que no se observaron diferencias visuales, se indica como NDV (no diferencias visuales).	143

Tabla A2.- Diferencias significativas* encontradas en los ANOVA realizados para los estudios del efecto del tratamiento en conductancia estomática (g_s , $\text{mmol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$) en las parcelas de Orogrande (1 y 2), Marisol, Clemenules, Fortune y Navel Lane Late en las fechas en las que previamente se observaron diferencias visuales. En las parcelas en las que no se observaron diferencias visuales, se indica como NDV (no diferencias visuales).	144
Tabla A3.- Diferencias significativas* encontradas en los ANOVA realizados para los estudios del efecto del tratamiento en la fotosíntesis neta (A_{CO_2} , $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$) en las parcelas de Orogrande (1 y 2), Marisol, Clemenules, Fortune y Navel Lane Late en las fechas en las que previamente se observaron diferencias visuales.	146
Tabla A4.- Diferencias significativas* encontradas en los ANOVA realizados para los estudios del efecto del tratamiento en la transpiración de la hoja (E_i , $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$) en las parcelas de Orogrande (1 y 2), Marisol, Clemenules, Fortune y Navel Lane Late en las fechas en las que previamente se observaron diferencias visuales.	148
11.3.- ANEJO SOBRE VARIABLES DE ESTADO FISIOLÓGICO.....	150
11.3.1.- El estado hídrico de la planta. Potencial hídrico.....	150
11.3.2.- Intercambio gaseoso de las hojas. Conductancia estomática, transpiración y fotosíntesis neta	152
11.3.3.- Interceptación de la radiación fotosintéticamente activa	154

Índice de tablas

Índice de tablas

Tabla 1.- Características de las parcelas: localización, edad, marco de plantación y volumen de vegetación de copa (*).	27
Tabla 2.- Volumen de caldo, datos meteorológicos y características operativas del vibrador en cada parcela y campaña. (<i>VM: Volumen mayor, Vm: Volumen menor; T^a: Temperatura, HR: Humedad relativa, P: Pluviometría; F: Frecuencia; A: Amplitud; T: Tiempo de vibración.; Días Pul-Rec: Días transcurridos desde la pulverización hasta la recolección</i>).....	28
Tabla 3.- Tratamientos llevados a cabo en el ensayo. <i>NT: árboles no tratados (pulverizados con agua+adyuvante). ET: árboles tratados con etefón; RM: árboles recolectados a mano; RV: árboles recolectados con vibrador de troncos. 1, 2, 3, y 4: Dosis resultantes de la combinación del volumen de caldo y la concentración aplicada en cada variedad</i>	34
Tabla 4.- Porcentaje de fruta derribada (%) (Media ± ES) en función de la variedad, la campaña y la dosis de etefón aplicada.....	51
Tabla 5.- Porcentaje de fruta derribada sin cáliz (%) (Media ± ES) en función de la variedad, la campaña y la dosis de etefón aplicada.	53
Tabla 6.- Defoliación producida (kg/hojas/árbol) (Media ± ES) en función de la variedad, la campaña y la dosis de aplicada.	55
Tabla 7.- FRF (N) (Media±ES) antes de la aplicación de etefón y en el momento de recolección en función de la variedad, la campaña y la dosis de etefón aplicada.	61
Tabla 8.- ICC (Media±ES) antes de la aplicación de etefón y en el momento de recolección en función de la variedad, la campaña y la dosis de etefón aplicada.	63
Tabla 9.- Deformación de la corteza (%) (Media±ES) antes de la aplicación de etefón y en el momento de recolección en función de la variedad, la campaña y la dosis de etefón aplicada.	67
Tabla 10.- IM (Media±ES) antes de la aplicación de etefón y en el momento de recolección en función de la variedad, la campaña y la dosis de etefón aplicada.	69
Tabla 11.- Fruta con manchas (%) (Media±ES) en el momento de recolección, en función de la variedad, la campaña y la dosis de etefón aplicada.	71
Tabla 12.-. Evolución temporal del porcentaje de la fracción de radiación interceptada (%) (FPAR) (Media±Error estándar) en cada parcela de cítrico ensayada, en función del tratamiento. Parcelas: A) Parcela 1 de Orogrande, B) Parcela 2 de Orogrande, C) Marisol, D) Clemenules, E) Navel Lane Late y F) Fortune.....	91
Tabla 13.- Producción (kg/árbol) (Media±ES) obtenida para los diferentes tratamientos en las parcelas de Orogrande (1 y 2), Marisol y Navel Lane Late en la campaña siguiente a las aplicaciones. <i>RM: Recolección manual; RV: Recolección con vibrador. (Media±ES) como una función de Dosis de etefón (mg/L) y Técnica de recolección en las parcelas Orogrande (1 y 2), Marisol y Navel Lane Late' en la campaña siguiente de ensayo</i>	111

Índice de figuras

Índice de figuras

Figura 1.- Plataforma de recolección.	3
Figura 2.- Máquina vareadora.	6
Figura 3.- <i>Arriba.</i> Vibrador de ramas. <i>Abajo.</i> Vibrador de troncos.	8
Figura 4.- <i>Arriba.</i> Aplicación del etefón en diferentes parcelas. <i>Abajo.</i> Detalle del punto de goteo y de la escorrentía del etefón.	30
Figura 5.- Vibrador de troncos utilizado en los ensayos y detalle de cómo la pinza abraza al tronco para realizar la vibración.	32
Figura 6.- Derribo de fruta y hojas sobre lonas amortiguadoras.	32
Figura 7.- <i>Izquierda.</i> Fruta derribada con cáliz. <i>Derecha.</i> Fruta derribada sin cáliz.	35
Figura 8.- Determinación de la FRF con el dinamómetro.	38
Figura 9.- Toma de lectura del color de la corteza.	39
Figura 10.- Ensayo de compresión para determinar los mm de corteza deformados.	40
Figura 12.- <i>Izquierda.</i> Valorador automático trabajando para determinar la acidez titulable de las muestras. <i>Derecha.</i> Refractómetro digital calculando los °Brix.	41
Figura 13.- Medida del potencial hídrico del tallo o de hoja embolsada con la cámara a presión.	44
Figura 14.- Medida de la conductancia estomática, fotosíntesis y transpiración con el medidor de intercambio gaseoso.	45
Figura 15.- Medida de la interceptación de PAR por parte de la copa con el ceptómetro.	46
Figura 16.- Ejemplo de la relación entre el ICC (Medias \pm ES) y la dosis de etefón. Resultados de la parcela Orogrande 1 en las tres campañas.	64
Figura 17.- Interacción entre la dosis aplicada y la campaña para el ICC antes de los tratamientos en la variedad Navel Lane Late. Intervalos LSD con un nivel de confianza del 95%.	65
Figura 18.- <i>Arriba.</i> Frutos no tratados con etefón que no presentaron manchas. <i>Abajo.</i> Frutos tratados con la segunda y mayor dosis de etefón (izquierda y derecha respectivamente) que presentaron manchas en la corteza y un halo blanquecino debido al secado de las gotas de producto acumulado.	72
Figura 19.- Evolución del potencial hídrico del tallo o de hoja embolsada (Ψ_{tallo} , MPa) en los árboles no tratados con etefón y recolectados a mano (NTRM), árboles no tratados con etefón y recolectados con vibrador de troncos (NTRV), árboles tratados con la mayor dosis de etefón y recolectados a mano (ET4RM) y árboles tratados con la mayor dosis de etefón y recolectados con vibrador de troncos (ET4RV) dentro de las parcelas Orogrande 1, Orogrande 2, Marisol, Navel Lane Late, Clemenules y Fortune. Las barras verticales muestran el error estándar. Las flechas hacia abajo representan la fecha de aplicación de etefón. Las flechas hacia arriba indican la fecha de recolección.	78
Figura 20.- Evolución de la conductancia estomática (g_s , $\text{mmol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$) en los árboles no tratados con etefón y recolectados a mano (NTRM), árboles no tratados con etefón y recolectados con vibrador de troncos (NTRV), árboles tratados con la mayor dosis de etefón y recolectados a mano (ET4RM) y árboles tratados con la mayor dosis de etefón y recolectados con vibrador de troncos (ET4RV) dentro de las parcelas de Orogrande 1, Orogrande 2, Marisol, Navel Lane Late, Clemenules y Fortune. Las barras verticales muestran el error estándar. Las flechas hacia abajo representan la fecha de aplicación de etefón. Las flechas hacia arriba indican la fecha de recolección.	81
Figura 21.- Evolución de la fotosíntesis neta (A_{CO_2} , $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$) en los árboles no tratados con etefón y recolectados a mano (NTRM), árboles no tratados con etefón y recolectados con vibrador de troncos (NTRV), árboles tratados con la mayor dosis de etefón y recolectados a mano (ET4RM) y árboles tratados con la mayor dosis de etefón y recolectados con vibrador de troncos (ET4RV) dentro de las parcelas de Orogrande 1, Orogrande 2, Marisol, Navel Lane Late, Clemenules y Fortune. Las barras verticales muestran el error estándar. Las flechas hacia abajo representan la fecha de aplicación de etefón. Las flechas hacia arriba indican la fecha de recolección.	84

Índice de figuras

Figura 22.- Evolución de la transpiración de la hoja (E_i , $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$) en los árboles no tratados con etefón y recolectados a mano (NTRM), árboles no tratados con etefón y recolectados con vibrador de troncos (NTRV), árboles tratados con la mayor dosis de etefón y recolectados a mano (ET4RM) y árboles tratados con la mayor dosis de etefón y recolectados con vibrador de troncos (ET4RV) dentro de las parcelas de Orogrande 1, Orogrande 2, Marisol, Navel Lane Late, Clemenules y Fortune. Las barras verticales muestran el error estándar. Las flechas hacia abajo representan la fecha de aplicación de etefón. Las fechas hacia arriba indican la fecha de recolección. 87