

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

ESCOLA TÈCNICA SUPERIOR D'ENGINYERIA
AGRONÒMICA I DEL MEDI NATURAL



Estrategias de manejo de las plantas frescas de fresón a raíz desnuda para el adelanto de la fecha de plantación.

TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERIA AGROALIMENTARIA Y DEL
MEDIO RURAL

ALUMNO: DAVID TAMARIT IBÁÑEZ

TUTOR: SALVADOR LÓPEZ GALARZA

Curso Académico: 2013-2014

VALENCIA, Junio 2014

Licencia Creative Commons "Reconocimiento no Comercial –Sin Obra Derivada".





Estrategias de manejo de las plantas frescas de fresa a raíz desnuda para el adelanto de la fecha de plantación.

Autor: TAMARIT IBAÑEZ, DAVID

Trabajo Final de Grado

Tutor:

D. Salvador López Galarza

Realizado en:

Valencia

Fecha:

Junio, 2014

Resumen:

La plantación temprana, en variedades precoces de fresa, repercute en un adelanto en la entrada en producción y en consecuencia en mejores resultados económicos, al conseguirse precios superiores en esas fechas. No obstante, al adelantar la plantación, la planta fresca de fresa no consigue entrar en latencia en vivero, ni consigue un nivel adecuado de reservas, por lo que al seguir teniendo un crecimiento más activo en el momento del trasplante, aumentan las marras de plantación. En el presente trabajo, se utilizaron plantas frescas de fresa a raíz desnuda del cv. "Primoris" en las que se aplicaron los siguientes tratamientos: Ácido Abscísico (ABA) en viveros de altura, a 2 concentraciones y fechas de arrancado y plantación diferentes; aplicación de un antitranspirante físico (pinolene) después de la plantación, en dos fechas diferentes, y 4 tratamientos control (4 fechas escalonadas de arrancado-plantación). Los niveles de almidón, en coronas y raíces, de los tratamientos a los que se aplicó ABA no mejoraron el nivel de reservas acumulado respecto a sus controles. Además, se constató que el factor que provoca un aumento en el nivel de reservas en plantas frescas de fresa a raíz desnuda era el retraso de la fecha de arrancado de éstas en vivero. Se comprobó también que no existía correlación entre la cantidad de almidón de las plantas y su producción comercial. Por otra parte, el tratamiento ABA 125 consiguió disminuir el número de marras de plantación respecto a su Control. Sin embargo, al retrasar la fecha de plantación dicho efecto no se constató. En la plantación precoz (tratamiento Control) los parámetros productivos resultaron ser los más bajos durante la mayor parte del cultivo. Por esta razón, en el caso de querer realizar una plantación precoz se deberá efectuar algún tipo de tratamiento, con ABA o 'pinolene', con los que se consiguió mejorar los parámetros productivos con respecto a éste. Asimismo, en las fechas de plantación habituales en la provincia de Huelva, entre el 11 y 31 de octubre, no se registraron diferencias productivas entre los diferentes tratamientos aplicados y sus respectivos controles.

Early planting on early strawberry cultivars results in an increase of the earliness of the crop leading to higher economic outcomes due to superior market prices. However, early harvest of the runners from the nursery prevents fresh strawberry plants from entering dormancy resulting in a lower content of starch in roots, thus increasing plantation failure rate as active growth remains at the time of planting. In this research, we studied the effects of the application of abscisic acid (two different concentrations applied at high altitude nurseries and on two harvest -planting- dates), pinolene (anti-transpirant applied after plantation) and 4 controls (4 staggered planting dates) on the behavior of strawberry fresh bare root plants cv. "Primoris" grown in greenhouses. Starch levels, in roots and crown tissue, of ABA treatment plants did not present any increase in the starch reserves level comparing with Control plants. Moreover, we found that the factor which most produced an increase of the reserves level of strawberry fresh bare root plants was the delay on the dig up day in nurseries. There was no correlation between the amount of starch in plants and their commercial production. The ABA-125 treatment reduced the number of failed plants, compared with his Control. However, delaying in the plantation date this effect was not noticed. The early plantation (Control treatment) resulted in the lowest production parameters during most of the study period. This is the reason why, in case of implementing an early plantation, it is advised to apply some treatment, ABA or pinolene, which demonstrated an increased production parameters. On the usual dates of plantation in the Huelva province, from the 11th to 31st October, we did not register any production differences between the applied treatments and their respective Controls.

Palabras clave: ácido abscísico, Pinolene, fecha de trasplante, reservas, marras de plantación, niveles de almidón.

Key Words:

abscisic acid, pinolene, planting dates, reserves, plantation failure rate, starch levels.

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. SITUACIÓN ACTUAL DEL CULTIVO.....	1
1.1.1. Importancia económica a nivel mundial	1
1.1.2. Importancia económica en España: Huelva	2
1.2 IMPORTANCIA PRECODIDAD DEL CULTIVO.....	4
1.2.1. Relación precocidad-precio.....	4
1.2.2. Influencia del cultivar	5
1.2.3. Relación fecha plantación-precocidad:.....	8
1.3. FECHAS DE PLANTACIÓN HABITUALES EN HUELVA:	8
1.3.1. Tendencia al adelanto:	8
1.3.2. Problemática del adelanto	9
1.3.3.1. Marras/importancia económica.....	9
1.3.3.2. Inducción entrada de latencia.....	10
1.3.3.2.1. Balance hormonal	11
1.3.3.2.2. Influencia del ABA en la latencia.....	11
1.4. MEJORA DE LA RESPUESTA DE LAS PLANTAS A RAÍZ DESNUDA DURANTE EL TRASPLANTE	11
1.4.1. Riego.....	12
1.4.2 Anti-transpirantes	12
1.4.2.1 Ácido abscísico	12
1.4.2.2. Físicos	14
1.5. Aplicaciones exógenas de ABA en viveros	14
2. OBJETIVOS	15
3. MATERIAL Y MÉTODOS:	16
3.1. EXPERIMENTO 1	16
3.1.1. Características del experimento.....	16
3.1.1.1. Preparación de las muestras de ABA	17
3.1.2. Plano de repeticiones en el invernadero	18
3.1.3.1. Control del riego.....	19
3.1.4. Parámetros estudiados	19
3.1.4.1. Parámetros productivos.....	19
3.1.4.2. Marras de plantación	20

3.1.5. Análisis estadísticos de los resultados	20
3.2. EXPERIMENTO 2:	21
3.2.1. Preparación de muestras	21
3.2.2. Determinación de azúcares en coronas	21
3.2.3. Determinación de azúcares en raíces:	22
3.2.4. Determinación de almidón en coronas y raíces:.....	22
3.2.6. Análisis de los resultados:	23
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	24
4.1. RESULTADOS	24
4.1.1 Análisis realizados	24
4.1.1.1. Contenido de almidón en raíces	24
4.1.1.2. Contenido de almidón en coronas	24
4.1.2. Marras de plantación	25
4.1.3. Parámetros productivos.....	26
4.1.3.1. Porcentaje de producción comercial	26
4.1.3.2. Producción comercial por planta	26
4.1.3.3. Número de frutos comerciales por planta	27
4.1.3.4. Peso medio de los frutos comerciales.....	28
4.1.4. Análisis de regresión:	28
4.1.4.1. Correlaciones entre el contenido de almidón, en coronas y raíces, y las marras de plantación.....	28
4.1.4.2. Correlación entre el contenido de almidón, en coronas y raíces, y los parámetros productivos estudiados (Tabla 4.9).....	29
4.1.4.3. Correlaciones entre el número de marras de plantación y los parámetros productivos estudiados (Tabla 4.10)	29
4.2. DISCUSIÓN.....	31
5. CONCLUSIONES	34
6. BIBLIOGRAFÍA.....	35
7. ANEXOS	39
7.1. Registro de las temperaturas y humedades relativas.....	39
7.2. Cálculo de las soluciones de ABA.	40
7.3. Tratamientos fitosanitarios realizados.....	41
7.4 . Cálculos necesarios para pasar de lactosa a almidón.	42

Tabla 1.1 Producción mundial de fresón 2001-2011.....	1
Tabla 1.2 Superficie cultivada, producción y rendimiento del cultivo de fresa en el mundo año 2011.....	1
Tabla 1.3 Principales países productores fresa en el mundo año 2011.....	2
Tabla 1.4 Resumen de resultados de una plantación de fresón en Huelva.....	9
Tabla 1.5 Precios de los diferentes tipos de plantas de fresón <i>Campaña 2011/2012</i>	9
Tabla 3.1 Composición de las soluciones nutritivas.....	17
Tabla 3.2. Categorías de los frutos en función de su peso.....	19
Tabla 3.3. Marras de producción según tratamiento.....	20
Tabla 4.1. Experimento 2: Evaluación del contenido de almidón en raíces en cada fecha de trasplante, medido en mg de almidón/g de materia seca por planta, en los diferentes tratamientos.....	24
Tabla 4.2. Experimento 2: Evaluación del contenido de almidón en corona en el momento del trasplante, medido en mg de almidón/g de materia seca por planta, en los diferentes tratamientos.....	25
Tabla 4.3. Experimento 1: Evaluación del número de marras de plantación por unidad de repetición (16 plantas) a fecha de 02-12-2012 en los diferentes tratamientos.....	25
Tabla 4.4. Experimento 1: Porcentaje de producción comercial acumulada por tratamiento..	26
Tabla 4.5. Experimento 1: Producción comercial acumulada por planta.....	27
Tabla 4.6. Experimento 1: Número de frutos comerciales acumulados por planta.....	27
Tabla 4.7 .Experimento 1: Peso medio acumulado de los frutos comerciales.....	28
Tabla 4.8. Coeficientes de correlación entre contenidos de almidón de raíces y coronas y la significación del modelo.....	30
Tabla 4.9. Coeficientes de correlación entre contenidos en almidón de raíces y coronas y los parámetros productivos estudiados. Precoz: hasta el 15-03. Final: hasta el 15-06.....	30
Tabla 7.1. Tratamientos fitosanitarios realizados durante el ciclo de cultivo.....	41
Figura 1.1 Producción española por provincias año 2008.....	3
Figura 1.2 Evolución del rendimiento en España.....	3
Figura 1.3 Comercio de fresa y fresón.....	4
Figura 1. 4 Precio de fresón en origen.....	4
Figura 1.5 Precio medio semanal de fresón al consumo	5

Figura 1.6 Producción precoz en cultivo convencional campaña 2009.....	6
Figura 1.7 Producción precoz en cultivo sin suelo campaña 2009.....	6
Figura 1.8 Producción total en cultivo convencional campaña 2009.....	7
Figura 1.9 Producción total en cultivo sin suelo campaña 2009.....	7
Figura 7.1. Evolución de la temperatura en el cultivo en invernadero de fresón desde el 13 de octubre de 2013 hasta el 14 de Junio del 2014.....	39
Figura 7.2. Evolución de la humedad relativa en el cultivo en invernadero de fresón desde el 13 de octubre de 2013 hasta el 14 de junio del 2014.....	39

1. INTRODUCCIÓN

1. INTRODUCCIÓN

1.1. SITUACIÓN ACTUAL DEL CULTIVO

1.1.1. Importancia económica a nivel mundial

En el último año registrado, según la FAO, se produjeron un total de 4.308.179 t de fresas (*Fragaria x ananassa* Duch.) a nivel mundial. Además, se observa que tanto la superficie dedicada al cultivo, como el volumen de producción y los rendimientos tienden a incrementarse con los años (Tabla 1.1).

Tabla 1.1 Producción mundial de fresón 2001-2011 (FAOSTAT, 2014).

Año	Producción (t)	Superficie cultivada (ha)	Rendimiento (Kg/ha)
2001	3.219.592	253.899	12.860
2002	3.238.855	232.604	13.924
2003	3.347.431	241.290	13.873
2004	3.649.494	248.554	14.683
2005	3.777.481	258.293	14.972
2006	3.971.785	264.299	15.028
2007	3.999.464	264.734	15.107
2008	4.130.279	247.825	16.666
2009	4.594.586	245.755	18.696
2010	4.343.533	227.919	19.057
2011	4.308.179	242.371	17.775

En la tabla 1.2 se presenta la superficie cultivada, producción y rendimiento de la fresa en función de los continentes en el año 2011. En Europa se registra la mayor superficie cultivada, 158.611 ha, que representa el 65%, teniendo a la vez el mayor volumen de producción, 1.435.279t (33%), pero con el rendimiento más bajo, solamente 9.049 kg/ha. América del Norte, ocupa el segundo lugar en volumen de producción con 1.333.570t (31%), en 26.360 ha, sin embargo, presenta el rendimiento más alto. Entre estos 2 continentes acaparan casi dos terceras partes de la producción mundial.

Tabla 1.2 Superficie cultivada, producción y rendimiento del cultivo de fresa en el mundo año 2011 (FAOSTAT, 2014).

Continente	Superficie cultivada (ha)	Producción (t)	Rendimiento (Kg/ha)
Africa	9.173 4%	366.042 8%	39.904
Asia	30.432 13%	744.934 17%	24.479
América central	7.526 3%	241.998 6%	32.155
América del Norte	26.380 11%	1.333.570 31%	50.552
América del Sur	7.806 3%	149.006 3%	19.089
Europa	158.611 65%	1.435.279 33%	9.049
Oceanía	2.443 1%	37.350 1%	15.289
Total Mundial	242.371 100%	4.308.179 100%	17.775

Tal y como se observa en la tabla 1.3, en el año 2011, el principal país productor es EE.UU, alcanzando el 30% del total producido a nivel mundial, consiguiendo a la vez el rendimiento más alto. Le siguen muy de lejos Turquía, España y Egipto.

Tabla 1.3 Principales países productores fresa en el mundo año 2011 (FAOSTAT, 2014).

Orden en el mundo	País	Producción (t)		Superficie cosechada (ha)	Rendimiento (Kg/ha)
1	Estados Unidos	1.312.900	30%	23.260	56.445
2	Turquía	302.416	7%	11.967	25.271
3	España	262.730	6%	6.896	38.099
4	Egipto	240.284	6%	5.628	42.694
5	Mexico	228.900	5%	6.978	32.803
6	Rusia	184.000	4%	27.000	6.815
7	Japón	177.300	4%	6.020	29.452
8	Rep. Korea	171.514	4%	5.816	29.490
9	Polonia	166.159	4%	50.522	3.289
10	Italia	150.000	3%	6.000	25.000
11	Marruecos	110.716	3%	2.516	44.005
12	Reino Unido	106.890	2%	4.972	21.498

El valor total de las exportaciones mundiales es de 564.486 t, el 13% de la producción total. En cuanto a los países más exportadores de fresa, el ranking está liderado por España, país que en el año 2011 alcanzó el 41% del valor de las exportaciones mundiales, seguido de Estados Unidos con el 25%, Egipto 13% y Holanda con 9%.

En cuanto al ranking de países importadores respecto al año 2011, según la FAO, encabeza la lista Canadá con un 16% de las importaciones mundiales, seguido muy de cerca por Estados Unidos con un 15% (a pesar de ser el primer exportador), Alemania 13%, Francia 12% y Reino Unido 6%.

1.1.2. Importancia económica en España: Huelva

En la costa de Huelva, provincia en la que se localiza nuestro objeto de estudio, se reúnen circunstancias agro-climáticas, económicas y sociales únicas para este cultivo, como son la calidad y acidez de los suelos y la amplitud y topografía de las explotaciones.

Cinco fueron los factores que han hecho que se focalice más del 95% de la producción nacional en esta provincia: Suelos arenosos con pH ligeramente ácido, otoños más cálidos que en otras zonas, buena disponibilidad de agua de buena calidad y sistemas de regadío a presión (Figura 1.1).



Figura 1.1 Producción española por provincias año 2008 (Anuario de estadística Agroalimentaria 2009, MAGRAMA)

El desarrollo del cultivo del fresón en la provincia de Huelva fue espectacular a partir de 1980, con fuertes incrementos en la superficie cultivada y la producción. Esto vino acompañado de la recepción de nuevas tecnologías: variedades californianas, desinfección de suelos, plásticos para protección, tecnología del frío, etc. Consiguiendo con esta serie de técnicas una mejora del rendimiento (Figura 1.2).

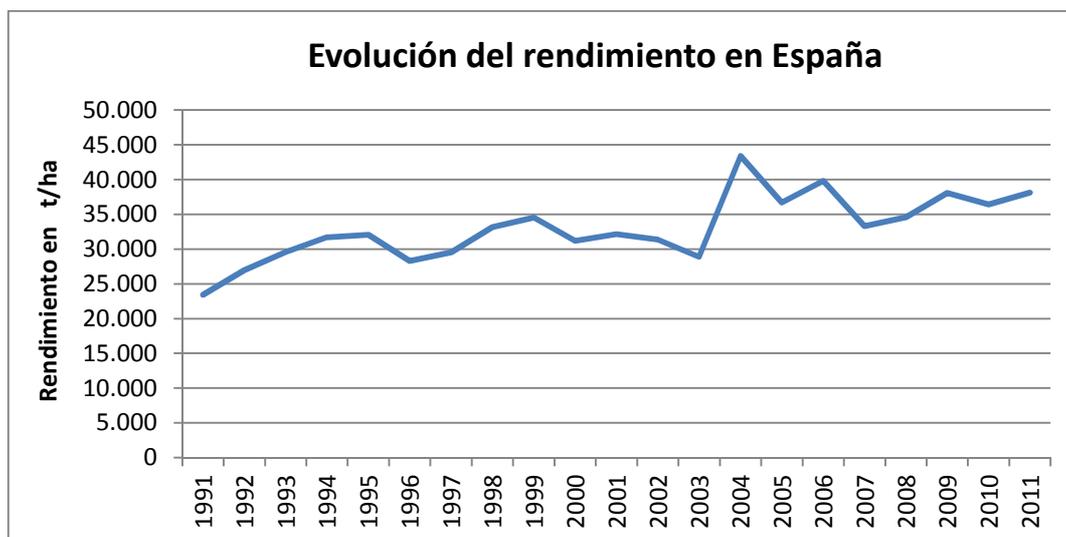


Figura 1.2 Evolución del rendimiento del cultivo del fresón en España durante las campañas 1991-2011 (FAOSTAT, 2014).

En las últimas cuatro campañas, el valor generado por las exportaciones realizadas en el periodo comprendido entre diciembre y julio, osciló entre 328 y 424 millones de euros (Observatorio de precios y mercados, Junta de Andalucía 2012).

De la figura 1.3 se desprende que año tras año más del 50% de la producción onubense se destina a la exportación de esta fruta alrededor de toda Europa. Existen años, como en el 2003 o bien el 2007, donde las exportaciones de fresón son superiores al 90% del total de fruta producida.

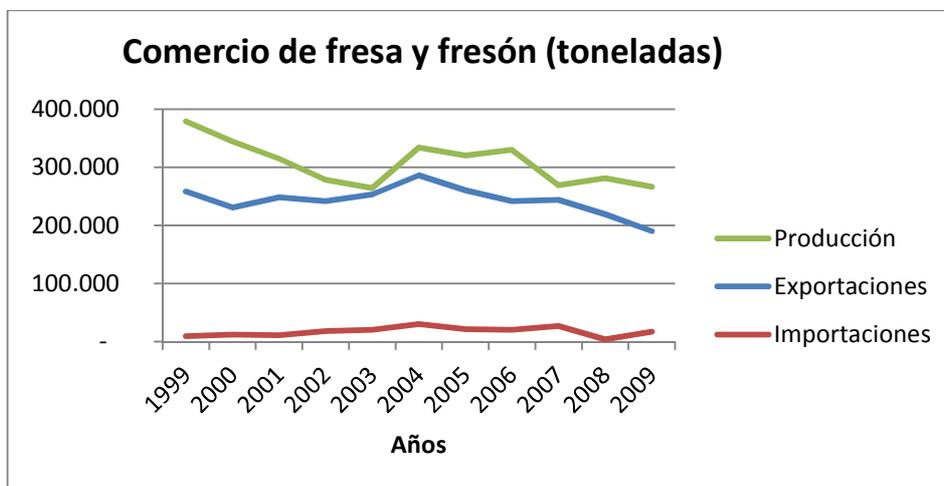


Figura 1.3 Comercio de fresa y fresón (Anuario de estadística Agroalimentaria 2009, MAGRAMA)

1.2 IMPORTANCIA PRECODIDAD DEL CULTIVO

1.2.1. Relación precocidad-precio

La figura 1.4 representa la evolución del precio del fresón en origen (precio a la entrega en el almacén o comercializado sin IVA). Observándose la tendencia al alza en el precio del fresón respecto a la precocidad, es decir, cuanto más precoz es el producto mayor es el precio pagado al agricultor. Por lo general, la campaña de fresón comienza a mediados de noviembre, situándose en este mes los precios más altos, pero conforme van pasando los meses existe una tendencia en el precio a la baja.

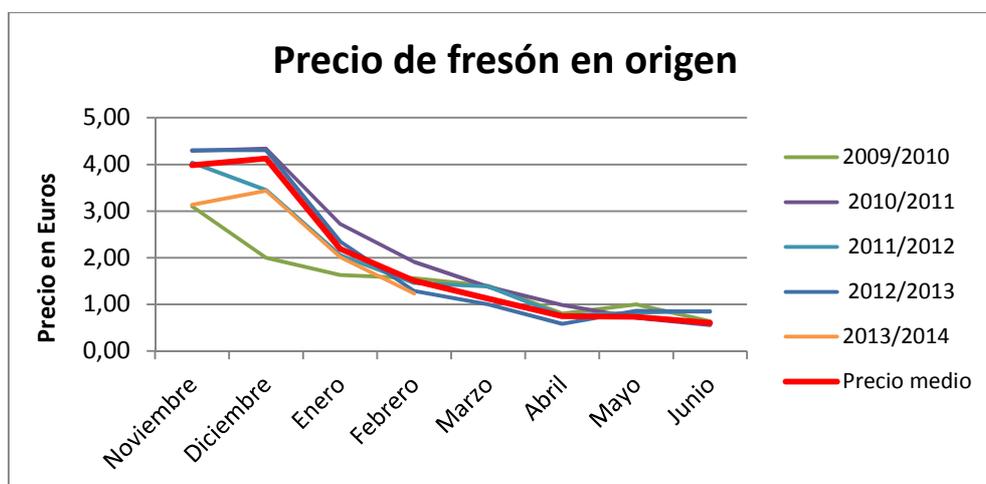


Figura 1. 4 Precio de fresón en origen, campañas 2009-2013(Observatorio de precios y mercados, junta de Andalucía, 2014)

En cuanto al precio al consumo (precio de venta al público impuestos incluidos) estudiado semana a semana, se observa que la comercialización comienza a mediados de noviembre; situándose el mayor índice de precios entre los meses de noviembre-enero, llegando en algún caso puntual hasta los 6€/Kg (Figura 1.5).

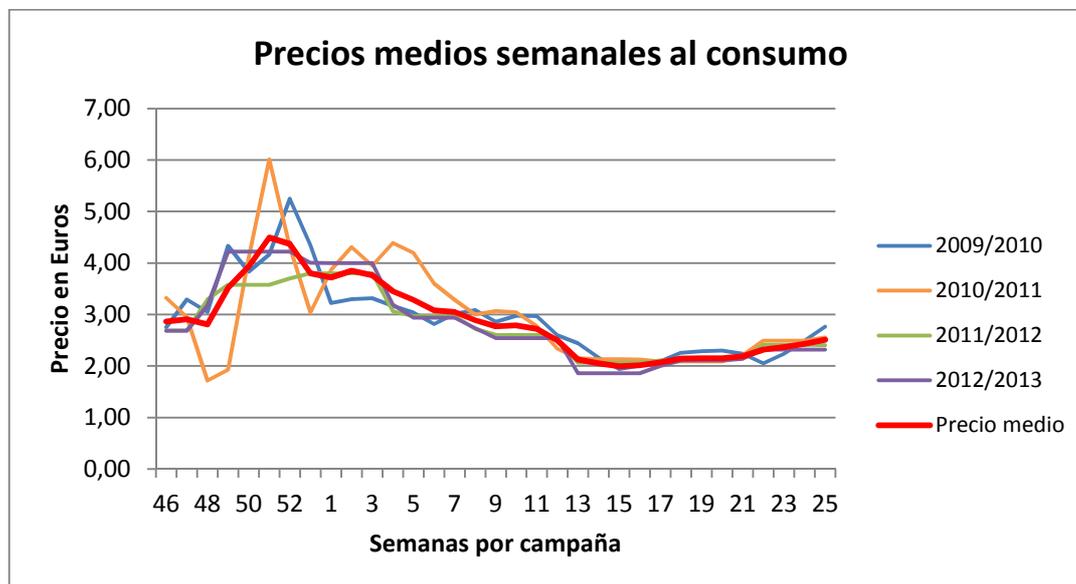


Figura 1.5 Precio medio semanal de fresón al consumo, campañas 2009-2013(Observatorio de precios y mercados, junta de Andalucía 2014)

Con estas gráficas se observa lo importante que es la precocidad a la hora de poder obtener un buen precio con el producto vendido. No obstante, los grandes productores tienen en cuenta dos factores: por una parte precocidad con cultivares precoces (al ser donde se sitúan los mayores precios de venta), pero por otra parte, también les interesa tener una buena producción total para conseguir un abastecimiento satisfactorio para sus clientes durante el mayor tiempo posible.

1.2.2. Influencia del cultivar

Un aspecto fundamental a la hora de conseguir una producción abundante y precoz, es sin duda alguna, la elección del material vegetal empleado.

Para tener una idea bastante precisa del uso de variedades de fresa en la costa de Huelva, principal zona productora en Europa (para consumo en fresco y exportación), debemos indicar que en las aproximadamente 6.500 ha plantadas en la campaña 2012, se ocupó el siguiente % de superficie de cultivo: Candonga 26%, Splendor 22%, Camarosa 16%, Fortuna 13%, Sabrina, 8%, Primoris 5%, Benicia 3%, Antilla 2%, Ventana 2%, Amiga 1%, Florida estival 1%, San andreas 1% y otras variedades 1% (López-Aranda , 2013).

La fecha de plantación no influye en gran medida en la producción precoz registrada en el cultivo convencional pero sí en el cultivo sin suelo. En la producción precoz de cultivo sin suelo, todas las variedades de plantas trasplantadas con anterioridad presentan mayores producciones. Comparando las fechas de plantación, en los datos presentados en cultivo convencional no se observa una gran diferencia por ningún cultivar. En cambio, en los datos de cultivo sin suelo se desprende que en la primera fecha de plantación los cultivares ‘Primoris’ y ‘Fortuna’ son significativamente superiores al resto (Figuras 1.6 y 1.7), seguramente por la mayor precocidad de los mismos.

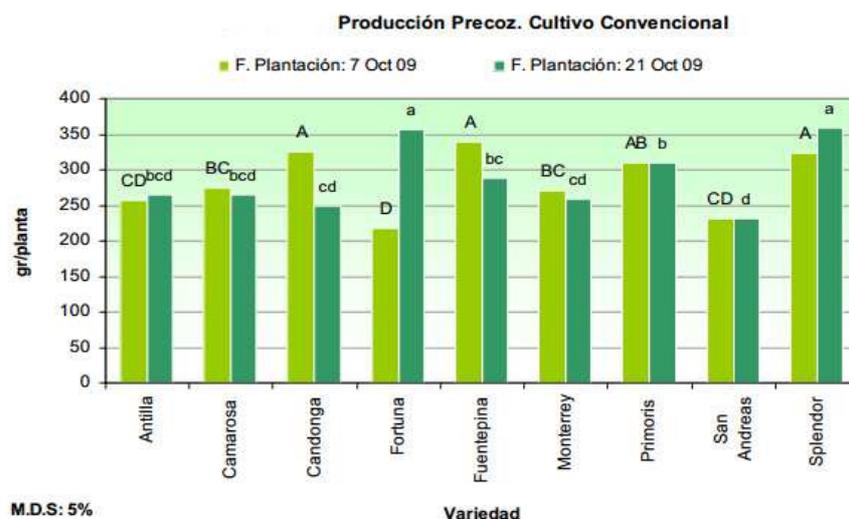


Figura 1.6 Producción precoz en cultivo convencional campaña 2009 (Red andaluza de experimentación agraria, 2009. Junta de Andalucía)

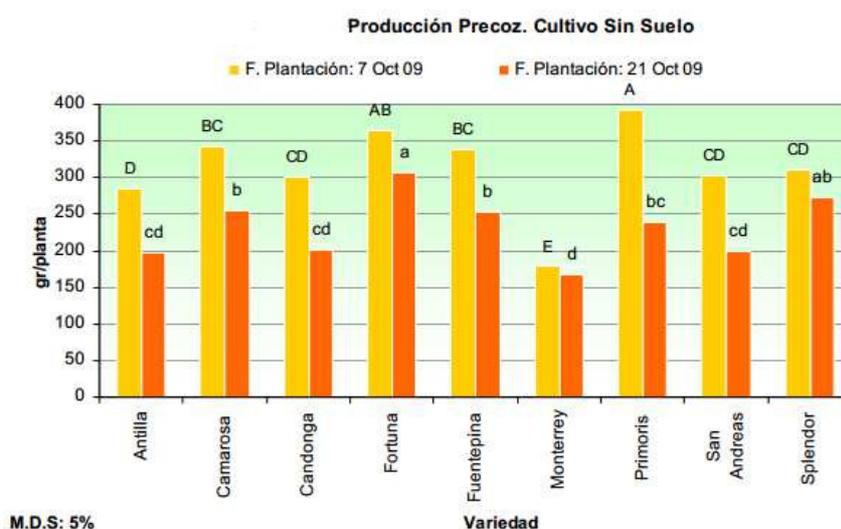


Figura 1.7 Producción precoz en cultivo sin suelo campaña 2009 (Red andaluza de experimentación agraria, 2009. Junta de Andalucía)

La fecha de plantación no tiene un gran impacto en la producción total registrada en el cultivo sin suelo, pero sí en el cultivo convencional. En el cultivo convencional, las variedades ‘Splendor’ y ‘Primoris’ se presentan como las más productivas considerando ambas fechas de plantación. En el caso de cultivo sin suelo, todas las variedades produjeron más al plantarse antes. Los datos presentan como variedades más productivas a ‘Fortuna’ y ‘Primoris’ en plantación temprana y a ‘Fortuna’, seguida de ‘Primoris’, ‘Antilla’, ‘Camarosa’ y ‘Splendor’ cuando se plantó el 21 de Octubre (Figuras 1.8 y 1.9).

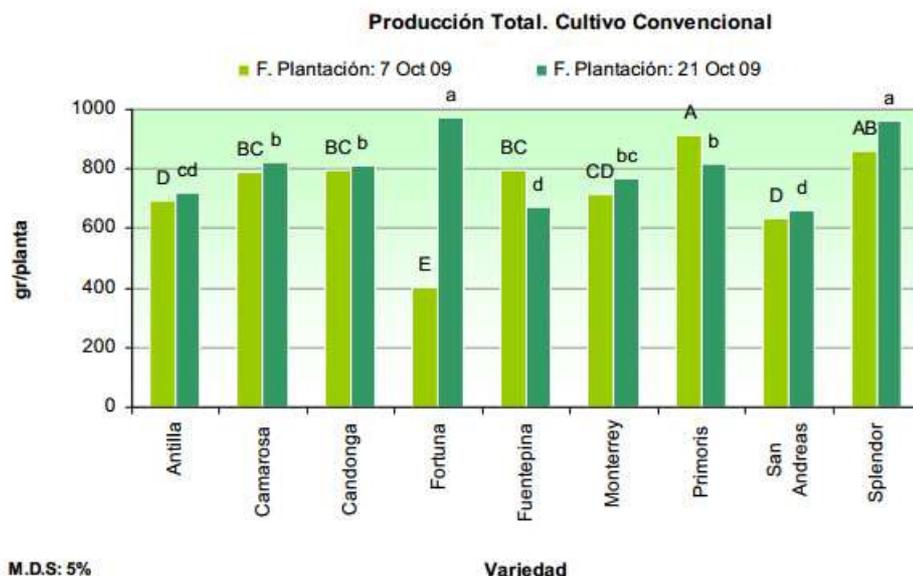


Figura 1.8 Producción total en cultivo convencional campaña 2009 (Red andaluza de experimentación agraria, 2009. Junta de Andalucía)

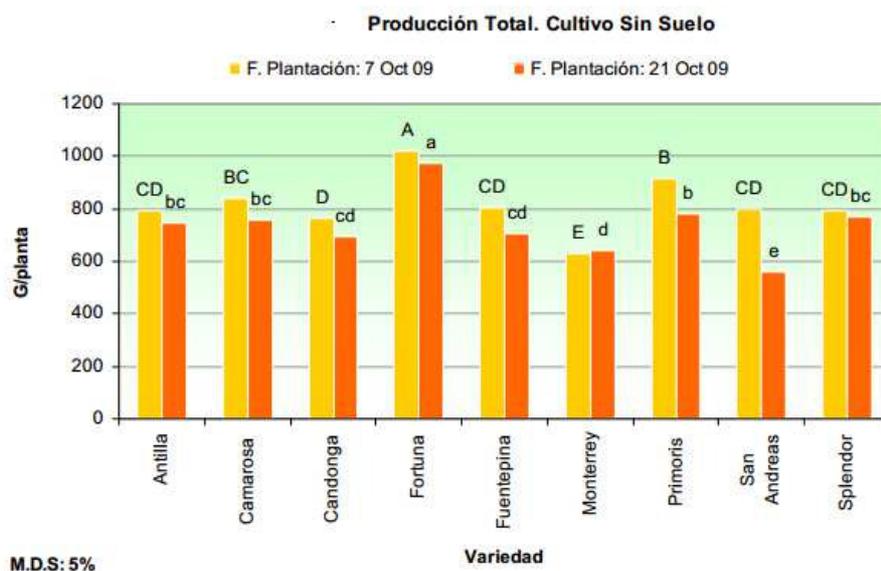


Figura 1.9 Producción total en cultivo sin suelo campaña 2009 (Red andaluza de experimentación agraria, 2009. Junta de Andalucía)

1.2.3. Relación fecha plantación-precocidad:

Hasta finales de la década de los 80, las fechas de plantación mayoritarias en la zona de Huelva fueron desde mediados de octubre a mediados de noviembre, no obstante, los productores manifiestan año tras año su deseo de plantar en fechas más tempranas con el fin de conseguir que las plantas puedan formar suficiente sistema radical y foliar antes del período de temperaturas más bajas, para que cuando inicien la formación de flores y la fructificación las plantas tengan un sistema radical y foliar adecuado para suministrar agua, nutrientes y fotoasimilados en cantidad suficiente para conseguir que el número y tamaño de los frutos sean adecuados.

La obtención de una cosecha precoz de fresa es actualmente uno de los principales objetivos de los productores onubenses ya que la salida de esta fruta al mercado a finales de otoño permite alcanzar mejor precio, mejorando así el beneficio.

1.3. FECHAS DE PLANTACIÓN HABITUALES EN HUELVA:

1.3.1. Tendencia al adelanto:

La plantación se suele realizar en otoño con plantas frescas en zonas cálidas con un invierno templado, siendo éste el sistema utilizado mayoritariamente en la costa de Huelva. En el trasplante se utiliza planta fresca que procede directamente de viveros de altura de planta madre, llevándose a campo entre octubre-noviembre cuando la planta ha comenzado a entrar en latencia, aunque existe una cierta tendencia a adelantar, en lo posible, la plantación (Maroto y López-Galarza, 1988).

Los viveros cumplen a la perfección los requisitos agroclimáticos en cuanto al fotoperiodo y termoperiodo, al estar situados entre los paralelos 40 y 42° N, a la vez que proporcionan el adecuado aislamiento fitosanitario del cultivo de fresa para fruto, rompiendo el ciclo vital de numerosas plagas y enfermedades que se dan en la zona productora (García-Sinovas *et al.*, 2012)

En el caso del fotoperiodo, se produce una elevada reducción de las horas luz a partir de mediados de agosto, siendo más acusada a partir de mediados de septiembre lo que va a permitir una correcta inducción vegetativa. Por otro lado, el hecho de que los viveros estén establecidos en zonas elevadas, con altitudes entre los 800-1200 m, favorece una adecuada multiplicación vegetativa estival de las variedades de día corto, dado que las nuevas plantas requieren de un determinado número de horas-frío para conseguir la madurez fisiológica. Las zonas viveristas aportan una cantidad suficiente de horas frío (entre 150 y 400 por ciclo de cultivo), principalmente durante el periodo final del cultivo entre septiembre y octubre, para provocar un incremento de reservas de almidón en corona y raíces y la parada vegetativa de plantas.

A partir de 1993, la fecha de plantación media para la provincia de Huelva se situó en torno al 21 de octubre, con una desviación típica de ± 10 días (Villa y Castillo, 1993). Sin embargo, debido a la gran cantidad de costes que presenta el cultivo del fresón (Tabla 1.4) y al situarse los precios más altos de toda la campaña durante los meses de noviembre y diciembre; los agricultores transmiten al viverista año tras año la necesidad de adelantar el suministro de plantas, para así intentar conseguir una producción precoz donde se sitúan los mayores precios de venta.

Tabla 1.4 Resumen de resultados de una plantación de fresón en Huelva (Fuente: Junta de Andalucía, observatorio de precios y mercado. Campaña 2011/2012)

Resumen de resultados	
COSTE MEDIO DE PRODUCCIÓN (€/ha)	45.515,5
MANO DE OBRA (Jornales/ha)	527,8
RENDIMIENTO MEDIO (Kg/ha)	56.647,7

1.3.2. Problemática del adelanto

El adelanto de la fecha de plantación a primeros de octubre, utilizando planta fresca a raíz desnuda, provoca una merma de la calidad de la planta producida en los viveros de altura, debido a un arrancado precoz, que impide que la planta esté en reposo y que la acumulación de sustancias de reserva en corona y raíces no sea la adecuada. Este hecho supone un incremento de los costes de cultivo debido al aumento del porcentaje de marras, tras el trasplante, en la zona de Huelva.

Es conveniente que cuando se proceda al arranque de los estolones estos hayan estado, durante un cierto tiempo, sometidos a bajas temperaturas y a una reducción del fotoperiodo, con el fin de ralentizar el crecimiento vegetativo e incrementar los contenidos en carbohidratos en las raíces primarias, coronas y pecíolos (Maas, 1987). Por ello los viveros de plantas de fresón deben situarse en latitudes y altitudes elevadas (Voth, 1989), tanto más cuanto antes quiera realizarse el arrancado.

1.3.3.1. Marras/importancia económica

El sistema de plantación más habitual en fresón, son plantas frescas a raíz desnuda. Estas plantas son arrancadas, acarreadas a un almacén, manipuladas para eliminar las hojas y clasificarlas, agrupadas en manojos, embolsadas, almacenadas en cámaras frigoríficas y transportadas a las zonas de producción. Habitualmente, este proceso se realiza en 24-48 horas así intentar evitar el excesivo desecamiento de las raíces y minimizar la incidencia de enfermedades, pero con todo, las plantas pierden parte de sus raíces y tienen que volver a emitir nuevas tras el trasplante, lo cual afecta al nivel de reservas acumuladas, especialmente de almidón, al ser en el sistema radical donde se almacena la mayor parte de éste.

Las marras causadas por la plantación temprana de fresón con planta fresca a raíz desnuda, dan importantes pérdidas económicas, ya sean directas, como el precio de las plantas

y la posterior plantación de éstas, o bien indirectas, como la reducción de rendimiento por unidad de superficie.

Por todo ello, en los últimos años, se están extendiendo la producción de plantas con cepellón, conocidas habitualmente con el término “*plug plants*” o planta en bandeja (Poling y Parker, 1990). El mayor problema que presenta este tipo de material de plantación es su mayor coste, sobre el cual influye enormemente el transporte de las plantas, que es aproximadamente tres veces mayor que el de las plantas de raíz desnuda (Durner *et al.*, 2002).

Tabla 1.5 Precios de los diferentes tipos de plantas de fresón. (Comunicación personal, López-Galarza).

Planta fresca	Planta frigo	Plantas con cepellón
80-130€/1000 plantas	130-140€/1000 plantas	220-350€/1000 plantas

Sin embargo, presenta bastantes ventajas, tales como:

- Asegurar un correcto estado sanitario de las plantas, si se realiza un adecuado manejo de las mismas.
- Evitar la utilización de productos químicos para la desinfección del suelo del vivero, al producirse las plantas en sustratos.
- Reducir el estrés provocado por el trasplante en comparación con las plantas a raíz desnuda.
- Permitir la realización de tratamientos o acondicionamientos previos al trasplante, con el fin de mejorar la productividad o precocidad de la producción.
- Posibilitar un retraso de la fecha de trasplante 6-8 días, en relación con las plantas frescas normales, dado el inmediato agarre y crecimiento vegetativo de las plantas con cepellón (Branzanti, 1985).

Tal y como apuntaron Durner *et al.* (2002) en el estudio realizado sobre estas plantas, la investigación relativa a este tema está siendo abundante en varios países, aunque algunos aspectos necesitan mayor grado de estudio, al quedar todavía diversas cuestiones por determinar, como son el manejo de las plantas antes de su plantación en las bandejas, el sistema de riego (Takeda *et al.*, 2004), el sustrato más adecuado (López-Galarza *et al.*, 2010), el tamaño y geometría de las celdas óptimos en función del cultivar y del medio de cultivo (Robbe, 2004), y los posibles pretratamientos a aplicar a las plantas (con el objetivo de obtener una mayor inducción e iniciación floral mediante el correcto manejo de la temperatura y el fotoperiodo),

1.3.3.2. Inducción entrada de latencia

Las plantas del fresón pueden entrar en latencia si se dan las HF necesarias y los días son suficientemente cortos. Durante esta latencia se acumula almidón (coronas y raíces) que más tarde se movilizará para transformarse en glucosa. Para romper la latencia se deben cumplir un número de HF por debajo de 7°C el cual varía según cultivares (Maas, 1987).

1.3.3.2.1. Balance hormonal

Los parámetros más importantes que controlan el proceso de latencia son los cambios en los niveles moleculares, incluyendo alteraciones hormonales y proteicas, y el balance entre ácido abscísico y ácido giberélico. (Graeber, *et al.*, 2010).

La coordinación del metabolismo hormonal de la planta y su susceptibilidad están guiadas por el ritmo circadiano. Esto afecta a la regulación de genes por ABA, auxinas, brasinoesteroides (BR), citokininas, metil jasmonato y giberelinas (McWatters y Devlin, 2011). Algunos de estos reguladores también tienen un “feedback” afectando a la función del ritmo, estando probado en *Arabidopsis* que la aplicación de giberelinas quizás afectase moderadamente a la función del ritmo (Hanano *et al.*, 2006). Además el ácido abscísico, el cual es el principal regulador del estrés hídrico, también afecta al ritmo circadiano y este controla la sensibilidad de las plantas con respecto al ABA, cambiando la susceptibilidad por el día (Robertson *et al.*, 2009).

1.3.3.2.2. Influencia del ABA en la latencia

En muchas plantas, el ABA endógeno está involucrado en la inducción, y quizás en el mantenimiento del estado de reposo (Nambara y Manion-Poll, 2003).

Estudios realizados en plántulas de tomate y *Arabidopsis* con bajos niveles de ABA, han demostrado que los niveles normales de esta hormona son requeridos para mantener el desarrollo de los brotes de las plantas bien regadas, asimismo el deterioro de la hoja y el crecimiento de brotes causado por una deficiencia de ABA puede ser atribuido al incremento en producción de etileno (Sharp *et al.*, 2000).

En plántulas de maíz con estrés hídrico, la acumulación de ABA para inhibir el crecimiento de brotes en las primeras etapas de desarrollo, posteriormente ayudan a mantener el crecimiento. Este efecto puede ser atribuido a la función promotora del etileno en los primeros estados de desarrollo, mientras que en las posteriores fases de desarrollo el rol del etileno se invierte (Spollen *et al.*, 2000).

En estudios realizados por Kawamata *et al.* (2002) en higuera se indica que el ABA endógeno se incrementa durante la primera fase de Endolatenia y decrece posteriormente. Por lo tanto, el ABA quizás esté relacionado con la inducción de la Endolatenia en la higuera.

1.4. MEJORA DE LA RESPUESTA DE LAS PLANTAS A RAÍZ DESNUDA DURANTE EL TRASPLANTE

El trasplante es una práctica cultural común utilizada para mejorar el establecimiento del cultivo, acortar el ciclo de campo, mejorar la precocidad y aumentar el rendimiento y la calidad del cultivo. Después del trasplante, estreses bióticos y abióticos que actúan de manera independiente o combinada pueden limitar el crecimiento y establecimiento de las plantas (Leskovar-Stoffella, 1995).

1.4.1. Riego

Muchas técnicas han sido utilizadas para modificar la morfología y fisiología de la plantación con el fin de “endurecer” la planta y resistir a un estrés post-trasplante; éstas incluyen el manejo del riego (Bañon *et al.* 2006).

El riego es requerido para un satisfactorio establecimiento y crecimiento de la planta de fresón (Albregts y Howard, 1984). Sin utilizar riego por aspersión en las primeras fases del cultivo, estas plantas rápidamente marchitarían, perderían sus hojas y morirían. Recomendándose el riego por aspersión durante las dos primeras semanas después de la plantación para mantener a las plantas frescas y minimizar la caída de hojas durante el establecimiento (Albregts y Howard, 1985). Sin embargo, al utilizar altos volúmenes de agua, el potencial de focos de patógenos se incrementa (Yang *et al.*, 1990).

Cuando la disponibilidad de agua cae por debajo de un nivel, tanto el potencial de la raíz como la turgencia alcanzan valores muy bajos, estimulando la síntesis de varios reguladores del crecimiento, incluyendo el ABA (Wright, 1977).

Bajo condiciones de alta evapotranspiración, las plantas están expuestas a un estrés transitorio de sequía, incluso bajo condiciones óptimas de riego (Leskovar, 2008). Además, la baja absorción de agua puede conducir a un déficit hídrico repentino y grave, pudiendo dar como resultado un “shock” de trasplante.

1.4.2 Anti-transpirantes

Las plantas utilizan sólo el 5% del agua que absorben para su crecimiento, mientras que el 95% restante es perdido por transpiración (Prakash y Ramachandran, 2000). En caso de crecimiento activo las plantas respiran un peso parecido al de sus hojas frescas cada hora bajo condiciones áridas o semiáridas, si se suministra el agua adecuada (Moftah, 1997). Estas cifras hacen necesario buscar modos donde el agua pueda ser utilizada racionalmente.

Las estrategias para reducir la transpiración de las plantas tienen el potencial de mejorar el establecimiento del cultivo. La aplicación foliar de anti-transpirantes es una herramienta prometedora para la regulación de la transpiración, ya que, ayuda a mantener un estado hídrico favorable, aumentando la supervivencia de las hojas y el rendimiento posterior. Los anti-transpirantes más eficaces son aquellos que impiden la pérdida de agua sin reducir la tasa de absorción de CO₂.

1.4.2.1 Ácido abscísico

El ABA puede ser una herramienta fisiológica efectiva para reducir los efectos negativos del shock de trasplante y mejorar el establecimiento de las hortalizas.

En estudios realizados por Davies y Zhang (1991), se demostró que principios activos químicos como el ácido abscísico (ABA) y sus análogos, los cuales desencadenan el cierre estomático parcial o completo, se han utilizado como anti-transpirantes una vez realizada la plantación, ya que disminuyen la pérdida de agua de las hojas. Del mismo modo, demostraron que el cierre de estomas bajo condiciones de déficit hídrico es resultado del incremento de la

concentración de ABA sintetizado y redistribuido dentro de las hojas, pero también exportado y sintetizado de las raíces.

Prácticamente todas las células sintetizan y transportan ABA a través de planta, tanto vía floema como xilema (Culter y Krochko, 1999). Éste debe acumularse en una alta concentración para actuar en sus células diana, para cerrar estomas o reducir el crecimiento de hojas (Dodd y Davies, 1996)

Los estomas de las plantas que crecen bajo estrés hídrico (en consecuencia, mayor concentración de ABA) son más pequeños que aquellos que están bien regados (Xia 1994). El ABA también induce reducciones en la superficie de la hoja, deteniendo las tasas de crecimiento y conservando el H₂O cerrando los estomas (Zhang y Davies, 1990)

Bajo ciertas condiciones, la aplicación del ABA también puede retardar el crecimiento de los brotes (Watts *et al*, 1981) y por lo tanto se puede utilizar para controlar el crecimiento de los trasplantes en los viveros (Leskovar-Cantliffe, 1992). Además, el efecto del ABA es mayor si se aplica a plantas regadas con regularidad en comparación con las plantas expuestas a estrés hídrico moderado.

Berkowitz y Rabin (1988) constatan en un estudio en pimientos, que las plántulas trasplantadas con una aplicación exógena de ABA tenían mayor supervivencia en campo que los trasplantados no tratados, lo cual se atribuyó a una reducción de la conductancia estomática. En comparación entre las plantas tratadas con ABA y las no tratadas, la conductancia estomática decrece significativamente, un 47% después de 1 día del trasplante y hasta el 60% 5 días después del trasplante. Además, la eficacia del ABA como antitranspirante también ha sido demostrada en plántulas de alcachofa, las cuales son muy sensibles a altas temperaturas y estreses hídricos (Leskovar, 2008).

Leskovar *et al.* (2007) han probado que la reducción transitoria de la conductancia estomática inducida por el ABA cierra los estomas hasta un punto que hace que la actividad fotosintética no peligre. Consiguiendo con ello una disminución de la sequedad de las plántulas asociada con el shock post-trasplante, permitiendo con ello a las plantas conservar el agua. Sin embargo, también afirma que el uso de anti-transpirantes puede ser una práctica más segura que elimina el riesgo de hacer hincapié en las plántulas jóvenes hasta el punto de daño fisiológico.

El ABA solamente ha sido utilizado en plantas una vez realizado el trasplante, encontrándose beneficios en la prevención de la desecación (células dañadas de la membrana, caída de hojas) y la mejora de la calidad del trasplante y post-trasplante. Con estas aplicaciones las tasas de crecimiento se ven reducidas, sin embargo, parece que este efecto es temporal y la reanudación del crecimiento debería producirse relativamente rápido (Leskovar *et al.*, 2008).

1.4.2.2. Físicos

Las aplicaciones foliares de anti-transpirantes físicos son un método muy atractivo de regular la transpiración y mantener un estado hídrico propicio. Estos productos disminuyen el déficit hídrico de las hojas al formar una película hidrofóbica alrededor de la hoja que interpone resistencia a la difusión del vapor de agua (Davenport *et al.*, 1974).

El modo principal de acción es reducir la conductancia estomática y la pérdida de transpiración (Plaut *et al.*, 2004), y así mejorar el estado hídrico de la planta, reduciendo la marchitez y la abscisión de hojas (Nitzsche *et al.*, 1991).

Estudios realizados por Berkowitz y Rabin (1988) indican que la aplicación de anti-transpirantes puede incrementar el potencial hídrico foliar, supervivencia y un mejor rendimiento en las plántulas de pimiento trasplantadas.

Materiales reflectantes como el caolín y el quitosano pueden reducir la absorción de calor, la temperatura de las hojas y la transpiración (Jifon-Syverten, 2003). Las emulsiones de cera, de látex o de plástico que se secan en las hojas pueden minimizar también la pérdida de agua de la planta por la disminución de la conductancia estomática y evitar así las pérdidas por transpiración, la reducción de la marchitez y abscisión de la hoja (Plaut *et al.*, 2004.)

Revisiones y libros de textos han concluido que los anti-transpirantes sólo son válidos para situaciones donde la fotosíntesis no es importante, pero sí la reducción de la pérdida de agua es beneficiosa (Withmore, 2000).

1.5. Aplicaciones exógenas de ABA en viveros

Hasta el momento se han realizado diferentes estudios con una aplicación exógena de ABA (Leskovar, 2008), pero todos estos han sido sobre plántulas ya trasplantadas. En cambio, en el presente estudio se evaluará la aplicación exógena de ABA en vivero unas semanas antes del trasplante, con el fin de conseguir ese doble efecto obtenido con las aplicaciones de ABA en los otros experimentos: por una lado conseguir que las plantas frescas de fresón a raíz desnuda hayan entrado en una mayor parada vegetativa antes de la fecha de arrancado y por otra parte intentar que esa aplicación exógena de ABA de lugar al efecto antitranspirante conseguido una vez realizada la plantación en otras especies.

2. OBJETIVOS

2. OBJETIVOS

Con el objeto de poder adelantar el trasplante de plantas frescas de fresón a raíz desnuda, se busca mejorar las condiciones del material vegetal en la plantación de otoño que favorezcan un mayor arraigado y crecimiento vegetativo, consiguiendo con ello una reducción en las marras de plantación se registran en esas fechas de arrancado precoz. La consecuencia final de todo esto sería un adelanto la comercialización de la fruta, hacia los meses cuando los precios son más altos.

Consiguiendo con todo esto un adelanto en la comercialización de la fruta, al encontrarse en los primeros meses de la campaña los precios más altos.

Por consiguiente, el objetivo del trabajo fue evaluar los efectos de las aplicaciones de ABA en vivero (antes del trasplante) y de un anti-transpirante físico (Pinolene) sobre el arraigado y posterior desarrollo de las plantas, a través de:

- Determinar el nivel de reservas en el momento de arrancado de las plantas del vivero, valorando para cada tratamiento los niveles de azúcares y almidón, en coronas y raíces.
- Cuantificar el número de marras, para establecer una comparación entre los diferentes tratamientos y determinar si alguno de ellos consigue superar las condiciones estresantes del trasplante.
- El estudio de la evolución de la producción comercial en los diferentes tratamientos aplicados mediante diferentes parámetros: número de frutos comerciales por planta, producción comercial por planta, peso medio de los frutos comerciales y porcentaje de producción comercial.

3. MATERIAL Y MÉTODOS

3. MATERIAL Y MÉTODOS:

En el presente trabajo se han llevado a cabo dos experimentos segregables, aunque en ambos se utilizan las mismas plantas de fresón y los mismos tratamientos:

1. Estudio de la producción comercial y las marras de plantación de plántulas de fresón sometidas a diferentes tratamientos, con el fin de conseguir aumentar la producción y reducir el número de plantas muertas.
2. Análisis de los niveles de almidón, en los diferentes tratamientos aplicados, tanto en las coronas, como en las raíces de las plántulas de fresón, con el propósito de determinar con que tratamiento se consigue un mayor nivel de almidón, ya que se considera una medida directa de las reservas que contiene la planta.

3.1. EXPERIMENTO 1

3.1.1. Características del experimento

El material vegetal utilizado en el experimento consistió en plantas frescas de fresón a raíz desnuda del cv. 'Primoris', provenientes de un vivero de altura situado en Granada, municipio Dólar (37º 13' 32" N, 2º 58' 42" O; altura 1107m).

Se efectuaron 10 tratamientos:

- **Control:** Sin ningún tratamiento
- **Control +10:** Sin ningún tratamiento y plantadas 10 días después del CONTROL
- **Control +20:** Sin ningún tratamiento y plantadas 20 días después del CONTROL
- **Control +30:** Sin ningún tratamiento y plantadas 30 días después del CONTROL
- **Pinolene:** Tratamiento foliar con una disolución de pinolene a una concentración del 1%, efectuada a los 7 y 21 días desde la plantación
- **Pinolene +10:** Tratamiento foliar con una disolución de pinolene a una concentración del 1%, efectuada a los 7 y 21 días desde la plantación. Se plantaron 10 días después de PINOLENE
- **ABA 125:** Tratamiento foliar con una disolución de ácido abscísico a una concentración de 125 µmol/L efectuado 15 días antes de la plantación.
- **ABA 125 +10:** Tratamiento foliar con una disolución de ácido abscísico a una concentración de 125 µmol/L efectuado 15 días antes de la plantación. Se plantaron 10 días después de ABA 125
- **ABA 190:** Tratamiento foliar con una disolución de ácido abscísico a una concentración de 190 µmol/L efectuado 15 días antes de la plantación
- **ABA 190 +10:** Tratamiento foliar con una disolución de ácido abscísico a una concentración de 190 µmol/L efectuado 15 días antes de la plantación. Se plantaron 10 días después de ABA 190

El día 18-09-13 se fue personalmente a los campos de producción de plantas de fresón para realizar la aplicación con mochila de todos los tratamientos de ABA. En cambio, a las plantas del tratamiento con pinolene se les realizaron dos aplicaciones a los 7 y a los 21 días después de la plantación.

Una vez arrancadas las plantas fueron llevadas a un invernadero de vidrio tipo “venlo” situado en Valencia, Campus de la UPV (39° 38' 2" N, 0° 22' 29" O; altura 4m), el cual tenía ventilación cenital y sistema de control climático con “Cooling system” y calefacción ($T^{\circ} \text{max} \leq 27^{\circ} \text{C}$, $T^{\circ} \text{min} 12 \geq 12^{\circ} \text{C}$), sus dimensiones eran 6 x 24m. La temperatura y la humedad relativa quedaron registrados a lo largo de todo el ciclo (Figura 1.1 y 1.2, Anejo 1).

La plantación de CONTROL, PINOLENE, ABA 125 y ABA 190 se realizó el 03/10/13. El resto de plantas se plantaron 10, 20 o 30 días después según indicase el tratamiento.

Las plantas se dispusieron en sacos de cultivo de fibra de coco “Pelemix” de 30 L de capacidad, con 8 plantas por saco y según un diseño factorial de bloques al azar con 3 repeticiones de 16 plantas cada combinación de factores, necesitando un total de 480 plantas (10 tratamientos x 3 repeticiones/tratamiento x 16 plantas/repetición= 480 plantas).

La solución nutritiva empleada fue suministrada (Tabla 3.1), mediante un sistema de riego localizado, con emisores autocompensantes y antidrenantes de 2,0 litros/h conectados a un microtubo y una piqueta, empleándose uno por planta.

Tabla 3.1 Composición de las soluciones nutritivas:

	NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	SO ₄ ²⁻	NH ₄ ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	CE(dS/m)
Solución nutritiva	12.41	1.20	2.45	0.50	5.00	3.95	2.96	2.01

3.1.1.1. Preparación de las muestras de ABA

Las soluciones de 125 μM y 190 μM se prepararon disolviendo los 100 y 150 mg de ABA en 20 y 30 mL de etanol, respectivamente, que posteriormente se introdujeron en sendas botellas de plástico de 100mL, que se acabaron de llenar con agua destilada.

Una vez en destino, por cada 10 mg de ABA se añadió 1mL de KOH 0.05N (al ser el ABA una solución muy densa y sólo disolverse a pH básicos). Estas soluciones madre se incorporaron a 3L de agua, para obtener la solución definitiva con la que se realizó el tratamiento. La aplicación se efectuó con mochila sobre toda la planta.

Cabe señalar, que todos los cálculos realizados para la preparación de las muestras de ABA se encuentran bien detallados en el Anejo 2.

3.1.2. Plano de repeticiones en el invernadero

ENTRADA

ABA 190 +10 R1 128	Control +20 R1 107	ABA 190 R1 125
Control R2 102	Pinolene +10 R1 116	Control +20 R2 108
Pinolene R2 114	ABA 125 +10 R1 122	Pinolene R1 113
Control +10 R1 104	ABA 190 R2 126	Control +30 R3 112
ABA 125 +10 R2 123	Control +10 R2 105	ABA 125 R2 120
Control +30 R1 110	ABA 125 R3 121	Control +10 R3 106
ABA 125 R1 119	Control +30 R2 111	Control R1 101
Control +20 R3 109	Control R3 103	ABA 190 +10 R2 129
Pinolene +10 R3 118	ABA 190 +10 R3 130	Pinolene +10 R2 117
ABA 190 R3 127	Pinolene R3 115	ABA 125 +10 R3 124

3.1.3. Manejo agronómico

A lo largo de todo el ciclo de cultivo se siguieron diferentes alternativas para el control de plagas y enfermedades que se encuentran detalladas en el Anejo 3, tabla 1.1.

Para facilitar el asentamiento de las plantas durante los primeros estadios, se realizaron varias retiradas de flores los días: 21 de noviembre del 2013, 4 de diciembre de 2013 y 23 de diciembre del 2013.

La polinización de las flores fue entomófila a través de una colmena de abejorros (*Bombus terrestris*) de "Syngenta bioline®", por lo que se tuvo que tener en cuenta la compatibilidad de los productos fitosanitarios con los abejorros.

La temperatura y la humedad relativa dentro del invernadero se registraron diariamente durante todo el cultivo (Figura 1.1 y 1.2, Anejo 1).

3.1.3.1. Control del riego

Durante todo el ciclo de cultivo se regó con una solución nutritiva estándar (basada en la preconocida por Lieten y Missoten, 1993), cuya composición puede verse en la tabla 2.6. La cantidad de solución aportada se controló mediante el número de riegos, el cual variaba en función de la radiación solar incidente, y la duración de éstos, la cual se ajustaba para mantener el volumen de drenaje en torno a los valores deseados.

Los porcentajes de drenaje se mantuvieron en torno al 15-25%. Para ello, se controlaron a lo largo de todo el cultivo, tanto los volúmenes de riego aplicados como los de drenaje. Del mismo modo, se tomaron dos lecturas semanales del pH y la conductividad eléctrica, tanto de la solución aplicada como la de drenaje, para comprobar la evolución de las sales en el sustrato.

3.1.4. Parámetros estudiados

3.1.4.1. Parámetros productivos

A partir del día 8 de enero de 2014 empieza la cosecha. Para la recogida de frutos se realizaron dos pases semanales.

Los frutos se recolectaban manualmente. Posteriormente, se separaban por categorías (Tabla 3.2) en función de la presencia o no de deformaciones y del peso, utilizando una báscula Metler Toledo PL3001-S, obteniéndose los siguientes parámetros:

- Número total de frutos y de frutos comerciales acumulados por planta.
- Peso de la producción total y comercial acumulada por planta.
- Peso medio de los frutos de producción comercial acumulada por planta (g/fruto).
- Porcentaje de frutos número comerciales sobre la producción total.

Tabla 3.2. Categorías de los frutos en función de su peso:

Categoría		Peso de los frutos
Producción comercial	Primera	>13g
	Primera deformados	>13g
	Segunda	13g > peso >7g
	Segunda deformados	13g > peso >7g
Producción no comercial	No comerciales	7g > peso >3g
Abortos	Abortos	<3g

3.1.4.2. Marras de plantación

Llegado el día 2-12-13 se repusieron en total 59 marras de producción, las cuales estaban distribuidas tal y como se refleja en la tabla 3.3, estas fueron repuestas con el fin de igualar las condiciones de cultivo de todas las plantas (Tabla 3.3).

Tabla 3.3. Marras de producción según tratamiento

Tratamiento	Número de marras
Control	10
Control +10	7
Control +20	12
Control +30	2
Pinolene	4
Pinolene +10	4
ABA 125	1
ABA 125 +10	4
ABA 190	8
ABA 190 +10	7

3.1.5. Análisis estadísticos de los resultados

Obtenidos los datos experimentales, se realizó el análisis estadísticos de cada ensayo, consistente en un análisis simple de la varianza (ANOVA) y separación de medias según LSD ($P \leq 0.05$) para cada parámetro, con el fin de determinar las diferencias entre los distintos tratamientos aplicados. Para el análisis estadístico se utilizó el programa "Statgraphics Versión Centurion XVI".

A la hora de obtener la producción comercial y el número de frutos comerciales por planta se han tenido en cuenta las marras de plantación registradas hasta el día 2-12-1, de manera que los datos analizados y que se muestran en las tablas corresponden a la producción media de las plantas supervivientes, aunque para evitar el efecto de mayor disponibilidad de sustrato, agua y nutrientes de éstas, en caso de existir marras de plantación, las marras fueron repuestas con plantas del mismo tratamiento.

Además se realizó un análisis de correlación entre las marras de plantación y los diferentes parámetros productivos estudiados, con el fin de observar si existía alguna relación éstos.

3.2. EXPERIMENTO 2:

3.2.1. Preparación de muestras

El día de la plantación se tomaron plantas de cada uno de los tratamientos (las fechas de plantación y los tratamientos son los correspondientes al experimento 1). Cabe señalar que los tratamientos pinolene y pinolene +10 se encuentran agrupados con los de Control y Control +10 respectivamente, ya que el tratamiento con pinolene se aplicó después de la plantación, por lo que en ese momento, eran plantas análogas a las del Control.

De cada tratamiento se tomaron, el día de su plantación, 15 plantas, divididas en tres repeticiones de 5.

A las plantas de cada repetición se les lavaron las raíces con agua corriente para eliminar los restos de sustrato que llevaban adheridos. A continuación, ayudándose de unas tijeras, se cortaron y apartaron las raíces principales. Una vez separadas dichas raíces, se lavaron con agua destilada, se secaron con papel absorbente y se tomó el peso fresco. Después se introdujeron en bolsas de plástico.

Por otra parte, las coronas se lavaron con agua corriente para eliminar la suciedad adherida y se secaron con papel absorbente. Se tomó nota del número total y se obtuvo el peso fresco. A continuación, con un sacabocados se extrajo el cilindro central de cada una de ellas, se tomó el peso fresco (el total por repetición) y se introdujeron en una bolsa de plástico.

Las bolsas donde se colocaron las raíces y cilindros de las coronas se llevaron a un congelador a -80°C, para su posterior liofilización.

3.2.2. Determinación de azúcares en coronas

Tras la congelación de las muestras, las coronas se sacan del congelador, para liofilizarlas, triturarlas, ponerlas bien etiquetadas en sus respectivos botes y posteriormente volverlas a congelar.

Se sacan los botes con las muestras del congelador. Luego, ponemos un vaso con etanol (80%) en el baño (MEMMERT) y lo mantenemos a una temperatura de 75°C. Para corregir las posibles pérdidas de los azúcares vegetales en el proceso de extracción se utilizará lactosa como azúcar interno, a una concentración de 30mg/mL (3000mg de lactosa en 100mL de agua mQ).

A continuación, se colocan las coronas trituradas en un tubo de centrífuga, añadiendo 2mL del etanol que se tiene en el baño a 75°C. Además, añadiremos a cada tubo 0.2 mL de la disolución de lactosa. Finalizada la aplicación de ambas disoluciones se agitará con agitador eléctrico IKA MS 3 basic.

Una vez agitados, se colocan los tubos 10 minutos en el baño a 75°C. Al finalizar el tiempo se sacarán del baño y pasarán a ser centrifugados 30 min a 4500 r.p.m. El sobrenadante se pasa a tubos speed vac ($\varnothing=18$ mm). Al residuo sólido se le agregaron 2mL de etanol (80%), repitiéndose el proceso 2 veces más, de forma que al final tendremos en el tubo speed vac 6mL

de etanol y 0.2mL de disolución de lactosa. El residuo sólido final se guarda en el congelador para la determinación del almidón.

El líquido obtenido de las tres extracciones fue evaporado al vacío, en el evaporador speed vac a 55°C hasta obtener el residuo sólido de azúcares. Este residuo fue disuelto en 1 mL de agua mQ que previamente se ha calentado en el baño a 70°C, para facilitar la disolución se agita con el agitador eléctrico IKA MS 3 basic. El líquido obtenido se pasa a un tubo eppendorf (MIKRO 20 Hettich Zentrifugen) durante 20 minutos a 12000 r.p.m.

Por último, se filtra cada eppendorf con filtros de $\varnothing=0.45 \mu\text{m}$ y cartuchos C-18. Los cartuchos C-18 se activan haciéndoles pasar, sucesivamente 5 mL de metanol y 5 mL de agua mQ. Este mismo método se utilizará para limpiar tantos los filtros como los cartuchos ya usados. La muestra se encuentra preparada para analizar en HPLC, mientras tanto se conservará en el congelador.

3.2.3. Determinación de azúcares en raíces:

Se utilizó el mismo método empleado en la determinación de azúcares en coronas, con la diferencia de que varía la cantidad de muestra utilizada en cada caso.

3.2.4. Determinación de almidón en coronas y raíces:

El proceso de preparación es el mismo para coronas y raíces.

Se sacan los tubos con el residuo que obtuvimos en la preparación para la determinación de azúcares. El primer paso es añadir 6 mL de agua mQ a cada tubo, se taparon con una bola de algodón y papel de aluminio, colocándose en una gradilla.

La gradilla se coloca con los tubos en el autoclave durante 2h. La presión será de 1.2-1.5 bares aproximadamente, para conseguir la temperatura de 130°C. Una vez finalizado el tiempo se saca del autoclave y se marcan de nuevo los tubos, se quita el algodón y el aluminio y se centrifugan los tubos durante 20 minutos a 4500 r.p.m.

Luego, se sacan los tubos del autoclave y con la ayuda de un cuentagotas se quita el sobrenadante se cada tubo hasta dejar el líquido a una altura de 2 cm. Se añaden a cada tubo 0.2 mL de la misma disolución de lactosa (30mg/mL) utilizada para los azúcares. Además se añadirá a cada tubo 1 mL de la solución de enzima *amyloglucosidasa* de concentración 10.6mg/mL de agua mQ y 0.5 mL de líquido tampón a PH 4.5 cuya composición es:

I. Solución de *ácido acético* 0.2 M \rightarrow Pureza 80 % \rightarrow

1.4719 ml / 100 ml (1.1775 ml / 100 ml)

II. Solución de *acetato sódico* 0.2 M \rightarrow 2.7216 g / 100 ml

(Mezclamos 40 ml de I y 60 ml de II)

Con los tubos rellenos, se colocan en el baño a 55°C durante 2 horas. Cada 30 minutos se sacan y se agitan con el agitador eléctrico IKA MS 3 basic, llevándolos posteriormente a la centrifugadora durante 30 minutos a 4500 r.p.m.

Se pasa el sobrenadante a tubos speed vac ($\varnothing=18$ mm), y se seca en el speed vac a 55°C para evaporar hasta residuo. Una vez seco, se añade a cada tubo 1 mL de agua mQ a 75°C para que se disuelva bien el residuo, agitándolo con el agitador eléctrico IKA MS 3 basic.

Al agitarse, se pasa el contenido de cada tubo a un eppendorf, centrifugando cada uno de ellos durante 20 minutos y a 120000 r.p.m. Al acabar el centrifugado se filtra cada tubo con filtros de $\varnothing=0.45$ μm y cartuchos C-18. Los cartuchos C-18 se activan haciéndoles pasar, sucesivamente 5 mL de etanol y 5 mL de agua mQ. Este mismo método se utilizará para limpiar tantos los filtros como los cartuchos ya usados. Con este paso la muestra se encuentra preparada para analizar en HPLC, mientras tanto conservar en el congelador.

3.2.6. Análisis de los resultados:

El análisis estadístico de cada ensayo consistió en un análisis simple de la varianza (ANOVA) y separación de medias según LSD ($P\leq 0.05$) para cada parámetro, con el fin de determinar las diferencias entre éstos. Para el análisis se utilizó el mismo programa informático. (Véase apartado correspondiente, Experimento 1).

Además se realizó un análisis de correlación entre los niveles de almidón en coronas y raíces con respecto a los parámetros estudiados

En el Anejo 4, vienen detallados todos los cálculos necesarios para pasar de mg de lactosa a mg de almidón.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS

4.1.1 Análisis realizados

4.1.1.1. Contenido de almidón en raíces (Tabla 4.1.)

En los análisis realizados para el estudio del nivel de almidón en raíces, se observó que los tratamientos con ABA no tuvieron repercusión en el nivel de almidón registrado, al ser del mismo rango que sus respectivos controles (Control y Control +10). Sin embargo, para alcanzar el nivel de almidón correspondiente al Control +30, sólo se necesitan 10 días, en el caso del tratamiento con ABA 190.

Comparando entre controles se observa la tendencia que tiene el nivel de almidón a ir aumentando conforme se va retrasando la fecha de arrancado. Observándose diferencias e.s, ente el tratamiento Control y el Control +30. En el caso de los tratamientos con ABA 190, un retraso de 10 días en la plantación supuso un incremento del contenido de almidón ($p \leq 0,05$).

Tabla 4.1. Experimento 2: Evaluación del contenido de almidón en raíces en cada fecha de trasplante, medido en mg de almidón/g de materia seca por planta, en los diferentes tratamientos.

Tratamiento	mg almidón/ g de m.s
Control	71 cd
Control + 10	84 bcd
Control + 20	100 bc
Control + 30	143 a
ABA 125	64 d
ABA 125 +10	84 bcd
ABA 190	50 d
ABA 190 +10	109 ab

4.1.1.2. Contenido de almidón en coronas (Tabla 4.2.)

En el nivel de almidón en coronas ocurre lo mismo que en el contenido de almidón en raíces, es decir, en los tratamientos Control se observaron e.s entre el Control +30 y los restantes tratamientos. En los tratamientos con ABA 190, las plantas que se trasplantaron con 10 días de retraso presentaron un mayor de almidón ($p \leq 0,05$), no observándose esta circunstancia en los tratamientos con ABA 125.

El nivel más alto de almidón en coronas se dio en la fecha más tardía de arrancado de plantas, en el tratamiento Control +30.

Tabla 4.2. Experimento 2: Evaluación del contenido de almidón en corona en el momento del trasplante, medido en mg de almidón/g de materia seca por planta, en los diferentes tratamientos.

Tratamiento	mg almidón/ g de m.s
Control	44 de
Control + 10	75 bc
Control + 20	66 bcd
Control + 30	133 a
ABA 125	48 cde
ABA 125 +10	71 bcd
ABA 190	37 e
ABA 190 +10	80 b

4.1.2. Marras de plantación (Tabla 4.3.)

En los tratamientos Control se observó que un retraso de 30 días en la fecha de plantación produjo que el número de marras se fuera reduciendo.

Por otra parte, sólo el tratamiento ABA 125 redujo el número de marras de plantación en comparación con el tratamiento Control, de las plantadas en la misma fecha. Por último, con los tratamientos con los que menor número de marras se consigue son el ABA 125, Control +30, pinolene +10 y ABA 125 +10, con diferencias e.s respecto al tratamiento Control.

Según el tratamiento las marras de plantación fueron muy divergentes, existiendo en el caso del tratamiento Control un porcentaje que ronda el 20%, y en el caso contrario se encuentra el ABA 125 con niveles bastante bajos, de en torno al 2%.

Tabla 4.3. Experimento 1: Evaluación del número de marras de plantación por unidad de repetición (16 plantas) a fecha 02-12-2012 en los diferentes tratamientos.

Tratamiento	Marras de plantación
Control	3,33 b
Control +10	1,50 ab
Control +20	2,17 ab
Control +30	0,68 a
Pinolene	1,33 ab
Pinolene +10	0,83 a
ABA 125	0,33 a
ABA 125 +10	1,17 a
ABA 190	1,67 ab
ABA 190 +10	1,67 ab

4.1.3. Parámetros productivos

4.1.3.1. Porcentaje de producción comercial (Tabla 4.4.)

En general, el menor porcentaje de producción comercial se dio en el tratamiento Control en todas las quincenas, con diferencias significativas principalmente con respecto al tratamiento ABA 125+10.

Los porcentajes de producción comercial fueron muy altos, con valores superiores al 90% para todos los tratamientos a lo largo de toda la campaña, con diferencias máximas entre tratamientos del 7,4%.

Tabla 4.4. Experimento 1: Porcentaje de producción comercial acumulada por tratamiento.

	15 de Febrero	15 de marzo	15 de abril	15 de mayo	15 de junio
Control	91,8 b	90,0 b	92,9 c	93,7 bc	92,2 b
Control +10	97,3 a	94,0 a	95,7 ab	94,7 abc	93,4 ab
Control +20	95,9 a	95,0 a	96,3 a	95,2 ab	93,6 ab
Control +30	97,0 a	95,8 a	96,3 a	95,8 a	94,8 ab
Pinolene	96,1 a	94,3 a	94,9 ab	93,8 bc	92,9 ab
Pinolene +10	96,3 a	95,2 a	96,1 ab	95,5 a	94,2 ab
ABA 125	96,2 a	93,4 ab	94,7 ab	93,5 c	93,3 ab
ABA 125 +10	97,4 a	95,0 a	95,7 ab	95,4 a	94,6 a
ABA 190	96,8 a	93,5 ab	94,5 bc	94,9 abc	93,9 ab
ABA 190 +10	97,2 a	94,5 a	94,7 ab	95,0 abc	93,8 ab

4.1.3.2. Producción comercial por planta (Tabla 4.5)

En todas las fechas de estudio el tratamiento Control fue con el que menor producción se obtuvo, llegando a darse en las primeras fechas de registro incluso el doble de producción comercial por planta.

Los tratamientos con los que mayor producción se consiguió en la primera fecha de registro (15 de febrero) fueron Control +10, pinolene +10 y ABA 125 +10, siendo ese valor estadísticamente significativo con respecto a los tratamientos Control y ABA 190 +10 ($p \leq 0,05$). Sin embargo, en la siguiente fecha de estudio (15 de marzo), todos los tratamientos se encontraron igualados en producción, a excepción del tratamiento Control que tiene una producción menor, sin diferir del tratamiento ABA 190 +10.

El estudio realizado a fecha 15 de abril, los tratamientos con los que mayor producción se ha conseguido fueron pinolene y ABA 125, siendo esa diferencia estadísticamente significativa respecto a los tratamientos Control y ABA 190 +10 ($p \leq 0,05$). En cambio, a fecha de cosecha 15 de mayo, toda la producción se encontraba muy igualada a excepción el tratamiento Control, que dio el valor más bajo, sin diferir de la producción obtenido para los tratamientos Control +10, Control +20 y ABA 190 +10.

En la última fecha de cosecha (15 de junio) el tratamiento con el que mayor producción se obtuvo fue el ABA 125; con diferencias e.s respecto a los tratamientos Control, Control +10, Control +20 y ABA 190 +10, comparándolo con su respectivo tratamiento control, existen diferencias de 230 g.

Tabla 4.5. Experimento 1: Producción comercial acumulada por planta.

	15 de Febrero	15 de marzo	15 de abril	15 de mayo	15 de junio
Control	48,3 c	93 b	213 c	383 b	527 c
Control +10	98,0 a	155 a	292 ab	447 ab	576 bc
Control +20	79,7 ab	157 a	274 abc	446 ab	537 c
Control +30	81,4 ab	182 a	323 ab	551 a	681 abc
Pinolene	74,7 abc	172 a	334 a	567 a	698 ab
Pinolene +10	92,3 a	187 a	332 ab	540 a	669 abc
ABA 125	79,8 ab	170 a	344 a	586 a	759 a
ABA 125 +10	91,6 a	165 a	329 ab	524 a	680 abc
ABA 190	80,6 ab	164 a	307 ab	576 a	713 ab
ABA 190 +10	61,4 bc	135 ab	256 bc	463 ab	591 bc

4.1.3.3. Número de frutos comerciales por planta (Tabla 4.6)

Desde la primera fecha de análisis se registraron diferencias entre los distintos tratamientos, siendo el Control con el que menor número de frutos comerciales se han cosechado durante toda la campaña. Estas diferencias tienden a ser constantes durante todas las fechas de registro.

En la primera fecha, los tratamientos Control +10 y pinolene +10, presentaron un mayor número de frutos comerciales que los tratamientos ABA 190 +10 y Control, con diferencias e.s ($p \leq 0,05$). Sin embargo, a partir del 15 de abril empezaron a destacar los tratamientos Pinolene y ABA 125, con diferencias e.s, respecto a los tratamientos Control y Control +20 ($p \leq 0,05$). En la última fecha de recolección, la cosecha del tratamiento ABA 125 fue la que alcanzó un mayor número de frutos, con diferencias e.s respecto a Control, Control +10, Control +20 y ABA 190 +10 ($p \leq 0,05$).

Tabla 4.6. Experimento 1: Número de frutos comerciales acumulados por planta.

	15 de Febrero	15 de marzo	15 de abril	15 de mayo	15 de junio
Control	3,49 c	7,3 b	15,7 d	29,1 c	41,3 c
Control +10	6,52 a	11,3 ab	19,9 abcd	35,1 abc	45,7 bc
Control +20	5,31 abc	10,9 ab	18,3 bcd	32,4 bc	40,3 c
Control +30	5,20 abc	12,5 a	21,3 abcd	38,4 abc	48,8 abc
Pinolene	4,82 abc	12,6 a	23,9 a	42,3 a	53,5 ab
Pinolene +10	6,32 a	13,6 a	22,9 abc	39,5 ab	50,4 abc
ABA 125	4,95 abc	12,2 a	23,8 ab	43,0 a	57,0 a
ABA 125 +10	5,85 ab	11,8 a	22,0 abc	37,7 abc	50,6 abc
ABA 190	5,29 abc	12,2 a	21,6 abc	38,0 abc	49,0 abc
ABA 190 +10	4,10 bc	10,2 ab	18,0 cd	33,5 abc	44,7 bc

4.1.3.4. Peso medio de los frutos comerciales

El peso medio de los frutos comerciales cosechados en el tratamiento Control, fue el más bajo durante todas las fechas de recolección realizadas, tal y como ocurre en los dos otros estudios anteriormente realizados, con diferencias significativas respecto a los tratamientos Control +20, Control +30 y ABA 125 +10, hasta el 15 de abril (inclusive) y respecto al tratamientos ABA 190 las dos últimas fechas de recolección.

Figura 4.7 .Experimento 1: Peso medio acumulado de los frutos comerciales.

	15 de Febrero	15 de marzo	15 de abril	15 de mayo	15 de junio
Control	13,8 c	12,6 c	13,6 b	13,1 b	12,8 b
Control +10	15,1 abc	13,7 abc	14,7 ab	12,8 b	12,7 b
Control +20	15,0 abc	14,8 a	15,1 a	13,9 ab	13,4 ab
Control +30	15,8 ab	14,5 ab	15,2 a	14,4 ab	13,9 ab
Pinolene	15,4 ab	13,8 abc	14,0 ab	13,4 ab	13,1 ab
Pinolene +10	14,6 bc	13,7 abc	14,6 ab	13,7 ab	13,3 ab
ABA 125	16,2 a	14,0 abc	14,5 ab	13,6 ab	13,3 ab
ABA 125 +10	15,7 ab	14,1ab	15,0 a	13,9 ab	13,4 ab
ABA 190	15,3 abc	13,5 abc	14,3 ab	15,0 a	14,4 a
ABA 190 +10	15,0 abc	13,2 bc	14,1 ab	13,8 ab	13,2 ab

4.1.4. Análisis de regresión:

4.1.4.1. Correlaciones entre el contenido de almidón, en coronas y raíces, y las marras de plantación (Tabla 4.8)

Realizando dicho análisis no se ha registrado correlación alguna entre los diferentes niveles de almidón, en coronas y raíces, y el número de marras de plantación.

Tabla 4.8. Coeficientes de correlación entre contenidos de almidón de raíces y coronas y la significación del modelo.

	Marras de plantación
Raíces	-0,186538 ns
Coronas	-0,371429 ns

ns: No significativo

*: significativo para $p \leq 0.05$

4.1.4.2. Correlación entre el contenido de almidón, en coronas y raíces, y los parámetros productivos estudiados (Tabla 4.9)

Al realizar dicho análisis se ha comprobado que no existe relación alguna entre los contenidos de almidón en raíces y coronas y los parámetros productivos estudiados; a excepción del porcentaje de producción comercial, tanto precoz como final, con el que se ha visto una relación e.s entre éste y el contenido en almidón de las raíces.

4.1.4.3. Correlaciones entre el número de marras de plantación y los parámetros productivos estudiados (Tabla 4.10)

De todos los parámetros productivos estudiados, tanto para una producción precoz como para su respectiva producción final, se han obtenido diferencias e.s entre éstos y el número de marras de plantación de los tratamientos, existiendo una relación inversamente proporcional entre estos parámetros, es decir, a mayor número de marras de plantación se obtuvieron menores parámetros productivos; con excepción del peso medio de los frutos en una producción precoz que ha resultado no ser e.s.

Tabla 4.9. Coeficientes de correlación entre contenidos en almidón de raíces y coronas y los parámetros productivos estudiados. Precoz: Hasta el 15-03. Final: Hasta el 15-06

	Producción comercial por planta Precoz	Producción comercial por planta Final	Nº de frutos comerciales por planta Precoz	Nº de frutos comerciales Final	Peso medio Precoz	Peso medio Final	Porcentaje de producción comercial Precoz	Porcentaje de producción comercial Final
Coronas	0,332 ns	-0,061	0,232 ns	-0,112 ns	0,472 ns	0,161 ns	0,612 ns	0,674*
Raíces	0,14 ns	-0,276	0,039 ns	-0,319 ns	0,406 ns	0,069 ns	0,490 ns	0,407*

ns: No significativo

*: Significativo para $p \leq 0.05$

Tabla 4.10. Coeficientes de correlación entre las marras de plantación y los parámetros productivos estudiados. Precoz: Hasta 15-03. Final: 15-06

	Producción comercial por planta Precoz	Producción comercial por planta Final	Nº de frutos comerciales por planta Precoz	Nº de frutos comerciales Final	Peso medio Precoz	Peso medio Final	Porcentaje de producción comercial Precoz	Porcentaje de producción comercial Final
Marras de plantación	-0,872*	-0,801*	-0,862*	-0,811*	-0,563*	-0,330 ns	-0,692*	-0,608*

ns: No significativo

*: Significativo para $p \leq 0.05$

4.2. DISCUSIÓN

Conforme se retrasó la fecha de arrancado en vivero, los niveles de reservas de las plantas fueron aumentando. Esto coincide con lo constatado por Bringhurst *et al.* (1960) donde se corroboró que un retraso en la fecha de arrancado en vivero de plantas de fresón, mejoró el nivel de reservas.

Los tratamientos realizados con ABA no han tenido influencia en los niveles de almidón en raíces y coronas. Como se ha comentado en la Introducción los niveles de ABA endógenos se incrementan en la planta como consecuencia de la entrada en latencia tal y como ocurre en la higuera (Kawamata, M. *et al.*, 2002). Sin embargo, de acuerdo con nuestro estudio las aplicaciones exógenas de ABA, en vivero, no parecen tener un efecto claro sobre la entrada en latencia relacionada con la acumulación de frío, que es la que parece que ha provocado en nuestro estudio un mayor contenido en almidón. Asimismo, en estudios realizados por Maas (1987) se indica que en ausencia de frío las plantas de fresón son capaces de acumular almidón, aunque es necesario un número importante de horas frío para que se alcancen niveles importantes de reservas; en nuestro experimento, un retraso en la fecha arrancado ha contribuido a incrementar los niveles de almidón y ello podría estar relacionado con una mayor incidencia de HF, como parece lógico a altitudes de 1100 msnm, aunque no tenemos registros de temperaturas.

Sin embargo, no se observa relación entre el contenido en almidón y la producción de frutos, ya que en la plantación más tardía, Control +30, se consiguen los mayores niveles de almidón registrados en todos los tratamientos, pero no se acaban registrando diferencias significativas en la producción y el número de frutos comerciales por planta con respecto al resto de tratamientos.

El número de marras se vio igualado en todos los tratamientos realizados a partir de la segunda fecha de plantación. Estos tratamientos se encontraban en fechas más habituales de arrancado, 11 de octubre-31 de octubre (Villa y Castillo, 1993), donde podrían haber acumulado una suficiente cantidad de horas frío en vivero y en consecuencia encontrarse en un mayor grado de latencia, pudiendo soportar los efectos del arrancado, manipulación y trasplante. En cambio, las plantas del tratamiento Control, al tratarse de una plantación precoz no habrían logrado acumular la suficiente cantidad de horas frío, encontrándose con un crecimiento vegetativo más activo en el momento del arrancado y dando por consiguiente un mayor número de marras de plantación.

Las marras de plantación de plantas frescas de fresón a raíz desnuda pueden ser atribuidas a una excesiva transpiración, debido al formato de trasplante utilizado (al no tener un sistema radical desarrollado) y la climatología de las fechas, tanto en vivero, como se ha comentado en el párrafo anterior, como en el lugar de la plantación.

Es conocido el efecto del ABA aplicado una vez realizado la plantación, con el que se consigue una mejora en el comportamiento de las plantas tras el trasplante, en estudios realizados por Davies-Zhang (1991) se ha demostrado su efecto en el cierre parcial o completo de estomas, consiguiéndose una disminución en la pérdida de agua de hojas. En nuestro caso, la aplicación de ABA se realizó en vivero, dos o tres semanas antes del trasplante, y las hojas

tratadas fueron separadas de la planta durante el proceso de arrancado y manipulación, como es normal realizarlo por las empresas viverísticas, por lo que el efecto del ABA sobre la reducción de marras de plantación para la fecha más precoz, sólo podría ser explicado si se incrementaran los niveles endógenos de ABA en las plantas tratadas y que sean éstos los que influyan en el efecto anti-transpirante una vez trasplantadas, consiguiéndose en ese momento el cierre parcial de estomas. Además, en un estudio realizado por Sterret y Hipkins (1980) se indica que la brotación es inhibida con tratamientos con ABA realizados tras el trasplante, este efecto inhibitor tal vez persista en nuestras plantas tratadas con ABA hasta la realización del trasplante, explicándose el menor número de marras de plantación existente en el tratamiento ABA 125.

A la hora del cálculo de todos los parámetros productivos se ha tenido en cuenta las marras de plantación. En general, en la producción por planta sin tener en cuenta las marras no han aparecido diferencias significativas entre tratamientos (datos no mostrados), lo que sugiere que ninguno de los tratamientos, haya incrementado 'per se' los parámetros productivos, y por tanto que el efecto sobre la producción sea debido a un efecto directo sobre el porcentaje de marras. Al ser el tratamiento Control donde mayores marras se han registrado, parece lógico pensar que este sea uno de los factores que hayan hecho que exista una menor producción comercial por planta, número de frutos comerciales y peso medio de los frutos, pero que además, cuando se adelanta en exceso la plantación, las plantas no sometidas a tratamiento alguno de regulación, den resultados productivos menores, posiblemente como consecuencia de un retraso en el proceso de enraizado y formación de hojas, tal y como se observó en los estudios realizados el año anterior (López-Galarza, comunicación personal).

Por otra lado, el efecto de los tratamientos con Pinolene no ha sido el deseado, ya que según Davenport *et al.*, (1974), con este tipo de anti-transpirantes se consigue formar una película hidrofóbica alrededor de la hoja, interponiendo resistencia a la difusión de agua. Por esta razón se podría haber esperado que las marras de plantación disminuyeran, en comparación con sus respectivos Controles, no registrándose esta disminución una vez analizados los datos.

En experimentos no publicados realizados, en plantas de fresón, por el departamento de Cultivos herbáceos de la Universidad Politécnica de Valencia, se constató que conforme la concentración de ABA exógena aplicada a las plantas en vivero fue aumentando se consiguió una mayor cantidad de raíces en el momento del trasplante, en comparación con los tratamientos realizados. Además, en un nuevo análisis realizado a los tres meses del trasplante se comprobó que también se inducían una mayor aparición de raíces nuevas (López-Galarza, comunicación personal). Este hecho puede estar relacionado con la mejora en la capacidad de arraigo del tratamiento ABA 125, con respecto a su control, observado este año.

Sin embargo, comparando entre los diferentes tratamientos realizados con ABA, en el que menor número de frutos y producción comercial se obtuvo fue el tratamiento ABA 190 +10, en comparación con el ABA 125. En experimentos no publicados en plantas de fresón, por el departamento de Cultivos herbáceos de la Universidad Politécnica de Valencia, se realizaron aplicaciones exógenas de ABA a dosis máximas de 135 $\mu\text{mol/L}$, en nuestro caso al aplicarse dosis superiores, es posible que se aplicará una excesiva concentración de ABA, aunque comparando el ABA 190 con el ABA 125 no han existido diferencias entre estos, siendo este hecho difícil de explicar.

En resumen, es posible adelantar la fecha de arrancado y trasplante de las plantas frescas de fresón a raíz desnuda, si bien requeriría elegir un tratamiento para aplicar a las misma, bien ABA en vivero o bien pinolene después de la plantación, viéndose así disminuidas las marras de plantación y por consiguiente obteniéndose una mayor producción por unidad de superficie. Sin embargo, con el adelanto de la fecha de plantación y la aplicación de alguno de estos tratamientos, no se consigue una mayor producción en comparación con el tratamiento Control en el que se realizó una plantación más tardía. En cualquier caso, se necesitaría comprobar también el efecto del ABA aplicado en post-trasplante, al emerger las nuevas hojas, y ajustar mejor las dosis en pre-trasplante.

5. CONCLUSIONES

5. CONCLUSIONES

Los niveles de almidón, en coronas y raíces, de los tratamientos a los que se aplicó ABA no han mejorado el nivel de reservas acumulado respecto a sus controles. Además, se ha constatado que el factor que provoca un aumento en el nivel de reservas en plantas frescas de fresón a raíz desnuda es el retraso de la fecha de arrancado de éstas en vivero.

Se ha comprobado que no existe correlación entre la cantidad de almidón de las plantas y su producción comercial.

El tratamiento ABA 125 ha conseguido disminuir el número de marras de plantación respecto a su Control. Sin embargo, al retrasarse la fecha de plantación dicho efecto no se ha constatado.

En la plantación precoz (tratamiento Control) los parámetros productivos han resultado ser los más bajos durante la mayor parte del cultivo. Por esta razón, en el caso de querer realizar una plantación precoz se deberá efectuar algún tipo de tratamiento, con ABA o 'pinolene', con los que se han mejorado los parámetros productivos con respecto a éste.

Asimismo, en las fechas de plantación habituales en la provincia de Huelva, entre el 11 y 31 de octubre, no se han registrado diferencias productivas entre los diferentes tratamientos aplicados y sus respectivos controles.

6. BIBLIOGRAFÍA

6. BIBLIOGRAFÍA

- BAÑÓN, S.; OCHOA, J.; FRANCO, J.A.; ALARCÓNAND, J.J.; SÁNCHEZ-BLANCO, M.J. (2006). Hardening of oleander seedlings by deficit irrigation and low air humidity. *Environ. Exp. Bot.*, 56: 36-43.
- BERKOWITZ, G.A.; RABIN, J. (1988). Antitranspirant associated abscisic acid effects on the water relations and yield of transplanted bell pepper. *Plant physiol*, 86: 329-331.
- BRAZANTI, E.C. (1985). *La fragola*. Edagricole, Bologna. 352pp.
- BRINGHURST, R.S; VOTH, V. (1960). Larger strawberries through plant breeding *California Agr*, 14(2):8.
- CULTER, A.J.; KROCHKO, J.E. (1999). Formation and breakdown of ABA. *Trends Plant Sci.*, 4: 472-478.
- DAVENPORT, D.C.; HAGAN, R.M.; MARTIN, P.E. (1969). Antitranspirants: Uses and effects on plant life. *Calif. Turfgrass Cult*, 19: 25-27.
- DAVIES, W.J.; ZHANG, J.H. (1991). Root signals and the regulation of growth and development of plants in drying soil. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plan Mol. Biol.*, 42: 55-76.
- DODD, I.C.; DAVIES, W.J. (1996). The relationship between leaf growth and ABA accumulation in the grass leaf elongation zone. *Plant Cell Environ*, 19: 1047-1056.
- DURNER, E.F.; POLING, E.B.; MASS J.L. (2002). Recent advances in strawberry plug transplant technology. *Hortechology*, 12(4): 545-550
- FAOSTAT. Producción, superficie cultivada y rendimiento de los principales países productores de fresa, campaña 2011. Visto el 14 de Enero de 2014. <http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/download/Q/QC/E>
- FAOSTAT. Producción, superficie cultivada y rendimiento del cultivo de la fresa por continentes, campaña 2011. Visto el 14 de Enero de 2014. <http://faostat3.fao.org/faostatgateway/go/to/download/Q/QC/E>
- FAOSTAT. Producción, superficie cultivada y rendimiento mundial del cultivo de la fresa, campañas 2001-2011. Visto el 14 de Enero de 2014. <http://faostat3.fao.org/faostatgateway/go/to/download/Q/QC/E>
- FAOSTAT. Rendimiento del cultivo de la fresa en España, campañas 1981-2011. Visto el 29 de Enero de 2014. <http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/download/Q/QC/E>
- GARCÍA-SINOVAS, D.; ANDRADE-BENÍTEZ, M. A.; BECERRIL-POLANCO, M. (2012). Los viveros de altura de planta de fresa en Castilla y León. *Vida rural*, 17: 22-27.

- GRAEBER, L.; LINKIES, A.; MULLER, K.; WUNCHOVA, A.; ROTT, A.; LEUBNER-METZGER, G. (2010). Cross-species approaches to seed dormancy and germination: conservation and biodiversity of ABA-regulated mechanisms and the Brassicaceae DOG1 genes. *Plant Mol. Bio.l*, 73: 67-87.
- HANANO, S.; DOMAGALSKA, M.A.; NAGY, F.; DAVIS, S.J. (2006). Multiple phytohormones influence distinct parameters of the plant circadian clock. *Genes to Cells*, 11: 1381-1392.
- JIFON, J.L.; SYVERTSEN, J.P. (2003). Kaolin particle film applications can increase photosynthesis and water use efficiency of 'Ruby red' grapefruit leaves. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 100: 147-156.
- JUNTA DE ANDALUCÍA. Consejería de Agricultura, Pesca y Medioambiente. Observatorio de precios y Mercado. Precios en origen fresón. (2014). Visto el 12 de Febrero de 2014. <http://www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/observatorio/servlet/FrontController>
- JUNTA DE ANDALUCÍA. Consejería de Agricultura, Pesca y Medioambiente. Observatorio de precios y Mercado. Precios al consumo fresón. Visto el 12 de Febrero de 2014. <http://www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/observatorio/servlet/FrontController>
- JUNTA DE ANDALUCÍA. Consejería de Agricultura, Pesca y Medioambiente. Observatorio de precios y mercados. Costes medios de producción del cultivo del fresón, campaña 2011/12 fresa.
- JUNTA DE ANDALUCÍA. Consejería de Agricultura, Pesca y Medioambiente. Red Andaluza de experimentación agraria. Resultados de los ensayos de variedades de Fresa campaña 2009/10.
- JUNTA DE ANDALUCÍA. Consejería de Agricultura, Pesca y Medioambiente. Observatorio de precios y mercados. Evaluación de la campaña de fresa Huelva 2012/13.
- KAWAMATA, M; NISHIDA, E; OHARA, H; OHKAWA, K; MATSUI, H. (2002). Changes in the intensity of bud dormancy and internal compositions of current shoot in fig. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.*, 71(2): 177-182.
- LESKOVAR, D.I.; CANTLIFFE, D.J. (1992). Pepper seedling growth-response to drought stress and exogenous abscísic-acid. *J. Amen. Soc. Hort. Sci.*, 117: 389-393.
- LESKOVAR, D.I.; GORETA, S.; JIFON, J.L. (2007). Gas exchange, water Status, and growth of pepper seedlings exposed to transient water deficit stress are differentially altered by antitranspirants. *Jash*, 132: 603-610.
- LESKOVAR, D.I.; GORETA, S.; JIFON, J.L.; AGEHARA, S.; SHINOHARA, T.; MOORE, D. (2008). ABA to enhance water stress tolerance of vegetable transplants. *Acta Hort.*, 782: 253-264.

- LESKOVAR, D.I.; STOFFELLA, P.J. (1995) Vegetable seedling root system: morphology, development, and importance. *HortScience*, 30: 1153-1159.
- LIETEN, F., MISOTTEN, C. (1993). Nutrient uptake of strawberry plants (cv. Elsanta) grown on substrate. *ISHS Acta Horticulturae*, 348: 299-306.
- LÓPEZ-ARANDA, J.S.; SORIA, C.; MIRANDA, L.; MEDIA-MÍNGUEZ, J. (2013). Actualización del uso de las variedades de fresa. Junta de Andalucía, consejería de medio ambiente y ordenación del medio ambiente.
- LÓPEZ-GALARZA, S.; SAN-BAUTISTA, A.; MARTÍNEZ, A.; PASCUAL, B.; MAROTO, J.V. (2010). Influence of substrate on strawberry plug plant production. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology*, 85(5): 415-420.
- MAAS, J.L. (1987). Photoperiod, temperature effects on starch accumulation in strawberry roots. *Advances in Strawberry Production*. 5: 6-22.
- MAGRAMA, Ministerio de agricultura, alimentación y medio ambiente. Anuario de estadística 2009, comercio exterior de fresa y fresón. Visto el 29 de Enero de 2014.
- MAGRAMA, Ministerio de agricultura, alimentación y medio ambiente. Anuario de estadística 2008, análisis provincial de superficie, rendimiento y producción 2008. Visto el 14 de Enero de 2014.
http://www.magrama.gob.es/estadistica/pags/anuario/2008/AE_2008_20_06_15_02.pdf
- MAROTO, J.V.; LÓPEZ-GALARZA, S. (1988). *Producción de fresas y fresones*. Ed. Agroguiás Mundi-Prensa. 119pp.
- McWATTERS, H.G.; DEVLIN, P.F. (2011). Timing in plants- a rhythmic arrangement. *FEBS Letters* 585: 1474-1484.
- MOFTAF, A.E. (1997). The response of soybean plants, grown under different water regimes, to antitranspirant applications. *Ann. Agric. Sci.*, 35: 263-292.
- NAMBARA, E.; MARION-POLL, A. (2003). ABA action and interactions in seeds. *Trends in Plant Science*, 8: 213-217.
- NITZSCHE, P.; BERKOWITZ, G.A.; RABIN, J. (1991). Development of a seedling-applied antitranspirant formulation to enhance water status, growth, and yield of transplanted bell pepper. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 116: 405-411.
- PLAUT, Z.; MAGRIL, Y.; KEDEM, U. (2004). A new film forming material, which reduces water vapour conductance more than CO₂ fixation in several horticultural crops. *J. Hort. Sci. Biotech*, 79: 528-532.
- POLING, E.B.; PARKER, K. (1990). Plug production of strawberry transplants. *Advances of strawberry transplants*, 9: 37-39.

- PRAKASH, M.; RAMACHANDRAN, K. (2000). Effects of chemical ameliorants in brinjal (*Solanum melongena L.*) under moisture stress conditions. *J. Agron. Crop Sci.*, 185: 237-239.
- ROBBE, A. (2004). Multiplication hors du fraisier: des plants de meilleure qualite. *Le fruit Belge*, 511: 158-161.
- ROBERTSON, F.; SKEFFINGTON, A.; GARDNER, M.; WEBB, A. (2009). Interactions between circadian and hormonal signaling in plants. *Plant Molecular Biology*, 69: 419-427.
- SHARP, R.E.; LENOBLE, M.E.; ELSE, M.A.; THORRE, E.T.; GHERANDI. (2000). Endogenous ABA maintains shoot growth in tomato with ethylene. *J. Exp. Bot.*, 51: 1575-1584.
- SPOLEEN, W.G.; LENOBLE, M.E.; SAMUELS, T.D.; BERNSTEIN, N.; SHARP, R.E. (2000). Abscisic acid accumulation maintains maize primary root elongation at low water potential by restricting ethylene production. *Plant Physiol*, 122: 967-976.
- STERRETT, J.P.; HOPKINS, P.L. (1980). Response of apple buds to pressure injection of abscisic acid and cytokinin. *Amer. Soc. Hort. Sci.*, 105: 917-920.
- TAKEDA, F.; HOKANSON, S.; ENNS, J.M. (2004). Influence of daughter plant weight and position on strawberry transplants production and field performance in annual plasticulture. *Hortscience*, 39: 1592-1595.
- VILLA, P.; CASTILLO, J.E. (1993). *El fresón de Huelva: tecnología actual*. Fundación El Monte. 147pp.
- VOTH, V. (1989). The effect of nursery location latitude on California winter planted strawberries. *Acta Hortic*, 265: 283-284.
- WHITMORE, J.S. (2000). Drought management on farmland. *Kluwer, Dordrecht, The Netherlands*.
- WRIGHT, STC. (1977). The relationship between leaf water potential (leaf) and the levels of abscisic acid and ethylene in excised wheat leaves. *Planta*, 134: 183-189.
- XIA, M.Z. (1994). Effects of soil drought during the generative development phase of faba bean (*Vicia faba*) on photosynthetic characters and biomass production. *J. Agric. Sci.*, 122: 67-72.
- YANG, X.; L.L, WILSON; L.V, MADDEN; M.A, ELLIS. (1990). Rain splash dispersal of *colletotrichum acutatum*, from infected strawberry fruit. *Phytopatology*, 80: 590-595.
- ZHANG, J.; DAVIES, W.J. (1990). Changes in the concentration of ABA in the xylem sap as a function of changing soil water status can account for changes in leaf conductance and growth. *Plant Cell Environ*, 13: 277-285.

7. ANEXOS

7. ANEXOS

7.1. Registro de las temperaturas y humedades relativas.

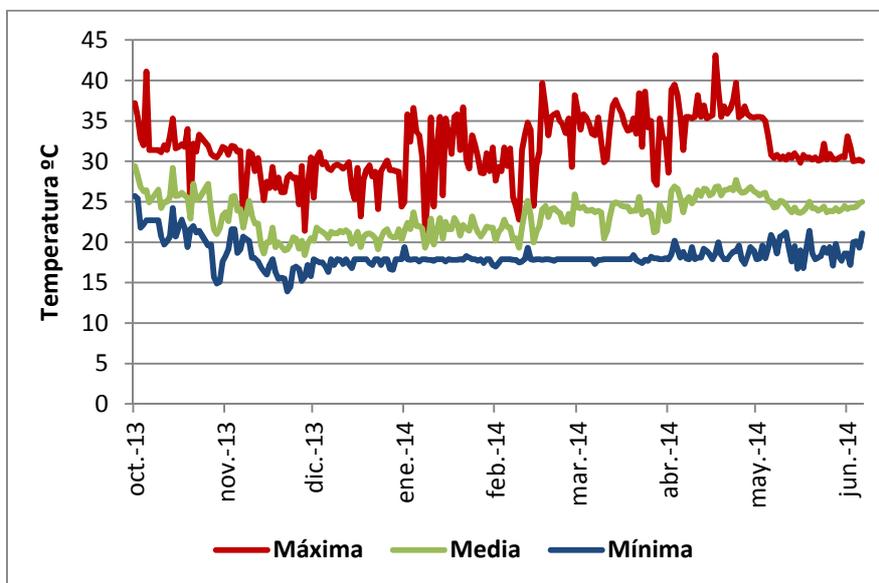


Figura 7.1. Evolución de la temperatura en el cultivo en invernadero de fresa desde el 13 de octubre de 2013 hasta el 14 de Junio del 2014.

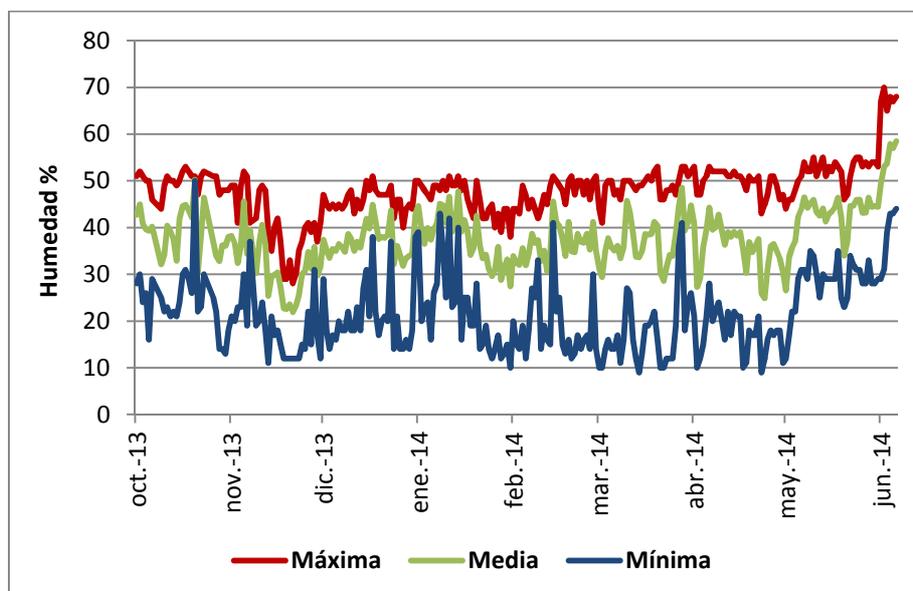


Figura 7.2. Evolución de la humedad relativa en el cultivo en invernadero de fresa desde el 13 de octubre de 2013 hasta el 14 de junio del 2014.

7.2. Cálculo de las soluciones de ABA.

Se realizarán dos aplicaciones, a diferentes concentraciones:

- Para 125 μ M se aplicarán 10mg/m²

$$\frac{10mg}{m^2} * 10m^2 = 100 mg \text{ en } 3L$$

$$\frac{100mg}{3L} = \frac{33.3mg}{L} * \frac{1g}{1000mg} = \frac{0.033g}{L}$$

$$\frac{0.033g/L}{264.3g/mol} = \frac{1.25 * 10^{-4}mol}{L} * \frac{10^6L}{1\mu L} = 125\mu M$$

- Para 190 μ M se aplicarán 15mg/m²

$$\frac{15mg}{m^2} * 10m^2 = 150mg \text{ en } 3L$$

$$\frac{150mg}{3L} = \frac{50mg}{L} * \frac{1g}{1000mg} = \frac{0.05g}{L}$$

$$\frac{0.05g/L}{264.3g/mol} = \frac{1.9 * 10^{-4}mol}{L} * \frac{10^6L}{1\mu L} = 190\mu M$$

7.3. Tratamientos fitosanitarios realizados.

Tabla 7.1. *Tratamientos fitosanitarios realizados durante el ciclo de cultivo.*

Fecha	Productos comerciales	Dosis
08-ene-14	AphidoLine aa	15 depredadores/m ²
27-ene-14	OriLine activ	15 depredadores/m ²
27-ene-14	PhytoLine p	10 depredadores/m ²
18-feb-14	SwirskiLine as	1 sobre/6 plantas
12-mar-14	Abamectina	0,8ml/l
27-mar-14	Abamectina	0,8ml/l
17-abr-14	PhytoLine p	4 depredadores/m ²
09-may-14	PhytoLine p	4 depredadores/m ²
15-may-14	Jabón potásico	1%
15-may-14	Plenum	1g/l

Materia activa de los productos utilizados:

- **Abamectina:** *Abamectina 1.8%*.
- **AphidoLine aa:** *Aphidoletes aphidimyza*.
- **Jabón potásico.**
- **PhytoLine p:** *Phytoseiulus persimilis*.
- **Plenum:** *Pimetrozina 50% p/p*.
- **OriLine activ:** *Orius laevigatus*.
- **SwirskiLine as:** *Amblyseius swirskii*

7.4 . Cálculos necesarios para pasar de lactosa a almidón.

Azúcar estándar interno: LACTOSA (0.2 mL a una concentración de 30 mg/mL)

30 mg/mL * 0.2 mL = 6 mg de lactosa por muestra

6 mg de lactosa monohidratada * $\frac{18 \text{ mg (Pm del H}_2\text{O)}}{360.3 \text{ mg (Pm de lactosa monoh.)}}$ = 0.29975 mg de H₂O que hay en la lactosa

6 mg de lactosa hidratada - 0.29975 mg de agua = 5.70025 mg lactosa por muestra

Si el valor obtenido en una muestra tras el análisis es de L mg de lactosa, entonces:

5.70025 mg de lactosa ----- 100 % $x = \frac{L * 100}{5.70025} = p (\%)$

L mg de lactosa ----- x

Si el valor de la Glucosa en dicha muestra es G mg/mL, el contenido real será:

G mg de glucosa ----- p (%) $x = \frac{G * 100}{p (\%)} = g \text{ (glucosa muestra mg/mL)}$

x ----- 100 (%)

Multiplicamos por el volumen de la disolución final:

g (mg/mL) * 1 mL = g (mg)

Multiplicamos por 0.9 para compensar la molécula de agua que tiene la glucosa:

g * 0.9 = a (almidón en mg)

Calculamos el contenido de almidón por gramo de materia seca:

a mg de almidón ----- m gramos de MS (≈0.2 g)

x ----- 1 g de MS

$x = \frac{a \text{ (mg)} * 1 \text{ (g)}}{m \text{ (g)}} = A \text{ mg de almidón /g MS}$