

**TRABAJO FIN DE MÁSTER EN PRODUCCIÓN VEGETAL EN
CULTIVOS PROTEGIDOS
Itinerario Profesional**



Universidad de Almería
Escuela Superior de Ingeniería
Departamento de Agronomía

**TRATAMIENTOS PARA ESTIMULAR LA RUPTURA DE LA
DORMANCIA DE CORMOS DE AZAFRÁN (*Crocus sativus* L.)**

Alumno: **ANTONIO ÁLVAREZ PUGA**
Titulación: Máster en Producción Vegetal en Cultivos Protegidos
Itinerario Profesional
Directora: **M^a DEL CARMEN SALAS SANJUAN**
Fecha de defensa: **SEPTIEMBRE 2013**

ÍNDICE

RESUMEN/ABSTRACT	3
1.- INTRODUCCIÓN	3
1.1.- EL AZAFRÁN	3
1.1.1.- TAXONOMÍA Y DESCRIPCIÓN	3
1.1.2.- EL CULTIVO DEL AZAFRÁN	4
1.1.3.- SITUACIÓN DEL CULTIVO EN ESPAÑA	6
1.1.4.- ESTRATEGIAS PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD Y COMPETITIVIDAD DEL AZAFRÁN ESPAÑOL	7
1.2.- EL CORMO	8
2.- RUPTURA DE LATENCIA	10
2.1.- SUSTRATOS	10
2.1.1.- PERLITA	10
2.1.2.- FIBRA DE COCO	11
2.2.- EMPLEO DE SUSTANCIAS QUÍMICAS	11
3.- MATERIALES Y MÉTODOS	11
3.1.- DISEÑO EXPERIMENTAL	12
4.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN	12
5.- CONCLUSIONES	14
6.- RECOMENDACIONES	14
7.- BIBLIOGRAFÍA	15

ABSTRACT

Spain has been traditionally one of the most important producers of saffron worldwide. In last decades the land dedicated to this crop has been reduced to the figure of 150 ha. in Spain. The reasons which have originated this situation seem to be the lackness of workers together with the lackness of mechanization in the crop, the slow modernization of the crop techniques and the scarcity of vegetable quality material to make bigger the sowing surface. The current project has the aim of studying the effects of the use of substrates (perlite and peat) and calcium nitrate ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$) to obtain the break of dormancy of corms of saffron. The obtained results seem to show that peat helps the breaking up dormancy and the calcium nitrate favors taking root if this is used during the first 5 days just after the sowing of the corms in the studied substrates.

RESUMEN

Tradicionalmente, España ha sido uno de los mayores productores mundiales de azafrán. La superficie dedicada a su cultivo se ha reducido enormemente en las últimas décadas hasta alcanzar las 150 ha. en 2011. Las razones que han originado esta situación parecen ser la escasez de mano de obra, la falta de mecanización del cultivo, la lenta modernización de las técnicas de cultivo y la escasez de material vegetal de calidad para ampliar la superficie de siembra. El presente trabajo tiene por finalidad estudiar el efecto del uso de sustratos (perlita y fibra de coco) y de nitrato cálcico ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$) para lograr la ruptura de la dormancia de cormos de azafrán. Los resultados obtenidos parecen indicar que la fibra de coco favorece la ruptura de la dormancia y que el nitrato cálcico favorece el enraizamiento si se aplica durante los primeros 5 días tras la siembra de los cormos en los sustratos estudiados.

1.- INTRODUCCIÓN.

1.1.- El azafrán.

1.1.1.- Taxonomía y descripción.

La palabra azafrán procede del árabe hispánico, *azza'farán*, y éste a su vez del árabe clásico, *za'farān*. Se desconoce dónde comenzó su uso y cultivo, ni la especie cuya domesticación originó *Crocus sativus* L., que es la cultivada. El género *Crocus* comprende más de 80 especies que se distribuyen por el Mediterráneo europeo y oeste de Asia, pero *C. sativus* no se encuentra en ningún lugar de forma natural. (Álvarez, 2003).

La taxonomía de la planta azafrán, según el Código Internacional de Nomenclatura Botánica (Alonso et al., 1988) es:

Clase: Liliatea (Monocotiledoneas).

Subclase: Lilliidae.

Orden: Liliades.

Familia: Iridacea.

Género: *Crocus*.

Especie: *Crocus sativus* L.

La planta del azafrán es un geófito autotriploide, androestéril, de floración otoñal y con una altura entre 10 y 25 cm.. Los brotes aéreos, con hojas y flores, se forman cada año, gracias a las sustancias de reserva almacenadas en el cormo.

Las flores presentan 6 pétalos, tres internos y tres externos, unidos por un largo tubo que nace del extremo superior del ovario, de color violeta azuladas, con 3 anteras amarillas y 3 estigmas de color amarillo-rojizo o anaranjado, muy finos en su base y engrosados en el ápice. La forma de las flores es erecta y regular. El estilo parte del ápice del ovario subterráneo atravesando el tubo del periantio y termina en un único estigma conformado por tres filamentos de color rojizo vivo y que es la parte de la planta por la que el hombre la cultiva. Poseen de una a tres flores por tallo y dos o tres tallos por planta.

Las hojas, que surgen de forma simultánea o posteriormente a las flores, son de color verde oscuro, lineares, erectas, con una banda blanca en su cara interna y una nervadura en la externa. Su número varía entre cinco y once por brote, son muy estrechas, de entre 1,5 y 2,5 mm, de color verde oscuro, lineares, con una capa blanca en su cara interna y una nervadura en la externa.

El azafrán especia, los estigmas tostados, ha sido muy apreciada por sus propiedades aromatizantes, colorantes, medicinales y culinarias desde tiempos remotos, en la actualidad se investiga sobre sus propiedades antitumorales. Es la especia más cara del mundo, pero su cultivo en Europa se está abandonando, siendo los países asiáticos, principalmente Irán, los mayores productores.

1.1.2.- El cultivo del azafrán.

El azafrán requiere climas mediterráneo-continuales, de inviernos frescos y veranos secos y calurosos. Cultivo de requerimientos hídricos reducidos y que se adapta bien a suelos calizos y pobres. Se cultiva en suelos ligeros y sueltos ya que el encharcamiento le perjudica.

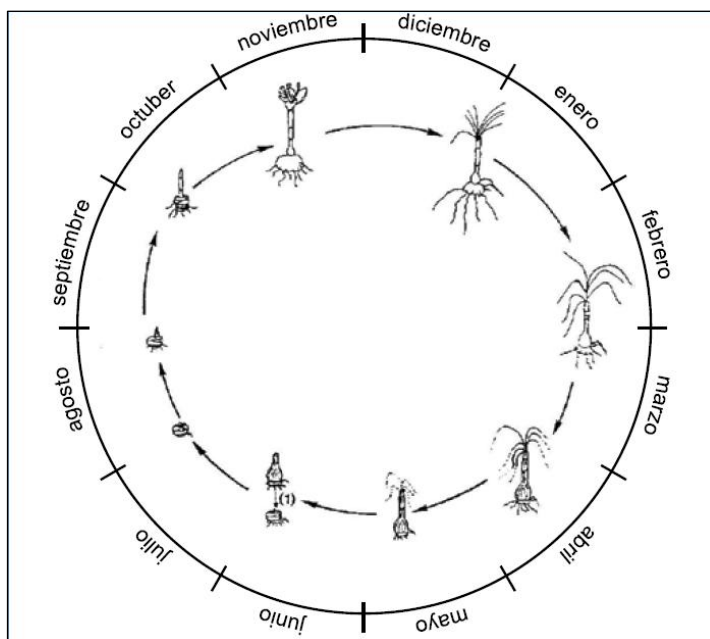


Figura 1: Ciclo de cultivo del azafrán en Castilla La Mancha (Autor: López, 1989. Fuente: Libro Blanco del Azafrán)

En su ciclo anual se diferencian dos estadios: el de actividad, desde agosto/septiembre hasta abril/mayo, en el que la planta reanuda su actividad metabólica y se produce el enraizamiento, brotación, floración, foliación y ahijamiento (multiplicación de cormos); y el de reposo, en el que los cormos están completamente formados y no experimentan variaciones. En España el ciclo productivo del cultivo es de tres o cuatro años en el suelo, en otras regiones del mundo el cultivo puede permanecer en él hasta siete o nueve años.

Las labores previas a la plantación consisten en una labor profunda, para dejar el suelo mullido y suelto, fertilizándolo con una enmienda orgánica de 20-30 kg/ha de estiércol maduro y complementado con aportes de fertilizantes inorgánicos, especialmente de fósforo y potasio.

La plantación se realiza entre la 2ª quincena de junio y 1ª quincena de septiembre. No existen razones agronómicas conocidas que justifiquen una u otra fecha, más bien depende de la disponibilidad de recursos (Álvarez, 2003).

Para la plantación se emplean cormos de tamaño medio o grande, desechando aquellos con un diámetro inferior a los 22 mm. Diversos autores (citados por Álvarez, 2003; Renau-Morata et al., 2012 o Molina et al., 2005) establecen que el tamaño del cormo influye en el rendimiento durante el primer año de plantación al incidir en el número de yemas florales y la producción de cormos hijos. En años sucesivos este factor parece perder importancia paulatinamente con la reproducción de los cormos. La profundidad de siembra está determinada por el número de años que permanecerá en el terreno e influye en gran medida sobre el rendimiento de estigmas. En España se suele plantar a una profundidad de 15-20 cm. La densidad de plantación es de 60 cormos/m² y tiene una gran incidencia en el rendimiento del primer año de la plantación, atenuándose con los años.

La productividad del cultivo responde muy bien al riego. En España, en el año 2011, el 69 % de la superficie cultivada fue en regadío, con una productividad media por ha. de 16 Kg de estambre tostado frente a los 6 Kg. en secano. Es un cultivo que parece tolerar bien la salinidad del agua, de acuerdo con el Libro Blanco del Azafrán, hasta los 1.200 µS/cm no existe pérdida en la supervivencia de cormos para la generación siguiente, no obstante, no existen datos sobre la pérdida de producción de flores y estigmas en relación con la salinidad del agua.

No presenta necesidades exigentes de abonado, un estudio realizado en Irán, puso de manifiesto que el elemento más importante a la hora de la floración y, por consiguiente, del rendimiento de la cosecha es el Nitrógeno, su aplicación incrementaba la floración (Behzad et. al, 1992, citado por Álvarez, 2003). La aplicación de Fósforo, sólo o junto con Nitrógeno o materia orgánica no aumenta la producción de flores ni producción de azafrán (Behnia et al., 1999).

La floración ocurre a finales de octubre y dura unos 20 días. La recolección de las flores se realiza a primeras horas de la mañana cuando las flores están cerradas porque la luz solar reduce las propiedades del azafrán. Es una labor costosa que se realiza manualmente, con cuidado de no dañar los estigmas. Tras la recolección, ha de procederse a separar los estigmas de las flores (*monda*), una vez separados, los estigmas son tostados, dando origen a la especia. El rendimiento de la recolección depende de factores humanos, del cultivo (la presencia de hojas disminuye el rendimiento) y meteorológicos, se estima entre 8 y 16 kg. de flores por jornada y persona (Libro Blanco del Azafrán).

Al terminar el ciclo, durante el mes de mayo y la primera mitad de julio, los cormos son extraídos del suelo mediante labor. Esta es una de las labores más importantes en el cultivo del azafrán, ya que la calidad del material vegetal obtenido para el siguiente ciclo productivo depende de las heridas causadas a los cormos durante esta operación.

Los cormos extraídos no deben estar más de 2 horas al sol y han de ser almacenados, en lugares cerrados y ventilados naturalmente, en capas con un espesor máximo de 40 cm. Antes de sembrarlos se limpian, seleccionan y conservan durante 40–50 días en un lugar fresco y oscuro. Para prevenir problemas fitosanitarios se emplean en la plantación cormos sanos que se suelen desinfectar sumergiéndolos en una solución fúngica y secándolos mediante ventilación forzada.

1.1.3.- Situación del cultivo en España.

El cultivo de azafrán en España se ha reducido enormemente, de 11.282 ha. cultivadas en los años 30 del siglo XX a 3.696 ha. en los años 90 del siglo pasado (Sajardo et al., 2005) hasta alcanzar las 150 ha. en el año 2011. Esta reducción ha ocurrido a pesar del alto precio alcanzado por la especia en el mercado mundial, el azafrán con denominación de origen Castilla-La Mancha puede alcanzar los 3.000 €/kg, si bien el precio medio parece oscilar entre los 1.200 y 1.800 €/Kg.

La disminución de su cultivo parece deberse fundamentalmente a:

- Escasez de mano de obra. Este cultivo se ha realizado tradicionalmente mediante explotaciones familiares de pequeña superficie que contribuía a la economía familiar. El éxodo rural genera una falta de mano de obra.
- Falta de mecanización en la recogida y monda de la flor, que continúan realizándose de forma manual. La mano de obra necesaria representa unos elevados costes a los agricultores europeos de azafrán respecto a terceros países. Por otro lado, y en relación con el motivo anterior, los productores europeos tienen difícil encontrar la cantidad necesaria de trabajadores para un reducido período de tiempo. En Europa, la mecanización de algunas operaciones es la gran asignatura pendiente.

- Competencia con países terceros. El azafrán de países emergentes cuesta menos que el español, por lo que se importan grandes cantidades. En la actualidad, en el mercado internacional se vende como azafrán español una cantidad muy superior a la producida por nuestro país. Situación difícilmente sostenible en el futuro (Libro Blanco del Azafrán).

- Modernización de las técnicas de producción. Su cultivo se realiza en casi todos los casos mediante sistemas de producción tradicionales a través de pequeños productores. En la actualidad se están desarrollando técnicas de producción forzada. Su desarrollo dependerá del estudio de costo-beneficio del sistema frente a otros sistemas de cultivo.

- Falta de material vegetal de calidad. La selección realizada por el agricultor, según el tamaño del cormo, no ha sido suficiente para que exista un material vegetal de confianza. Al ser el azafrán una planta estéril, no son aplicables los métodos tradicionales de mejora genética.

1.1.4.- Estrategias para mejorar la productividad y competitividad del azafrán español

Para conocer las estrategias que nos permitan aumentar la productividad y competitividad del azafrán cultivado en España hemos de conocer cuáles son las debilidades de nuestro sector productivo. Éstas, de acuerdo con el Libro Blanco del Azafrán, son:

- Falta de producción.
- Precio. El azafrán español se vende a mayor precio que el griego, pero más barato que el italiano.
- Imputación de costes. La tradicional explotación familiar tiene en cuenta los gastos directos, pero no contabiliza la mano de obra familiar.
- Sistemas de producción mayoritariamente tradicionales que se orientan más a la cantidad que a la calidad.
- Escasa mecanización del cultivo y reducida dimensión de las parcelas, que a su vez dificulta su mecanización.
- Mano de obra. Escasa y cara con respecto a productores terceros, la mecanización del cultivo podría solucionar estos problemas.
- Técnicas de cultivo. Las técnicas de cultivo avanzadas de las que se dispone se encuentran poco extendidas entre los agricultores, especialmente la

adaptación de técnicas procedentes de otros cultivos o el uso adecuado del riego cuando es necesario.

- Producción de cormos. No se realizan cultivos específicos para la producción de cormos, sino que se utilizan los producidos en los cultivos tradicionales de flores, lo que conlleva toda una serie de problemas añadidos.

De las estrategias para mejorar la competitividad y productividad del azafrán español, hemos destacado dos estrategias que creemos fundamentales, a parte de la mecanización del cultivo, y en las que se centra el presente trabajo: las técnicas de cultivo y la producción de cormos. Los motivos que nos han llevado a ello se explican en el epígrafe 2.

1.2.- El cormo

El cormo es un órgano subterráneo, de forma suboval, ligeramente aplastado en su base (corto y grueso), carnoso y de color blanco. Es la base hinchada de un vástago de tallo, envuelto por hojas secas de aspecto de escamas (Hartmann y Kester, 1994). A diferencia de los bulbos, el cormo es una estructura sólida, que incluye un tallo con nudos y entrenudos. Es un órgano de reserva, compuesto principalmente por tejido parenquimático, que acumula las sustancias de reserva necesarias para que pueda tener lugar la brotación tras la época desfavorable. En el cormo maduro, las bases secas de las hojas persisten en cada uno de los nudos del tallo y lo envuelven, formando lo que se denomina túnica, protegiéndolo de lesiones mecánicas y de la pérdida de agua. En el ápice del cormo existe una yema vegetativa terminal que originará las hojas y flores. En cada uno de los nudos se producen yemas axilares.

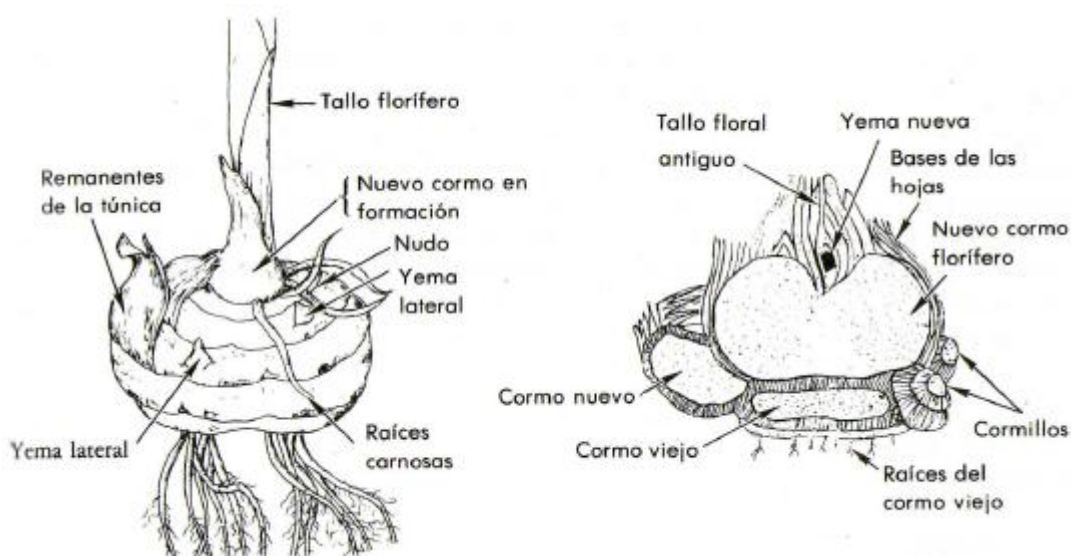


Imagen 1: Estructura del cormo de gladiolo. Imagen externa (dcha.) y sección longitudinal de la estructura sólida del tallo.
Autores: Hartmann y Kester, 1994.

Se conoce poco de los componentes del cormo, de los ciclos bioquímicos que en él tienen lugar así como de los procesos de acumulación de sustancias de reserva o la finalización de la dormancia. El principal componente de la materia fresca del cormo es el almidón, seguido de la sacarosa, glucosa y fructosa, finalmente presenta trazas de rafinosa, maltosa y ribosa. El almidón se acumula en el cormo de manera creciente hasta superar la fase de dormancia, momento en el cual su concentración comienza a decrecer. Por el contrario, la sacarosa aumenta su concentración al final de la dormancia, mientras que la glucosa se mantiene constante. Este hecho, según diversos autores, (Chrungoo y Farooq, 1989, citado por Álvarez, 2003) se ve apoyado por la actividad de las giberelinas, que mediante la activación de enzimas hidrolíticas participa en la rotura de los polisacáridos para dar lugar a azúcares sencillos. Otros compuestos estudiados en el cormo de azafrán son las poliaminas putrescina, espermidina y espermina, cuya presencia y concentración depende del estado de desarrollo y crecimiento de la planta.

Además de carbohidratos, el cormo almacena proteínas de reserva, se ha descrito una lectina de unión a manano como principal proteína de reserva de nitrógeno, azufre y carbono. En el cormo de azafrán se han encontrado componentes proteicos de alto peso molecular, cuya función fisiológica en el cormo no se conoce.

El cormo es el órgano reproductor del azafrán. El azafrán es una planta autotriploide androestéril en la que se genera una meiosis irregular en la formación de gametos, que tiene como consecuencia un elevado porcentaje de polen (principalmente) y óvulos infértiles. Esto, unido a la falta de germinación del polen en el estigma hace que la especie sea estéril. Así, la única forma de reproducción de la planta es de forma vegetativa, mediante la producción de cormos hijos. El número de brotes por cada cormo es un factor fundamental, pues además de afectar a la producción de la especie, participará en la producción de cormos de la siguiente generación. Se han estudiado ciertos caracteres agronómicos que afectan al número de flores y formación de cormos hijos como el tamaño de los cormos o la aplicación de materia orgánica (diversos autores citados por Turhan et al., 2007).

En la actualidad, el azafrán representa una serie de clones en los que las diferencias de sus características bioquímicas y morfológicas son escasas. Estudios realizados con azafrán cultivado en Israel, Italia y España, han puesto de manifiesto que, tanto la cantidad total de ADN como su composición de bases es muy similar en dichas localizaciones (Brandizzi y Grilli Caiola, 1996, citado por Álvarez, 2003). La reproducción de la planta mediante multiplicación vegetativa permite mantener las características genéticas de la planta, pero impide la mejora genética clásica con técnicas tradicionales más allá de la selección masal.

2.- RUPTURA DE LATENCIA

La técnica de cultivo estudiada en el presente trabajo es la ruptura de la dormancia de la estructura reproductiva vegetativa que es el cormo mediante el empleo de sustratos, fibra de coco y perlita, y nitrato cálcico ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$). Hasta ahora, los estudios científicos principalmente han estado dirigidos a la ruptura de la latencia mediante tratamientos térmicos, como por ejemplo los de Molina et al., 2005.

La ruptura de la latencia o dormancia del cormo del azafrán permitirá planificar la floración y, por tanto, la cosecha y monda de la flor del azafrán, resolviendo uno de los problemas del sector productivo español, la alta necesidad de mano de obra en un corto periodo de tiempo. Así mismo, el cultivo en sustratos de los cormos mejoraría la calidad fitosanitaria de los mismos y permitiría mejorar su selección masal según el criterio de tamaño de cormo que claramente influye en su producción de flores. La mejora de estos dos aspectos puede hacer que el futuro del sector español consista en la producción de cormos para su venta a países con una mano de obra más barata y la producción de la especia adquiera un carácter complementario.

2.1.- Sustratos

El estudio llevado a cabo por Maggio et al., 2006, parece demostrar que el tipo de sustrato no afecta a la duración del ciclo de cultivo pero sí al número de flores por cormo. Souret y Weathers, 2000, obtienen que el porcentaje de cormos que desarrollan flores es muy bajo en los cultivo hidropónicos y aeropónicos en comparación con los cultivados en suelo.

El empleo de sustratos permite la nivelación del cultivo, ayuda a conservar la humedad y sirve de anclaje para brotes y raíces.

2.1.1.- Perlita

La perlita es un silicato de aluminio de origen volcánico, transformado mediante un tratamiento térmico que alcanza los 1.000°C . A estas temperaturas se evapora el agua contenida en sus partículas, obteniendo un material muy ligero con una alta porosidad. Existe en el mercado diferentes tamaños de partícula, siendo uno de los más comercializados el tipo B-12, que está formado por fracciones medias y gruesas junto con fracciones finas.

Densidad aparente (g/cm^3)	Porosidad total (%)	Porosidad ocluida (%)	Agua fácilmente disponible (%)	Agua fácilmente asimilable (%)	Agua difícilmente disponible (%)	Agua de reserva (%)	Capacidad de aireación (%)	Reacción	C.I.C (meq/100g)	Poder tampón
0,143	85,9	8,1	24,6	>25	25,2	7,0	29,1	Neutra-Ligeramente alcalina	1,5-2,5	Muy bajo

Tabla 1.: Características perlita tipo B-12. Fuente: Cultivo sin suelo de hortalizas. Aspectos Prácticos y experiencias.

2.1.2.- Fibra de coco

Material vegetal procedente de los desechos de la industria del coco, tras la extracción de las fibras más largas del mesocarpo se aprovechan las fibras cortas y el polvo de tejido medular en proporciones variables como sustrato. Son varios los países que producen la fibra de coco, encontrándose una gran variabilidad en las propiedades físicas y químicas del sustrato entre los distintos orígenes (Evans et al., 1996; Noguera et al., 1997,1999, citados por Baixauli y Aguilar, 2002).

Densidad aparente (g/cm ³)	Porosidad total (%)	Índice de grosor (%)	Agua fácilmente disponible (%)	Capacidad de retención agua (ml/l sustrato)	Agua difícilmente disponible (%)	Agua de reserva (%)	Contracción (%)	C.E (dS/m)	C.I.C (meq/100g)	M.O. Total (%)	Relación C/N
0,020-0,094	93,8-98,7	11-66	07-36,8	110-797	25,2	0,1-7,8	n.d.-28	0,39-6,77	31-97	88,6-95,7	74-194

Tabla 2.: Intervalo características fibra de coco. Fuente: Cultivo sin suelo de hortalizas. Aspectos Prácticos y experiencias.

2.2.- Empleo de sustancias químicas

Tras la revisión bibliográfica llevada a cabo no se encontraron resultados sobre la aplicación de nitrato cálcico en ruptura de dormancia de cormos ni bulbos. Lo que sí ha sido investigado es la aplicación de dicha sustancia para prevenir el aborto floral y el colapso de los tallos florales en tulipán cultivado en hidroponía (Nelson et al., 1998).

De acuerdo con Molina et al., 2004, el etileno fue inefectivo en la ruptura de dormancia y aceleración de la brotación y floración de los cormos de azafrán. La aplicación externa de giberelinas a cormos estimula el crecimiento de yemas y promueve la floración. (Azizbekova et al., 1978; Chrungoo y Farooq, 1984, citados por Álvarez, 2003).

3.- MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo experimental se llevó a cabo entre el 27 de septiembre y el 12 de octubre de 2012 (15 días) en el laboratorio 1.26 del Edificio Científico Técnico II-B de la Universidad de Almería. Las condiciones climáticas (temperatura, humedad u horas de luz) del laboratorio fueron las ambientales, no tomándose registro de las mismas.

Los cormos empleados fueron cedidos por un productor particular de Albacete, quien los envió a la Universidad la tercera semana de Septiembre de 2012 empaquetados correctamente. El experimento estuvo limitado por el número de cormos proporcionado y el elevado precio de los mismos. Para su uso en el ensayo fueron seleccionados por su diámetro (superior a 22 mm) y aspecto exterior (ausencia de heridas o manchas necróticas externas), antes de su siembra fueron desinfectados sumergiéndolos en una disolución de lejía para uso doméstico al 10 % de concentración en volumen durante 10 minutos. Tras la inmersión en esta solución fueron lavados con agua destilada.

Se emplearon 4 bandejas de plástico análogas de 38,5 cm de ancho, 54 cm de largo y 8,5 cm de alto con un pequeño dren en la base. En su interior se sembraron 24 cormos por bandeja, distribuidos en 3 series de 8 repeticiones cada una (96 cormos en total). Se depositó un cm de sustrato, a continuación los cormos y finalmente se cubrieron nuevamente con un cm de sustrato. En dos bandejas el sustrato empleado fue fibra de coco y en las dos restantes perlita. Ambos sustratos fueron esterilizados en autoclave.

Dos bandejas, una por cada tipo de sustrato empleado se regaron con agua destilada, las dos restantes con una solución de agua destilada y nitrato cálcico, $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, hasta alcanzar una conductividad de 1,2 dS/m. La dosis y frecuencia de riego fue de un litro por bandeja cada 3 días.

El objetivo del ensayo fue estudiar el efecto del nitrato cálcico y de los sustratos perlita y fibra de coco en la dormancia del cormo de azafrán, adelantando la brotación y enraizamiento del mismo. Los tratamientos estudiados, cada uno de los cuales correspondió a una bandeja, fueron:

- Tratamiento 1 (T1): Cormos sembrados en fibra de coco (FC) y regados con agua destilada.
- Tratamiento 2 (T2): Cormos sembrados en fibra de coco y regados con una disolución de agua destilada y nitrato cálcico hasta alcanzar una conductividad del agua de 1,2 dS/m.
- Tratamiento 3 (T3): Cormos sembrados en perlita (P) y regados con agua destilada.
- Tratamiento 4 (T4): Cormos sembrados en perlita y regados con una disolución de agua destilada y nitrato cálcico hasta alcanzar una conductividad del agua de 1,2 dS/m.

3.1.- Diseño experimental

El experimento consistió en la aplicación de 4 tratamientos, con tres réplicas por tratamiento y 8 repeticiones cada una en un diseño de bloques al azar, realizando la prueba MDS de Fisher con $\alpha \leq 0,05$.

El 27 de septiembre de 2012, antes de proceder a la siembra de los cormos se midió el diámetro ecuatorial y peso fresco de cada cormo. Después de 5 días tras la siembra, los cormos fueron extraídos del sustrato y se determinaron las variables yemas emergidas (NB) y número de raíces (NR). Los cormos se volvieron a depositar en el interior del sustrato y 15 días después de la siembra se volvió a contar el número de brotes y raíces de cada cormo.

4.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de evaluar la ruptura de dormancia en cormos de azafrán se muestran en el cuadro 1.

	5 días		15 días	
	NB	NR	NB	NR
T1	1,11 a	34,18 c	1,50 a	60,39 a
T2	1,04 a	46,72 a	1,04 b	58,42 b
T3	1,10 a	31,40 c	1,35 ab	59,69 a
T4	1,21 a	40,62 b	1,24 ab	55,76 b
CV	16,54	8,90	19,34	3,38*
Significancia	NS	*	*	*

Cuadro 1. Efecto de tratamientos para evaluar el rompimiento de la dormancia en cormos de azafrán. T1: FC + agua; T2: FC + $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$; T3: P + agua; T4: P + $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$. CV: coeficiente de variación. *Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$) LSD Fisher. * datos transformados $\sqrt{x+1}$*

En cuanto al NR, a los 5 días, los resultados de ensayo se muestran en el gráfico 1:

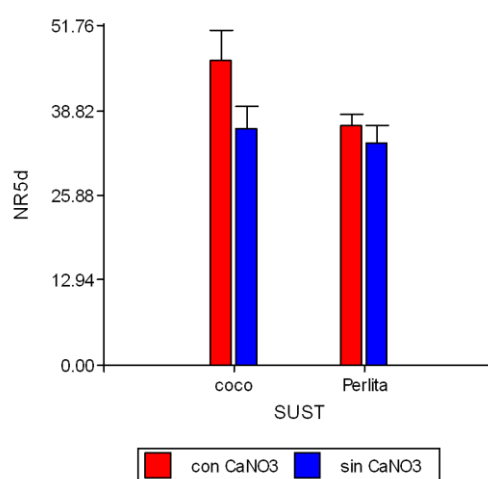


Gráfico 1: N° de raíces a los 5 días de siembra según sustrato y aplicación de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$

A los 5 días, el NR fue mayor en los cormos sembrados en FC que en los sembrados en P. La aplicación de nitrato cálcico fue favorable en ambos casos, siendo mayor la respuesta en FC que en P. Este mayor número de raíces en FC podría ser el responsable del mayor peso y diámetro de los cormos hijos encontrados por Maggio et al., 2006, en el azafrán cuando fueron cultivados en una mezcla de FC y P (1:1) que los cultivados solo en P. En el presente trabajo se obtuvieron valores de NR por cormo en cultivo hidropónico que prácticamente duplican a los obtenidos por Souret y Weathers, 2000, esto puede deberse al pequeño tamaño de los cormos empleados por ellos en su ensayo, lo que demostraría la importancia del diámetro del cormo en la calidad del mismo.

En cuanto al NB a los 5 días no se produjeron diferencias significativas entre los tratamientos como se observa en el cuadro 1.

Tras 15 días después de siembra, el comportamiento del NR (Gráfico 2) en ambos sustratos no presentó diferencias significativas, la aplicación de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ tuvo un detrimento sobre el número de raíces en ambos sustratos.

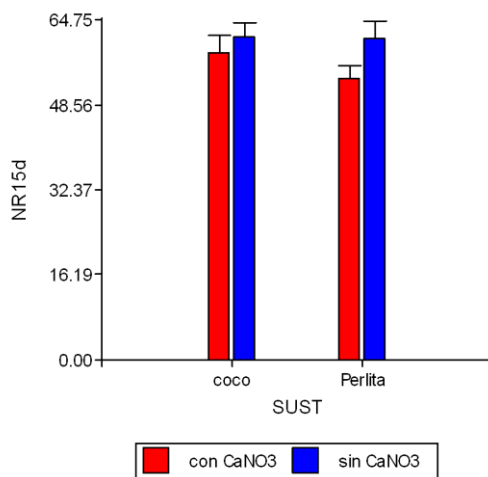


Gráfico 2: N° de raíces a los 15 días de siembra según sustrato y aplicación de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$

Esta reducción podría deberse a la acumulación de sales, que dificultarían el desarrollo radicular, la menor capacidad de intercambio catiónico de la P conllevaría peores resultados en el NR en este sustrato que en la FC, tal y como parece desprenderse de los resultados obtenidos, si bien no existen diferencias significativas.

En cuanto al número de yemas brotadas (NB) a los 15 días, como se puede observar en el Cuadro 1, fue mayor en el T1, seguido del T3 y T4, sin diferencias significativas entre ellos, y, por último, el T2, fue el tratamiento en el que se generó menor desarrollo de brotes. Estos resultados no concuerdan con los obtenidos por Maggio et al., 2006, según los cuales en perlita fue donde se produjo un mayor número de flores por cormo seguido de la mezcla fibra/perlita, ya que a mayor número de brotes mayor será el número de flores.

5.- CONCLUSIONES

Ni el sustrato ni el empleo de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ influyen sobre el desarrollo del número de brotes en los cormos después de siembra.

El $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ aumentó el NR generadas por los cormos a los 5 días de su siembra en ambos sustratos, siendo mayor la sinergia en el tratamiento 1, fibra de coco y nitrato cálcico.

La aplicación $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ fue negativa en la aparición de yemas brotadas a los 15 días en ambos sustratos, siendo su efecto más negativo en la fibra de coco.

El NR a los 15 días después de siembra fue mayor en los dos sustratos en los que no se aplicó nitrato cálcico con el riego.

6.- RECOMENDACIONES

Por los resultados obtenidos en el presente trabajo, se recomienda:

1.- El estudio de la fibra de coco como sustrato para favorecer la ruptura de dormancia del cormo de azafrán.

2.- El empleo de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ en riego sólo los primeros cinco días después de siembra para favorecer el enraizamiento del cormo en los sustratos.

7.- BIBLIOGRAFÍA

Alonso, G. L.; Varón, R.; Navarro, F.; Gómez, R., 1988. Algunos detalles históricos sobre el azafrán. Consultado el 5/07/13 en la página web:
<http://www.uclm.es/ab/educacion/ensayos/pdf/revista2/r2a16.pdf>

Álvarez, M., 2003. Desarrollo y expresión génica en cormos de azafrán (*Crocus sativus*, L.). Tesis Doctoral. Universidad de Castilla La Mancha e Instituto de Desarrollo Regional.

Baixauli, C.; Aguilar, J. M., 2002. Cultivo sin suelo de hortalizas. Aspectos Prácticos y experiencias. Edita: Generalitat Valenciana, Consellería de Agricultura, Pesca y Alimentación, pp. 110. Consultado el 18/08/2013 en la página web:
<http://www.ivia.es/sdta/pdf/libros/n53.pdf>

Behnia, R. M; Estilai, A.; Ehdaie, B., 1999. Application of fertilizers for increased saffron yield. Journal of Agronomy and Crop Science, 182, 9-15.

García, F., Tema 7: El tallo. Estructura Primaria y Desarrollo. Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Agrícola. U. Politécnica de Valencia. Consultado el 9/07/213 en la página web:
http://www.euita.upv.es/varios/biologia/Temas%20PDF/Tema%207_El%20Tallo.pdf

Hartmann, H. T.; Kester, D. E., 1994. Propagación de plantas. Principios y prácticas. Editorial: Compañía Editorial Continental, S.A, México, D.F, pp. 760.

Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, 2013, Avance Anuario de Estadística 2012. Consultado el 8/07/2013 en la página web:
http://www.magrama.gob.es/estadistica/pags/anuario/2012/AE_2012_Avance.pdf

Maggio, A.; Raimondi, G.; Martino, A.; De Pascale, S., 2006. Soilless cultivation of saffron in mediterranean environment. Acta Horticulturae 718, 515-522.

- Molina, R.; Valero, M.; Navarro, Y.; García-Luis, A.; Guardiola, J.L., 2004. The effect of time of corm lifting and duration of incubation at inductive temperatura on flowering in the saffron plant (*Crocus sativus* L.). *Scientia Horticulturae* 103: 79-91.
- Molina, R.; Valero, M.; Navarro, Y.; Guardiola, J.L.; García-Luis, A., 2005. Temperature effects on flower formation in saffron (*Crocus sativus* L.). *Scientia Horticulturae* 103: 361-379.
- Mushtaq Ahmad; Gul Zaffar, S. D.; Mir, S. D.; Razvi, S. M.; Rather, M. D.; Mir, M. R., 2011. Saffron (*Crocus sativus* L.) strategies for enhancing productivity. *Research Journal of Medicinal Plant* (5) 6: 630-649.
- Nelson, P. V.; Niedziela Jr., C. E., 1998. Effect of acymidol in combination with temperatura regime, calcium nitrate, and cultivar selection on calcium deficiency symptoms during hydroponics forcing of tulip. *Scientia Horticulturae* 74: 207-218.
- Reanu-Morata, B.; Nebauer, S. G.; Sánchez, M.; Molina, R., 2012. Effect of corm size, water stress and cultivation conditions on hotosynthesis and biomass partitioning during the vegetative growth of saffron (*Crocus sativus* L.). *Industrial Crops and Products* 39: 40-46.
- Sajardo, T.; Romero, M. J.; López, H.; de Juan, J. A.; López, P., 2005. Proyecto INTERREG y producción forzada de azafrán. Memoria ITAP. Consultado el 5/07/13 en la página web:
<http://www.itap.es/ITAP-Publicaciones/4Publicaciones/Documentos/OtrasPublicaciones/37.Anuario%20Azafr%C3%A1n%202005.pdf>
- Souret, F. F., Weathers, J. P., 2000. The growth of saffron (*Crocus sativus*, L.) in aeroponics and hydroponics. *Journal of Herbs, Spices & Medicinal Plants*, vol. 7 (3), 25-35.
- Turhan, H.; Kahriman, F.; Omer Egesel, C.; Kemal Gul, M., 2007. The effects of different growing media on flowering and corm formation of saffron (*Crocus sativus* L.). *African Journal of Biotechnology*, Vol. 6 (20), 2328-2332.

Unión Europea, diversas instituciones de España, Grecia e Italia, 2007. Libro Blanco.
Azafrán en Europa: problemas y estrategias para valorizar la calidad y mejorar la
competitividad. Edita: Nuove Grafiche Puddu, pp. 232.

Real Academia Española de la Lengua (www.rae.es)

Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (www.magrama.gob.es)