

Crecimiento del cultivo del algodón

Caracterización de una escala fenológica

El desarrollo de un cultivo de algodón depende de un cultivo específico y de sus características de cultivo, ya que permite determinar el momento óptimo de siembra, riego y fertilización, así como las fitonutrición, etc. El momento de aplicación de un producto a un cultivo varía con una fase específica del desarrollo de la planta y es necesario identificarla para poder aplicar el producto de forma adecuada. En este artículo se describe cada fase fenológica del cultivo del algodón a través de la escala fenológica BBCH.

Rafael J. López-Bellido Garrido¹,
F. Javier López-Bellido Garrido²
y Luis López-Bellido³.

¹Departamento de Ciencias Agroforestales, Universidad de Huelva.

²Departamento de Producción Vegetal y Tecnología Agraria, Universidad de Castilla-La Mancha.

³Departamento de Ciencias y Recursos Agrarios y Forestales, Universidad de Córdoba.



Cultivo de algodón en la fase de crecimiento 33 de la escala BBCH (Cortesía de Nickerson Sur).

El abonado del olivar es una labor fundamental para la conducción y rentabilización del cultivo, ya que, con un coste relativamente bajo, se consigue un incremento claro de los rendimientos, siempre que la operación se lleve a cabo como es debido.

Existe un gran número de escalas fenológicas para los diferentes cultivos, lo que hace difícil su conocimiento; además, para algunos cultivos existe más de una escala. En consecuencia, la adopción de una única escala universal de crecimiento podría eliminar el uso de una terminología genérica, que es inapropiada para la agricultura

de precisión, y simplificaría la labor de los técnicos.

Un consorcio entre investigadores europeos y fabricantes de agroquímicos ha desarrollado una escala fenológica universal denominada BBCH (Biologische Bundesanstalt Bundessortenamt and CHEmical Industry) (Lancashire et al., 1991). Dicha escala ha sido criticada por considerar algunos autores que carece de precisión para algunos cultivos (Frank et al., 1997). Sin embargo, hay que reconocer que no ha existido hasta ahora una escala fenológica que haya unificado tantos cultivos y menos aún que haya dotado de escala fenológica por primera vez a numerosas especies cultivadas.

La escala fenológica BBCH

La escala BBCH es un sistema homogéneo de codificar las fases de crecimiento fenológico de forma similar en todas las monocotiledóneas y dicotiledóneas. Fue el resultado de un equipo integrado por las siguientes instituciones alemanas: German Federal Biological Research Centre for Agriculture and Forestry, German Federal Office of Plant Varieties, German Agrochemical Association and Institute for Vegetables and Ornamentals in Grossbeeren/Erfurt.

La escala BBCH utiliza un código decimal que se divide en fases principales y subfases. Está basada en la conocida escala de

los cereales desarrollada por Zadoks et al. (1974) y su objetivo es eliminar las principales diferencias entre las muchas escalas existentes. A cada estado fenológico similar de cada especie le corresponde el mismo código, por lo cual es indudable que esta unificación tiene una visión muy práctica de simplificación. A partir de esta escala principal BBCH, se ha concretado algo más en diferentes trabajos para algunos cultivos, aunque se puede utilizar prácticamente con cualquier cultivo o mala hierba. Los trabajos de adaptación de la escala universal BBCH se han desarrollado en: cereales de invierno, arroz, maíz, colza, habas, girasol, remolacha, manzano, peral, cerezo, ciruelo, melocotonero, albaricoquero, grosellero, fresa, cítricos, vid, soja, algodón, cacahuete, lúpulo, cebolla, puerro, ajo, zanahoria, colinabo, apio, rábano, repollo, col china, lechuga, endibia, espinaca, lechuga, col de Bruselas, coliflor, brócoli, pepino, melón, calabaza, sandía, tomate, pimentón, berenjena, guisante, judía y gran número de malas hierbas.

En el cultivo que nos ocupa, el algodón existe una escala fenológica previa que fue desarrollada por Elsner et al. (1979), que es de gran utilidad. Sin embargo, parece de mayor interés el explicar la escala BBCH adaptada para el algodón por Munger et al. (1998), por las razones expuestas anteriormente.

El desarrollo completo del cultivo se divide en diez fases muy claras y fáciles de diferenciar. Las fases principales se describen por el uso de los números que van del 0 al 9 en orden ascendente (**figura 1**). En algunos casos, como sucede con el algodón, algunas de estas fases principales se han omitido por no adaptarse al cultivo. En concreto, en el algodón no existe la fase 4, que corresponde en los cereales de invierno al desarrollo del zurrón, y que, por tanto, carece de sentido en este cultivo. Además, las fases principales no necesariamente tienen que ir en una estricta secuencia ascendente, ocasional-

mente también pueden ir en paralelo, en cuyo caso se caracteriza el estado por la fase superior (nota 2 de la **figura 1**). Sin embargo, las fases principales no son suficientes para caracterizar el estado de desarrollo en el que se encuentra un cultivo, pues éstas hacen siempre alusión a un período más o menos largo, por lo cual se recurre a subfases dentro de cada fase de desarrollo del cultivo. En contraste con las fases principales, las subfases definen estadios muy seguidos del crecimiento. También las subfases son codificadas utilizando los números que van del 0 al 9. La combinación de fases y subfases genera códigos de dos dígitos que caracterizan en qué punto se encuentra el cultivo. Las descripciones hechas en la escala hacen referencia a que se están produciendo en al menos el 50% de las plantas, a no ser que se especifique lo contrario.

Escala BBCH de la fenología del cultivo del algodón

Fisiológicamente, el algodón es una planta perenne adaptada a las condiciones de cultivo anual. Su crecimiento es indeterminado; después de alcanzar su floración máxima continúa floreciendo durante un período prolongado. En la misma planta se encuentran botones florales, flores y cápsulas en diferentes estados de desarrollo. Esta característica, que no es muy habitual en una planta de cultivo anual, tiene una profunda influencia en la fisiología de los diversos estados de crecimiento de la planta y en sus características agronómicas (López Bellido, 2003).

El ciclo del algodón, tradicionalmente, se ha subdividido en los estados de emergencia, vegetativo y reproductivo. El período vegetativo comprende hasta la apertura de la primera flor, incluyendo por tanto la inducción floral y la prefloración, que desde el punto de vista fisiológico deberían adscribirse al período reproductivo. La apertura de la primera flor representa un estado muy útil y visible, que corresponde a un



Planta de algodón en la fase de crecimiento 78 de la escala BBCH (Cortesía de Nickerson Sur).

cambio profundo en las necesidades de la planta. La primera flor normalmente aparece entre los 50 y 80 días después de la emergencia, si ningún factor adverso, biótico o abiótico, perturba el crecimiento del algodón. El período reproductivo abarca desde la floración a la maduración de las cápsulas. La floración puede tener una duración de 40 a 65 días según el cultivar y las condiciones ambientales. El período desde el inicio de floración a la cápsula madura es de 45 a 70 días. La duración del desarrollo del cultivo del algodón, desde la siembra a la recolección, para los cultivares más normales de *G. hirsutum* varía entre 120 días, en las condiciones más favorables y con los cultivares más precoces, hasta más de 200 días (López Bellido, 2003).

Posibles las fases de desarrollo del algodón

El crecimiento y desarrollo de la planta de algodón, en condiciones favorables de agua, nutrientes y radiación solar, sigue un modelo bien definido y ordenado de sucesivas etapas o fases cuya duración depende principalmente de la temperatura. Los cultivares modernos de algo-

dón son insensibles al fotoperíodo, que es un requisito indispensable para que puedan ser cultivados en las regiones templadas. Por esta razón, también el crecimiento reproductivo del algodón es controlado sobre todo por la temperatura. A continuación se detalla qué sucede en cada una de las principales fases, especificando entre paréntesis algunos de los estados reseñados en la **figura 1**.

Germinación

En condiciones óptimas de humedad la imbibición se completa después de cuatro o cinco horas (03). La radícula emerge de los tegumentos reblandecidos entre las dieciocho y veinticuatro horas después del comienzo de la imbibición (05). La germinación del algodón es epigea. La temperatura de germinación se sitúa por encima de 12-15 °C, aunque en la práctica las temperaturas iguales o superiores a 18 °C son las más favorables. Según algunos autores, la germinación se inicia cuando la media diaria de temperatura del suelo es de 15,5 °C, o ligeramente inferior con plántulas profundas, aunque el crecimiento es lento a dicha temperatura. La temperatura óptima de germinación se sitúa entre 25 y 35 °C (López Bellido, 2003).

En la región mediterránea, la temperatura es el factor más limitante para la emergencia del algodón. Esto da lugar a dificultades para el establecimiento del cultivo y al ataque de enfermedades. Para solucionarlo, se recurre a la siembra de cultivares precoces y a prácticas agronómicas que calienten el suelo y mejoren la emergencia, tales como la siembra en caballones y/o bajo acolchado plástico.

Los cotiledones emergen (09) unos pocos centímetros por encima del suelo por la elongación del hipocotilo (08) antes de su despliegue y expansión. Tras la emergencia y exposición a la luz, los cotiledones se tornan verdes por la clorofila y son fotosintéticamente activos.

Desarrollo foliar

Existen tres tipos de hojas en la planta de algodón: cotiledones, perfiles y hojas verdaderas. Las hojas cotiledonares son opuestas y simples; se expanden hasta una anchura de cuatro centímetros (10) y se sitúan alrededor de cinco centímetros por encima del nivel del suelo, según el suministro de humedad y la profundidad de siembra. Si los cotiledones están muy cerca del suelo, lo más probable es que la siembra se hiciera demasiado profunda. Los perfiles son las primeras hojas desarrolladas sobre una rama y son normalmente pequeñas. Las hojas verdaderas varían en tamaño y forma, desde enteras a completamente lobuladas. Las primeras hojas por encima de los cotiledones tienen forma redondeada con sólo una insinuación de los lóbulos típicos de la hoja adulta. Aproximadamente hasta el octavo nudo del tallo principal la hoja no alcanza su forma adulta completa con los lóbulos partidos hasta la mitad (palmatífida). Existen genotipos de *G. hirsutum* que tienen las hojas profundamente partidas, denominados tipos de hoja okra, los cuales varían de okra a superokra en función de lo partidas que estén las hojas (ver **figura 1**).

El tallo principal desarrolla una serie de nudos, cada uno con una hoja y dos o tres yemas latentes que pueden producir ramas. Los dos primeros nudos desarrollan los cotiledones y están situados al mismo nivel del tallo. Por encima de ellos, las hojas se disponen en espiral (filotaxia 3/8), esto es, cada hoja está situada a 3/8 de la precedente en el recorrido alrededor de la circunferencia del tallo hacia arriba. La dirección de la espiral puede ser hacia la derecha o hacia la izquierda, aproximadamente la mitad de las plantas de un campo de cada clase.

Formación de ramas vegetativas

La planta de algodón tiene un tallo principal que lleva dos clases de ramas: vegetativas o monopódicas y fructíferas o simpódi-

cas. Las ramas vegetativas son similares al tallo principal y crecen de forma continua a partir de los puntos de crecimiento (nudos) más bajos del eje principal. Las ramas fructíferas se forman a partir de las anteriores, crecen de manera discontinua formando segmentos en zigzag y llevan nudos con botones florales. Por tanto, el tallo principal y las ramas vegetativas no producen directamente flores y sí ramas fructíferas que las originan.

El desarrollo de las yemas de cada nudo depende en gran parte de las condiciones ambientales. En un cultivo con espaciamientos estrechos, las plantas tienden a tener pocas ramas vegetativas (normalmente sólo alcanza la fase 21) y las fructíferas más bajas son más cortas. El espaciamiento tiene poco efecto sobre la altura de la planta, aunque la pérdida de algunas cápsulas tempranas induce un crecimiento adicional para compensarla y las plantas tienen un crecimiento más alto. Cuando la distancia entre plantas dentro de la línea es corta, los tallos se inclinan frecuentemente a derecha e izquierda de la vertical como si buscaran más espacio para crecer.

La primera de las yemas que se desarrolla de cada nudo del tallo principal es la yema axilar, que producirá una rama fructífera o vegetativa según las condiciones anteriores a la aparición de las ramas. Debajo de un determinado nudo las ramas son vegetativas y encima de éste son fructíferas. El nudo en el cual ocurre el cambio se denomina nudo de la primera rama fructífera (NRF), contando los nudos en el sentido ascendente del tallo desde los cotiledones. Las ramas fructíferas se desarrollan en sucesión ascendente desde el NRF, mientras que las ramas vegetativas se desarrollan en sucesión descendente desde el mismo punto. Los nudos cotiledonares son los últimos que se desarrollan. Normalmente los nudos más bajos del tallo principal y los nudos cotiledonares permanecen latentes, a menos que el crecimiento sea muy vigoroso.

Debajo del NRF raramente se desarrollan la segunda y tercera yema de cada nudo; sin embargo, en la zona fructífera, si las condiciones son favorables, se desarrollará una segunda yema; ésta frecuentemente produce una rama fructífera corta con una sola flor, aunque puede ser más larga, o una rama vegetativa. A veces se desarrolla una tercera rama del mismo nudo.

Las ramas vegetativas generalmente crecen hacia arriba, en un ángulo más agudo que las ramas fructíferas, y pueden alcanzar la misma altura que el tallo principal. Los entrenudos más bajos de las ramas vegetativas son normalmente largos, con uno o dos nudos ciegos; esta característica y la tendencia a la verticalidad hace fácil distinguir las ramas fructíferas. A pesar de que la rama vegetativa situada inmediatamente debajo del NRF aparece primero, las ramas más bajas se desarrollan más fuertemente. Las ramas fructíferas más bajas son más largas que las superiores, debido a que inician su crecimiento más pronto, lo cual hace que la planta tenga una típica forma piramidal, aunque los espaciamientos estrechos restringen la longitud de las ramas más bajas.

En los suelos poco fértiles y con escasez de agua el porte de la planta es bajo y delgado; muchos de los nudos del tallo principal permanecerán ciegos y con entrenudos cortos entre ellos; las ramas fructíferas también serán cortas, con sólo una o dos yemas florales, y no habrá ramas vegetativas. Esto está normalmente acompañado por la caída de las hojas, subsistiendo un tallo delgado, corto y desnudo, con poco más de 30-40 cm de altura. Por el contrario, en condiciones fértiles y con abundancia de agua, todas las yemas disponibles se desarrollarán, los entrenudos serán largos y casi todas las hojas serán retenidas, dando lugar a una planta alta, espesa y vigorosa. Cada nudo del tallo principal tendrá dos o tres ramas, las fructíferas serán largas y con ra-

mificación secundaria, dos yemas florales aparecerán al menos de los nudos simpodiales y varias ramas vegetativas vigorosas ramificarán desde la base del tallo.

Elongación del tallo (cobertura)

La planta de algodón desarrolla un importante tallo principal o eje primario, resultante de la elongación y crecimiento de la yema terminal o meristemo apical. Éste consiste en una serie de nudos y entrenudos y tiene un hábito de crecimiento indeterminado. Como se ha dicho, hay dos tipos de ramas: vegetativas o monopódicas y fructíferas o simpodicas.

El desarrollo vegetativo determina la estructura de la parte aérea de la planta, con el crecimiento de las hojas verdaderas en el tallo principal y el desarrollo de las ramas vegetativas y fructíferas que soportan el subsecuente desarrollo de las hojas simpodicas para el posterior desarrollo de los frutos. Es de gran importancia durante este período el establecimiento de una óptima cubierta foliar del cultivo que intercepta la radiación solar incidente y el de una estructura de ramas adecuada que soporte las hojas y la eventual carga de fruto.

El índice de área foliar (LAI) aumenta lentamente al principio, durante las primeras seis o siete semanas, y más rápidamente al principio de la fructificación (51) y cerramiento de la estructura foliar (39). Es esencial que el desarrollo del área foliar durante el final del período vegetativo, de gran actividad en el desarrollo de los botones florales, no se retrase para alcanzar lo antes posible la máxima utilización de la radiación solar incidente en la fotosíntesis. Lo ideal es que se llegue al cierre de la estructura foliar (39) antes de que se pueda detectar el primer botón floral (51), aunque esto no siempre es así.

Un área foliar excesiva en la fase tardía del algodón está asociada con una reducción del rendimiento. Un valor del LAI igual a 4 puede ser óptimo, y menos de 3

o mayor de 5 puede reducir el rendimiento. Este excesivo crecimiento vegetativo puede conducir al retraso de la maduración. Con frecuencia, se utilizan aplicaciones foliares de cloruro de mepicuat en la fase de floración para optimizar la arquitectura de la planta y mejorar la distribución de la luz. El cloruro de mepicuat reduce el número final de nudos del tallo principal, siendo más efectivo con altas densidades de plantas. También parece ser que este regulador de crecimiento incrementa la penetración de la radiación en la porción central de la planta; y en muchos casos puede reducir la altura de la misma.

Emergencia de flores

A partir de un momento determinado, importante desde el punto de vista fisiológico, se observan las primeras manifestaciones de la iniciación floral. Por su hábito de crecimiento indeterminado, la planta de algodón continúa el crecimiento vegetativo al mismo tiempo que el desarrollo reproductivo durante el resto de la estación de crecimiento. El primer botón floral se reconoce por la presencia de tres pequeñas brácteas unidas por la base que lo envuelven. Las brácteas tienen forma acorazonada con el borde superior dentado y envuelven el botón; al conjunto se le denomina

square (véase figura 1). Al primer square se le denomina "cabeza de alfiler", ya que el botón que está en su interior tiene un diámetro menor de 2 mm (51). La abscisión o desprendimiento de square "cabeza de alfiler" es habitual en el algodón, aunque existe discrepancia sobre su magnitud y causa. A continuación aparece otro square con nombre propio, "cabeza de cerilla" (52), cuyo diámetro del botón floral se sitúa entre 2 y 4 mm.

Floración

La fecha de la aparición de la primera flor es una indicación de la precocidad del cultivo y marca

el comienzo del período de floración (61). Las bracteolas alcanzan su máximo tamaño cuando abre la flor y permanecen verdes hasta que las cápsulas están aproximadamente maduras, entonces se tornan secas y quebradizas pero persistentes. La fecundación se produce en la apertura de la flor. La flor es grande y vistosa y atrae abejas y otros insectos, aunque la polinización cruzada no es obligada; de hecho, la gran mayoría de las flores se autopolinizan. Las abejas melíferas son el principal agente de la polinización cruzada. La corola es blanca o ligeramente de color crema, normalmente con una

FIGURA 1. CLAVES DE IDENTIFICACIÓN 88CH DE LAS FASES FENOLÓGICAS DE CRECIMIENTO DEL CULTIVO DEL ALGODÓN (GOSSYPIMUM HIRSUTUM L.) (MUNGER ET AL., 1998; ADAPTADAS POR R.J. LÓPEZ-BELLIDO Y F.J. LÓPEZ-BELLIDO, 2005)

	GERMINACIÓN	DESARROLLO FOLIAR	FORMACIÓN RAMAS VEGETATIVAS	ELONGACIÓN DEL TALLO (COBERTURA)	EMERGENCIA DE FLORES	FLORACIÓN	DESARROLLO DE CÁPSULAS	MADURACIÓN DE CÁPSULAS	SENESCENCIA
VISTA GENERAL									
DETALLES									
CÓDIGO	0	1	2	3	5	6	7	8	9
SUBFASES	00 Semilla seca 01 Inicio imbibición 03 Imbibición completa 05 Emergencia de la radícula 06 Elongación de la radícula 07 Aparición del hipocotilo 08 Elongación del hipocotilo 09 Emergencia	10 Cotiledones desplegados 11 1ª hoja desplegada 12 2ª hoja desplegada 13 3ª hoja desplegada 1X Sucesivas hasta ... 19 9 ó más hojas desplegadas 1. Ninguna rama vegetativa es visible? ²	21 1ª rama vegetativa visible (2º orden) ³ 22 2ª rama vegetativa visible (2º orden) 23 3ª rama vegetativa visible (2º orden) 2X Sucesivas hasta ... 29 9 ó más ramas vegetativas visibles (2º orden)	31 Inicio de cobertura del suelo entre líneas por el cultivo: 10% de superficie cubierta 32 20% de la superficie cubierta 33 30% de la superficie cubierta 34 Sucesivas hasta ... 39 Cierre de la cubierta: 90% de la superficie cubierta	51 Primer botón floral detectable (square "cabeza de alfiler") ⁴ 52 Primer botón floral visible (square "cabeza de cerilla") ⁴ 55 Botones florales claramente desarrollados 59 Petalos visibles; el capullo todavía permanece cerrado	60 Primeras flores abiertas (esporádicamente en la población) 61 Floración temprana: 5-6 flores por cada 7.5 m de línea 65 Mitad de floración: 11 ó más flores por cada 7.5 m de línea 67 Floración tardía: la mayor parte de las flores se han marchitado 69 Final de floración	71 Alrededor del 10% de las cápsulas alcanzan su tamaño final 72 Alrededor del 20% de las cápsulas alcanzan su tamaño final 73 Alrededor del 30% de las cápsulas alcanzan su tamaño final 74 Sucesivas hasta ... 79 Alrededor del 90% de las cápsulas alcanzan su tamaño final	80 Primera cápsula abierta en la primera rama fructífera 81 Inicio de la apertura de cápsulas: alrededor del 10% de cápsulas abiertas 82 Alrededor del 20% de las cápsulas abiertas 83 Alrededor del 40% de las cápsulas abiertas 84 Sucesivas hasta ... 89 Alrededor del 90% de las cápsulas abiertas	91 Alrededor del 10% de las hojas decoloradas o caídas 92 Alrededor del 20% de las hojas decoloradas o caídas 93 Alrededor del 30% de las hojas decoloradas o caídas 94 Sucesivas hasta ... 97 La mayoría de las partes de la planta están muertas 99 Cultivo listo para ser cosechado

¹ Las hojas son contadas desde el nudo de los cotiledones (= nudo 0). Según el cultivar, las hojas pueden ir de normales a superokra. ² El desarrollo de la rama vegetativa debe producirse temprano, por tanto, en cuanto aparezca saltar a la fase de crecimiento 2. Si aparece una rama fructífera pasar a la fase de crecimiento 5. ³ Las ramas vegetativas son contabilizadas desde el nudo de los cotiledones. ⁴ Tanto el square "cabeza de alfiler" como el "cabeza de cerilla" son el primer square que se forma en la primera posición de la primera rama fructífera.

mancha roja o púrpura en los pétalos cerca de la base. Al día siguiente de la antesis, los pétalos se tornan rosas, y al día o dos posteriores se marchitan a un color morado y se caen, apareciendo la joven cápsula verde.

La primera flor abierta aparece en la parte más baja de la planta, normalmente entre los nudos quinto y octavo del tallo principal y en la primera posición de la rama fructífera (1ª PF). Aproximadamente transcurren tres días entre la apertura de una flor en una determinada rama fructífera y la apertura de una flor en la misma posición relativa de la siguiente rama fructífera más alta. De igual modo, el intervalo de tiempo del desarrollo de dos flores sucesivas en la misma rama fructífera es de alrededor de seis días. Por tanto, la floración de la planta del algodón se produce en espiral, de forma ascendente y hacia el exterior. Estos intervalos de floración, como se ha dicho, no son constantes y varían ligeramente según el cultivar y el ambiente. Sin embargo, proporcionan una guía útil para calcular el desarrollo de la planta. También la relación 2:1 entre el intervalo de floración horizontal de sucesivas flores de la misma rama fructífera y el intervalo de floración vertical de sucesivas ramas fructíferas es una regla práctica, aunque tampoco es exacta. Dicha relación puede variar entre 2.1 y 2.6, para las flores más tempranas y las más tardías, respectivamente, aunque asimismo parece ser específica para los cultivares genéticamente diferentes.

El modelo de floración de las ramas vegetativas es similar al del tallo principal, aunque ha sido menos estudiado. Las flores más tempranas de las ramas vegetativas son contemporáneas a las flores del tallo principal situadas de siete a diez nudos más arriba a partir del nudo que produce la

rama. Esto quiere decir que la primera flor es aproximadamente entre veinte y treinta días más tarde en una rama vegetativa que en el tallo principal. Asimismo, mientras casi todos los nudos del tallo principal producen una rama fructífera, normalmente existe una alta proporción de nudos latentes en las ramas vegetativas que no desarrollan ramas fructíferas secundarias, siendo más cortas las que se producen. La proporción del rendimiento total



Cultivo de algodón en la fase de crecimiento 99 de la escala BBCH (Cortesía de Nickerson Sur).

del algodón producida en las ramas vegetativas depende en gran parte de la densidad de plantas y del tipo de cultivar. Con densidades superiores a 10 plantas/m² y, sobre todo, con espaciamientos entre líneas más estrechos, dicha proporción puede ser menor del 10%. También la participación de las ramas vegetativas en el rendimiento es mucho menor en pobres condiciones de crecimiento.

El algodón produce normalmente sólo un botón floral por posición fructífera, por lo cual para alcanzar la compensación debe cuajar un porcentaje más alto de las flores existentes, producir flores adicionales en la posición más distal de las ramas fructíferas, producir más flores en las ramas vegetativas o producir un mayor número de nudos en el ta-

llo principal con ramas fructíferas adicionales, y de este modo más lugares fructíferos. Cuando la estación de crecimiento es corta, la compensación de las pérdidas de fruto debe proceder de los botones florales ya existentes. Los botones florales que se inician durante el período medio del crecimiento, como respuesta a la pérdida de frutos más tardíos, puede no disponer de suficiente tiempo para producir cápsulas maduras.

Desarrollo de cápsulas

El fruto del algodón es una cápsula dehiscente con entre tres y cinco lóculos que contienen cada uno aproximadamente ocho semillas. El número de lóculos es característico de la especie y el cultivar. *G. hirsutum* tiene cuatro lóculos por cápsula, y a veces cinco, y entre cinco y once semillas por lóculo. La cápsula alcanza su tamaño definitivo en la mitad del período de fructificación (75), al mismo tiempo, aproximadamente, que las semillas también lo alcanzan y la longitud de las fibras es máxima, habiéndose iniciado el engrosamiento de las paredes de la misma.

Maduración de cápsulas

Cuando la cápsula se seca en la madurez, la pared exterior de cada lóculo se abre haciéndose visible la fibra y la semilla. La masa de algodón se expande cuando está seca, aunque permanece ligeramente pegada a los carpelos secos (fase principal 8). La semilla de algodón pesa aproximadamente 80 mg (5-10 g por 100 semillas). Ésta tiene una cubierta dura revestida de una ligera cutícula cérea. Las células epidérmicas producen los pelos de la semilla, que son unicelulares y crecen fuera de su epidermis. Éstos, en el estado de desarrollo más temprano, tienen una pared delgada, pero más tarde la celulosa se deposita en el interior de la cutícula. Se forman dos ti-

pos de pelos, que varían no sólo en longitud sino en su estructura celulósica: unos más cortos a los que se denomina "borra" y otros más largos que son propiamente la fibra con aptitud para el hilado.

El equilibrio entre el crecimiento vegetativo y reproductivo de la planta de algodón es crítico. Un exceso de crecimiento vegetativo puede retrasar la madurez y aumentar los problemas de insectos y pudrición de cápsulas. Por el contrario, un exceso de fructificación puede causar una apertura precoz de cápsulas, asociada con la caída de fruto y disminución del rendimiento potencial. El cese de la fructificación es conocido comúnmente con la palabra inglesa *cutout* y está normalmente asociado con la aparición de flores en la parte superior de la planta de algodón. La aparición de una flor blanca en el quinto nudo del tallo principal a partir del ápice de la planta de fructificación normal indica el desarrollo de la última cápsula que se puede recolectar de aceptable tamaño y calidad. El *cutout* es, por tanto, el estado de desarrollo correspondiente a la antesis de la última flor de la planta que probablemente produzca una cápsula madura. De esta forma, el número de nudos por encima de la flor blanca (nodes above white flower, NAWF) igual a cinco es un criterio definitivo para identificar la proximidad de la paralización o *cutout* del algodón, lo cual debe corresponder a la fase 81.

La utilización de reguladores de crecimiento afecta al tamaño de la planta, adelanta la maduración y permite también establecer estrategias para la recolección, cuyas ventajas pueden tener importantes implicaciones para mejorar el rendimiento, el control de insectos y la eficiencia de la recolección. Su aplicación temprana facilita el control del crecimiento vegetativo y la mejora del cuajado de frutos. Esto no sólo mejora el rendimiento y el mantenimiento de la estructura de la planta más abierta, sino que también facilita la recolección, al ser el crecimiento del cul-

tivo más compacto. Por otro lado, la aplicación tardía de reguladores de crecimiento acelera la apertura de cápsulas y la abscisión de las cápsulas inmaduras, produciendo un rendimiento más alto en la primera recogida con la cosechadora de husillos. Esta práctica representa una importante economía de costes, aunque puede perjudicar a la calidad de la fibra. Es necesario, por ello, llegar a un compromiso entre el bajo coste de la recolección y la ligera pérdida de categoría del algodón. El manejo del riego puede tener los mismos efectos que la aplicación tardía de reguladores de crecimiento en la terminación del cultivo, aunque el resultado es menos cierto. Sin embargo, no hay que olvidar que estas técnicas de terminación pueden tener efectos adversos sobre el rendimiento y afectar a las técnicas de defoliación o desecación.

Senescencia

La recolección se realiza mejor cuando la masa de algodón bruto tiene un contenido de humedad de alrededor del 12% o menos y no hay casi contaminación por hojas y otras partes de la planta. La defoliación química ayuda a conseguir este objetivo mediante la aplicación de defoliantes. Las hojas verdes pueden manchar la fibra durante la recolección y las senescentes que permanecen en la planta pueden disgregarse y enredarse con la fibra. Ambos tipos de hojas reducen la eficiencia de la recolección. Además, la defoliación estimula la apertura de cápsulas al aumentar el secado de la fibra. En consecuencia, la eliminación del follaje para facilitar la recolección mecánica mediante el uso de productos químicos que provocan defoliación es una de las prácticas más importantes del moderno cultivo del algodón. En condiciones normales de campo, los defoliantes causan la abscisión de la hoja en siete a catorce días después de la aplicación.

La época de aplicación del defoliante, o lo que es lo mismo, la terminación del crecimiento del

algodón antes de la recolección, es muy importante por su influencia en el rendimiento y calidad de la fibra. La defoliación cuando el 60-70% de cápsulas están abiertas (86-87) no reduce el rendimiento o la calidad de la fibra si se compara con parcelas defoliadas más tarde. Otra forma de determinar el momento de aplicación del defoliante es mediante el corte transversal de las cápsulas verdes con un cuchillo para observar si están maduras. Una cápsula está madura cuando es difícil cortarla con un cuchillo y la cubierta de la semilla es de color oscuro y los cotiledones están amarillos o verdes y no blancos. Este criterio es complementario al porcentaje de cápsulas abiertas y es óptimo cuando el 90-95% de cápsulas están maduras. También es un indicador útil para la terminación del crecimiento del cultivo por la aplicación del defoliante el número de nudos del tallo principal existentes por encima de la cápsula rajada (recolectable) más alta en primera posición fructífera. Este criterio es muy utilizado en EE.UU., considerándose óptimo cuando dicho número de nudos es de tres o cuatro (se recomienda que coincida con la fase 83). ■

Referencias ▼

Elsner, J.E., Wayne Smith, C., Owen, O.F. 1979. Uniform stage descriptions in upland cotton. *Crop Science* 19: 361-363.

Frank, A.B., Cardwell, V.B., Chia, A.J., Wilhelm, W.W. 1997. Growth staging in research and crop management. *Crop Science* 37: 1039-1040.

Lancashire, P.D., Bleiholder, H., Langlütdecke, P., Stauss, R., Van den Boom, T., Weber, E., Witzinger, A. 1991. An uniform decimal code for growth stages of crops and weeds. *Annals of Applied Biology* 119: 561-601.

López Bellido, L. 2003. Cultivos industriales. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid.

Munger, P., Bleiholder, H., Hack, H., Hess, M., Stauss, R., Van den Boom, T., Weber, E. 1998. Phenological growth stages of the cotton plant (*Gossypium hirsutum* L.) codification and description according to the BBCH Scale—with figures. *Journal of Agronomy and Crop Science* 180: 143-149.

Zadoks, J.C., Chang, T.T., Konzak, C.F. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Research* 14: 415-421.



HELEN

Sin duda la N° 1



CAMPERO

El Transgénico



PEGASO

La Garantía



GUADALQUIVIR

Novedad de Ciclo Medio



LATINO

Alto Oleico



IBÉRICO

La Gran Novedad



MEGASUN

La Confianza



JARA

Resistente a la nueva raza de jopo r6



ADVANTA

Ctra. Puebla de Cazalla, Km. 1,5
41620 Marchena (Sevilla)

Teléfono 955 846 265

Fax 955 846 264

www.advantaseeds.com