REGULADORES DEL CRECIMIENTO DEL ALGODONERO. PRINCIPIOS DE ACCION, FINES Y FORMAS DE USO

Jorge Cadena Torres[1]
Francia Eleonora Orozco[2]

INTRODUCCION

La aplicación del regulador de crecimiento Cloruro de Mepiquat (PIX®) a los cultivos de algodón ha sido una práctica muy usada por los agricultores de la zona templada, pero poco difundida entre los productores de algodón del trópico colombiano, debido a las dificultades que entrañan su manejo y a que su aplicación no siempre les representa ventajas productivas.

Aun cuando las ventajas del uso del Cloruro de Mepiquat (CM) están muy bien documentadas en la literatura científica, en el mundo se ha investigado bastante y ha habido una gradual evolución en el establecimiento de las condiciones bajo las cuales el producto produce los mejores resultados. Al respecto se ha llegado a las siguientes conclusiones:

- No hay una fórmula o receta única para aplicar el CM que pueda ser recomendada a los agricultores
- Su aplicación no se hace con el fin de aumentar la producción sino de mejorar el manejo del cultivo
- La necesidad de su utilización es indicada por el estado de crecimiento de la planta.

El uso y manejo de un regulador de crecimiento como el CM, exige del agricultor y del asistente técnico un mayor contacto con el cultivo y conocimiento del estado fisiológico de la planta en relación con el medio ambiente que la rodea, lo que les permite identificar las situaciones o condiciones bajo las cuales el producto puede ser utilizado con mejores ventajas.

[1] IA PhD. Coordinador Nacional Plan de Algodón. Corpoica CI. Turipaná. Cereté.
[2] IA. Investigadora Plan Algodón. CI. Turipana. Cereté

HORMONAS VEGETALES Y SU EFECTO EN EL CRECIMIENTO

Las plantas, al igual que los animales, tienen un número de hormonas que controlan su crecimiento o desarrollo. En las plantas se conocen cinco clases principales de hormonas que son las auxinas, giberelinas, citocininas, ácido abscisico y etileno, y se continúa buscando el reconocimiento de dos nuevas hormonas: el ácido salicilico y el ácido jasmonico. Entre éstas, el ácido giberelico (GA), solo o en combinación con otras hormonas, es la responsable del crecimiento de la planta debido a que entre sus funciones está el control de la elongación celular.

Las células se expanden cuando ocurren dos eventos: a) la presión ejercida por el agua al interior de la célula presiona contra una pared celular suficientemente elástica, induciéndola a expandirse y b) se produce nueva pared celular para soportar este crecimiento. Si la síntesis de pared celular o la presión interna se reducen, el crecimiento se reduce o detiene. Esta es la razón por la cual el déficit de agua o las bajas temperaturas reducen el crecimiento de las plantas al causar que la pared celular y los componentes internos no se produzcan en forma rápida y así reducen la expansión celular. De igual forma, el estrés hídrico reduce la presión interna de la célula, tornándola flácida y sin capacidad de expansión.

El ácido giberélico promueve la elongación celular por medio de su acción sobre cierto grupo de enzimas ubicadas a nivel de membrana celular que por su acción alteran el pH de la pared de la célula y la "aflojan" permitiendo la expansión debida a la presión interna del agua.

La posibilidad de bloquear la síntesis del GA es lo que ha permitido a la industria de agroquímicos el desarrollo de los denominados reguladores sintéticos del crecimiento. Los productos desarrollados como reguladores del crecimiento bloquean el proceso de biosíntesis de GA, inhibiendo una o varias enzimas en el proceso, como resultado de lo cual se disminuye la cantidad de esta hormona en el tejido vegetal y se controla la elongación celular y el crecimiento de la planta.

Biosíntesis de Acido Giberélico (GA).

El ácido giberélico es una hormona descubierta accidentalmente por científicos japoneses mientras estudiaban una enfermedad denominada Bakanae (planta tonta) que causaba un crecimiento espectacular de la planta de arroz, como resultado de una elongación excesiva del tallo, lo que causaba un posterior volcamiento de las plantas. Los japoneses descubrieron que el agente causal era el hongo Gibberella fujikoroi, el cual produce una gran cantidad de los ácidos giberelicos GA3, GA4 y GA7, los cuales coincidencialmente corresponden a algunas de las diferentes giberelinas identificadas en las plantas y causan la sintomatología de la enfermedad Bakanae.

Las giberlinas son compuestos isoprenoides (diterpenos) que se sintetizan a partir de unidades de acetato a través de la ruta del ácido mavelónico. A través de la unión secuencial de unidades de cinco carbonos, finalmente se forma un compuesto de 20 carbonos denominado geranil-geranil pirofosfato, donador de todos los carbonos para la "fabricación" de las giberelinas. En la secuencia de formación de estas, el geranil-geranil pirofosfato es convertido luego en copalil pirofosfato y éste a su vez en kaurene. Es en este paso, en el proceso de biosíntesis, dónde se presenta la acción del CM, al inhibir parcialmente la enzima encargada de esta conversión. La inhibición parcial de esta enzima hace que la planta tratada con CM produzca una menor cantidad de GA en los puntos de crecimiento, lo que causa una menor expansión celular.

El primer compuesto identificable en el proceso de biosíntesis, con los anillos de las giberelinas, es el aldehido GA12, una molécula de 20 carbonos a partir de la cual se forman giberélinas, las cuales pueden contener tanto 20 como 19 carbonos. Al final del proceso de biosíntesis se producen GA1 y GA3, las giberélinas activas en las plantas. Otras giberélinas como la GA8, GA19, GA20 pueden mostrar actividad en las plantas, pero solo porque son convertidas en GA1 y GA3. Hasta el momento se han identificado 84 giberélinas, de las cuales 74 se han identificado

en plantas superiores, 25 en hongos del genero Giberella y 14 en ambos. Una sola semilla de fríjol puede contener alrededor de 16 giberélinas.

EL CLORURO DE MEPIQUAT (CM).

A través de la manipulación que el hombre ha logrado hacer al proceso de biosíntesis de las giberelinas, se ha logrado el desarrollo de los denominados reguladores sintéticos del crecimiento. En el caso particular del CM, este producto mostró actividad en la planta de algodón y por su efecto sobre la síntesis de giberelinas, inhibe la elongación de las células del tallo y causa atrofia general de la planta.

Este producto fue descubierto en los años 1970, mientras los científicos examinaban varias moléculas que restringían el crecimiento y a partir de ellas efectuaron modificaciones químicas que resultaron en el CM (Cloruro de N-N-dimetil-piperidinium). Este método de búsqueda de compuestos activos a partir de otros, había resultado muy exitoso en otros casos con productos agrícolas como insecticidas y herbicidas, dando origen a los que posteriormente se llamaron las familias de productos (familia de los piretroides, familia de las triazinas, etc.), en las cuales se conserva una estructura química básica, pero se cambian algunos enlaces, se adicionan algunos radicales y se encuentran nuevos productos con una actividad biológica mejor que sus antecesores. En la familia de las antigiberélinas, otras moléculas habían sido exitosamente desarrolladas para ornamentales, frutales y cereales menores (Cicocel, Amo, Fosfon D, etc.).

Lo limitante en el diseño de nuevos reguladores sintéticos del crecimiento ha sido encontrar un producto que inhiba la síntesis de giberelinas sin inhibir la formación de otros compuestos importantes para la vida de las plantas. Esto se debe a que la ruta a través de la cual se sintetizan las giberelinas es común para otros compuestos como carotenoides, clorofila, citokininas, esteroles, etc. Un bloqueo en el punto equivocado, en vez de producir una regulación del crecimiento puede causar la muerte de la planta, lo que resultaría en la fabricación de un herbicida en vez de un regulador de crecimiento. En el caso del CM la inhibición ocurre en un punto tal en el proceso de biosíntesis que no se presentan efectos adversos sobre las plantas de algodón.

El CM fue comercializado por primera vez en California en 1981. Sus características son: baja toxicidad en mamíferos (categoría IV), baja toxicidad para la vida silvestre y las abejas. En el suelo es metabolizado a dióxido de carbono. Las hojas de la planta de algodón pueden absorber cerca del 50% de la cantidad aplicada durante las primeras dos horas. Del 70 al 90% del producto ha penetrado a la planta, ocho horas después de la aplicación. La adición de surfactantes puede acortar este período a cuatro horas y proveer protección contra las lluvias.

El CM es móvil dentro de la planta, se mueve tanto hacia arriba, con la corriente transpiratoria a través del xilema, como hacia abajo, en el fluido del floema desde las hojas a los órganos de demanda, razón por lo cual se han desarrollado productos comerciales de aplicación foliar y radicular. En cualquier forma que se aplique el CM se distribuye a través de la planta, pero la mayor concentración se alcanza en los puntos de crecimiento, como las hojas jóvenes en expansión, las ramas y los entrenudos.

EFECTOS DEL CM EN LAS PLANTAS DE ALGODON

A nivel celular

La aplicación de CM altera la concentración de GA en las células debido a su parcial inhibición de una de las enzimas involucradas en la biosíntesis de ácido giberélico. Debido a que el GA cumple varias funciones y tiene muchos efectos en la planta, la completa inhibición de su síntesis no es conveniente y sería de resultados catastróficos para la planta, razón por la cual la dosis de aplicación es de suma importancia para obtener los resultados deseados.

Afortunadamente, la acción del CM no inhibe completamente la síntesis de GA. Como se explicó antes, el GA actúa en la célula favoreciendo su elongación, por lo cual las plantas en las que se inhibe su síntesis no alcanzan a desarrollar su tamaño normal, quedándose más pequeñas y con un contenido celular más concentrado. En el caso de las células foliares y del tallo de la planta de algodón, la aplicación de CM induce

un menor crecimiento de las células, reduciendo la longitud de los entrenudos y el tamaño de las hojas.

El menor tamaño de las células foliares ocasiona una mayor concentración de clorofila lo que le da a la planta tratada un color verde oscuro. Aun cuando el CM se distribuye a través de toda la planta, sus efectos solo se producen en las células nuevas y en aquellas que están en crecimiento. El tamaño de las células formadas y expandidas previamente a la aplicación del CM no se altera.

Debido a que la síntesis de GA no es completamente inhibida, la planta continúa creciendo y en consecuencia la concentración interna de CM se reduce por dilución en el tejido vegetal. Con esta dilución los puntos de crecimiento reanudan su actividad normal. Por esta razón, si las condiciones ambientales continúan favoreciendo el crecimiento, puede ser necesaria una segunda aplicación del producto para mantener la planta en el tamaño deseado.

A nivel de la planta

El efecto que más rápido se observa después de la aplicación del CM es la reducción de la altura de la planta. Debido a la reducción en la expansión de las células del tallo, los entrenudos son mas cortos y las plantas presentan una menor altura que las plantas no tratadas. Igualmente, debido a la inhibición de la expansión en las células de las hojas, éstas se aprecian más pequeñas. Este ha sido el efecto más consistente observado en todos los experimentos y es el resultado general de la inhibición ejercida por el producto sobre la expansión celular a través de su acción sobre la síntesis de GA.

Este control de la altura es directamente proporcional a la dosis utilizada. En experiencias prácticas se ha encontrado, por ejemplo, que cuando se aplica una dosis de 400 cc/ha, al momento de la floración, el CM reduce la altura final de la planta en 8-15%. De otro lado, el menor tamaño de las células en las plantas tratadas con CM reduce en un 5 a 10% el Indice de Area Foliar (IAF).

Aun cuando las hojas de las plantas tratadas con CM son más pequeñas, también son más gruesas debido a un incremento en el número de capas de células que se desarrollan. Las hojas más gruesas y las células más pequeñas dan a las plantas de algodón tratadas con CM un color verde oscuro. Como resultado general, el peso seco de las ramas y los tallos se reduce en aproximadamente el 20%. Esta reducción en la cantidad de biomasa dedicada a la fabricación de estructuras vegetativas deja disponible una cantidad de energía que la planta (y el agricultor) puede capitalizar para mejorar la retención de estructuras y la producción.

La aplicación de CM, según se reporta en la literatura, ha tenido efectos tanto positivos como negativos sobre la retención de estructuras, dependiendo de la posición de los frutos en la planta. En general la aplicación de CM mejora la retención de estructuras en los nudos inferiores de la planta. En la parte intermedia, la retención no se altera y en la parte superior, la retención se reduce. La zona de máximo efecto del CM es aquella en la cual se desarrollan los nudos 1 a 12. En esta zona (en especial, entre los nudos 6 a 12 o las primeras 6 ramas fructíferas), la aplicación de CM incrementa la retención de cápsulas en 15%. Por encima de este punto (nudo 13 y superiores) la retención de cápsulas por efecto del CM se reduce en 18%. Estos efectos son el resultado del cambio ejercido por el producto sobre la estructura de la planta y la disponibilidad de energía extra para dedicar a los frutos.

Se han propuesto varias hipótesis para explicar los efectos del CM sobre la retención de cápsulas en la parte inferior de la planta. Una de ellas es la del incremento en la penetración de la luz hacia los estratos inferiores de la planta debido a la reducción en el tamaño de las mismas, lo que resulta en un mejor ambiente para mantener los niveles de fotosíntesis en la hoja subtendida. La penetración de la luz hacia los estratos inferiores según medidas tomadas en cultivos establecidos es 20% superior que en los cultivos no tratados, a la segunda y tercera semana después de la aplicación.

Una segunda hipótesis es el incremento en el suplemento de carbohidratos para las cápsulas en la medida en que el CM limita el crecimiento de las hojas y el tallo. La aplicación de CM limita el desarrollo de estructuras vegetativas permitien-

do que una mayor cantidad de carbohidratos se destine a los frutos.

La reducción de la retención de cápsulas en la parte superior de la planta se debe a que el incremento en la carga de cápsulas en la parte inferior de la planta, formada más temprano, impone una mayor necesidad (demanda) de carbohidratos, pero coincide con una reducción en la expansión foliar y en la fotosíntesis general de la planta.

La habilidad del algodón para mantener la retención depende del balance que la planta haga entre la carga de cápsulas y la capacidad de las hojas para suministrar carbohidratos. En momentos en que la planta detecta un balance negativo, las cápsulas formadas en la parte inferior tendrán una mayor preferencia, en detrimento de la retención de las de la parte superior.

Madurez

Una de las ventajas de tener una mayor retención temprana de cápsulas es la obtención de una madurez más temprana, lo que contribuye a una mayor precocidad y a reducir la cosecha a un solo pase. Esta precocidad no solo se gana debido al cambio en la retención de cápsulas (tardías por tempranas), sino también debido al corte temprano. El ciclo del cultivo, según los experimentos, se puede reducir en 7 a 14 días con la aplicación del CM. Un cultivo que madura mas temprano, abre rápida y uniformemente, permitiendo que una mayor proporción de la cosecha se haga en el primer pase (precocidad relativa).

Bajo las condiciones de crecimiento de la zona tropical colombiana, en donde la temperatura, y muchas veces la humedad, favorecen la continua emisión de botones florales, la detención del crecimiento por efecto del CM reduce los riesgos de infestaciones tardías de picudo debido a la carencia de su substrato natural (botones florales). En igual forma se reduce la multiplicación de picudo que ocurre al final del cultivo y se controla mejor la población que migra hacia los sitios de refugio.

Rendimiento

El CM no es un producto cuya aplicación esté destinada a aumentar la producción. Es un producto destinado a mejorar la estructura de la planta para manejar el cultivo en forma eficiente. Por esta razón los efectos del CM sobre el rendimiento son contradictorios y menos consistentes que sus efectos sobre la altura y forma de la planta. Mientras en algunas circunstancias se reportan incrementos en los rendimientos hasta del 10%, en otras, no se reportan efectos y existen reportes en los cuales inclusive se habla de reducciones.

El CM es un producto cuya aplicación se destina a mejorar la eficiencia en el manejo del cultivo y por tanto una respuesta productiva y económicamente rentable depende de las condiciones bajo las cuales se use el producto. Usualmente las pérdidas de producción bajo aplicación de CM están asociadas con prevalencia de condiciones adversas para el crecimiento, en donde la aplicación del producto resulta en un estrés adicional para la planta, mientras que incrementos en la producción se asocian con el control de las condiciones que favorecen el excesivo crecimiento vegetativo, situación en la cual la energía "extra" de la planta se canaliza hacia la producción de frutos.

El Valle del Sinú, por sus condiciones de humedad, fertilidad y temperatura, favorece el excesivo crecimiento de la planta de algodón y el desgaste de energía (carbohidratos) en estructuras vegetativas que no implican producción. Por lo anterior, el uso del CM encuentra su mejor oportunidad bajo las condiciones de este Valle, en especial bajo la posibilidad de que con las variedades actuales se podrían incrementar las densidades de población. Todo lo anterior con el fin de capitalizar en producción una energía disponible en el medio.

USO DEL CLORURO DE MEPIQUAT

Bajo qué condiciones se utiliza

La aplicación de CM se recomienda en regiones donde las condiciones ambientales favorecen un crecimiento vegetativo vigoroso por efecto de suelos fértiles, alto régimen de precipitación y alta temperatura. En estas regiones, el exceso de energía disponible en el medio es dedicado por la planta a desarrollar una estructura vegetativa vigorosa, con alturas que muchas veces superan los 1.80 me-

tros, con un alto número de entrenudos (más de 25), varias ramas vegetativas en los nudos inferiores del tallo, un mayor número de frutos en cada rama, muchas veces inmaduros, un follaje denso y exuberante, que favorece la pudrición de cápsulas y el desarrollo de numerosos botones florales en la parte superior y externa de la planta, que luego no puede llevar a maduración.

Todo esto representa una energía que no se traduce en ingresos para el agricultor y que podría ser orientada a la fabricación de los productos que interesan al agricultor: fibra y semilla.

El efecto que ejerce el CM al reducir el área foliar y el tamaño de la planta se puede aprovechar favorablemente en zonas como el Valle del Sinú, para sembrar una mayor población de plantas por hectárea, aprovechar la alta fertilidad natural del suelo y capitalizar la energía sobrante. Bajo este sistema se combinan un suelo fértil, una buena disponibilidad de humedad y una alta temperatura con una mejor utilización de la luz solar incidente y un crecimiento más eficiente de la planta, que dedica una mayor cantidad de energía a la formación de frutos y una menor cantidad, al desarrollo de estructuras vegetativas (eficiencia del crecimiento).

También se recomienda la utilización del CM en regiones donde los agricultores siembran tarde con el fin de reducir el ciclo del cultivo y ajustarlo al régimen de lluvias. Por el contrario no se recomienda aplicar CM en regiones donde las condiciones ambientales desfavorecen el crecimiento de la planta (suelos pobres, déficit de humedad, bajas temperaturas).

¿Cuándo se aplica?

Históricamente la decisión sobre la aplicación o no del CM ha sido complicada para el agricultor debido a las condiciones ambientales cambiantes propias del trópico colombiano. Las primeras recomendaciones con respecto a este regulador de crecimiento, en los años 1970s, eran aplicar un litro de producto comercial por hectárea (50 gr de ia/ha), al momento del inicio de la floración en el algodón. Sin embargo, esta receta de aplicación es demasiado estática y ha resultado en efectos negativos sobre el cultivo y en reducción de los rendimientos cuando sobrevienen condiciones de estrés después de la aplicación.

El estrés por sí mismo es un regulador natural del crecimiento, reduce el tamaño de la planta, causa senescencia en las hojas y reduce la retención de cápsulas. Por lo anterior, un control adicional del crecimiento bajo estas condiciones conduce a una menor capacidad de recuperación de la planta, una vez sobrevengan mejores condiciones. Esto debido a que el CM reduce la expansión foliar, el crecimiento de ramas y del tallo, de tal forma que en el evento de un estrés, las plantas presentan una menor posibilidad de recuperación.

Para evitar este problema, los investigadores desarrollaron al final de los años 1980´s el sistema de aplicaciones múltiples de bajas dosis, enfoque que recomienda la aplicación secuencial de pequeñas cantidades desde el inicio de la formación de botones florales, cuando se observan condiciones que favorezcan un excesivo crecimiento. En caso de sobrevenir una condición ambiental desfavorable, el agricultor podía suprimir aplicaciones futuras y dejar la planta a libre expresión para su recuperación. Con este sistema se le dio mayor flexibilidad a la aplicación del regulador de crecimiento y se evitaron las pérdidas de producción que ocurrían en el pasado. A pesar de esto la decisión sobre la aplicación del producto bajo este sistema está todavía muy sujeta al criterio visual del asistente técnico o del agricultor.

La regla "Pix Stick"

Para evitar esta subjetividad en la decisión de aplicación del CM, en la actualidad se cuenta con métodos de monitoreo de la planta que permiten determinar el momento más adecuado para aplicar el producto. Uno de estos métodos es una regla denominada "Pix Stick" que permite monitorear el progreso del crecimiento de la planta cada semana, a partir de la emisión de los primeros botones, y con base en una escala de colores, se decide la aplicación del producto, de acuerdo a una meta pre-establecida de altura.

La regla original diseñada por investigadores en los Estados Unidos (Texas Agricultural Extensión Service), ha sido adaptada para su uso bajo las

BIBLIOTECA AGROPECUARIA DE COLOMBIA

condiciones del Valle del Sinú en los siguientes aspectos:

Una planta de algodón en activo crecimiento emite un nuevo nudo (entrenudo) cada tres días. Por su carácter indeterminado, si las condiciones le son favorables, la planta de algodón puede emitir indefinidamente nuevos nudos. Sin embargo, desde el punto de vista productivo, las investigaciones adelantadas por el Plan Nacional de Algodón en las variedades sembradas en Colombia, muestran que una planta de algodón debe desarrollar entre 20 y 25 entrenudos, pues los frutos que se emiten por encima del nudo 25 no logran llegar a madurez y no aportan mayor producción. En la Figura 1 se aprecia el número de frutos maduros cosechables en plantas de algodón de las variedades DP90 y DP 5415, al momento de la cosecha.

El período de crecimiento del entrenudo en el tallo es de dos semanas, período en el cual alcanzan su máxima longitud y el crecimiento se detiene. La Figura 2 muestra el período de crecimiento de tres entrenudos en la planta de algodón en donde se observa que la longitud máxima se logra a los quince días de emitido el entrenudo (Ver figura 2).

Si se divide el período de crecimiento de los entrenudos (15 días) entre el número de días que tarda la planta para emitir un nuevo nudo (3 días), se obtiene un valor de cinco, que indica que son solo los últimos cinco entrenudos, en la parte superior de la planta, los que en un momento determinado están aportando la ganancia en altura de la planta. Es decir, los entrenudos por debajo del quinto, contando de la parte superior de la planta hacia abajo, ya han logrado su elongación máxima y no se encuentran aportando ganancia en altura.

Por lo tanto, un agricultor puede determinar si su cultivo de algodón está en crecimiento activo basado en la medición de los últimos cinco entrenudos de un número representativo de plantas en su terreno.

Mediciones realizadas para determinar la intercepción de luz en los cultivos de algodón con sensores colocados en la parte superior de las plantas y debajo del surco en algodones sembrados a distintas distancias, han mostrado que la altura óptima de la planta de algodón para capturar la máxima cantidad de radiación es 100 centímetros. Con alturas inferiores o superiores, se reduce la proporción de radiación interceptada por la planta de algodón (Figura 3).

Para obtener plantas de 100 centímetros de altura, con 20 a 25 entrenudos, el agricultor debe controlar el crecimiento de las plantas, de tal manera que cada entrenudo mida entre 4 y 5 centímetros de longitud. Esto quiere decir que para obtener plantas de 100 cm, los últimos cinco entrenudos deben medir entre 20 y 25 cm.

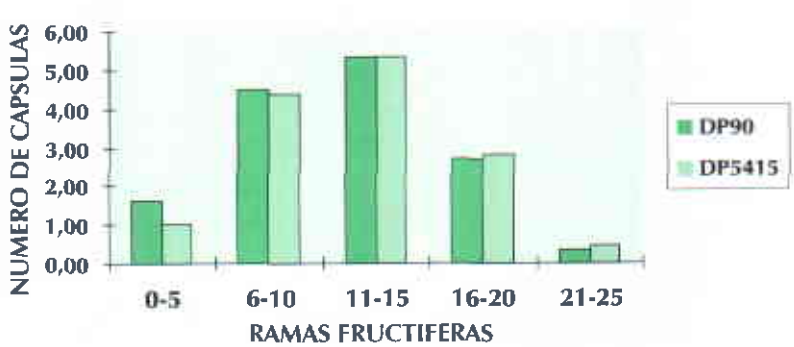

Figura 1. Número de cápsulas maduras desarrolladas de acuerdo a su ubicación en el tallo principal de la planta de algodón

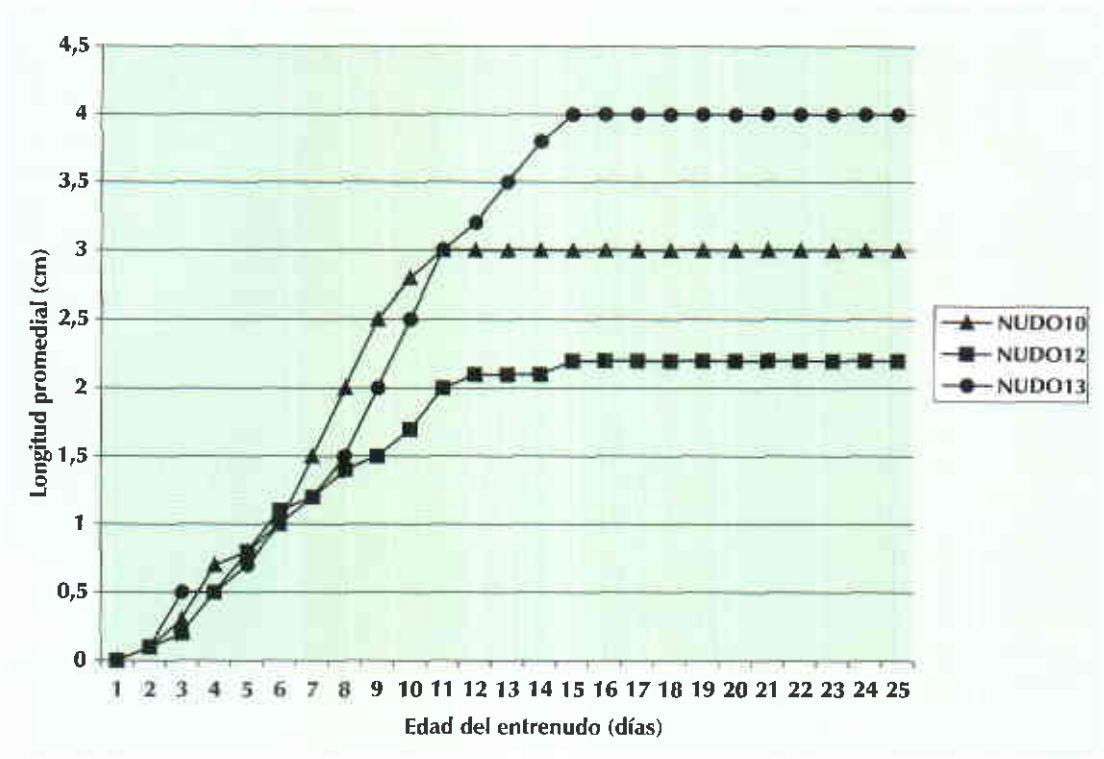

Figura 2. Período de crecimiento de los entrenudos 10, 12 y 13 de la planta de algodón bajo las condiciones del Valle del Sinú.

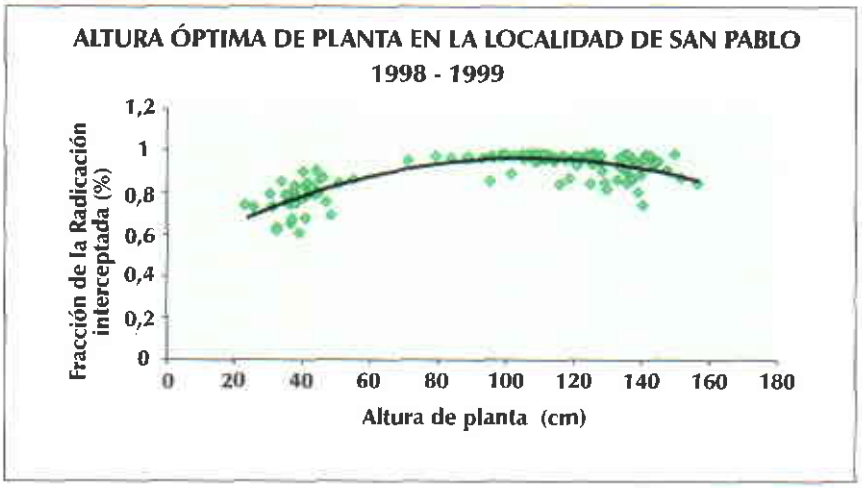

Figura 3. Fracción de la radiación interceptada por la planta de algodón en función de la altura.

Las ganancias de altura de una planta de algodón ocurren entre la emisión de los primeros botones florales (a los 25-30 días) y el momento de la máxima floración, siendo este el período en el cual es necesario efectuar un control activo del crecimiento.

Con base en lo anterior la regla Pix stick, para uso en Colombia, presenta las siguientes características (Figura 4):

Tiene tres bandas de colores como los de los semáforos que controlan el tráfico en las ciudades: rojo, amarillo y verde. El rojo corresponde a la parte superior de la regla, el amarillo a la intermedia y el verde a la parte inferior. La longitud de cada color está basada en la necesidad de obtener plantas de 100 centímetros de altura y 20-25 nudos de desarrollo, con lo cual los últimos cinco entrenudos deben medir entre 20 y 25 centímetros. En esta forma, el color verde se extiende de cero a 20 centímetros, el amarillo de 20 a 25 centímetros, y el rojo de 25 centímetros en adelante.

Si al medir los últimos cinco entrenudos de una planta, estos se encuentran en la zona verde (primeros 20 cm), esto indica que la planta viene creciendo lentamente y no requiere de la aplicación de un regulador de crecimiento como el CM. Si por el contrario los últimos cinco entrenudos se encuentran en la zona amarilla (20-25 cm), esto indica que se deben tomar medidas de precaución porque la planta de algodón ha comenzado a crecer muy rápidamente y para mantenerla en los 100 cm de altura y 4-5 cm de longitud de los entrenudos, se debe controlar el crecimiento. Esta zona corresponde, por tanto, entonces a la zona de aplicación de CM. Si los últimos cinco entrenudos se encuentran ubicados en la parte superior de la regla, en la zona roja, esto indica que el crecimiento de la planta ha excedido los valores ideales (mas de 100 cm de altura) y puede desarrollarse muy vegetativamente. Es zona de peligro. La aplicación de CM en este caso está atrazada. Las instrucciones para el manejo de la regla aparecen en el anexo al final de este documento.

Para efectuar el monitoreo se debe medir un número representativo de plantas en cada lote de terreno (más de 20), cada siete días a partir de la emisión de los primeros botones florales, hasta la máxima floración, que corresponde al período de activo crecimiento de la planta de algodón. Utilice el formato que se indica enseguida para tomar los datos en el campo.

Figura 4. Regla diseñada para el manejo del Cloruro de Mepiquat en el Valle del Sinú.

SISTEMA DE MONITOREO PARA LA APLICACION DE REGULADORES DE CRECIMIENTO

Fecha: _____

Finca: _____ Area _____has.

Distancia entre surcos _____ cms.

Planta No.	Longitud de últimos 5 entrenudos	Altura de plantas cm	Número nudos totales en la planta	Número de plantas en 10 metros
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
Promedio				

Recomendaciones _____

BIBLIOTECA AGROPECUARIA DE COLOMBIA

Con este sistema de monitoreo, la decisión acerca de la aplicación de los reguladores de crecimiento deja de ser subjetiva para convertirse en una medida real, diagnosticada por una medición directa en la planta, pudiendo así determinar la necesidad o no de controlar el crecimiento. En el momento en que se presenten condiciones ambientales desfavorables para el crecimiento, muchas veces imperceptibles al ojo del hombre, éstas son detectadas por el monitoreo antes de que se produzcan efectos generales adversos sobre la producción. En esta forma se evitan aplicaciones innecesarias de CM y se reducen las posibilidades de error y de pérdidas de producción.

En regiones con suelos húmedos y de alta fertilidad, la planta de algodón tiende a crecer demasiado como reflejo de una alta disponibilidad de energía en el ambiente. En el caso por ejemplo de la Finca San Pablo, en el Valle del Bajo Sinú, las plantas de algodón de la variedad DP 90 inician su fase juvenil con un promedio de 10 nudos totales, una rama vegetativa, una altura de 30.9 cm, y un promedio de 3 cm por entrenudo. Al inicio de la fase reproductiva, presenta 11 nudos reproductivos, 1.2 ramas vegetativas, altura de 111 cm y longitud promedio de entrenudos de 6 cm. La retención de estructuras en primera y segunda posición es del 100%, lo que muestra una buena disponibilidad de energía (Figura 5).

Sin embargo, al pico de la floración, las plantas han alcanzado un desarrollo tan exuberante que la retención se reduce al 63% y las plantas alcanzan una altura de 154 cm. Posteriormente esta retención se reduce al 30% a los 125 días después de la emergencia y al 28.1% al momento de la cosecha. La altura de la planta alcanza los 242 cm de altura. La pérdida de estructuras, la altura exagerada de las plantas y la producción de ramas vegetativas, representan un desgaste de energía que podría capitalizarse para aumentar la producción de fibra.

Para regiones con estas condiciones las aplicaciones tempranas de un regulador de crecimiento como el CM, al momento de la aparición de los primeros botones, cuando la longitud promedia de entrenudos alcanza los 4-5 centímetros, es la mejor estrategia.

¿Cuánto se aplica?

La dosis de aplicación del CM dejó de ser una cantidad única y fija para convertirse en una cantidad flexible, determinada por el estado de desarrollo de la planta. La dosis se determina para cada lote o finca en particular, con base en una estimación del peso de la planta. Para ello, la Universidad de Texas A&M de los Estados Unidos, desarrolló un programa de computador (MEPRT), el cual se encuentra en validación para Colombia.

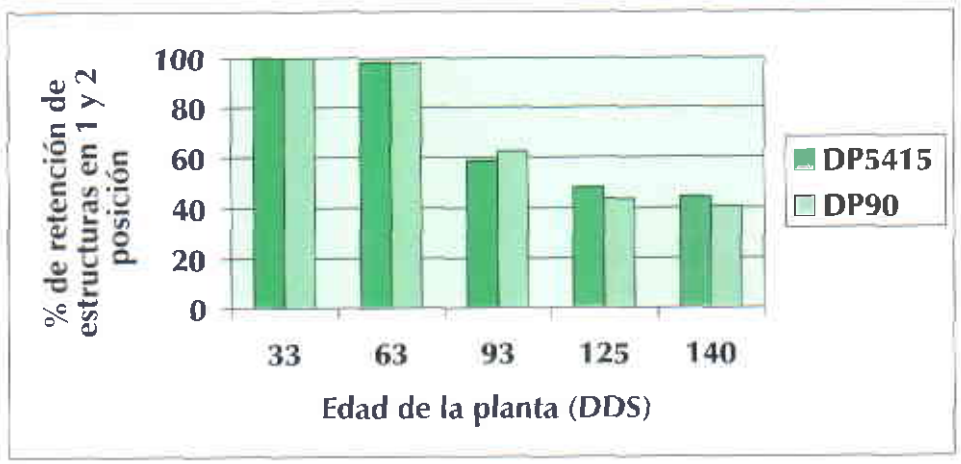

Figura 5. Retención de estructuras a través del desarrollo de plantas de algodón de las variedades DP 90 y DP 5415, en el Valle Bajo del Sinú.

El peso de la planta se calcula con base en la distancia de siembra, la altura de la planta y el número de nudos desarrollados al momento del muestreo. La cantidad de producto a aplicar es aquella necesaria para llevar la concentración interna de CM a un nivel que permita la supresión del crecimiento durante un período de tiempo. Esta cantidad se expresa en partes por millón (miligramos de producto por kilogramo de materia seca).

En la medida en que la planta de algodón crece y el producto es diluido, la concentración interna se reduce, de tal forma que se requieren de nuevas aplicaciones, para restablecer el nivel predeterminado.

Lo que hasta el momento se ha determinado es que la concentración interna de CM debe mantenerse en un nivel de entre 5 y 15 ppm, idealmente 10 ppm, para mantener un control efectivo del crecimiento durante al menos tres semanas. Aplicaciones posteriores se recomiendan solo cuando la concentración cae por debajo de 5 ppm. En este momento el productor necesita aplicar suficiente CM para volver a alcanzar la concentración de 10 ppm (Underbrink et al, 1999).

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Guthrie, D. J.; Landivar, D.; Munier, C. y Stichler, B. W. 1995. Pix application strategies. Cotton Physiology Today Vol. 6, No.4. May/June, 1995. National Cotton Council of America, Memphis, Tennessee. 4 p.

Hake, K. T.; Kerby, W.; McCarty, D. O´Neal; and J. Supak. 1991. Physiology of Pix. Cotton Physiology Today Vol. 2, No. 6. May, 1991. National Cotton Council of America, Memphis, Tennessee. 4 p.

Kerby, T.A.; Weir, B.L. y Keeley, M.P. 1996. The uses of Pix. In : Cotton production manual p.p. 294-304. S.J. Hake, T.A. Kerby, K.D. Hake (Editors). University of California, Publication 3352.

Landivar, J. y Benedict, J.H. 1996. Monitoring system for the management of cotton growth and fruiting. Texas Agricultural Experiment Station, Agricultural Research and Extension Center, Bulletin B-2, November 1996, Corpus Christi, Texas. 16 p.

Salisbury, F.B y Ross, C.W. 1992. Fisiología Vegetal. Grupo Editorial Iberoamérica, Mexico.

Underbrink, S.M.; Landivar, J. A. y Cothrenn, J.T. 1999. Cotton cultivar response to Mepiquat Chloride: Development of an universal MC-Growth Supression Model. Sin publicar.