

Uso de Reguladores de Crecimiento del Algodón: Técnicas de Manejo

Jorge Cadena Torres¹
Francia Eleonora Orozco²



INTRODUCCIÓN

El uso del regulador de crecimiento Cloruro de Mepiquat (PIX®) en los cultivos de algodón ha sido una práctica muy extendida entre los agricultores de la zona templada. Sin embargo, en el trópico colombiano, la aplicación de reguladores de este tipo ha sido una práctica de muy poca utilización, debido a las dificultades que entraña su manejo y a que no siempre su aplicación ha resultado en ventajas productivas para el agricultor. Aun cuando las ventajas del uso del Cloruro de Mepiquat (CM) están muy bien documentadas en la literatura científica, en el mundo ha habido una gradual evolución a través del tiempo para establecer las condiciones bajo las cuales el producto encuentra su mejor utilización.

Al respecto podría decirse que se ha llegado a la conclusión de que no hay una fórmula o receta única que pueda ser recomendada a los agricultores, su

aplicación no se hace con el fin de aumentar producción sino de mejorar el manejo del cultivo, y 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 Cloruro de Mepiquat (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 cual les permite identificar las situaciones o condiciones bajo las cuales el producto puede ser empleado con mejores ventajas.

HORMONAS VEGETALES Y SU EFECTO EN EL CRECIMIENTO

Las plantas, al igual que los animales, tienen un número de hormonas que controlan su crecimiento y desarrollo. En las plantas se conocen cinco clases principales de hormonas (auxinas, giberelinas, citokininas, ácido

¹ IA PhD. Coordinador Nacional Plan de Algodón. Corpoica. C. I. Turipaná. Cereté. E-mail: jcadena@corpoica.org.co

² IA. Investigadora Plan Algodón. C. I. Turipaná. Cereté

abscísico y etileno), y se continúa buscando el reconocimiento para dos nuevas hormonas: el ácido salicílico y el ácido jasmonico. Entre éstas, el ácido giberélico (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 la 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 así reducen la expansión celular. De igual forma, el estrés hídrico reduce la presión interna dentro de la célula, tomándola flácida y sin capacidad de expansión. La forma como el ácido giberélico promueve la elongación celular es 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 celular y la “aflojan” permitiendo la expansión debida a la presión interna del agua.

Las principales hormonas que controlan el crecimiento y el desarrollo de las plantas son auxinas, giberelinas, citokininas, ácido abscísico y etileno

Las posibilidades 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 por tanto se controla la elongación celular y el crecimiento de la planta.

Biosíntesis de ácido giberélico (GA)

El ácido giberélico es una hormona que fue descubierta en forma accidental por científicos japoneses mientras estudiaban una enfermedad denominada Bakanae (planta tonta) que ocasionaba un crecimiento espectacular de la planta de arroz, producto 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 fujikuroi*, el cual produce una gran cantidad de los ácidos giberélicos GA3, GA4 y GA7, los cuales coincidentalmente corresponden a algunas de las diferentes giberelinas identificadas en las plantas y de allí la sintomatología de la enfermedad Bakanae.

Las giberelinas 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, se forma, al final, 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 las giberelinas, el geranil-geranil pirofosfato es convertido luego en copalil pirofosfato y éste a su vez en kaurene. En este paso, en el proceso de biosíntesis donde se presenta la acción de CM, al

inhibir de manera parcial la enzima encargada de esta conversión. La parcial inhibición de esta enzima hace que la planta tratada con CM produzca una menor cantidad de GA en los puntos de crecimiento, lo cual origina una menor expansión celular.

El primer compuesto identificable en el proceso de biosíntesis, con los anillos de las giberelinas, es el aldehído GA 12, una molécula de 20 carbonos a partir de la cual se forman giberelinas, las cuales pueden contener tanto 20 como 19 carbonos. Al final del proceso de biosíntesis se producen GA1 y GA3, las giberelinas activas en las plantas. Otras giberelinas como la GA8, GA19, GA20 pueden mostrar actividad en las plantas, pero solo porque son convertidas en GA1 y GA3. Hasta el momento se ha identificado un total de 84 giberelinas de las cuales 74 en las plantas superiores, 25 en hongos del género *Gibberella* y 14 en ambos. Una sola semilla de fríjol puede contener alrededor de 16 giberelinas.

EL CLORURO DE MEPIQUAT (CM)

A través de la manipulación que el hombre ha sometido al proceso de biosíntesis de las giberelinas se han desarrollado los denominados reguladores sintéticos del crecimiento. En el caso particular del Cloruro de Mepiquat, 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 Cloruro de Mepiquat (Cloruro de N-N-dimetil-piperidinum).

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 más adelante 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 antigiberelinas, se desarrollaron con éxito otras moléculas para ornamentales, frutales y cereales menores (Cicocel, Amo, Fosfon D, etc.).

La dificultad 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 debido a que la ruta a través de la cual se sintetizan las giberelinas es común para otros compuestos como carotenoides, clorofila, citokininas, esteroides, etc. Un bloqueo en el punto equivocado, en vez de producir una regulación del crecimiento puede causar la muerte de la planta, lo cual 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 se comercializó primero 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. En las siguientes

ocho horas después de la aplicación, del 70 al 90% del producto ha penetrado la planta. La adición de surfactantes puede acortar este período a cuatro horas y proveer protección contra las lluvias.

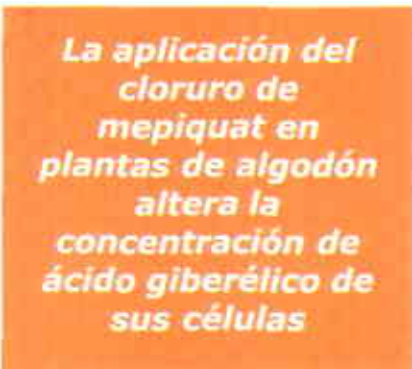
El CM es móvil dentro de la planta, se mueve tanto hacia arriba, con la corriente transpiratoria a través del xilema, como hacia abajo en el fluido del floema, desde las hojas a los órganos de demanda, razón por lo cual se han desarrollado productos comerciales de aplicación foliar y radicular. En cualquier 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.

EFFECTOS DEL CM EN LAS PLANTAS DE ALGODÓN

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. Por fortuna, la acción del CM no inhibe por completo la síntesis de GA. Como se explicó antes, el GA actúa en la célula favoreciendo su elongación, por lo cual las plantas en las cuales se inhibe su síntesis, no alcanzan a desarrollar su tamaño normal, apareciendo como más pequeñas y con un contenido celular más concentrado.

En el caso de las células foliares y del tallo en la planta de algodón, la aplicación de CM induce un menor crecimiento en las células, reduciendo la longitud de los entrenudos y el tamaño de las hojas. El menor tamaño de las células foliares ocasiona un 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 sólo se producen en las células nuevas en proceso de crecimiento. El tamaño de las células formadas y



La aplicación del cloruro de mepiquat en plantas de algodón altera la concentración de ácido giberélico de sus células

expandidas previamente a la aplicación del CM no se altera.

Debido a que la síntesis de GA no se inhibe en su totalidad, la planta continúa creciendo y como 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

Una de las observaciones más rápidas que ocasiona la aplicación del CM es su efecto sobre la altura de la planta. Debido a la reducción en la expansión de las células del tallo, los entrenudos son más cortos y las plantas presentan menor altura que las plantas no tratadas. Así mismo, 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. En experiencias prácticas se ha encontrado por ejemplo que cuando se aplica una dosis de 400 ml al momento de la floración, el CM reduce la altura final de la planta en 8-15%. Este control de la altura es directamente proporcional a la dosis utilizada.

De otro lado, el menor tamaño de las células en las plantas aplicadas con CM ha resultado en un 5 a 10% de reducción en el Índice de Área Foliar (IAF). A pesar de que 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 más concentrado. 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.



Figura 1. Uso de la regla para decidir la aplicación del cloruro de mepiquat.

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 ocurre hasta el nudo 12. En esta zona (nudos 6 a 12 o 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 postulado varias hipótesis para explicar los efectos del CM sobre la retención de cápsulas en la parte inferior de la planta. Una de ellas plantea que hay 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 cual 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. La segunda explicación 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 permitiendo que una mayor cantidad de carbohidratos se destine a los frutos.



Figura 2 Cultivo uniforme de algodón por la aplicación de clonico de mepiquat.

La reducción en la retención 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 en 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 cual contribuye a una mayor precocidad y a hacer un sólo pase de cosecha. Esta precocidad no sólo 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 de 7 a 14 días con la aplicación del CM.

Un cultivo que madura más temprano, abre rápida y de manera uniforme, 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, sino 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 que inclusive se presentan 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.

Por lo general, 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 condiciones que favorecen el excesivo crecimiento vegetativo, en donde la energía "extra" de la planta se puede canalizar hacia los 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 del Valle del Sinú, sobre todo porque se podrían incrementar las densidades de población con las variedades actuales, con el fin de capitalizar en la producción una energía disponible en el medio.

USO DEL CLORURO DE MEPIQUAT

¿Bajo qué condiciones se utiliza?

La utilización del 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 para desarrollar una estructura vegetativa vigorosa, con alturas que muchas veces superan los 1.80 metros, 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 representa ingresos para el agricultor y que podría ser direccionada hacia la fabricación del producto de interés para el agricultor: fibra y semilla. El efecto benéfico que ejerce el CM al reducir el área foliar y el tamaño de la planta, se puede aprovechar 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 precipitaciones. 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. Una de las primeras recomendaciones con respecto a este regulador de crecimiento en los años 1970 establecía la aplicación de un litro de producto comercial por hectárea (50 g de ia/ha), en el 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 reducciones en 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 el 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 el sistema de aplicaciones múltiples, de baja dosificación que permite la aplicación secuencial de pequeñas cantidades desde el inicio de la formación de botones florales, bajo condiciones que permitían vislumbrar 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.

El cloruro de mepiquat se recomienda en condiciones de suelos fértiles, alta precipitación y temperatura que favorecen un crecimiento vegetativo vigoroso de las plantas

La Regla "Pix Stick"

Para evitar esto, en la actualidad el sistema de aplicación se ha perfeccionado aún más al desarrollar los métodos de monitoreo de la planta que permiten determinar el momento más adecuado para aplicar el producto. Para ello se ha diseñado 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 basado en una escala de colores, decidir la aplicación del producto, de acuerdo con una meta preestablecida de altura. La regla original diseñada por investigadores en los Estados Unidos (Texas Agricultural Extension Service) ha sido adaptada para su uso bajo las 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 de modo indefinido 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

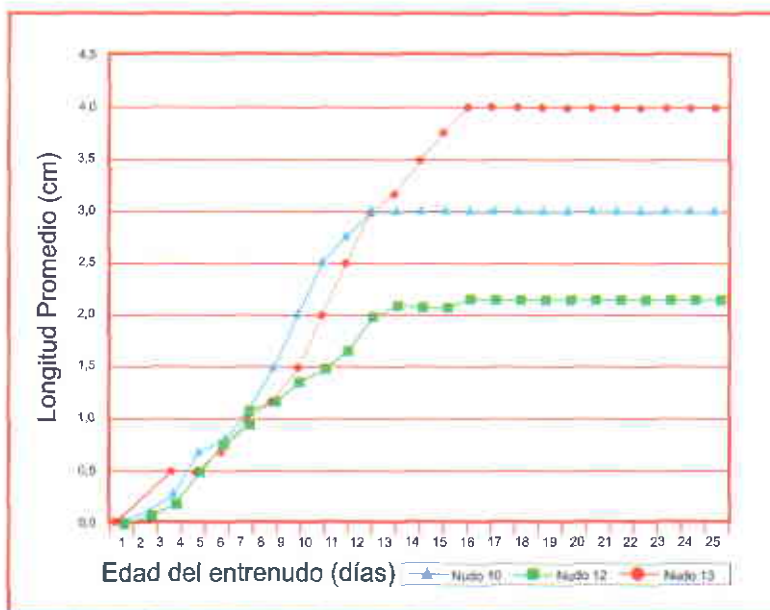


Figura 4. Período de crecimiento de los entrenudos 10, 12 y 13 de la planta de algodón bajo las condiciones del Valle del Sinú.

cosecha.

El período de crecimiento del entrenudo en el tallo del algodón es de dos semanas, período en el cual alcanza su máxima longitud y el crecimiento se detiene. La Figura 4 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. Si se divide el período de crecimiento de los entrenudos (15 días) entre el número de días que tarda la planta para emitir un nudo (3 días), se obtiene un valor de cinco (5) que nos indica que son sólo los últimos cinco entrenudos, en la parte superior de la planta, los cuales, en un momento determinado, aportan ganancias en altura. Es decir, que los entrenudos por debajo del quinto, contados de la parte superior de la planta hacia abajo, ya han logrado su máxima longitud y no se encuentran aportando ganancias en altura.

Un agricultor puede determinar si su cultivo de algodón está en crecimiento activo con base 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

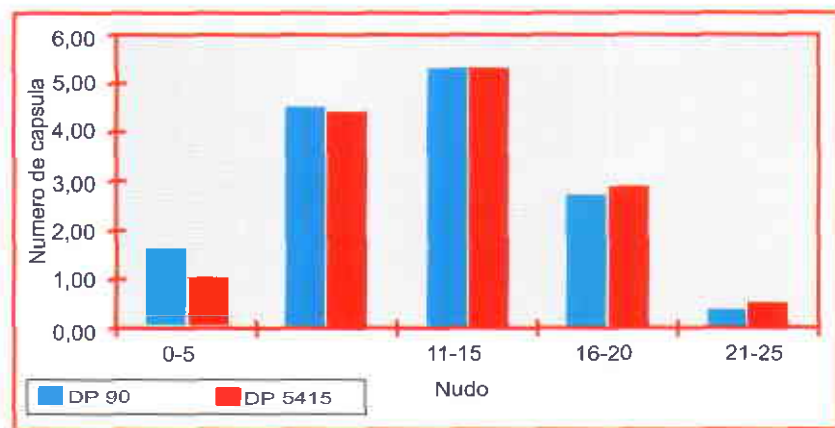


Figura 3. Número de cápsulas maduras desarrolladas de acuerdo con su ubicación en el tallo principal de la planta de algodón.

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 3 se aprecia el número de frutos maduros cosechables en plantas de algodón de las variedades DP90 y DP 5415 al momento de la

distancias mostraron que la altura óptima de la planta de algodón para capturar la máxima cantidad de radiación es de 100 cm. Con alturas inferiores o superiores a los 100 cm se reduce la proporción de

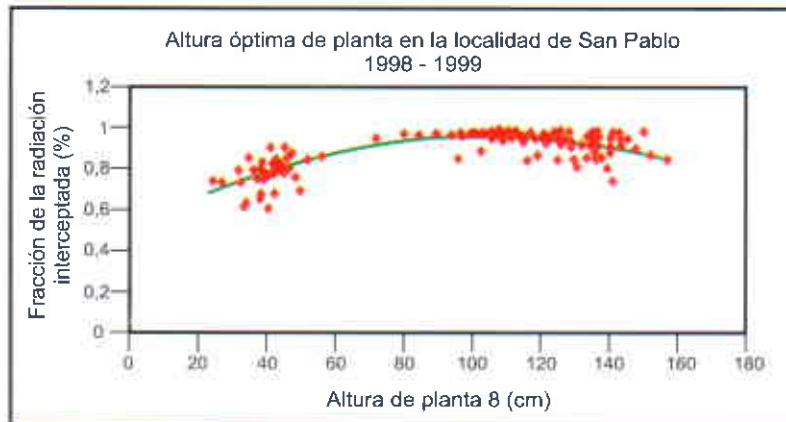


Figura 5. Fracción de la radiación interceptada por la planta de algodón en función de la altura.

radiación que es interceptada por la planta de algodón (Figura 5). Para obtener plantas de 100 cm de altura, con 20 a 25 entrenudos, el agricultor debe controlar el crecimiento de tal manera que cada entrenudo mida entre 4 y 5 cm de longitud. Esto quiere decir que para obtener plantas de 100 cm los últimos cinco entrenudos deben medir entre 20 y 25 cm. Las ganancias de altura de una planta ocurren entre la emisión de los primeros botones florales (a los 25-30 días) y en el momento de la máxima floración y representa el período en el cual es necesario efectuar un control activo del crecimiento.

Con base en lo anterior la regla para uso en Colombia presenta las siguientes características:

Tres bandas de colores que se asemejan a los semáforos que controlan el tráfico en las ciudades (Figura 6): verde, amarillo y rojo. El verde corresponde a la parte inferior de la regla, el amarillo a la intermedia y el rojo a la parte superior. La longitud de cada color está basada en la necesidad de obtener plantas de 100 cm de altura y 20 - 25 cm nudos de desarrollo con lo cual los últimos cinco entrenudos deben medir entre 20 y 25 cm. En esta forma, el color verde se extiende de cero a 20 cm, el amarillo de 20 a 25 cm, y el rojo de 25 cm en adelante.

Figura 6. Regla diseñada para el manejo del cloruro de mepiquat en el Valle de Sinú.

Si al medir los últimos cinco entrenudos de una planta éstos se encuentran en la zona verde (primero 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 rápido y para mantenerla en los 100 cm de altura y 4-5 cm de longitud de los entrenudos, se debe controlar el crecimiento. Esta corresponde entonces a la zona de aplicación de CM.

Si los últimos cinco entrenudos se encuentran en la parte superior de la regla, en la zona roja, esto indica una zona de peligro debido a que el crecimiento de la planta ha excedido los valores ideales (más de 100 cm de altura) y puede desarrollarse muy vegetativamente. La aplicación en este último caso está retrazada. Las instrucciones para el manejo de la regla aparecen al final del anexo.

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



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, quien es la que determina la necesidad o no de controlar el crecimiento. En el momento en que se presentan 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 al cultivo, y se reduce la posibilidad de error y de pérdidas de producción.

En regiones con suelos de alta fertilidad y disponibilidad de humedad, 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 la variedad de algodón 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 reproductivas, presentan 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 cual muestra una buena disponibilidad de energía (Figura 7). 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. Después, esta retención se reduce al 30% a los 125 días después de la emergencia y al 28.1% en el 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, 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, en el momento de la aparición de los primeros botones, cuando la longitud promedio 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 basado en una estimación del peso de la planta. Para ello se ha desarrollado en la Universidad de Texas A&M en los Estados Unidos un programa de computador (MEPRT), el cual se encuentra en validación para Colombia. El peso de la planta se calcula basado en la distancia de siembra, la altura de la planta y el número de nudos desarrollados en el 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.

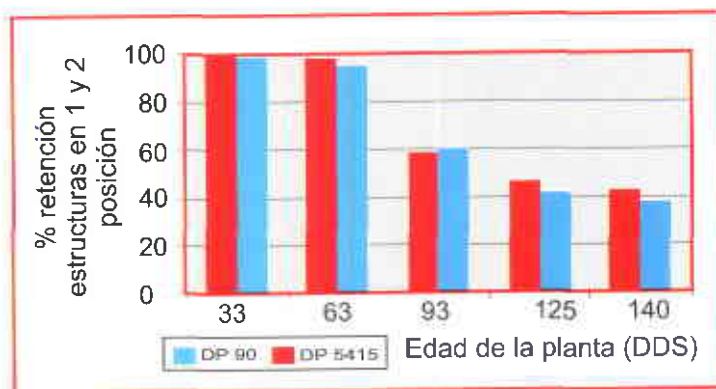


Figura 7 Retención de estructuras a través del desarrollo de plantas de algodón de las variedades DP 90 y D 5415 en el

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 se diluye, la concentración interna se reduce, de tal forma que se requieren de nuevas aplicaciones, para restablecer el nivel predeterminado. Hasta el momento se ha determinado 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 sólo 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).

GUIA PARA EL MANEJO DE LA REGLA DE PIX™ EN EL CULTIVO DEL ALGODONERO

El control del crecimiento de la planta de algodón bajo las condiciones del Valle del Sinú es necesario para mejorar la intercepción de la luz e incrementar

así, la retención de cápsulas y la precocidad, y de capitalizar la energía de la planta en la obtención de mayores rendimientos.

El arte de manejar el algodón depende de muchos factores incluido fertilidad del suelo, variedad sembrada, humedad y temperatura. Para facilitar la toma de decisiones con respecto al uso de los reguladores de crecimiento se ha diseñado la Regla de Pix, la cual le permite al ingeniero agrónomo monitorear en forma confiable el crecimiento de la planta.

Instrucciones de uso:

1. Comenzando en el terminal de la planta, localice la hoja más joven aún sin expandir. Esta debe tener un tamaño igual o superior al de una moneda de \$200,00. Cuente este como el nudo número 0.
2. Cuente hacia abajo cinco nudos más y coloque la regla, con la parte verde hacia abajo, en el quinto nudo.

3. Mida la distancia entre el quinto nudo y el terminal de la planta. La columna de la izquierda indica la longitud total en centímetros de los últimos cinco entrenudos. La columna de la derecha indica la longitud promedio de cada entrenudo.
4. Si la longitud promedio de los últimos cinco entrenudos está en la zona verde, la planta viene creciendo lentamente y no requiere de aplicación de Pix. Si la longitud promedio está en la zona amarilla, la planta está creciendo con vigor y requiere del control del crecimiento. Si la longitud promedio está en la zona roja la planta ha crecido muy rápido y tiene muchas probabilidades de desarrollarse vegetativamente. La aplicación de Pix está retrasada.
5. Mida alrededor de 20 plantas en cada lote y obtenga un promedio para así tomar una decisión.
6. Inicie las mediciones cuando las plantas tengan entre 6 y 7 nudos (6-7 hojas verdaderas). Efectúe una nueva medición cada 7 días hasta que las plantas lleguen al corte.

SISTEMA DE MONITOREO PARA LA APLICACIÓN DE REGULADORES DE

Fecha: _____ Área: _____
 Finca: _____
 Distancia entre Surcos: _____

| Planta No. | Longitud de los últimos cinco entrenudos (cm) | Altura de Planta (cm) | Número de 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 | | | | |
| Promedio | | | | |
| Recomendaciones | | | | |

CUIDE SU CULTIVO CONTROLE EL CRECIMIENTO

La regla de Pix es una marca registrada de BASF Corporation. Pix es un regulador del crecimiento para algodón desarrollado por BASF-AG. La regla original ha sido modificada para ajustarla a las condiciones de crecimiento y las variedades usadas en el Valle del Sinú en Córdoba con base en investigaciones realizadas por el Plan Nacional de Algodón en el CI-Turipaná

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

GUTHRIE, D. J.; LANDIVAR, D. MUNIER, C. STICHLER, B. WEIR. 1995. Pix application strategies; cotton physiology today. Vol. 6, no. 4. May/June, 1995. National Cotton Council of America, Memphis, Tennessee. 4p.

HAKÉ, K. T.; KERBY, W.; MCCARTY, D.; O'NEAL; SUPAK, J. 1991. Physiology of Pix; cotton physiology today. Vol. 1, no. 6. May, 1991. National Cotton Council of America, Memphis, Tennessee. 4 p.

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

LANDIVAR, J.; BENEDIT, J. H. 1996. Monitoring system for the management of cotton growth and fruiting. Texas Agricultural Experiment Station, Agricultural Research and Extension Centre, Corpus Christi, Texas. 16 p. (Bulletin B-2, November 1996).

SALISBURY, F. B.; ROSS, C. W. 1992. Fisiología vegetal. México, Grupo Editorial Iberoamérica.

UNDERBRINK, S. M.; LANDIVAR, J. A.; COTHRENN, J. T. 1999. Cotton cultivar response to Mepiquat Chloride: development of and universal MC-Growth Suppression Model. (Sin publicar).