

UNIVERSIDAD DE LA FRONTERA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y FORESTALES



**EFFECTO DE DIFERENTES REGULADORES DE CRECIMIENTO SOBRE LA
ALTURA Y RENDIMIENTO EN AVENA (*Avena Sativa* L. CV Supernova – Inia), EN EL
VALLE CENTRAL DE LA IX REGION DE LA ARAUCANIA**

Tesis presentada a la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales de la Universidad de La Frontera. Como parte de los requisitos para optar al título de Ingeniero Agrónomo.

GUSTAVO ADOLFO PODLECH BREDFELDT

TEMUCO – CHILE

2012

UNIVERSIDAD DE LA FRONTERA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y FORESTALES



**EFFECTO DE DIFERENTES REGULADORES DE CRECIMIENTO SOBRE LA
ALTURA Y RENDIMIENTO EN AVENA (*Avena Sativa* L. CV Supernova – Inia), EN EL
VALLE CENTRAL DE LA IX REGION DE LA ARAUCANIA**

Tesis presentada a la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales de la Universidad de La Frontera. Como parte de los requisitos para optar al título de Ingeniero Agrónomo.

GUSTAVO ADOLFO PODLECH BREDFELDT

PROFESOR GUIA: JUAN CARLOS GARCIA DIEZ

TEMUCO – CHILE

2012

**EFFECTO DE DIFERENTES REGULADORES DE CRECIMIENTO SOBRE LA
ALTURA Y RENDIMIENTO EN AVENA (*Avena Sativa* L. CV Supernova – Inia), EN EL
VALLE CENTRAL DE LA IX REGION DE LA ARAUCANIA**

PROFESOR GUIA

: JUAN CARLOS GARCIA DIEZ
INGENIERO AGRONOMO
DPTO. PRODUCCION AGROPECUARIA
UNIVERSIDAD DE LA FRONTERA

PROFESOR CONSEJERO

: RODOLFO ISIDRO PIHAN SORIANO
INGENIERO AGRONOMO
DPTO. PRODUCCION AGROPECUARIA
UNIVERSIDAD DE LA FRONTERA

CALIFICACION PROMEDIO TESIS

:

INDICE

	Capítulo	Página
1	INTRODUCCION	1
2	REVISION BIBLIOGRAFICA	3
2.1	Tendedura en avena	3
2.2	Efectos e importancia de la tendedura	4
2.3	Factores genéticos y tendedura	5
2.4	Factores climáticos y tendedura	6
2.5	Factores de manejo agronómico en el cultivo	6
2.6	Reguladores de crecimiento en cereales	7
2.7	Antecedentes generales Cloruro de cloro – colina (Belcotel)	8
2.8	Antecedentes generales del Cloruro de Mepiquat + Prohexadiona calcio (Medax Top)	11
2.9	Antecedentes generales de trinexapac-etil (Moddus 250 Ec)	12
2.10	Antecedentes generales cultivar de Avena Supernova-INIA	14
3	MATERIALES Y METODOS	15
3.1	Experimento realizado en el campo	15
3.2	Establecimiento	15
3.3	Diseño experimental	16
3.4	Reguladores de crecimiento utilizados y tratamientos	16
3.5	Aplicación de los reguladores de crecimiento	17
3.6	Aplicación de otros productos fitosanitarios	18
3.7	Evaluaciones	18

3.7.1	Plantas por metro cuadrado	19
3.7.2	Altura de las plantas	19
3.7.3	Numero de panojas por metro cuadrado	19
3.7.4	Estimación de la tendedura	19
3.7.5	Rendimiento de los cultivares	19
3.7.6	Extracción de grano pelado	19
3.7.7	Peso de los 100 granos	20
3.7.8	Peso hectolitro	20
3.7.9	Índice de cosecha	20
3.8	Análisis estadístico	20
4	PRESENTACION Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	21
4.1	Plantas por metro cuadrado	21
4.2	Altura de las plantas	22
4.3	Panojas por metro cuadrado	23
4.4	Estimación de la tendedura	25
4.5	Rendimiento de los tratamientos	26
4.6	Extracción de grano pelado	28
4.7	Peso de los 100 granos	29
4.8	Peso hectolitro	30
4.9	Índice de cosecha	32
5	CONCLUSIONES	34
6	RESUMEN	35
7	SUMMARY	36
8	LITERATURA CITADA	37
9	ANEXOS	40

1. INTRODUCCION

El cultivo de la avena en Chile es una alternativa tanto económica como de rotación de cultivo ya que atenúa el desarrollo del hongo *Gaeumannomyces graminis* var. *Tritici* en trigo y cebada.

En la última temporada agrícola (2009/2010) se sembraron 75.874 hectáreas siendo un año favorable debido a las condiciones climáticas y que el rendimiento promedio nacional fue el más alto de los últimos tiempos con 50,2 qqm por hectárea. (Odepa, 2010)

Sus altos rendimientos y bajos costos de establecimiento, en relación a otros cereales, lo hace un cultivo atractivo económicamente.

En los últimos años se han aumentado los rendimientos de este cultivar debido a diversos factores como: adelanto de la época de siembra, fertilización y utilización de reguladores de crecimiento. A lo anterior se suma la incorporación de nuevos cultivares con mayores potenciales de rendimiento y menor susceptibilidad a la tenedura.

La tenedura en cereales provoca grandes pérdidas económicas que pueden llegar a ser más del 50% del cultivo, además de calidad y peso de grano. Sin duda que la aplicación de fitohormonas o reguladores de crecimiento ha atenuado las pérdidas en este cultivo.

Existen muchos estudios de reguladores pero ha sido ampliamente estudiada en trigo, no así en avena que los estudios han sido limitados.

La aplicación de reguladores en cereales radica en una disminución de la altura de las plantas aumentando la calidad y rendimiento de granos disminuyendo el porcentaje de tenedura.

HIPOTESIS

Los reguladores de crecimiento inciden positivamente sobre el control de tendadura aumentando el rendimiento en *Avena sativa* L. cv Supernova-Inia.

OBJETIVO GENERAL

Evaluar los diferentes reguladores de crecimiento con y sin surfactante sobre el control de tendadura y rendimiento.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Estudiar la efectividad de los reguladores utilizados sobre el control de la tendadura.
- Determinar el efecto de los reguladores utilizados sobre el rendimiento y sus componentes.
- Cuantificar el efecto de los reguladores utilizados sobre las características físicas del grano.

2. REVISION BIBLIOGRAFICA

2.1 Tendedura en avena

La tendedura se ha definido como el estado de desplazamiento permanente que experimentan los tallos de las plantas, desde su posición normal o erecta, hasta una posición horizontal en relación con la superficie del suelo (Pinthus, 1973), o, como el acamado o quiebre de las plantas antes de la cosecha (Poehlman y Sleeper, 1995). Este desplazamiento no elástico que experimentan los tallos produce un quiebre y curvatura producto de la fuerza ejercida directamente sobre estos, localizándose este daño tanto en el nudo basal del pedúnculo como en la base de los tallos de las plantas afectadas (Patterson et al., 1957). Es un fenómeno complicado en el que intervienen muchos factores como los ambientales, topografía, tipo de suelo, rotación y enfermedades de la planta.

La severidad con que ocurre la tendedura así como en qué medida afecta el rendimiento depende del ambiente en el que se encuentra el cultivo, así como en el estado de desarrollo del cultivo en que ocurre. En general condiciones favorables para el crecimiento y rendimiento serán predisponentes a que ocurra tendedura, es así como en regiones donde se obtienen altos rendimientos, las pérdidas por tendedura son tan significativos como aquellas producidas por enfermedades y plagas de insectos (Pinthus, 1973).

La intensidad lumínica y la temperatura durante el período de crecimiento son factores decisivos en la elongación celular. Una alta intensidad lumínica bloqueará la acción de las giberelinas que promueven la división y elongación celular. En consecuencia una baja intensidad lumínica promoverá la elongación de entrenudos y reduce el grosor de las paredes celulares. En tanto a mayor temperatura durante la época de crecimiento habrá una mayor formación de macollos que producirán mayor sombreamiento sobre los entrenudos inferiores, además provocará un efecto acelerador sobre la liberación de nitrógeno del suelo, lo que promoverá una

mayor elongación de los internudos. Una fertilización con altos niveles de nitrógeno y fósforo, así como deficitaria de potasio conducirán también a un mayor daño por tendadura. Una provisión de humedad abundante en el suelo, también inducirá la tendadura ya que promoverá la elongación de los entrenudos, por otro lado la sequía restringirá el desarrollo del sistema radical cercano a la corona, lo que también conducirá a una mayor incidencia de tendadura (Pinthus, 1973).

2.2 Efectos e importancia de la tendadura

Los cultivares de cereales que pierden la resistencia, o son susceptibles a la tendadura, experimentan una reducción en los rendimientos por la interferencia directa que se produce en la acumulación de materia seca (Pinthus, 1973), e indirectamente, porque partes variables e irregulares de la superficie sembrada no son recolectadas por la automotriz al momento de la cosecha (Aguayo, 1984; Leitch y Hayes, 1989). Otro efecto negativo de la tendadura en cereales, es la obtención de granos de inferior calidad por pérdida de peso de estos (Pendleton, 1954), disminución en el peso de hectolitro (Cortázar, 1985), menor porcentaje de extracción de grano pelado y caída del rendimiento molinero. La importancia de estos efectos adversos aumenta cuando la tendadura ocurre en estados tempranos del desarrollo del cultivo, y disminuye cuando la tendadura se presenta en estados cercanos a la madurez (Brown y Patterson, 1992; Webster y Jackson, 1993).

El efecto que pudiera tener la tendadura en el rendimiento de grano depende de su severidad y del momento de ocurrencia. Una tendadura que ocurra temprano, cuando se esté produciendo una intensa elongación de la caña, afectará en forma importante el rendimiento. Espigadura y formación del grano son estados en los cuales el cultivo es más susceptible a sufrir daño en el rendimiento producto de la tendadura, registrando reducciones entre el 27 y 40 %. En cambio si ocurre más cerca del momento de madurez del cultivo, no afectará directamente el rendimiento, sino que lo hará al interferir en el momento de la cosecha haciéndola más lenta y aumentando el desgrane (Pinthus, 1973).

La tendadura durante la Espigadura influye en los componentes de rendimiento de grano como el número de granos por espiga y el peso individual de cada grano, así como también reduce la calidad del grano, especialmente afectando el llenado de grano produciendo granos chupados que poseen menor extracción en la molienda. Además interfiere directamente en la asimilación de carbohidratos, como resultado del sombreamiento que se produce sobre hojas y otras estructuras que realizan fotosíntesis por las plantas que yacen sobre ellas, (Pinthus, 1973).

2.3 Factores genéticos y tendadura

Uno de los principales objetivos de las investigaciones de mejoramiento genético en cereales es incorporar a los cultivares genes de resistencia a la tendadura, con el propósito de estabilizar la producción, calidad del grano y el rendimiento al momento de la cosecha y, de esta manera, asegurar la mayor eficiencia económica en la producción de estos (Allard, 1967)

La resistencia a la tendadura está asociada a tallos cortos, y a un sistema radical capaz de producir un buen anclaje de la planta en el suelo. Las plantas de altura baja, generalmente, se tienden menos que las plantas altas y tienen mejor capacidad de respuesta a los incrementos de N, manteniendo su estado erecto. De aquí que, uno de los sistemas para lograr un mejoramiento genético a la tendadura sea la selección de plantas por menor altura e introducir genes de enanismo (Marshall, 1992; Arias; 1995)

Sin embargo, el tallo de menor altura es solo una de las características morfológicas asociadas con la resistencia a la tendadura, a esta se suman características anatómicas, químicas y mecánicas (Pinthus, 1973)

Varias características morfológicas y anatómicas de los cereales, determinadas genéticamente, están asociadas a la tendadura, entre estas, en cebada, la longitud de los entrenudos y el grosor de la pared celular (Jesowsky y Bassam, 1985); y en avena, el diámetro del

pedúnculo y de los entrenudos y el espesor de las paredes celulares lignificadas de los tallos (Marshall, 1992)

2.4 Factores climáticos y tendadura

Entre los factores ambientales que potencian la tendadura en cereales de grano pequeño, aun en cultivares resistentes, se encuentra el viento (Etchevers y Moraghan, 1978; Marshall 1992; Webster y Jackson 1993), la lluvia (Patterson et al., 1957; Cortázar, 1985) y granizos (Pinthus, 1973), las que ejercen fuerzas externas que alteran la resistencia de los tallos induciéndoles a tenderse. Cuando esto ocurre entre floración y madurez fisiológica, comúnmente causan tendadura en estos (Poehlman y sleeper, 1995)

2.5 Factores de manejo agronómico en el cultivo

En avena, siembras tempranas producen plantas de mayor altura, entrenudos de mayor longitud y mayores riesgos de tendadura, comparativamente con las siembras tardías (Fuenzalida y Rivas, 1989). Una situación similar ocurre con la aplicación de nitrógeno, que tiene como una de sus funciones principales promover el crecimiento vegetativo de los vegetales (Buckman, 1993) y potenciar la formación de macollos (Morgan, 1986; Mengel y Kirby, 1982); pero donde altas disponibilidades de este nutriente incrementan la tendadura en cereales (Black, 1967; Buckman, 1993) y dentro de estos en avena (Gómez, 1999). En consecuencia, cultivares susceptibles sembrados con altas dosis de N tienen mayores posibilidades de tenderse que cultivares resistentes (Pinthus, 1973).

2.6 Reguladores de crecimiento en cereales

Hay diferentes mecanismos para prevenir, indirectamente y parcialmente, la tendadura, como: uso de baja densidad de semilla (Furrer y Stauffer, 1970), siembras tardías y disminución de la dosis de nitrógeno; sin embargo, todas son de una eficacia muy relativa y la mayoría conlleva a una disminución de los rendimientos.

Es muy común que a lo largo de toda la zona triguera ocurran problemas de tendadura. Éstos se presentan básicamente en trigos de alto rendimiento y se ven agravados por el uso de variedades altas y / o de bajo vigor de caña, por sobrepoblaciones y / o por altas dosis de nitrógeno. En el caso de productores que utilizan un mayor nivel tecnológico y que obtienen rendimientos superiores a 65 ó 70 qm ha⁻¹, se recomienda el uso de reguladores de crecimiento poco antes o inmediatamente después que comience la etapa de encañado (CHILE, MINISTERIO DE AGRICULTURA. FONDO DE INNOVACIÓN AGRARIA (FIA), 2003).

La acción de estos productos, permite un engrosamiento de las cañas y una reducción de la altura de las plantas, las cuales pueden así enfrentar de mejor forma las condiciones climáticas que favorecen la tendadura.

Los productos posibles de usar son: cloruro de cloromequat + cloruro de colina, ethephon y trinexapac-etil. Su aplicación, dependiendo del producto, debe realizarse desde plena macolla hasta aparición del primer nudo, o entre el primer o segundo nudo (Faigenbaum, 2003).

Rademacher (2000), indica que los reguladores de crecimiento son aplicados en cultivos para reducir el crecimiento de tallos sin producir una merma en la productividad. La mayor parte de los reguladores de crecimiento, actúan inhibiendo la biosíntesis de giberelinas. Dentro de estos se encuentra el cloruro de cloromequat, el cual bloquea las ciclasas copalil-difosfato sintetasa y entkaureno sintetasa envueltas en las primeras etapas del metabolismo de las giberelinas. En tanto el trinexapac-etil actuaría bloqueando particularmente la 3 beta-hidroxilación, inhibiendo

esto la formación de giberelinas altamente activas a partir de precursores inactivos (Rademacher, 2000).

En tanto, Pérez y Martínez-Laborde (1994) señalan que sustancias sintéticas como el cycocel (CCC) provocan una disminución del contenido de giberelinas endógenas en los tejidos vegetales y por lo tanto un crecimiento mucho más lento de los distintos órganos vegetales. El CCC es uno de los reguladores de crecimiento más ampliamente utilizados. Se emplea con éxito en la reducción del tamaño de la caña de los cereales, ya que retarda la elongación de entrenudos. Su aplicación no tiene ningún efecto negativo en la producción final del cultivo, y sin embargo se consigue prevenir la posible caída de la planta por la acción de la lluvia y el viento (tendedura).

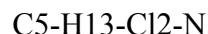
Según Rajala y Peltonen Sainio (2001), aplicaciones de reguladores de crecimiento llevan a un incremento en el crecimiento de raíces (aumento del largo y volumen de raíces) y a un aumento de la relación raíz /tallo bajo condiciones de campo. En tanto que el impacto sobre el rendimiento de grano es inconsistente.

2.7 Antecedentes generales Cloruro de cloro – colina (Belcocel)

Belcocel es una fitohormona a base de cycocel. Es un inhibidor y regulador de crecimiento de plantas en determinados estados de desarrollo, produciendo en trigo tallos más cortos y gruesos con lo que se reduce la tendencia a la tendedura del cultivo. Su ingrediente activo es Cloruro de cloromequat + cloruro de colina y su nombre químico es cloruro amoniaco del 2-cloroetil-trimetilo + cloruroamoniaco del 2-clorohidroxietilo (AFIPA 2009-2010).

El efecto del CCC en cereales es muy variable y depende de la dosis de aplicación (Later del régimen hídrico del cultivo, forma de 1967); del estado de desarrollo del cultivo en el cual se aplique; del nivel de fertilidad del suelo; aplicación y efectos varietales (Koller, 1968)

El CCC, Cloruro de 2-cloroetiltrimetil amonio, está clasificado como una hormona exógena inhibidora del crecimiento, su fórmula química es:



Se le conoce como: Clormequat: Nombre genérico establecido para el compuesto por la British Standards Institute. Y cloruro de clorcolina, de donde se abrevia CCC.

Químicamente el CCC es una amina. Los cristales de CCC son de color blanco, con un peso molecular de 158.1 g y un punto de fusión de 245° C (Arraño, 1990).

Tolbert (1960), citado por Arraño (1990), observó que las plantas tratadas con CCC disminuyen su tamaño y su tallo aumenta de diámetro, el mismo autor postula que la acción del CCC es antagónica con la acción de las giberelinas.

La influencia del CCC sobre algunas plantas es conocida, especialmente para el caso del trigo. Luego de la aplicación del CCC la morfología de la planta cambia de la siguiente forma: el crecimiento en altura se reduce, la cantidad de células permanece inalterada. Este efecto está dado por la detención de la extensión celular. Los internudos se acortan sin afectar el número de hojas, el diámetro de la caña aumenta, resultando esto en un aumento de la habilidad de la planta para permanecer en pie (Will, 1973).

Lovett y Kirby (1971), citados por De Celis (1991), informan que los internudos superiores son los más afectados por la acción del CCC. Naylor (1989) citado por De Celis (1991) coincide con estos últimos ya que al aplicar CCC en triticales encontró que el efecto más visible fue la reducción de la altura de la planta y que esto se debería a la restricción de la extensión de los tres internudos superiores.

Luego de la aplicación de CCC las plantas presentan un mejor crecimiento y peso radical. Esto también les permite mantenerse mejor en pie y les confiere resistencia a la tnedadura. La

influencia del CCC sobre el color de la hoja, se puede ver pronto luego de la aplicación. El cambio de color está dado por un aumento en la síntesis de clorofila (Will, 1973).

Fisiológicamente, la influencia del CCC está relacionada con la producción de giberelinas en la planta. Luego de la aplicación de CCC la producción de giberelinas se bloquea, esto produce que la extensión celular decae parcial o completamente (Will, 1973). Fuenzalida y Melelli (1988), citados por Arraño (1990), señalan que el CCC actúa bloqueando la síntesis de giberelinas, al impedir que se sintetice su precursor, el kaureno. Cathey (1964), citado por Arraño (1990) señala que el CCC actúa inhibiendo la actividad meristemática subapical.

Para explicar como el CCC y las giberelinas interfieren Paleg *et al.*(1965), citado por De Celis (1991), proponen que existen cinco modos de acción:

- Bloqueo de la acción hormonal de las giberelinas.
- Inhibición de la biosíntesis de las giberelinas.
- Bloqueo de las respuestas fisiológicas de las plantas a la acción de las giberelinas.
- Inhibición de la biosíntesis del compuesto sobre el cual o con el cual, actúan o reaccionan las giberelinas.
- Destrucción total de las giberelinas.

Harad y Lang (1965), citado por Weaver (1976), encontraron que el uso del CCC bloqueó la síntesis de giberelinas, pero las que ya estaban presentes en los tejidos no fueron afectadas. Devlin (1982), citado por De Celis (1991), señala haber delimitado la auténtica localización de la acción inhibidora del CCC. Determinó que bloquea la conversión del geranil – geraniol – pirofosfato en copalil –pirofosfato; al hacerlo inhibe la síntesis de kaureno y por ello de las giberelinas, que son derivadas de éste. De Celis (1991), señala que aplicaciones de CCC no modificaron el rendimiento de grano y sus componentes, así como tampoco se alteró la Población de espigas ni la producción de biomasa aérea.

2.9 Antecedentes generales de Mepiquat chloride + Prohexadione calcium (Medax Top)

Medax top es un regulador de crecimiento con acción sistémica, en trigo, avena y raps que aplicados en determinados estados de desarrollo, produce cultivos con tallos más cortos y gruesos con lo que se reduce la tendencia a tendadura del cultivo. Su ingrediente activo es Mepiquat chloride + Prohexadione calcium y su nombre químico 1,1-dimethyl-piperidinium chloride + calcium 3- oxido-5-oxo-4-propionyl-3-cyclohexenecarboxylate y pertenece al grupo químico de los amonio cuaternario + carboxilato (AFIPA 2009-2010).

El cloruro de cloromequat pertenece al grupo químico del amonio cuaternario y fue el primer antecedente del uso de un producto químico para controlar la altura de plantas. Este compuesto fue la chispa que provocó el interés de los retardadores del desarrollo vegetal en floricultura, dados los efectos restrictivos que ocasionó sobre el desarrollo de la poinsetia.

Posteriormente, se aplicó a otros cultivos obteniendo resultados diversos. Es un regulador del crecimiento bien absorbido por vía foliar y radical, aunque tiene una menor actividad cuando se aplica al suelo que foliarmente, y cuando se aplican dosis altas puede producir clorosis foliares e incluso necrosis. Se metaboliza rápidamente en la planta y puede transformarse en otros productos, lo que puede originar una falta de efectividad e incluso puede ocasionar el efecto contrario, es decir, puede ser estimulante del desarrollo. El cloruro de cloromequat actúa impidiendo la elongación de las células, ejerciendo una acción enanizante: acortando los tallos, y produciendo plantas más robustas: fortaleciendo los tallos. Impide temporalmente la biosíntesis de las giberelinas naturales con lo que se produce la detención de la elongación celular de los órganos vegetativos y una más precisa utilización de las sustancias nutritivas por parte de los órganos productivos. Puede también incrementar la producción de clorofila y el desarrollo de las raíces. También influye en el desarrollo del ciclo biológico, induciendo una floración y una cosecha mayores.

El cloruro de mepiquat pertenece al mismo grupo químico que el cloruro de cloromequat, es decir, al del amonio cuaternario. Actúa inhibiendo la primera fase de la ruta de la biosíntesis de

las giberelinas, esto lo lleva a cabo alterando la concentración de ácido giberélico en las células debido a su parcial inhibición de una de las enzimas involucradas en la biosíntesis de ácido giberélico. El cloruro de mepiquat fue descubierto en los años 1970 y se comercializó primero en California en 1981. No suele usarse en plantas ornamentales, aunque sí en algodón, hortalizas y vid. El cloruro de mepiquat es usado habitualmente en el cultivo de algodón buscando frenar el crecimiento vegetativo, aumentar el tamaño de las cápsulas y favorecer la homogeneidad y precocidad de cosecha (York, 1983). En ajos y cebolla, se usa para homogeneizar el tamaño e incrementar la producción. En melón se utiliza para homogeneizar el tamaño y aumentar la precocidad de la cosecha. Y en vid se usa para evitar el crecimiento. Se aplica foliarmente actuando sistémicamente en toda la planta ya que después de ser absorbido en la planta se mueve hacia arriba con la corriente transpiratoria a través del xilema, y hacia abajo en el fluido del floema desde la hoja a los órganos sumideros (Jarma, et al., 2004). En el suelo es metabolizado a dióxido de carbono.

2.8 Antecedentes generales del trinexapac-etil (Moddus 250 Ec)

Moddus 250 EC es un producto sistémico que pertenece a una nueva clase de química de reguladores de crecimiento. Aplicados en Trigo de invierno y primavera o en Avena, entre el primer nudo visible y el inicio de la aparición de la última hoja, inhibe el crecimiento de los dos o tres nudos siguientes, reduciéndose con ello la altura del cultivo y las posibilidades de tendadura. Su ingrediente activo es Trinexpac-etil (250 g L^{-1}). Este regulador del crecimiento corresponde a una nueva generación de hormonas que está siendo incorporado a los cultivos de cereales de la zona sur. Su nombre químico es 4-(ciclopropil-a-hidroxi-metileno)-3,5-ácido dioxociclohexanocarboxílico etil-éster, y pertenece al grupo químico de las ciclohexanodionas (AFIPA, 2009-2010).

Trinexapac etil es una ciclohexanodiona de absorción foliar que actúa como regulador de crecimiento en plantas (Frness y Penner, 1998).

Según CANADA, PEST MANAGEMENT REGULATORY AGENCY (2001), trinexapac-etil, es una ciclohexanodiona que actúa como un regulador de crecimiento en plantas, inhibiendo la biosíntesis de giberelina (GA1). Las giberelinas son fitohormonas que promueven el crecimiento de varios órganos vegetales. El ácido libre del trinexapac-etil inhibe la hidroxilación de GA 20 a GA1 por competitividad inhibiendo la enzima reguladora 3-β- hidroxilasa, conduciendo esto a una inhibición de la elongación celular lo que conlleva a una reducción en el tamaño de las hojas y tallos.

En tanto, Ervin y Koski (1998), indican que trinexapac-etil es un regulador de crecimiento del tipo II que reduce la elongación celular, interfiriendo en la producción de giberelinas (GAs), específicamente inhibiendo la hidroxilación de GA20 para formar GA1 por competitividad inhibiendo la enzima reguladora 3-β- hidroxilasa y que este sitio de acción lo diferencia de otros reguladores de crecimiento del tipo II como el flurprimidol, el cual inhibe la oxidación de *ent*-kaureno a ácido *ent*-kaurenoico, un paso inicial en la biosíntesis de giberelinas.

Según Tomlin (1994), el ingrediente activo moddus 250 EC actúa suprimiendo la biosíntesis del ácido giberelico, cuando el producto es aplicado al follaje de las plantas traslocandose hacia los puntos de crecimientos, afectando la elongación de los entrenudos y el grosor de los tallos. Con respecto a la época de aplicación, Tatnell (1995) señala que Trinexapac-etil es utilizable entre el primer y segundo nudo visible sobre los subsecuentes segundo y tercer entrenudo. Ilumäe (2001), señala que el trinexapac etil en su forma comercial Moddus 250 EC, es un efectivo regulador del crecimiento en trigo de invierno evitando la tendadura, registrando las cañas una inclinación menor a 45° lo que permite una cosecha mecanizada sin problema, además se registró un aumento de 9,5 % del rendimiento dado principalmente por la ausencia de tendadura.

Aplicaciones de trinexapac etil reducen la fitomasa aérea en 17% en trigo, cuando se midió 14 días después de aplicado, además incrementó la masa radical en 32% y la relación raíz / tallo aumentó en 50% medido al momento de cosecha (Rajala y Peltonen-Sainio, 2001).

2.10 Antecedentes generales cultivar de Avena Supernova-INIA

Cultivar creado por INIA – Carillanca, sus características morfológicas muestra que corresponde a un hábito de crecimiento erecto. Con altura de 110 a 140 cm siendo resiste a tendedura. En relación con sus características fisiológicas, su hábito de crecimiento es facultativo y presenta un periodo de crecimiento y desarrollo desde siembra a cosecha de 240 días. Presenta una caña firme, con una panoja de tipo equilateral abierta y un grano cubierto de color amarillo claro y sin barba. Es resistente al desgrane y, según sus características productivas, corresponde a una variedad invernal con un potencial de rendimiento de 80-100 qq/ha. En tanto su rendimiento industrial en porcentaje de extracción de grano pelado alcanza un promedio de 70 y 72,3 %. Su peso hectolitro alcanza 53,0 y 57,0 kg/hl y un porcentaje de proteína 9,4 y 12,7 %. Es moderadamente resistente al polvillo de la hoja (*Puccinia coronata*) (INIA-carillanca 2009).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio comprendió un experimento realizado en condiciones de campo.

El experimento se realizó en el campo experimental Maquehue perteneciente a la Universidad de la Frontera, a 10 km al sur de Temuco predio ubicado en el sector Maquehue (38° 50' 29'' S, 72° 41' 73'' O) situado en el valle central de la región de la Araucanía, Área agroecológica que presenta suelos del orden Andisol, serie Freire. Un clima templado lluvioso con corta estación de sequía, un régimen térmico que presenta temperaturas que varían en promedio entre 25,7.C (Enero) y 4,1.C (Julio) y un régimen hídrico de una precipitación media anual de 1354 mm.

3.1 Experimento realizado en el campo

Durante el período comprendido entre Junio de 2010 y Febrero de 2011 se desarrolló el experimento en condiciones de campo, donde se evaluó el efecto de 3 reguladores de crecimiento sobre el cultivar de avena Supernova-INIA en estado Zadok 32-33.

3.2 Establecimiento

Se establecieron 40 parcelas correspondientes a 10 tratamientos con cuatro repeticiones cada una. La siembra se efectuó el 15 de Junio de 2010 utilizando una dosis de 120 kg ha⁻¹ desinfectada con Triadimeno (Baytan) en una dosis de 50 cc por cada 100 kg de semilla.

La siembra se realizó mediante el sistema convencional con preparación de suelo, con una sembradora solo con una separación entre hileras de 18 cm y a una profundidad de 3 cm. Se utilizó para este caso, fertilización al surco de siembra de 200 kg de Súper fosfato triple. La fertilización nitrogenada se efectuó con 300 Kg de Urea perlada, en Z18 y Z28 el 13 de agosto y 29 de septiembre respectivamente.

3.3 Diseño experimental

Para este estudio, se utilizó un diseño experimental de bloques completamente al azar, de diez tratamientos con cuatro repeticiones cada uno. La unidad experimental que se utilizó, fue una parcela de 1,26 m de ancho, esto corresponde a 7 hileras de siembra, de las cuales se evaluaron posteriormente las 5 centrales equivalentes a 0,9 m; el largo de la parcela fue de 4,5 metros, resultando así un área de cosecha de 4,05 m².

3.4 Reguladores de crecimiento utilizados y tratamientos

Se utilizaron 3 reguladores de crecimiento disponibles en el mercado: estos fueron Cloruro de Mepiquat + Prohexadiona calcio (Medax Top), Trinexapac-etil (Moddus 250 Ec) y Cloruro de cloro – colina (Belcotel). Los tratamientos se describen en el Cuadro 1.

CUADRO 1 Tratamientos con reguladores de crecimiento y dosis aplicada

	Tratamientos
T1	Testigo
T2	Cloruro de cloro – colina 2,4 L
T3	Cloruro de cloro – colina 2,4 L + Li 700 0,25 L
T4	Cloruro de Mepiquat + Prohexadiona calcio 0,5 L
T5	Cloruro de Mepiquat + Prohexadiona calcio 1L
T6	Cloruro de Mepiquat + Prohexadiona calcio 0,5 L + Li 700 0,25L
T7	Cloruro de Mepiquat + Prohexadiona calcio 1L +Li 700 0,25L
T8	Trinexapac-etil 0,35 L
T9	Trinexapac-etil 0,5 L
T10	Trinexapac-etil 0,5 L + Li 700 0,25L

3.5 Aplicación de los reguladores de crecimiento

Los reguladores de crecimiento se aplicaron mediante una bomba de espalda marca Solo, con capacidad para 20 L, provista de una barra de aplicación de 1 m con 3 boquillas de abanico plano. La aplicación se realizó a una altura uniforme de 50 cm sobre la canopia con un volumen de agua equivalente a 100 litros de agua por hectárea. Se aplicó el 5 de noviembre de 2010 en estado de desarrollo de Zadok 32-33 en un día parcial nublado con 13° de temperatura ambiental.

3.6 Aplicación de otros productos fitosanitarios

Con el fin de mantener el ensayo libre de enfermedades y malezas, se realizó un control oportuno de éstas. El control de malezas se realizó con 180 g de tritosulfuron + dicamba (Arrat) más 0,5 g de metsulfuron metil (Ally) más 100 cc de Fosfatidilcolina (Li 700) ha-1 el 16 de septiembre. En lo referente al control de enfermedades foliares causadas por hongos, se utilizó Prothioconazole + Tebuconazole (Prosaro) a 0,8 L ha-1. Además se aplicó un insecticida para el control de pulgones, Alfacipermetrina (Mageos) en dosis de 100g ha-1 en 2 aplicaciones, el 28 de septiembre y 9 de noviembre respectivamente. En las aplicaciones anteriormente señaladas, se utilizó un volumen de agua equivalente a 100 litros por hectárea.

3.7 Evaluaciones

En este estudio, se realizaron evaluaciones durante el período vegetativo del cultivo, antes de la aplicación de los reguladores, y luego a la madurez de cosecha, siendo las mismas para cada tratamiento de las avenas

3.7.1 Plantas por metro cuadrado. Dentro del primer grupo de evaluaciones, se contaron las plantas por metro lineal en cada cultivar. Esto se realizó en plena macolla (Z 24) en cada cultivar, contando las plantas presentes en un metro lineal de cuatro hileras al azar dentro del bloque para obtener un promedio, para luego transformar el valor a plantas por metro cuadrado.

3.7.2 Altura de las plantas. Se obtuvo midiendo 4 sitios al azar por parcela desde la base de la planta hasta la panoja.

3.7.3 Numero de panojas por metro cuadrado. Esta evaluación se hizo cuando las plantas estuvieron maduras, al momento de la cosecha. Para ello se contaron las panojas presentes en un metro lineal de la hilera central en cada repetición de cada tratamiento.

3.7.4 Estimación de la tendedura. Se evaluó mediante apreciación visual al momento de la cosecha, otorgándosele un valor en porcentaje, siendo 0 % cuando todas las plantas estaban erectas y 100 % cuando la tendedura fue completa. Esta evaluación se hizo para cada repetición de cada tratamiento para luego obtener un promedio.

3.7.5 Rendimiento de los cultivos. Para evaluar el rendimiento, se eliminó una hilera a cada lado de la parcela, evaluándose finalmente una parcela de cuatro metros y cincuenta centímetros de largo y cinco hileras de ancho. Se cosecho cortando a 20 centímetros del suelo mediante una hichona, depositando las panojas en un saco para luego trillarlas con una máquina estacionaria. Luego, el grano se guardó en bolsas plásticas para posteriormente ser pesado en una balanza electrónica.

3.7.6 Extracción de grano pelado. Para evaluar este parámetro, se pelaron de forma manual 1000 granos por muestra. Se pesaron independientemente el grano pelado y la lema y patea para de este modo obtener el porcentaje de grano pelado.

3.7.7 Peso de los 100 granos. En este caso de cada tratamiento se peso una muestra por parcela de 100 granos, para obtener un promedio. Esto fue igual para cada ensayo en la totalidad de los tratamientos

3.7.8 Peso hectolitro. Se utilizo una balanza shopper de 0,250 L y el resultado se expreso en Kg hL -1.

3.7.9 Índice de cosecha. Para estimar el índice de cosecha, se cosecho de forma independiente 1 metro lineal por parcela para estimar su peso total. Posteriormente se pesaron y cosecharon los granos para obtener el cociente entre el peso de los granos y el peso de la parte aérea de la planta mediante la fórmula:

$$IC = \frac{\text{Kg de MS del grano ha-1}}{\text{Kg MS paja ha-1} + \text{Kg MS del grano ha -1} + \text{Kg MS chaff ha-1}}$$

3.8 Análisis estadístico

Se utilizaron los programas Microsoft Excel versión 2007, además programa estadístico JMP 8, para realizar análisis de varianza (ANOVA) y prueba de Tukey para comparación de medias ($P < 0,05$).

4 PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1 Plantas por metro cuadrado

Para el cultivar de avena, Supernova – INIA, en estudio, se presentan como antecedente el promedio de número de plantas por metro cuadrado por cada uno de los tratamientos. En el Cuadro 5, se presentan los resultados obtenidos para el número de plantas por metro cuadrado.

CUADRO 2 Plantas por metro cuadrado por cada tratamiento

Tratamientos	Número de plantas por metro cuadrado
Testigo	201
Cloruro de cloro – colina 2,4 L	176
Cloruro de cloro – colina 2,4 L + Li 700 0,25 L	206
Cloruro de Mepiquat + Prohexadiona calcio 0,5 L	227
Cloruro de Mepiquat + Prohexadiona calcio 1L	198
Cloruro de Mepiquat + Prohexadiona calcio 0,5 L + Li 700 0,25L	215
Cloruro de Mepiquat + Prohexadiona calcio 1L + Li 700 0,25L	196
Trinexapac-etil 0,35 L	183
Trinexapac-etil 0,5 L	196
Trinexapac-etil 0,5 L + Li 700 0,25L	215

4.2 Altura de las plantas

En este estudio se midió el largo total de la planta de avena desde la base de esta. En el Cuadro 3 se observan los valores promedios de la altura de las plantas para cada tratamiento al momento de cosecha.

CUADRO 3 Efecto de los reguladores de crecimiento en la altura de la planta por cada tratamiento.

Tratamientos	Altura de planta (m)
Testigo	1,59 a
Cloruro de cloro – colina 2,4 L	1,35 bc
Cloruro de cloro – colina 2,4 L + Li 700 0,25 L	1,31 bcd
Cloruro de Mepiquat + Prohexadiona calcio 0,5 L	1,43 b
Cloruro de Mepiquat + Prohexadiona calcio 1L	1,35 bc
Cloruro de Mepiquat + Prohexadiona calcio 0,5 L + Li 700 0,25L	1,37 bc
Cloruro de Mepiquat + Prohexadiona calcio 1L +Li 700 0,25L	1,17 d
Trinexapac-etil 0,35 L	1,41 b
Trinexapac-etil 0,5 L	1,31 bcd
Trinexapac-etil 0,5 L + Li 700 0,25L	1,24 cd

Cifras con letras distintas son diferentes según prueba de Tukey ($p < 0,05$).

El uso de reguladores de crecimiento afectó significativamente el largo de caña en los tratamientos efectuados en la avena ($P \leq 0.05$). Así, BERRY *et al.* (2004), señala que el uso de

reguladores de crecimiento ha demostrado bajar la altura de la planta entre un 0 y un 40%. Esta variación es probablemente causada por interacciones entre el tipo de ingrediente activo, el cultivar de cereal junto con el estado de desarrollo de la planta y las condiciones ambientales cuando fue aplicado el químico. El uso de Medax Top 1 L + Li 0,25 redujo significativamente la altura de las plantas en un 26,1%, esta marcada reducción en la altura de la planta estaría dada por una depresión en la tasa fotosintética temporal luego de la aplicación (RAJALA y PELTONEN-SAINIO, 2001).

4.3 Panojas por metro cuadrado

Este componente del rendimiento depende de factores genéticos, a menudo ligados a la precocidad del cultivar y su relación con la capacidad de producir macollos (duración del período entre emergencia y término de macolla), factores ambientales como la época de siembra (radiación global recibida en períodos de diferenciación y producción de macollos y ambiente de crecimiento) y de factores agronómicos como la dosis de semilla y fertilización nitrogenada entre otras causas (Evans y Warlaw, 1976). En el Cuadro 4, se presentan los resultados obtenidos para el número de panojas por metro cuadrado

CUADRO 4 Panojas por metro cuadrado para cada uno de los tratamientos con reguladores de crecimiento y el testigo.

Tratamientos	Número de panojas por metro cuadrado
Testigo	505
Cloruro de cloro – colina 2,4 L	467
Cloruro de cloro – colina 2,4 L + Li 700 0,25 L	475
Cloruro de Mepiquat + Prohexadiona calcio 0,5 L	487
Cloruro de Mepiquat + Prohexadiona calcio 1L	503
Cloruro de Mepiquat + Prohexadiona calcio 0,5 L + Li 700 0,25L	504
Cloruro de Mepiquat + Prohexadiona calcio 1L + Li 700 0,25L	522
Trinexapac-etil 0,35 L	480
Trinexapac-etil 0,5 L	554
Trinexapac-etil 0,5 L + Li 700 0,25L	553

El número de panojas por metro cuadrado se mantuvo constante para todos los tratamientos y no se obtuvo diferencias significativas ($P \geq 0.05$) en el número de éstas por efecto de los reguladores de crecimiento, coincidiendo con lo observado por Arraño, (1990).

4.4 Estimación de la tendadura

La evaluación de la tendadura se determinó mediante apreciación visual y se consideró tendadura, cuando el ángulo de inclinación de la caña,, en relación al suelo, sobrepasaba los 45°. Este criterio se utilizó para todos los tratamientos realizados.

En el Cuadro 5 se presentan los valores de la tendadura para cada tratamiento.

CUADRO 5 Porcentaje de tendadura para cada cultivar, para cada uno de los tratamientos.

Tratamientos	Porcentaje de tendadura (%)
Testigo	13
Cloruro de cloro – colina 2,4 L	0
Cloruro de cloro – colina 2,4 L + Li 700 0,25 L	21
Cloruro de Mepiquat + Prohexadiona calcio 0,5 L	19
Cloruro de Mepiquat + Prohexadiona calcio 1L	21
Cloruro de Mepiquat + Prohexadiona calcio 0,5 L + Li 700 0,25L	24
Cloruro de Mepiquat + Prohexadiona calcio 1L +Li 700 0,25L	0
Trinexapac-etil 0,35 L	0
Trinexapac-etil 0,5 L	0
Trinexapac-etil 0,5 L + Li 700 0,25L	0

No hubo diferencias significativas ($P \geq 0.05$) en cada uno de los tratamientos. El testigo y algunos tratamiento con diferentes ingredientes activos presentaron una notoria inclinación de las cañas, aunque esta no llegaba a ser mayor de 45° , de igual modo dificultaría la cosecha. En este caso no se recomendaría el uso de reguladores de crecimiento, ya que este se transformaría en un costo adicional que no reportaría mayores beneficios.

4.5 Rendimiento de los tratamientos

El rendimiento es un carácter multigénico por excelencia, en cuya expresión participan en acción e interacción todos los genes y mecanismos genéticos de la planta. Debido a esto es fuertemente modificado por el medio ambiente, Parodi (1980), citado por Arraño (1990). En el Cuadro 6 se muestra el efecto de los reguladores de crecimiento sobre el rendimiento de los tres cultivares de trigo.

CUADRO 6 Efecto de los reguladores de crecimiento sobre el rendimiento de cada tratamiento.

Tratamientos	Rendimiento (qqm)
Testigo	141
Cloruro de cloro – colina 2,4 L	144
Cloruro de cloro – colina 2,4 L + Li 700 0,25 L	144
Cloruro de Mepiquat + Prohexadiona calcio 0,5 L	143
Cloruro de Mepiquat + Prohexadiona calcio 1L	144
Cloruro de Mepiquat + Prohexadiona calcio 0,5 L + Li 700 0,25L	144
Cloruro de Mepiquat + Prohexadiona calcio 1L + Li 700 0,25L	133
Trinexapac-etil 0,35 L	147
Trinexapac-etil 0,5 L	139
Trinexapac-etil 0,5 L + Li 700 0,25L	136

El rendimiento de los tratamientos efectuados no se obtuvo diferencias significativas ($P \geq 0.05$) no hubo respuestas diferentes a la aplicación de los distintos reguladores de crecimiento, PINTHUS (1973), señala que el efecto de la tendedura sobre el rendimiento depende de su severidad y del momento de ocurrencia. Tendedura en etapas tempranas durante la elongación de tallos, afectarán duramente el rendimiento, en cambio si ocurre tendedura cerca de la madurez del cultivo, esta no afectará el rendimiento en forma directa pero sí hará que se produzcan pérdidas durante la cosecha. Espigadura y llenado de granos serían entonces los estados más susceptibles pudiéndose producir disminuciones de hasta un 40% de rendimiento si ocurre tendedura en este momento.

4.6 Extracción de grano pelado

La extracción de grano pelado (EGP) es uno de los parámetros más importantes para determinar la calidad física e industrial de la avena, y se define como la cantidad de grano pelado obtenido al descascarar o pelar mecánicamente 100 g de avena cubierta. El Cuadro 7 muestra el efecto de los reguladores de crecimiento sobre el porcentaje de extracción de grano pelado de los diferentes tratamientos

CUADRO 7 Efecto de los reguladores de crecimiento sobre la extracción de grano pelado para cada tratamiento.

Tratamientos	Extracción de grano pelado (%)
Testigo	75
Cloruro de cloro – colina 2,4 L	75
Cloruro de cloro – colina 2,4 L + Li 700 0,25 L	74
Cloruro de Mepiquat + Prohexadiona calcio 0,5 L	76
Cloruro de Mepiquat + Prohexadiona calcio 1L	74
Cloruro de Mepiquat + Prohexadiona calcio 0,5 L + Li 700 0,25L	75
Cloruro de Mepiquat + Prohexadiona calcio 1L +Li 700 0,25L	72
Trinexapac-etil 0,35 L	74
Trinexapac-etil 0,5 L	75
Trinexapac-etil 0,5 L + Li 700 0,25L	76

La aplicación de reguladores de crecimiento no produjo cambios significativos en el porcentaje de EGP en ninguno de los tratamientos en estudio ($P \geq 0.05$).

4.7 Peso de los 100 granos

El Cuadro 8 muestra el efecto de los reguladores de crecimiento sobre el peso de los 100 granos en los tratamientos.

CUADRO 8 Efecto del uso de reguladores de crecimiento en el peso de 100 granos.

Tratamientos	Peso de 100 granos (g)
Testigo	4,68 a
Cloruro de cloro – colina 2,4 L	4,35 ab
Cloruro de cloro – colina 2,4 L + Li 700 0,25 L	4,33 ab
Cloruro de Mepiquat + Prohexadiona calcio 0,5 L	4,53 ab
Cloruro de Mepiquat + Prohexadiona calcio 1L	4,52 ab
Cloruro de Mepiquat + Prohexadiona calcio 0,5 L + Li 700 0,25L	4,40 ab
Cloruro de Mepiquat + Prohexadiona calcio 1L + Li 700 0,25L	4,22 b
Trinexapac-etil 0,35 L	4,51 ab
Trinexapac-etil 0,5 L	4,42 ab
Trinexapac-etil 0,5 L + Li 700 0,25L	4,28 b

Cifras con letras distintas son diferentes según prueba de Tukey ($p < 0,05$).

En general, el efecto de los reguladores de crecimiento sobre el peso del grano fue negativo existiendo diferencias significativas ($P \leq 0.05$) en los distintos tratamientos según el testigo. El

peso de los cien granos disminuyó en todos los tratamientos, lo cual estaría dado por el incremento en el número de granos por panoja (Humphries *et al.*, 1965). En el caso del tratamiento con Cloruro de Mepiquat + Prohexadiona calcio 1L + Li 700 0,25L, la disminución fue de un 10%, similar a la producida con el tratamiento de Trinexapac-etil 0,5 L + Li 700 0,25L 8,5%. En tanto la disminución en el peso de los cien granos producida por el resto de los tratamientos no fue mayor a 7,5%.

4.8 Peso hectolitro

El peso de hectolitro es una de las medidas más antiguas utilizadas para determinar la calidad física y comercializar el grano de avena. El peso hectolitro de los tratamientos se presentan en el Cuadro9.

Cuadro 9 Efecto de los reguladores de crecimiento sobre el peso hectolitro de los diferentes tratamientos.

Tratamientos	Índice de cosecha (%)
Testigo	53,79 ab
Cloruro de cloro – colina 2,4 L	52,30 abc
Cloruro de cloro – colina 2,4 L + Li 700 0,25 L	53,06 ab
Cloruro de Mepiquat + Prohexadiona calcio 0,5 L	54,70 a
Cloruro de Mepiquat + Prohexadiona calcio 1L	53,23 ab
Cloruro de Mepiquat + Prohexadiona calcio 0,5 L + Li 700 0,25L	50,53 c
Cloruro de Mepiquat + Prohexadiona calcio 1L +Li 700 0,25L	52,91 abc
Trinexapac-etil 0,35 L	52,75 abc
Trinexapac-etil 0,5 L	53,21 ab
Trinexapac-etil 0,5 L + Li 700 0,25L	51,59 bc

Cifras con letras distintas son diferentes según prueba de Tukey ($p < 0,05$).

La aplicación de reguladores de crecimiento produjo cambios significativos en el peso hectolitro de la avena en los distintos tratamientos en estudio ($P \leq 0.05$). En el caso del tratamiento con Cloruro de Mepiquat + Prohexadiona calcio 0,5 L + Li 700 0,25L, la disminución fue de un 6% en comparación con el testigo, y similar a la producida con el tratamiento de Trinexapac-etil 0,5 L + Li 700 0,25L 4%. En tanto la disminución en el peso hectolitro producida por el resto de los tratamientos no fue significativa.

4.9 Índice de cosecha

El término índice de cosecha (IC) expresa el rendimiento económico (granos) en porcentaje del rendimiento biológico (materia seca total de la parte aérea de la planta) a la madurez. El índice de cosecha varía con el genotipo, el ambiente y la interacción del genotipo y el ambiente (Cárcova J. *et al.*, 2003).

En el Cuadro 10 se muestran los valores de índice de cosecha para los tres cultivares y los reguladores de crecimiento.

CUADRO 10 Índice de cosecha para los tratamientos con reguladores de crecimiento.

Tratamientos	Índice de cosecha (%)
Testigo	29
Cloruro de cloro – colina 2,4 L	33
Cloruro de cloro – colina 2,4 L + Li 700 0,25 L	30
Cloruro de Mepiquat + Prohexadiona calcio 0,5 L	30
Cloruro de Mepiquat + Prohexadiona calcio 1L	30
Cloruro de Mepiquat + Prohexadiona calcio 0,5 L + Li 700 0,25L	31
Cloruro de Mepiquat + Prohexadiona calcio 1L +Li 700 0,25L	31
Trinexapac-etil 0,35 L	33
Trinexapac-etil 0,5 L	28
Trinexapac-etil 0,5 L + Li 700 0,25L	29

El uso de reguladores de crecimiento no alteró significativamente los valores de índice de cosecha en ninguno de los tratamientos en avena ($P \geq 0.05$). Esto difiere de lo observado por Rajala y Peltonen-Sainio (2001), quienes afirman que tras una aplicación de reguladores de crecimiento el índice de cosecha tiende a disminuir.

5 CONCLUSIONES

De acuerdo a las condiciones en que se realizó esta investigación y a los resultados obtenidos tras la aplicación de los reguladores de crecimiento la hipótesis puede ser aprobada parcialmente en algunos tratamientos y rechazada en otros. El detalle de esto se puede deducir de las siguientes conclusiones:

Los diferentes reguladores utilizados disminuyeron significativamente la altura entre los tratamientos con respecto al testigo.

En la variable de tendadura no existieron diferencias significativas con respecto al testigo y entre los tratamientos.

Con respecto a las variables de: panojas por metro cuadrado, porcentaje de tendadura y rendimiento, no existieron diferencias significativas de los tratamientos con respecto al testigo y entre los tratamientos.

Se observaron diferencias estadísticas en las variables de peso de grano y peso hectolitro siendo afectados los tratamientos 6 y 9, los que disminuyeron su peso.

Con respecto a la extracción de grano pelado e índice de cosecha no hubo diferencias significativas en los tratamientos.

6 RESUMEN

Durante la temporada agrícola 2010 – 2011 se efectuó un experimento en el Campo experimental Maquehue de propiedad de la Universidad de La Frontera en la comuna de Padre las Casas provincia de Cautín, IX región de la Araucanía.

El experimento tuvo como objetivo medir los efectos de los reguladores de crecimiento Cloruro de cloro – colina, Cloruro de Mepiquat + Prohexadiona y Trinexapac-etil aplicados en estado Z32-33 sobre el rendimiento, altura y componentes físicos del grano en el cultivar de *Avena sativa* L. Supernova – Inia.

En el experimento de campo se usó un diseño experimental de bloques completos al azar con diez tratamientos y cuatro repeticiones. Al evaluar los efectos de los reguladores de crecimiento sobre el cultivar, se pudo determinar que la altura de las plantas disminuyó por el uso de los reguladores de crecimiento, no observándose variación en el número de panojas por metro cuadrado, la estimación de la tendadura no arrojó diferencias significativas al igual que el rendimiento en los diferentes tratamientos, en el proceso de extracción de grano pelado no se establecieron diferencias significativas. Existió variación en el peso de 100 granos observándose una disminución en todos los tratamientos en comparación con el testigo al igual que en el peso hectolitro. No se observó variación en el índice de cosecha tras el uso de los reguladores de crecimiento.

7 SUMMARY

During the agricultural season 2010 - 2011 an experiment was conducted in the experimental Field Maquehue property of the Universidad de La Frontera in Padre las Casas commune, Cautín's province, the IXth region of the Araucanía.

The experiment had as aim to measure the effects of growth regulators chlormequat chloride, Mepiquat-chloride + Prohexadine-calcium and Trinexpac- ethyl applied in Z32-33 condition on the performance, height and physical components of the grain in the cultivate of *Avena sativa* L. Supernova -Inia.

In the field experiment an experimental design of complete blocks at random by ten treatments and four repetitions was used. On having the effects of the growth regulators evaluated on the cultivate, it was possible to determine that the height of the plants was diminished by the use of the growth regulators, there was no significant variation in the number of cobs by square meter, the estimation of the beat down does not show significant differences, as well as by the performance in the different treatments in the process of extraction of bare grain. Variation existed in the weight of 100 grains, and when compared with the control group, a reduction in all the treatments was observed, as well as in the hectoliter weight. There was no variation in the index of crop after the use of the regulators of growth.

8 LITERATURA CITADA

- AFIPA 2009-2010. Manual fitosanitario. Servicios de impresión Láser S.A. Santiago, Chile. p 847-860-861
- Allard, C. 1967 Principio de la mejora genética de las plantas. Edicion Omega S.A. Barcelona, España. 498 p.
- Arraño, O. 1990. Crecimiento, producción y partición de asimilados de un trigo alternativo, en relación con el uso de tres reguladores de crecimiento. Tesis Ing. Agr. Temuco, Chile. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de la Frontera. 61 p.
- Beratto E. 2000. Variedades de avena, rendimiento y calidad de grano. En: Romero, O. y Beratto, E, (ed). Variedades de avena y su utilización en producción animal e industrial Boletín INIA (Chile). 34:19-23
- Berry, P.; Sterling, M.; Spink, H.; Baker, C.; Sylvester-Bradley, R.; Mooney, S.; Tams, A.; Ennos, A. 2004. Understanding and reducing lodging in cereals. *Advances in Agronomy* 84: 217-271.
- Brown, CH. Y Patterson, F. 1992. Conventional Oat Breeding. En: Marshall, H. y Sorells, M(ed). *Oat Science and Technology. Serie Agronomy (USA)* 33: 613-656
- Buckmann. 1993, *Naturaleza y propiedades de los suelos*. Quinta edición. Ediciones Uthea. Mexico. 590 p.
- Cañas, R. 1995. *Alimentación y nutrición animal*. Colección en Agricultura. Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago. Chile. 576 p.
- Canada, Pest Managment Regulatory Agency. 2001. Proposed regulatory decision document PRDD2001-05 Trinexapac-ethyl. Ontario. (Online) < http://www.hc-sc.gc.ca/cps-spc/alt_formats/pacrb-dgapcr/pdf/pubs/pest/decisions/rdd-dr/rdd2002-01-eng.pdf > (15. dic. 2011).
- Carcova, J. 2003. Análisis de la generación del rendimiento: crecimiento, partición y componentes. In: Satorre, E., Benech R., Salfer, G., De la Fuente, E., Millares, D., Otegui M., Savin, R. (eds.). *Producción de granos. Bases funcionales para su manejo*. Argentina, Editorial Facultad de Agronomía. pp 75-98.
- Cathey, H. 1964. Physiology of growth retarding chemical. *Annual review of plant Physiology (USA)* 15: 271-302.

- Chile. Ministerio de Agricultura. Fundación para la innovación agraria (FIA). 2003. Cereales en Chile: situación actual y perspectivas maíz y trigo. Santiago, Salesianos. 89p.
- De Celis, H. 1991. Evaluación de la actividad del cloruro de clorcolina (CCC) sobre aspectos fisiológicos de un trigo alternativo. Tesis Ing. Agr. Temuco, Chile. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de la Frontera. 74 p.
- Ervin, E y Koski, A. 1998. Growth response of *Lolium perenne* L. to Trinexapac- Ethyl. Hortscience 33 (7): 1200-1202.
- Etchevers, j. moraghan, J. The influence of CCC and nitrogen on the yield and performance of wheat and triticale. Agro Sur (Chile) 6 (2): 90-96
- Evans, L. y Wardlaw, I. 1976. Aspects of the comparative physiology of grain yield in cereals. Advances in Agronomy 28: 361-405.
- Fagerness, M.J., y Penner, D. 1998. ¹⁴C-Trinexapac-ethyl absorption and translocation in Kentucky bluegrass. Crop Science 38 (4):1023–1027.
- Faigenbaum, H. 2003. Labranza, siembra, y producción de los principales cultivos de Chile. Santiago de Chile. Ograma. 760 p.
- Forsberg, R. y Reeves, D. (1992). Breeding oat cultivars for improved grain quality. En: Marshall, H. y Sorrells, M (ed). Oat Science and Technology. Serie Agronomy (USA) 33: 751-755
- Fuenzalida, J., y Rivas, R. 1989. Tendedura en cereales. IPA Carillanca (Chile)8(1): 27-30
- Humphries, E. C., Welbank, P. J., y Witts, K. J. 1965. Effect of CCC (chlorocholine chloride) on growth and yield of spring wheat in the field. Annals of applied Biology 56: 351-361.
- Ilumäe, E. 2001. The influence of growth regulator Moddus 250 EC on different cereals species. Estonian Research Institute of Agriculture. Estonia. (Online) < <http://www.eau.ee/~agronomy/vol04Spec/p4S56.pdf> > (16. enero. 2012).
- Kettlewell, P.S., Whitley, E.A., Meredith W.S. y Sylvesterbradley R. 1983. Effects of early application of chlormequat on tillering and yield of winter wheat. Journal of Agricultural Science, Cambridge 100: 735 – 738.
- Morgan, D.G. 1968. The regulation of growth and development by plant growth substance. Euphitica 17 (1) : 189-213

- Pérez, F. y Martínez-Laborde, J. 1994. Introducción a la fisiología vegetal. España. Mundi-Prensa. 218 p.
- Pinthus, M. J. (1973). Lodging in wheat, barley and oats: The phenomenon, its causes and preventive measures. *Advances in Agronomy* 25: 209-263.
- Poehlman, J.M and Sleper, D. A. 1995. Breeding rice. In: Breeding field crops. 4th ed. Iowa State University Press, Ames, pp. 278-298.
- Radmacher, W. 2000. Growth retardants: effects on gibberellin biosynthesis and other metabolic pathways. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology* 51: 501-531.
- Rajala, A. y Pelltonen-Sainio P. 2001. Plant growth regulator effects on spring cereal root and shoot growth. *Agronomy Journal* 93: 936-943.
- Tolbert, N.E. 1960 (2-chloroethyl) trimethylammonium chloride and related compounds as plant growth substance. II. Effect on growth of wheat. *Plant physiol.* 35 (3): 380-385
- Ulmann, L. 1982 Effect of growth regulators of oats. *Agrochémia* 22 (3). 67-69
- Ulmann, L. 1987 Application of growth regulators to oat. *Agrochémia* 27 (10). 296-298.
- Weaver, R. 1976. Reguladores del crecimiento de las plantas en la agricultura. México. Trillas, 622 p.
- Will, H. 1973. The application of CCC to vegetable seedlings. *Acta Horticulturae (ISHS)* 27: 254-257.
- Zadoks, J., Chang, T. y Konzak, C. F. 1974 A decimal code for the growth stages of cereal. *Weed research* 14: 415-421

9 ANEXOS

Anexo1. Tabla de análisis de varianza para densidad de plantas por metro cuadrado según tratamientos.

Source	DF	Sum Squares	of Mean Square	F Ratio	Prob > F
A_Tratamientos	9	8555,900	950,656	1,0876	0,4004
Error	30	26222,000	874,067		
C. Total	39	34777,900			

Anexo2. Tabla de comparación de promedios usando prueba de Tukey-Kramer HSD para densidad de plantas por metro cuadrado según tratamientos.

Level	Mean
Medax 0,5 L	A 227,00000
Moddus 0,5 L + Li 0,25L	A 215,25000
Medax 0,5 L + Li 0,25 L	A 214,50000
Belcocel 2,4 L + Li 0,25 L	A 205,75000
Testigo	A 200,50000
Medax 1 L	A 197,50000
Medax 1L +Li 0,25	A 196,25000
Moddus 0,5 L	A 195,75000
Moddus 0,35 L	A 182,50000
Belcocel 2,4 L	A 175,50000

Niveles no conectados con la misma letra son significativamente diferentes.

Anexo3. Tabla de análisis de varianza para altura promedio según tratamientos.

Source	DF	Sum Squares	of Mean Square	F Ratio	Prob > F
A_Tratamientos	9	0,44466000	0,049407	12,0455	<,0001*
Error	30	0,12305000	0,004102		
C. Total	39	0,56771000			

Anexo4. Tabla de comparación de promedios usando prueba de Tukey-Kramer HSD para altura según tratamientos.

Level		Mean
Testigo	A	1,5875000
Medax 0,5 L	B	1,4250000
Moddus 0,35 L	B	1,4050000
Medax 0,5 L + Li 0,25 L	B C	1,3650000
Belcocel 2,4 L	B C	1,3475000
Medax 1 L	B C	1,3450000
Belcocel 2,4 L + Li 0,25 L	B C D	1,3125000
Moddus 0,5 L	B C D	1,3125000
Moddus 0,5 L + Li 0,25L	C D	1,2425000
Medax 1L +Li 0,25	D	1,1725000

Niveles no conectados con la misma letra son significativamente diferentes.

Anexo5. Tabla de análisis de varianza para número de panojas por metro cuadrado según tratamientos.

Source	DF	Sum Squares	of Mean Square	F Ratio	Prob > F
A_Tratamientos	9	33140,40	3682,27	1,0502	0,4256
Error	30	105185,50	3506,18		
C. Total	39	138325,90			

Anexo6. Tabla de comparación de promedios usando prueba de Tukey-Kramer HSD para número de panojas por metro cuadrado según tratamientos.

Level	Mean
Moddus 0,5 L	A 554,00000
Moddus 0,5 L + Li 0,25L	A 553,25000
Medax 1L +Li 0,25	A 522,00000
Testigo	A 504,50000
Medax 0,5 L + Li 0,25 L	A 504,00000
Medax 1 L	A 503,25000
Medax 0,5 L	A 487,25000
Moddus 0,35 L	A 479,75000
Belcocel 2,4 L + Li 0,25 L	A 475,25000
Belcocel 2,4 L	A 467,25000

Niveles no conectados con la misma letra son significativamente diferentes.

Anexo7. Tabla de análisis de varianza para porcentaje de tendadura según tratamientos.

Source	DF	Sum Squares	of Mean Square	F Ratio	Prob > F
A_Tratamientos	9	4097,500	455,278	1,6069	0,1583
Error	30	8500,000	283,333		
C. Total	39	12597,500			

Anexo8. Tabla de comparación de promedios usando prueba de Tukey-Kramer HSD para porcentaje de tendadura según tratamientos.

Level	Mean
Medax 0,5 L + Li 0,25 L	A 23,750000
Medax 1 L	A 21,250000
Belcocel 2,4 L + Li 0,25 L	A 21,250000
Medax 0,5 L	A 18,750000
Testigo	A 12,500000
Belcocel 2,4 L	A 0,000000
Moddus 0,35 L	A 0,000000
Medax 1L +Li 0,25	A 0,000000
Moddus 0,5 L + Li 0,25L	A 0,000000
Moddus 0,5 L	A 0,000000

Niveles no conectados con la misma letra son significativamente diferentes.

Anexo9. Tabla de análisis de varianza para rendimiento (qqm) según tratamientos.

Source	DF	Sum Squares	of Mean Square	F Ratio	Prob > F
A_Tratamientos	9	655,4000	72,8222	1,7548	0,1197
Error	30	1245,0000	41,5000		
C. Total	39	1900,4000			

Anexo10. Tabla de comparación de promedios usando prueba de Tukey-Kramer HSD para rendimiento (qqm) según tratamientos.

Level	Mean
Moddus 0,35 L	A 147,00000
Belcocel 2,4 L	A 144,00000
Belcocel 2,4 L + Li 0,25 L	A 143,75000
Medax 0,5 L + Li 0,25 L	A 143,50000
Medax 1 L	A 143,50000
Medax 0,5 L	A 142,75000
Testigo	A 141,00000
Moddus 0,5 L	A 138,75000
Moddus 0,5 L + Li 0,25L	A 135,75000
Medax 1L +Li 0,25	A 133,00000

Niveles no conectados con la misma letra son significativamente diferentes.

Anexo11. Tabla de análisis de varianza para Extraccion de grano pelado según tratamientos.

Source	DF	Sum of Mean Square	F Ratio	Prob > F
A_Tratamientos	9	0,00517250	0,000575	1,1178
Error	30	0,01542500	0,000514	0,3808
C. Total	39	0,02059750		

Anexo12. Tabla de comparación de promedios usando prueba de Tukey-Kramer HSD para rendimiento (qqm) según tratamientos.

Level	Mean
Medax 0,5 L	A 0,76250000
Moddus 0,5 L + Li 0,25L	A 0,75750000
Moddus 0,5 L	A 0,75000000
Belcocel 2,4 L	A 0,74750000
Testigo	A 0,74750000
Medax 0,5 L + Li 0,25 L	A 0,74500000
Belcocel 2,4 L + Li 0,25 L	A 0,74250000
Medax 1 L	A 0,74250000
Moddus 0,35 L	A 0,74000000
Medax 1L +Li 0,25	A 0,71750000

Niveles no conectados con la misma letra son significativamente diferentes.

Anexo13. Tabla de análisis de varianza para peso de 100 granos según tratamientos.

Source	DF	Sum Squares	of Mean Square	F Ratio	Prob > F
A_Tratamientos	9	0,6892725	0,076586	3,0955	0,0095*
Error	30	0,7422250	0,024741		
C. Total	39	1,4314975			

Anexo14. Tabla de comparación de promedios usando prueba de Tukey-Kramer HSD para peso de 100 granos según tratamientos.

Level	Mean
Testigo	A 4,6800000
Medax 0,5 L	A B 4,5275000
Medax 1 L	A B 4,5175000
Moddus 0,35 L	A B 4,5100000
Moddus 0,5 L	A B 4,4200000
Medax 0,5 L + Li 0,25 L	A B 4,3950000
Belcotel 2,4 L	A B 4,3475000
Belcotel 2,4 L + Li 0,25 L	A B 4,3300000
Moddus 0,5 L + Li 0,25L	B 4,2800000
Medax 1L +Li 0,25	B 4,2150000

Niveles no conectados con la misma letra son significativamente diferentes.

Anexo15. Tabla de análisis de varianza para peso hectolitro según tratamientos.

Source	DF	Sum Squares	of Mean Square	F Ratio	Prob > F
A_Tratamientos	9	47,699460	5,29994	5,0478	0,0004*
Error	30	31,498450	1,04995		
C. Total	39	79,197910			

Anexo16. Tabla de comparación de promedios usando prueba de Tukey-Kramer HSD para peso hectolitro según tratamientos.

Level		Mean
Medax 0,5 L	A	54,702500
Testigo	A B	53,787500
Medax 1 L	A B	53,225000
Moddus 0,5 L	A B	53,212500
Belcocel 2,4 L + Li 0,25 L	A B	53,062500
Medax 1L +Li 0,25	A B C	52,912500
Moddus 0,35 L	A B C	52,750000
Belcocel 2,4 L	A B C	52,300000
Moddus 0,5 L + Li 0,25L	B C	51,587500
Medax 0,5 L + Li 0,25 L	C	50,525000

Niveles no conectados con la misma letra son significativamente diferentes.

Anexo17. Tabla de análisis de varianza para índice de cosecha según tratamientos.

Source	DF	Sum of Mean Squares	F Ratio	Prob > F
A_Tratamientos	9	0,01047990	0,001164	2,0773
Error	30	0,01681650	0,000561	0,0646
C. Total	39	0,02729640		

Anexo18. Tabla de comparación de promedios usando prueba de Tukey-Kramer HSD para índice de cosecha según tratamientos.

Level	Mean
Belcocel 2,4 L	A 0,33450000
Moddus 0,35 L	A 0,33175000
Medax 0,5 L + Li 0,25 L	A 0,31400000
Medax 1L +Li 0,25	A 0,30675000
Medax 1 L	A 0,30325000
Medax 0,5 L	A 0,29975000
Belcocel 2,4 L + Li 0,25 L	A 0,29675000
Moddus 0,5 L + Li 0,25L	A 0,29275000
Testigo	A 0,29100000
Moddus 0,5 L	A 0,28250000

Niveles no conectados con la misma letra son significativamente diferentes.