

UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA DE AGRONOMÍA

**Efecto de diferentes reguladores de crecimiento sobre la
morfología y rendimiento de tres genotipos de trigo en la
provincia del Bio-Bio.**

Tesis presentada como parte de los
requisitos para optar al grado de
Licenciado en Agronomía.

Carlos Alfonso Schürch Garrido

VALDIVIA- CHILE

2006

PROFESOR PATROCINANTE:

Ricardo Riegel Sch.

Ing. Agr., M. Sc., Dr. Rer. Silv.

PROFESORES INFORMANTES:

Daniel Calderini R.

Ing. Agr. Dr. Agr.

Roberto Carrillo LI.

Ing. Agr., M. Sc., Ph. D.

INSTITUTO DE PRODUCCIÓN Y SANIDAD VEGETAL

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a don Ricardo Riegel por su importante labor como profesor patrocinante y guía de este trabajo.

A don Roberto Carrillo por su permanente apoyo en la revisión. Agradezco el tiempo compartido en interesantes conversaciones sobre agricultura.

A don Daniel Calderini por su labor en la revisión de este trabajo.

A don Adolfo Estay por su ayuda en el Laboratorio de Semillas.

A la Tante Silvia.

A todos mis profesores, especialmente a aquellos que permanecerán eternamente en mi memoria por sus enseñanzas, consejos y buena voluntad.

A don Achim Ellies y a don Aage Krarup, a quienes recuerdo siempre con admiración.

Agradezco especialmente a cada uno de mis amigos de Valdivia, por el gran lazo de amistad que surgió estos años, por el apoyo, la compañía y los buenos momentos que compartimos.

A las familias Jara Durán y Westermeyer Izquierdo, por acogerme generosamente en Valdivia.

**A Dios y a la Mater,
a mis padres y a mi tío Federico,
a los chilenos de bien.**

ÍNDICE DE MATERIAS

CAPÍTULO		PÁGINA
1	INTRODUCCIÓN	1
2	REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	3
2.1	Evolución de la producción de trigo	3
2.2	Tendedura en trigo	5
2.3	Genes de enanismo en trigo	7
2.4	Reguladores de crecimiento en cereales	8
2.5	Antecedentes generales del cloruro de cloromequat	9
2.6	Antecedentes generales del trinexapac-etil	12
3	MATERIAL Y MÉTODO	14
3.1	Experimento realizado en el campo	14
3.1.1	Ubicación de los ensayos	14
3.1.2	Establecimiento	15
3.1.3	Diseño experimental	17
3.1.4	Reguladores de crecimiento utilizados y tratamientos	17
3.1.5	Aplicación de los reguladores de crecimiento	17
3.1.6	Aplicación de otros productos fitosanitarios	18
3.1.7	Evaluaciones	19
3.1.7.1	Plantas por superficie	19
3.1.7.2	Espigas por superficie	19
3.1.7.3	Estimación de la tendedura	19
3.1.7.4	Largo de caña de los cultivares	20
3.1.7.5	Largo del pedúnculo de los cultivares	20

3.1.7.6	Diámetro del pedúnculo de los cultivares	20
3.1.7.7	Rendimiento de los cultivares	20
3.1.7.8	Índice de cosecha	20
3.1.7.9	Peso de los 1000 granos	21
3.1.8	Análisis estadístico	21
4	PRESENTACION Y DISCUSION DE RESULTADOS	22
4.1	Plantas por superficie	22
4.2	Espigas por superficie	22
4.3	Estimación de la tendadura	24
4.4	Largo de caña de los cultivares	25
4.5	Largo del pedúnculo de los cultivares	26
4.6	Diámetro del pedúnculo de los cultivares	27
4.7	Rendimiento de los cultivares	28
4.8	Índice de cosecha	31
4.9	Peso de los 1000 granos	33
4.10	Relación entre los parámetros estudiados	34
5	CONCLUSIONES	36
6	RESUMEN	38
	SUMMARY	40
7	BIBLIOGRAFIA	41

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO		PÁGINA
1	Rendimiento y superficie sembrada de trigo	5
2	Análisis químico de suelo de ambos predios donde se realizó el ensayo	15
3	Tratamientos con reguladores de crecimiento y dosis aplicadas a cada cultivar	17
4	Fechas de aplicación de los reguladores de crecimiento	18
5	Espigas por superficie para cada cultivar, para cada uno de los tratamientos con reguladores de crecimiento y el testigo	23
6	Porcentaje de tendadura para cada cultivar, para cada uno de los tratamientos con reguladores de crecimiento y el testigo	24
7	Efectos de los reguladores de crecimiento en el largo de caña de cada cultivar	25
8	Efecto de los reguladores de crecimiento sobre el largo del pedúnculo de cada cultivar	27

CUADRO		PÁGINA
9	Diámetro del pedúnculo de cada cultivar tratado con reguladores de crecimiento	28
10	Efecto de los reguladores de crecimiento sobre el rendimiento de cada cultivar	29
11	Índice de cosecha para los tres cultivares tratados con reguladores de crecimiento	32
12	Peso de los 1000 granos	33

1 INTRODUCCION

El trigo es el cultivo anual que presenta la mayor superficie sembrada en Chile, alcanzando en la temporada 2003-2004 un total de más de 420.000 hectáreas distribuidas mayoritariamente en las Regiones VIII y IX. En tanto que la producción promedio ascendió en esta misma temporada a 45 qm ha⁻¹, esto es 10 qm ha⁻¹ más que en el año 1998, llegándose a producir alrededor de 1,9 millones de toneladas durante la última temporada agrícola (CHILE, MINISTERIO DE AGRICULTURA. OFICINA DE PLANIFICACIÓN AGRÍCOLA (ODEPA), 2004).

Este aumento en la producción está dado por la incorporación de tecnologías avanzadas de cultivo que han mostrado ser eficaces en países con un mayor desarrollo agrícola.

Así, un aumento en la fertilización, el uso de cultivares con un mayor potencial de rendimiento, y en general dar al cultivo las condiciones óptimas para que exprese al máximo ese potencial, han hecho posible lograr rendimientos incluso por sobre los 100 qm ha⁻¹.

Sin embargo, junto con este aumento del rendimiento, han aparecido problemas asociados a ello como es la tendadura de las sementeras cuando en ellas se combina un genotipo susceptible y condiciones ambientales apropiadas para la manifestación de este fenómeno.

Esta problemática produce mermas significativas del rendimiento y calidad de grano a cosecha, como es el desgrane y el aumento de la humedad; y también una cosecha más lenta. Esto se traduce en pérdidas

económicas importantes para el productor que maneja costos de producción elevados, a lo cual se suma un precio de comercialización del cereal que en valores reales presenta una tendencia a disminuir en los últimos años.

Es así como el uso de reguladores de crecimiento se ha transformado en una práctica habitual para evitar la tendadura y aumentar el rendimiento en cultivares susceptibles a esta condición.

En el caso particular de Chile, existe escasa información acerca del comportamiento de diferentes cultivares de trigo frente a la aplicación de un regulador de crecimiento. Además, se debería esperar que existiera variaciones del comportamiento dependiendo de las condiciones ambientales donde se desarrolle el experimento.

Este trabajo tiene como hipótesis que con la aplicación de un regulador de crecimiento, el tamaño de la planta se reducirá en altura y aumentará el diámetro de los entrenudos, esto se traducirá en una disminución de la tendadura y en un aumento del rendimiento de grano cosechado de los diferentes cultivares estudiados.

El objetivo general de este estudio fue determinar el efecto de dos reguladores de crecimiento disponibles en el mercado, y una mezcla de ambos sobre un trigo invernal y dos alternativos en la provincia del Bio-Bio.

Los objetivos específicos del estudio fueron medir el efecto de los reguladores de crecimiento en los tres cultivares de trigo sobre la población de espigas por metro cuadrado, el largo de caña, el largo del pedúnculo, el diámetro del pedúnculo, el rendimiento de grano, el índice de cosecha y el peso de los 1000 granos.

2 REVISION BIBLIOGRAFICA

2.1 Evolución de la producción de trigo.

El trigo es un alimento básico en Chile. En el último decenio ha contribuido con alrededor del 34% de la ingesta calórica y el 50% de las proteínas que consume en promedio el habitante chileno (MELLADO, 1998).

En el presente siglo se han sembrado más de 200 cultivares diferentes. Desde comienzos del siglo hasta el decenio 1951-1960, el rendimiento unitario fue alrededor de 12 qm/ha; desde 1981 en adelante se ha producido un aumento progresivo, alcanzando en el último decenio un promedio de 34 qqm/ha (MELLADO, 1998).

En contraste con los trigos cultivados antes de 1950 que tenían alturas de 130 a 160 cm, los cultivares de la década del setenta en adelante, generalmente alcanzan alturas de 80 a 110 cm y son muy resistentes a la tendadura. La reducción de la altura de la planta fue consecuencia de la introducción desde México y EE.UU., desde el año 1956 en adelante, de los cultivares con los genes de enanismo de origen japonés (MELLADO, 1998).

Desde la década de 1960 se han obtenido importantes avances en la reducción de la tendadura en el trigo. Fue entonces cuando aparecieron cultivares semi-enanos, las cuales presentaron mayores rendimientos que sus predecesoras por dos razones: (1) reducción del crecimiento de la caña durante el desarrollo de la espiga, llevando esto a un mayor número de flores fértiles y a un mayor número de granos por metro cuadrado y (2) estas variedades pudieron responder a una mayor fertilización porque eran más resistentes a la tendadura (BERRY *et al.*, 2004).

La creación de variedades de trigo de menor altura ha permitido aumentar las dosis de fertilizantes por hectárea. Así, Letelier (1950), citado por MELLADO (1998), señala que en los ensayos de fertilizantes en trigo efectuados entre 1940 y 1946, cuando solo se sembraban trigos altos, se aplicaban dosis máximas de 64 kg de N y 90 kg de P_2O_5 por hectárea. Posteriormente Cortázar (1973), citado por MELLADO (1998) señala que el año 1973, cuando ya se sembraban trigos de menor altura, los agricultores en promedio usaban más del doble de nitrógeno y fósforo que el que aplicaban en 1955. Actualmente los cultivares semi enanos responden eficientemente y sin tenderse, a niveles de 150 a 200 kg por hectárea, tanto de N como de P_2O_5 (MELLADO, 1998).

Por esta razón, la introducción de variedades semi-enanas fue quizás la principal razón del sostenido aumento de rendimiento desde finales de los sesentas, lo cual ha resultado en rendimientos de cereales aumentando a una tasa de 1 t ha^{-1} por década en Europa occidental y $0,5 \text{ t ha}^{-1}$ en muchos países americanos y asiáticos (Conway, 1997, citado por BERRY *et al.*, 2004).

En el Cuadro 1 se puede apreciar la evolución de los rendimientos y superficie sembrada de trigo en Chile desde 1997 hasta 2006.

CUADRO 1 Rendimiento y superficie sembrada de trigo.

AÑO	RENDIMIENTO (qm ha ⁻¹)	SUPERFICIE (ha)
1997/98	43,8	383.622
1998/99	35,3	338.583
1999/00	38,1	391.580
2000/01	43,0	414.000
2001/02	42,7	426.100
2002/03	43,2	415.660
2003/04	45,7	420.400
2004/05	44,1	419.660
2005/06	44,6	314.720

FUENTE: ODEPA (2006)

2.2 Tendedura en trigo.

Se considera tendedura como el permanente desplazamiento de las cañas desde su posición erguida, inducida por fuerzas externas como el viento la lluvia o el granizo llevándolas a permanecer tendidas en el suelo usualmente quebradas. 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 sombreado 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).

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 sombreado que se produce sobre hojas y

otras estructuras que realizan fotosíntesis por las plantas que yacen sobre ellas, (PINTHUS, 1973).

2.3 Genes de enanismo en trigo.

La introducción de las variedades semi-enanas de trigo, menos susceptibles a la tendadura, durante la década de los años sesenta permitió un aumento significativo en los rendimientos. Estas variedades tuvieron un rendimiento mayor que las tradicionales por dos razones: en ellas se redujo la tasa de crecimiento de la caña durante el desarrollo de la espiga, llevando esto a obtener más flores fértiles y por esto más granos por metro cuadrado; y porque ellas pudieron responder mejor a altos niveles de fertilización por ser menos susceptibles a la tendadura (BERRY *et al.*, 2004).

Los alelos *Rht* son hoy día parte de la mayoría de los germoplasmas de variedades semi – enanas de alto rendimiento de trigo. La presencia de los alelos *Rht* causa insensibilidad al ácido giberélico, lo cual reduce la elongación de las células de los entrenudos, llevando esto a obtener plantas más bajas. Los alelos *Rht 1* y *Rht 2* pueden reducir la altura en un 14 a 17% cuando están presentes en forma separada uno de otro y en un 42% cuando se presentan combinados. El *Rht 3* puede reducir la altura en un 59 % pero no ha sido usado en variedades comerciales aún porque al parecer, el rendimiento de grano bajaría al acortar demasiado la altura de la planta esto es, bajo los 0,7 m (BERRY *et al.*, 2004).

De los cultivares que se estudiaron, no se sabe cuales genes de enanismo poseen, estos se eligieron por ser cultivares especialmente altos que deberían ser más susceptibles a tenderse.

2.4 Reguladores de crecimiento en cereales.

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.

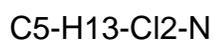
La mayor parte de los reguladores de crecimiento, actúan inhibiendo la biosíntesis de giberelinas. Dentro de estos se encuentra el cloruro de cloromequat, el cual bloquea las ciclasas copalil-difosfato sintetasa y entkaureno sintetasa envueltas en las primeras etapas del metabolismo de las giberelinas. 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.

2.5 Antecedentes generales del cloruro de cloromequat.

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



Se le conoce como:

Cloromequat: 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 triticale 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 tendadura. 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 ARRANO (1990), señalan que el CCC actúa bloqueando la síntesis de giberelinas, al impedir que se sintetice su precursor, el kaureno. Cathey (1964), citado por ARRANO (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.

2.6 Antecedentes generales del trinexapac-etil.

Trinexapac etil es una ciclohexanodiona de absorción foliar que actúa como regulador de crecimiento en plantas (FAGERNESS 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 (GA_1). 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 GA_1 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 GA_{20} para formar GA_1 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.

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).

3 MATERIAL Y MÉTODO

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

Este experimento se realizó en dos predios ubicados en la comuna de Mulchén, Provincia del Bío – Bío. El primer predio corresponde al fundo Atrenco (37° 43' latitud sur), ubicado en el camino a Santa Adriana a 7 km de Mulchén, el segundo, al fundo Los Lirios (37°41' latitud sur), ubicado a 3 km de Mulchén por el camino a Quilaco.

En ambos predios se evaluó el efecto de cuatro tratamientos con reguladores de crecimiento en tres cultivares de trigo.

3.1 Experimento realizado en el campo.

Durante el período comprendido entre mayo de 2003 y enero de 2004 se desarrolló el experimento en condiciones de campo, donde se evaluó el efecto de cuatro tratamientos con reguladores de crecimiento sobre los cultivares de trigo Tukan Inia, Dollinco Inia y Bingo Baer.

Tukan Inia, es un cultivar de trigo invernal precoz que presenta una altura de 105 a 115 cm, Dollinco Inia es un cultivar alternativo con un largo de caña entre 85 y 105 cm, en tanto que Bingo Baer es también un trigo alternativo con una altura de 120 cm.

3.1.1 Ubicación de los ensayos. El ensayo con el cultivar Tukan Inia, se realizó en el fundo Los Lirios. El suelo corresponde a un rojo arcilloso de la serie Collipulli. El análisis químico de suelo, se incluye en el Cuadro 2.

El ensayo con los cultivares Dollinco Inia y Bingo Baer se realizó en el fundo Atrenco. En este caso el suelo corresponde a un suelo de transición entre las series Collipulli y Santa Bárbara. El análisis químico de suelo se incluye en el cuadro 2.

CUADRO 2 Análisis químico de suelo de ambos predios donde se realizó el ensayo.

FACTOR MEDIDO		ATRENCO	LOS LIRIOS
pH		5,5	5,6
Fósforo Olsen	(mg/kg)	6,6	13,2
Potasio intercambiable	(mg/kg)	211	94
Sodio intercambiable	(cmol+/kg)	0,09	0,05
Calcio intercambiable	(cmol+/kg)	5,72	12,94
Magnesio intercambiable	(cmol+/kg)	1,26	0,91
Suma de bases	(cmol+/kg)	7,61	14,14
Aluminio intercambiable	(cmol+/kg)	0,21	0,01
CICE	(cmol+/kg)	7,82	14,15
Saturación de Al	(%)	2,7	0,1

FUENTE: Instituto de Ingeniería Agraria y Suelos, UACH (2003)

3.1.2 Establecimiento. Los ensayos se establecieron en diferentes fechas para cada cultivar. Para el caso de Tukan Inia, se sembró el 12 de mayo de 2003, utilizándose una dosis de semilla equivalente a 200 kg ha⁻¹ desinfectada el día anterior con el fungicida difeconazole (Dividend 150 FS^{MR}) en una dosis de 150 cc por cada 100 kg de semilla, esto fue realizado en un tambor revolvedor.

La siembra se realizó mediante el sistema de cero labranza de suelo, con una sembradora marca John Deere modelo 1590 con una separación entre hileras de 19 cm y a una profundidad de 3 cm. Se utilizó para este caso, la mezcla fertilizante BZ1 de Cargill en una dosis de 400 kg ha⁻¹. Esta mezcla contiene 9% N, 41% P₂O₅, 12% K₂O, 1% MgO, 3% Ca, 2% S, 0,1% B y 0,2 % Zn, equivalente a 36 kg ha⁻¹ de N, 164 kg ha⁻¹ de P₂O₅, 48 kg ha⁻¹ de K₂O, 4 kg ha⁻¹ de MgO, 12 kg ha⁻¹ de Ca, 8 kg ha⁻¹ de S, 0,4 kg ha⁻¹ de B y 0,8 kg ha⁻¹ de Zn.

El cultivar Dollinco Inia se sembró el 4 de junio de 2003. Para este caso se utilizó una dosis de semilla de 210 kg ha⁻¹ desinfectada con el fungicida difeconazole (Dividend 150 FS ^{MR}) en una dosis de 150 cc por cada 100 kg de semilla y el insecticida clorpirifos (Master ^{MR}) en una dosis de 200 cc por cada 100 kg de semilla aplicados a la semilla el día anterior a la siembra mediante un tambor revolvedor.

La labor de siembra se realizó de la misma forma que en el cultivar Tukan Inia, utilizándose en este caso 400 kg/ha de la mezcla Vial 9-41-12, la cual contiene 9% N, 41% P₂O₅, 12% K₂O, 0,5 % MgO, 0% Ca, 2% S, 0,1% B, 0,2% Zn, equivalente a 36 kg ha⁻¹ de N, 164 kg ha⁻¹ de P₂O₅, 48 kg ha⁻¹ de K₂O, 2 kg ha⁻¹ de MgO, 8 kg ha⁻¹ de S, 0,4 kg ha⁻¹ de B y 0,8 kg ha⁻¹ de Zn.

El cultivar Bingo Baer se sembró el 25 de junio bajo las mismas condiciones de siembra, desinfección de semilla y fertilización que el cultivar Dollinco Inia.

Además, se aplicaron 400 kg ha⁻¹ de urea parcializada en 2 ocasiones, en inicio de macolla (EZ 20) y a comienzos del encañado (EZ 30) con un trompo abonador, en las 3 variedades de trigo para completar un total de 220 kg ha⁻¹ de N.

3.1.3 Diseño experimental. Para este estudio, se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar, de cuatro tratamientos con cuatro repeticiones cada uno para cada cultivar. La unidad experimental que se utilizó, fue una parcela de 1,52 m de ancho, esto corresponde a 9 hileras de siembra, de las cuales se evaluaron posteriormente las 7 centrales equivalentes a 1,14 m; el largo de la parcela fue de 4 metros, para posteriormente evaluar 3 metros lineales, resultando así un área de cosecha de 3,42 m².

3.1.4 Reguladores de crecimiento utilizados y tratamientos. Se utilizaron 2 reguladores de crecimiento disponibles en el mercado y una mezcla de ambos: estos fueron cloruro de cloromequat 46% p/v y cloruro de colina 32% p/v cuya abreviación es CCC (Pentagan^{MR}) propiedad de MOVIAGRO S.A. el cual se aplicó en dosis de 3 litros de producto comercial por hectárea y trinexapac etil (TE) 250 g/l (Moddus 250 EC^{MR}) propiedad de SYNGENTA AGRIBUSINESS S.A. aplicado en una dosis de 0,3 litros de producto comercial por hectárea. La mezcla de ambos reguladores de crecimiento fue equivalente a 0,5 litros de Pentagan y 0,3 litros de Moddus 250 EC. Los tratamientos se describen en el Cuadro 3.

CUADRO 3 Tratamientos con reguladores de crecimiento y dosis aplicadas a cada cultivar.

TRATAMIENTO	REGULADOR DE CRECIMIENTO	DOSIS kg ia ha ⁻¹
1	TESTIGO	0
2	CCC	2,34
3	TRINEXAPAC ETIL (TE)	0,075
4	CCC + TRINEXAPAC ETIL (TE)	0,39 + 0,075

3.1.5 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 separadas a 50 cm. 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. En el Cuadro 4 se describen las fechas de aplicación de cada regulador de crecimiento sobre cada variedad y en que estado de desarrollo se encontraba el cultivo según la Escala de Zadoks (EZ) para los estados de crecimiento de los cereales. Esto se hizo, buscando el estado óptimo de desarrollo recomendado para cada regulador de crecimiento por la compañía química.

CUADRO 4 Fechas de aplicación de los reguladores de crecimiento.

Cultivar	Regulador de crecimiento	Dosis kg ia/ha	EZ	Fecha de aplicación
Tukan INIA	CCC	2,34	24	15 de septiembre
Tukan INIA	TE	0,075	32	13 de octubre
Tukan INIA	CCC + TE	0,39 +0,075	32	13 de octubre
Dollinco INIA	CCC	2,34	24	13 de octubre
Dollinco INIA	TE	0,075	32	27 de octubre
Dollinco INIA	CCC + TE	0,39 +0,075	32	27 de octubre
Bingo Baer	CCC	2,34	24	19 de octubre
Bingo Baer	TE	0,075	32	9 de noviembre
Bingo Baer	CCC + TE	0,39 +0,075	32	9 de noviembre

3.1.6 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 gramíneas se realizó con un herbicida graminicida selectivo, clodinafop-propargil (Topik 240 EC ^{MR}) en una dosis de 0,072 kg ia ha⁻¹ cuando las malezas gramíneas presentaban en promedio tres hojas desarrolladas; el control de malezas de hoja ancha se realizó con dos herbicidas en mezcla, dicamba (Caiman 70 WG ^{MR}) y triasulfuron (Logran 75 WG ^{MR}) en dosis de 0,131 y 0,06 kg ia ha⁻¹ respectivamente cuando las malezas presentaban el desarrollo óptimo para ser controladas por estos productos.

En lo referente al control de enfermedades foliares causadas por hongos, se utilizó prochloraz (Mirage 40 EC ^{MR}) un fungicida preventivo específico contra *Pseudocercospora herpotrichoides* que además tiene un efecto preventivo sobre *Septoria spp.* en una dosis de 0,675 kg ia ha⁻¹ en plena macolla (EZ 24). Además se usó otro fungicida con acción preventiva sobre otras enfermedades foliares, azoxystrobin (Priori ^{MR}) en una dosis de 0,125 kg ia ha⁻¹ aplicado al inicio del encañado en cada variedad (EZ 31).

En las aplicaciones anteriormente señaladas, se utilizó un volumen de agua equivalente a 100 litros por hectárea y se aplicó mediante un equipo aspersor marca Hardi provisto de una barra de aplicación de 20 boquillas n° F 20 con una presión de 2,5 bares.

3.1.7 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 las tres variedades de trigo.

3.1.7.1 Plantas por superficie. Dentro del primer grupo de evaluaciones, se contaron las plantas por metro lineal en cada cultivar. Esto se realizó en plena macolla (EZ 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.

3.1.7.2 Espigas por superficie. Esta evaluación se hizo cuando las plantas estuvieron maduras, al momento de la cosecha. Para ello se contaron las espigas presentes en un metro lineal de la hilera central en cada repetición de cada tratamiento.

3.1.7.3 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.

3.1.7.4 Largo de caña de los cultivares. Para evaluar este parámetro, se cortaron 10 cañas originadas cada una de ellas del macollo principal de la hilera central de cada repetición. Las cañas se cortaron en la base, justo por sobre la superficie del suelo y se midió su altura desde este punto hasta la base de la espiga con una huincha de medir.

3.1.7.5 Largo del pedúnculo de los cultivares. Se utilizaron las mismas 10 cañas originadas del macollo principal que se utilizaron para medir el largo de caña. El largo del primer entrenudo se midió con una huincha de medir desde el primer nudo hasta la base de la espiga.

3.1.7.6 Diámetro del pedúnculo de los cultivares. Se midió el diámetro de éste, tres centímetros por sobre el nudo, con un pié de metro electrónico cuando las plantas estuvieron maduras y luego de cortar las cañas en el campo y llevarlas al Laboratorio de Semillas de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Austral de Chile.

3.1.7.7 Rendimiento de los cultivares. Para evaluar el rendimiento, se eliminó una hilera a cada lado de la parcela y cincuenta cm en cada extremo para eliminar así el efecto del borde o el traslape y contaminación con el tratamiento adyacente; evaluándose finalmente una parcela de tres metros de largo y siete hileras de ancho. Las espigas se cortaron con hechona cuando estuvieron maduras y se pusieron 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 en Laboratorio de Semillas de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Austral de Chile.

3.1.7.8 Índice de cosecha. Para estimar el índice de cosecha, se pesaron 10 plantas de trigo por separado para estimar su peso total, luego se cosechó los granos de la espiga y se pesaron para así obtener un cociente entre el peso de los granos y el peso de la parte aérea de la planta (BARRIGA, 1974).

3.1.7.9 Peso de los 1000 granos. En este caso de cada tratamiento se pesaron tres lotes diferentes de 100 granos, 3 en cada parcela para obtener un promedio. Esto fue igual para cada ensayo en la totalidad de los tratamientos.

3.1.8 Análisis estadístico. Las diferentes lecturas de las variables evaluadas fueron analizadas a través de un análisis de varianza (ANDEVA) y en los casos donde se detectó diferencias de promedios se procedió a diferenciarlos por medio de la prueba de Duncan. Si los datos no cumplieron los supuestos para realizar el ANDEVA, se utilizó la prueba de Kruskal-Wallis, que corresponde a una prueba de diferenciación de medianas de estadística no paramétrica.

4 PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1 Plantas por superficie.

Para los cultivares en estudio, se presentan como antecedente las plantas por metro cuadrado.

- Tukan Inia: 205 plantas por metro cuadrado.
- Dollinco Inia: 263 plantas por metro cuadrado.
- Bingo Baer: 242 plantas por metro cuadrado.

4.2 Espigas por superficie.

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 5, se presentan los resultados obtenidos para el número de espigas por superficie.

CUADRO 5 Espigas por superficie para cada cultivar, para cada uno de los tratamientos con reguladores de crecimiento y el testigo.

Tratamientos	kg ia ha ⁻¹	Espigas por m ²		
		Tukan Inia	Dollinco Inia	Bingo Baer
Testigo	0	429 a	354 a	334 a
CCC	2,34	458 a	358 a	339 a
Trinexapac etil	0,075	463 a	342 a	366 a
CCC+Trinexapac etil	0,39+0,075	458 a	338 a	364 a

El número de espigas por metro cuadrado se mantuvo constante para los tres cultivares 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 ARRANO, (1990), para el uso de CCC en un trigo alternativo.

El uso de CCC si bien no produjo un aumento estadísticamente significativo en el número de espigas por metro cuadrado, sí produjo un aumento pequeño en el número de éstas en los tres cultivares en estudio, tal como lo señala KETTLEWELL *et al.* (1983), en sus estudios con 2 cultivares de trigo, atribuyendo este aumento a que el CCC conduciría a una mayor supervivencia de los macollos y por ello se obtendrían mayor número de espigas por metro cuadrado. En tanto HUMPHRIES *et al.* (1965), señalan que el aumento en rendimiento producido en ensayos con CCC en trigo, está dado por el incremento en el número de espigas por metro cuadrado que produce.

En tanto el uso de TE y la mezcla de CCC + TE produjo también un leve aumento en el número de espigas por metro cuadrado en los cultivares Tukan Inia y Bingo Baer, y una pequeña disminución en el cultivar Dollinco Inia sin llegar a ser estadísticamente significativa.

4.3 Estimación de la tendedura.

La evaluación de la tendedura se determinó mediante apreciación visual y se consideró tendedura, cuando el ángulo de inclinación de la caña sobrepasaba los 45°. Este criterio se utilizó para los tres cultivares de trigo. En el Cuadro 6 se presentan los valores de la tendedura para cada cultivar.

CUADRO 6 Porcentaje de tendedura para cada cultivar, para cada uno de los tratamientos con reguladores de crecimiento y el testigo.

Tratamientos	kg ia ha ⁻¹	Porcentaje de tendedura		
		Tukan Inia	Dollinco Inia	Bingo Baer
Testigo	0	5	5	60
CCC	2,34	3	0	50
Trinexapac etil	0,075	0	0	10
CCC+Trinexapac etil	0,39+0,075	0	0	5

El cultivar Tukan Inia presentó un bajo porcentaje de tendedura. El testigo y el tratamiento con CCC presentaron una notoria inclinación de las cañas, aunque esta no llegaba a ser mayor de 45°, de igual modo dificultaría la cosecha mecanizada. En tanto los tratamientos con TE y CCC + TE se mantuvieron verticales y no presentaron siquiera una inclinación menor.

En el cultivar Dollinco Inia la tendedura fue mínima en el testigo, mientras que en los tratamientos en que se usó un regulador de crecimiento, no se presentó tendedura. En este caso no se recomendaría el uso de un regulador de crecimiento, ya que este se transformaría en un costo adicional que no reportaría mayores beneficios.

En tanto en el cultivar Bingo Baer, la tendedura se manifestó en los cuatro tratamientos. En el caso del testigo y el tratamiento con CCC, la tendedura representó más del 50% de la superficie de la parcela. En estos casos las cañas se encontraban inclinadas hasta en un ángulo de 180°, lo cual

dificultaría enormemente la cosecha mecanizada, además de aumentar la humedad de cosecha del grano y las pérdidas por desgrane al momento de la cosecha. Los tratamientos con TE y CCC + TE igual presentaron tendadura aunque no tan severa como los anteriores.

4.4 Largo de caña de los cultivares.

En este estudio se midió el largo total de la caña en los tres cultivares de trigo. En el Cuadro 7 se observan los valores del largo de caña para cada cultivar y los cuatro tratamientos al momento de cosecha.

CUADRO 7 Efecto de los reguladores de crecimiento en el largo de caña de cada cultivar.

Tratamientos	kg ia ha ⁻¹	Largo de caña (cm)		
		Tukan Inia	Dollinco Inia	Bingo Baer
Testigo	0	97,9 a	89,7 a	94,2 a
CCC	2,34	88,0 b	81,3 b	91,9 a
Trinexapac etil	0,075	76,0 c	63,3 c	78,0 b
CCC+Trinexapac etil	0,39+0,075	70,0 d	54,0 d	71,4 c

El uso de reguladores de crecimiento afectó significativamente el largo de caña en los tres cultivares de trigo ($P \leq 0.05$). 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 CCC redujo significativamente la altura de las plantas en un 10,1% en el cultivar Tukan Inia y en un 9,3% en el cultivar Dollinco Inia; en el cultivar Bingo Baer no se produjo una reducción significativa de la altura, aunque igual existió una reducción porcentual menor de un 2,3%. Esto coincide

con lo observado por LAFOND (1992), en un estudio en trigo, el cual señala que el CCC reduce pobremente la altura de las plantas de algunos cultivares y en otros no produce efecto.

El tratamiento con TE redujo en forma significativa la altura de los tres cultivares de trigo. Comparados con el testigo se produjo reducciones de altura de un 22,3 % en el cultivar Tukan Inia, de un 29,4% en el cultivar Dollinco Inia y de un 17,2 % en el cultivar Bingo Baer, esta marcada reducción en la altura de la planta estaría dada por una depresión en la tasa fotosintética temporal luego de la aplicación de TE (RAJALA y PELTONEN-SAINIO, 2001).

En tanto el tratamiento de CCC + TE, produjo una reducción aún más significativa respecto al testigo, con porcentajes de acortamiento de 28% en el cultivar Tukan Inia, 40% en el cultivar Dollinco Inia y 24% en el cultivar Bingo Baer.

4.5 Largo del pedúnculo de los cultivares.

Los entrenudos superiores son los que representan la mayor parte de la altura total de una planta de trigo. Un acortamiento en la longitud del pedúnculo contribuirá considerablemente al acortamiento total en altura de la planta y por lo tanto ayudará a disminuir la susceptibilidad de la planta a tenderse.

En el Cuadro 8 se muestran los valores de largo del pedúnculo para los tres cultivares de trigo tratados con reguladores de crecimiento.

CUADRO 8 Efecto de los reguladores de crecimiento sobre el largo del pedúnculo de cada cultivar.

Tratamientos	kg ia ha ⁻¹	Largo del pedúnculo (cm)					
		Tukan Inia		Dollinco Inia		Bingo Baer	
Testigo	0	34,4	a	43,3	a	36,6	a
CCC	2,34	34,9	a	37,9	b	35,5	a
Trinexapac etil	0,075	26,0	b	24,3	c	25,2	b
CCC+Trinexapac etil	0,39+0,075	21,5	c	20,5	d	21,1	c

La aplicación de reguladores de crecimiento produjo cambios significativos en el largo del pedúnculo en los tres cultivares en estudio ($P \leq 0.05$). Esto concuerda con lo obtenido por KANDUS (2002), quien afirma que la disminución en altura de las plantas tras la aplicación de un regulador de crecimiento se debe principalmente a la reducción de la longitud de los entrenudos superiores (P, P-1 y P-2), siendo el pedúnculo el más afectado.

El tratamiento con CCC no produjo una reducción significativa en el largo del pedúnculo del cultivar Tukan Inia ni en el cultivar Bingo Baer, pero sí en el cultivar Dollinco Inia, el cual se redujo en un 12,5%. En tanto el tratamiento con TE redujo significativamente en un 24,4% la longitud del pedúnculo en el cultivar Tukan Inia, en un 43,9% en Dollinco Inia y en un 31,3% en Bingo Baer. El tratamiento que redujo en mayor proporción el largo del pedúnculo en los tres cultivares fue el de CCC + TE, en un 37,5 % en Tukan Inia, un 52, 7% en Dollinco Inia y en un 42,4% en el cultivar Bingo Baer respectivamente.

4.6 Diámetro del pedúnculo de los cultivares.

Un aumento en el diámetro del pedúnculo puede ayudar a aumentar la resistencia de la planta de trigo a la tendadura. El Cuadro 9 muestra el efecto de los reguladores de crecimiento sobre el diámetro del pedúnculo de cada cultivar.

CUADRO 9 Diámetro del pedúnculo de cada cultivar tratado con reguladores de crecimiento.

Tratamientos	kg ia ha ⁻¹	Diámetro del pedúnculo (mm)		
		Tukan Inia	Dollinco Inia	Bingo Baer
Testigo	0	3,9 a	3,7 b	4,6 b
CCC	2,34	3,9 a	3,8 b	4,6 b
Trinexapac etil	0,075	4,3 a	4,1 a	5,1 a
CCC+Trinexapac etil	0,39+0,075	4,0 a	3,8 b	4,5 b

En relación al diámetro del pedúnculo se encontró que en el cultivar Tukan Inia, no hubo diferencias significativas entre los tratamientos ($P \geq 0.05$). Esto coincide con lo observado por KANDUS (2002), quien indica que la incidencia de los reguladores de crecimiento sobre el diámetro del pedúnculo fue menor. En el cultivar Dollinco Inia fue el tratamiento con TE el que produjo un aumento significativo en el diámetro del pedúnculo, en este mismo cultivar, los tratamientos con CCC y CCC + TE sólo produjeron un aumento marginal en el diámetro. En el cultivar Bingo Baer también fue el tratamiento con TE el que aumentó en forma significativa el diámetro del pedúnculo.

4.7 Rendimiento de los cultivares.

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 10 se muestra el efecto de los reguladores de crecimiento sobre el rendimiento de los tres cultivares de trigo.

CUADRO 10 Efecto de los reguladores de crecimiento sobre el rendimiento de cada cultivar.

Tratamientos	kg ia ha ⁻¹	Rendimiento (qm ha ⁻¹)		
		Tukan Inia	Dollinco Inia	Bingo Baer
Testigo	0	100 c	95 a b	106 a
CCC	2,34	117 b	103 a	99 a
Trinexapac etil	0,075	128 a	84 bc	106 a
CCC+Trinexapac etil	0,39+0,075	117 b	77 c	105 a

En los tres cultivares de trigo hubo respuestas diferentes a la aplicación de reguladores de crecimiento, existiendo diferencias significativas de rendimiento sólo en dos de ellos. Aplicaciones de CCC produjeron un aumento significativo del rendimiento en el cultivar Tukan Inia y un aumento marginal en Dollinco Inia en ausencia de tenedura. Esto coincide con lo afirmado por BERRY *et al.* (2004) quienes indican que aplicaciones de CCC tienen un bajo potencial de causar aumento de rendimiento en trigos invernales con ausencia de tenedura. En tanto la aplicación de TE también produjo un aumento significativo del rendimiento en el cultivar Tukan Inia, en el cultivar Bingo Baer no produjo diferencias significativas con el testigo y en el cultivar Dollinco Inia produjo una disminución. Esto se pudo deber a una intoxicación de las plantas de trigo con este regulador de crecimiento, ya que la aplicación de éste se realizó con 23° de temperatura, lo cual está sobre el umbral recomendado por el fabricante. El tratamiento CCC + TE produjo un aumento del rendimiento sólo en el cultivar Tukan Inia similar al producido por el tratamiento con CCC. En el cultivar Dollinco Inia produjo una drástica disminución del rendimiento, también producto de una probable intoxicación con TE; en el cultivar Bingo Baer la disminución fue marginal y no presentó diferencia estadística con el testigo.

En el cultivar Tukan Inia se produjeron diferencias significativas entre los tratamientos ($P \leq 0.05$). El mayor rendimiento se obtuvo con el

tratamiento en base a TE, obteniéndose un rendimiento 28,1% mayor que el testigo. Este tratamiento también fue diferente a aquellos en base a CCC y CCC + TE que fueron iguales entre ellos rindiendo un 16,5 % y 16,7 % más que el testigo respectivamente. Autores como Von Baer (1986) y Melelli (1988), citados por ARRAÑO (1990), señalan haber obtenido aumentos del rendimiento al aplicar CCC en trigo.

Aumentos de rendimiento han sido observados luego de que un regulador de crecimiento ha sido usado para reducir la tendadura. Esto podría ser causado por la gran reducción de potencial de rendimiento causada por la tendadura. Sin embargo en muchos casos los aumentos de rendimiento están asociados a un aumento en el número de espigas (BERRY *et al.*, 2004). En tanto HUMPHRIES *et al.* (1965) señalan que el aumento de rendimiento producto del uso del CCC se debe al mayor número de espigas por metro cuadrado, ya que actuaría inhibiendo la dominancia apical, vigorizando así los brotes laterales que originarían nuevas espigas.

El cultivar Dollinco Inia respondió de un modo totalmente diferente a la aplicación de reguladores de crecimiento, obteniéndose el mayor rendimiento con el tratamiento en base a CCC el cual rindió un 8.2% más que el testigo aunque no existieron diferencias significativas en el rendimiento entre estos dos tratamientos. En tanto se produjo una disminución de un 11.9% y 19.7% del rendimiento con los tratamientos en base a TE y CCC + TE respectivamente. Esto concuerda con lo expresado por RAJALA y PELTONEN-SAINIO (2001), quienes indican que aplicaciones de TE reducen el rendimiento de grano, esto asociado al menor peso de los granos en la espiga del eje principal y en las espigas de los macollos.

En el cultivar Bingo Baer no se produjo diferencias significativas del rendimiento ($P \geq 0.05$) entre los tratamientos. Eso coincide con lo señalado

por ARRAÑO (1990) quien al aplicar CCC a un trigo alternativo, éste no afectó significativamente el rendimiento en ninguna época de aplicación. En tanto un análisis porcentual de los valores indicó variaciones desde -6,5% hasta + 0,5% respecto al testigo. Esto se puede considerar una variación menor en el rendimiento, ya que en esta variedad fue donde la tendadura se produjo con mayor intensidad. PINTHUS (1973), señala que el efecto de la tendadura sobre el rendimiento depende de su severidad y del momento de ocurrencia. Tendadura en etapas tempranas durante la elongación de tallos, afectarán duramente el rendimiento, en cambio si ocurre tendadura 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 tendadura en este momento.

4.8 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 y varía en un rango desde 39,7 a 49,3 % (BARRIGA, 1974).

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 11 se muestran los valores de índice de cosecha para los tres cultivares y los reguladores de crecimiento.

CUADRO 11 Índice de cosecha para los tres cultivares tratados con reguladores de crecimiento.

Tratamientos	kg ia ha ⁻¹	Índice de cosecha		
		Tukan Inia	Dollinco Inia	Bingo Baer
Testigo	0	0,49 a	0,49 a	0,52 a
CCC	2,34	0,50 a	0,49 a	0,51 a
Trinexapac etil	0,075	0,53 a	0,47 a	0,54 a
CCC+Trinexapac etil	0,39+0,075	0,50 a	0,46 a	0,52 a

El uso de reguladores de crecimiento no alteró significativamente los valores de índice de cosecha en ninguno de los tratamientos en los tres cultivares de trigo ($P \geq 0.05$). Esto difiere de lo observado por RAJALA y PELTONEN-SAINIO (2001), quienes afirman que tras una aplicación de TE el índice de cosecha en trigo tiende a disminuir.

La sobreestimación del IC en este estudio puede deberse a la pérdida de hojas producto de la manipulación y el traslado de las plantas antes de hacer la medición para el IC, esto fue igual para los tres diferentes tratamientos.

4.9 **Peso de los 1000 granos.**

El Cuadro 12 muestra el efecto de los reguladores de crecimiento sobre el peso de los 1000 granos en los tres cultivares de trigo.

CUADRO 12 Peso de los 1000 granos.

Tratamientos	kg ia ha ⁻¹	Peso de los 1000 granos (g)		
		Tukan Inia	Dollinco Inia	Bingo Baer
Testigo	0	55,7 a	43,0 a	52,9 a
CCC	2,34	49,4 b	41,1 b	51,2 a b
Trinexapac etil	0,075	50,6 b	38,2 c	48,8 b
CCC+Trinexapac etil	0,39+0,075	45,7 c	37,7 c	48,3 b

En general, el efecto de los reguladores de crecimiento sobre el peso de los mil granos fue negativo. El peso de los mil granos disminuyó en los tres cultivares con la aplicación de CCC, lo cual estaría dado por el incremento en el número de granos por espiga (HUMPHRIES *et al.*, 1965). En el caso del cultivar Tukan Inia, la disminución fue de un 11,2%, similar a la producida con el tratamiento con TE de un 9,2%, en tanto la disminución en el peso de los mil granos producida por el tratamiento en base a CCC + TE es aún mayor a la producida por los otros dos tratamientos, alcanzando un 17,9%. En el cultivar Dollinco Inia, la disminución fue menor, un 4,4 % con el tratamiento de CCC, menor que la que produjeron los tratamientos de TE y CCC + TE, de un 11,2 y un 12,4 % que fueron similares entre ellos. En el cultivar Bingo Baer la disminución porcentual fue aún menor, de un 3,3 % con el tratamiento en base a CCC el cual no mostró diferencias significativas respecto al testigo y fue también similar al tratamiento de TE y al tratamiento de CCC + TE, los cuales redujeron el peso de los mil granos en un 7,7 y un 8,7 % respectivamente.

4.10 Relación entre los parámetros estudiados.

Los cultivares presentan un comportamiento diferente frente a la aplicación de los reguladores de crecimiento.

El incremento del rendimiento en el cultivar Tukan Inia, se debe al leve aumento, aunque no estadísticamente significativo, en el número de espigas por metro cuadrado y en el índice de cosecha; ya que el efecto de los reguladores de crecimiento en esta variedad sobre otros parámetros como el peso de los mil granos fue negativo. Además, el bajo nivel de tendadura registrado en el tratamiento con CCC no disminuyó el rendimiento, en este caso ocurrió un aumento, lo que indicaría que en la magnitud y en el momento en que esta ocurrió, no es capaz de producir un efecto negativo sobre este parámetro de rendimiento del cultivar. Al relacionar el largo de caña con el rendimiento y la tendadura, se observó que a menor altura de la planta se obtuvieron mayores rendimientos y menor tendadura.

En el cultivar Dollinco Inia, se observó un efecto negativo del TE sobre algunos de los parámetros del rendimiento estudiados, llevando esto a una disminución general del rendimiento en este cultivar. Un acortamiento en la caña tras el uso de los reguladores de crecimiento estuvo ligado también a una disminución en la tendadura y a un aumento del rendimiento en el caso del tratamiento con CCC. El fuerte acortamiento producido por el TE, estuvo relacionado con una fuerte baja en el rendimiento de este cultivar.

En el cultivar Bingo Baer, el leve aumento, aunque no estadísticamente significativo, en el número de espigas por metro cuadrado y en el índice de cosecha tras el uso de los reguladores de crecimiento no produjo un aumento significativo en el rendimiento de grano. El mayor largo de caña en este cultivar estuvo ligado directamente a una mayor ocurrencia de tendadura, incluso en aquellos tratamientos en los que la altura de la planta fue

menor, ésta ocurrió igual aunque en menor grado, en tanto que en ningún caso se produjo una variación significativa en el rendimiento del cultivar al disminuir el largo de caña.

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 CCC, TE y CCC + TE, la hipótesis puede ser aprobada parcialmente en algunos cultivares y rechazada en otros. El detalle de esto se puede deducir de las siguientes conclusiones:

El uso de los tres reguladores de crecimiento no modificó en forma estadísticamente significativa la población de espigas en ninguno de los tres cultivares de trigo.

Los tratamientos con TE y TE + CCC redujeron en forma apreciable la tendadura en el cultivar Bingo Baer, los otros cultivares mostraron una tendadura muy reducida.

El uso de CCC acortó el largo de la caña de los cultivares Tukan Inia y Dollinco Inia pero no en Bingo Baer. Aplicaciones de TE y CCC + TE acortaron la caña de los tres cultivares en estudio.

El tratamiento con CCC sólo acortó el pedúnculo del cultivar Dollinco Inia, en tanto que el uso de TE y CCC + TE acortó el largo del pedúnculo de los tres cultivares, siendo la mezcla de CCC + TE la que lo hizo en mayor grado.

TE fue capaz de aumentar el diámetro del pedúnculo solamente de los cultivares Dollinco Inia y Bingo Baer.

Aplicaciones de CCC en estado EZ 24 demostraron ser capaces de aumentar el rendimiento sólo en el cultivar Tukan Inia. TE aplicado en EZ 32 produjo un aumento del rendimiento en el cultivar Tukan Inia y una disminución del mismo en el cultivar Dollinco Inia, similar efecto tuvo el tratamiento de CCC + TE.

El uso de reguladores de crecimiento no alteró el rendimiento en el cultivar Bingo Baer.

No hubo variación en el índice de cosecha de los tres cultivares al usar reguladores de crecimiento.

El peso de los 1000 granos de los tres cultivares disminuyó tras la aplicación de los diferentes reguladores de crecimiento.

6 RESUMEN

Durante la temporada agrícola 2003 – 2004 se efectuó un experimento en dos predios en la comuna de Mulchén de la provincia del Bio-Bio; Los Lirios (37°41' latitud sur), y Atrenco (37° 43' latitud sur).

El experimento tuvo como objetivo medir los efectos de los reguladores de crecimiento CCC aplicado en EZ 24, TE aplicado en EZ 32 y una mezcla de ambos aplicada en EZ 32 sobre el rendimiento de grano, la altura y grosor de caña así como otros parámetros del rendimiento en el trigo invernal Tukan Inia y en los alternativos Dollinco Inia y Bingo Baer.

En los experimentos de campo se usó un diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones.

Al evaluar los efectos de los reguladores de crecimiento sobre los cultivares, se pudo determinar que no hubo variación en el número de espigas por metro cuadrado, la altura de las plantas fue disminuida por el uso de los reguladores de crecimiento, el diámetro de la caña fue solo aumentado por el tratamiento en base a TE en los cultivares Dollinco Inia y Bingo Baer, el regulador de crecimiento CCC aumentó el rendimiento sólo en el cultivar Tukan Inia, en tanto que el regulador de crecimiento TE aumentó el rendimiento sólo en el cultivar Tukan Inia y produjo una baja importante en el rendimiento del cultivar Dollinco Inia. La mezcla de CCC + TE produjo similar efecto en el rendimiento que el tratamiento con TE. El rendimiento en el cultivar Bingo Baer no se vio afectado por el uso de reguladores de crecimiento. No hubo variación en el índice de cosecha tras el uso de los reguladores de crecimiento, en tanto

que el peso de los 1000 granos de los tres cultivares disminuyó tras la aplicación de los diferentes reguladores de crecimiento probados.

SUMMARY

During the agricultural season 2003 - 2004 an experiment was carried out in two localities in Mulchén's commune in the province of the Bio - Bio; Los Lirios (37°41 ' south latitude) and Atreuco (37° 43 ' south latitude).

The experiment had as objective measure the effect of the growth regulators CCC applied in EZ 24, TE applied in EZ 32 and a mixture of both applied in EZ 32 on the yield of grain, the height and thickness of stem as well as other yield parameters in the winter wheat Tukan Inia and in the alternative Dollinco Inia and Bingo Baer.

The experimental design was at random block, with four treatments and four repetitions.

On having evaluated the effects of the growth regulators on the cultivars, it was possible to determine that there was no variation in the number of spikes per square meter, the height of the plants was reduced by the use of growth regulators, the stem diameter was only increased by the TE treatment in the cultivars Dollinco Inia and Bingo Baer, the growth regulator CCC increased the yield only in the cultivar Tukan Inia, while the growth regulator TE increased the yield only in the cultivar Tukan Inia and produced an important fall in the yield of the cultivar Dollinco Inia. The CCC + TE mixture produced similar effect in the yield that the treatment with TE. The yield in the cultivar Bingo Baer was not affected by the use of growth regulators. There was no variation in the harvest index after the use of growth regulators, while the 1000 grains weight of three cultivars was reduced as a consequence of the application of the different growth regulators.

7 BIBLIOGRAFÍA

- 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.
- BARRIGA, P. 1974. Índice de cosecha en trigo de primavera. *Agro sur (Chile)* 2 (1): 17-20.
- 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.
- CANADA, PEST MANAGEMENT REGULATORY AGENCY. 2001. Proposed regulatory decision document PRDD2001-05 Trinexapac-ethyl. Ontario. (Online) <<http://www.pmr-arla.gc.ca/english/pdf/prdd/prdd2001-05-e.pdf>> (14. sept. 2004).
- 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.
- CHILE. MINISTERIO DE AGRICULTURA. OFICINA DE PLANIFICACIÓN AGRÍCOLA (ODEPA). 2006. (On line) <<http://www.odepa.gob.cl/>> (5. dic. 2006).

- 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.
- 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.
- 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. (On line) <<http://www.eau.ee/~aps/pdf/20022/ilumae.pdf>> (14. sept. 2004).

- KANDUS, M. 2002. Identificación del momento óptimo de aplicación de reguladores de crecimiento para aumentar el rendimiento en trigo y cebada. Tesis Ing. Agr. Buenos Aires, Argentina. Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires. 65 p.
- KETTLEWELL, P.S., WHITLEY, E.A., MEREDITH W.S. y SYLVESTER-BRADLEY R. 1983. Effects of early application of chlormequat on tillering and yield of winter wheat. *Journal of Agricultural Science, Cambridge* 100: 735 – 738.
- LAFOND, G. P. 1992. Evaluation of winter wheat management practices under semi-arid conditions. *Canadian Journal of Plant Science* 72: 1 – 12.
- MELLADO, M. 1998. Análisis del cultivo del trigo en Chile durante el siglo veinte. *Agricultura Técnica (Chile)* 58 (4): 230-240.
- 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.
- RADEMACHER, 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 PELTONEN-SAINIO P. 2001. Plant growth regulator effects on spring cereal root and shoot growth. *Agronomy Journal* 93: 936-943.

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.