

UNIOESTE
UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ –UNIOESTE
CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
NÍVEL MESTRADO

LEANDRO MOTTER

**INFLUÊNCIA DA ADUBAÇÃO NITROGENADA E DE ETIL-TRINEXAPAC
NO CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DO TRIGO**

MARECHAL CÂNDIDO RONDON
PARANÁ - BRASIL
AGOSTO/2007

LEANDRO MOTTER

**INFLUÊNCIA DA ADUBAÇÃO NITROGENADA E DE ETIL-TRINEXAPAC
NO CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DO TRIGO**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Nível Mestrado, para obtenção do título de Mestre.

ORIENTADOR: PROF. DR. VANDEIR
FRANCISCO GUIMARÃES

MARECHAL CÂNDIDO RONDON
PARANÁ - BRASIL
AGOSTO/2007

AGRADECIMENTOS

À Deus.

À minha família.

Ao Professor Dr. Vandeir Francisco Guimarães pela enorme paciência e amizade.

À UNIOESTE, funcionários e amigos e professores por todos os ensinamentos transmitidos.

Aos amigos, que souberam entender as ausências necessárias para toda elaboração de todo trabalho.

A todos, muito obrigado.

A Tais, por todo carinho...

RESUMO

O trigo é uma cultura de alto risco, devido às condições ambientais e a incidência de outros fatores como pragas, doenças e acamamento. Este último é responsável por perdas consideráveis de grãos, uma vez que dificulta muito a colheita, ocorrendo perda de produção e qualidade do produto colhido. Dessa forma, o presente trabalho procura demonstrar o efeito do regulador vegetal Etil-trinexapac na redução do porte do trigo CD 104, na tentativa de minimizar problemas causados pelo acamamento relacionados à adubação nitrogenada em cobertura, bem como avaliar o crescimento e produtividade em resposta ao nitrogênio e à aplicação deste regulador vegetal. O experimento foi desenvolvido na Estação Experimental da Cooperativa Agrícola Consolata LTDA – COPACOL no município de Cafelândia – PR. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso em esquema fatorial (2x6x6), sendo duas doses de nitrogênio em cobertura (40 e 80 kg ha⁻¹) aplicado aos 35 dias após emergência (DAE), seis concentrações de Etil-trinexapac, aplicado via pulverização (0,0; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8 e 1,0 L ha⁻¹) e seis coletas de plantas [20, 35, 50, 65, 80 e 95 dias após a emergência (DAE)], com quatro repetições. Durante a condução do experimento, a partir de 20 DAE, foram realizadas coletas de plantas a cada 14 dias para fins de análise biométrica e de crescimento. Cada coleta foi realizada retirando-se as plantas contidas em 0,30 m na linha de semeadura, de forma aleatória, dentro da parcela útil, em cada parcela experimental. Na colheita avaliaram-se os componentes da produção, produtividade e índice de acamamento. O Etil-trinexapac reduziu a altura de plantas e não influenciou a produtividade do trigo cultivar CD 104, porém mostrou-se efetivo no controle do acamamento, reduzindo possíveis perdas na colheita. As doses de N aplicados em cobertura apresentaram valores positivos no incremento da produtividade do trigo, destacando-se o uso de 80 kg ha⁻¹.

Palavras-chave: reguladores vegetais, trigo, giberelina e acamamento.

ABSTRACT

The wheat that's a culture of high risk, due environmental conditions and weather, and another factors like pests, diseases and fallen plant index. This latter is responsible for losses considerable of grains, since that difficulty a good deal the harvest, occur loss of yield. Thus, the present work if considers to evaluate the effect of the vegetal retardant trinexapac-ethyl, on reduction of the postage of the wheat CD 104, in an attempt to minimize problems caused at fallen plant index related on the manure spreading nitrogen on cover, as well as access the growth and productivity in response the nitrogen and on the application of vegetal retardants. The experiment was developed Experimental Station from COPACOL in the city of Cafelândia - PR. The experimental design was he of blocks at random, in factorial outline (2X6X6), being two levels of nitrogen on cover (40 and 80 kg ha⁻¹) treatments gotten for the combination of six levels of the vegetal retardant 0.0; 0.2; 0.4; 0.6; 0.8; and 1.0 L ha⁻¹) and six collection of plants [20, 35, 50, 65, 80 and 95 days after the emergence (DAE)], with four repetitions. During the conduct after 20 DAE, plans were collected for each 14 days about to ends of biometric analysis and growth. Each one was realized in a randomized way taking plants in 0,30 m in the tillage line, inside from parcel useful in each experimental parcel. In the harvest the components of the yield had been evaluated, productivity and fallen plant index. Trinexapac-ethyl reduces the height of plants and no influence the productivity of the wheat CD 104, but it showed - if effective into the control of fallen plant index, reducing possible losses on harvest. The levels of N applied on cover presented values positive into the increase from productivity of the wheat, by highlighting - if the use of 80 kg ha⁻¹.

Key words: vegetal retardants, wheat, giberelin and fallen plant index.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Precipitação pluvial (mm) nos meses referentes à condução do experimento na Estação Experimental Copacol – Cafelândia – PR, 2005.....221
- Figura 2.** Altura de plantas de trigo, cv. CD 104, aos 95 dae, em resposta à aplicação de Etil-trinexapac.Cafelândia – PR, 2005.....29
- Figura 3.** Área foliar de plantas de trigo, cv. CD 104, em resposta à aplicação de Etil-trinexapac e duas doses de nitrogênio aplicado em cobertura, Cafelândia – PR, 2005.31
- Figura 4.** (a) - altura; (b) – área foliar; (c) – massa seca de folhas; e (d) – massa seca total, de plantas de trigo, cv. CD 104, em função do tempo (dias após a emergência (DAE)) e de Etil-trinexapac, aplicado via pulverização foliar, aos 35 DAE. Cafelândia – PR, 2005.333
- Figura 5.** (a) – taxa de crescimento absoluto (TCA); (b) – taxa de crescimento relativo (TCR); (c) – taxa assimilatória líquida (TAL); e (d) – razão de área foliar (RAF) de plantas de trigo, cv. CD 104, em função do tempo (dias após a emergência (DAE)) e de Etil-trinexapac, aplicado via pulverização foliar, aos 35 DAE. Cafelândia – PR, 2005.344

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Características químicas do solo da área experimental no Centro Tecnológico Copacol - COPACOL. Cafelândia – PR, 2005.	23
Tabela 2. Quadrados médios para altura de plantas (AP), área foliar (AF), massa seca de folhas (MSF), massa seca de colmo + bainha (MSCB), massa seca de estruturas reprodutivas (MSER) e massa seca total (MST) de plantas de trigo (CD 104) em função de doses de Etil-trinexapac, aplicado via pulverização foliar aos 35 DAE e de nitrogênio, aplicado em cobertura. Cafelândia - PR, 2005.....	28
Tabela 3 Equações referentes ao ajustes para altura de plantas (AP), área foliar (AF), massa seca de folhas (MSF) e massa seca total (MST) de plantas de trigo, cv. CD 104, em resposta à aplicação de Etil-trinexapac. Cafelândia - PR, 2005.....	32
Tabela 4. Quadrados médios para massa de 100 grãos (M100), número de espiguetas por espiga (ESP/ESPIG), peso hectolítrico (PH), número de perfilhos viáveis por planta (PV), produtividade (PROD) e percentagem de acamamento (ACAM) de plantas de trigo (CD 104) em função de doses de Etil-trinexapac, aplicado via pulverização foliar aos 35 DAE e de nitrogênio, aplicado em cobertura. Cafelândia - PR, 2005.	35
Tabela 5. Número de espiguetas por espiga, número de perfilhos viáveis por planta e percentagem de acamamento de plantas de trigo (CD 104) em função de doses de Etil-trinexapac, aplicado via pulverização foliar aos 35 DAE e de nitrogênio, aplicado em cobertura. Cafelândia - PR, 2005.	36
Tabela 6. Massa de 100 grãos e produtividade de plantas de trigo (CD 104) em função de doses de Etil-trinexapac, aplicado via pulverização foliar aos 35 DAE e de nitrogênio, aplicado em cobertura. Cafelândia - PR, 2005.	38
Tabela 7. Desdobramento da Interação NXD para Peso hectolítrico de plantas de trigo (CD 104) em função de doses de Etil-trinexapac, aplicado via pulverização foliar aos 35 DAE. Cafelândia - PR, 2005.	40

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	4
2 REVISÃO DE LITERATURA	6
2.1 A CULTURA DO TRIGO	6
2.2 ACAMAMENTO.....	7
2.3 REGULADORES VEGETAIS.....	10
2.4 MODO DE AÇÃO E EFEITO FISIOLÓGICO DE REGULADORES VEGETAIS.....	122
2.5 MODO DE AÇÃO DAS GIBERELINAS.....	13
2.6 MODO DE AÇÃO DOS INIBIDORES DA SÍNTESE DE GIBERELINA.....	15
2.7 USOS E EFEITOS DE REGULADORES VEGETAIS NA AGRICULTURA.....	16
2.8 ANÁLISE DE CRESCIMENTO.....	18
3 MATERIAL E MÉTODOS	21
3.1 LOCALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO.....	21
3.2 DESCRIÇÃO DO MATERIAL VEGETAL.....	22
3.3 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	222
3.4 INSTALAÇÃO E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO	222
3.5. CARACTERÍSTICAS AVALIADAS.....	24
3.5.1. Variáveis biométricas e análise de crescimento.....	244
3.5.2. Acamamento	255
3.5.3. Componentes de produção e produtividade.....	255
3.5.4. Análise dos dados	266
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	277
4.1 VARIÁVEIS BIOMÉTRICAS E ANÁLISE DE CRESCIMENTO.....	288
4.2. COMPONENTES DA PRODUÇÃO E PRODUTIVIDADE	355
5 CONCLUSÕES	411
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	42

1 INTRODUÇÃO

A produção nacional de trigo vem recebendo atenção especial, devido à baixa produção registrada, o que acarreta na necessidade de importação de altas quantidades do cereal de outros países produtores como a Argentina.

O trigo é uma cultura de alto risco, devido às condições ambientais e a incidência de outros fatores como pragas, doenças e acamamento. Este último é responsável por perdas consideráveis de grãos, uma vez que dificulta muito a colheita, ocorrendo perda de produção e qualidade do produto colhido.

A resistência ao acamamento é um caráter de importância fundamental na lavoura de trigo e em diversos outros cereais. No Brasil, genótipos de trigo resistentes ao acamamento passaram a ser extremamente desejáveis em função da aplicação de doses maiores de nitrogênio nas lavouras, técnica cultural atualmente empregada em grande escala. No Rio Grande do Sul houve uma evolução acentuada na produtividade do trigo a partir de 1985, resultante em parte, do uso de tecnologias que permitiram o controle das principais doenças, a semeadura direta, a rotação de culturas e de cultivares mais produtivas. Dessa maneira, a cultura passou a responder melhor às aplicações de adubações nitrogenadas e observou-se a maior eficiência do seu uso (Pöttker & Roman, 1998). A importância do nitrogênio tem sido notória quanto a sua utilização para o desenvolvimento de cereais, mostrando respostas significativas para a produtividade. O acamamento é um caráter que revela grande dificuldade de avaliação pela falta de precisão, principalmente em plantas isoladas, dada a sua grande interação com os fatores do ambiente como vento, chuva e as características do solo. As diferenças entre os

genótipos tendem a ser mascaradas por estes fatores (Neenan & Spencer-Smith, 1971); Pinthus, (1973); Watanabe, (1997). Os tradicionais genótipos de trigo com estatura elevada foram selecionados, durante muitos anos, por sua habilidade em crescer rapidamente nos estádios iniciais de desenvolvimento para, competir com as plantas daninhas, alcançando produções com o mínimo cuidado agrícola, sob condições de baixa fertilidade e altos teores de alumínio no solo, ou seja, sob baixas condições tecnológicas (Zannata & OERLECKE, 1991). Para o controle do acamamento, bem como do acamamento induzido pelo uso da adubação nitrogenada visando maiores produtividades, atualmente tem sido utilizada na agricultura moderna técnicas de manejo com a utilização de biorreguladores vegetais. Estas substâncias atuam através de ações similares a dos hormônios vegetais produzidos pelas próprias plantas, porém, tratam-se de substâncias sintetizadas e aplicadas exógenamente com o objetivo de controlar o crescimento e desenvolvimento das plantas, reduzindo assim as chances de que ocorra o acamamento e impedindo a diminuição na qualidade e produtividade dos grãos, acarretada por esse fator.

Dessa forma, o presente trabalho teve por objetivo avaliar o efeito do regulador vegetal Etil-trinexapac na redução do porte do trigo, na tentativa de minimizar problemas causados pelo ocasional acamamento relacionados à adubação nitrogenada em cobertura, bem como avaliar o crescimento e produtividade do trigo em resposta ao nitrogênio e à aplicação deste regulador vegetal.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A CULTURA DO TRIGO

Acredita-se que o trigo, como é conhecido hoje, seja originário de gramíneas silvestres, que se desenvolveram nas proximidades dos rios Tigre e Eufrates (Ásia), por volta dos anos 10.000 a 15.000 a.C. No entanto, os primeiros registros encontrados datam do ano de 550 a.C, o que leva a concluir que já é cultivado a mais de 2.000 anos. Os trigos primitivos tinham espigas muito frágeis, que quebravam com facilidade quando maduros. Até chegar aos tipos de trigo agora conhecidos, muitos anos de pesquisa e melhoramento foram necessários (Agromil, 2007).

Dentro do gênero *Triticum* há 14 espécies, entretanto, apenas cinco são cultivadas comercialmente. As espécies mais importantes são *T. aestivum* e *T. durum*. O trigo comum (*T. aestivum*) abrange cerca de 90% da produção mundial, comercialmente, o trigo é classificado com base em propriedades físicas e químicas relacionadas ao desempenho no processamento industrial (Embrapa, 2005).

O trigo não era um alimento conhecido pelos indígenas que viviam no Brasil antes do descobrimento pelos portugueses. Foi introduzido na Capitania de São Vicente, em 1534, de onde foi difundido por todo o País com a colonização. Desde a chegada dos primeiros colonos não tem cessado o esforço nem a necessidade de se cultivar trigo no País. No Rio Grande do Sul, o trigo foi introduzido em 1737, constituindo-se a principal cultura da região. Em 1775, iniciaram-se as exportações do cereal, que crescia em importância ano após ano. Em 1811, com o surgimento da ferrugem, as áreas de trigo foram dizimadas a tal ponto que, em 1823, o cereal não era mais cultivado no Sul do Brasil. Somente em 1875, com o início da imigração italiana na colônia de Caxias, o trigo voltou a ser semeado no Sul. Ficou muito

tempo, restrito às pequenas propriedades como cultura de subsistência. A boa adaptação de algumas cultivares de origem italiana consolidaram o trigo no Sul do Brasil. Hoje o trigo é cultivado em grande parte do país (Agriannual, 2000).

Dados relativos à safra brasileira de trigo referentes ao ano agrícola de 2006/2007, apontam uma produção total de 2,23 milhões de toneladas, 54,2% inferior a safra de 2005/2006. Essa redução ocorreu em função da retração de 25,6% na área cultivada, motivada pelos baixos preços do produto na época de implantação da cultura, e da perda de 38,4% na produtividade, em função das condições climáticas adversas (Conab, 2007).

O interesse em maximizar o rendimento de trigo tem estimulado o uso de um manejo intensivo nessa cultura. Esse manejo integra a adoção de determinadas práticas, como época de semeadura, espaçamento e densidade de sementes adequada, aumento do nível de fertilidade do solo e controle de doenças, de insetos e de acamamento de plantas (Rodrigues et al., 2003).

Segundo dados da SEAB (2007), o estado do Paraná na safra 2005/2006 apresentou uma produção de 1.202.139 toneladas em 879.936 hectares de área total, o que resulta em uma produtividade média de 1.577 kg ha⁻¹, valor este muito aquém das médias de produção já alcançadas que ficam entre 2000 a 2500 kg ha⁻¹.

2.2 ACAMAMENTO

Nas condições climáticas do Sul do Brasil, (altos índices pluviométricos, alta fertilidade do solo e adubação nitrogenada) o acamamento é um dos fatores que podem limitar a produção de grãos de trigo de modo expressivo, dependendo da intensidade e do estágio de desenvolvimento da planta em que ocorre. Nesse aspecto, a antese parece ser o estágio mais susceptível a perdas. Tais limitações de maximização de rendimento de grãos por acamamento podem ser decorrentes da alta competição por luz pelas plantas, de desbalanço de nutrientes, de decréscimo de fotossíntese, de redução na assimilação e translocação de carboidratos e minerais, de aumento da intensidade de doenças e como consequência redução na eficiência da colheita (Rodrigues et al., 2003).

Nos Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina a densidade de semeadura indicada é de 250 sementes aptas/m² para cultivares tardios e de 300 a 330 sementes viáveis/m² para cultivares precoces. Para cultivares tardios, quando

semeados para duplo propósito (pastejo e colheita de grãos ou somente pastejo), a densidade indicada é de 330 a 400 sementes viáveis/m². No Paraná, variam de 60 a 80 plantas por metro ou 200 a 400 sementes viáveis/m², em função do ciclo, porte das cultivares e algumas vezes quanto ao tipo de clima e solo (Embrapa, 2007).

Mesmo com o uso de cultivares modernas que incorporem genes de baixa estatura e que potencialmente reduzem a incidência de acamamento quando comparadas com materiais mais antigos (Brancourt et al., 2003), ainda existe grande incidência de acamamento, principalmente em áreas de alta fertilidade e de alta frequência de chuvas e ventos que atuam como agentes causadores de acamamento. Algumas práticas de manejo, como adubação nitrogenada, o arranjo de plantas e a aplicação de redutor de crescimento podem influenciar significativamente o crescimento e o desenvolvimento de plantas e, dessa forma, servir com estratégias para reduzir ou controlar o acamamento, com possíveis efeitos na produtividade e na qualidade de grãos de trigo.

É notório que o nitrogênio é um dos elementos mais importantes para o desenvolvimento em cereais e normalmente determina respostas significativas em termos de produtividade de grãos. No entanto, seu uso deve ser o mais racional possível, pois, além do custo elevado e de perdas que podem ocorrer na lavoura, principalmente por lixiviação e volatilização, está associado, dependendo das condições de ambiente, a incidência de acamamento de plantas. Portanto, para minimizar perdas e aumentar a produtividade de grãos em trigo a indicação de uso de nitrogênio é de aplicação parcelada, parte por ocasião da semeadura e o restante em cobertura aos 35 dias após emergência (Mundstock, 1999).

A aplicação de nitrogênio em cobertura deve ser realizada, preferentemente, no início do perfilhamento, correspondendo, em geral, ao período entre 30 e 45 dias após a emergência. Na indicação da dose de N em cobertura, ainda devem ser considerados, além do teor de matéria orgânica do solo e da produtividade esperada, a cultivar, o tipo de solo (pH, textura), as condições climáticas predominantes (temperatura, precipitação pluvial), a cultura anterior (gramínea e/ou leguminosa), o comportamento da cultura na área em anos anteriores, o desenvolvimento da lavoura, o histórico da lavoura (rotação, pousio), o sistema de manejo de solo (convencional, plantio direto), a erosão, o controle das doenças da parte aérea, etc. A opção para produtividade de grãos superiores a 2 t ha⁻¹ implica, em geral, na utilização de doses mais elevadas de N, sendo, nesse caso, muito importante utilizar cultivares de porte

baixo e que apresentem menor suscetibilidade ao acamamento (Mascarenhos et al., 2005).

O acamamento é uma característica agrônômica preocupante em relação à produtividade do trigo, pela interferência que causa na acumulação da massa seca e pela dificuldade que impõe na colheita, além de poder, também, afetar a qualidade do grão (Pinthus, 1973). O acamamento é uma característica difícil de ser avaliada isoladamente e com precisão, dada a grande interação que existe com o vento, com a chuva e com o solo. As diferenças entre as cultivares tendem a ser obscurecidas por fatores, ambientais, tais como a densidade de plantas e a fertilidade do solo (Neenan & Spencer-Smith, 1971).

Pinthus (1973) definiu o acamamento como um estado permanente de modificação da posição do colmo em relação à sua posição original, que resulta em plantas recurvadas. O acamamento muitas vezes envolve a ruptura dos tecidos, desconectando a vascularização do colmo e, portanto, impedindo a recuperação da planta (Fahn, 1975). O acamamento afeta a estrutura morfológica essencial para o uso eficiente de carboidratos e sua translocação para o grão e, quanto mais cedo ocorre, maior será a redução na produtividade e na qualidade de grãos (Zanatta & Oerlecke, 1991).

Para Wiersma et al. (1986) e Tatnell (1995), os prejuízos em consequência do maior crescimento de plantas e do acamamento ocorrem por causa das dificuldades da colheita e do aumento da umidade dos grãos nas plantas acamadas. Além disso, há decréscimo na produtividade e na qualidade de grãos, decorrentes da maior incidência de doenças nas plantas acamadas, da interferência na translocação, da menor assimilação de carboidratos e minerais e do decréscimo da fotossíntese.

A aplicação de regulador de crescimento, como prática de manejo para reduzir os riscos de acamamento em trigo, deve ser dirigida no sentido de potencializar sua ação na redução do crescimento da planta. A resistência ao acamamento é função direta do nível de espessamento dos tecidos da base da planta e inversamente proporcional a estatura desta (Rodrigues et al., 2003).

Em áreas mais úmidas e de solos de alta fertilidade (natural ou construída), onde, com frequência, ocorre acamamento das plantas, a população de plantas pode ser reduzida em até mais 20 a 30%, quando em semeadura de novembro, para

evitar acamamento e, conseqüentemente, possibilitar maior produtividade (Embrapa, 2006).

Uma das conseqüências advindas da utilização de maior densidade de sementeira é a elevação da estatura da planta e a diminuição do diâmetro do caule, características essas que predispõem a planta a maior acamamento ou quebra de plantas (Cholaky et al., 1981; Schmidt, 1985). Hoffman (1992) afirmou que o uso de reguladores de crescimento pode solucionar esses problemas, aumentando a resistência ao acamamento e a produtividade de grãos.

2.3 REGULADORES VEGETAIS

Os vegetais produzem moléculas sinalizadoras, os hormônios, responsáveis por efeitos marcantes no desenvolvimento em concentrações bastante pequenas. Até pouco tempo acreditava-se que o desenvolvimento vegetal era regulado por cinco tipos de hormônios (auxinas, giberelinas, citocininas, etileno e ácido abscísico). Entretanto, atualmente há fortes evidências indicando a existência de hormônios vegetais esteróides, os brassinoesteróides, que possuem uma ampla gama de efeitos morfológicos no desenvolvimento vegetal (Taiz & Zeiger, 2004). Para Castro & Vieira (2001), biorreguladores vegetais são substâncias sintetizadas que aplicadas exógenamente possuem ações similares aos grupos de hormônios vegetais conhecidos. Rademacher (2000) definiu retardantes vegetais como compostos sintéticos utilizados para reduzir o crescimento longitudinal indesejável da parte aérea das plantas, sem diminuição da produtividade. De acordo com Castro & Melotto (1989), a aplicação destes produtos pode ser feita via foliar, tratamento de sementes ou estacas ou ainda via solo, de maneira que as substâncias sejam absorvidas e possam exercer sua atividade.

Os reguladores de crescimento atuam como sinalizadores químicos na regulação do crescimento e desenvolvimento de plantas. Normalmente ligam-se a receptores na planta e desencadeiam uma série de mudanças celulares, as quais podem afetar a iniciação ou modificação do desenvolvimento de órgãos ou tecidos. Os reguladores que reduzem a estatura de plantas são normalmente antagonistas as giberelinas e agem modificando o metabolismo destas (Rodrigues et al., 2003).

Hormônio vegetal é um composto orgânico de ocorrência natural, produzido na planta, o qual a baixa concentração promove, inibe ou modifica processos

morfológicos e fisiológicos do vegetal. Em contrapartida, regulador vegetal possui as mesmas propriedades, sendo, porém, exógeno (Castro, 2005).

Em plantas, assim como nos animais, muitos processos bioquímicos e fisiológicos são controlados por hormônios. Esses são produzidos em um sítio da planta e translocados para outros para alterar o crescimento e desenvolvimento. O hormônio natural e outros materiais são essencialmente “mensageiros químicos”, influenciando em muitos pontos no desenvolvimento da planta. Uma distinção pode ser feita entre os termos hormônio vegetal e regulador de crescimento, sendo que hormônio vegetal é uma substância natural produzida pela própria planta. Já hormônios sintetizados quimicamente provocam reações similares às aquelas causadas pelos naturais. Os cinco grupos de hormônios naturais de plantas conhecidos são: auxinas (Ácido Indolacético (IAA), Ácido Indolbutírico (IBA)) giberilinas (Gás em várias formas), citocininas (Zeatina, Cinetina, 6-BA), etileno (Etephon) e ácido abscísico (ABA). Reguladores de crescimento ou reguladores vegetais incluem a forma natural ou sintética, que quando aplicadas em plantas influenciam no seu crescimento e desenvolvimento (Hartmann et al., 1988).

Segundo Kaufmann (1990), o crescimento é definido como um aumento irreversível no tamanho e número de células, e o desenvolvimento é a transformação da aparência das diferentes células nos órgãos da planta. É possível conseguir plantas com tamanho adequado com auxílio de retardantes, visando à redução do crescimento excessivo de seus internódios (Hertwig, 1977). O crescimento das plantas é grandemente influenciado pelo uso de reguladores vegetais, que podem alterar diferentemente os órgãos das plantas, influenciando seu porte final. Alterando o crescimento de partes da planta, podem afetar também a produção de massa seca e conseqüentemente, a produtividade (Martins et al., 1999).

Coll et al. (2001), relataram que o crescimento das plantas é um processo bastante complexo. As plantas absorvem uma série de substâncias, que têm que transformar e converter em matéria constituinte. Através dos processos de divisão e alongamento celular, ocorre incremento irreversível na massa do protoplasma, aumentando o tamanho dos órgãos do vegetal, que podem ser mensurados através da massa seca.

2.4 MODO DE AÇÃO E EFEITO FISIOLÓGICO DE REGULADORES VEGETAIS

A ação dos reguladores de crescimento pode se dar diretamente, provocando mudanças físicas nas estruturas celulares ao interagir com elas ou, indiretamente, interferindo com o caminho metabólico que conduz a um determinado tipo de estrutura (Hertwig, 1977). Ainda, segundo este, a célula vegetal é envolvida por uma parede celular que pode vir a sofrer alterações por ação dos reguladores que interfiram nos fenômenos de expansão celular. Sabe-se que, tanto giberelinas como auxinas agem sobre a estrutura da parede celular. Os reguladores vegetais podem atuar diretamente nas diferentes estruturas celulares e nelas provocar alterações físicas, químicas e metabólicas, assim os hormônios agem primeiro na membrana plasmática, na qual encontram-se as proteínas (Salisbury & Ross, 1994).

Os efeitos fisiológicos de reguladores vegetais têm sido estudados visando o avanço no conhecimento da ação estimulatória ou inibitória no crescimento e desenvolvimento das plantas. Porém, essa idéia vem sendo modificada com a evolução de novas pesquisas que têm demonstrado que as mudanças estruturais ocorridas na planta estão associadas a mudanças metabólicas, ou então que o estado nutricional da planta tem um importante efeito nas mudanças morfológicas induzidas por reguladores vegetais (Martins et al., 1999).

Os reguladores de crescimento atuam como sinalizadores químicos na regulação do crescimento e desenvolvimento de plantas. Normalmente, ligam-se a receptores na planta e desencadeiam mudanças no metabolismo celular que podem afetar a iniciação ou modificação do desenvolvimento de órgãos ou tecidos. Em especial, os chamados redutores de crescimento são empregados em cereais para redução de estatura de plantas com a finalidade de controlar ou minimizar o acamamento. Eles normalmente atuam no metabolismo de giberelinas e podem reduzir o alongamento de entrenós de plantas de acordo com o estágio fenológico de aplicação e da dose empregada (Treharne et al., 1995). Também podem afetar outras características de plantas, como: número (Goss et al., 2002) e crescimento de filhos (Peltonen-Sainio et al., 2003), número de estruturas reprodutivas (Zagonel et al., 2002) e comprimento de raízes (Fagerness & Penner, 1998; Qian e Engelke, 1999). O Moddus® (i.a. trinexapac-etil) atua reduzindo o alongamento dos entrenós

pela inibição da síntese de GA₁ a partir do precursor GA₂₀ o que leva a acumulação de GA₂₀ no tecido vegetal (Davies, 1987).

A síntese de ácidos nucléicos e de proteínas, sob efeito de auxinas, mostra-se importante para o mecanismo de expansão da parede celular. Uma reserva de glicose e xilose, além de outros carboidratos, deve estar presente no sistema que dará origem ao material necessário para o processo de alongamento. Uma dessas enzimas, sob o efeito de auxinas, poderia ter a propriedade de romper e refazer, após um deslize, ligações glicosídicas entre polissacarídeos da parede celular, causando afrouxamento da parede celular e alongação celular por efeito do potencial de pressão no interior da célula (Castro, 2005).

O efeito dos reguladores de crescimento depende de diversos fatores, como dose usada, época de aplicação, época de semeadura, condições de ambiente, estado nutricional e fitossanitário da cultura. Além desses fatores, o risco de acamamento, associado a boas perspectivas de produtividade de grãos da cultura, deve orientar a decisão de se aplicar o produto. Se os riscos de acamamento são reduzidos, e as condições acima não são apropriadas para altas produtividades de grãos, o uso de redutor apenas aumentaria o custo de produção da cultura (Rodrigues et al., 2003).

2.5 MODO DE AÇÃO DAS GIBERELINAS

A giberelina, reconhecida atualmente como substância de acentuada relevância na fisiologia das plantas, foi descoberta devido ao estudo de uma anormalidade, apresentada por algumas plantas na cultura do arroz, denominada "bakanae" ou doença das plantas "loucas", no início do século XX no Japão (Stowe, 1957). As giberelinas influenciam muitos processos no crescimento e no desenvolvimento das plantas. Níveis máximos de giberelina são encontrados em folhas jovens e em condições de altos níveis nutricionais. Já nos grãos, plântulas e caules de cultivares anões, ao contrário do que se poderia supor, ocorrem altos teores de giberelina, respondendo menos a aplicações exógenas de giberelina que os cultivares altos. Assim, os cultivares anões aparentemente, apresentam um bloqueio na utilização de giberelina, que pode afetar outras características dentre elas distância de entrenós, além do comprimento do caule. Por exemplo, giberelinas podem influenciar a vernalização em trigo, e a síntese de giberelina por retardantes

de crescimento pode retardar a vernalização do trigo (Suge & Osada, 1966). Ainda, segundo estes, as giberelinas também estão envolvidas no crescimento dos filamentos e na deiscência das anteras de cereais.

Rizicultores observaram que certas plantas de arroz cresciam muito mais rapidamente que as outras e deixavam de produzir. O exame dessas plantas levou a conclusão de que as mesmas estavam infectadas pelo fungo *Gibberella fujikuri*. Quando esse fungo foi cultivado em meio de cultura e seu extrato aplicado em plantas sadias de arroz, observou-se que essas plantas cresciam mais rapidamente que as outras. O isolamento do princípio ativo presente no extrato do fungo levou a identificação das giberelinas (Castro, 2005).

O grupo das giberelinas compreende um grande número de compostos, onde 1/3 são giberelinas com 20 carbonos e os demais apresentam 19 carbonos, sendo mais ativa com o GA₁, GA₃, GA₄, GA₇, GA₉ e GA₂₀ (Hopkins, 1999).

As giberelinas são responsáveis por várias funções fisiológicas importantes no desenvolvimento das plantas superiores (Hooley, 1994). Das funções mais conhecidas, destacam-se a mobilização de reserva em sementes de cereais em germinação e a promoção do alongamento do caule em algumas espécies. Dependendo da planta, as giberelinas também podem ser necessárias à expansão foliar, à indução floral, a biossíntese de antocianinas (Stephen et al., 1997) e ao desenvolvimento de frutos imaturos (Graebe, 1987; Garcia-Martinez et al., 1987; Van Huizen et al., 1997).

Um dos casos mais interessantes da participação das giberelinas no controle do crescimento vegetal, através da síntese de enzimas, ocorre na germinação da semente de cevada. Quando essas sementes são colocadas para germinar, observa-se, após certo tempo, a produção de giberelinas pelo embrião. Essas giberelinas são transportadas para a camada de aleuroma, rica em proteínas e adjacente ao endosperma armazenador de amido. Nas células da camada de aleurona a giberelina induz, após poucas horas, a síntese de enzimas hidrolíticas, e aumenta a permeabilidade das membranas entre as células da camada de aleuroma e endosperma (Castro, 2005).

Taiz & Zeiger (2003) relataram que as giberelinas atuam ativamente na germinação das sementes por induzirem, via ação gênica, a síntese de enzimas de "lise" que promovem a quebra e mobilização de substâncias de reserva no endosperma das sementes. O efeito mais notável das giberelinas é promover o

alongamento celular, mas, também, promovem a divisão celular, atuando tanto em folhas como em caules (Modesto et al., 1994).

Segundo Taiz e Zeiger (2004), a aplicação de giberelina promove o alongamento dos entrenós em várias espécies, sendo o alvo de ação o meristema intercalar, no qual está localizado próximo a base do entrenó, que produz derivados para cima e para baixo, dessa forma o GA₃ aplicado exógenamente provoca excesso de alongamento do caule em plantas anãs, de modo que as plantas assemelham-se as mais altas da mesma espécie.

Sabe-se que o ácido giberélico pode funcionar como regulador da divisão e alongamento das células (Takahashi et al., 1988), estimulando o crescimento do vegetal pelo aumento da extensibilidade da parede celular (Raven et al., 1992), participando deste modo, no crescimento do caule das plantas, possuindo a capacidade de reverter o nanismo de algumas plantas, visto ser este resultado da deficiência na síntese de giberelina endógena (Barret, 1992).

2.6 MODO DE AÇÃO DOS INIBIDORES DA SÍNTESE DE GIBERELINA

A maioria dos retardantes vegetais age por inibição da biossíntese de giberelinas, hormônios que entre outras ações promovem alongamento celular (Davies, 1995).

De acordo com Arteca (1995), os diferentes tipos de retardantes vegetais, agem inibindo a rota comum de síntese de todos os ácidos giberélicos sintetizados pelos vegetais superiores, em diferentes locais, sendo que, foram isoladas mais de 126 giberelinas.

No que tange, especificamente aos inibidores da síntese de giberelina, Salisbury & Ross (1992) relataram que os reguladores cloreto de mepiquat e paclobutrazol atuam inibindo a síntese de GA₁₂ aldeído, na rota comum. Dessa forma, o cloreto de mepiquat impede a passagem do Geranil Pirofosfato a ent-caureno, enquanto o paclobutrazol impede a passagem do ent-caureno a ácido ent-hidroxicaurenóico, resultando na diminuição do GA₁₂-aldeído, do qual se formam as giberelinas conhecidas nos vegetais superiores.

O cloreto de mepiquat é utilizado para diminuir a altura de plantas, inibindo a síntese endógena de giberelina, obtendo-se maior crescimento de ramos, formação de folhas verde escuras e florescimento precoce (Figueiredo, 1998).

O Etil-trinexapac também atua na inibição da síntese de giberelina, pois atua a partir do GA₁₃-aldeído, inibindo a partir deste a síntese de giberelina de alta eficiência biológica como GA₁, GA₃, GA₄, GA₇, GA₉, GA₂₀, etc. Desta forma, em função da ação desse composto, as plantas tem dificuldade de formação dessas giberelinas ativas e passam a sintetizar e acumular giberelina biologicamente menos eficientes como GA₈, GA₁₇, GA₁₉, GA₂₄, etc., o que leva, na prática, à drástica redução no alongamento celular (crescimento), sem causar deformação morfológica do caule (Naqvi, 1994; Taiz e Zeiger, 1998).

2.7 USOS E EFEITOS DE REGULADORES VEGETAIS NA AGRICULTURA

A descoberta dos efeitos dos reguladores vegetais sobre as plantas cultivadas e os benefícios promovidos por estas substâncias, tem contribuído para solucionar problemas de sistemas de produção e melhorar qualitativa e quantitativamente a produtividade das culturas (Castro & Vieira, 2001).

A aplicação de reguladores vegetais tem provocado alterações notáveis no florescimento e na frutificação de muitas plantas. Este fato poderá ter excelentes perspectivas práticas, como por exemplo, a alteração na época de florescimento pode modificar o valor comercial do produto (Castro & Barbosa, 1997).

As giberelinas também podem participar na determinação do sexo de cucurbitáceas monóicas. Quando há predominância de giberelinas sobre o etileno, nessas plantas, a maioria das flores são masculinas e precoces. Quando há predominância do etileno, a maioria das flores são femininas e precoces (Castro, 2005). Além do mais, a aplicação exógena de giberelinas permite retardar o aparecimento da coloração vermelha em tomate e a maturação da banana e caqui. As giberelinas promovem também o término da dormência em batata para plantio e aumentam o tamanho das bagas e comprimento do cacho de uvas de mesa.

Taiz e Zeiger (2004) destacaram que as principais formas de uso da giberelina são na forma de aspersão ou imersão, incluem o controle do cultivo de frutas, a maltagem da cevada e o aumento da produção em cana-de-açúcar. Em algumas plantas a redução da altura é desejável, o que pode ser obtido pelo uso de inibidores de síntese de giberelinas. Também, associados aos efeitos da giberelina, há a diminuição da espessura do caule e no tamanho da folha, além da coloração verde clara das folhas. No entanto, o estímulo mais pronunciado tem sido em

espécies de plantas anãs ou rosetas, bem como nos membros da família das gramíneas, com alteração na divisão e alongamento celular, mas também em outros processos fisiológicos como germinação de sementes e florescimento de plantas.

De acordo com Rademacher (2000), na Europa, os reguladores vegetais são utilizados em pequenos cultivos de grãos, onde são parte integral do sistema de produção para reduzir riscos de acamamento devido a precipitações intensas e ventos, bem como, agindo também na redução do crescimento vegetativo excessivo do algodoeiro. Para Reddy et al. (1990) o uso de reguladores vegetais torna-se inevitável em áreas que apresentem condições de alta umidade e adequada disponibilidade de nutrientes.

Em estudo realizado por Cathey & Meredith Junior (1988), a aplicação do regulador vegetal cloreto de mepiquat em algodoeiro semeado tardiamente, proporcionou o aumento de produção e redução da altura da planta.

Garcia (2006), testando o efeito de reguladores vegetais no desenvolvimento de plantas de alfafa, obteve valores positivos em seus tratamentos quanto utilizou GA₃, ocorrendo maior incremento na altura de plantas em duas épocas de avaliação em relação à testemunha e aos tratamentos com mistura de reguladores. Constatou ainda que a mistura de reguladores também mostrou-se eficiente em relação ao aumento da altura das plantas nas concentrações utilizadas quando comparada a testemunha.

Quando cultivado em condições onde não há limitação de umidade e a disponibilidade de nutrientes é adequada, o algodoeiro produz vegetação excessiva, que pode interferir negativamente na produção final; em tal situação o uso de retardantes vegetais torna-se inevitável (Reddy et al., 1990), especialmente em propriedades onde se emprega a colheita mecanizada evitando assim perdas de acamamento e entupimento do mecanismo de entrada das máquinas na colheita, acarretado pelo porte e crescimento vegetativo excessivo (Carvalho et al., 1994).

A aplicação de reguladores vegetais na cultura da cana-de-açúcar tem se tornado uma prática comum, com o objetivo de antecipar a maturação natural e assim disponibilizar matéria-prima de boa qualidade para industrialização antecipada, e também auxiliar os produtores no manejo das variedades. Para o tratamento com Moddus® observa-se um encurtamento dos entrenós, datando esse fato após a aplicação (Gheller, 2006).

Em trabalho realizado por Ono et al. (2004) testando o uso de reguladores vegetais na quebra da dominância apical de mamoeiro, obteve em seus resultados valores que mostraram que plantas tratadas com giberelina e citocinina sintética acompanhados da remoção ou não da gema apical apresentaram maior número de brotações que a testemunha, a qual não apresentou nenhuma das brotações das gemas laterais.

Campos (2005) trabalhando com reguladores vegetais na cultura da soja obteve inúmeros resultados, concluindo que os reguladores vegetais podem ser excelentes ferramentas, para serem utilizadas na cultura da soja, podendo influenciar positivamente o número de ramificações, o florescimento, o número de vagens, o enraizamento, a área foliar e o teor de clorofila das folhas, entre outros.

O Etil-trinexapac é um regulador desenvolvido para uso como agente anti-acamamento em cereais e em gramíneas, e como retardante vegetal em gramados. Em adição a esses benefícios, na safra seguinte, a aplicação de Etil-trinexapac não afeta a produção de perfilhos, altura de plantas ou diâmetro de colmos. No Brasil, este produto é utilizado como maturador de cana-de-açúcar e promove aumento de rendimento de açúcar sem impacto negativo na qualidade do caldo, no conteúdo de fibras ou no peso da cana (Resende et al., 2001).

2.7 ANÁLISE DE CRESCIMENTO

A análise de crescimento é um método que segue a dinâmica da produção fotossintética, sendo de vital importância para compreender os processos morfo-fisiológicos da planta e sua influência sobre a produtividade. Pode, ainda, ser empregada para determinar a produção líquida das plantas, derivadas do processo fotossintético, como resultado do desempenho do sistema assimilatório durante determinado período de tempo (Cardoso, et al., 1987); permitindo, também analisar os processos fisiológicos de crescimento e desenvolvimento de plantas.

A análise de crescimento permite avaliar o crescimento final da planta como um todo e a contribuição dos diferentes órgãos no crescimento total. A partir dos dados de crescimento pode-se medir a atividade fisiológica estimando com segurança as causas de variações de crescimento entre plantas geneticamente diferentes ou entre plantas crescendo em ambientes diferentes (Sharma et al., 1993).

O crescimento de plantas, sob diferentes condições ambientais, pode ser medido de diversas maneiras, tais como: tamanho, número ou massa de seus órgãos. Entretanto, para o estudo da assimilação de carbono e sais minerais e suas subseqüentes partições dentro de uma planta, deve-se utilizar preferencialmente a descrição de crescimento em termos de incrementos de massa seca (MS) e área foliar (AF) (Whale et al., 1985).

A análise quantitativa de crescimento pode ser usada para investigar a adaptação ecológica de culturas a novos ambientes, a competição entre espécies, os efeitos de manejo e tratamentos culturais e a identificação da capacidade produtiva de diferentes genótipos (Kvet et al., 1971). Do ponto de vista agrônomo, essa técnica pode ser útil em programas de melhoramento genético, sendo ferramenta indispensável para o melhor conhecimento das plantas como entidades biológicas (Benincasa, 1988). Métodos de obtenção de dados para fins de análise de crescimento de plantas, sob condições normais de cultivo, são em geral simples, consistindo principalmente de medições periódicas de massa seca (MS) e área foliar (AF) (Briggs et al., 1920). Apesar da complexidade que envolve o crescimento das espécies vegetais, a análise de crescimento ainda é o meio mais acessível e bastante preciso para avaliar o crescimento e inferir a contribuição de diferentes processos fisiológicos sobre o comportamento vegetal (Benincasa, 1988).

A área foliar é um índice importante em estudos de nutrição e crescimento vegetal, uma vez que determina o acúmulo de massa seca, o metabolismo vegetal, a capacidade fotossintética potencial a quantidade e a qualidade da colheita (Ibarra, 1985; Jorge & Gonzáles, 1997).

Segundo Radford (1967) as variações da quantidade de biomassa e da área foliar são utilizadas, com o tempo, na estimativa de vários índices fisiológicos, tais como: taxa de crescimento da cultura (TCC), taxa de crescimento relativo (TCR), taxa de assimilação líquida (TAL), índice de área foliar (IAF). Tais índices podem então ser comparados, na tentativa de explicar as diferenças na produção econômica de diferentes cultivares ou de um mesmo cultivar a diferentes tratamentos.

A Taxa de Crescimento da Cultura (TCC) apresenta comportamento similar ao Índice de Área Foliar (IAF) e massa seca total (MST). A Taxa de Crescimento Relativo (TCR) se reduz com o desenvolvimento do ciclo fenológico da cultura,

enquanto a Taxa de Assimilação Líquida (TAL) apresenta os maiores valores no período vegetativo, reduzindo-se com a idade da planta (Urchei et al., 2000).

Gomes et al. (2000) mencionaram que a maior redução da TCC no final do ciclo da cultura ocorre pela translocação de fotoassimilados em relação aos grãos, sendo que os maiores valores ocorrem na fase vegetativa, apresentando uma tendência de redução com a expansão foliar, principalmente, em virtude do autossombreamento.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 LOCALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO

O trabalho foi realizado em condições de campo em uma área sob sistema de plantio direto na palha de soja, sendo o mesmo utilizado num período de 4 anos, variando entre os cultivos de milho, soja e trigo, na Estação Experimental da Cooperativa Agrícola Consolata LTDA - COPACOL. As coordenadas geográficas são longitude W 54 ° 01'45" e latitude S 24° 31'42", com altitude de 400 m e solo classificado como Latossolo Vermelho Eutroférico (Embrapa, 2006).

O clima predominante da região é subtropical úmido com temperatura média anual de 18° C e precipitação pluvial de 1.804 mm. A precipitação pluvial referente aos meses da condução do experimento a campo está contida na Figura 1.

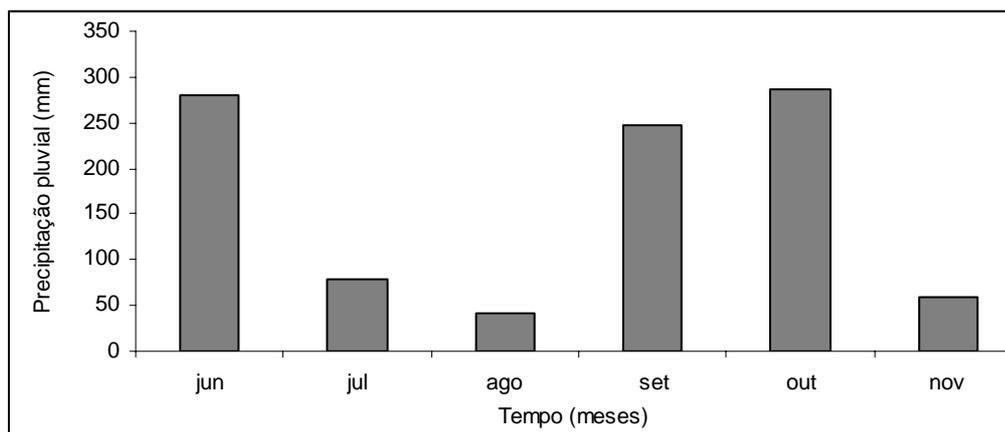


FIGURA 1. Precipitação pluvial (mm) nos meses referentes à condução do experimento na Estação Experimental Copacol – Cafelândia – PR, 2005.

3.2 DESCRIÇÃO DO MATERIAL VEGETAL

Foi utilizada no experimento a cultivar CD 104, obtida junto a COODETEC – Cooperativa Central Agropecuária de Desenvolvimento Tecnológico e Econômico Ltda. Sendo a mesma uma cultivar de ciclo médio de 124 dias, porte médio 81 cm, alta produtividade e resistente em relação ao acamamento, no intuito de demonstrar o possível acamamento do material sob as condições em que fora submetida.

3.3 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso em esquema fatorial (2x6x6), sendo duas doses de nitrogênio em cobertura (40 e 80 kg ha⁻¹) aplicado aos 35 dias após emergência (DAE), seis concentrações de Etil-trinexapac, aplicado via pulverização (0,0; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8 e 1,0 L ha⁻¹), também aos 35 DAE e seis coletas de plantas [20, 35, 50, 65, 80 e 95 dias após a emergência (DAE)], com quatro repetições.

3.4 INSTALAÇÃO E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

O experimento foi instalado no dia 07 de junho de 2005 buscando assim condições favoráveis ao bom desenvolvimento das plantas de acordo com as recomendações para a cultura do trigo no estado do Paraná (Embrapa, 1999).

Não houve preparo do solo, pois se tratou de uma área em sistema plantio direto. Utilizou-se uma adubação de base de 250 kg ha⁻¹ da fórmula 08-20-20, de acordo com análise química prévia do solo (Tabela 1) e recomendações para a cultura do trigo (Embrapa, 2006).

Tabela 1. Características químicas do solo da área experimental Centro Tecnológico Copacol - COPACOL. Cafelândia – PR, 2005.

Cmolc/dm ⁻³							g/dm ⁻³		%		mg/L ⁻¹ ou mg/dm ⁻³					
Ca	Mg	K	Al	H+Al	S	T	C	MO	Al	V	P	Fe	Mn	Cu	Zn	pH CaCl ₂
7,37	5,50	0,37	0,00	3,97	14,69	19,30	45,19	17,73	0,00	63,11	12,10	98,38	75,36	5,99	7,13	5,50
NÍVEL		-		NÍVEL		-		NÍVEL		-		NÍVEL		-		NÍVEL
alto	Alto	alto	baixo	médio	Alto	Alto	alto	Alto	baixo	Alto	alto	alto	alto	alto	alto	Alto

As parcelas experimentais foram compostas de 14 linhas com 5 m de comprimento e espaçamento de 0,20 m entre linhas, onde foram semeadas 80 sementes por metro, obtendo um estande final de 70 plantas por metro, obtido através do desbaste de plantas após a emergência e estabelecimento. A parcela experimental possuía, dessa forma, uma área total de 14 m². Utilizou-se para as avaliações biométricas, de análise de crescimento, dos componentes da produção e produtividade, as seis linhas centrais de cada parcela, o que resultou numa área útil de 6m² por parcela experimental.

A adubação nitrogenada, em cobertura, foi realizada no início do perfilhamento, aos 35 dias após a emergência (DAE). Para a adubação de cobertura foi utilizada uréia a lanço, com doses de 40 kg e 80 kg de N por hectare.

Foram realizados os tratos culturais inerentes à cultura para controle de plantas daninhas, pragas e doenças, segundo Embrapa (1999).

O retardante vegetal utilizado no experimento foi o Etil-trinexapac, de nome comercial Moddus[®], fórmula "{4-(cyclopropyl-a-hydroxy-methylene)-3,5-dioxocyclohexanecarboxilic acid ethyl ester}". A aplicação do retardante vegetal foi realizada aos 35 DAE, com pulverizador costal pressurizado, à base de CO₂, com barras de seis bicos (TT 110.03). O volume de calda utilizado foi de 200 L ha⁻¹, de acordo com as dosagens citadas anteriormente.

Durante a condução do experimento, a partir de 20 DAE, foram realizadas coletas de plantas a cada 14 dias para fins de análise biométrica e de crescimento. Cada coleta foi realizada retirando-se as plantas contidas em 0,30 m, na linha de semeadura, de forma aleatória, dentro da parcela útil, em cada parcela experimental.

3.5. CARACTERÍSTICAS AVALIADAS

3.5.1. Variáveis biométricas e análise de crescimento

Para a obtenção das variáveis biométricas e análise de crescimento, a cada 14 dias, a partir dos 20 DAE, foram realizadas coletas de plantas como descrito anteriormente. Antes de cada coleta das plantas foi determinada a altura média das mesmas utilizando-se uma régua de madeira graduada de 0 a 100 cm. Após a coleta, as plantas foram levadas para o Laboratório de Botânica da UNIOESTE Campus de Marechal Cândido Rondon. Nas plantas coletadas foram contados os perfilhos (perfilhos por amostra), sendo estas então separadas em diferentes órgãos da parte aérea (lâmina foliar, colmo+bainha e estruturas reprodutivas, quando presentes). Logo em seguida, as diferentes partes das plantas foram acondicionadas em sacos de papel e secas em estufas de circulação forçada de ar a $65^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ por 72 horas ou até atingirem massa constante. Foi determinada em seguida, com uma balança de precisão, a massa seca de folhas, massa seca de bainha + colmo e massa seca de estruturas reprodutivas e massa seca total.

Para a quantificação da área foliar utilizou-se o método de amostragens de acordo com a metodologia de Benincasa (1988). Em seguida, após separadas as folhas, foi realizada a mensuração foliar de maneira longitudinal e transversal para determinação da área (cm^2), a qual considerou-se como área foliar da amostra (AF amostra). Posteriormente o material foi seco em estufa obtendo-se assim a massa seca de amostra (MS amostra) e também a massa seca de folhas (MSF). Dessa forma, obteve-se a área foliar total através da seguinte fórmula:

$$\text{AF} = [(\text{AF amostra} \times \text{MSF}) / \text{MS amostra}]$$

Para o cálculo dos parâmetros relativos à análise de crescimento, através da utilização do programa computacional "ANACRES", segundo determinação de Portes e Castro Júnior (1991), foram feitos os ajustes dos dados de altura de

plantas, massa seca de folhas, massa seca total e área foliar em função do tempo (DAE), para os diferentes tratamentos. Utilizou-se para tal ajuste a equação exponencial quadrática que melhor representou o comportamento das plantas em função do tempo. A partir dos dados de massa seca e área foliar ajustados, foram calculadas a taxa de crescimento absoluto (TCA), taxa de crescimento relativo (TCR), taxa assimilatória líquida (TAL) e razão de área foliar (RAF).

3.5.2. Acamamento

A percentagem de acamamento foi avaliada através de avaliação visual por grau de acamamento, obtido através de observações visuais na fase de maturação, utilizando-se a seguinte escala de notas: 0: sem acamamento; 1: até 5%; 2: 5 a 25%; 3: 25 a 50%; 4: 50 a 75%; 5: 75 a 100% de plantas acamadas no estágio de maturação fisiológica do grão, sendo determinada a percentagem estimada de plantas acamadas na parcela, para cada tratamento (Arf et al., 2001).

3.5.3. Componentes de produção e produtividade

Na ocasião da colheita, aos 124 DAE em meados de setembro (estádio fenológico 11.4, escala de Feekes), foram avaliadas outras variáveis relacionadas à produtividade e aos componentes da produção, que foram:

- Nº de espigas/espigueta;
- Nº de perfilhos viáveis/planta;
- Peso hectolítrico;
- Massa de 100 grãos.

No final do ciclo da cultura foram avaliados os componentes da produção número de espigas/espigueta, número de grãos por espiga, número de perfilhos/planta, número de perfilhos/metro, massa de 100 grãos e peso hectolitro (PH). Para tanto foi colhido um metro dentro de cada parcela experimental.

A produtividade foi avaliada através da colheita da parcela útil, ou seja, parte da parcela eliminando-se a bordadura a qual possuía uma área de 0,6 m², e se deu com o uso de colheitadeira adaptada com plataforma para cultura de trigo. Foi a estimada produtividade pela massa de grãos da área útil da parcela, extrapolada para kg ha⁻¹, após correção da umidade do grão para 13%.

3.5.4. Análise dos dados

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias dos tratamentos comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando o programa computacional SAEG 5.0 da Universidade Federal de Viçosa. Utilizou-se análise de regressão para o estudo das variáveis em resposta às doses crescentes do retardante vegetal.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a Tabela 1, nota-se que os níveis de nutrientes no solo se apresentavam satisfatórios, atendendo as exigências para a cultura do trigo (Mascarenhos et al., 2005). O solo apresentava pH = 5,5, sendo considerado bom, disponibilizando boa quantidade de macro e micronutrientes à cultura. Outro fator importante é a ausência de alumínio tóxico, o que possibilita um bom suprimento de nutrientes e um bom desenvolvimento radicular. Todos os teores de macronutrientes estavam altos, bem como o teor de matéria orgânica, possibilitando à cultura condições adequadas para uma alta produtividade quanto ao solo.

Com relação à disponibilidade de água para a cultura, o índice pluviométrico ficou em torno de 994 mm (Figura 1), durante o ciclo, quantidade suficiente para atender as necessidades da cultura. De acordo com Manosso (2005), a cultura do trigo necessita de uma menor quantidade de água, quando comparada à cultura do milho e soja. É cultivada num período menos chuvoso (abril a setembro), no entanto, a água é indispensável no processo de produção. Necessita precipitações em torno de 700 a 900 mm. Sendo que, o déficit hídrico pode reduzir a taxa de crescimento, fotossíntese, assimilação do nitrogênio e a atividade metabólica da planta, com maiores prejuízos pela ausência de umidade no florescimento e início da formação dos grãos.

4.1 VARIÁVEIS BIOMÉTRICAS E ANÁLISE DE CRESCIMENTO

Na Tabela 2 é apresentado um resumo da análise de variância para as variáveis biométricas avaliadas durante o decorrer do ciclo da cultura do trigo. Observa-se que houve efeito significativo isolado no nitrogênio aplicado em cobertura, apenas para área foliar (AF) e massa seca de estruturas reprodutivas (MSER). Quanto ao efeito das doses de Etil-trinexapac aplicadas, verifica-se resposta significativa para as variáveis: altura de plantas (AP), AF, massa seca de colmo + bainha (MSCB), MSER e massa seca total (MST). Quanto às coletas realizadas durante o ciclo da cultura, foi verificado efeito significativo para todas as variáveis, constatando um incremento em todas as variáveis biométricas no decorrer do ciclo da cultura.

Ao observar o efeito significativo do nitrogênio em cobertura, das doses do regulador de crescimento vegetal e das coletas no decorrer do ciclo da cultura, para o índice de área foliar, enfatiza os resultados obtidos por vários autores, como (Sharma et al., 1993) e Gomes et al. (2000) confirmando os resultados obtidos pela ação da adubação de cobertura, doses de Etil-trinexapac neste trabalho.

Tabela 2. Quadrados médios para altura de plantas (AP), área foliar (AF), massa seca de folhas (MSF), massa seca de colmo + bainha (MSCB), massa seca de estruturas reprodutivas (MSER) e massa seca total (MST) de plantas de trigo (CD 104) em função de doses de Etil-trinexapac, aplicado via pulverização foliar aos 35 DAE e de nitrogênio, aplicado em cobertura. Cafelândia - PR, 2005.

FV	Quadrado Médio					
	AP	AF	MSF	MSCB	MSER	MST
Bloco	89,656 ^{ns}	0,329 ^{ns}	8,017 ^{ns}	8,266 ^{ns}	0,336 ^{ns}	13,314 ^{ns}
N	60,500 ^{ns}	22,647 ^{**}	0,542 ^{ns}	14,000 ^{ns}	12,911 [*]	20,050 ^{ns}
D	3989,964 ^{**}	1,067 [*]	4,704 ^{ns}	108,468 ^{**}	39,080 ^{**}	144,987 ^{**}
C	18181,88 ^{**}	174,459 ^{**}	925,534 ^{**}	2192,219 ^{**}	3688,754 ^{**}	491,666 ^{**}
NxD	16,433 ^{ns}	2,008 ^{**}	2,257 ^{ns}	2,686 ^{ns}	4,618 ^{ns}	3,340 ^{ns}
NxC	40,592 ^{ns}	4,551 ^{**}	1,679 ^{ns}	5,220 ^{ns}	9,485 ^{**}	11,310 ^{ns}
DxC	418,549 ^{**}	0,841 [*]	6,115 ^{ns}	14,172 ^{**}	10,855 ^{**}	25,280 ^{**}
NxDxC	36,145 ^{ns}	1,519 ^{**}	4,064 ^{ns}	3,724 ^{ns}	2,008 ^{ns}	10,686 ^{ns}
Resíduo	40,2028	0,4565	4,3600	5,0341	3,0528	10,3861
CV (%)	16,8	16,5	17,3	17,5	16,5	12,9

^{ns} não significativo pelo teste F; ^{*}Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; ^{**} Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

Ainda na Tabela 2, observa-se que para AF, obteve-se interação significativa para todas as combinações dos fatores. Interação significativa entre nitrogênio e coleta de plantas foi observada para AF e MSER. Para a interação entre dose de Etil-trinexapac e coleta de plantas, não se obteve significância apenas para massa seca de folhas (MSF). Interação tripla significativa entre nitrogênio, dose de Etil-trinexapac e coleta de plantas, foi observada apenas para AF. Temos ainda nessa tabela, a interação significativa das doses de Etil-trinexapac e das coletas para MSCB e MSER, mostrando a eficiência do regulador no controle do crescimento e matéria seca com o acréscimo das doses, bem como a ação esperada das coletas em função do tempo.

A altura das plantas de trigo em resposta a diferentes concentrações de Etil-trinexapac, aplicado via pulverização foliar aos 35 dias após a emergência (DAE) é apresentada na Figura 2. O ajuste adequado para a altura de plantas em resposta ao regulador de crescimento foi polinomial quadrático, verificando-se uma redução significativa da altura das plantas, com tendência de estabilização para as doses de 0,8 e 1,0 L ha⁻¹. A redução de altura foi de 51%, levando-se em consideração a maior dose do regulador de crescimento (1,0 L ha⁻¹) e a testemunha, sem aplicação.

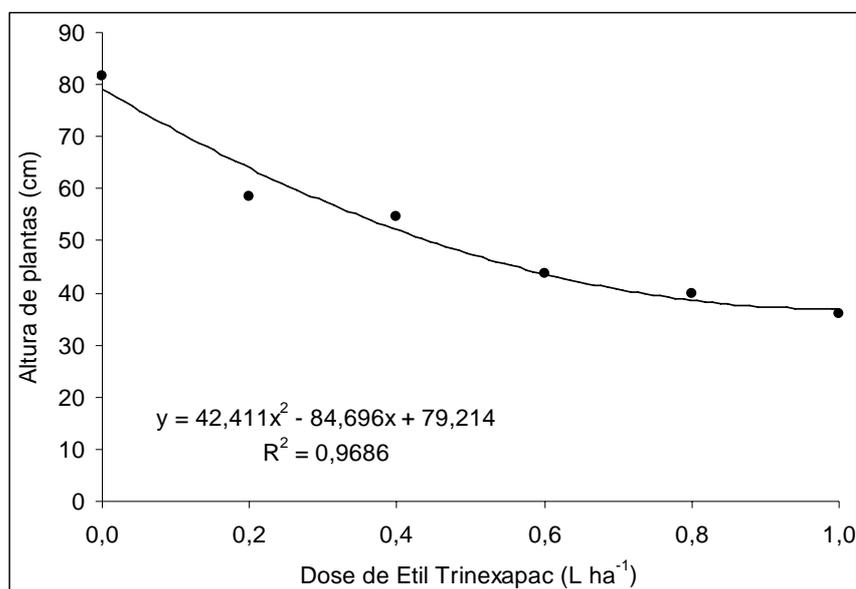


Figura 2. Altura de plantas de trigo, cv. CD 104, aos 95 DAE, em resposta à aplicação de Etil-trinexapac. Cafelândia – PR, 2005.

Rodrigues (et al., 2003) testando o efeito de regulador de crescimento em trigo, constatou que a aplicação de 2 L ha⁻¹ de Cycocel aplicados aos 35 DAE, reduziu significativamente a altura das plantas e não foram encontradas diferenças

significativas quando usou doses de 4 e 8 L ha⁻¹. O mesmo ocorreu quando testou o Etil-trinexapac, contudo observou-se maior redução na estatura das plantas quando utilizou-se a dose de 0,5 L ha⁻¹ sendo a adubação de base de 135 kg. ha⁻¹.

Resultados de redução da altura das plantas em resposta à aplicação de retardantes vegetais já foram verificados por vários autores em trigo e em outras culturas. Alvarez (2003), trabalhando com Etil-trinexapac na cultura do arroz, verificou redução da altura das plantas em até 34 cm. Resultados semelhantes na cultura da cevada foram obtidos por Tatnel (1995); Almeida et al. (2000), Adams et al. (1992) e Teixeira & Rodrigues (2003) sendo que estes últimos constataram uma redução da altura das plantas de cevada na ordem 7,7%. Resultados semelhantes ao presente estudo foram obtidos por Zagonel et al. (2002) que verificaram a redução da altura de plantas em trigo utilizando Etil-trinexapac.

A redução do porte das plantas é um efeito fisiológico esperado e objeto deste estudo, visto que é conhecido o efeito deste regulador de crescimento na inibição da síntese de giberelinas ativas, o que acarreta na redução do alongamento celular (Naqvi, 1994; Taiz & Zeiger, 1998), e conseqüentemente do porte da planta.

Quanto à área foliar, levando-se em consideração a ocorrência de interação significativa entre nitrogênio e dose de Etil-trinexapac, para esta variável (Tabela 2), é apresentado na Figura 3 o efeito do regulador de crescimento e das doses de nitrogênio sobre a área foliar das plantas de trigo. Observa-se um claro efeito do nitrogênio sobre esta variável, sendo constatado efeito linear quando utilizada a dose de 40 kg de N ha⁻¹ em cobertura e polinomial quadrático para a dose de 80 kg de N ha⁻¹ em cobertura, ambas em função das doses de Etil-trinexapac.

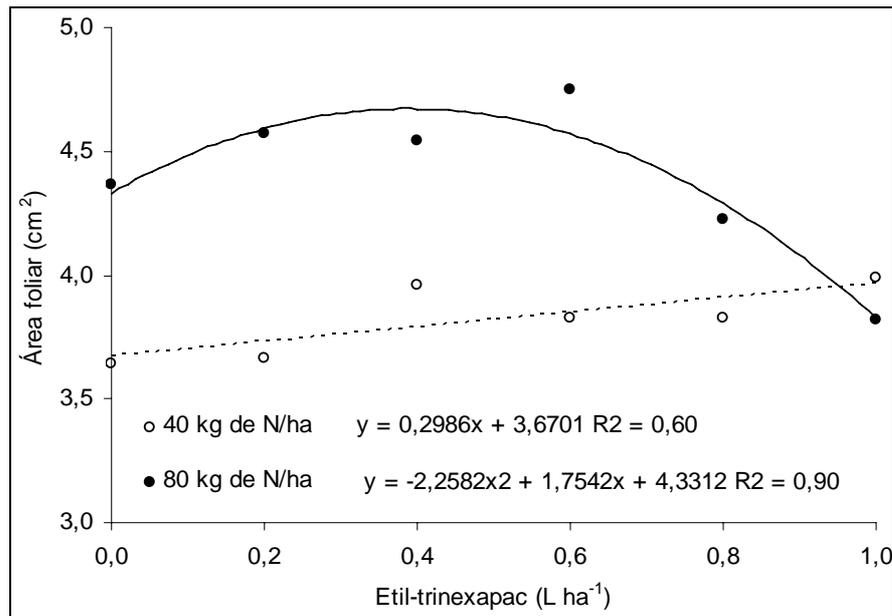


Figura 3. Área foliar de plantas de trigo, cv. CD 104, em resposta à aplicação de Etil-trinexapac, duas doses de nitrogênio aplicado em cobertura aos 35 DAE, Cafelândia - PR, 2005.

Com base no acúmulo de massa seca total das plantas (MST), massa seca de folhas (MSF) e do incremento em área foliar (AF) no decorrer do ciclo da cultura, foi possível calcular os parâmetros de crescimento que serão apresentados posteriormente. Para tanto, os dados de MST, MSF e AF, relativos à coleta de 0,30 m de plantas na linha de cultivo, foram ajustados em função do tempo, conforme as equações apresentadas na Tabela 3. Verifica-se nesta tabela uma resposta exponencial quadrática para as variáveis biométricas em função do tempo.

Tabela 3 Equações referentes ao ajustes para altura de plantas (AP), área foliar (AF), massa seca de folhas (MSF) e massa seca total (MST) de plantas de trigo, cv. CD 104, em resposta à aplicação de Etil-trinexapac. Cafelândia - PR, 2005.

Variável (Tratamento)	Equação do modelo exponencial quadrático	Coefficiente de regressão
AP (0,0 L ha ⁻¹)	$Y=(0,75)*EXP((0,13)X+(-0,00093)X^2)$	R=0,99*
AP (0,2 L ha ⁻¹)	$Y=(1,14)*EXP((0,11)X+(-0,00071)X^2)$	R=0,99*
AP (0,4 L ha ⁻¹)	$Y=(1,36)*EXP((0,099)X+(-0,00064)X^2)$	R=0,98*
AP (0,6 L ha ⁻¹)	$Y=(1,75)*EXP((0,085)X+(-0,00054)X^2)$	R=0,98*
AP (0,8 L ha ⁻¹)	$Y=(1,66)*EXP((0,087)X+(-0,00057)X^2)$	R=0,98*
AP (1,0 L ha ⁻¹)	$Y=(1,74)*EXP((0,083)X+(-0,00054)X^2)$	R=0,99*
AF (0,0 L ha ⁻¹)	$Y=(1,74)*EXP((0,012)X+(0,000016)X^2)$	R=0,91*
AF (0,2 L ha ⁻¹)	$Y=(1,59)*EXP((0,017)X+(-0,000025)X^2)$	R=0,91*
AF (0,4 L ha ⁻¹)	$Y=(1,82)*EXP((0,0091)X+(0,000060)X^2)$	R=0,94*
AF (0,6 L ha ⁻¹)	$Y=(1,84)*EXP((0,0077)X+(0,000076)X^2)$	R=0,94*
AF (0,8 L ha ⁻¹)	$Y=(1,94)*EXP((0,0067)X+(0,000069)X^2)$	R=0,96*
AF (1,0 L ha ⁻¹)	$Y=(1,64)*EXP((0,015)X+(-0,0000092)X^2)$	R=0,93*
MSF (0,0 L ha ⁻¹)	$Y=(3,21)*EXP((0,040)X+(-0,00025)X^2)$	R=0,80*
MSF (0,2 L ha ⁻¹)	$Y=(3,40)*EXP((0,038)X+(-0,00025)X^2)$	R=0,82*
MSF (0,4 L ha ⁻¹)	$Y=(2,89)*EXP((0,046)X+(-0,00032)X^2)$	R=0,80*
MSF (0,6 L ha ⁻¹)	$Y=(3,46)*EXP((0,038)X+(-0,00025)X^2)$	R=0,85*
MSF (0,8 L ha ⁻¹)	$Y=(3,15)*EXP((0,043)X+(-0,00031)X^2)$	R=0,83*
MSF (1,0 L ha ⁻¹)	$Y=(2,99)*EXP((0,043)X+(-0,00029)X^2)$	R=0,83*
MST (0,0 L ha ⁻¹)	$Y=(3,39)*EXP((0,060)X+(-0,00038)X^2)$	R=0,93*
MST (0,2 L ha ⁻¹)	$Y=(4,09)*EXP((0,052)X+(-0,00031)X^2)$	R=0,93*
MST (0,4 L ha ⁻¹)	$Y=(3,90)*EXP((0,053)X+(-0,00033)X^2)$	R=0,92*
MST (0,6 L ha ⁻¹)	$Y=(4,28)*EXP((0,050)X+(-0,00031)X^2)$	R=0,91*
MST (0,8 L ha ⁻¹)	$Y=(4,20)*EXP((0,051)X+(-0,00033)X^2)$	R=0,92*
MST (1,0 L ha ⁻¹)	$Y=(4,22)*EXP((0,049)X+(-0,00030)X^2)$	R=0,93*

*Significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

Na Figura 4 são apresentados a AP, AF, MSF e MST das plantas de trigo em função do tempo, para as diferentes doses de Etil-trinexapac. Verifica-se uma redução em AP, AF, MSF e MST, em função da aplicação do regulador de crescimento quando comparado à testemunha (Figuras 4a, b, c, d). Esta redução é mais evidenciada a partir dos 50 DAE para AP e MST e 80 DAE para AF e MSF

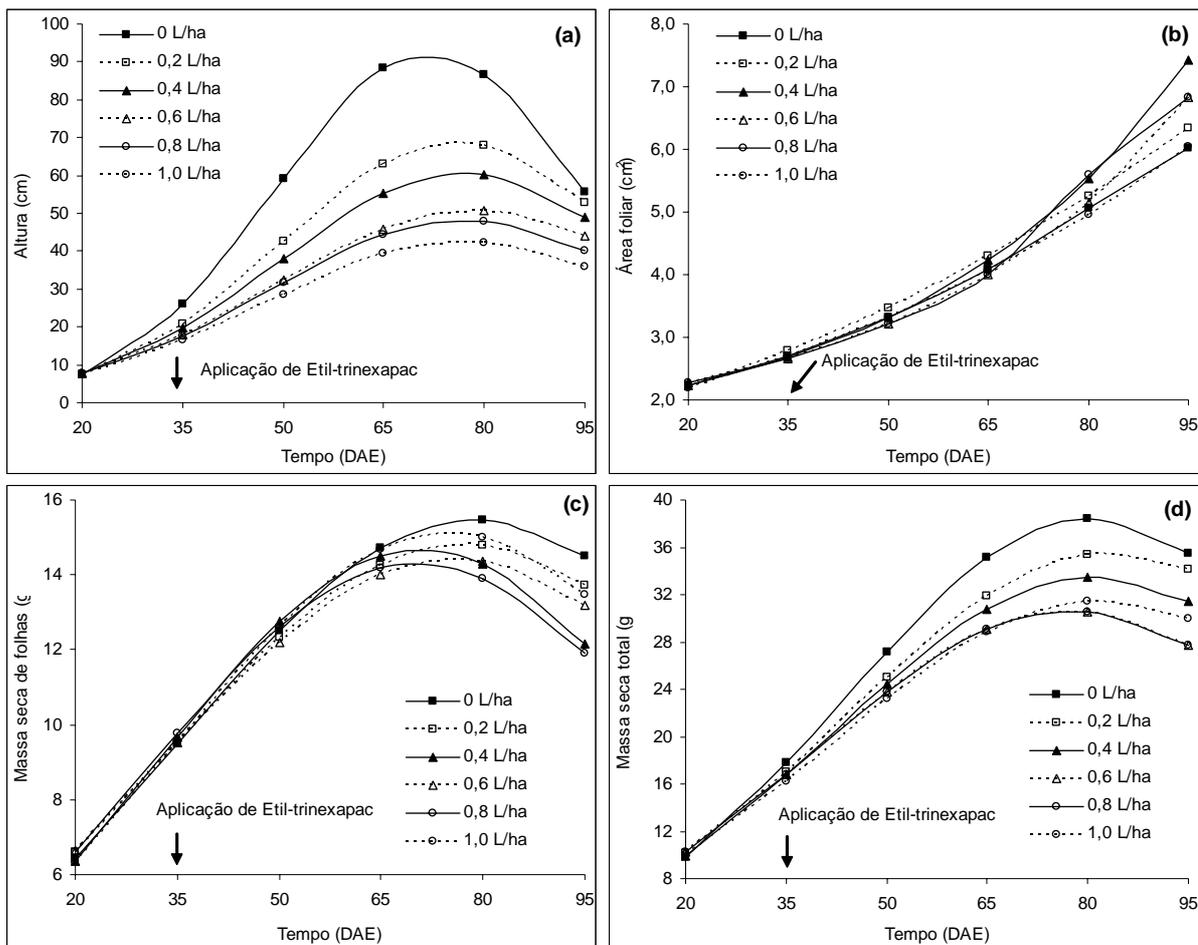


Figura 4. (a) - altura; (b) – área foliar; (c) – massa seca de folhas; e (d) – massa seca total, de plantas de trigo, cv. CD 104, em função do tempo (dias após a emergência (DAE)) e de Etil-trinexapac, aplicado via pulverização foliar, aos 35 DAE. Cafelândia – PR, 2005.

As taxas de crescimento absoluto (TCA), relativo (TCR) e taxa assimilatória líquida (TAL), bem como a razão de área foliar (RAF), são apresentadas nas Figuras 5 a, b, c, d, respectivamente. A TCA e TAL apresentaram um aumento até os 35 DAE, coincidindo com o início do alongamento e visualização do primeiro entre nó. A partir deste estágio, constatou-se uma redução destas taxas, ficando as mesmas

negativas a partir de 80 DAE. Observa-se ainda, nas Figuras 5a e 5c, que as plantas que não receberam aplicação do regulador de crescimento no início do alongamento, mantiveram maiores TCA e TAL, quando comparado às plantas tratadas com o regulador até 65 DAE. A queda nestes índices de crescimento, incluindo a TCR (Figura 5b) era esperada, visto que a velocidade de crescimento das plantas tende a reduzir com o decorrer do ciclo e o auto-sombreamento devido ao fato de que com o incremento em área foliar há queda na fotossíntese líquida. Fato constatado por Hughes & Evans, (1962) e Gomes et al. (2000) em feijoeiro irrigado e em sequeiro.

Quanto RAF, a inferioridade apresentada pela testemunha para esta variável, principalmente a partir dos 50 DAE, pode ser explicada pela maior área foliar, evidenciando o auto-sombreamento.

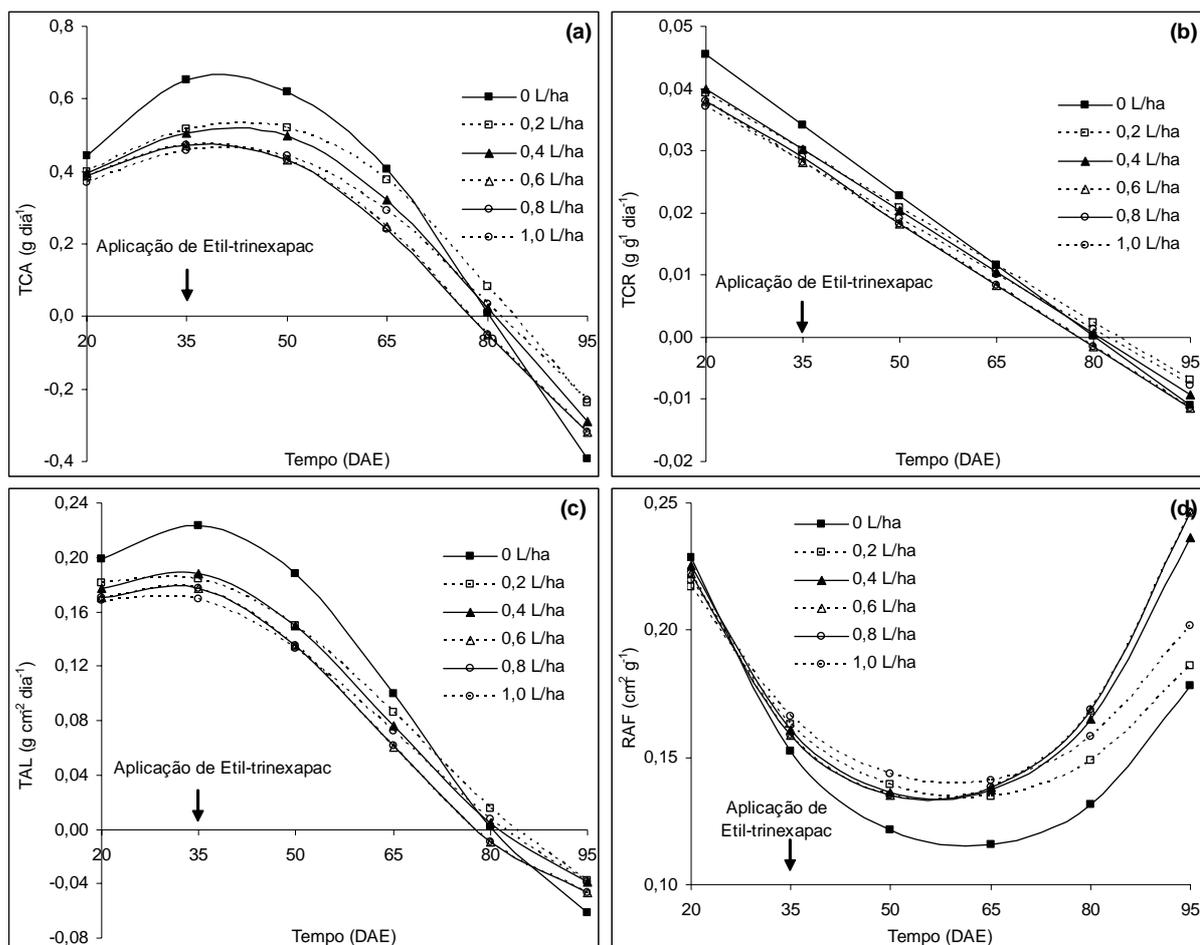


Figura 5. (a) – taxa de crescimento absoluto (TCA); (b) – taxa de crescimento relativo (TCR); (c) – taxa assimilatória líquida (TAL); e (d) – razão de área foliar (RAF) de plantas de trigo, cv. CD 104, em função do tempo (dias após a emergência (DAE)) e de Etil-trinexapac, aplicado via pulverização foliar, aos 35 DAE. Cafelândia – Pr, 2005.

Segundo Kvet et al. (1971), a análise de crescimento de comunidades vegetais é um dos primeiros passos na análise da produção primária, caracterizando-se como o elo de ligação entre o simples registro da produtividade das culturas e a análise destas por meio de métodos fisiológicos, podendo ser utilizada para conhecer a adaptação ecológica das plantas a novos ambientes, a competição específica, os efeitos de sistemas de manejo e a capacidade produtiva de diferentes genótipos. Pereira & Machado (1987) afirmaram que a análise de crescimento representa a referência inicial na análise de produção das espécies vegetais, requerendo informações que podem ser obtidas sem a necessidade de equipamentos sofisticados. Desta forma, esta ferramenta auxilia de forma significativa a explicação de mudanças nas relações fonte:dreno e distribuição de fotoassimilados e massa seca nos diferentes órgãos das plantas.

4.2 COMPONENTES DA PRODUÇÃO E PRODUTIVIDADE

Na Tabela 4 é apresentado um resumo da análise de variância para as variáveis relacionadas aos componentes da produção e produtividade da cultura do trigo, em resposta à adubação nitrogenada em cobertura e doses de Etil-trinexapac.

Tabela 4. Quadrados médios para massa de 100 grãos (M100), número de espiguetas por espiga (ESP/ESPIG), peso hectolítrico (PH), número de perfilhos viáveis por planta (PV), produtividade (PROD) e percentagem de acamamento (ACAM) de plantas de trigo (CD 104) em função de doses de Etil-trinexapac, aplicado via pulverização foliar aos 35 DAE e de nitrogênio, aplicado em cobertura. Cafelândia - PR, 2005.

FV	Quadrado Médio					
	M100	ESP/ESPIG	PH	PV	PROD	ACAM
Bloco	0,1573	1,4722 ^{ns}	4,2778*	0,1319 ^{ns}	1062105**	0,0002 ^{ns}
N	02,65*	1,333 ^{ns}	75,000**	0,187 ^{ns}	6271302**	0,0013 ^{ns}
D	0,247**	3,900*	45,983**	0,471 ^{ns}	1677844 ^{ns}	0,0004 ^{ns}
NxD	0,032 ^{ns}	0,083 ^{ns}	45,450**	0,537 ^{ns}	356510,4 ^{ns}	0,00038 ^{ns}
Resíduo	0,062	1,078	1,111	0,480	704869,7	0,0003 ^{ns}
CV (%)	6,25	5,73	1,56	19,23	32,02	5,3039

^{ns} não significativo pelo teste F; *Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; ** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

Ainda na Tabela 4, verifica-se interação significativa entre as doses de N em cobertura e doses do regulador de crescimento, apenas para o peso hectolítrico (PH). A variação da dose de adubo nitrogenado em cobertura influenciou significativamente a massa de 100 grãos (M100), PH e produtividade (PROD) da cultura. Quanto às doses de Etil-trinexapac utilizadas, estas resultaram em efeito significativo para M100, espiguetas por espiga (ESP/ESPIG) e PH.

Os resultados referentes ao teste de médias e análise de regressão são apresentados nas Tabelas 5, 6 e 7. Na Tabela 5 verifica-se ausência de efeito das doses de N em cobertura para número de espiguetas por espiga, número de perfilhos viáveis por planta e percentagem de acamamento. Também não foi verificado efeito do regulador de crescimento sobre o número de perfilhos viáveis por planta. Contudo, o número de espiguetas por espiga e percentagem de acamamento foram influenciados significativamente pelas doses de Etil-trinexapac utilizadas. A dose de 0,6 L ha⁻¹, resultou em plantas com o maior número de espiguetas por espiga sem ocorrência de acamamento, que não foi verificado acima desta dose.

Tabela 5. Número de espiguetas por espiga, número de perfilhos viáveis por planta e percentagem de acamamento de plantas de trigo (CD 104) em função de doses de Etil-trinexapac, aplicado via pulverização foliar aos 35 DAE e de nitrogênio, aplicado em cobertura. Cafelândia - PR, 2005.

Dose de Etil-trinexapac	Número de espiguetas/espiga	Número de perfilhos viáveis	Percentagem de acamamento
0,0 L ha ⁻¹	18,25 ab	4,00 a	83,13 a
0,2 L ha ⁻¹	18,50 ab	3,38 a	73,12 b
0,4 L ha ⁻¹	17,37 b	3,63 a	64,38 c
0,6 L ha ⁻¹	19,25 a	3,50 a	0,00 d
0,8 L ha ⁻¹	17,50 b	3,75 a	0,00 d
1,0 L ha ⁻¹	17,87 ab	3,38 a	0,00 d
Dose de N em cobertura	Número de espiguetas/espiga	Número de perfilhos viáveis	Percentagem de acamamento
40 kg ha ⁻¹	18,29 a	3,67 a	36,25 a
80 kg ha ⁻¹	17,96 a	3,54 a	37,29 a
CV (%)	5,73	19,23	5,30

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Em trabalho semelhante, realizado com a cultura do trigo por Cruz et al. (2000), o número de espiguetas por espiga não foi afetado pelos efeitos dos tratamentos, e o maior número de espiguetas por espiga foi constatado nas cultivares TB 961 e TB 962, mais produtivas e com ausência de acamamento.

Ainda na Tabela 5, verifica-se presença de plantas acamadas na testemunha e nas plantas que receberam aplicação de 0,2 e 0,4 L ha⁻¹ de Etil-trinexapac. Para as demais doses não foi verificado plantas acamadas na parcela experimental. As plantas que não receberam aplicação do regulador de crescimento apresentaram alta percentagem de acamamento, nas condições do experimento, fato que pode ser atribuído à cultivar utilizada, às condições ambientais e à adubação nitrogenada, que contribuíram para o maior crescimento em altura das plantas nesta safra. Esta resposta comprova a eficiência deste regulador de crescimento em reduzir o acamamento de plantas de trigo nas condições do experimento em questão, fato associado à redução da síntese endógena de giberelinas ativas e conseqüentemente à redução do alongamento celular (Taiz & Zeiger, 2004).

A redução do acamamento das plantas tratadas com reguladores de crescimento já foi evidenciada por vários autores, trabalhando com diferentes culturas Castro (2005) em cevada, Alvarez (2003), na cultura do arroz, Campos (2005) em soja e Zagonel et al. (2002) que neste caso específico verificaram a redução da altura de plantas em trigo.

Zannata e Oerlecke (1991) relataram que métodos modernos de produção, com elevadas doses de adubos, especialmente o nitrogênio, podem ser negativos, quando usados em genótipos de porte alto, pois evidenciam sua alta estatura resultando em acamamento das plantas. O mesmo foi observado com a utilização da cultivar CD 104 que possui porte médio, sendo observado o acamamento das plantas. No entanto, o uso de Etil-trinexapac não alterou a produtividade. O acamamento afeta a estrutura morfológica essencial para o uso eficiente de carboidratos e sua translocação para o grão e, quanto mais cedo ocorre, maior será a redução na produtividade e na qualidade do produto final.

Na Tabela 6, referente à massa de 100 grãos (M100) e produtividade, verifica-se efeito significativo do regulador de crescimento apenas para M100, não afetando significativamente a produtividade da cultura. Apesar desta afirmação, foi constatada uma superioridade de 1223 kg ha⁻¹ em média, entre a produtividade da

testemunha e o tratamento que recebeu a maior dose de Etil-trinexapac (1,0 L ha⁻¹). Vale destacar esta diferença em produtividade, pois apesar de não ter sido constatada diferença significativa a 5% de probabilidade, pelo teste F na análise de variância (Tabela 4), a probabilidade foi de 0,06, estando muito próximo de 0,05, que representaria uma diferença estatística. Desta forma, pode-se comentar que doses mais altas deste regulador de crescimento, apontam para uma redução na produtividade na cultura do trigo.

Tabela 6. Massa de 100 grãos e produtividade de plantas de trigo (CD 104) em função de doses de Etil-trinexapac, aplicado via pulverização foliar aos 35 DAE e de nitrogênio, aplicado em cobertura. Cafelândia - PR, 2005.

Dose de Etil-trinexapac	Massa de 100 grãos (g)	Produtividade (kg ha ⁻¹)
0,0 L ha ⁻¹	4,2 a	3306,3 a
0,2 L ha ⁻¹	3,9 ab	2964,6 a
0,4 L ha ⁻¹	4,0 ab	2431,3 a
0,6 L ha ⁻¹	4,1 a	2687,5 a
0,8 L ha ⁻¹	4,0 ab	2258,3 a
1,0 L ha ⁻¹	3,7 b	2083,3 a
Dose de N em cobertura	Massa de 100 grãos (g)	Produtividade (kg ha ⁻¹)
40 kg ha ⁻¹	3,90 b	2260,4 b
80 kg ha ⁻¹	4,05 a	2983,3 a
CV (%)	6,25	32,02

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Alvarez (2003) utilizando Etil-trinexapac na cultura do arroz não constatou diferença significativa entre os tratamentos quanto à massa de 1000 grãos. Teixeira & Rodrigues (2003) trabalhando com duas cultivares de cevada, com duas doses de N em cobertura, (45 e 135 kg ha⁻¹) e doses de Etil-trinexapac (0,0; 0,3; 0,4 e 0,5 L ha⁻¹), observaram aumento na massa de 100 grãos para a cultivar EMBRAPA 127, no entanto, não houve diferença para massa de grãos com ou sem o uso do retardante vegetal na variedade MN 698. Zanon (2002) também não verificou diferença nos tratamentos realizados com Cloreto de mepiquat no algodoeiro para a variável massa de 100 grãos, resultado este semelhante a encontrado por Laca-

Buendia (1989) e Athayde & Lamas (1994), demonstrando que o uso de retardante vegetal em doses controladas não altera o rendimento de grãos e consequentemente, a produtividade.

Na Tabela 6, observa-se que a utilização da dose de 0,6 L ha⁻¹ apresentou melhores resultados referentes à Massa de 100 grãos (g) e Produtividade (kg ha⁻¹) devido ao controle do acamamento acarretado na utilização da mesma. Nota-se também na Tabela 5, que esta dose ainda foi superior às demais em número de espiguetas por espiga e demonstrando ainda o controle no percentual de acamamento. Este fato indica que a dose ideal de Etil-trinexapac aplicado em pulverização foliar aos 35 DAE em função do nitrogênio aplicado em cobertura foi de 0,6 L ha⁻¹, para a cultivar CD 104.

Ainda na Tabela 6, quanto ao efeito do nitrogênio, verifica-se que a dose de 80 kg ha⁻¹ proporcionou aumento na M100 e produtividade, favorecendo, principalmente o enchimento de grãos, que resultou em grãos mais pesados. Resultados semelhantes foram obtidos por Teixeira & Rodrigues (2003), que constataram que uma dose maior de nitrogênio em cobertura (65 kg ha⁻¹) determinou o acréscimo dos componentes de produção, quando comparados com uma dose menor (45 kg ha⁻¹). Estes relataram ainda, que o acréscimo de 20 kg ha⁻¹ de nitrogênio aplicado em cobertura determinou o aumento de 12,2% no número de espigas/m² e 13,5% no número de grãos por espiga, e provocou também redução da massa de grãos em 1,6%, o que mostra o efeito de compensação entre os componentes da produção.

Na Tabela 7 são mostrados os resultados referentes ao peso hectolítrico (PH), onde verificou-se que houve interação significativa para esta variável entre as doses de regulador de crescimento aplicadas e as doses de adubação nitrogenada em cobertura (Tabela 4). Observa-se que a maior dose de N em cobertura (80 kg ha⁻¹) apresentou maiores valores de PH a partir da utilização de 0,6 L ha⁻¹ de Etil-trinexapac, enfatizando esta como dose ideal para o controle de acamamento e nesse caso maior PH. Verifica-se que a testemunha apresentou maior PH, quando comparada aos demais tratamentos, que receberam aplicação do regulador de crescimento, indicando certo efeito negativo de doses excessivas deste regulador de crescimento no enchimento de grãos, para a cultura do trigo, refletindo na produtividade, como já discutido. Verifica-se efeito da adubação nitrogenada de cobertura, quando se aplicou doses mais elevadas de Etil-trinexapac (superiores a

0,4 L ha⁻¹), sendo o PH superior nos tratamentos que receberam 80 kg ha⁻¹ de N em cobertura em comparação aos que receberam 40 kg ha⁻¹.

Tabela 7. Desdobramento da Interação NxD para Peso hectolítrico de plantas de trigo (CD 104) em função de doses de Etil-trinexapac, aplicado via pulverização foliar aos 35 DAE e doses de N em cobertura. Cafelândia - PR, 2005.

Dose de Etil-trinexapac	Peso hectolítrico	
	40 kg ha ⁻¹	80 kg ha ⁻¹
0,0 L ha ⁻¹	71,00 abA	70,00 abA
0,2 L ha ⁻¹	68,75 abcA	68,50 abA
0,4 L ha ⁻¹	68,00 bcA	67,00 cA
0,6 L ha ⁻¹	65,25 cB	68,50 abA
0,8 L ha ⁻¹	57,50 dB	69,00 abA
1,0 L ha ⁻¹	66,50 bcB	69,00abA
CV (%)	1,56	

Médias seguidas da mesma letra, minúsculas, na coluna e maiúsculas, na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Considerando-se ainda a produtividade, em trabalho realizado por Rodrigues et al. (2003), testando redutores de crescimento em trigo, o uso de Etil-trinexapac e Cycocel mostraram-se seletivo a cultura do trigo, não havendo prejuízo na produtividade da cultura, uma vez que as doses controladas não impediram a translocação de nutrientes e o enchimento de grãos. Estes encontraram ainda efeito positivo do redutor de crescimento na produtividade de trigo, provavelmente como resultado do controle de acamamento, pela redução do porte da cultura. No presente trabalho, com as altas percentagens de acamamento apresentadas pela testemunha, que não recebeu aplicação do regulador de crescimento Etil-trinexapac, fica evidente as prováveis perdas em produtividade que ocorreriam no momento da colheita.

5 CONCLUSÕES

Ao observar os resultados obtidos no trabalho apresentado, conclui-se:

- O Etil-trinexapac reduziu a altura de plantas e não influenciou a produtividade do trigo cultivar CD 104, porém mostrou-se efetivo no controle do acamamento;
- As doses de Etil-trinexapac aplicadas nas plantas de trigo, no início do alongamento reduziram os índices fisiológicos de crescimento das mesmas quando comparado à testemunha; sendo $0,6 \text{ L ha}^{-1}$ a dose indicada para melhor controle de acamamento sem alterar a produtividade;
- As doses de nitrogênio aplicadas em cobertura foram efetivas em promover incrementos na produtividade do trigo, destacando-se o uso de 80 kg ha^{-1} .

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMS, R.; KERBER, E.; PFISTER, K.; WEILER, E. W. Studies on the action of the new growth retardant CGA 163'935 (Cimectacarb). In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PLANT GROWTH SUBSTANCES, 14., 1991, Amsterdam. Progress in plant growth regulation: **Proceeding...** Dordrecht: Kluwer, 1992. p. 817-827. Editado por C. M. Karssen, L. C. van Loon e D. Vreugdenhill.

AGRIANUAL - **Anuário da Agricultura Brasileira**. São Paulo: FNP Consultoria & Comércio. 2000. 546 p.

AGROMIL. **Origem do Trigo**. <http://www.agromil.com.br/3mil/trigo.htm> 2007.

ALMEIDA, J. L.; RUPPEL, E. C.; KUNZ, R. Efeito da aplicação do regulador de crescimento trinexapac-etil na cultura da cevada. In: REUNIÃO ANUAL DE PESQUISA DE CEVADA, 20., 2000. **Anais...** Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2000, 2001. v.1, p. 199-205.

ALVAREZ, R. de C. F. **Absorção e distribuição e redistribuição de nitrogênio (¹⁵N) em cultivares de arroz de terras altas em função da aplicação de reguladores vegetais**. Botucatu, 2003. 86 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agronômicas, UNESP, Botucatu.

ARF, O; RODRIGUES, R.A.F.; EUSTÁQUIO DE SÁ, M.; CRUSCIOL, C.A.C. Resposta de cultivares de arroz de sequeiro ao preparo do solo e à irrigação por aspersão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, n.6, p.871-879, 2001.

ARTECA, R. N. **Plant growth substances: principles and applications**. New York: Chapman & Hall, 1995. 332p.

ATHAYDE, M. L. F.; LAMAS, M. F. Aplicação sequencial de cloreto de mepiquat em algodoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 34, n. 3, p. 369-375, 1994.

BARRET, J.E. Mechanisms of action, In: **Tips on the use of chemical growth regulators on floriculture crops**. Ohio, OhioFlorists Association, p.12-18. 1992.

BENINCASA, M.M.P. **Análise de Crescimento de Plantas (Noções Básicas)**. Jaboticabal: FUNEP, 1998. 42p.

BRANCOURT, H. M.; DOUSSINAULT, G.; LECOMTE C.; BERARD P.; LEBUANEC, B.; TROTTEY, M. Genetic improvement of agronomic traits of winter wheat cultivars released in France from 1946 to 1992. **Crop Science**, Madison, v.43, n. 1, p. 37-45, 2003.

BRIGGS, G.E., KIDD, F., WEST, C. **A quantitative analysis of plant growth. Part.II.** *Ann. Appl. Biol.*, v.7, n.2/3, p.202-23, 1920.

CAMPOS, M. F. **Efeitos de reguladores vegetais no desenvolvimento de planta de soja (*Glycine max (L.) Merrill*)**. Botucatu, 2005. 126 p. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas (Botânica) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, UNESP, Botucatu.

CARDOSO, M. J.; FONTES, L. A. N.; LOPES, N. F. Partição de assimilados e produção de matéria seca de milho em dois sistemas de associação com feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Ceres**, Viçosa, v.34, n.191, p. 71-89, 1987.

CARVALHO, L. H.; CHIAVEGATO, E.J.CIA, E.; KONDO, J. L; SABINO, J.C, PITTINELLI JUNIOR, A.; BORTOLLETO, N., GALLO, P. B. Fitorreguladores de crescimento e capação na cultura algodoeira. **Bragantina**, Campinas, v.53, n. 2, p. 247-254, 1994.

CASTRO, P.R.C.; & BARBOSA, L.M. Ação de reguladores na germinação do algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L. c.v. 'IAC-17'). **Anais da E.S.A "Luiz de Queiroz"**. Piracicaba, v.35;p.417-30, 1997.

CASTRO, P. R. C. **Hormônios Vegetais.**
<http://www.ciagri.usp.br/lazaroop/FisioVegGrad /Hormonios.html>, capturado em 10/11/2005.

CASTRO, P. R. C.; MELOTTO, E. Bioestimulantes e hormônios aplicados via foliar. In: BOARETO, A. E. ROSOLEM, C. A. **Adubação foliar**. Campinas: Fundação Cargil, 1989. v. 1, p. 191-235.

CASTRO, P.R.C. & VIEIRA, E.L. **Aplicações de reguladores vegetais na agricultura tropical**. Guaíba: Livraria e Editora Agropecuária, 2001. 588 p.

CATHEY, G. W.; MEREDITH JUNIOR, W. R. Cotton response to planting date and mepiquat chloride. **Agronomy Journal**, Madison, v. 80, p. 463-466, 1988.

CHOLAKY, L.; GIAYETTO, O.; SGARLATTA, J. Influencia de la poblacion de plantas sobre el desarrollo y rendimiento del girasol. **Revista da Universidad Nacional de Rio Cuarto**, Argentina, v.1, n.1, p3-14, 1981.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Indicadores da Agropecuária**, Brasília, n. 4, 2007. 63 p.

COOL, J. B.; RODRIGO, G. N.; GARCIA, B. S. TAMÉS, R. S. Crescimento y desarrollo: características general del crecimiento, Auxinas, Giberelinas, Citoquininas, Etileno y poliaminas, Ácido abscísico y otros inibidores. In COLL, J. B.; RODRIGO, G. N.; GARCIA, B. S. TAMÉS, R. S. **Fisiologia Vegetal** Madrid: Ediciones Pirámide, 2001. p. 295 – 376.

CRUZ, P. J.; CARVALHO, F. I. F de; CAETANO, V. da R.; SILVA S. A.; KUREK, A. J.; MARCHIORO, V. S.; LORENCETTI C.; Efeito do Acamamento Induzido em Trigo, **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, RS v.6, nº2, 112-114, 2000.

DAVIES, P. J. The plant hormones; their nature, occurrence, and functions. In: DAVIES P. J. **Plant hormones: physiology, biochemistry and molecular biology**. 2. ed. London: Kluwer Academic Publishers, 1995. p. 1-13.

DAVIES, P. J. The plant hormones; their nature, occurrence, and functions. In: DAVIES P. J. **Plant hormones and their role in plant growth and development**. Netherlands: Kluwer Academic, 1987. p. 1-23.

EMBRAPA - CNPSo.. **Embrapa Trigo** – Paraná – 1999. Londrina, PR. 208p. (Embrapa Trigo, Sistemas de Produção 8). 2006

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA Plataforma: Plantio Direto (www.embrapa.br/plantiodireto). Capturado em 18/11/2005).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Plataforma: Informações Técnicas para a safra 2007 Trigo e Triticale Direto (www.embrapa.br). Capturado em 14/07/2007).

FAHN. A. **Plant Anatomy**. 2 ed. Oxford: Pergamon Press, 1975. 611 p.

FAGERNESS, M. J.; PENNER, D. 14C-trinexapac-ethyl absorption and translocation in Kentucky bluegrass. **Crop Science**, Madison, v. 38, p. 1023-1027, 1998.

FIGUEIREDO, R. O. de. **Influência de reguladores vegetais na produção de biomassa, teor de óleos essenciais e de citral em *Cymbopogon citratus* (D.C) Stapf, em diferentes épocas do ano**. 1998. 77 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) – Instituto de Biociências – UNESP, Botucatu.

GARCIA-MARTINEZ, J.L., SPONSEL, V.M. & GASKIN, P. Gibberellins in developing fruits of *Pisum sativum* cv. Alaska: studies on their role in pod growth and seed development. **Planta**, v.170 p.130-137, 1987.

GARCIA, R. R.; **Efeito de reguladores vegetais no desenvolvimento de plantas de alfafa (*Medicago sativa* L.) cv. "CRIOULA"**. Universidade de Marília – UNIMAR Faculdade de Ciências Agrárias, março de 2006.

GHELLER A. C. A.; **Resultados da aplicação de maturadores vegetais em cana-de-açúcar, variedades rb72454 e rb835486 na região de araras, SP**. São Paulo – Dissertação de mestrado Rogério do Nascimento (Voluntário); (O); (DBV/UFSCar) 2006.

GOMES, A. A. Acumulação de biomassa, características fisiológicas e rendimento de grãos em cultivares de feijoeiro irrigado e sob sequeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35,n.10, p.1927-1937, 2000.

GOSS, R. M.; BAIRD, J. H.; KELM, S. L.; CALHOUN, R. N. Trinexapac-ethyl and nitrogen effects on creeping bentgrass grown under reduced light conditions. **Crop Science**, Madison, v. 42, p. 423-427, 2002.

GRAEBE, J.E. Gibberellin biosynthesis and control. **Annual Review of Plant Physiology** v.38, p.419-465, 1997.

HARTMANN, H.T.; KOFRANEK, A.M.; RUBATZKY, V.E. & FLOCKER, W.J. **Plant science: growth, development and utilization of cultivated plants**. 2.ed. New Jersey: Regents/Prentice Hall, 1988. 674p.

HERTWIG, K.V. **Manual de herbicidas desfolhantes, dessecantes e fitorreguladores**. São Paulo: Ed. Agronômica Ceres, 1977. 480p.

HOFFMAN, G. Use of plant growth regulators in arable crops: Survey and outlook. In: International Conference Of Plant Growth Substances, 14, 1991, Amsterdam. Progress in plant growth regulation: **Proceedings...** Dordrecht: Kluwer, 1992. p. 798-808. Editado por C. M. Karssen, L. C. van Loon e D. Vreugdenhill.

HOOLEY, R. Gibberellins: perception, transduction and responses. **Plant Molecular Biology** v.26, p. 1529-1555 1994.

HOPKINS, H. G. **Introduction to Plant Physiology**. 2. ed. New York: John Wiley, 1999. 512 p.

HUGHES, A. P.; EVANS, G. C. Plant growth and the aerial environment. II. Effects of light intensity on *Impatiens parviflora*. **New Phytologist**, v.61, p. 154-174, 1962.

IBARRA, R.W.E. **Comparación y validación de métodos de estimación de área foliar em ocho cultivares de sorgo granífero (*Sorghum bicolor* (L.) Moench)**. Maracay, 1985. 112p. Tesis de grado – Facultad de Agronomía, U.C.V.

JORGE, Y.; GONZALES, F. Estimación del área foliar en los cultivos de ají y tomate. **Agrotecnia de Cuba**, Havana, v.27, n.1, p.123-126, 1997.

KAUFMANN, J.E. Practical considerations in using growth regulators on turfgrass. In: **Plant growth substances** 1988: Eds. PHARIS, R.P. & ROOD, S.B. Germany, Springer-Verlag Heidelberg. p. 585-594. 1990.

KVET, J., ONDOCK, J. P., NECAS, J., JAVIS, P. G. Methods of growth analysis. In: SESTAK, Z., CATSKY, J., JARVIS, P. G. (eds.). **Plant photosynthetic production: manual of methods**. The Hague: W. Junk, 1971. p. 343-91.

HUNT, R. **Plant growth curves: The functional approach to plant growth analysis**. London Arnold E. 1982, 248p.

LACA-BUENDIA, J. P. Efeito de doses de regulador de crescimento no algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.). **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**. v.1, n.1, p. 109-113, 1989.

MANOSSO, F. C.; A Produtividade da Soja, Trigo e Milho e Suas Relações Com A Precipitação Pluviométrica no Município de Apucarana- PR no Período de 1968 a 2002. **Revista do Departamento de Geociências**, V. 14 n.1, 2005.

MARTINS, M. B. G.; e CASTRO, P. R. C. e. Reguladores vegetais e a anatomia da folha de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cv. Ângela Gigante. **Sci. agric.**, Piracicaba, v.56, n.3, p.693-703, 1999.

MASCARENHOS. H,A. A .; TANAKA, R.T.; WULKE, E.B. **Nitrogênio aduba a lavoura** http://www.agrolink.com.br/colunistas/pg_detalhe_coluna.asp?cod=578 capturado em agosto de 2005.

MODESTO, J.C.; RODRIGUES, J.D.; PINHO, S.Z. Efeitos da aplicação de ácido giberélico (GA₃) em "seedlings" de limão "Cravo" (*Citrus limonia* Osbeck). In: REUNIÃO ANUAL DA SBPC, 46, Vitória, 1994. **Anais**. Vitória, 1994. p.16.

MUNDSTOCK, C. M. **Planejamento e manejo integrado da lavoura de trigo**. Porto Alegre: UFRG – Faculdade de Agronomia, 1999 228p.

NAQVI, S. S. M. Plant growth hormones; growth promoters and inhibitors. In: PESSARAKLI, M. **Handbook of plant and crop physiology**. New York: Marcel Dekker, p. 527-56, 1994.

NEENAN, M.; SPENCER-SMITH, J.L. An analysis of the problem of lodging with particular reference to wheat and barley. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v.81, p.495-507, 1971.

ONO, E. O; JUNIOR G. F. J.; RODRIGUES D. J.; Reguladores vegetais na quebra da dominância apical de mamoeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal SP, v.26 n.2 p. 348-350, 2004.

PELTONEN-SAINIO, P.; RAJALA, A.; SIMMONS, S.; CASPERS, R.; STUTHMAN, D. D. Plant growth regulator and daylength effects on preanthesis main shoot and tiller

growth in conventional and dwarf oat. **Crop Science**, Madison, v. 43, p. 227-233, 2003.

PEREIRA, A.R.; MACHADO, E.C. **Análise quantitativa de crescimento de vegetais**. Campinas: Instituto Agronômico, 1987. 33p. (IAC. Boletim Técnico, 114).

PINTHUS, M.J. Lodging in wheat, barley, and oats: the phenomenon, its causes, and preventive measures. **Advances in Agronomy**, New York, v.25, n.1, p.208-263, 1973.

PORTES, T. A.; CASTRO JÚNIOR, L. G. Análise de crescimento de plantas: um programa computacional auxiliar. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 3, n. 1, p. 53-56, 1991.

PÖTTKER, D.; ROMAN, E.S. Efeito do nitrogênio em trigo cultivado após diferentes sucessões de culturas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.33, n.5, p.537-541, 1998. (Número Especial).

QIAN, Y. L.; ENGELKE, M. C.; Influence of trinexapac-ethyl on diamond zoysiagrass in a shade environment. **Crop Science**, Madison, v.39, p. 202-208, 1999.

RADEMACHER, W. Growth retardants: effects on gibberellin biosynthesis and other metabolic pathways. **Annu Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol**, Germany, v. 51, p. 501-531, 2000.

RADFORD, P.J. Growth analysis formulae: **Their use and abuse**. *Crop Science*, v.7, n.3, p.171-175, 1967.

RAVEN, P.H.; EVERT, R.F.; EICHHORN, S.E. **Biologia vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1992.

REDDY, V. R.; REDDY, K. R.; HODGES, H. F. Temperature and mepiquat chloride effects on cotton canopy architecture. **Agronomy Journal**, Madison, v. 82, n. 2, p. 190-195, 1990.

RESENDE, P. A. P.; SOARES, J. E.,HUDETZ, M. Moddus, a plant grow regulator and management tool for sugarcane production in Brasil. **Int. Sugar. Jnl.**, v.103, n. 1225, p. 2-6, 2001.

RODRIGUES, O.; DIDONET, A. D.; TEIXEIRA, M.C.C.; ROMAN, E. S. **Redutores de crescimento**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2003. 18 p. html. (Embrapa Trigo. Circular Técnica Online; 14) disponível: http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/ci/p_ci14.htm

RODRIGUES, O.; TEIXEIRA, M.C.C.; **Efeito da adubação nitrogenada, arranjo de plantas e redutor de crescimento no acamamento e em características de cevada**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2003.

SALISBURY, F. B.; ROSS, C. W. Hormones and growth regulators: cytokinins, ethylene, abscisic acid and other compounds. In: **Plant physiology**. 4. Ed. Belmont: Wadsworth Publishing Company, 1992, p. 382 – 407.

SALISBURY, F.B.; ROSS, C. W. **Fisiologia Vegetal**. Trad. Virgilio González Velázquez. México: grupo editorial, Iberoamérica, 1994, 759p.

SCHMIDT, E. **Efeito de densidade e do arranjo de plantas no rendimento de aquênios e óleo, e em outras características agrônômicas do girassol**. Porto Alegre: Fac. Agronomia, UFRGS, 1985. 97 p. Dissertação de Mestrado Agronomia-Fitotecnia.

SEAB. Secretaria do Estado de Agricultura e do Abastecimento – Departamento de Economia Rural. Curitiba. Disponível: www.pr.gov.br/seab acessado em 14 de Julho de 2007.

SHARMA, B. D.; KAUL, H. N.; SINGH, M. Growth analysis of potato varieties in autumn in subtropical conditions. **New Botanist**, Lucknow, v.20, n.54, p 55-64, 1993.

STEPHEN, M., SWAIN, J.B.R. & KAMIYA, Y. Gibberellins are required embryo growth and seed development in peach. **The Plant Journal**, v.12 p.1329-1338, 1997.

STOWE, B. B.; YAMAKI, T. The History and physiological action of the gibberellins. **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, California, v. 8, p. 181-216, 1957.

SUGE, H.; OSADA, A. Inhibitory effect of growth retardants on the induction of flowering in winter wheat. **Plant and cell physiology**, v.7,p. 617-630, 1966.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant Physiology**. 2ed. Sunderland: Sinauer Associates, 1998. 792 p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal** 3 ed., Porto Alegre: Artmed Editora S.A, 719 p. 2003.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Auxina: O hormônio de crescimento, Citocininas: reguladores da divisão celular e Giberelina: reguladores da altura dos vegetais. In: TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. p. 449-540.

TAKAHASHI, N.; YAMAGUCHI, I.; YAMANE, H. Gibberellins. In: TAKAHASHI, N. (Ed.) **Chemistry of plant hormones**. Boca Raton: CRC Press, 1988. cap.3, p.57-151.

TATNELL, J. A. The relationship between height reduction, lodging control and yield in winter barley following use of trinexapac-ethyl. In: BRIGHTON CROP PROTECTION CONFERENCE WEEDS. 1995, Brighton. **Proceedings...** Farnham: BCPC, 1995. v.2, p. 635-640.

TREHARNE, K. J.; CHILD, R. D.; ANDERSON, H.; HOAD, G. H.; Growth regulation of arable crops. **Plant growth substances**, Berlin: Springer-Verlag, 1995. p. 343-374.

VAN HUIZEN, R., OZGA, J.A. & REINECKE, D.M. Seed and hormonal regulation of gibberellins 20-oxidase expression in pea pericarp. **Plant Physiology** v.115 p.123-128, 1997.

URCHEI, M. A. Análise de crescimento de duas cultivares de feijoeiro sob irrigação, em plantio direto e preparo convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.3, p.497-506, 2000.

WATANABE, T. Lodging resistance. In: MATSUO, T., FUTSUHARA, F., YAMAGUCHI, H. **Science of the rice plant**. Tokyo : Food and Agriculture Policy Research Center, 1997. v.3: Genetics: p.567-577.

WIERSMA, D. W.; OPLINGER, E. S.; GUY, S. O. Environment and cultivar effects on winter wheat responses to ethephon plant growth regulator. **Agronomy Journal**, Madison, v. 78, n. 5, p. 761-764, 1986.

WHALE, D.M., HEILMEIER, H., MILBRODT, H. The application of growth analysis to structure experimental designs and a new procedure for estimating unit leaf rate and its variance. **Ann. Bot. (Lond.)**, v.56, p.631-50, 1985.

ZAGONEL, J.; VENÂNCIO, W. S.; KUNZ, R. P.; TANAMATI, H. Doses de nitrogênio e densidades de plantas com e sem um regulador de crescimento afetando o trigo, cultivar OR-1. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, n.1, p.25-29, 2002.

ZANATTA, A. C. A.; OERLECKE, D. Efeito de genes de nanismo sobre alguns caracteres agronômicos e morfológicos de *Triticum aestivum* (L.) Thell. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 26, p. 1001-1016. 1991.

ZANON, G. D. **Manejo de cultivares de algodoeiro em densidade populacional com o uso de reguladores de crescimento**. Piracicaba, 2002. Dissertação (mestrado). Escola Superior de Agricultura. Luiz de Queiroz.