

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CAMPUS FREDERICO WESTPHALEN  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

Marcelo Damaceno da Silva

**EFEITOS DO TRINEXAPAC-ETHYL SOBRE O CRESCIMENTO E  
PRODUTIVIDADE DA CULTURA DO TRIGO.  
(REVISÃO BIBLIOGRÁFICA)**

Frederico Westphalen, RS  
2022

**Marcelo Damaceno da Silva**

**EFEITOS DO TRINEXAPAC-ETHYL SOBRE O CRESCIMENTO E  
PRODUTIVIDADE DA CULTURA DO TRIGO.  
(REVISÃO BIBLIOGRÁFICA)**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Graduação em Agronomia, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), Campus Frederico Westphalen – RS, como requisito parcial para obtenção do grau de **Engenheiro Agrônomo.**

**Orientador: Prof. Dr. Claudir José Basso**

Frederico Westphalen, RS, Brasil  
2022

**Marcelo Damaceno da Silva**

**EFEITOS DO TRINEXAPAC-ETHYL SOBRE O CRESCIMENTO E  
PRODUTIVIDADE DA CULTURA DO TRIGO.  
(REVISÃO BIBLIOGRÁFICA)**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Graduação em Agronomia, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), Campus Frederico Westphalen – RS, como requisito parcial para obtenção do grau de **Engenheiro Agrônomo.**

**Aprovado em 09 de Setembro de 2022:**

---

**Dr. Claudir José Basso UFSM**  
(Presidente/Orientador)

---

**Dra. Denise Schmidt UFSM**

---

**Janine Diéle Feltes UFSM/ PPGAAA**

Frederico Westphalen, RS  
2022

## **AGRADECIMENTOS.**

Agradeço a Deus por me guiar durante essa importante etapa de minha vida.

Aos meus pais por todo esforço que fizeram e o apoio constante em minhas decisões. “Vocês foram fundamentais para me manter firme em busca deste sonho”.

A Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), em especial, o Campus de Frederico Westphalen e aos professores do curso de agronomia por todas as oportunidades e aprendizados que me proporcionaram.

Ao Prof. Dr. Claudir José Basso pela orientação neste trabalho, compreensão, paciência e disponibilidade em ajudar.

Ao laboratório de agroclimatologia, Grupo PET Ciências Agrárias e AGR Júnior consultoria Agrônômica por todas as oportunidades, experiências e desenvolvimento que me proporcionaram.

A todos os colegas e amigos que estiveram junto comigo na busca e construção de conhecimento.

## RESUMO

### **EFEITOS DO TRINEXAPAC-ETHYL SOBRE O CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DA CULTURA DO TRIGO. (REVISÃO BIBLIOGRÁFICA)**

AUTOR: Marcelo Damaceno da Silva  
ORIENTADOR: Claudir José Basso

O trigo está entre os cereais mais importantes do mundo, sendo utilizado para diversas finalidades e desempenhando papel fundamental no sistema de produção na região sul do Brasil. Diante da grande demanda por este cereal, os cultivos estão cada vez mais tecnificados e intensivos, buscando melhores produtividades. Neste sentido, crescem a busca por técnicas de manejo de altos rendimentos, como é o caso do uso de altas doses de adubação nitrogenada. O nitrogênio desempenha papel fundamental no rendimento e qualidade de grãos, no entanto, quando este nutriente é aplicado em altas doses ocorre aumento da chance de ocorrência de acamamento em virtude do aumento de estatura das plantas. O acamamento está entre os fatores que mais podem limitar a produtividade do trigo e comprometer a qualidade de grãos, ele pode ser caracterizado por um estado permanente de modificação da posição do colmo em relação à sua posição original, que resulta em plantas recurvadas e até mesmo na quebra de colmos. Para reduzir os riscos de acamamento do trigo uma das alternativas possíveis é a aplicação de redutor de crescimento, que são substâncias que tem por finalidade principal a redução da estatura e melhor estruturação das plantas, diminuindo o acamamento, otimizando o uso da radiação solar, facilitando a colheita mecanizada e ainda possibilitando aumento da produtividade. O trinexapac-ethyl atua no balanço das giberelinas, reduzindo o crescimento da planta e melhorando sua arquitetura. O objetivo deste trabalho foi fazer uma revisão de literatura sobre o uso de trinexapac-ethyl e seus efeitos no trigo. Diante dos resultados foi possível concluir que o trinexapac-ethyl reduz a altura de plantas, acamamento, melhorara a arquitetura foliar e em alguns casos aumenta a produtividade.

**Palavras-Chave:** *Triticum aestivum*, regulador de crescimento, acamamento.

## ABSTRACT

### EFFECTS OF TRINEXAPAC-ETHYL ON WHEAT GROWTH AND PRODUCTIVITY. (LITERATURE REVIEW)

AUTHOR: Marcelo Damaceno da Silva  
ADVISOR: Claudir José Basso

Wheat is among the most important cereals in the world, being used for different purposes and playing a fundamental role in the production system in southern Brazil. Faced with the great demand for this cereal, crops are increasingly technified and intensive, seeking better productivity. In this sense, the search for high-yield management techniques grows, such as the use of high doses of nitrogen fertilization. Nitrogen plays a fundamental role in grain yield and quality, however, when this nutrient is applied in high doses, there is an increase in the chance of lodging due to the increase in plant height. Lodging is among the factors that can limit wheat productivity and compromise grain quality, it can be characterized by a permanent state of modification of the position of the stalk in relation to its original position, which results in recurved plants and even in culm breakage. To reduce the risks of wheat lodging, one of the possible alternatives is the application of growth reducers, which are substances whose main purpose is to reduce the stature and improve the structuring of plants, reducing lodging, optimizing the use of solar radiation, facilitating mechanized harvesting and still enabling increased productivity. Trinexapac-ethyl acts on the balance of gibberellins, reducing plant growth and improving its architecture. The objective of this work was to review the literature on the use of trinexapac-ethyl and its effects on wheat. In view of the results, it was possible to conclude that trinexapac-ethyl reduces plant height, lodging, improves leaf architecture and in some cases increases productivity.

**Keywords:** *Triticum aestivum*, growth regulator, lodging.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>9</b>
2.1	A CULTURA DO TRIGO .....	9
2.2	ADUBAÇÃO NITROGENADA .....	11
2.3	ACAMAMENTO DE PLANTAS .....	12
2.4	ALTERNATIVAS PARA REDUZIR ACAMAMENTO.....	13
2.5	REGULADORES DE CRESCIMENTO .....	14
2.6	TRINEXAPAC-ETHYL .....	14
2.7	EFEITOS SOBRE O CRESCIMENTO VEGETATIVO.....	15
2.8	EFEITOS SOBRE PRODUTIVIDADE.....	18
<b>3</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>22</b>
<b>4</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>23</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>24</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O trigo (*Triticum aestivum*) é um dos cereais mais importantes do mundo, sendo utilizado na alimentação humana, animal e elaboração de produtos não alimentícios. Na região sul do Brasil, a cultura é a principal alternativa para o cultivo no inverno, pois além de ser uma opção rentável financeiramente, favorece o sistema de produção em função da palhada deixada pela cultura após a colheita (SCHUCH et al., 2000).

A crescente demanda por trigo, torna necessária a busca por técnicas que proporcionem aumento em quantidade e qualidade na produção ao mesmo tempo em que alcancem a eficiência econômica do cultivo. Desta forma ganham destaque o uso de cultivares modernas associado a adoção de eficientes técnicas de manejo (STEFEN et al., 2014).

Neste aspecto, o manejo do nitrogênio na cultura do trigo é um ponto chave na busca por altos rendimentos, pois este nutriente está entre os requeridos em maior quantidade no cultivo de trigo (PENCKOWSKI et al., 2010). A prática da aplicação de altas doses de nitrogênio na cultura do trigo têm sido adotada nos cultivos, uma vez que o nutriente é extremamente importante para produtividade da cultura e qualidade dos grãos. No entanto, doses elevadas de nitrogênio aumentam as chances de ocorrência de acamamento de plantas, fenômeno que causa grandes prejuízos na cultura (ZAGONEL & FERNANDES, 2007).

O acamamento de plantas é caracterizado por um estado permanente de modificação da posição do colmo em relação à sua posição original, que resulta em plantas recurvadas e até mesmo na quebra de colmos. Sua ocorrência prejudica a produtividade e a qualidade dos grãos, causa desbalanço de nutrientes, decréscimo da fotossíntese, redução na assimilação e translocação de carboidratos e minerais e aumento da severidade das doenças, além de dificultar a colheita do grão de forma mecanizada (RODRIGUES et al., 2003).

Os reguladores de crescimento são substâncias químicas que quando aplicadas às plantas reduzem as chances de ocorrência de acamamento por meio da redução da estatura. Além disso, otimizam o uso da radiação solar, facilitam a colheita mecanizada e ainda possibilitam aumento da produtividade (ZAGONEL & FERNANDES, 2007).

O trinexapac-ethyl é um redutor de crescimento que atua nas plantas, reduzindo a alongação celular e conseqüentemente a altura do colmo no estágio vegetativo e inibindo a biossíntese do ácido giberélico. Este redutor atua no balanço das giberelinas, reduzindo os níveis do ácido giberélico ativo GA1 e aumentando significativamente o seu precursor biossintético imediato GA20 (NAKAYAMA et al., 1990). A redução do nível do ácido giberélico ativo é a provável causa da inibição do crescimento das plantas (RADEMACHER, 2000).



Desta forma o objetivo deste trabalho foi fazer uma revisão de literatura sobre o uso de trinexapac-ethyl e seus efeitos no trigo.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 A CULTURA DO TRIGO

O trigo (*Triticum aestivum L.*) está entre os cereais mais antigos e importantes do mundo devido à sua participação no desenvolvimento da civilização, agricultura mundial e importância na alimentação humana e animal. O cultivo, hoje difundido mundialmente, teria iniciado há 10 mil anos a.C. na região conhecida na história como crescente fértil (área que hoje vai do Egito ao Iraque), berço da agricultura e civilização humana (CONAB, 2017).

No Brasil, os primeiros cultivos de trigo ocorreram na Capitania de São Vicente (oeste da ilha de São Vicente, no atual estado de São Paulo) no ano de 1534, quando sementes da cultura foram introduzidas no país por Martim Afonso de Sousa. A produção de trigo brasileira passou a ter grande expressividade no início do século XX, quando ocorreram grandes incentivos à pesquisa e as lavouras de trigo através da incorporação de máquinas e equipamentos na produção agrícola, em razão dos fortes subsídios governamentais (CONAB, 2017).

Atualmente, de acordo Coêlho (2021), o trigo ocupa a segunda posição entre os cereais mais cultivados no mundo, ficando atrás apenas do milho. De acordo com o mesmo autor, o Brasil ocupa a décima-sexta posição no ranking de maiores produtores mundiais, sendo os líderes mundiais na produção de trigo: China (136 milhões de ton.), União Europeia (135,8 milhões de ton., somando seus 28 países), Índia (107,6 milhões de ton.), Rússia (84 milhões de ton.), Estados Unidos (46,7 milhões de ton.) e Canadá (35 milhões de ton.).

Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2021), a área cultivada de trigo no Brasil na safra de 2020/2021 foi de aproximadamente 2,3 milhões de hectares, com uma produção de 6,2 milhões de toneladas do cereal e produtividade média de 2,6 ton. ha<sup>-1</sup>. Deste total, cerca de 90% está concentrado na região sul do Brasil, sendo o estado do Paraná o maior produtor brasileiro, com 49,5% da produção, seguido pelo Rio Grande do Sul (RS) com 36,3 % da produção nacional, situação essa que nessa safra 2022 se inverteu sendo a maior área cultivada no estado do RS.

No Brasil, a produção de trigo é inferior ao consumo interno, cuja média anual fica em torno de 11,4 milhões de toneladas por ano (COÊLHO, 2021). Estima-se que de toda produção nacional, 94,5% seja utilizada em processos industriais, 2,5% seja reserva de semente e 3% utilizada diretamente na alimentação animal (MORI; IGNACZAK, 2011).

Quanto a importância da cultura, o cultivo de trigo é a principal atividade econômica no período de inverno do sul do país, sendo uma importante fonte de renda que ajuda na diluição

dos custos fixos das propriedades rurais. Além do benefício econômico, o trigo também é importante para a sustentabilidade do sistema de produção, pois a palhada deixada pela cultura após a colheita auxilia no controle da erosão, favorece a retenção de água no solo e diminui a incidência de pragas, doenças e plantas daninhas, oportunizando a obtenção de melhores resultados nos cultivos de verão (SCHUCH et al., 2000).

A utilização do trigo é vasta, podendo estar presente na alimentação humana (farinha, macarrão, biscoitos, bolos, pães, etc.), na elaboração de produtos não alimentícios (misturas adesivas ou de laminação para papeis ou madeiras, colas, misturas para impressão, agentes surfactantes, embalagens solúveis ou comestíveis, álcool, antibióticos, vitaminas, fármacos, cosméticos), e na alimentação animal na forma de forragem, de grão ou na composição de rações (SENGER, 2017).

O trigo, pertencente à família Poaceae, subfamília Pooideae e ao gênero *Triticum*, sua classificação de espécie é de acordo com o número de cromossomos: *Triticum monococcum* com 14 cromossomos, *Triticum durum* com 28 cromossomos e *Triticum aestivum* com 42 cromossomos, sendo este o trigo comum, de maior porcentagem na produção e uso mundial (POPPER et al., 2006). As plantas de trigo possuem em média, cinco a seis folhas dispostas de forma alternada, correspondendo ao número de nós por planta. As folhas são longas e estreitas, compostas por bainha, lâmina, lígula e um par de aurículas. O sistema radicular é do tipo fasciculado e o colmo cilíndrico e oco (SCHEEREN; CASTRO E CAIERÃO (2015).

A cultura apresenta a característica de emitir novos colmos associados a planta mãe, esta fase é chamada de perfilhamento. É uma planta anual, com ciclo variável a depender de fatores genéticos e ambientais, no Brasil apresenta ciclo médio de 100 a 160 dias até a maturação. A fecundação é do tipo autógama e a inflorescência é uma espiga composta, dística, formada por espiguetas alternadas e opostas no ráquis. (SCHEEREN; CASTRO E CAIERÃO (2015). Seu ciclo é dividido de acordo com os estádios de desenvolvimento: Plântula, perfilhamento, alongamento, emborrachamento, espigamento, florescimento, grão em estado leitoso, grão em massa, grão em maturação fisiológica e grão maduro. (SENGER, 2017).

As cultivares apresentam diversas características que as distinguem umas das outras, sendo elas que vão desde aspectos morfológicos e de qualidade até adaptabilidade a diferentes ambientes. Quanto a condição de cultivo, existe a classificação em 'trigo de primavera' e 'trigo de inverno'. Os trigos de primavera não apresentam aceleração da transição entre as fases vegetativa e reprodutiva pela vernalização (determinado tempo exposto a temperaturas relativamente baixas). Já os trigos de inverno são aqueles que necessitam do processo de

vernalização para florescer (DE MORI et al., 2016). No Brasil existe predominância dos trigos de primavera, que são semeados no outono e inverno.

De acordo com Scheeren; Castro; Caierão (2015) a temperatura ideal para o pleno desenvolvimento do trigo é de aproximadamente 20 °C. Embora seja originário de clima frio, o trigo é cultivado sob os mais diversos climas em decorrência da ação humana na busca por adequações ao processo de cultivo e geração de novas variedades mais adaptadas a cada condição.

## 2.2 ADUBAÇÃO NITROGENADA

O grande interesse em maximizar a produtividade do trigo estimula o uso de um manejo intensivo nessa cultura. Nesse sentido, são utilizadas práticas de melhoria nos cultivos de forma integrada visando melhores resultados, como melhor controle da época de semeadura, espaçamento e densidade de sementes adequadas, aumento do nível de fertilidade do solo, controle de pragas, doenças e plantas daninhas e evitar o acamamento de plantas (RODRIGUES et al., 2003).

Neste aspecto, o manejo do nitrogênio na cultura do trigo é um ponto chave na busca por altos rendimentos, pois este nutriente está entre os requeridos em maior quantidade no cultivo de trigo (PENCKOWSKI et al., 2010), sendo as gramíneas, extremamente responsivas a esse nutriente. Sua importância se deve ao fato de ser responsável pelo desenvolvimento de funções metabólicas essenciais, uma vez que é indispensável na formação de aminoácidos, enzimas e de ácidos nucléicos que são responsáveis pela promoção do crescimento da planta, do aumento do teor de proteína e massa de grãos (TAIZ e ZEIGER, 2010).

A produtividade da cultura do trigo está diretamente ligada a quantidade de insumos nela empregada (ZAGONEL et al. 2002). Com o fornecimento de nitrogênio vários componentes de produção são beneficiados, como o número de espigas por área, o número de espiguetas por espiga, o número de grãos por espiguetas, o tamanho e a massa individual do grão, aumentando a produtividade da cultura (RODRIGUES et al., 2003).

A deficiência de nitrogênio no trigo afeta a produção de biomassa e eficiência de uso da radiação solar, gerando redução dos valores dos componentes de produção. O sintoma de deficiência de nitrogênio é o amarelecimento nas folhas basais (mais velhas) da planta. Em situações mais críticas ocorre ainda a clorose destas folhas, reduzindo a fotossíntese (ARGENTA et al., 2001).

A matéria orgânica é a principal fonte de nitrogênio no solo. Entretanto, grande parte do nitrogênio contido nela não está prontamente disponível para a planta absorver, necessitando

do processo de mineralização. Este processo, é demorado, depende outros fatores favoráveis e consegue liberar pequenas quantidades do nutriente para a planta, não atendendo toda sua necessidade (PORTUGAL et al., 2008).

Desta forma, em decorrência da alta necessidade da cultura, a insuficiente quantidade de nitrogênio fornecida pelo solo e a ausência de fixação biológica de nitrogênio nas gramíneas, faz-se necessário o uso de fertilizantes nitrogenados, principalmente em cobertura, sendo a recomendação da dose de adubação nitrogenada a ser aplicada na cultura do trigo para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina definida com base no teor de matéria orgânica do solo, na cultura anterior e na expectativa de rendimento de grãos (SOCIEDADE..., 2016).

Além da aplicação da dose adequada de nitrogênio no trigo, o parcelamento e momento correto de aplicação, são outros pontos fundamentais na busca por maior produtividade no cultivo. De acordo com Silva et al. (2005), aplicações precoces ou tardias do nutriente, podem ser pouco assimiladas pela cultura.

De acordo o Manual de calagem e adubação para os estados de Rio grande do Sul e Santa Catarina (SOCIEDADE...,2016), para o melhor aproveitamento do nutriente e desempenho da cultura, deve-se aplicar 15 a 20 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio na semeadura e o restante em cobertura, entre os estádios de afilhamento e de alongamento do colmo. Para doses elevadas, recomenda-se parcelar a adubação nitrogenada de cobertura em duas aplicações, a primeira no início do afilhamento e a segunda, no início do alongamento. Outra prática de manejo de nitrogênio que também pode ser explorada no cultivo é a aplicação na fase de emborrachamento, quando a espiga ainda está presa, interna na bainha. Esta prática, contribuí para a melhor qualidade dos grãos (SANGOI et al., 2007).

Para se atingir altos rendimentos na cultura do trigo é necessário maior aporte de nutrientes. No entanto, deve-se ter cuidado quanto a utilização de doses elevadas de nitrogênio, pois essa prática aumenta os riscos de ocorrência de acamamento de plantas, fenômeno que causa perdas significativas na produtividade e qualidade de grãos (ZAGONEL et al., 2002). Para Rodrigues et al. (2003), esse fenômeno, ocorre pelo fato de o nitrogênio atuar diretamente na multiplicação celular, aumentando o vigor, estatura e deixando os tecidos mais tenros. Com isso, a resistência do colmo perante a chuvas, ventos e granizo diminui, e, o risco de ocorrência de acamamento aumenta.

### 2.3 ACAMAMENTO DE PLANTAS

O acamamento de plantas, é um dos fatores que mais podem limitar a produção de trigo, dependendo da intensidade e do estágio de desenvolvimento da planta em que ocorre

(RODRIGUES, 2003). Nesse sentido, Zagonel e Fernandes (2007) descrevem o acamamento de plantas como a modificação da posição do colmo em relação à sua posição original, resultando em plantas recurvadas, podendo ainda ocorrer a quebra de colmos.

Dentre as causas do acamamento, estão o acúmulo de massa de água nas espigas, a ação do vento, a baixa resistência do colmo e alta fertilidade do solo (ESPINDULA et al., 2010). Além disso, também pode ser decorrente da alta densidade de plantas; do desbalanço nutricional causado principalmente pela adubação nitrogenada excessiva; do decréscimo na fotossíntese e da redução na assimilação e translocação de carboidratos e minerais (RODRIGUES et al., 2003).

A ocorrência de acamamento compromete a produtividade, a qualidade fisiológica de sementes e qualidade industrial dos grãos, uma vez que proporciona a redução da fotossíntese e da translocação de fotoassimilados (ZAGONEL e FERNANDES, 2007). Além do mais, as plantas acamadas deixam as espigas mais próximas do solo, expostas a um ambiente mais úmido, o que aumenta a germinação de grãos e sua deterioração, além de dificultar a colheita mecanizada (CRUZ et al., 2003; ESPINDULA et al., 2010).

Segundo Penckowski et al. (2009), quando ocorre apenas uma pequena inclinação do colmo, o grão não será prejudicado. No entanto, em casos mais críticos em que os colmos dobrem ou quebrem, ocorrerão danos pronunciados no rendimento de grãos, principalmente quando estes danos ocorrerem em estádios de desenvolvimento mais precoces da planta.

A estatura de plantas é outro fator que está diretamente relacionado a ocorrência de acamamento. De acordo com Cruz et al. (2003), por anos foram selecionados materiais genéticos de maior porte, visando rápido crescimento inicial e redução da matocompetição. No entanto, com a intensificação das práticas de manejo, que estimulam ainda mais o crescimento de plantas, o acamamento passou a ser recorrente nestes materiais de maior porte. Neste contexto, plantas que apresentam menor porte, são consideradas mais resistentes as intempéries e tendem a apresentar menor índice de acamamento (RODRIGUES et al., 2003).

#### 2.4 ALTERNATIVAS PARA REDUZIR ACAMAMENTO

Tendo conhecimento dos prejuízos causados pelo acamamento de plantas, o uso de técnicas de manejo que busquem reduzir os riscos de acamamento são extremamente importantes para se reduzir as perdas. Práticas de manejo como o arranjo de plantas, a adubação nitrogenada equilibrada e a aplicação de redutores de crescimento são algumas das alternativas para se controlar ou minimizar as perdas pelo acamamento (MOTTER, 2007).

De acordo com Rodrigues et al. (2003), o uso de reguladores de crescimento é uma técnica importante e eficiente no controle do acamamento de plantas, pois diminuí a susceptibilidade a este fenômeno através da redução da estatura de plantas e aumento da resistência do colmo. Desta forma, em alguns casos, é possível melhor exploração da capacidade produtiva da cultura através do uso de altas doses de nitrogênio.

Nesse sentido, a utilização do trinexapac-ethyl tem se destacado pela eficiência na redução da estatura das plantas e melhoria da arquitetura foliar de trigo e pelo aumento do diâmetro de colmo, diminuindo o acamamento e otimizando o uso da radiação solar, com aumento da produtividade (ZAGONEL & FERNANDES, 2007).

## 2.5 REGULADORES DE CRESCIMENTO

Os reguladores de crescimento são substâncias químicas que quando aplicadas às plantas alteram os processos metabólicos por meio de mudanças no balanço hormonal (FERRARI et al., 2008).

O uso destes produtos tem por objetivo tornar a arquitetura das plantas mais adaptada e eficiente no uso dos recursos naturais e insumos, possibilitando elevados rendimentos agronômicos. O principal efeito de seu uso é a redução da estatura e melhor estruturação das plantas, diminuindo o acamamento, otimizando o uso da radiação solar, facilitando a colheita mecanizada e ainda com possibilidade de aumento da produtividade (ZAGONEL & FERNANDES, 2007).

Os reguladores de crescimento atuam na planta como sinalizadores químicos na regulação do crescimento e desenvolvimento de plantas. Agem na planta ligando-se a receptores e desencadeiam alterações celulares afetando o desenvolvimento de órgãos ou tecidos. Os reguladores que atuam na redução da estatura de plantas, normalmente são inibidores da rota de síntese de giberelinas, tendo sua ação na modificação do metabolismo deste hormônio, como por exemplo o cloreto de mepiquat, cloreto de cloromequat e o trinexapac-etílico (RODRIGUES et al. 2003).

## 2.6 TRINEXAPAC-ETHYL

O trinexapac-ethyl é o principal regulador de crescimento utilizado no Brasil para a cultura do trigo, sua característica principal é a efetividade na redução da altura das plantas (ESPINDULA et al., 2009).

Este redutor atua no balanço das giberelinas, reduzindo os níveis do ácido giberélico ativo GA1 e aumentando significativamente o seu precursor biosintético imediato GA20

(NAKAYAMA et al., 1990). A redução do nível do ácido giberélico ativo é a provável causa da inibição do crescimento das plantas (RADEMACHER, 2000).

A sua translocação é relativamente rápida, atua de forma seletiva, através da redução do nível de giberelina ativa, induzindo a planta à inibição temporária ou redução na taxa de crescimento, sem afetar o processo de fotossíntese, a integridade da gema apical e o volume de massa radicular (FREITAS et al., 2002).

Um fator que merece destaque para a eficiência do uso de regulador de crescimento sobre a redução da estatura de plantas e índice de acamamento, é o momento correto de aplicação. Segundo Zagonel e Zernandes (2007), essa deve ser feita na época de alongação da planta, entre o primeiro nó visível e segundo nó perceptível.

Quando a aplicação ocorre em estágio anterior ao recomendado serão observados poucos efeitos sobre a altura das plantas que ainda nem possuem nós visíveis (ZAGONEL e FERNANDES, 2007). Por outro lado, aplicações muito tardias reduzem exageradamente o tamanho das plantas, podendo ainda retardar o espigamento, devido ao efeito ocorrer nos entrenós superiores (RODRIGUES et al., 2003).

A decisão de aplicação do redutor de crescimento deve considerar a propensão ao acamamento de cada cultivar de trigo, associada às condições climáticas (intensidade de chuvas), às doses de adubação nitrogenada e às perspectivas de rendimento de grãos, de modo a reduzir os riscos e aumentar a rentabilidade da cultura (PAGLIOSA et al., 2013).

A dose recomendada de trinexapac-ethyl em trigo é de 100 a 125 g ha<sup>-1</sup>, aplicada entre o primeiro e o segundo nó perceptível. Essa recomendação é ampla e não distingue o cultivar, embora possam responder de maneira diferente em relação à dose do produto (ZAGONEL, 2002). Em cultivares de menor suscetibilidade ao acamamento essa dose pode ser menor, visando apenas melhoria de arquitetura foliar e produtividade (ZAGONEL e FERNANDES, 2007). Por isso, fica claro que a aplicação desse regulador de crescimento precisa ser feita com muito cuidado e no estágio certo, para não comprometermos o potencial produtivo e/ou eficiência do produto reduzida.

## 2.7 EFEITOS SOBRE O CRESCIMENTO VEGETATIVO

A aplicação do redutor de crescimento trinexapac-ethyl desencadeia nas plantas alterações morfológicas que permitem maior resistência do colmo ao acamamento, este efeito está principalmente ligado a redução da altura de plantas. No Brasil, diversos autores estudaram os efeitos do uso deste regulador de crescimento sobre variáveis de crescimento de plantas de trigo. Fioreze e Domingos (2014) em seu trabalho, estudaram as características



morfofisiológicas e suas relações com os componentes da produção e a produtividade da cultura trigo em função da densidade de semeadura e da aplicação de reguladores vegetais. Como resultados, observaram que a aplicação de redutor de crescimento na fase de perfilhamento, resultou em decréscimo acentuado da distância entre fonte e dreno em plantas de trigo. Sendo este efeito decorrente da redução do crescimento do último entrenó do colmo, local de maior efeito de inibição.

Com relação à altura de plantas, Chavarria et al. (2015) observaram que as plantas de trigo dos cultivares Quartzo e Mirante que foram tratadas com trinexapac-etil tiveram uma redução significativa desta variável. Tendo sido obtido redução da estatura de plantas de 16,90% para a cultivar Quartzo e 15,78% para a cultivar Mirante, com a utilização de regulador de crescimento. Estes resultados corroboram com os encontrados por Fernandes (2009), que também constatou redução da altura média das plantas e comprimento do pedúnculo das cultivares BRS 208 e Safira submetidas a aplicação do regulador de crescimento.

Ao avaliar o efeito do uso do regulador de crescimento em quatro densidades de semeadura, Schwerz et al. (2012) constataram que houve alterações morfológicas favoráveis para a redução dos níveis de acamamento, uma vez que a aplicação de trinexapac-ethyl reduziu em média 12 cm a altura das plantas, 1,44 cm no comprimento dos entrenós e aumento médio de 0,31 mm no diâmetro do colmo.

Na Argentina, Lozano e Leaden (2001) também observaram mudanças na anatomia dos colmos de plantas que receberam aplicação de trinexapac-ethyl, tendo aumentando o diâmetro do caule e a espessura da parede celular. Por outro lado, Fernandes (2009) observou que a utilização do regulador de crescimento não promoveu diferença no diâmetro do colmo para as três cultivares avaliadas em seu experimento, o mesmo resultado também foi observado por Zagonel; Venâncio e Kunz (2002).

Com relação a época de aplicação sobre a altura de plantas, Penckowski et al. (2009) observaram que a estatura das plantas diminuiu nas cultivares avante e BRS 177 com o uso do redutor de crescimento, independente da época de aplicação, com redução mais acentuada para a aplicação entre o segundo e o terceiro nó. Já Zagonel e Fernandes (2007), aplicando trinexapac-ethyl entre o 1º e o 2º nó ou entre o 2º e o 3º nó perceptível nas cultivares de trigo OR-1, CD-104 e CEP-24, observaram menor altura das plantas que receberam a aplicação mais tardia.

Em seu estudo, Trevizan et al. (2015), avaliaram os efeitos da aplicação do regulador de crescimento Trinexapac-etil em diferentes estádios vegetativos do trigo Tbio Pioneiro. Os tratamentos consistiram em três épocas de aplicação, sendo elas no final do afilhamento, 1º nó

visível e 2º nó visível. Todos os tratamentos obtiveram menor altura de plantas em relação a testemunha, sendo a época de aplicação com redução mais expressiva no estádio de 2º nó visível. Como reflexo da maior altura das plantas, apenas a testemunha apresentou acamamento, com o valor de 30% de plantas acamadas.

Em experimento realizado em Toledo (PR), Junior et al. (2013) ao avaliar os efeitos do trinexapac-ethyl em diferentes doses na altura de plantas de trigo da cultivar CD 104, constataram redução significativa desta variável com relação a testemunha em todos os tratamentos com aplicação de regulador de crescimento, sendo eles as doses de 100, 200, 300, 400 e 500 mL ha<sup>-1</sup> de trinexapac-ethyl. Além disso, verificaram que as maiores doses resultaram em maior redução de altura de plantas. Estes resultados estão de acordo com os obtidos por Zagonel et al. (2002), que ao avaliar a mesma variável em teste com diferentes doses de trinexapac-ethyl, observaram redução linear da altura de plantas de trigo com aumento de dose de redutor de crescimento. Neste mesmo sentido, Correa (2012) avaliou os efeitos de diferentes doses de trinexapac-ethyl na cultura do trigo. Observou que a maior dose entre os tratamentos, 500 ml ha<sup>-1</sup> de trinexapac-ethyl diferiu de todos os demais tratamentos, apresentando 24,6% de redução na altura de planta quando comparada à testemunha. Estes resultados corroboram com Espindula et al. (2009), que observou que plantas de trigo submetidas as maiores doses de trinexapac-ethyl apresentaram menor estatura da planta.

Com relação ao acamamento de plantas, Fernandes (2009) desenvolveu um estudo buscando avaliar os efeitos do regulador de crescimento sobre diferentes cultivares e densidades de semeadura. A porcentagem de acamamento nas cultivares BRS 208 e OR-1 foi menor com a utilização do trinexapac-ethyl. No entanto, para a cultivar Safira, não ocorreu diferença no acamamento com ou sem a utilização do regulador de crescimento nas populações de 150 e 300 sementes m<sup>-2</sup>, porém para as populações de 450, 600, 750 e 900 sementes m<sup>-2</sup> o uso do trinexapac-ethyl diminuiu a porcentagem de acamamento. A redução do acamamento pode ser atribuída a eficiência do regulador em reduzir a altura das plantas (PENCKOWSKI, 2010).

Quanto a associação de adubação nitrogenada e aplicação do redutor de crescimento trinexapac-ethyl, Hahn et al. (2014) avaliaram a aplicação do redutor de crescimento trinexapac-ethyl e de doses crescentes de N sobre variáveis agronômicas e produtividade de seis cultivares de trigo. Como resultados, obtiveram que a aplicação do redutor de crescimento diminuiu os comprimentos do 1º e 2º entrenós, com respostas variáveis para as cultivares e as doses de N. No entanto, todas as cultivares, e em todas as doses de N, apresentaram comprimento de pedúnculo reduzido com a aplicação do redutor de crescimento. Em média, a altura das seis cultivares foi reduzida em 13,1 cm (13,3%) com a aplicação do redutor de

crescimento, sendo que a cultivar Guabijú apresentou a maior redução (21,3 cm). As cultivares Safira, Guabijú e BRS 276 foram as que apresentaram os maiores efeitos da aplicação do redutor de crescimento na redução do acamamento, com valores médios de 10,5; 7,1 e 19,6 vezes de diminuição no acamamento, respectivamente.

Em estudo realizado por Espindola (2007) a adubação nitrogenada juntamente com o uso de regulador de crescimento proporcionou uma maior altura de plantas quando se aumentaram as doses de N, por outro lado, quando usaram o regulador de crescimento, a altura de plantas diminuiu significativamente.

No mesmo contexto, ao avaliar os efeitos da aplicação de redutor de crescimento e nitrogênio em trigo, Mumbach (2015), observou que a aplicação de trinexapac-ethyl reduz de forma significativa a altura de plantas. Além disso constatou que maiores doses de nitrogênio refletem em plantas de maior porte. Resultados semelhantes foram encontrados por Zagonel et al. (2002), que em seu estudo também avaliaram os efeitos do nitrogênio sobre a altura de plantas, também tendo observado aumento de estatura de plantas com aumento de dose de N. Nessa mesma linha de estudo, Da Costa et al. (2018), avaliaram diferentes doses de nitrogênio e o efeito do regulador de crescimento trinexapac-ethyl em trigo. Como resultados observaram que todas as variáveis biométricas foram reduzidas, como a altura da planta, altura da folha bandeira, altura da inserção da espiga, a distância entre fonte e dreno, exceto para o comprimento da espiga que não foi alterado.

## 2.8 EFEITOS SOBRE PRODUTIVIDADE

Buscando avaliar o efeito do regulador de crescimento trinexapc-ethyl em diferentes populações de plantas e doses de nitrogênio na cultivar de trigo OR-1, Zagonel et al. (2002) observaram que o produto promoveu uma redução substancial na estatura das plantas, pela diminuição do comprimento dos quatro entre-nós. Com isso, de acordo com o autor, as plantas ficaram mais compactas, com melhor direcionamento dos fotoassimilados para a produção de grãos, resultando em maior número de espigas por metro e de espiguetas por espiga e, conseqüentemente, aumento de produtividade.

Estudando os reflexos da aplicação de redutor de crescimento sobre o desenvolvimento vegetativo, rendimento e qualidade de grãos, Chavarria et al. (2015) constataram que não houve diferenças significativas em relação ao número de grãos por espiga e na massa de mil grãos com a aplicação de trinexapac-ethyl (tabela 1). Porém, foram observadas diferenças significativas na produtividade, havendo incremento dessa variável nos tratamentos com trinexapac-ethyl, nas cultivares Quartzo e Mirante. De acordo com o trabalho, os resultados

mais significativos em incremento de produção foram obtidos quando foi efetuada a aplicação do redutor de crescimento no primeiro nó visível, apresentando-se, em média, incrementos de 12,24 % para a cultivar Quartzo e de 11,08% para a cultivar Mirante.

Zagonel; Venâncio e Kunz (2002) avaliando diferentes populações de plantas e doses de nitrogênio com o uso do trinexapac-ethyl observaram incremento de produtividade na cultivar IAPAR-53 quando aplicado o regulador de crescimento trinexapac-ethyl. Neste mesmo sentido, Lozano e Leaden (2002) avaliando o trinexapac-ethyl em duas cultivares de trigo, também observaram ganhos significativos de produtividade (27%). Mesmo na ausência de acamamento, os autores correlacionaram os tratamentos com maior ganho de produtividade com aqueles que promoveram mudanças na arquitetura foliar.

Em seu estudo Trevizan et al. (2015), avaliaram os efeitos de diferentes épocas de aplicação de redutor de crescimento. As aplicações no 1° e 2° nó visível foram iguais, e apresentaram elevação de 12,56% e 13,26%, respectivamente, na produtividade em relação à testemunha. A testemunha foi inferior estatisticamente a todos os demais tratamentos. O aumento de produtividade com o uso do trinexapac-ethyl se deve às mudanças morfológicas trazidas pela sua aplicação, uma vez que ao diminuir a altura das plantas, estas ficam com uma arquitetura mais adequada para aproveitar os recursos do meio, especialmente a radiação solar. De acordo com Zagonel (2007), plantas menores redirecionam os fotoassimilados produzindo maior massa de grãos em relação à massa total da planta.

Ao contrário de que constataram estes autores, resultados não significativos na produtividade e componentes de produção em função da aplicação de Trinexapac-ethyl foram observados no estudo de Cappellari (2011) que avaliou os efeitos do regulador de crescimento em cultivares de trigo (Quartzo e Marfim) em diferentes densidades de plantas. No entanto, apesar destas variáveis não terem sido influenciadas pela aplicação, o Trinexapac-rthyl influenciou nos caracteres acamamento de plantas, estatura de plantas, distância do entre-nó e diâmetro do colmo, sendo estes caracteres determinantes de perdas na colheita quando o trigo é submetido a chuvas nesta fase.

Da mesma forma, Da Costa et al (2018) não obtiveram resultados significativos para aumento dos componentes produtivos e a produtividade de grãos. No entanto o autor destaca que a provável causa da falta de resultados significativos pode estar associada as condições hídricas limitadas em que o trabalho foi conduzido, indicando que estes produtos tendem a apresentar melhores resultados em condições de ausência de déficit hídrico, principalmente em áreas irrigadas.

Em seu estudo, Fioreze e Domingos (2014) obtiveram redução dos valores da massa de mil grãos em plantas de trigo submetidas à aplicação de reguladores vegetais e diferentes densidades de semeadura. Segundo os autores os resultados para esta variável têm se mostrado bastante controversos, podendo apresentar aumento, redução ou mesmo resultado variado em função do material genético utilizado.

Hilgemberg (2010) avaliou seis densidades de semeadura e o uso ou não do regulador de crescimento trinexapac-ethyl, para as cultivares BRS208, OR1 e Safira. O autor constatou que o trinexapac-ethyl não alterou a produtividade das cultivares estudadas, resultado correlato com a ausência da influência do regulador de crescimento na maioria dos componentes de produção. Além do fato de os componentes de produção não terem sido afetados, o autor ainda destaca que o efeito do regulador de crescimento sobre a produtividade é variável quando se tem ausência de acamamento.

Com relação a dose de trinexapac-ethyl, em experimento conduzido em Toledo, PR, no ano de 2009, Junior et al. (2013) avaliaram o efeito de trinexapac-ethyl em diferentes doses na altura de planta e na produtividade de trigo. Os tratamentos utilizados foram doses de trinexapac-ethyl: 100, 200, 300, 400 e 500 mL ha<sup>-1</sup> e testemunha, aplicadas entre o 1º e o 2º nó perceptível. No estudo, constatou que para o número de espigas m<sup>2</sup>, apenas as doses 300, 400 e 500 mL ha<sup>-1</sup> de trinexapac-ethyl diferiram da testemunha positivamente. Para o peso de mil grãos não houve diferenças significativas entre as diferentes doses testadas. Para a produtividade de grãos apenas as doses de 300 e 400 mL ha<sup>-1</sup> diferiram da testemunha.

Correa et al. (2012) também realizaram teste com três doses de trinexapac-ethyl (300, 400 e 500 mL ha<sup>-1</sup>), buscando avaliar o desenvolvimento e a produtividade de trigo em função deste redutor de crescimento no Oeste do Paraná. Na produtividade de grãos do trigo, observou que as doses não apresentaram diferenças significativas entre si, apenas para a testemunha. No entanto, a dose de 500 mL ha<sup>-1</sup> de trinexapac-ethyl apresentou o maior incremento de produtividade, com 12,9% em relação a testemunha.

Hahn et al. (2014), avaliaram aplicação do redutor de crescimento trinexapac-ethyl e de doses crescentes de N sobre variáveis agronômicas e produtividade de cultivares de trigo. Os tratamentos constituíram-se da utilização de trinexapac-ethyl e a combinação de doses de N (0; 45 e 90 kg ha<sup>-1</sup>) em seis cultivares de trigo (Ônix, Safira, Guabijú, Guamirim, Timbaúva e BRS 276). A aplicação de trinexapac-ethyl aumentou o rendimento de grãos de todas as cultivares, principalmente com aplicação de altas doses de N, tornando-se uma eficiente alternativa na produção de trigo em regiões que apresentam características climáticas favoráveis ao acamamento.

A grande variabilidade dos resultados obtidos frente aos componentes de produção e produtividade, pode estar relacionado a um conjunto de variações edafoclimáticas em cada local de condução desses estudos e dependente também, da cultivar utilizada (PENCKOWSKI, 2009).

### **3 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O trinexapac-ethyl se mostra eficiente na redução da estatura de plantas, podendo ser um aliado importante na busca por altos rendimentos na cultura do trigo, uma vez que permite maior exploração da capacidade da cultura com menores riscos de perdas devido ao acamamento.

Com base nesta revisão, um aspecto a considerar é que existe muita contradição/ contraste de resultados quanto ao uso do regulador de crescimento, principalmente com relação a produtividade de grãos. Desta forma, fica evidente a necessidade de estudos atualizados e testados com diferentes materiais genéticos e ambientes de produção.

#### **4 CONCLUSÕES**

A aplicação de redutor de crescimento nas plantas de trigo se mostrou eficiente em diminuir o comprimento dos entrenós e do pedúnculo e a altura das plantas e acamamento. A aplicação de trinexapac-ethyl permite a utilização de técnicas de manejo modernas, como uso de altas doses de nitrogênio e adensamento de plantas com menores riscos de ocorrência de acamamento.

A partir desta revisão é possível concluir que o trinexapac-ethyl reduz a altura de plantas, acamamento, melhorara a arquitetura foliar e em alguns casos aumenta a produtividade. No entanto, os efeitos sobre cada cultivar e ambiente podem ocorrer de maneira diferente, sendo assim são necessários mais estudos afins de se obter informações mais assertivas para melhores decisões quanto ao seu uso.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARGENTA, G. Monitoramento do nível de nitrogênio na planta como indicador da adubação nitrogenada em milho. (Tese de doutorado). Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2001. 112p.

BERTI, Melissa. Doses e épocas de aplicação de regulador de crescimento e doses de nitrogênio afetando cultivares de trigo. 2006. 79 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura) - UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA, Ponta Grossa, 2006.

CAPPELLARI, I. Genótipos de trigo (*triticum aestivum*) submetidos a aplicação de trinexapac-ethyl em diferentes densidades de semeadura. (Trabalho de Conclusão de Curso). Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. Ijuí, Dez. 2011.

CHAVARRIA, G.; ROSA, W. P.; HOFFMANN, L.; DURIGON, M. R. Regulador de crescimento em plantas de trigo: reflexos sobre o desenvolvimento vegetativo, rendimento e qualidade de grãos. *Rev. Ceres, Viçosa*, v. 62, n.6, p. 583-588, nov-dez, 2015.

COÊLHO, J. D.; Trigo: Produção e Mercados. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, ano V, n.151, jan.2021. (Caderno Setorial ETENE,n.151).

CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. A cultura do trigo. 25 abr. 2017.

CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da Safra Brasileira. Grãos: Safra 2021/22. Jul. 2022, vol. 9 nº 10.

CORREA D.; JUNIOR, A. C. C.; JUNIOR, J. M.; NAKAY, E. H. Desenvolvimento e produtividade de trigo em função do redutor de crescimento trinexapac-ethyl no Oeste do Paraná. *Cultivando o Saber. Cascavel*, v.5, n.4, p.143-148, 2012.

CRUZ, P. J.; CARVALHO, F. I. F.; SILVA, S. A.; KUREK, A. J.; BARBIERI, R. L.; CARGNIN, A.1 Influência do acamamento sobre o rendimento de grãos e outros caracteres em trigo. *Revista Brasileira de Agrociência*, v. 9, n. 1, p. 05-08, jan/mar, 2003.

DA COSTA, C. H. M.; VILELA, J. R. G.; SOUSA, A. L. S.; PAZ, R. B. O.; MOURA, B. F. S. Adubação nitrogenada e uso de regulador de crescimento na produção de trigo de sequeiro. *Colloquium Agrariae*, v. 14, n.4, p. 01-09, 2018.

DE MORI, C.; ANTUNES, J. M.; FAE, G. S.; ACOSTA, A. da S. Trigo: o produtor pergunta, a Embrapa responde. Embrapa Trigo-Col Criar Plantar ABC 500P/500R Saber (INFOTECA-E), 2016.

ESPINDULA, M. C. Adubação nitrogenada e redutores de crescimento na cultura do trigo. 73f. (Mestrado em Fitotecnia). Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2007.

ESPINDULA, M. C.; ROCHA, V. S.; SOUZA, M. A.; GROSSI, J. A. S.; SOUZA, L. T. Doses e formas de aplicação de nitrogênio no desenvolvimento e produção da cultura do trigo. *Ciência Agrotécnica*, vol.34, n.6, pp. 1404-1411, 2010.

ESPINDULA, M.C.; ROCHA, V.S.; FONTES, P.C.R.; SILVA, R.C.C.; SOUZA, L.T. Effect of nitrogen and trinexapac-ethyl rates on the spad index of wheat leaves. *Journal of Plant Nutrition*, Philadelphia, v.32, n.11, p.1956-1964, 2009.

FERNANDES, E. C. População de plantas e regulador de crescimento afetando a produtividade de cultivares de trigo. Dissertação (Mestrado em Agricultura) - UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA, Ponta Grossa, 2009.

FERRARI, S.; FURLANI JÚNIOR, E.; FERRARI, J. V.; SANTOS, M. L.; SANTOS, D. M. A. Desenvolvimento e produtividade do algodoeiro em função de espaçamentos e aplicação de regulador de crescimento. *Acta Scientiarum. Agronomy*, v. 30, n. 3, p. 365-371, 2008.

FIGUEIREDO, S. L.; DOMINGOS R., J. Componentes produtivos do trigo afetados pela densidade de semeadura e aplicação de regulador vegetal. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 35, n. 1, p. 39-54, jan./fev. 2014.

FREITAS, F.C.L. et al. Efeitos do trinexapac-ethyl sobre o crescimento e florescimento da grama-batatais. *Planta Daninha*, Viçosa, v. 20, n. 3, p. 477-486, dez. 2002.

HAHN, L.; FELDMAN, N. A.; MÜHL, F. R.; ZENI, R. J.; PISONI, A. Cultivares de trigo submetidas à aplicação de trinexapac-ethyl e doses de nitrogênio. *Enciclopédia biosfera*, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.10, n.18; p. 2014.

HILGEMBERG, P. Densidades de semeadura e reguladores de crescimento afetando o trigo. 2010. 100 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura) - UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA, Ponta Grossa, 2010.

JUNIOR, J. M.; CORREA, D.; NAKAI, E. H. Efeito do regulador de crescimento trinexapac-ethyl na produtividade de trigo. *Acta Iguazu*, Cascavel, v.2,n.1,p.14-19, 2013.

LOZANO, C. M.; LEADEN, M. I. Novedades sobre el uso de reguladores de crecimiento en trigo. *Jornadas de actualización profesional: Trigo 2001*, p. 34-35, 2001.

MORI, C.; IGNACZAK, J. C. Aspectos econômicos do complexo agroindustrial do trigo. In: PIRES, J. L. F.; VARGAS, L.; CUNHA, G. R. (eds.). *Trigo no Brasil: bases para produção competitiva e sustentável*. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2011. Cap. 3, p. 41-76. ISBN (978-85-7574-029-3).

MOTTER, L. Influência da adubação nitrogenada e de etil-trinexapac no crescimento e produtividade do trigo. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2007.

MUMBACH, J. C. L. Uso de regulador de crescimento na cultura de trigo e seus efeitos sob diferentes doses de nitrogênio. (Trabalho de conclusão de curso). 38p. Cerro Largo – RS. Universidade Federal da Fronteira Sul, 2015.

NAKAYAMA, K.; KOBAYASHI, M.; ABE, H.; AKIRA SAKURAI, A. Effects of a plantgrowth regulator, prohexadione, on the biosynthesis of gibberellins in cell-free systems derived from immature seeds. *Plant Cell Physiology*, v. 31, p. 1183-1190, 1990.

PAGLIOSA, E.E.; BENIN, G.; BIEZUS, E.; BECHE, E.; SILVA, C.L.; MARCHESE, J.A.; MARTIN, T.N. Trinexapac-ethyl e adubação nitrogenada na cultura do trigo. *Planta Daninha*, 2013, 31, 623-630.

PENCKOWSKI, L. H.; ZAGONEL, J.; FERNANDES, E. C. Nitrogênio e redutor de crescimento em trigo de alta produtividade. *Acta Scientiarum. Agronomy. Maringá*, v. 31, n. 3, p. 473-479, 2009.

PENCKOWSKI, L. H.; ZAGONEL, J.; FERNANDES, E. C. Qualidade industrial do trigo em função do trinexapac-ethyl e doses de nitrogênio. *Ciência e Agrotecnologia*. v. 34, n. 6, p. -, 2010.

POPPER, L; SCHÄFER, W. & FREUND, W. *Future of Flour – A Compendium of Flour Improvement*. Kansas City: Agrimedia, 2006. 325p.

PORTUGAL, A.F.; JUCKSCH, I.; SCHAEFER, C.E.G.R.; WENDLING, B. Determinação de estoque totais de carbono e nitrogênio e suas frações em sistemas agrícolas implantados em argissolo vermelho-amarelo. *Revista Brasileira Ciências do Solo*, v.32, p.2091-2100, 2008.

RADEMACHER, W. Growth retardants: effects on gibberellin biosynthesis and other metabolic pathways. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, Palo Alto, v. 51, p. 501-531, 2000.

RODRIGUES, O.; DIDONETE, A. D.; TEIXEIRA, C.C.M.; ROMAM, S. E. Redutores de crescimento. Passo Fundo: EMBRAPA, 2003. (Circular Técnica, 14).

SANGOI, L.; BERNS, A. C.; ALMEIDA, M. L.; ZANIN, C. G. SCHWEITZER, C. Características agronômicas de cultivares de trigo em resposta à época da adubação nitrogenada de cobertura. *Ciência Rural*, v.37, p.1564- 1570, 2007.

SCHEEREN, P. L. CASTRO, R. L. de CAIERAO, E. Botânica, morfologia e descrição fenotípica. In: BORÉM, A.; SCHEEREN, P. L. (Ed.). *Trigo: do plantio à colheita*. Viçosa, MG: Ed. UFV, Cap. 2, p. 35-55. 2015.

SCHUCH, L. O. B. et al. Vigor de sementes de populações de aveia preta: II Desempenho e utilização de nitrogênio. *Scientia Agrícola*, Piracicaba, v. 57, n. 1, p. 121-127, 2000.

SCHWERZ, L.; DELLAI, A.; KOPPE, E.; NARDINO, M.; SILVA, V. R. DA. Uso de regulador de crescimento na cultura de trigo (*triticum aestivum*) sob diferentes densidades de semeadura. *ENCICLOPÉDIA BIOSFERA*, Centro Científico Conhecer, v.8, n.14, p.927-934, 2012.

SENGER, M. Nitrogênio, regulador de crescimento e densidade de semeadura afetando a produtividade e a qualidade industrial do trigo. 154f. Tese. (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2017.

SILVA, P. R. F. da et al. Grain yield and kernel protein content increases of maize hybrids with late nitrogen side-dresses. *Scientia Agrícola*, Piracicaba, v.62, n.5, p.487-492, 2005.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO - NÚCLEO REGIONAL SUL. Manual de calagem e adubação para os estados de Rio Grande do sul e Santa Catarina. Comissão de Química e Fertilidade do Solo - RS/SC, 2016.

STEFEN, D.L.V; SOUZA, C.A; COELHO, C.M.M.; TORMEN M.E.; ZANESCO, P.R.; CASA, R.T; SANGOI. L.; NUNES, F.R. Adubação nitrogenada associada ao emprego de reguladores de crescimento em trigo cv. Mirante. *Revista de Ciências Agroveterinárias*, 2014, 13, 1, 30- 39.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia vegetal*. 4.ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 2010. 739 p.

TREVIZAN, K.; GREGOLETI, E.; HOFFMANN, A. F. Trinexapac-etil diminui o acamamento e aumenta produtividade do cultivar de trigo tbio pioneiro. *RAMVI*, Getúlio Vargas, v. 02, n. 03, jan./ jul. 2015.

ZAGONEL, J., FERNANDES, E. C. Doses e épocas de aplicação do regulador de crescimento afetando cultivares de trigo em duas doses de nitrogênio. *Planta Daninha*, v. 25, n. 2, p. 331-339, 2007.

ZAGONEL, J.; VENANCIO, W. S.; KUNZ, R.P. Efeito de regulador de crescimento na cultura do trigo submetido a diferentes doses de nitrogênio e densidades de plantas. *Planta Daninha*, Viçosa, v. 20, n. 3, p. 471-476, 2002.

ZAGONEL, J.; VENANCIO, W. S.; KUNZ, R. P.; TANAMATI, H. Doses de nitrogênio e densidade de plantas com e sem um regulador de crescimento. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 23, n.1, p. 25-29, 2002.