

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E DE TECNOLOGIA
CURSO DE MESTRADO EM AGRONOMIA

CAMILA FERREIRA

REGULADOR DE CRESCIMENTO E MODOS DE CONTROLE DE PLANTAS
DANINHAS EM HÍBRIDOS DE MILHO

PONTA GROSSA
2012

CAMILA FERREIRA

REGULADOR DE CRESCIMENTO E MODOS DE CONTROLE DE PLANTAS
DANINHAS EM HÍBRIDOS DE MILHO

Dissertação apresentada à Universidade
Estadual de Ponta Grossa para obtenção
do título de Mestre em Agronomia, Área
de concentração Agricultura.

Orientador: Prof. Dr. Jeferson Zagonel

PONTA GROSSA
2012

Ficha Catalográfica Elaborada pelo Setor de Tratamento da Informação BICEN/UEPG

F383r Ferreira, Camila
Regulador de crescimento e modos de controle de plantas daninhas
em híbridos de milho / Camila Ferreira. Ponta Grossa, 2012.
78 f.

Dissertação (Mestrado em Agronomia – Área de Concentração :
Agricultura), Universidade Estadual de Ponta Grossa.
Orientador: Prof. Dr. Jeferson Zagonel.

1. Regulador de crescimento. 2. Híbridos de milho. 3. Trinexapac-
ethyl. 4. Plantas daninhas. I. Zagonel, Jeferson. II. Universidade
Estadual de Ponta Grossa. Mestrado em Agronomia. III. T.

CDD: 633.15



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA

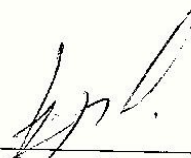
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

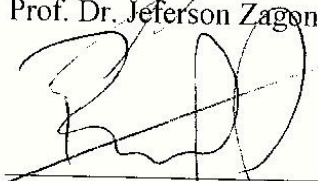
Título da Dissertação: **“Regulador de crescimento e modos de controle de plantas em híbridos de milho”**.

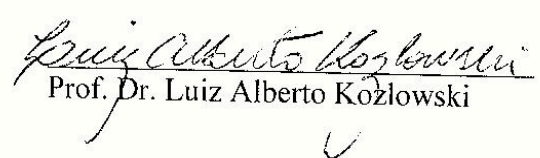
Nome: Camila Ferreira

Orientador: Jeferson Zagonel

Aprovado pela Comissão Examinadora:



Prof. Dr. Jeferson Zagonel

Prof. Dr. Robinson Osipe

Prof. Dr. Luiz Alberto Kozłowski

Data da Realização: 11 de julho de 2012.

DEDICO

À minha querida irmã, Mariana, e aos
meus pais, José de Paula e Maria
Zeneide, pelo carinho e dedicação.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelas bênçãos recebidas todos os dias.

Ao Prof. Dr. Jeferson Zagonel, pelo conhecimento transmitido, confiança, dedicação e paciência ao me orientar.

Ao meu namorado, Luiz Cezar, pelo companheirismo, estímulo e compreensão em todos os momentos.

Aos estagiários do Prof. Dr. Zagonel, pela ajuda prestada no decorrer dos experimentos.

À Universidade Estadual de Ponta Grossa, seus professores e funcionários, pela contribuição e apoio.

A CAPES, pela concessão da bolsa de mestrado.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho.

RESUMO

Aumentar o potencial produtivo das culturas agrícolas através de práticas de cultivo e manejo são alguns desafios da pesquisa agrônômica diante da crescente demanda por alimentos. Nesse sentido, realizaram-se experimentos com o objetivo de avaliar os efeitos do regulador de crescimento trinexapac-ethyl combinado ou não a modos de aplicação de herbicidas na cultura do milho. Foram realizados dois trabalhos distintos, sendo um avaliando os efeitos do trinexapac-ethyl em diferentes doses e épocas de aplicação e outro avaliando as consequências da dessecação ou não da área em pré-semeadura e de modos de aplicação de herbicidas em pós-emergência combinados ou não ao regulador de crescimento, em dois híbridos de milho. Na safra 2010/11 foram realizados dois experimentos, um com o híbrido Status TL e o outro o Maximus TLTG, sendo ambos no delineamento experimental de blocos ao acaso em esquema fatorial 4 x 4 (trinexapac-ethyl aplicado nos estádios V2, V4, V6 e V8 do milho, nas doses de 0,0, 187,5, 375,0 e 562,5 g ha⁻¹). Os resultados mostraram que a época de aplicação não afetou as características morfológicas de ambos os híbridos e, em relação à dose do regulador, para o Status TL não houve efeito relevante sobre as características avaliadas, mas para o Maximus TLTG, o aumento da dose do produto resultou em aumento da largura e diminuição do comprimento da folha acima da espiga, sem efeitos na produtividade e seus componentes. Na safra 2010/11 e na 2011/12, realizaram-se dois experimentos em cada ano, no delineamento de blocos ao acaso em esquema fatorial 2 x 2 x 2, cujos tratamentos constaram da dessecação ou não no dia da semeadura, da aplicação única ou sequencial de herbicidas em pós-emergência, mesotriona combinado com atrazina para o híbrido Status TL e glifosato para o Maximus TLTG, além da aplicação ou não do regulador de crescimento trinexapac-ethyl em combinação aos herbicidas em pós-emergência. Nas duas safras a dessecação no dia da semeadura resultou em maiores produtividades para o Maximus TLTG. A produtividade do Status TL aumentou com a dessecação em pré-semeadura somente na safra 2010/11. O modo de aplicação dos herbicidas em pós-emergência alterou alguns componentes de rendimento do híbrido Status TL na safra 2010/11. A aplicação do trinexapac-ethyl não afetou de forma substancial as características dos híbridos nas duas safras.

Palavras-chave: *Zea mays* L. Trinexapac-ethyl. Glifosato. Mesotriona. Plantio direto.

ABSTRACT

Increase the productive potential of agricultural crops with cultivation practices and management are some challenges of agricultural research in the face of growing demand for food. Accordingly, experiments were conducted with the aim to evaluate the effects of the growth regulator trinexapac-ethyl combined or not with modes of application of herbicides in corn. There were two distinct works, one evaluating the effects of trinexapac-ethyl at different doses and application times and another evaluating the consequences of desiccation or not the area in pre-seeding and application of methods of herbicides post-emergence combined or not the growth regulator, in two corn hybrids. In the season 2010/11 were carried out two experiments, one with the hybrid Status TL and the other with the Maximus TLTG, both in the experimental design of randomized blocks in factorial scheme 4 x 4 (trinexapac-ethyl applied at stages V2, V4, V6 and V8 corn, at doses of 0.0, 187.5, 375.0 and 562.5 g ha⁻¹). The results showed that the time of application did not affect the morphological characteristics of both hybrids, at the dose of the regulator, to the Status TL no material effect on the measured characteristics, but for the Maximus TLTG, increasing the dose of the product resulted in an increased width and decrease in length of the sheet above the ear, with no effect on components of production and productivity. In the season 2010/11 and 2011/12, there were two experiments in each year, in a randomized block design in a factorial 2 x 2 x 2, with treatments consisting of desiccation or not the day of seeding, the unique application sequential or post-emergence herbicides, in combination with atrazine and mesotrione for hybrid Status TL and glyphosate to Maximus TLTG, besides the application or not a growth regulator, trinexapac-ethyl in combination with post-emergence herbicides. Desiccation in two seasons on the day of seeding resulted in greater productivity for the Maximus TLTG. The productivity of Status TL increased with desiccation in pre-sowing only in 2010/11 crop. The mode of application of herbicides post-emergence changed some yield components of hybrid Status TL in 2010/11 crop. The application of trinexapac-ethyl did not affect substantially the characteristics of the hybrids in two seasons.

Key words: *Zea mays* L. Trinexapac-ethyl. Glyphosate. Mesotrione. No-tillage.

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1

- TABELA 1.1 - Altura das plantas (AP), altura de inserção da espiga (AE), diâmetro do colmo (DC), área foliar por planta (AF) e índice de área foliar (IAF) dos híbridos Status TL e Maximus TLTG, em função de épocas de aplicação de trinexapac-ethyl. Ponta Grossa – PR, 2010/11.....33
- TABELA 1.2 - Altura de plantas (AP), altura de inserção de espiga (AE), diâmetro do colmo (DC), área foliar (AF) e índice de área foliar (IAF) dos híbridos Status TL e Maximus TLTG, em função de doses de trinexapac-ethyl. Ponta Grossa – PR, 2010/11.....33
- TABELA 1.3 - Largura (LFA) e comprimento (CFA) da folha acima da espiga, largura (LFO) e comprimento (CFO) da folha oposta à espiga dos híbridos Status TL e Maximus TLTG, em função de épocas de aplicação de trinexapac-ethyl. Ponta Grossa – PR, 2010/11.....35
- TABELA 1.4 - Largura (LFA) e comprimento (CFA) da folha acima da espiga, largura (LFO) e comprimento (CFO) da folha oposta à espiga dos híbridos Status TL e Maximus TLTG, em função de doses de trinexapac-ethyl. Ponta Grossa – PR, 2010/11.....35
- TABELA 1.5 - Índice de acamamento em grão leitoso (IAR3) e em pré-colheita (IAPC), população final (PF), número de espigas por planta (EP), de grãos por fileiras (GF), de fileiras por espiga (FE) e massa de mil grãos (MMG) dos híbridos Status TL e Maximus TLTG, em função de épocas de aplicação de trinexapac-ethyl. Ponta Grossa – PR, 2010/11.....36
- TABELA 1.6 - Índice de acamamento em grão leitoso (IAR3) e em pré-colheita (IAPC), número de fileiras por espiga (FE) e de espigas por planta (EP), população final (PF), número de grãos por fileiras (GF) e de fileiras por espiga (FE), massa de mil grãos (MMG) e produtividade (PROD) dos híbridos Status TL e Maximus TLTG, em função de doses de trinexapac-ethyl. Ponta Grossa – PR, 2010/11.....37
- TABELA 1.7 - Produtividade (Kg ha^{-1}) dos híbridos Status TL e Maximus TLTG, em função de épocas de aplicação de trinexapac-ethyl. Ponta Grossa – PR, 2010/11.....38

CAPÍTULO 2

- TABELA 2.8 - Altura de plantas (AP), altura de inserção de espiga (AE) e diâmetro do colmo (DC), híbrido Status TL, em função de com ou sem dessecação no dia da semeadura, da aplicação única ou sequencial de herbicidas de pós-emergência e do uso ou não do regulador de crescimento trinexapac-ethyl. Ponta Grossa – PR, 2010/11.....47

TABELA 2.9 - Altura de plantas (AP), altura de inserção de espiga (AE) e diâmetro do colmo (DC), híbrido Maximus TLTG, em função de com ou sem dessecação no dia da semeadura, da aplicação única ou sequencial de herbicidas de pós-emergência e do uso ou não do regulador de crescimento trinexapac-ethyl. Ponta Grossa – PR, 2010/11.....	47
TABELA 2.10 - Altura das plantas (AP), altura de inserção da espiga (AE) e diâmetro do colmo (DC), híbrido Status TL, em função de com ou sem dessecação no dia da semeadura, da aplicação única ou sequencial de herbicidas de pós-emergência e do uso ou não do regulador de crescimento trinexapac-ethyl. Ponta Grossa – PR, 2011/12.....	48
TABELA 2.11 - Altura das plantas (AP), altura de inserção de espiga (AE) e diâmetro do colmo (DC), híbrido Maximus TLTG, em função de com ou sem dessecação no dia da semeadura, da aplicação única ou sequencial de herbicidas de pós-emergência e do uso ou não do regulador de crescimento trinexapac-ethyl. Ponta Grossa – PR, 2011/12.....	48
TABELA 2.12 - Área foliar por planta (AF) e índice de área foliar (IAF), híbrido Status TL, em função de com ou sem dessecação no dia da semeadura, da aplicação única ou sequencial de herbicidas de pós-emergência e do uso ou não do regulador de crescimento trinexapac-ethyl. Ponta Grossa – PR, 2010/11.....	50
TABELA 2.13 - Área foliar por planta (AF) e índice de área foliar (IAF), híbrido Maximus TLTG, em função de com ou sem dessecação no dia da semeadura, da aplicação única ou sequencial de herbicidas de pós-emergência e do uso ou não do regulador de crescimento trinexapac-ethyl. Ponta Grossa – PR, 2010/11.....	50
TABELA 2.14 - Área foliar por planta (AF) e índice de área foliar (IAF), híbrido Status TL, em função de com ou sem dessecação no dia da semeadura, da aplicação única ou sequencial de herbicidas de pós-emergência e do uso ou não do regulador de crescimento trinexapac-ethyl. Ponta Grossa – PR, 2011/12.....	51
TABELA 2.15 - Desdobramento da interação época de aplicação de herbicidas x regulador de crescimento, para área foliar (AF) e índice de área foliar (IAF), híbrido Maximus TLTG. Ponta Grossa – PR, 2011/12	51
TABELA 2.16 - Área foliar por planta (AF) e índice de área foliar (IAF), híbrido Maximus TLTG, em função de com ou sem dessecação no dia da semeadura, da aplicação única ou sequencial de herbicidas de pós-emergência e do uso ou não do regulador de crescimento trinexapac-ethyl. Ponta Grossa – PR, 2011/12.....	52
TABELA 2.17 - Largura (LFA) e comprimento (CFA) da folha acima da espiga e largura (LFOE) e comprimento (CFOE) da folha oposta à espiga do milho, híbrido Status TL, em função de com ou sem dessecação no dia da semeadura, da aplicação única ou sequencial de herbicidas de pós-emergência e do uso ou não do regulador de crescimento trinexapac-ethyl. Ponta Grossa – PR, 2010/11.....	53
TABELA 2.18 - Largura (LFA) e comprimento (CFA) da folha acima da espiga e largura (LFOE) e comprimento (CFOE) da folha oposta à espiga do	

milho, híbrido Maximus TLTG, em função de com ou sem dessecação no dia da semeadura, da aplicação única ou sequencial de herbicidas de pós-emergência e do uso ou não do regulador de crescimento trinexapac-ethyl. Ponta Grossa – PR, 2010/11.....53

TABELA 2.19 - Largura (LFA) e comprimento (CFA) da folha acima da espiga e largura (LFOE) e comprimento (CFOE) da folha oposta à espiga do milho, híbrido Status TL, em função de com ou sem dessecação no dia da semeadura, da aplicação única ou sequencial de herbicidas de pós-emergência e do uso ou não do regulador de crescimento trinexapac-ethyl. Ponta Grossa – PR, 2011/12.....54

TABELA 2.20 - Largura (LFA) e comprimento (CFA) da folha acima da espiga e largura (LFOE) e comprimento (CFOE) da folha oposta à espiga do milho, híbrido Maximus TLTG, em função de com ou sem dessecação no dia da semeadura, da aplicação única ou sequencial de herbicidas de pós-emergência e do uso ou não do regulador de crescimento trinexapac-ethyl. Ponta Grossa – PR, 2011/12.....54

TABELA 2.21 - Índice de acamamento (IA) do milho, híbrido Maximus TLTG, em função de com ou sem dessecação no dia da semeadura, da aplicação única ou sequencial de herbicidas de pós-emergência e do uso ou não do regulador de crescimento trinexapac-ethyl. Ponta Grossa – PR, 2011/12.....56

TABELA 2.22 - Número de espigas por planta (EP), massa de mil grãos (MMG), número de fileiras de grãos por espiga (FE) e número de grãos por fileira (GF), híbrido Status TL, em função de com ou sem dessecação no dia da semeadura, da aplicação única ou sequencial de herbicidas de pós-emergência e do uso ou não do regulador de crescimento trinexapac-ethyl. Ponta Grossa – PR, 2010/11.....57

TABELA 2.23 - Número de espigas por planta (EP), massa de mil grãos (MMG), número de fileiras por espiga (FE) e número de grãos por fileira (GF), híbrido Maximus TLTG, em função de com ou sem dessecação no dia da semeadura, da aplicação única ou sequencial de herbicidas de pós-emergência e do uso ou não do regulador de crescimento trinexapac-ethyl. Ponta Grossa – PR, 2010/11.....57

TABELA 2.24 - Número de espigas por planta (EP), número de fileiras de grãos por espiga (FE), número de grãos por fileira (GF) e massa de mil grãos (MMG), híbrido Status TL, em função de com ou sem dessecação no dia da semeadura, da aplicação única ou sequencial de herbicidas de pós-emergência e do uso ou não do regulador de crescimento trinexapac-ethyl. Ponta Grossa – PR, 2011/12.....58

TABELA 2.25 - Desdobramento da interação dessecação no dia da semeadura x época de aplicação de herbicidas, para número de espigas por planta, híbrido Status TL. Ponta Grossa – PR, 2011/12.....58

TABELA 2.26 - Número de espigas por planta (EP), número de fileiras por espiga (FE), número de grãos por fileira (GF) e massa de mil grãos (MMG), híbrido Maximus TLTG, em função de com ou sem dessecação no dia da semeadura, da aplicação única ou sequencial de herbicidas de

pós-emergência e do uso ou não do regulador de crescimento trinexapac-ethyl. Ponta Grossa – PR, 2011/12.....59

TABELA 2.27 - Produtividade do híbrido Maximus TLTG (PRM) e do Status TL (PRS), em função de com ou sem dessecação no dia da semeadura, da aplicação única ou sequencial de herbicidas de pós-emergência e do uso ou não do regulador de crescimento trinexapac-ethyl. Ponta Grossa – PR, 2010/11.....60

TABELA 2.28 - Produtividade do híbrido Maximus TLTG (PRM) e do Status TL (PRS), em função de com ou sem dessecação no dia da semeadura, da aplicação única ou sequencial de herbicidas de pós-emergência e do uso ou não do regulador de crescimento trinexapac-ethyl. Ponta Grossa – PR, 2011/12.....60

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	12
1 OBJETIVOS	14
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1 CULTURA DO MILHO	15
2.1.1 Fases de desenvolvimento da cultura	15
2.1.1.1 Germinação e emergência	15
2.1.1.2 Estádios vegetativos (V1 – V18)	16
2.1.1.3 Estádio VT (pendoamento)	17
2.1.1.4 Estádios reprodutivos (R1 – R6)	17
2.1.2 Crescimento do colmo da planta de milho	17
2.2 ACAMAMENTO	19
2.3 FITOHORMÔNIOS	20
2.3.1 Reguladores de crescimento	22
2.3.1.1 Trinexapac-ethyl	23
2.4 CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS NO MILHO	24
2.4.1 Dessecação em pré-semeadura	24
2.4.2 Controle em pós-emergência com herbicidas	25
2.4.2.1 Modalidades de aplicação de herbicidas	26
CAPÍTULO 1 - DOSES E ÉPOCAS DE APLICAÇÃO DE REGULADOR DE CRESCIMENTO EM HÍBRIDOS DE MILHO	28
RESUMO	28
ABSTRACT	28
1.1 INTRODUÇÃO	28
1.2 MATERIAL E MÉTODOS	30
1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
CAPÍTULO 2 - MODOS DE DESSECAÇÃO EM PRÉ-SEMEADURA E DE APLICAÇÃO DE HERBICIDAS EM PÓS-EMERGÊNCIA COMBINADOS OU NÃO A REGULADOR DE CRESCIMENTO EM HÍBRIDOS DE MILHO	39

RESUMO.....	39
ABSTRACT	39
2.1 INTRODUÇÃO.....	40
2.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	41
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	45
 CONCLUSÃO	62
 REFERÊNCIAS	63
APÊNDICE A – Dados das propriedades químicas do solos.....	74
APÊNDICE B – Dados climatológicos referentes às safras 2010/11 e 2011/12..	76

INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.), em função de sua composição, valor nutricional e alto potencial de produção constitui um dos principais cereais cultivados no mundo, sendo um dos insumos mais importantes para o segmento produtivo (OLIVEIRA et al., 2007; PINAZZA, 1993).

O aumento da população mundial, a produção de etanol de milho e o aumento do custo de fertilizantes causaram a elevação do preço do milho e de outros alimentos, sendo necessário o manejo adequado e eficiente das culturas agrícolas para aumentar o potencial produtivo por área. O manejo apropriado engloba implantação correta da cultura, controle de plantas daninhas, de pragas e de doenças, além da escolha de cultivares entre outros fatores (FANCELLI; DOURADO NETO, 2000; MARTIN et al., 2011).

Para a implantação adequada da cultura do milho, principalmente no sistema de plantio direto na palha, a dessecação das plantas daninhas com aplicação de herbicidas antes da semeadura é indispensável (OLIVEIRA JÚNIOR et al., 2006b). Além disso, a aplicação de herbicidas de pós-emergência, em aplicação única ou sequencial e dentro dos períodos recomendados é fundamental para evitar os danos causados pela matocompetição (ZAGONEL; VENÂNCIO; KUNZ, 2000). Dependendo de fatores relacionados à cultura, à comunidade infestante e a fatores ambientais, as perdas de produtividade ocasionadas pela interferência das plantas daninhas na cultura do milho podem atingir 85% no sistema de plantio convencional e até 100% no sistema de plantio direto (GALON et al., 2008; SILVA; PIRES, 1990).

Outro fator que influencia a produtividade da cultura do milho é a ocorrência do acamamento. Segundo o Instituto FNP (2011), anualmente estimam-se perdas de 5% a 20% na produção mundial de milho devido ao acamamento, o qual pode ser definido como um estado permanente de modificação da posição do colmo em relação à posição original, o que resulta em plantas recurvadas e até mesmo na quebra de colmos (GOMES et al., 2010).

Para Cruz et al. (2003), o quebramento e o acamamento são fenômenos complexos e suas expressões dependem de fatores genéticos, inter-relacionados com fatores de clima, do solo e das práticas culturais adotadas, além de danos causados por pragas e doenças. O vento e a chuva destacam-se entre os

principais agentes que promovem acamamento e quebramento do colmo (EASSON; WHITE; PICKLES, 1993). Isso leva à necessidade de adoção de medidas de controle do acamamento, como a utilização de cultivares resistentes ou de porte baixo que nem sempre estão disponíveis para todas as regiões de cultivo, e/ou a aplicação de reguladores de crescimento.

Os reguladores de crescimento são substâncias químicas naturais ou sintéticas que podem ser aplicadas diretamente nos vegetais para alterar os processos vitais ou estruturais, por meio de modificações no balanço hormonal das plantas (ESPINDULA et al., 2010).

Entre os reguladores de crescimento de plantas, o trinexapac-ethyl tem mostrado efeitos hormonais em diversas espécies pertencentes à família poaceae (FIALHO et al., 2009). Esse regulador de crescimento interfere na biossíntese do ácido giberélico, reduzindo o nível do ácido giberélico ativo (GA_1), através da inibição da enzima 3 β -hidroxilase (NAKAYAMA et al., 1990), aumentando assim seu precursor biossintético imediato (GA_{20}) (DAVIES, 1987).

Além de diminuir o crescimento longitudinal das plantas, segundo Lamas (2001), os reguladores de crescimento abriram novas perspectivas para o aumento da produção em poaceae e leguminosas. Nesse contexto, independente da resposta da cultivar quanto à ocorrência de acamamento, a aplicação de reguladores de crescimento pode auxiliar no aumento da produtividade da cultura, como constatado por diversos autores para a cultura do trigo (PENCKOWSKI; ZAGONEL; FERNANDES, 2010; ZAGONEL, 2003) e na da soja (CAMPOS, 2005). Entretanto, para a cultura do milho não há relatos na literatura do uso desse regulador de crescimento.

1 OBJETIVOS

Em um trabalho, avaliar se o regulador de crescimento trinexapac-ethyl aplicado em quatro doses e quatro épocas influencia nas características agronômicas e na produtividade de dois híbridos de milho. Em outro trabalho, verificar os efeitos da realização ou não da dessecação em pré-semeadura, combinado a aplicação única ou sequencial de herbicidas de pós-emergência e com ou sem a aplicação do regulador de crescimento trinexapac-ethyl em características agronômicas e produtividade de dois híbridos de milho, um tolerante e outro não tolerante ao glifosato.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 CULTURA DO MILHO

O milho é a terceira cultura mais cultivada do mundo, sendo superada apenas pela cultura do arroz e do trigo. Porém, em se tratando de produção, o milho é superior se comparado com os demais cereais. No ano de 2009, foram produzidos cerca de 817 milhões de toneladas de milho no mundo, enquanto que a produção mundial de arroz e trigo foi aproximadamente 680 milhões de toneladas (CENTRO DE INTELIGÊNCIA DO MILHO, 2012).

No Brasil, o milho é uma das principais culturas agrícolas cultivadas, não somente pelo aspecto quantitativo, mas também por sua importância estratégica, visto que é base da alimentação animal e, conseqüentemente, humana (LÓPEZ-OVEJERO et al., 2003). É um cereal altamente nutritivo, contendo a maioria dos aminoácidos, exceto lisina e triptofano.

O gênero *Zea* possui várias espécies e variedades, fornecendo produtos para alimentação humana, animal e matéria-prima para a indústria, a qual não se restringe a fabricação de produtos alimentícios. É bastante utilizado como fonte de energia pelas indústrias de bioenergia, além de ser base da fabricação de muitos elementos espessantes e colantes, e na fabricação de óleos.

Para a cultura do milho, o sistema de plantio direto na palha é o predominante, principalmente nas grandes áreas agrícolas, e o plantio convencional é utilizado na abertura de novas áreas de plantio. Para os pequenos produtores a predominância é do sistema convencional, embora seja ascendente a adoção do plantio direto para esses (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO, 2011).

2.1.1 Fases de desenvolvimento da cultura

2.1.1.1 Germinação e emergência

Nessa fase há a determinação do número de plantas por hectare, isso ocorre devido ao milho possuir baixa capacidade de compensar falhas no número e na distribuição de plantas (WEISMANN, 2007).

Durante essa etapa, grande quantidade de giberelina é secretada na região do escutelo, irradiando-se para a camada de aleurona, estimulando assim a síntese e liberação de enzimas hidrolíticas, como alfa-amilase e proteases, as quais induzem a produção de açúcares. Vários compostos são produzidos nessa fase vegetativa da cultura do milho, como citocininas e auxinas, os quais promovem o crescimento do embrião. Se ocorrer baixa temperatura do solo na semeadura, pode haver limitação na absorção de elementos nutricionais, assim expondo a semente e a plântula à maior suscetibilidade a condições adversas do ambiente e a patógenos (RITCHIE; HANWAY; BENSON, 1993).

2.1.1.2 Estádios vegetativos (V1 – V18)

Os estádios vegetativos da cultura do milho são VE, que corresponde ao estágio de emergência, além de V1 até V18, os quais correspondem ao número de folhas que a planta possui.

Todas as folhas e inflorescências femininas que a planta possuirá começam a ser formadas no estágio V3, porém, aproximadamente no estágio V5 que a iniciação das folhas e das inflorescências femininas estará completa e um pendão microscópico tem início na extremidade apical. No estágio V3 ainda ocorre mínima elongação do colmo e a extremidade apical da planta encontra-se abaixo da superfície do solo (RITCHIE; HANWAY; BENSON, 1993). No estágio V6 a região de crescimento e o pendão ficam acima da superfície do solo e o colmo inicia grande incremento na elongação. No estágio V9 o pendão começa a se desenvolver rapidamente e o colmo permanece em rápida elongação, a qual ocorre por intermédio da elongação dos internódios. A elongação de cada internódio começa antes do internódio acima dele do colmo (WEISMANN, 2007).

No estágio V10 a planta de milho começa a ter um rápido e constante acúmulo de nutrientes e de massa seca, portanto, neste estágio há maior demanda de nutrientes e suprimento de água do solo para assegurar o aumento na taxa de crescimento. O número de óvulos, em cada inflorescência feminina, e o tamanho da espiga são determinados no estágio V12. O potencial desses dois fatores, além de estar relacionado com a disponibilidade de umidade e nutrientes,

está relacionado também com o período de tempo disponível para sua determinação (RITCHIE; HANWAY; BENSON, 1993).

Durante o estágio V15 os estilos-estigmas começam a crescer nas inflorescências femininas localizadas na parte superior da planta, porém, é no estágio V17 que tais inflorescências, além da extremidade do pendão, estarão visíveis sem haver dissecação da planta. Após o estágio V15 não há diferenciação celular, apenas crescimento e multiplicação do número de células na planta. O último estágio vegetativo do milho, o V18, caracteriza-se pelo crescimento, a partir dos nós acima da superfície do solo, das raízes adventícias (RITCHIE; HANWAY; BENSON, 1993).

2.1.1.3 Estádio VT (pendoamento)

O estágio VT inicia-se quando o último ramo do pendão está completamente visível e antes dos estilos-estigmas serem visíveis. Nesse estágio há a emergência dos cabelos do milho, período durante o qual a planta começa a polinização. Durante o período de polinização cada estilo-estigma se emerge para que a polinização e o desenvolvimento do grão ocorram (WEISMANN, 2007).

2.1.1.4 Estádios reprodutivos (R1 – R6)

O primeiro estágio da fase reprodutiva da cultura do milho, o R1, inicia a partir do momento que qualquer estilo-estigma é visível fora da palha. Na fase R1 determina-se o número de óvulos que serão fertilizados (RITCHIE; HANWAY; BENSON, 1993).

No estágio R2, cuja característica principal são os grãos com aspecto leitoso, começa a haver acúmulo de amido no endosperma. Na fase reprodutiva R3 o aspecto dos grãos é pastoso, já na fase R4 os grãos apresentam característica de farináceo. Nesse estágio os grãos acumulam aproximadamente metade da massa seca da maturação. No estágio R5 os grãos são caracterizados pelo aspecto de farináceo-duro. O último estágio de desenvolvimento da cultura do

milho, o R6, o qual se caracteriza pela maturação fisiológica, é atingido quando todos os grãos atingem o máximo acúmulo de matéria seca (WEISMANN, 2007).

2.1.2 Crescimento do colmo da planta de milho

O crescimento e extensão do colmo de uma planta podem competir com o das folhas, mas também podem servir como reserva para o enchimento dos grãos. O crescimento e o desenvolvimento do colmo determinam, em grande parte, a capacidade das plantas em competir por luz, bem como as relações entre crescimento vegetativo e reprodutivo (FOURNIER; ANDRIEU, 2000).

Para Fournier e Andrieu (2000) as dimensões do colmo estão estreitamente relacionadas com a resistência da planta ao acamamento, que pode ser um fator importante na determinação do rendimento. Por isso, a manipulação da altura da planta, por meio da seleção ou do uso de reguladores de crescimento é de importância econômica, porém, pouca atenção é dada para a compreensão do alongamento do colmo.

Para a formação do colmo da planta de milho, o primeiro internódio forma-se abaixo do coleóptilo e alonga-se rapidamente, ocasionando a emergência da planta (PARVEZ et al., 1998). Os entrenós superiores se originam a partir de meristemas intercalares que aparecem na metade inferior da inserção dos primórdios (SHARMAN, 1942). De acordo com Kiesselbach (1949) o crescimento intercalar do colmo ocorre somente após a transição do ápice para a fase reprodutiva. Antes dessa transição todo o colmo alonga-se de forma muito lenta. Apenas após o início da formação do pendão o colmo alonga-se a uma taxa ligeiramente superior e, desde a iniciação da espiga alonga-se rapidamente até a formação plena da mesma (SIEMER; LENG; BONNETT, 1969).

Morrison; Kessler e Buxton (1994) e Sachs (1965) identificaram quatro fases distintas durante o alongamento de um entrenó do colmo da planta de milho, com base na distribuição espacial dos componentes celulares e/ou das taxas de alongamento segmentar dentro do entrenó. Na primeira fase, identificada a distribuição celular permaneceu inalterada ao longo dos entrenós e a taxa

exponencial de alongamento foi homogênea ao longo do entrenó. Na segunda fase, houve um significativo aumento no comprimento celular desenvolvido na extremidade distal do entrenó e na taxa de alongamento do entrenó. Na terceira fase, houve amadurecimento das células pertencentes na extremidade distal do entrenó e as células presentes na base do entrenó que não haviam sido alongadas estavam em constante alongamento. Dessa forma, a produção de novas células compensa a maturação das células mais velhas. Na última fase identificada, a quarta, as células presentes na base do entrenó diminuíram de comprimento, resultando assim no cessar do alongamento.

Na cultura do milho, o alongamento das células dos entrenós ocorre somente após o início do desenvolvimento reprodutivo (SIEMER; LENG; BONNETT 1969), e os entrenós inferiores podem permanecer curtos por já perderem a capacidade de alongarem no momento em que começa o desenvolvimento reprodutivo (FOURNIER; ANDRIEU, 2000). A correlação entre o início do desenvolvimento reprodutivo e a iniciação do alongamento das células dos entrenós tem sido observada somente em algumas espécies de gramíneas (KIRBY; FARIS, 1970).

2.2 ACAMAMENTO

Para Pinthus (1973) o acamamento é um estado permanente de modificação da posição do colmo em relação à sua posição original, que resulta em plantas recurvadas e até em quebra dos colmos.

O efeito do acamamento ou quebramento sobre o rendimento de grãos depende, em especial, do genótipo, da severidade e da fase de desenvolvimento da cultura em que tal fenômeno ocorre (FEDERIZZI; FANTINI; CARVALHO, 1994). Em regiões úmidas e de temperatura mais elevada na primavera, como no sul do Brasil, os efeitos do acamamento são mais acentuados (CARVALHO, 1982).

O primeiro e o segundo entrenós da porção basal do colmo do milho, de maior comprimento, em pesquisa realizada por Pinthus (1973), mostraram correlação positiva com a predisposição ao quebramento, comparando-se com

genótipos com entrenós basais de menor comprimento. O acamamento muitas vezes causa a ruptura dos tecidos da planta, impedindo dessa forma a vascularização normal do colmo e a recuperação da mesma (FAHN, 1975). Além de causar a ruptura dos tecidos, tal fenômeno afeta a estrutura anatômica da planta para o transporte de água e nutrientes e, segundo Zanatta e Oerlecke (1991) quanto mais cedo se manifestar no ciclo de vida da planta, menores serão o rendimento e qualidade dos grãos.

Além de suportar as folhas e partes florais, o colmo do milho também é um órgão de reserva de fotoassimilados. Após a época de florescimento, o fluxo dos fotoassimilados é direcionado principalmente ao enchimento de grãos. Quando não há produção suficiente de fotoassimilados para manter os tecidos, as maiores demandas exercidas pelos grãos por tal substância acarreta na senescência precoce dos tecidos da raiz e da base do colmo, podendo ocorrer o acamamento da planta (FONTOURA et al., 2006; GOMES et al., 2010).

Gomes et al. (2010) com o objetivo de avaliar genótipos de milho quanto à resistência ao acamamento e ao quebramento do colmo, selecionaram oitenta e cinco genótipos e concluíram que existe variabilidade genética para seleção quanto à resistência ao acamamento e ao quebramento do colmo. Segundo os mesmo autores, a elasticidade do colmo é uma característica desejável na seleção de híbridos, pois a chuva além de umedecer o solo, aumenta o peso da parte aérea, principalmente quando a cultura encontra-se na fase reprodutiva, assim gerando condições favoráveis para o acamamento da planta, por diminuir a ancoragem do sistema radicular.

O acamamento é um fenômeno que causa prejuízos em diversas culturas, além do milho. Há estudos sobre perda de rendimento em trigo, soja, algodão, cana-de-açúcar, arroz. Cruz et al. (2003) estudaram a influência do acamamento sobre o rendimento de grãos e outros caracteres em trigo, nessa pesquisa concluíram que o acamamento artificial, realizado no estágio de antese, determina a redução do rendimento de grãos, do peso hectolitro e do peso médio do grão. Além disso, nesse estudo compararam genótipos de porte alto e baixo, e concluíram que o acamamento provoca maior estresse em genótipos de porte alto.

A solução para amenizar os problemas causados pelo acamamento, segundo Buzetti et al. (2006) seria a restrição de aplicação de fertilizantes

nitrogenados e/ou o uso de cultivares resistentes. Porém, como já praticada em países da Europa e no Brasil, a aplicação de reguladores de crescimento é alternativa para evitar ou minimizar o acamamento.

2.3 FITOHORMÔNIOS

O crescimento das plantas é um processo complexo, pois as mesmas absorvem uma série de substâncias, as quais tem que transformar e converter em matéria constituinte. Há um aumento irreversível do tamanho do protoplasma, através dos processos de divisão e alongamento celular, aumentando de tamanho os órgãos do vegetal (COLL et al., 2001).

Muitos processos bioquímicos e fisiológicos que ocorrem nas plantas são controlados por hormônios, os quais alteram e controlam o crescimento, o desenvolvimento e a diferenciação das plantas, porém, outros processos como a abertura de estômatos, também possam ser controlados por hormônios (DAVIES, 2007; HILGEMBERG, 2010). Dentre os fitorreguladores que estão presentes nos vegetais podem-se citar as auxinas, as citocininas, as giberelinas, o etileno e o ácido abscísico.

As auxinas influenciam diretamente nos mecanismos de expansão celular. Quanto às citocininas, essas foram descobertas em estudos relacionados ao processo de divisão celular. Além disso, outras atividades estão relacionadas a esse hormônio como a senescência foliar, a mobilização de nutrientes, a dominância apical, a formação e a atividade dos meristemas apicais, o desenvolvimento floral, a germinação de sementes e a quebra de dormência de gemas. Mais recentemente foram descobertas outras funções para as citocininas, como produto intermediário em processos de desenvolvimento das plantas regulado pela luz, incluindo a diferenciação dos cloroplastos, o desenvolvimento do mecanismo autotrófico e a expansão de folhas e cotilédones (TAIZ; ZEIGER, 2004).

As giberelinas, as quais compreendem 125 representantes, foram descobertas e estudadas a partir da década de 50. As funções das giberelinas no desenvolvimento das plantas englobam expansão foliar em alguns vegetais, alongamento do caule, indução floral, desenvolvimento de frutos imaturos, além de biossíntese de antocianinas e mobilização de reserva em sementes de cereais em

germinação (HUIZEN; OZGA; REINECKE, 1997; STEPHEN; SWAIN; KAMIYA, 1997). De acordo com Taiz e Zeiger (2004), na fase reprodutiva de algumas culturas, as giberelinas podem afetar a transição da fase juvenil para o adulto, a determinação do sexo e o estabelecimento do fruto. A aplicação de giberelinas promove ainda a diminuição da espessura do caule em algumas plantas, em consequência do crescimento dos entrenós, diminuição do tamanho das folhas, além de estabelecer a coloração esverdeada clara nas folhas de algumas culturas.

Na cultura do milho, giberelinas (GA_1) pulverizadas em plantas normais e anãs, ocasionaram o alongamento das plantas anãs e, conseqüentemente, aumento da estatura. No milho normal causou pouco efeito (TAIZ; ZEIGER, 2004).

2.3.1 Reguladores de crescimento

Os reguladores de crescimento são substâncias químicas naturais ou sintéticas que aplicadas nas plantas, influenciam no desenvolvimento e crescimento, alterando o balanço hormonal das mesmas. Geralmente, os reguladores são aplicados com a finalidade de aumentar a produção e a qualidade ou facilitar a colheita. A aplicação de reguladores vegetais tem mostrado grande potencial de incremento na produtividade de algumas culturas, porém sua adoção não é uma prática rotineira em culturas que não atingiram alto nível tecnológico (ESPINDULA, 2010; FERRARI et al., 2008; LAMAS, 2001).

Os reguladores de crescimento agem como sinalizadores químicos na regulação do crescimento e desenvolvimento de plantas. Regularmente, ligam-se à receptores na planta e desencadeiam mudanças no metabolismo celular que podem afetar a iniciação ou modificação do desenvolvimento de órgãos ou tecidos. 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). Vários autores já verificaram as mudanças causadas nas plantas pela aplicação de reguladores de crescimento, principalmente em cereais de inverno, como alteração na arquitetura das plantas, nos componentes de produção e na produtividade da cultura, mesmo se não ocorrer acamamento da

cultura (FERNANDES, 2009; RODRIGUES; VARGAS, 2002; ZAGONEL et al., 2002a).

A aplicação de reguladores de crescimento não é uma prática realizada na cultura do milho atualmente, devido aos poucos estudos sobre o assunto. Porém, em cereais como trigo e em gramados, tal prática é difundida com sucesso, principalmente em países da Europa. A principal característica dos reguladores de crescimento é regular o alongamento da haste com a inibição da biossíntese das giberelinas ou liberação do etileno (RAJALA, 2003).

De acordo com Taiz e Zeiger (2004), a grande parte dos reguladores vegetais age por inibição da síntese de giberelinas. Os reguladores de crescimento aplicados em cereais em geral são o 2-cloro-etil ácido fosfônico (Ethephon), o cloreto de cloramina ("CCC") e o trinexapac-ethyl (Moddus).

2.3.1.1 Trinexapac-ethyl

O trinexapac-ethyl é um regulador vegetal que promove resultados positivos na redução da estatura das plantas, principalmente de cereais de inverno, além de evitar o acamamento (AMREIN; RUFENER; QUADRANTI, 1989). O produto atua nas plantas reduzindo a alongação celular no estágio vegetativo e obstruindo a biossíntese do ácido giberélico (HECKMAN et al., 2002). Além de evitar o acamamento em cereais de inverno, a aplicação de trinexapac-ethyl também pode promover aumento da produtividade (ZAGONEL; FERNANDES, 2007).

O trinexapac-ethyl atua reduzindo acentuadamente o nível do ácido giberélico ativo (GA_1), devido a inibição da enzima 3 β -hidroxilase (NAKAYAMA et al., 1990), assim aumenta drasticamente seu precursor biossintético imediato, o GA_{20} (DAVIES, 1987). A queda no nível do ácido giberélico ativo, GA_1 , é a provável causa de redução do crescimento das plantas (WEILER; ADAMS, 1991). Além de influenciar na biossíntese das giberelinas, segundo Heckman et al. (2002) o trinexapac-ethyl também inibe parcialmente o transporte de elétrons na mitocôndria, diminuindo dessa forma a respiração celular, assim sendo outro local de potencial ação do trinexapac-ethyl.

Penckowski; Zagonel e Fernandes (2010), estudando duas cultivares de trigo, uma de porte médio e moderadamente resistente ao acamamento, e outra de porte alto e moderadamente suscetível ao acamamento, ratificou que o trinexapac-ethyl reduz a estatura das plantas e o acamamento, além de promover a diminuição do comprimento dos entrenós. Berti; Zagonel e Fernandes (2007) também observaram diminuição linear da altura das plantas com a aplicação do trinexapac-ethyl em quatro cultivares de trigo, independentemente do porte e reação ao acamamento.

Zagonel (2003) em trabalho realizado com duas cultivares de trigo e diferentes doses de trinexapac-ethyl, verificou que com o aumento da dose do regulador a altura das plantas diminuiu linearmente em ambas cultivares. Segundo o autor, mesmo em cultivares de porte baixo o produto proporciona aumento da produtividade, inclusive se não ocorrer o acamamento.

Na cultura da cana-de-açúcar a aplicação do trinexapac-ethyl pode proporcionar além de redução na estatura e no acamamento das plantas, antecipação de colheita, pois segundo Lavanholi et al. (2002) os reguladores vegetais são capazes de alterar a morfologia e a fisiologia da planta, podendo ocasionar modificações qualitativas e quantitativas na produção da cana-de-açúcar, elevando o teor de sacarose, antecipando a maturação e aumentando a produtividade de colmos e açúcar. Leite et al. (2009) em pesquisa realizada com diversos maturadores, dentre eles o trinexapac-ethyl, na cultura da cana-de-açúcar, observaram que tal produto obteve maior antecipação na colheita, sendo de 25 dias em relação ao tratamento controle, em ano de condição climática desfavorável.

2.4 CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS NO MILHO

As plantas daninhas podem causar prejuízos de 85% no rendimento da cultura do milho no sistema de cultivo convencional e de até 100% no sistema de plantio direto (GALON et al., 2008; SILVA; PIRES, 1990). Para López-Ovejero et al. (2003), dentre os fatores bióticos que interferem na cultura do milho as plantas daninhas podem causar perdas de rendimento de até 70%. Dessa forma, o controle de plantas daninhas é uma necessidade de ordem econômica, em que o método químico é o mais viável (SILVA; PIRES, 1990).

2.4.1 Dessecação em pré-semeadura

O sistema de plantio direto tem como operação básica para seu sucesso a dessecação, que consiste na aplicação de um herbicida, ou de uma mistura de dois ou mais, ou mesmo de duas aplicações sequenciais do mesmo ou de diferentes herbicidas, antes da semeadura das culturas (PROCÓPIO et al., 2006). Segundo Roman e Didonet (1990) a utilização de herbicidas dessecantes no sistema de plantio direto deve ter no mínimo igual eficiência quando comparado ao preparo do solo no controle das plantas daninhas presentes na área.

Um dos fatores preponderantes na determinação da capacidade competitiva da cultura e das espécies daninhas é a época em que uma emerge em relação à outra. Quanto maior a precocidade de emergência de uma espécie em relação à outra, maiores as chances daquela que emergiu primeiro levar vantagem competitiva. Além disso, especificamente no sistema de plantio direto, a escolha do momento adequado para a dessecação da cobertura vegetal antes da semeadura é fundamental para o êxito da cultura do milho (CONSTANTIN, 2001; CONSTANTIN et al., 2009). Nas áreas de plantio direto, em que a cobertura vegetal geralmente está presente em grande quantidade, a dessecação deve ser feita no mínimo 15 a 20 dias antes da semeadura da cultura, a fim de evitar possíveis prejuízos na produtividade (CONSTANTIN et al., 2007). Procópio et al. (2006) avaliando os efeitos da aplicação de herbicidas na pré-semeadura da soja, concluíram que todos os tratamentos herbicidas aplicados em pré-semeadura proporcionaram maior produtividade da cultura em relação à testemunha não-dessecada.

Constantin et al. (2009) em estudo comparando três tipos de dessecação na pré-semeadura do milho, aplique e plante, sete dias antes da semeadura e manejo antecipado, verificaram que o sistema manejo antecipado proporcionou maior controle das plantas daninhas, no qual ocorreram maiores rendimentos de grãos de milho. A dessecação mais precoce da infestação, proporcionada pelo manejo antecipado, estimula a emergência de novos fluxos de plantas daninhas, uma vez que após a dessecação da massa vegetal o solo volta a receber luz, assim proporcionando a quebra da dormência de muitas espécies presentes no banco de sementes. Além do efeito da luz, a presença de uma massa vegetal na superfície do solo reconhecidamente exerce efeito supressor na

germinação das plantas daninhas (CORREIA; DURIGAN, 2004; TREZZI; VIDAL, 2004; VIDAL; TREZZI, 2004).

2.4.2 Controle em pós-emergência com herbicidas

O controle de pós-emergência é o mais usual na cultura do milho. Para a aplicação em pós-emergência, a seletividade dos herbicidas é a base para o sucesso do controle químico de plantas daninhas na produção agrícola, e pode ser definida como a medida da resposta diferencial das espécies de plantas à aplicação de uma determinada molécula. O efeito seletivo do herbicida é uma manifestação das complexas interações entre uma planta, o herbicida e o ambiente no qual a planta se desenvolve (OLIVEIRA JÚNIOR, 2001). Pela tolerância do milho RR ao glifosato, esse herbicida pode ser aplicado em qualquer fase fenológica da cultura, desde que respeite as épocas recomendadas de controle, para que não ocorram efeitos tóxicos nas plantas ou prejuízos na produtividade. O glifosato é um herbicida sistêmico, do grupo das glicinas, de formulação concentrado solúvel. Aplicado em pós-emergência das plantas daninhas, sua eficácia é comprovada para aplicação em pré-semeadura de milho convencional e também em pós-emergência de milho RR (ZAGONEL; MAROCHI, 2004).

Em milho RR, na aplicação em pós-emergência podem ser utilizados também outros herbicidas, os quais são recomendados para a cultura do milho convencional. Para a aplicação em pós-emergência os herbicidas que se destacam são a atrazina e o mesotrione. A atrazina é um herbicida seletivo para a cultura do milho em qualquer estágio de desenvolvimento, pertencente ao grupo químico das triazinas, recomendado para o controle pós-emergente de plantas daninhas anuais, folhas largas e capim-marmelada nos sistemas de plantio direto e convencional. Já o mesotrione é de ação sistêmica, pertencente ao grupo químico da tricetona, para a cultura de milho é recomendado para sistema de cultivo convencional e plantio direto (DAN et al., 2011).

2.4.2.1 Modalidades de aplicação de herbicidas

Ao modo de aplicação dos herbicidas de pós-emergência pode ser sequencial ou dose única. Na aplicação sequencial há o parcelamento de doses

usuais em mais de uma aplicação. Para a manutenção dos níveis desejados de eficácia, no entanto, torna-se necessário que as aplicações sejam iniciadas em uma fase mais precoce de desenvolvimento das plantas daninhas (OLIVEIRA JÚNIOR et al., 2006b). Já na aplicação única é utilizada a dose cheia do produto em uma fase da cultura.

A adoção da aplicação sequencial de herbicidas vem se mostrando uma alternativa interessante para o controle de plantas daninhas, já que o parcelamento da dose acaba aumentando a seletividade dos herbicidas sobre as culturas (OLIVEIRA JÚNIOR et al., 2006a). Burke et al. (2008) relataram que a aplicação sequencial de nicosulfuron em pós-emergência da cultura do milho, foi mais eficiente no controle de plantas daninhas que a aplicação única. Em estudo realizado por Oliveira Júnior et al. (2006b), cujo objetivo era avaliar a interação entre sistemas de manejo e de controle de plantas daninhas em pós-emergência na cultura da soja, observaram que, para a produtividade da cultura, os tratamentos diferiram-se apenas conforme o sistema de manejo, se dessecação antecipada, 10 dias antes da semeadura ou aplique e plante, mas sobre a forma de aplicação, se sequencial ou dose única, não houve diferença significativa na produtividade da cultura. Vale salientar que o desenvolvimento da cultura da soja é muito diferente da cultura do milho, uma vez que o “fechamento da cultura” da soja se dá de forma mais precoce.

Constantin et al. (2007) relataram que a aplicação sequencial de flumiclorac-pentil foi mais eficiente no controle de diferentes espécies de guaxuma comparado a aplicação em dose única. Segundo Oliveira Júnior et al. (2006a) há uma tendência consistente de que as aplicações sequenciais proporcionem controle mais efetivo das plantas daninhas. Tal evidência explica-se pelo fato de que na aplicação sequencial existe a possibilidade de controlar fluxos mais tardios de infestação, além de reforçar o controle obtido pela primeira aplicação em espécies de difícil controle, aumentando assim a eficiência de controle.

De acordo com Trezzi et al. (2008) a aplicação sequencial de atrazina + simazina em pós-emergência precoce, complementada por uma aplicação em pós-emergência tardia de atrazina + nicosulfuron foram eficientes no controle de plantas daninhas, e isto se refletiu em uma menor produção de matéria seca das plantas daninhas em comparação com os tratamentos aplicados na modalidade única em pós-emergência precoce.

CAPÍTULO 1 - DOSES E ÉPOCAS DE APLICAÇÃO DE REGULADOR DE CRESCIMENTO EM HÍBRIDOS DE MILHO

RESUMO

Visando avaliar o efeito do regulador de crescimento trinexapac-ethyl em diferentes doses e épocas de aplicação em dois híbridos de milho, instalaram-se dois experimentos em Ponta Grossa, PR, Brasil, no ano agrícola 2010/11. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, em esquema fatorial 4 x 4 (doses x épocas de aplicação), com quatro repetições. Os tratamentos constaram da aplicação do trinexapac-ethyl nas doses 0,0; 187,5; 375,0 e 562,5 g ha⁻¹ nos estádios V2, V4, V6 e V8 do milho, nos híbridos Status TL e Maximus TLTG. Avaliaram-se características morfológicas, componentes de rendimento e produtividade. A época de aplicação do trinexapac-ethyl não afetou as características morfológicas e a produtividade dos dois híbridos de milho. Em relação à dose do regulador, somente o Maximus TLTG respondeu com aumento da largura e diminuição do comprimento das folhas com o aumento da dose do produto, sem efeitos substanciais nos componentes de rendimento e na produtividade. Os resultados mostraram pouca resposta dos híbridos avaliados à dose e época de aplicação do trinexapac-ethyl e, ao contrário do trigo, o uso na cultura deve ser mais avaliado, especialmente em relação à dose do produto e a reação de híbridos.

Palavras-chave: Acamamento. Trinexapac-ethyl. *Zea mays* L.

ABSTRACT

Aiming evaluate the effect of the growth regulator trinexapac-ethyl at different rates and application time in two corn hybrids, settled two experiments in the city of Ponta Grossa – PR, Brazil, in the agricultural year 2010/11. The experimental design was randomized blocks in factorial scheme 4 x 4 (rates x time) with four replications. Treatments consisted of application of trinexapac-ethyl rates of 0.0, 187.5, 375.0 and 562.5 g ha⁻¹ at stages corn V2, V4, V6 and V8 in the hybrids Status TL and Maximus TLTG. Was evaluated the morphological traits, yield components and yield. The time of application of trinexapac-ethyl did not affect yield and morphological characteristics of two corn hybrids. In relation to the rate of the regulator, only Maximus TLTG responded with increased width and length of the leaves decreased with increasing rate of the product, without substantial effects on yield and yield components. The hybrids showed little dose response and time of application of trinexapac-ethyl and, unlike wheat, the use of culture should be further evaluated, especially in relation to the quantity of the product and the reaction of hybrids.

Keywords: Lodging. Trinexapac-ethyl. *Zea mays* L.

1.1 INTRODUÇÃO

A cultura do milho (*Zea mays* L.) desempenha papel fundamental no sistema de produção brasileiro e mundial (DOURADO NETO et al., 2004). O

emprego de técnicas modernas tem proporcionado aumento da produtividade de grãos de milho, e a exploração da capacidade de rendimento de grãos é possível mediante o desenvolvimento de técnicas que propiciem o aproveitamento dos recursos do meio.

Em milho de alta produtividade, em geral, são utilizadas altas populações de plantas e elevadas doses de nitrogênio. No entanto, com o aumento da população e da dose de nitrogênio consequentemente ocorre aumento da estatura de plantas e da altura de inserção das espigas, tornando as plantas mais suscetíveis ao acamamento e quebramento, o que pode resultar em perdas significativas em híbridos suscetíveis e/ou em condições de clima favoráveis ao acamamento (DUETE et al., 2008).

Para possibilitar o uso de maiores densidades de semeadura e doses de nitrogênio sem que ocorra o acamamento, pode-se utilizar cultivares de porte baixo. No entanto, nem sempre essas cultivares estão disponíveis ou são adaptadas à região de cultivo, o que exige o uso de técnicas alternativas. Entre essas estão o uso de reguladores de crescimento, que são utilizados amplamente em trigo com excelentes resultados não só no sentido de evitar o acamamento como também pelos efeitos na arquitetura de plantas, o que permite maior absorção da radiação solar e consequentemente da produtividade de grãos (ZAGONEL et al., 2002; ZAGONEL; FERNANDES, 2007).

O trinexapac-ethyl é um regulador de crescimento que tem sido bastante utilizado na cultura de trigo no Brasil, com o principal objetivo de evitar e/ou prevenir o acamamento. O produto atua nas plantas reduzindo a elongação celular no estágio vegetativo, interferindo no final da rota metabólica da biossíntese do ácido giberélico (RAJALA, 2003) pela inibição da enzima 3 β -hidroxilase, reduzindo drasticamente o nível do ácido giberélico ativo (GA₁) e assim aumentando acentuadamente seu precursor biossintético imediato GA₂₀ (DAVIES, 1987). A queda no nível do ácido giberélico ativo (GA₁) é a provável causa da diminuição do crescimento das plantas (RADEMACHER, 2000).

Em milho não há relatos na literatura do uso do trinexapac-ethyl, mas na cultura do trigo, em experimentos realizados na Argentina foi observada diminuição da área foliar, sem diminuição na atividade fotossintética. As aplicações de trinexapac-ethyl com o primeiro a terceiro nó visível provocaram mudanças na densidade de espigas, promovendo o desenvolvimento dos perfilhos e aumento da

produção na cultura do trigo. A aplicação no início da elongação do colmo provocou mudanças na sua anatomia, aumentando o diâmetro do caule e a espessura da parede celular (LOZANO; LEADEN, 2002). No Brasil, Zagonel et al. (2002) avaliaram o trinexapac-ethyl na cultivar de trigo OR-1, de porte baixo e, verificaram redução do comprimento dos entrenós, aumento do número de espigas por metro e da produtividade. Em outro experimento no mesmo local, Zagonel; Venâncio e Kunz (2002) utilizando a cultivar IAPAR 53, de porte médio/alto, também verificaram redução substancial da altura das plantas com aumento de produtividade. Lozano e Leaden (2002) avaliando o trinexapac-ethyl em duas cultivares de trigo também constataram ganhos de 27% na produtividade. Em todos esses experimentos não foi constatado acamamento das plantas de trigo.

Os resultados observados para o trigo mostram efetividade do trinexapac-ethyl em afetar as plantas. Tal sucesso também é encontrado em aplicações realizadas em gramados, como Costa et al. (2009) estudando quatro espécies de gramas, obtiveram retardamento do crescimento vegetativo e redução na necessidade de cortes em todas as espécies pesquisadas. Já em milho, o produto vem sendo utilizado experimentalmente, mas as respostas não são frequentes e variam em função de fatores como clima, cultivar, dose e época de aplicação.

Nesse sentido, realizaram-se dois experimentos com o objetivo de avaliar os efeitos do trinexapac-ethyl, em diferentes doses e épocas de aplicação, em dois híbridos de milho BT, um suscetível e outro tolerante ao glifosato.

1.2 MATERIAL E MÉTODOS

Dois experimentos foram instalados no município de Ponta Grossa - PR (25° 5' 49" S, 50° 3' 11" W e altitude de 1.025 m), no ano agrícola de 2010/11. O solo no local é classificado como Cambissolo háplico distrófico de textura argilosa, segundo a análise granulométrica, o solo possui em g kg⁻¹: argila – 460; silte – 179; areia – 361, dados das propriedades químicas do solo se encontram no Apêndice A. Já dados climatológicos durante a realização dos experimentos são apresentados no Apêndice B.

O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, em esquema fatorial 4 x 4 (épocas de aplicação x doses), com quatro repetições. As parcelas apresentaram área total de 33,6 m² (6,0 x 5,6 m) e área útil de 20,0 m² (5,0 x 4,0 m).

Os tratamentos constaram de três doses do trinexapac-ethyl (187,5; 375,0 e 562,5 g ha⁻¹) e uma testemunha, sendo tais doses correspondentes à 0,75; 1,50 e 2,25 L.ha⁻¹ do produto comercial Moddus®, aplicadas em quatro épocas (V2, V4, V6 e V8), em dois experimentos, um com o híbrido de milho Status TL e outro com o Maximus TL TG. O Status TL é um híbrido simples, de ciclo precoce e variável de 70 a 75 dias para o florescimento e de 150 a 165 dias para a colheita. O híbrido Maximus TL TG é tolerante ao glifosato, possui a mesma duração de ciclo do Status TL, além de se caracterizar com aptidão para produção de silagem de planta inteira (CRUZ; PEREIRA FILHO; SILVA, 2010).

O sistema de semeadura foi o plantio direto na palha, sendo a cultura antecessora o trigo. A semeadura de ambos os híbridos foi realizada mecanicamente no dia 24/11/2010, em fileiras espaçadas de 0,8 metros, colocando-se em média seis sementes por metro de fileira. A emergência ocorreu no dia 30/11/2010. A adubação consistiu da aplicação de 300 kg.ha⁻¹ de 10-20-20, na semeadura e 112,5 kg.ha⁻¹ de nitrogênio, na forma de uréia, aplicado em cobertura no estágio V3 do milho.

O trinexapac-ethyl foi aplicado por meio de pulverizador costal, à pressão constante de 206,85 kPa, pressurizado por CO₂ comprimido, munido de seis pontas com bicos de jato plano “leque” XR 110-015, calibrado para volume de calda proporcional a 150 L.ha⁻¹.

No pendoamento foram determinadas em oito plantas nas duas fileiras centrais de cada parcela a altura de plantas e de inserção da espiga; o diâmetro do colmo, com o auxílio de paquímetro digital; largura e comprimento da folha acima e da folha oposta à espiga; a área foliar por planta, avaliando-se todas as folhas de cinco plantas por parcela por meio do determinador de área foliar da marca Li - COR Biosciences LI - 3100 C area meter.

Foi calculado o índice de acamamento pelo método proposto por Sousa (1998), avaliando-se visualmente, em cada parcela, a porcentagem e o grau de acamamento. Foram realizadas duas avaliações, uma quando se verificou a ocorrência do acamamento no estágio R3 do milho e na pré-colheita. Na época da colheita foram determinados a população final e número de espigas por planta,

contando-se o número de plantas e de espigas em dois metros de fileira. Na mesma época ainda foram determinados, os componentes de rendimento pela colheita das plantas de dois metros de fileira da área útil de cada parcela e a produtividade pela colheita das plantas da área útil das parcelas, acrescidas das utilizadas para determinar os componentes de rendimento e os resultados expressos em 13% de umidade.

Os dados obtidos foram submetidos à aplicação do teste F na análise da variância. Quando significativas, a médias das épocas de aplicação foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. As doses foram comparadas por regressão polinomial.

1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os híbridos de milho foram analisados separadamente, visto que a recomendação não pode ser ampla no caso de uma cultura que é cultivada numa diversidade de híbridos sejam simples, duplos, triplos e variedades. Além disso, a tendência atual é o manejo por cultivar, como é feito em outras culturas. No caso do trigo, a exemplo, a recomendação de uso do trinexapac-ethyl é feito por cultivar, adequando-se a dose à resposta da produtividade da mesma, independente da resposta ao acamamento (ZAGONEL; FERNANDES, 2007).

A altura de plantas é a principal característica que um regulador de crescimento deve afetar nas plantas. No trabalho de Fialho et al. (2009) com *Brachiaria brizantha*, além da aplicação de trinexapac-ethyl reduzir a estatura das plantas, também diminuiu o comprimento do limbo foliar, do entrenó e da bainha. Espindula et al. (2010) comparando doses e épocas de aplicação de três reguladores de crescimento na elongação do colmo de plantas de trigo, observaram que o trinexapac-ethyl foi que promoveu menor comprimento de colmo nas plantas. No presente trabalho, tanto para o híbrido Status TL, quanto o Maximus TLTG, a altura de inserção de espigas e a altura de plantas não foram afetadas pelo trinexapac-ethyl, independentemente da época de aplicação (Tabelas 1.1 e 1.2). Ressalta-se que além da altura de plantas e de inserção da espiga não ocorreram interações significativas para as demais variáveis analisadas.

Alguns trabalhos não publicados indicam que a aplicação do regulador no estágio V8 do milho e doses superiores a 375 g.ha⁻¹ do ingrediente

ativo promovem redução de altura de alguns híbridos de milho, mas a resposta não é frequente e também varia com o ano de cultivo. Das épocas de aplicação utilizadas no presente trabalho, teoricamente as aplicações mais tardias tenderiam a reduzir mais a altura de plantas, como no trigo, já que o trinexapac-ethyl atuaria nos entrenós que se formam mais tarde, os mais longos (ZAGONEL; FERNANDES, 2007). No trigo, o crescimento dos entrenós ocorre no tecido meristemático situado logo acima dos nós (MUNDSTOCK, 1983), onde há intensa atividade metabólica, principalmente das giberelinas e provavelmente o crescimento dos entrenós do milho não ocorre da mesma forma, sendo a causa da resposta diferencial entre as culturas.

TABELA 1.1 - Altura das plantas (AP), altura de inserção da espiga (AE), diâmetro do colmo (DC), área foliar por planta (AF) e índice de área foliar (IAF) dos híbridos Status TL e Maximus TL TG, em função de épocas de aplicação de trinexapac-ethyl. Ponta Grossa – PR, 2010/11

Época de aplicação	Status TL				
	AP (m)	AE (m)	DC (mm)	AF (cm ²)	IAF
V2	2,8 a	1,6 a	23,3 a	6977,4 a	5,3 a
V4	2,8 a	1,6 a	23,9 a	6786,8 a	5,0 a
V6	2,8 a	1,6 a	23,6 a	6923,8 a	5,2 a
V8	2,8 a	1,6 a	23,3 a	7016,7 a	5,4 a
C.V. (%)	4,1	4,8	6,6	8,3	11,5
Época de aplicação	Maximus TL TG				
	AP (m)	AE (m)	DC (mm)	AF (cm ²)	IAF
V2	2,9 a	1,6 a	23,1 a	7010,8 a	4,7 a
V4	2,9 a	1,6 a	23,1 a	6611,1 a	4,5 a
V6	2,9 a	1,6 a	23,3 a	6728,5 a	4,7 a
V8	2,9 a	1,5 a	22,6 a	6786,4 a	4,8 a
C.V. (%)	2,8	2,9	5,5	9,6	15,2

Médias seguidas da mesma letra minúscula não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p \leq 5\%$); C.V.: coeficiente de variação.

TABELA 1.2 - Altura de plantas (AP), altura de inserção de espiga (AE), diâmetro do colmo (DC), área foliar (AF) e índice de área foliar (IAF) dos híbridos Status TL e Maximus TL TG, em função de doses de trinexapac-ethyl. Ponta Grossa – PR, 2010/11

Status TL	Equação ou média	R ²
AP (m)	$\hat{Y} = 2,8$	ns
AE (m)	$\hat{Y} = 1,6$	ns
DC (mm)	$\hat{Y} = 24,1 - 1,93x + 0,839x^2$	73,4*
AF (cm ²)	$\hat{Y} = 6926,1$	ns
IAF	$\hat{Y} = 5,2$	ns
Maximus TL TG	Equação ou média	R ²
AP (m)	$\hat{Y} = 2,9$	ns
AE (m)	$\hat{Y} = 1,6$	ns
DC (mm)	$\hat{Y} = 23,1$	ns
AF (cm ²)	$\hat{Y} = 6784,2$	ns
IAF	$\hat{Y} = 4,7 - 0,64x + 0,363x^2$	99,2*

ns: não significativo; * significativo a 5% de probabilidade.

O diâmetro do colmo não foi afetado pelo trinexapac-ethyl no híbrido Maximus TLTG (Tabelas 1.1 e 1.2). Para o Status TL não foi observada resposta do diâmetro do colmo em relação à época de aplicação do trinexapac-ethyl (Tabela 1.1), mas para a dose observou-se uma resposta quadrática (Tabela 1.2), com tendência de diminuição inicial do diâmetro com dose mais baixa e posterior aumento desse com o aumento da dose. Linzmeyer Júnior et al. (2008) observaram que com a elevação gradativa das doses de trinexapac-ethyl na cultura da soja ocorreu aumento do diâmetro do caule das plantas, além da redução na altura das mesmas. Embora o diâmetro do colmo seja importante quando se trata da resistência ao acamamento, em trigo nem sempre há resposta do diâmetro do colmo à aplicação do regulador de crescimento, mesmo em cultivares altamente responsivas. Segundo Lozano e Leaden (2002), a aplicação do trinexapac-ethyl interfere no diâmetro interno do colmo pelo espessamento do tecido esclerenquimático e causa maior resistência do colmo ao acamamento, mas esse espessamento interno pode ou não interferir no diâmetro externo, o que foi observado em vários trabalhos na cultura do trigo (BERTI et al., 2007; PENCKOWSKI, 2006; ZAGONEL et al., 2002).

A área foliar por planta não foi afetada pelo trinexapac-ethyl, independentemente da dose e da época de aplicação em ambos os híbridos (Tabelas 1.1 e 1.2). O índice de área foliar (IAF) não foi afetado pela época de aplicação do trinexapac-ethyl nos dois híbridos (Tabela 1.1). Em relação à dose do trinexapac-ethyl, não foi observada resposta do Status TL, mas para o Maximus TLTG ocorreu resposta quadrática do IAF em relação à dose do produto, no qual ocorreu leve aumento do IAF com o aumento da dose do trinexapac-ethyl (Tabela 1.2). Fernandes (2009) avaliando três cultivares de trigo observou que uma delas respondeu com aumento da área foliar por planta em função do uso do trinexapac-ethyl, causado provavelmente pelo maior número de folhas verdes por planta e alterações no tamanho das folhas promovido pelo uso do regulador de crescimento, concluindo que o trinexapac-ethyl exerceu influência na área foliar de maneira indireta, pelos efeitos no número, comprimento e largura das folhas, e com intensidade variável com a cultivar. Resposta similar foi observada no presente trabalho, no qual somente para o híbrido Maximus TLTG houve efeito do regulador de crescimento no IAF (Tabela 1.2) e no comprimento da folha oposta à espiga (Tabela 1.4).

No híbrido Status TL o comprimento das folhas oposta e acima à espiga não foi afetado pelas doses e épocas de aplicação do trinexapac-ethyl (Tabelas 1.3 e 1.4). Para o Maximus TLTG não houve efeito da dose do trinexapac-ethyl na largura da folha oposta à espiga (Tabela 1.4). No entanto, nesse híbrido ocorreu aumento linear da largura e diminuição do comprimento da folha acima à espiga pelo uso do regulador e uma resposta quadrática do comprimento da folha oposta à espiga, com tendência de diminuição do comprimento dessa folha com o aumento da dose do regulador (Tabela 1.4). Resposta similar foi observada por Fernandes (2009) na cultura do trigo, no qual também se verificou aumento da largura das folhas e diminuição do comprimento dessas com o uso do trinexapac-ethyl, porém a redução do tamanho da folha é provavelmente um efeito indireto desse regulador, visto que o mesmo é conhecido pela redução na altura das plantas.

TABELA 1.3 - Largura (LFA) e comprimento (CFA) da folha acima da espiga, largura (LFO) e comprimento (CFO) da folha oposta à espiga dos híbridos Status TL e Maximus TL TG, em função de épocas de aplicação de trinexapac-ethyl. Ponta Grossa – PR, 2010/11

Época de aplicação	Status TL			
	LFA (cm)	CFA (cm)	LFO (cm)	CFO (cm)
V2	11,1 a	78,7 a	11,1 a	71,9 a
V4	11,3 a	78,6 a	10,8 a	71,3 a
V6	11,0 a	77,8 a	10,9 a	71,8 a
V8	11,2 a	78,1 a	11,0 a	70,8 a
C.V. (%)	5,08	4,05	5,47	3,47

Época de aplicação	Maximus TL TG			
	LFA (cm)	CFA (cm)	LFO (cm)	CFOE (cm)
V2	11,3 a	76,8 a	11,2 a	70,6 a
V4	11,2 a	76,3 a	11,1 a	70,7 a
V6	11,1 a	76,9 a	11,1 a	70,4 a
V8	11,8 a	76,6 a	11,5 a	70,6 a
C.V. (%)	5,6	4,4	5,6	3,4

Médias seguidas da mesma letra minúscula não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p \leq 5\%$); C.V.: coeficiente de variação.

TABELA 1.4 - Largura (LFA) e comprimento (CFA) da folha acima da espiga, largura (LFO) e comprimento (CFO) da folha oposta à espiga dos híbridos Status TL e Maximus TL TG, em função de doses de trinexapac-ethyl. Ponta Grossa – PR, 2010/11

Status TL	Equação ou média	R ²
LFA (cm)	$\hat{Y} = 11,2$	ns
CFA (cm)	$\hat{Y} = 78,4$	ns
LFO (cm)	$\hat{Y} = 10,9$	ns
CFO (cm)	$\hat{Y} = 71,5$	ns
Maximus TL TG	Equação ou média	R ²
LFA (cm)	$\hat{Y} = 11,12 + 0,208x$	80,6*
CFA (cm)	$\hat{Y} = 78,90 - 1,958x$	88,1*
LFO (cm)	$\hat{Y} = 11,2$	ns
CFO (cm)	$\hat{Y} = 73,09 - 4,129 + 1,083x^2$	98,1*

ns: não significativo; * significativo a 5% de probabilidade.

De acordo com Guimarães; Fageria e Barbosa Filho (2002) na cultura do arroz o comprimento da folha é mais variável que a largura e isso está associado ao ângulo foliar; quanto mais compridas forem as folhas, mais decumbentes elas são, então folhas curtas e estreitas estão associadas a folhas eretas. Folhas estreitas e curtas podem ser mais regularmente distribuídas do que folhas largas e compridas, onde a melhor distribuição das folhas aumenta a interceptação da radiação solar. Entretanto, as respostas do arroz e do trigo na interceptação da radiação foliar e arquitetura de plantas não podem ser extrapoladas de maneira segura para o milho, em razão não somente da grande diferença do tamanho das folhas, mas principalmente pela localização da espiga na planta que rege a importância das folhas próximas à espiga no enchimento de grãos, as superiores no caso do trigo e do arroz e as da parte mediana das plantas (folhas próximas da espiga), no caso do milho.

O índice de acamamento (IA) é reflexo do número de plantas acamadas e seu ângulo de inclinação. Para os híbridos Status TL e Maximus TL TG não foi observada diferença entre as doses e a épocas de aplicação do trinexapac-ethyl em relação ao acamamento, avaliado no estádio R3 e na pré-colheita (Tabelas 1.5 e 1.6). Os híbridos de milho utilizados neste trabalho são considerados resistentes ao acamamento e o índice de acamamento observado foi de resistente (IA < 10) a moderadamente resistente (IA de 10,1 a 20,0) segundo a metodologia proposta por Sousa (1998) e utilizada para avaliar o acamamento dos híbridos.

TABELA 1.5 - Índice de acamamento em grão leitoso (IAR3) e em pré-colheita (IAPC), população final (PF), número de espigas por planta (EP), de grãos por fileiras (GF), de fileiras por espiga (FE) e massa de mil grãos (MMG) dos híbridos Status TL e Maximus TL TG, em função de épocas de aplicação de trinexapac-ethyl. Ponta Grossa – PR, 2010/11

Época de aplicação	Status TL						
	IAR3	IAPC	PF	EP	GF	FE	MMG (g)
V2	16,2 a	14,7 a	69.565 a	1,8 a	25,8 a	15,8 a	203 a
V4	10,4 a	12,5 a	70.756 a	1,8 a	26,1 a	16,1 a	195 a
V6	16,0 a	9,7 a	66.561 a	1,8 a	26,1 a	15,7 a	201 a
V8	11,1 a	9,4 a	71.653 a	1,6 a	26,5 a	16,2 a	196 a
C.V. (%)	146,7	165,6	12,2	27,3	7,76	5,4	10,1
Época de aplicação	Maximus TL TG						
	IAR3	IAPC	PF	EP	GF	FE	MMG (g)
V2	4,6 a	7,7 a	60156 a	2,0 a	29,0 a	17,4 a	224 a
V4	1,7 a	7,9 a	55468 a	2,0 a	27,6 a	17,4 a	218 a
V6	4,1 a	6,6 a	63281 a	1,8 a	28,6 a	17,6 a	227 a
V8	1,1 a	8,1 a	61718 a	1,8 a	28,0 a	18,1 a	223 a
C.V. (%)	255	99,1	17,3	17,0	6,7	6,2	9,6

Médias seguidas da mesma letra minúscula não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p \leq 5\%$); C.V.: coeficiente de variação.

TABELA 1.6 - Índice de acamamento em grão leitoso (IAR3) e em pré-colheita (IAPC), número de fileiras por espiga (FE) e de espigas por planta (EP), população final (PF), número de grãos por fileiras (GF) e de fileiras por espiga (FE), massa de mil grãos (MMG) e produtividade (PROD) dos híbridos Status TL e Maximus TL TG, em função de doses de trinexapac-ethyl. Ponta Grossa – PR, 2010/11

Status TL	Equação ou média	R ²
IAR3	$\hat{Y} = 13,4$	ns
IAPC	$\hat{Y} = 11,5$	ns
FE	$\hat{Y} = 15,9$	ns
EP	$\hat{Y} = 1,7$	ns
PF	$\hat{Y} = 69.214$	ns
GF	$\hat{Y} = 26,2$	ns
MMG (g)	$\hat{Y} = 192,2 + 291,67x - 133,334x^2$	89,1*
PROD (Kg ha ¹)	$\hat{Y} = 7.719$	ns
Maximus TL TG	Equação ou média	R ²
IAR3	$\hat{Y} = 5,3$	ns
IAPC	$\hat{Y} = 7,6$	ns
FE	$\hat{Y} = 17,6$	ns
EP	$\hat{Y} = 1,9$	ns
PF	$\hat{Y} = 61093,7 - 11770,83x + 6250,00x^2$	89,1*
GF	$\hat{Y} = 29,13 - 0,742x$	95,0*
MMG (g)	$\hat{Y} = 223$	ns
PROD (Kg ha ¹)	$\hat{Y} = 7.896$	ns

ns: não significativo; * significativo a 5% de probabilidade

Os tradicionais genótipos de trigo com estatura elevada foram selecionados, durante muitos anos, por sua habilidade em crescer rapidamente nos estádios iniciais de desenvolvimento. Estes genótipos competem eficientemente com as plantas daninhas, mas por outro lado, quando modernos métodos de produção são usados, como a adubação nitrogenada, os resultados tendem a ser negativos, visto que pode causar o acamamento das plantas (CRUZ et al., 2003).

A população final de plantas, o número de espigas por planta e de grãos por fileira não foram afetados pela época de aplicação e pela dose do trinexapac-ethyl nos híbridos Status TL e Maximus TLTG (Tabelas 1.5 e 1.6). Somente a massa de mil grãos respondeu de forma quadrática à dose no Status TL (Tabela 1.6). Na cultura do trigo, em geral a resposta dos componentes de rendimento à aplicação do trinexapac-ethyl está associada às modificações que o produto causa na morfologia da planta, especialmente a redução de altura e arquitetura de plantas pelas folhas mais eretas e quase sempre se refletem em aumento de produção. No entanto, vários autores observaram que mesmo com as características morfológicas e a produtividade sendo afetados, nem sempre há resposta de um componente de rendimento em especial (PENCKOWSKI, 2006; ZAGONEL et al., 2002), visto que outros fatores como adubação nitrogenada, densidade de semeadura e clima também interferem nos componentes com maior

ou menor intensidade conforme o ano de cultivo (ZAGONEL; FERNANDES, 2007). No caso do milho, a ausência de resposta ao trinexapac-ethyl ocorreu em razão do produto não ter afetado de forma substancial a altura de plantas e outras características morfológicas da planta.

A produtividade não foi afetada pelo trinexapac-ethyl aplicado em diferentes épocas e doses (Tabelas 1.6 e 1.7). Em geral, na cultura do trigo há resposta de produtividade quando outras características das plantas são afetadas, como a altura de plantas e mudanças na arquitetura foliar o que garante melhor atividade fotossintética da planta (ZAGONEL; FERNANDES, 2007). No entanto, em alguns trabalhos foi observado que mesmo com essas modificações nem sempre há resposta de produtividade do trigo e que essa está aliada a cultivar utilizada. Também foi constatado que a dose do trinexapac-ethyl deve ser adequada a cultivar quando se espera aumento de produtividade (ZAGONEL; FERNANDES, 2007). Assim, a ausência de resposta dos híbridos de milho ao trinexapac-ethyl pode estar ligada aos poucos efeitos que o produto causou nas plantas, mas não se deve desconsiderar que a resposta também é dependente do híbrido.

TABELA 1.7 - Produtividade (Kg ha^{-1}) dos híbridos Status TL e Maximus TL TG, em função de épocas de aplicação de trinexapac-ethyl. Ponta Grossa – PR, 2010/11

Época de aplicação	Status TL	Maximus TL TG
V2	7.581 a	7.648 a
V4	7.966 a	7.668 a
V6	7.458 a	8.119 a
V8	7.871 a	8.148 a
C.V. (%)	15,2	14,3

Médias seguidas da mesma letra minúscula não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p \leq 5\%$); C.V.: coeficiente de variação.

Diante dos resultados obtidos, conclui-se que a época de aplicação do trinexapac-ethyl não afetou as características morfológicas e a produtividade dos dois híbridos de milho. Em relação à dose do regulador, somente o Maximus TLTG respondeu com aumento da largura e diminuição do comprimento das folhas com o aumento da dose do produto, sem efeitos substanciais nos componentes de rendimento e na produtividade. Ao contrário do trigo, o uso do trinexapac-ethyl na cultura do milho deve ser mais avaliado, especialmente em relação à dose do produto e a reação de híbridos.

CAPÍTULO 2 - MODOS DE DESSECAÇÃO EM PRÉ-SEMEADURA E DE APLICAÇÃO DE HERBICIDAS EM PÓS-EMERGÊNCIA COMBINADOS OU NÃO A REGULADOR DE CRESCIMENTO EM HÍBRIDOS DE MILHO

RESUMO

Com o objetivo de avaliar os efeitos da dessecação em pré-semeadura, do modo de aplicação de herbicidas de pós-emergência e da aplicação de trinexapac-ethyl na cultura do milho, instalaram-se dois experimentos, um com o híbrido Status TL e outro com o Maximus TLTG, em dois anos consecutivos. Os tratamentos constaram da dessecação ou não no dia da semeadura com 400 g.ha⁻¹ de paraquate, do modo de aplicação dos herbicidas em pós-emergência, única ou sequencial dos herbicidas mesotriona com atrazina para o híbrido Status TL e glifosato para o Maximus TLTG, além da aplicação ou não de trinexapac-ethyl combinada aos herbicidas em pós-emergência. Nos dois anos avaliaram-se características morfológicas, componentes de rendimento e produtividade do milho. Na safra 2010/11 a dessecação em pré-semeadura promoveu aumento da altura de plantas e de inserção de espiga para os dois híbridos, além de maior área foliar e índice de área foliar para o Status TL e maior produtividade para ambos os híbridos. A aplicação sequencial de herbicidas ocasionou maior número de fileiras por espiga e massa de mil grãos para o Status TL e a aplicação do trinexapac-ethyl não promoveu alteração substancial nos fatores avaliados nessa safra. Na safra 2011/12, a dessecação em pré-semeadura promoveu aumento da altura de inserção de espiga, aumento do comprimento das folhas acima e oposta à espiga, diminuição no índice de acamamento e maior produtividade no Maximus TLTG. Para o Status TL, a dessecação no dia da semeadura resultou em maior número de espigas por planta. O modo de aplicação de herbicidas em pós-emergência não alterou de maneira substancial as características avaliadas nos dois híbridos. A aplicação do regulador de crescimento causou diminuição da área foliar e do índice de área foliar do Maximus TLTG, além de promover menor comprimento da folha oposta à espiga e maior número de espigas por planta no Status TL.

Palavras-chave: *Zea mays* L. Trinexapac-ethyl. Glifosato. Mesotriona.

ABSTRACT

With the aim to evaluate the effects of desiccation in pre-seeding, the mode of application of herbicides post-emergence and application of trinexapac-ethyl in corn, settled two experiments, with the hybrid Status TL and other with Maximus TLTG, in two consecutive years. The treatments consisted of desiccation or not the day of planting with 400 g ha⁻¹ paraquat, mode of application of herbicides post-emergence, single or sequential herbicide mesotrione with atrazine for hybrid Status TL and glyphosate for Maximus TLTG, besides the application or not trinexapac-ethyl combined with the post-emergence herbicides. In the two years were evaluated morphological characteristics, yield components and grain yield. In 2010/11 crop the desiccation in pre-sowing promoted an increase in plant height and ear insertion for both hybrids and greater leaf area and leaf area index for the Status TL and greater

productivity for both hybrids. The sequential application of herbicides caused greater number of rows per ear and thousand grain weight for Status TL and the application of trinexapac-ethyl did not cause substantial change in the factors evaluated in this crop. In 2011/12 the desiccation in pre-seeding promoted an increase of the height of ear insertion, increase the length of leaves above the ear and opposite, a decrease in the rate of lodging and increased productivity in Maximus TLTG. For the Status TL the desiccation on the day of seeding resulted in a greater number of ears per plant. The mode of application of post-emergence herbicides did not affect substantially the characteristics evaluated in the two hybrids. The application of growth regulator caused a decrease in leaf area and leaf area index of Maximus TLTG and promoted smaller length of the sheet opposite the spike and a greater number of ears per plant in the Status TL.

Keywords: *Zea mays* L. Trinexapac-ethyl. Glyphosate. Mesotrione.

2.1 INTRODUÇÃO

O manejo das plantas daninhas compreende uma série de aplicações, desde o manejo em pré-semeadura até o controle em pós-emergência. A introdução de culturas resistentes a herbicidas no mercado tem afetado o modo de controle das plantas daninhas, especialmente no caso da soja e do milho (PHIPPS; PARK, 2002).

Quando se comparam culturas como o milho convencional e o transgênico, seu crescimento é similar, e os mesmos devem ser igualmente manejados, seja no que tange à época de semeadura, manejo de pragas e de doenças, densidade de plantas entre outros, sendo imprescindível o conhecimento da fenologia da cultura. Isso não é diferente em relação à época de aplicação dos herbicidas em pós-emergência, visto que os períodos de matocompetição são os mesmos para o milho transgênico ou não, devendo o controle ser iniciado num período de 5 a 19 dias conforme as condições do local (KOZLOWSKI, 2002; NORSWORTHY; OLIVEIRA, 2004; ZAGONEL; VENÂNCIO; KUNZ, 2000).

Para o manejo das plantas daninhas em pré-semeadura alguns aspectos devem ser considerados. Primeiro, o estágio das plantas daninhas e, segundo, a época em que a dessecação será realizada em relação à semeadura. A época de aplicação dos herbicidas em pré-semeadura não é bem definida, pois varia com os fatores de campo como espécies presentes, população, cultura anterior entre outros. No entanto, ela pode ser realizada em aplicação única de 5 a 10 dias antes da semeadura ou sequencialmente com a primeira antecipada e a segunda

próxima da semeadura, quando em cada uma delas pode se optar pelo herbicida mais adequado às plantas daninhas predominantes (ZAGONEL; MAROCHI, 2004). Para o controle antecipado em geral utiliza-se o glifosato e na aplicação próxima da semeadura utiliza-se o paraquat (SOUZA et al., 2000).

O controle em pós-emergência do milho RR é realizado com glifosato, combinando ou não outros herbicidas, aqueles recomendados para o milho convencional. Essa técnica permite a rotação de herbicidas, evitando a resistência. Em milho convencional em geral são utilizados herbicidas do grupo das tricetonas, entre os quais o mesotriona, que controla de espécies de folhas estreitas, mas também é eficaz sobre algumas espécies de folhas largas, é um dos mais utilizados. No entanto, a eficiência máxima desse herbicida é obtida quando em mistura com a atrazina (ARMEL et al., 2003; ZAGONEL, 2002b).

Almejando sempre alcançar altas produtividades, além do controle de plantas daninhas há também a adoção de altas populações de plantas e elevadas doses de nitrogênio. Porém, com o uso dessas técnicas a cultura fica mais suscetível à ocorrência de acamamento, devido ao aumento da estatura de plantas. Para possibilitar o uso de maiores densidades de semeadura e doses de nitrogênio sem que ocorra o acamamento, pode-se utilizar cultivares de porte baixo ou reguladores de crescimento, os quais são utilizados na cultura do trigo com excelentes resultados (ZAGONEL, 2002a; ZAGONEL; FERNANDES, 2007).

O trinexapac-ethyl é um regulador de crescimento que atua reduzindo a elongação celular no estágio vegetativo das plantas, interferindo no final da rota metabólica da biossíntese do ácido giberélico (RAJALA, 2003) pela inibição da enzima 3 β -hidroxilase, reduzindo drasticamente o nível do ácido giberélico ativo (GA₁) e assim aumentando acentuadamente seu precursor biossintético imediato GA₂₀ (DAVIES, 1987). A queda no nível do ácido giberélico ativo (GA₁) é a provável causa da diminuição do crescimento das plantas (RADEMACHER, 2000; WEILER; ADAMS, 1991).

Não há relatos na literatura dos efeitos do trinexapac-ethyl em milho, mas em trigo, resultados de vários autores mostram a efetividade do regulador de crescimento em reduzir a altura, alterar características morfológicas e até aumentar a produtividade.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos na safra 2010/11 com repetição na safra 2011/12, na Fazenda Escola “Capão da Onça”, da Universidade Estadual de Ponta Grossa - UEPG, situada no município de Ponta Grossa, Paraná, geograficamente localizado na latitude 25°5’49” e longitude 50°3’11”, a uma altitude de 1.025 m, em relação ao nível do mar.

O solo no local dos experimentos é caracterizado como Cambissolo Háplico distrófico típico de textura argilosa. A análise de solo foi realizada pelo Laboratório de Fertilidade do Solo da Universidade Estadual de Ponta Grossa, cujos resultados referentes às safras 2010/2011 e 2011/2012 são apresentados no Apêndice A. A análise granulométrica apresentou, em g.kg^{-1} : argila - 460, silte - 179 e areia - 361. A partir dos resultados dessas análises, foram efetuados os cálculos para realização de adubação de semeadura e de cobertura.

O clima da região é correspondente a Cfb, segundo a classificação de Köppen, possui clima temperado propriamente dito, o qual se caracteriza por possuir verões frescos, com ausência de estação seca definida. Os dados climatológicos referentes aos anos agrícolas 2010/11 e 2011/12 são apresentados no Apêndice B.

O Status TL é um híbrido simples, de ciclo precoce, apresentando 70 a 75 dias para o florescimento e 150 a 165 dias para a colheita e é altamente resistente ao acamamento. A média de altura atingida na inserção das espigas é de 1,33 metros e a altura das plantas possui uma média de 2,33 metros. Possui tolerância a lagartas do milho. Já o Maximus TLTG, além de possuir tolerância ao ataque de lagartas, também possui tolerância a aplicação de glifosato. Além de ser destinado para a produção de grãos, caracteriza-se com aptidão para produção de silagem de planta inteira. É altamente resistente ao acamamento, a média de altura de inserção de espiga atingida é de 1,28 metros e a altura de plantas atinge uma média de 2,47 metros. (CRUZ; PEREIRA FILHO; SILVA, 2010).

O delineamento experimental para os dois experimentos de cada safra, 2010/11 e 2011/12, foi de blocos ao acaso, em esquema fatorial $2 \times 2 \times 2$ (com ou sem dessecação da área no dia da semeadura x aplicação única ou sequencial de herbicidas em pós-emergência x com ou sem aplicação de trinexapac-ethyl em combinação aos herbicidas em pós-emergência), com quatro repetições. Nos dois anos as parcelas continham área total de $24,0 \text{ m}^2$ ($6,0 \times 4,0 \text{ m}$) e área útil de $12,0 \text{ m}^2$ ($5,0 \times 2,4$), sendo cada parcela constituída de cinco fileiras de seis metros

de comprimento e espaçadas em 0,8 metros. A área útil foi constituída de três fileiras centrais, desconsiderando-se 0,5 metros de bordadura de cada lado da parcela nos dois anos de experimento, de onde foram coletados todos os dados experimentais. Os tratamentos constaram da dessecação ou não da área de cada experimento com 400 g.ha^{-1} de paraquate no dia da semeadura; da aplicação única, no estágio vegetativo V4, ou sequencial, nos estádios V2/V3 e V5/V6 do milho segundo escala fenológica de Hanway (1966); da aplicação ou não do regulador de crescimento trinexapac-ethyl na dose de 500 g.ha^{-1} combinado aos herbicidas em pós-emergência. Nas duas safras os tratamentos foram aplicados nos híbridos Status TL e Maximus TLTG, os quais foram considerados experimentos separados.

O sistema de plantio direto foi o adotado nos dois anos de cultivo, sendo a cultura antecessora o trigo. No ano agrícola 2010/11 a semeadura de ambos os experimentos ocorreu no dia 24/11/10 e a emergência ocorreu em 30/11/10. No ano agrícola 2011/12 a semeadura dos experimentos foi realizada no dia 09/11/11 e a emergência ocorreu em 16/11/11. Semearam-se em média seis sementes por metro de fileira a uma profundidade de 4 a 5 cm. Em ambos os anos as áreas foram dessecadas vinte dias antes da semeadura, com a aplicação de 1240 g.ha^{-1} de glifosato.

A adubação foi realizada de acordo com os resultados da análise química do solo. Nas duas safras aplicou-se 300 kg da fórmula química 10-20-20 (30 kg ha^{-1} de nitrogênio, 60 kg ha^{-1} de P_2O_5 e 60 kg ha^{-1} de K_2O). Na adubação de cobertura aplicou-se $112,5 \text{ kg ha}^{-1}$ de nitrogênio, na forma de uréia, na fase V3 da cultura do milho.

No híbrido Status TL a aplicação única, foi realizada com 1200 g.ha^{-1} de atrazina combinado a 120 g.ha^{-1} de mesotriona. No milho resistente ao glifosato, Maximus TLTG, a aplicação única foi realizada com glifosato na dose de 1240 g.ha^{-1} . Na aplicação sequencial utilizou-se em cada aplicação, 800 g.ha^{-1} de atrazina e 60 g.ha^{-1} de mesotrione no milho convencional e 744 g.ha^{-1} de glifosato no milho RR. A dose de trinexapac-ethyl foi de 500 g.ha^{-1} , aplicada em combinação ao tratamento de aplicação única de herbicidas e de 250 g.ha^{-1} em cada aplicação sequencial.

O trinexapac-ethyl e os herbicidas foram aplicados utilizando-se um pulverizador costal, à pressão constante de 206,85 kPa, pressurizado por CO_2 comprimido, com bicos munidos de pontas de jato plano “leque” XR 110-015. Aplicou-se o equivalente a 150 L.ha^{-1} de calda. No ano de 2010/11, os dias das

aplicações apresentaram médias de vento, temperatura e umidade relativa do ar de $1,0 \text{ km h}^{-1}$, $23,7^{\circ}\text{C}$ e 75%, respectivamente. No ano de 2011/12, as médias de vento, temperatura e umidade relativa do ar eram $1,0 \text{ km.h}^{-1}$, $19,2^{\circ}\text{C}$ e 47%, respectivamente.

Para os experimentos da safra 2010/11 a colheita foi realizada no dia 28/04/11 e na safra 2011/12 a colheita ocorreu no dia 23/04/12. A colheita foi realizada manualmente, coletando-se todas as espigas presentes na área útil de cada parcela.

No pendoamento foram determinadas, em oito plantas das três fileiras centrais de cada parcela, a altura de plantas e de inserção da espiga; o diâmetro do colmo, com o auxílio de paquímetro digital; a largura e comprimento da folha acima e da folha oposta à espiga, medida na parte mediana de cada folha; a área foliar por planta, a qual avaliando-se todas as folhas de cinco plantas por parcela utilizando-se o determinador de área foliar da marca Li - COR Biosciences LI - 3100 C area meter.

Não houve avaliação de acamamento nos experimentos ocorridos na safra 2010/11, devido a não ocorrência do mesmo. Em 2011/12 tal avaliação ocorreu somente para o experimento do híbrido Maximus TLTG, pois o Status TL não apresentou acamamento. A avaliação ocorreu quando a cultura estava no estágio de maturação fisiológica, pois foi quando as plantas estavam acamadas. A avaliação foi realizada visualmente verificando-se a porcentagem e o grau de acamamento em cada parcela. O índice de acamamento foi calculado baseado no método proposto por Sousa (1998).

As avaliações dos componentes de rendimento foram realizadas na época da colheita. O número de espigas por planta foi determinado por meio da contagem do número de espigas e de plantas presentes em dois metros de fileira. O número de fileiras por espiga e de grãos por fileira foram determinados a partir das espigas coletadas em dois metros de fileira.

O peso da parcela foi determinado através da debulha de todas as espigas presentes na área útil de cada parcela e determinação imediata da umidade. A massa de mil grãos foi determinada através da contagem e determinação da massa de 500 grãos, obtidos através do material coletado para realização do peso da parcela, com correção da umidade para 13%. A produtividade foi determinada pela colheita das espigas da área útil das parcelas, acrescidas das utilizadas para

determinar os componentes de rendimento e os resultados expressos em 13% de umidade.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F e as diferenças entre as médias quando significativas, comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. As análises foram realizadas através do programa de estatística SANEST – Sistema de análise estatística (ZONTA; MACHADO, 1987).

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os experimentos diferiram pelo híbrido utilizado e foram analisados separadamente, visto que a recomendação é o manejo por cultivar e não pode ser ampla no caso do milho, o qual é cultivado numa diversidade de híbridos.

A altura de plantas e de inserção da espiga na safra 2010/11 foram maiores com a dessecação realizada em pré-semeadura para os dois híbridos (Tabelas 2.8 e 2.9). Para a safra 2011/12, a dessecação em pré-semeadura não causou efeito sobre a altura de plantas de ambos os híbridos (Tabelas 2.10 e 2.11), havendo diferença somente para a altura de inserção de espiga do híbrido Maximus TLTG (Tabela 2.11). No caso, a presença das plantas invasoras afetou a altura de plantas do milho e mesmo a aplicação sequencial dos herbicidas de pós-emergência, iniciada antes da aplicação única, não conseguiu minimizar os efeitos deletérios da competição inicial entre as plantas. Em relação à diferença de resposta das plantas de um ano para o outro, quanto à dessecação em pré-semeadura, provavelmente seja devido ao déficit hídrico ocorrido no início do ciclo da cultura na safra 2011/12, época que a cultura necessita de grande suprimento de água para assegurar o aumento na taxa de crescimento.

Constantin et al. (2008) avaliando os efeitos de doses do herbicida glifosato aplicadas na dessecação de manejo de *Brachiaria decumbens* no sistema aplique e plante, sobre o desenvolvimento inicial do milho, com um tratamento com presença de palha ereta de *B. decumbens* e outro sem a presença da mesma, observaram que o sombreamento promovido pela presença da palha ereta de *B. decumbens* causou estiolamento no milho, comprovando dessa forma os prejuízos que a matocompetição causa no desenvolvimento inicial da cultura, como também constatado no presente trabalho. Merotto Júnior et al. (2000), em trabalho que objetivou determinar os efeitos da aplicação de herbicidas e de capinas em

diferentes épocas sobre o controle de plantas daninhas e a produtividade de grãos na cultura do milho, verificaram que o atraso do início do controle das plantas daninhas diminuiu a altura das plantas. Gomes (2005), avaliando os efeitos do controle das plantas daninhas sobre a morfologia e o rendimento do milho, também verificou menor altura das plantas nas parcelas não capinadas do que nas capinadas, porém não constatou efeito sobre a altura de inserção da espiga. Segundo Schmitt e Wulff (1993), os efeitos da variação da qualidade da luz, que pode ser alterada pela presença de plantas daninhas, são refletidos no comprimento dos colmos, e assim a competição por luz causada pela plantas daninhas, aliada a outros fatores, tem interferência negativa na altura de plantas. Tais resultados mostram os prejuízos que a presença das plantas daninhas causa no desenvolvimento da cultura do milho e a importância do controle próximo à semeadura para garantir a emergência e o crescimento inicial do milho com menor incidência de plantas daninhas.

O modo de aplicação de herbicidas não alterou significativamente a altura de plantas e de inserção de espiga em ambos os híbridos nas duas safras (Tabelas 2.8, 2.9, 2.10 e 2.11). Burke et al. (2008) em pesquisa comparando a aplicação única e a sequencial de herbicidas na cultura do milho, verificaram que a aplicação sequencial foi mais eficiente no controle de plantas daninhas do que a aplicação única, mas também não se refletiu em diferença na altura das plantas de milho, resultado que corrobora com o observado no presente trabalho.

A altura de plantas e de inserção de espiga do milho não foram afetadas pela aplicação do regulador de crescimento para ambos os híbridos, nos dois anos agrícolas (Tabelas 2.8, 2.9, 2.10 e 2.11). Em pesquisa realizada por Alvarez (2003), que trabalhou com trinexapac-ethyl na cultura do arroz, foi verificada redução da altura das plantas de até 34 cm. Teixeira e Rodrigues (2003) também observaram redução da estatura das plantas com a aplicação do regulador de crescimento na cultura da cevada. Segundo Fernandes (2009), a resposta de plantas de trigo à estatura quanto à aplicação de trinexapac-ethyl varia de acordo com a cultivar, com o ano de cultivo, com a época e a dose do regulador e tal afirmação é confirmada com resultados de outros autores (LINZMEYER JÚNIOR et al., 2008; ZAGONEL; VENÂNCIO; KUNZ, 2002). Portanto, as prováveis causas para os resultados observados no presente trabalho podem ser atribuídas à baixa resposta da cultura do milho, à dose insuficiente ou à época precoce de aplicação.

TABELA 2.8 - Altura de plantas (AP), altura de inserção de espiga (AE) e diâmetro do colmo (DC), híbrido Status TL, em função de com ou sem dessecação no dia da semeadura, da aplicação única ou sequencial de herbicidas de pós-emergência e do uso ou não do regulador de crescimento trinexapac-ethyl. Ponta Grossa – PR, 2010/11

Dessecação	AP (m)	AE (m)	DC (mm)
Com dessecação	2,6 a	1,4 a	22 a
Sem dessecação	2,5 b	1,3 b	21 a
Aplicação de herbicidas			
Única	2,5 a	1,3 a	22 a
Sequencial	2,6 a	1,4 a	22 a
Regulador de crescimento			
Com regulador	2,5 a	1,3 a	22 a
Sem regulador	2,6 a	1,3 a	21 a
C.V. (%)	3,6	7,4	8,0

Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p < 5\%$); C.V.= coeficiente de variação.

TABELA 2.9 - Altura de plantas (AP), altura de inserção de espiga (AE) e diâmetro do colmo (DC), híbrido Maximus TL TG, em função de com ou sem dessecação no dia da semeadura, da aplicação única ou sequencial de herbicidas de pós-emergência e do uso ou não do regulador de crescimento trinexapac-ethyl. Ponta Grossa – PR, 2010/11

Dessecação	AP (m)	AE (m)	DC (mm)
Com dessecação	2,6 a	1,3 a	23 a
Sem dessecação	2,4 b	1,2 b	23 a
Aplicação de herbicidas			
Única	2,5 a	1,3 a	23 a
Sequencial	2,5 a	1,2 a	23 a
Regulador de crescimento			
Com regulador	2,4 a	1,2 a	23 a
Sem regulador	2,6 a	1,3 a	23 a
C.V. (%)	5,1	6,5	9,4

Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p < 5\%$); C.V.= coeficiente de variação.

Em relação ao colmo do milho, sendo uma estrutura destinada ao armazenamento de sólidos solúveis para situações emergenciais, quanto maior for o seu diâmetro, maior será sua capacidade de armazenamento de fotoassimilados, contribuindo consideravelmente para a formação de grãos (TSUMANUMA, 2004). O diâmetro do colmo não foi afetado pelos tratamentos em nenhum híbrido pesquisado, nas safras 2010/11 (Tabelas 2.8 e 2.9) e 2011/12 (Tabelas 2.10 e 2.11). Quanto ao tratamento com dessecação em pré-semeadura, Gomes (2005) verificou que comparando os tratamentos com e sem capina na cultura do milho, as parcelas capinadas apresentaram plantas com colmos de maior diâmetro que os das plantas presentes na área não capinada, resultado que não corrobora o constatado no presente trabalho, no qual os tratamentos com e sem dessecação no dia da semeadura apresentaram respostas similares.

TABELA 2.10 - Altura das plantas (AP), altura de inserção da espiga (AE) e diâmetro do colmo (DC), híbrido Status TL, em função de com ou sem dessecação no dia da semeadura, da aplicação única ou sequencial de herbicidas de pós-emergência e do uso ou não do regulador de crescimento trinexapac-ethyl. Ponta Grossa – PR, 2011/12

Dessecação	AP (m)	AE (m)	DC (mm)
Com dessecação	2,9 a	1,4 a	18 a
Sem dessecação	2,9 a	1,4 a	18 a
Aplicação de herbicidas			
Única	2,9 a	1,4 a	18 a
Sequencial	2,9 a	1,4 a	18 a
Regulador de crescimento			
Com regulador	2,9 a	1,4 a	18 a
Sem regulador	2,9 a	1,4 a	17 a
C.V. (%)	3,5	5,1	5,7

Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p < 5\%$); C.V.= coeficiente de variação.

TABELA 2.11 - Altura das plantas (AP), altura de inserção de espiga (AE) e diâmetro do colmo (DC), híbrido Maximus TL TG, em função de com ou sem dessecação no dia da semeadura, da aplicação única ou sequencial de herbicidas de pós-emergência e do uso ou não do regulador de crescimento trinexapac-ethyl. Ponta Grossa – PR, 2011/12

Dessecação	AP (m)	AE (m)	DC (mm)
Com dessecação	3,0 a	1,6 a	16 a
Sem dessecação	3,0 a	1,5 b	16 a
Aplicação de herbicidas			
Única	3,1 a	1,5 a	17 a
Sequencial	3,1 a	1,5 a	16 a
Regulador de crescimento			
Com regulador	3,0 a	1,5 a	16 a
Sem regulador	3,0 a	1,5 a	16 a
C.V. (%)	2,6	4,4	4,4

Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p < 5\%$); C.V.= coeficiente de variação.

Em relação à aplicação do regulador de crescimento, Berti; Zagonel e Fernandes (2007) não observaram alteração significativa no diâmetro do colmo na cultura do trigo submetido ao trinexapac-ethyl, aplicado em duas épocas e em quatro cultivares, resultado também observado no presente trabalho para a cultura do milho, no qual não foi observada resposta significativa do diâmetro do colmo à aplicação do regulador de crescimento.

Para Penckowski (2006), o diâmetro do colmo é uma variável de importância quando se leva em consideração o acamamento, pois a resistência a esse é em função do nível de espessamento dos tecidos da base da planta. Segundo Lozano e Leaden (2002), a aplicação do trinexapac-ethyl interfere no diâmetro interno do colmo pelo espessamento do tecido esclerenquimático, e assim

causa maior resistência do colmo ao acamamento, mas esse espessamento interno pode ou não interferir no diâmetro externo, o que pode ter ocorrido no presente trabalho.

Referindo-se à área foliar, sua relevância nas culturas agrícolas é dada pela íntima correlação desta com as taxas fotossintéticas das plantas, sendo que assim reflete a aptidão da planta em interceptar radiação solar e efetuar trocas gasosas com o ambiente, interferindo diretamente na produtividade da cultura (TSUMANUMA, 2004). O índice de área foliar (IAF) expressa a área foliar da planta em relação à área do solo ocupada pela mesma. O IAF das plantas é função de diversos fatores como: população, número de folhas fotossinteticamente ativas, tamanho das folhas, além do estado fitossanitário e nutricional das plantas (TSUMANUMA, 2004).

Segundo Massinga et al. (2001) a área foliar do milho é inversamente proporcional à infestação de plantas daninhas. Em relação à dessecação em pré-semeadura, na safra 2010/11 a ação negativa das plantas daninhas se refletiu na área foliar e no índice de área foliar (IAF) do híbrido Maximus TLTG, o que não aconteceu com o Status TL (Tabelas 2.12 e 2.13). Diferenças entre híbridos quanto à área foliar também foram observadas por outros autores (SANGOI et al., 2002). Já no ano agrícola 2011/12 a dessecação em pré-semeadura não afetou significativamente ambos os híbridos (Tabelas 2.14 e 2.15). Lima (2007) observou redução da área foliar na cultura do milho devido à presença de plantas daninhas, porém, tal resultado não corrobora com o de outros autores (SILVA et al. 2004; GOMES, 2005).

O modo de aplicação dos herbicidas de pós-emergência não afetou a área foliar e o IAF de ambos os híbridos nos dois anos agrícolas (Tabelas 2.12, 2.13, 2.14 e 2.16). Houve interação entre o tratamento modo de aplicação de herbicidas de pós-emergência e aplicação do regulador de crescimento (Tabela 2.15), sendo que a aplicação sequencial ocasionou em menor área foliar e IAF quando o regulador de crescimento foi aplicado, fato que comprova o efeito do trinexapac-ethyl em reduzir a área foliar da cultura, inclusive quando aplicado sequencialmente. Tal efeito não ocorre somente na cultura do milho, pois Zagonel e Fernandes (2007) observaram redução da área foliar com a aplicação do regulador de crescimento na cultura do trigo e Campos (2005) constatou tal efeito na cultura da soja.

TABELA 2.12 - Área foliar por planta (AF) e índice de área foliar (IAF), híbrido Status TL, em função de com ou sem dessecação no dia da semeadura, da aplicação única ou sequencial de herbicidas de pós-emergência e do uso ou não do regulador de crescimento trinexapac-ethyl. Ponta Grossa – PR, 2010/11

Dessecação	AF (cm²)	IAF
Com dessecação	5669,4 a	3,7 a
Sem dessecação	5031,5 a	3,4 a
Aplicação de herbicidas		
Única	5472,8 a	3,5 a
Sequencial	5228,1 a	3,7 a
Regulador de crescimento		
Com regulador	5455,5 a	3,7 a
Sem regulador	5245,4 a	3,4 a
C.V. (%)	18,4	22,0

Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas não diferem significativamente pelo teste de Tukey (p<5%); C.V.= coeficiente de variação.

TABELA 2.13 - Área foliar por planta (AF) e índice de área foliar (IAF), híbrido Maximus TL TG, em função de com ou sem dessecação no dia da semeadura, da aplicação única ou sequencial de herbicidas de pós-emergência e do uso ou não do regulador de crescimento trinexapac-ethyl. Ponta Grossa – PR, 2010/11

Dessecação	AF (cm²)	IAF
Com dessecação	6123,8 a	4,0 a
Sem dessecação	5015,0 b	3,3 b
Aplicação de herbicidas		
Única	5560,9 a	3,6 a
Sequencial	5577,9 a	3,8 a
Regulador de crescimento		
Com regulador	5462,0 a	3,3 b
Sem regulador	5676,7 a	4,0 a
C.V. (%)	14,4	20,9

Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas não diferem significativamente pelo teste de Tukey (p<5%); C.V.= coeficiente de variação.

No ano agrícola 2010/11, com a aplicação do trinexapac-ethyl houve redução do IAF do híbrido Maximus TLTG. Não houve diferença significativa em ambos os híbridos para a área foliar (Tabelas 2.12 e 2.13). Na safra 2011/12 a aplicação do trinexapac-ethyl diminuiu a área foliar e o IAF do híbrido Maximus TLTG (Tabelas 2.14 e 2.16).

Sangoi et al. (2001; 2002) estudando os efeitos da redução da área foliar sobre a produtividade do milho, verificaram que a redução da área foliar sempre resultou em perdas no crescimento e na produção. Porém, a redução da área foliar constatada no presente trabalho e por Lima (2007) não refletiu em perdas na produtividade da cultura do milho, portanto, tal consequência pode depender da proporção com que a redução da área foliar ocorre. Fernandes (2009), avaliando

três cultivares de trigo, observou que em uma delas houve aumento da área foliar por planta em função do uso do trinexapac-ethyl, causado provavelmente pelo maior número de folhas verdes por planta e alterações no tamanho das folhas promovidas pelo uso do regulador, concluindo que o trinexapac-ethyl exerceu influência na área foliar de maneira indireta, pelos efeitos no número, comprimento e largura das folhas, com intensidade variável de acordo com a cultivar. O resultado encontrado pela referida autora não corrobora o do presente trabalho, no qual houve redução da área foliar do Maximus TLTG com a aplicação do trinexapac-ethyl.

TABELA 2.14 - Área foliar por planta (AF) e índice de área foliar (IAF), híbrido Status TL, em função de com ou sem dessecação no dia da semeadura, da aplicação única ou sequencial de herbicidas de pós-emergência e do uso ou não do regulador de crescimento trinexapac-ethyl. Ponta Grossa – PR, 2011/12

Dessecação	AF (cm²)	IAF
Com dessecação	6065,5 a	4,5 a
Sem dessecação	6376,4 a	4,8 a
Aplicação de herbicidas		
Única	6134,6 a	4,6 a
Sequencial	6307,4 a	4,7 a
Regulador de crescimento		
Com regulador	6041,0 a	4,5 a
Sem regulador	6401,0 a	4,8 a
C.V. (%)	11,8	11,9

Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p < 5\%$); C.V. = coeficiente de variação.

TABELA 2.15 – Desdobramento da interação época de aplicação de herbicidas x regulador de crescimento, para área foliar (AF) e índice de área foliar (IAF), híbrido Maximus TL TG. Ponta Grossa – PR, 2011/12

Regulador de crescimento	Aplicação de herbicidas	
	Única	Sequencial
AF		
Com	6608 Aa	5733 Bb
Sem	6667 Aa	7089 Aa
IAF		
Com	4,97 Aa	4,30 Bb
Sem	4,99 Aa	5,33 Aa

Médias seguidas da mesma letra, maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas, não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p < 5\%$).

TABELA 2.16 - Área foliar por planta (AF) e índice de área foliar (IAF), híbrido Maximus TL TG, em função de com ou sem dessecação no dia da semeadura, da aplicação única ou sequencial de herbicidas de pós-emergência e do uso ou não do regulador de crescimento trinexapac-ethyl. Ponta Grossa – PR, 2011/12

Dessecação	AF (cm²)	IAF
Com dessecação	6777,0 a	5,1 a
Sem dessecação	6272,1 a	4,7 a

Aplicação de herbicidas		
Única	6637,8 a	4,9 a
Sequencial	6411,2 a	4,8 a
Regulador de crescimento		
Com regulador	6170,5 b	4,6 b
Sem regulador	6878,6 a	5,2 a
C.V. (%)	11,8	11,9

Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p < 5\%$); C.V.= coeficiente de variação.

De acordo com Ritchie; Hanway e Benson (1993) as folhas localizadas próximas da espiga do milho, na parte mediana do colmo, são as que mais influenciam no enchimento de grãos. O comprimento e a largura da folha acima da espiga não foram afetados pela dessecação, pelo modo de aplicação dos herbicidas de pós-emergência e pelo regulador de crescimento nos dois híbridos na safra 2010/11 (Tabelas 2.17 e 2.18). Como a área foliar por planta e o IAF foram alterados por alguns desses tratamentos para o híbrido Maximus TLTG, as mudanças causadas por esses se refletiram provavelmente no número de folhas (não avaliado), visto que o tamanho das mesmas não foi afetado. Para a safra 2011/12, a dessecação em pré-semeadura não causou efeito sobre a largura e o comprimento da folha acima da espiga do híbrido Status TL, ocorrendo alteração somente no comprimento da folha acima da espiga do Maximus TLTG, no qual houve aumento do comprimento com a dessecação (Tabelas 2.19 e 2.20). O resultado observado para esse híbrido corrobora o encontrado por Lima (2007), o qual verificou maior comprimento das folhas no tratamento com controle de plantas daninhas.

O modo de aplicação dos herbicidas em pós-emergência e a aplicação do regulador de crescimento não afetaram a largura e comprimento da folha acima da espiga de ambos os híbridos na safra 2010/11 (Tabelas 2.17 e 2.18). Hilgemberg (2010) avaliando o efeito de densidades de semeadura e aplicação de reguladores de crescimento entre eles o trinexapac-ethyl, na cultura do trigo, verificou que o comprimento da folha-bandeira não diferiu estatisticamente entre os tratamentos com reguladores e quanto à largura da folha, entre os reguladores de crescimento aplicados, para o trinexapac-ethyl o resultado foi significativamente menor.

TABELA 2.17 - Largura (LFA) e comprimento (CFA) da folha acima da espiga e largura (LFOE) e comprimento (CFOE) da folha oposta à espiga do milho, híbrido Status TL, em função de com ou sem dessecação no dia da semeadura, da aplicação única ou sequencial de herbicidas de pós-emergência e do uso ou não do regulador de crescimento trinexapac-ethyl. Ponta Grossa – PR, 2010/11

Dessecação	LFA (cm)	CFA (cm)	LFOE (cm)	CFOE (cm)
Com dessecação	11 a	74 a	10 a	66 a
Sem dessecação	11 a	76 a	10 a	67 a
Aplicação de herbicidas				
Única	11 a	76 a	10 a	67 a
Sequencial	11 a	74 a	10 a	66 a
Regulador de crescimento				
Com regulador	11 a	76 a	10 a	68 a
Sem regulador	11 a	74 a	10 a	66 a
C.V. (%)	6,9	4,6	8,1	5,5

Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p < 5\%$); C.V.= coeficiente de variação.

TABELA 2.18 - Largura (LFA) e comprimento (CFA) da folha acima da espiga e largura (LFOE) e comprimento (CFOE) da folha oposta à espiga do milho, híbrido Maximus TLTG, em função de com ou sem dessecação no dia da semeadura, da aplicação única ou sequencial de herbicidas de pós-emergência e do uso ou não do regulador de crescimento trinexapac-ethyl. Ponta Grossa – PR, 2010/11

Dessecação	LFA (cm)	CFA (cm)	LFOE (cm)	CFOE (cm)
Com dessecação	12 a	78 a	13 a	70 a
Sem dessecação	11 a	72 a	11 a	66 a
Aplicação de herbicidas				
Única	11 a	78 a	13 a	71 a
Sequencial	11 a	72 a	11 a	65 a
Regulador de crescimento				
Com regulador	11 a	76 a	13 a	68 a
Sem regulador	10 a	74 a	11 a	68 a
C.V. (%)	17,4	12,3	33,2	13,8

Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p < 5\%$); C.V.= coeficiente de variação.

Fernandes (2009) observou diminuição do comprimento da folha-bandeira com a aplicação do trinexapac-ethyl em duas de três cultivares de trigo e quanto à largura, somente uma cultivar obteve efeito com aumento da variável. A autora afirma que tanto o comprimento quanto a largura da folha-bandeira são características de cada cultivar, porém podem ser alteradas devido às condições climáticas ou técnicas de manejo empregadas, como no caso o uso do regulador de crescimento. Os resultados constatados no presente trabalho ratificam a afirmação da autora citada, visto que na safra 2010/11 não houve alteração das variáveis comprimento e largura das folhas acima e oposta à espiga, o que ocorreu na safra

2011/12. A diferença de resultados de um ano para o outro pode ser atribuída às condições climáticas, pois na safra 2010/11 o índice pluviométrico foi elevado no decorrer do experimento e na safra 2011/12 houve precipitação abaixo da média na região em grande parte do ciclo da cultura.

TABELA 2.19 - Largura (LFA) e comprimento (CFA) da folha acima da espiga e largura (LFOE) e comprimento (CFOE) da folha oposta à espiga do milho, híbrido Status TL, em função de com ou sem dessecação no dia da semeadura, da aplicação única ou sequencial de herbicidas de pós-emergência e do uso ou não do regulador de crescimento trinexapac-ethyl. Ponta Grossa – PR, 2011/12

Dessecação	LFA (cm)	CFA (cm)	LFOE (cm)	CFOE (cm)
Com dessecação	12 a	88 a	12 a	87 a
Sem dessecação	12 a	87 a	12 a	86 a
Aplicação de herbicidas				
Única	12 a	89 a	12 a	86 a
Sequencial	12 a	88 a	12 a	88 a
Regulador de crescimento				
Com regulador	12 a	89 a	12 a	84 b
Sem regulador	12 a	87 a	12 a	89 a
C.V. (%)	3,3	5,0	3,6	3,8

Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p < 5\%$); C.V.= coeficiente de variação.

TABELA 2.20 - Largura (LFA) e comprimento (CFA) da folha acima da espiga e largura (LFOE) e comprimento (CFOE) da folha oposta à espiga do milho, híbrido Maximus TL TG, em função de com ou sem dessecação no dia da semeadura, da aplicação única ou sequencial de herbicidas de pós-emergência e do uso ou não do regulador de crescimento trinexapac-ethyl. Ponta Grossa – PR, 2011/12

Dessecação	LFA (cm)	CFA (cm)	LFOE (cm)	CFOE (cm)
Com dessecação	12 a	92 a	12 a	90 a
Sem dessecação	12 a	88 b	12 a	87 b
Aplicação de herbicidas				
Única	12 a	91 a	12 a	87 a
Sequencial	12 a	90 a	12 a	88 a
Regulador de crescimento				
Com regulador	12 a	90 a	12 a	88 a
Sem regulador	12 a	91 a	12 a	88 a
C.V. (%)	3,3	3,9	3,2	4,1

Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p < 5\%$); C.V.= coeficiente de variação.

A largura e o comprimento da folha oposta à espiga de milho não foram alterados pelos tratamentos na safra 2010/11, para os dois híbridos (Tabelas 2.17 e 2.18). Na safra 2011/12 não houve efeito dos tratamentos para a largura da folha oposta à espiga para ambos híbridos. A dessecação no dia da semeadura

promoveu aumento do comprimento da folha oposta à espiga do Maximus TLTG. Para o Status TL a aplicação do regulador de crescimento causou decréscimo no comprimento da folha (Tabelas 2.19 e 2.20). Com relação ao tratamento com dessecação no dia da semeadura, Gomes (2005) verificou maior largura e comprimento das folhas de milho comparando tratamentos com e sem controle de plantas daninhas, resultados semelhantes aos observados no presente trabalho para o Maximus TLTG, nas variáveis comprimento das folhas acima e oposta à espiga no ano 2011/12. Quanto a aplicação do regulador de crescimento, Fioreze (2011) a fim de investigar as alterações morfofisiológicas ocorridas nas plantas de trigo em função da densidade de semeadura e da aplicação de trinexapac-ethyl, constatou que com a aplicação do regulador de crescimento houve redução do comprimento da folha-bandeira, corroborando o resultado verificado no presente trabalho para o Status TL na safra 2011/12 (Tabela 2.19).

Para o índice de acamamento, o tratamento com dessecação no dia da semeadura foi o único que resultou em efeito significativo sobre as plantas do híbrido Maximus TLTG, havendo menor índice de acamamento com a realização da dessecação em pré-semeadura. O modo de aplicação de herbicidas e a aplicação do regulador de crescimento não causaram alteração no índice de acamamento (Tabela 2.21).

Fernandes (2009) comparando três cultivares de trigo sendo essas moderadamente suscetíveis, moderadamente resistente e resistente ao acamamento, cujos tratamentos eram com e sem aplicação do trinexapac-ethyl, observou que as cultivares obtiveram respostas diferentes para a porcentagem de acamamento, sendo que para a moderadamente resistente e para a resistente ocorreu menor porcentagem em comparação com a moderadamente suscetível. Já Zagonel et al. (2002) na mesma região dos experimentos executados por Fernandes (2009), não observaram acamamento nas plantas em experimento com regulador de crescimento e doses de nitrogênio, indicando que a ocorrência de acamamento está diretamente ligada às condições de clima no ano de cultivo, embora em geral, segundo Carvalho (1982), as condições climáticas do Sul do Brasil favorecem o acamamento das plantas de trigo.

TABELA 2.21 – Índice de acamamento (IA) do milho, híbrido Maximus TL TG, em função de com ou sem dessecação no dia da semeadura, da aplicação única ou sequencial de

herbicidas de pós-emergência e do uso ou não do regulador de crescimento trinexapac-ethyl. Ponta Grossa – PR, 2011/12

Dessecação	IA
Com dessecação	5,8 b
Sem dessecação	9,9 a
Aplicação de herbicidas	
Única	4,4 a
Sequencial	6,3 a
Regulador de crescimento	
Com regulador	5,1 a
Sem regulador	5,7 a
C.V. (%)	200,0

Médias seguidas da mesma letra minúscula não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p < 5\%$); C.V.= coeficiente de variação; ns= não significativo.

Com relação aos componentes de rendimento, a dessecação no dia da semeadura não afetou significativamente nenhum dos componentes nos dois híbridos em ambos os anos (Tabelas 2.22, 2.23, 2.24 e 2.26). Tal resultado ocorreu provavelmente porque a quantidade de plantas daninhas presente na área não foi o suficiente para interferir nos componentes de rendimento. Houve interação entre os fatores dessecação no dia da semeadura e aplicação de herbicidas de pós-emergência para o Status TL na safra 2011/12, na qual a aplicação única promoveu maior número de espigas por planta com a dessecação em pré-semeadura.

Em trabalho comparando o controle ou não das plantas daninhas, Lima (2007) observou efeito direto do controle das plantas daninhas nos componentes de rendimento, resultados que não corroboram o observado no presente trabalho. O modo de aplicação de herbicidas somente causou alteração significativa sobre a massa de mil grãos e o número de fileiras por espiga do híbrido Status TL na safra 2010/11, com valores estatisticamente maiores com a realização da aplicação sequencial (Tabela 2.22). Os demais componentes de rendimento não obtiveram efeito significativo com o modo de aplicação de herbicidas de pós-emergência, para ambos os híbridos nos dois anos agrícolas (Tabelas 2.22, 2.23, 2.24 e 2.26).

Oliveira Júnior et al. (2006b) não observaram resposta significativa em componentes de produção comparando-se aplicação sequencial e única na cultura da soja. Entretanto, vários estudos (BLANCO; SUZUKI; FRANCO, 2006; CONSTANTIN et al., 2007; VIDAL et al., 2002) relatam que a aplicação sequencial

proporciona melhores resultados do que a aplicação única em várias culturas, inclusive à do milho, o que corrobora o observado no presente trabalho.

TABELA 2.22 - Número de espigas por planta (EP), massa de mil grãos (MMG), número de fileiras de grãos por espiga (FE) e número de grãos por fileira (GF), híbrido Status TL, em função de com ou sem dessecação no dia da semeadura, da aplicação única ou sequencial de herbicidas de pós-emergência e do uso ou não do regulador de crescimento trinexapac-ethyl. Ponta Grossa – PR, 2010/11

Dessecação	EP	MMG (g)	FE	GF
Com dessecação	1,7 a	366 a	15,3 a	25,4 a
Sem dessecação	1,4 a	360 a	15,3 a	24,5 a
Aplicação de herbicidas				
Única	1,6 a	342 b	14,9 b	24,6 a
Sequencial	1,5 a	386 a	15,6 a	25,3 a
Regulador de crescimento				
Com regulador	1,6 a	358 a	15,2 a	24,5 a
Sem regulador	1,6 a	370 a	15,3 a	25,4 a
C.V. (%)	32,4	9,9	5,1	7,7

Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p < 5\%$); C.V. = coeficiente de variação.

TABELA 2.23 - Número de espigas por planta (EP), massa de mil grãos (MMG), número de fileiras por espiga (FE) e número de grãos por fileira (GF), híbrido Maximus TL TG, em função de com ou sem dessecação no dia da semeadura, da aplicação única ou sequencial de herbicidas de pós-emergência e do uso ou não do regulador de crescimento trinexapac-ethyl. Ponta Grossa – PR, 2010/11

Dessecação	EP	MMG (g)	FE	GF
Com dessecação	1,9 a	392 a	16,8 a	26,2 a
Sem dessecação	1,6 a	394 a	16,7 a	26,7 a
Aplicação de herbicidas				
Única	1,8 a	406 a	16,7 a	26,4 a
Sequencial	1,7 a	380 a	16,7 a	26,5 a
Regulador de crescimento				
Com regulador	1,7 a	398 a	16,6 a	26,3 a
Sem regulador	1,8 a	388 a	16,8 a	26,6 a
C.V. (%)	25,0	10,5	6,6	10,4

Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p < 5\%$); C.V. = coeficiente de variação.

A aplicação do trinexapac-ethyl não alterou significativamente nenhum componente de rendimento avaliado em ambos os híbridos, nos dois anos agrícolas (Tabelas 2.22, 2.23, 2.24 e 2.26). Tal resultado pode ser atribuído provavelmente a falta de resposta da cultura do milho para a aplicação do regulador de crescimento ou a baixa dose aplicada.

De acordo com os resultados de algumas pesquisas com a cultura do trigo, a aplicação do regulador de crescimento trinexapac-ethyl provoca efeito significativo em alguns componentes de rendimento, não sendo constante a

resposta entre as cultivares, pois Fernandes (2009) observou maior número de espiguetas por espiga com a aplicação do trinexapac-ethyl para as cultivares Safira e OR-1, não havendo tal efeito na BRS 208. Berti (2006) constatou que a aplicação do regulador de crescimento trinexapac-ethyl não provocou resposta significativa para o número de espiguetas por espiga para as cultivares CEP-24, Vanguarda e CD-140, porém houve aumento do mesmo na cultivar Supera. Esses resultados confirmam a efetividade do trinexapac-ethyl em afetar os componentes de rendimento na cultura do trigo, o que não ocorreu no presente trabalho para a cultura do milho.

TABELA 2.24 – Número de espigas por planta (EP), número de fileiras de grãos por espiga (FE), número de grãos por fileira (GF) e massa de mil grãos (MMG), híbrido Status TL, em função de com ou sem dessecação no dia da semeadura, da aplicação única ou sequencial de herbicidas de pós-emergência e do uso ou não do regulador de crescimento trinexapac-ethyl. Ponta Grossa – PR, 2011/12

Dessecação	EP	MMG (g)	FE	GF
Com dessecação	1,3 a	466 a	16,8 a	25,6 a
Sem dessecação	1,1 a	441 a	16,6 a	26,8 a
Aplicação de herbicidas				
Única	1,2 a	447 a	16,8 a	27,3 a
Sequencial	1,1 a	460 a	16,6 a	27,1 a
Regulador de crescimento				
Com regulador	1,3 a	454 a	16,8 a	27,4 a
Sem regulador	1,1 a	453 a	16,6 a	26,9 a
C.V. (%)	15,0	8,8	4,9	4,9

Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p < 5\%$); C.V. = coeficiente de variação.

TABELA 2.25 – Desdobramento da interação dessecação no dia da semeadura x época de aplicação de herbicidas, para número de espigas por planta, híbrido Status TL. Ponta Grossa – PR, 2011/12

Aplicação de herbicidas	Dessecação	
	Com	Sem
Única	1,4 Aa	1,1 Ba
Sequencial	1,1 Ab	1,2 Aa

Médias seguidas da mesma letra, maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas, não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p < 5\%$).

TABELA 2.26 - Número de espigas por planta (EP), número de fileiras por espiga (FE), número de grãos por fileira (GF) e massa de mil grãos (MMG), híbrido Maximus TL TG, em função de com ou sem dessecação no dia da semeadura, da aplicação única ou sequencial de herbicidas de pós-emergência e do uso ou não do regulador de crescimento trinexapac-ethyl. Ponta Grossa – PR, 2011/12

Dessecação	EP	MMG (g)	FE	GF
Com dessecação	1,3 a	432 a	17,6 a	28,5 a
Sem dessecação	1,1 a	422 a	17,3 a	27,7 a
Aplicação de herbicidas				
Única	1,2 a	426 a	17,6 a	28,3 a

Sequencial	1,2 a	427 a	17,5 a	27,9 a
Regulador de crescimento				
Com regulador	1,2 a	431 a	17,7 a	28,2 a
Sem regulador	1,3 a	422 a	17,5 a	28,1 a
C.V. (%)	25,5	3,1	2,8	5,5

Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p < 5\%$); C.V. = coeficiente de variação.

A dessecação em pré-semeadura resultou em maior produtividade do Maximus TLTG nos dois anos de pesquisa (Tabelas 2.27 e 2.28). Na safra 2010/11 houve maior área foliar com a dessecação no dia da semeadura (Tabela 2.13), o que provavelmente ajudou a proporcionar maior produtividade para o híbrido Maximus TLTG. Já na safra 2011/12, houve maior comprimento das folhas acima e oposta à espiga do milho, as quais detêm maior importância no enchimento dos grãos (Tabela 2.20) e também pode ter auxiliado a aumentar a produtividade do híbrido. Para o Status TL, a dessecação no dia da semeadura resultou em maior produtividade somente na safra 2010/11 (Tabelas 2.27 e 2.28). Procópio et al. (2006) constataram que a aplicação de herbicidas em pré-semeadura proporcionaram maior produtividade da cultura da soja em relação à testemunha não dessecada. Constantin et al. (2007) afirmam que mesmo considerando a total ausência de controle de plantas daninhas em pós-emergência, a simples adoção de um sistema de manejo mais efetivo no controle inicial das plantas daninhas proporciona ganhos na produtividade da cultura do milho, afirmação que corrobora os resultados do presente trabalho para o híbrido Maximus TLTG nos dois anos e para o Status TL no ano 2010/11.

O modo de aplicação de herbicidas não causou efeito significativo sobre a produtividade dos híbridos, nas duas safras (Tabelas 2.27 e 2.28). Oliveira Neto et al. (2011) estudando modalidades de aplicação herbicida na cultura do milho em diferentes espaçamentos, não observaram diferença significativa entre a aplicação sequencial e a única na produtividade da cultura, resultado que corrobora o constatado neste trabalho. A aplicação do trinexapac-ethyl também não afetou significativamente a produtividade dos híbridos em ambos os anos (Tabelas 2.27 e 2.28). Fernandes (2009) não observou resposta significativa para a produtividade da cultivar de trigo BRS 208 com a aplicação do regulador de crescimento, resultado que corrobora com o encontrado no presente trabalho para a cultura do milho. Segundo Lima e Lovato (1995) a não resposta da produtividade à aplicação de

reguladores de crescimento pode estar relacionada à falta de acamamento da cultura, porém, vários autores observaram maior produtividade com a aplicação de regulador de crescimento mesmo não havendo acamamento das plantas de trigo (LOZANO; LEADEN, 2002; BERTI, 2006).

TABELA 2.27 – Produtividade dos híbridos Maximus TL TG (PRM) e do Status TL (PRS), em função de com ou sem dessecação no dia da semeadura, da aplicação única ou sequencial de herbicidas de pós-emergência e do uso ou não do regulador de crescimento trinexapac-ethyl. Ponta Grossa – PR, 2010/11

Dessecação	PRM	PRS
Com dessecação	9452 a	9457 a
Sem dessecação	8516 b	8503 b
Aplicação de herbicidas		
Única	8873 a	8546 a
Sequencial	9095 a	9533 a
Regulador de crescimento		
Com regulador	8986 a	9009 a
Sem regulador	8982 a	9071 a
C.V. (%)	11,5	18,0

Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p < 5\%$); C.V.= coeficiente de variação.

TABELA 2.28 – Produtividade dos híbridos Maximus TL TG (PRM) e do Status TL (PRS), em função de com ou sem dessecação no dia da semeadura, da aplicação única ou sequencial de herbicidas de pós-emergência e do uso ou não do regulador de crescimento trinexapac-ethyl. Ponta Grossa – PR, 2011/12

Dessecação	PRM	PRS
Com dessecação	8894 a	7854 a
Sem dessecação	7838 b	7339 a
Aplicação de herbicidas		
Única	8562 a	7697 a
Sequencial	8169 a	7497 a
Regulador de crescimento		
Com regulador	8449 a	7703 a
Sem regulador	8282 a	7490 a
C.V. (%)	9,5	10,1

Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p < 5\%$); C.V.= coeficiente de variação.

De acordo com os resultados obtidos, a dessecação em pré-semeadura foi o tratamento que promoveu mais efeitos significativos sobre as variáveis avaliadas na cultura do milho, comprovando o prejuízo que a presença de plantas daninhas causa para a cultura no início de seu desenvolvimento. Em relação ao modo de aplicação dos herbicidas, tanto a aplicação única quanto a sequencial promoveram algumas alterações significativas para a cultura do milho, porém sem efeito sobre a produtividade. A aplicação do regulador de crescimento foi o

tratamento que causou menos alteração sobre as variáveis analisadas. No entanto, pelo fato de não haver muita pesquisa acerca do assunto, necessita-se de maior aprofundamento sobre o tema, a fim de comprovar se há ou não mais efeitos da aplicação do regulador de crescimento na cultura do milho.

CONCLUSÃO

No trabalho sobre doses e épocas de aplicação de regulador de crescimento em híbridos de milho não foi possível determinar a época ideal de aplicação do regulador de crescimento, visto que a mesma não afetou nenhuma variável avaliada. Com a aplicação de doses crescentes do trinexapac-ethyl houve aumento da largura e diminuição do comprimento das folhas do híbrido Maximus TLTG, porém, sem efeitos substanciais nos componentes de rendimento e na produtividade da cultura do milho.

No trabalho sobre modos de dessecação em pré-semeadura e de aplicação de herbicidas em pós-emergência combinados ou não à regulador de crescimento em híbridos de milho, a dessecação no dia da semeadura foi o único tratamento que resultou em aumento da produtividade de ambos os híbridos, causando também outros efeitos como aumento da área foliar e do índice de área foliar do Maximus TLTG. A aplicação sequencial de herbicidas de pós-emergência promoveu aumento da massa de mil grãos e do número de fileiras por espiga do Status TL, mas não causou efeitos na produtividade de ambos os híbridos. A aplicação do trinexapac-ethyl não afetou as características morfológicas, componentes de rendimento e a produtividade dos híbridos de milho. Entre os híbridos estudados, o Maximus TLTG sofreu mais alterações com os tratamentos aplicados nas duas safras, havendo efeitos significativos em cinco variáveis avaliadas na safra 2010/11 e sete na 2011/12. Já o Status TL obteve resultado significativo em cinco variáveis na safra 2010/2011 e somente em uma variável na 2011/2012, concluindo-se que cada híbrido responde de uma maneira conforme o ano de cultivo.

Os resultados da aplicação do trinexapac-ethyl na cultura do milho nos dois trabalhos indicam que tal cultura responde de maneira pouco acentuada a utilização de reguladores de crescimento, porém, devido ao reduzido número de pesquisas referentes ao assunto, os resultados alcançados neste trabalho podem ser utilizados como referência para novas pesquisas sobre o tema, que são fundamentais para uma definição mais concreta dos efeitos desse regulador em milho.

REFERÊNCIAS

ALVAREZ, R. de C. F. **Absorção e distribuição e redistribuição de nitrogênio (^{15}N) em cultivares de arroz de terras altas em função da aplicação de reguladores vegetais**. 2003. 86 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2003.

AMREIN, J.; RUFENER, M.; QUADRANTI, M. The use of CGA 163'935 as a growth regulator in cereals and oilseed rape. In: BRIGHTON CROP PROTECTION CONFERENCE-WEEDS, 1989, Switzerland. **Proceedings...** Switzerland: Ciba Geigy, 1989. p. 2-12.

ARMEL, G. R. et al. Mesotrione, acetochlor, and atrazine for weed management in corn (*Zea mays*). **Weed Technology**, v.17, p.284-290, 2003;

BERTI, M. **Doses e épocas de aplicação de regulador de crescimento e doses de nitrogênio afetando cultivares de trigo**. 2006. 79 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2006.

BERTI, M.; ZAGONEL, J.; FERNANDES, E. C. Produtividade de cultivares de trigo em função do trinexapac-ethyl e doses de nitrogênio. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 8, n. 2, p. 127-134, 2007.

BLANCO, F. M. G.; SUZUKI, M. Y.; FRANCO D. A. de S. Avaliação da eficiência do herbicida tembotrione (Soberan), aplicado de forma isolada e como componente de misturas no controle das plantas daninhas na cultura do milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 25., Brasília, 2006. **Anais...** Brasília: SBCPD, 2006. CD-ROM.

BURKE, I. C. et al. A comparison of weed control in herbicide-resistant, herbicide-tolerant, and conventional corn. **Weed Technology**, Washington, v. 22, n. 4, p. 571-579, 2008.

BUZETTI, S. et al. Resposta de cultivares de arroz a doses de nitrogênio e do regulador de crescimento cloreto de clorimequat. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 12, p. 1731-1737, 2006.

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

CARVALHO, F. I. F. de. Genética quantitativa. In: OSÓRIO, E. A. **Trigo no Brasil**. São Paulo: Fundação Cargill, v. 1, cap. 3, 1982. p. 63-94.

CENTRO DE INTELIGÊNCIA DO MILHO. CIMILHO. **Quantidade produzida dos principais produtos agrícolas**. Disponível em <<http://cimi-lho.cnpms.embrapa.br/estatisticas/estatisticas.php?tabela=021>>. Acesso em: 15 fev. 2012.

COLL, J. B. et al. Crecimiento y desarrollo: características general del crecimiento, auxinas, giberelinas, citoquininas, etileno y poliaminas, ácido abscísico y otros inhibidores. In: COLL, J. B.; RODRIGO, G. N.; GARCIA, B. S.; TAMÉS, R. S. **Fisiologia Vegetal**. Madrid: Ediciones Pirámide, 2001. p. 295-376.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. CONAB. **Acompanhamento de safra brasileira**: grãos, terceiro levantamento. Brasília: Conab, dez. 2011.

CONSTANTIN, J. et al. Influência do glyphosate na dessecação de capim-braquiária e sobre o desenvolvimento inicial da cultura do milho. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 26, n. 3, p. 627-636, 2008.

_____. Interação entre sistemas de manejo e controle de plantas daninhas em pós-emergência afetando o desenvolvimento e a produtividade do milho. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 25, n. 3, p. 513-520, 2007.

_____. Sistemas de dessecação antecedendo a semeadura direta de milho e controle de plantas daninhas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 4, p. 971-976, 2009.

CONSTANTIN, J. Métodos de manejo. In: OLIVEIRA JÚNIOR, R. S.; CONSTANTIN, J. **Plantas daninhas e seu manejo**. Guaíba: Agropecuária, 2001. p. 103-121.

CORREIA, N. M.; DURIGAN, J. C. Emergência de plantas daninhas em solo coberto com palha de cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 22, n. 1, p. 11-17, 2004.

COSTA, N. V. et al. Características morfológicas de gramas em resposta à aplicação de trinexapac-ethyl. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 27, n. 1, p. 113-122, 2009.

CRUZ, P. J. et al. Influência do acamamento sobre o rendimento de grãos e outro caracteres em trigo. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 9, n. 1, p. 5-8, 2003.

CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A.; SILVA, G. H. da. **Oferta abundante**. Cultivar Grande Culturas, p. 18-33, 2010. (Especial Milho).

DAN, H. A. et al. Supressão imposta pelo mesotrione a *Brachiaria brizantha* em sistema de integração lavoura-pecuária. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 29, n. 4, p. 861-867, 2011.

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.

_____. The plant hormones: Their Nature, Occurrence, and Functions. In: DAVIES, P. J. (Ed.) **Plant Hormones: Biosyntheses, Signal Transduction, Action**. 3 ed. Dordrecht: Springer, 2007. p. 1-6.

DOURADO NETO, D. et al. Aplicação e influência do fitorregulador no crescimento das plantas de milho. **Revista da FZVA**, v. 11, n. 1, p. 1-9, 2004.

DUETE, R. R. C. et al. Manejo da adubação nitrogenada e utilização do nitrogênio (¹⁵N) pelo milho em Latossolo Vermelho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 1, p.161-171, 2008.

EASSON, D. L.; WHITE, E. M.; PICKLES, S. J. The effects of weather, seed rate and cultivar on lodging and yield in winter wheat. **Journal of Agricultural Science**, v. 121, p. 145-156, 1993.

ESPINDULA, M. C. et al. Efeitos de reguladores de crescimento na elongação do colmo de trigo. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 32, n. 1, p. 109-116, 2010.

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

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. Guaíba: Agropecuária, 2000. 360p.

FEDERIZZI, L. C.; FANTINI, A. C.; CARVALHO, F. I. F. Efeito do acamamento artificial em alguns genótipos de trigo de porte alto e baixo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 24, n. 3, p.465-469, 1994.

FERNANDES, E. C. **População de plantas e regulador de crescimento afetando a produtividade de cultivares de trigo**. 2009. 99f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2009.

FERRARI, S. et al. Desenvolvimento e produtividade do algodoeiro em função de espaçamentos e aplicação de regulador de crescimento. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 30, n. 3, p. 365-371, 2008.

FIALHO, C. M. T. et al. Caracteres morfoanatômicos de *Brachiaria brizantha* submetida à aplicação de trinexapac-ethyl. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 27, n. 3, 2009.

FIGEZE, S. L. **Comportamento produtivo do trigo em função da densidade de semeadura e da aplicação de reguladores vegetais**. 2011. 86 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2011.

FONTOURA, D. da. et al. Influência da população de plantas na incidência de doenças de colmo em híbridos de milho na safrinha. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 28, p. 545-551, 2006.

FOURNIER, C.; ANDRIEU, B. Dynamics of the elongation of internodes in maize (*Zea mays* L.): analysis of phases of elongation and their relationships to phytomer development. **Annals of Botany**, n. 86, p.551-563, 2000.

GALON, L. et al. Períodos de interferência de *Brachiaria plantaginea* na cultura do milho na região sul do Rio Grande do Sul. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 26, n. 4, p. 779-788, 2008.

GOMES, J. K. O. **Efeito do controle de plantas daninhas através da consorciação com o caupi, na morfologia e no rendimento do milho**. 2005. 54 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura de Mossoró, Mossoró, 2005.

GOMES, L. S. et al. Resistência ao acamamento de plantas e ao quebramento do colmo do milho tropical. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 2, p. 140-145, 2010.

GUIMARÃES, C. M.; FAGERIA, N. K.; BARBOSA FILHO, M. P. Como a planta de arroz se desenvolve. **Potafos**, v. 13, n. 99, p. 1-12, 2002.

HANWAY, J. J. **How a corn plant develops**. Ames-Iowa: Iowa State University, 1966. (Special Report, 48).

HECKMAN, N. L. et al. Influence of trinexapac-ethyl on respiration of isolated wheat mitochondria. **Crop Science**, Madison, v. 42, p. 423-427, 2002.

HILGEMBERG, P. **Densidades de semeadura e reguladores de crescimento afetando o trigo**. 2010. 100 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2010.

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

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. IAPAR. **Cartas Climáticas do Paraná: Mapa de Precipitação**. Disponível em: <<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=856>> Acesso em: 25 abr. 2012.

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. IAPAR. **Cartas Climáticas do Paraná: Mapa de Temperatura**. Disponível em: <<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=860>> Acesso em: 25 abr. 2012.

INSTITUTO FNP. **AGRIANUAL 2011**: anuário da agricultura brasileira. São Paulo: Instituto FNP, 2011. 482p.

KIESSELBACH, T. A. **The structure and reproduction of corn**. Nebraska: University of Nebraska Press, 1949.

KIRBY, E. J. M.; FARIS, D. G. Plant population induced growth correlations in the barley plant main shoot and possible hormonal mechanisms. **Journal of Experimental Botany**, v. 21, p. 787-798, 1970.

KOZLOWSKI, L. Período crítico de interferência das plantas daninhas na cultura do milho baseado na fenologia da cultura. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 20, n. 3, p. 365-372, 2002.

LAMAS, F. M. **Reguladores de crescimento**. In: EMBRAPA AGROPECUÁRIA OESTE. Algodão: tecnologia de produção. Embrapa Agropecuária Oeste, Embrapa Algodão, Dourados, 2001. 296 p.

LAVANHOLI, M. G. D. P. et al. Aplicação de Ethephon e Imazapyr em cana-de-açúcar em diferentes épocas e sua influência no florescimento, acidez do caldo e teores de açúcares nos colmos – variedade SP70-1143. **STAB**, v. 20, n. 5, p. 42-45, 2002.

LEITE, G. H. P. et al. Qualidade tecnológica, produtividade e margem de contribuição agrícola da cana-de-açúcar em função da aplicação de reguladores vegetais no início da safra. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 3, 2009.

LIMA, M. R. S; LOVATO, C. Efeito do Chlormequat sobre quatro cultivares de trigo em duas épocas de semeadura. **Revista Científica do Centro de Ciências Rurais**, Santa Maria, v. 25, p. 371-374, 1995.

LIMA, M. S. de. **Rendimentos do milho em resposta aos controles de plantas daninhas e da lagarta-do-cartucho**. 2007. 56 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2007.

LINZMEYER JÚNIOR, R. et al. Influência de retardante vegetal e densidades de plantas sobre o crescimento, acamamento e produtividade da soja. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 30, n. 3, p. 373-379, 2008.

LÓPEZ-OVEJERO, R. F. et al. Seletividade de herbicidas para a cultura de milho (*Zea mays*) aplicados em diferentes estádios fenológicos da cultura. **Planta Daninha**, Viçosa, v.21, n.3, p. 413-419, 2003.

LOZANO, C. M.; LEADEN, M. I. **Efecto de reguladores de crecimiento sobre el rendimiento y altura en dos cultivares de trigo**. In: Congresso Nacional de Trigo, 5 e Simpósio Nacional de cereales de siembra otoño invernal, 3. Argentina, Inta, 2002. Disponível em: <<http://www.inta.gov.ar/balcarce/info/documentos/posters/5/leaden.htm>>. Acesso em: 12 ago. 2011.

MARTIN, T. N. et al. Perfil do manejo da cultura do milho no sudoeste do Paraná. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 58, n. 1, p. 695-700, 2011.

MASSINGA, R. A. et al. Interference of palmer amaranth in corn. **Weed Science**, v. 49 n. 2, p. 202-208, 2001.

MORRISON, T. A.; KESSLER, J. R.; BUXTON, D. R. Maize internode elongation patterns. **Crop Science**, Madison, n. 34, p.1055-1060, 1994.

MEROTTO JÚNIOR, A. et al. Redução da interferência de *Brachiaria plantaginea* (Link) Hitch. em milho através de capinas e aplicação de herbicidas em diferentes épocas. **Planta Daninha**, v. 18, n. 3, p. 471-477, 2000.

MUNDSTOCK, C. M. **Cultivo de cereais de estação fria**. Editora NBS: Porto Alegre, 1983. 265 p.

NORSWORTHY, J. K.; OLIVEIRA, M. J. Comparison of the critical period for weed control in wide- and narrow-row corn. **Weed Science**, v. 52, p. 802–807, 2004.

NAKAYAMA, K. et al. Effects of a plant-growth regulator, prohexadione, on the biosynthesis of gibberellins in cell-free systems derived from immature seeds. **Plant Cell Physiology**, v. 31, p. 1183-1190, 1990.

OLIVEIRA, M. S. S. et al. Eficiência de produtos vegetais no controle da lagarta-do-cartucho-do-milho *Spodoptera frugiperda* (J.E.SMITH, 1797) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 2, p. 326-331, 2007.

OLIVEIRA JÚNIOR, R. S. et al. Aplicações seqüenciais de flumiclorac-pentil para o controle de *Euphorbia heterophylla* na cultura da soja. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 28, n. 1, p. 115-122, 2006a.

_____. Interação entre sistemas de manejo e de controle de plantas daninhas em pós-emergência afetando o desenvolvimento e a produtividade da soja. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 24, n. 4, p. 721-732, 2006b.

OLIVEIRA JÚNIOR, R. S. Seletividade de herbicidas para culturas e plantas daninhas. In: OLIVEIRA JÚNIOR, R. S.; CONSTANTIN, J. (Coords.). **Plantas daninhas e seu manejo**. Guaíba: Agropecuária, 2001. p. 291-314.

OLIVEIRA NETO, A. M. de et al. Modalidades de aplicação e associações de herbicidas no controle de plantas daninhas em milho em espaçamento convencional e reduzido. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, n. 1, p. 81-92, 2011.

PARVEZ, M. M. et al. White light-induced sugar distribution controls growth and osmotic properties in the coleoptile and the first leaf in *Zea mays* seedlings. **Physiologia Plantarum**, v. 102, n. 1, p.1-8, 1998.

PENCKOWSKI, L. H. **Efeitos do trinexapac-ethyl e do nitrogênio na produtividade da cultura do trigo**. 2006. 84 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2006.

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

PHIPPS, R. H.; PARK, J. R. Environmental benefits of genetically modified crops: global and european perspectives on their ability to reduce pesticide use. **Journal of Animal and Feed Sciences**, v.11, p. 1-18, 2002.

PINAZZA, A. H. **Consórcio de plantas economicamente exploráveis (*Saccharum officinarum* / *Zea mays*) para maior estabilidade do agroecossistema**. 1993. 137 f. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 1993.

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. 108-263, 1973.

PROCÓPIO, S. O. et al. Eficácia de imazethapyr e chlorimuron-ethyl em aplicações de pré-semeadura da cultura da soja. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 24, n. 3, p. 467-473, 2006.

RADEMACHER, W. Growth Retardants: Effects on Gibberellin Biosynthesis and Other Metabolic Pathways. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v.51, p. 501-531, 2000.

RAJALA, A. **Plant growth regulators to manipulate cereal growth in Northern growing conditions**. 2003. 53 p. Dissertation (Academic) – Faculty of Agriculture and Forestry, University of Helsinki, Helsinki, 2003. Disponível em: <<http://ethesis.helsinki.fi/julkaisut/maa/sbiol/vk/rajala/plantgro.pdf>> Acesso em: 27 fev. 2012.

RITCHIE, S.; HANWAY, J. J.; BENSON, G. O. **How a corn plant develops**. Ames: Iowa State University of Science and Technology, 1993. 21 p. (Cooperative Extension Service. Special Report, 48).

RODRIGUES, O.; VARGAS, R. **Efeito de redutor de crescimento cycocel e de altas doses de adubação nitrogenada em trigo**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2002. 23 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento Online, 7). Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/p_bp07.htm>. Acesso em: 08 jan. 2012.

ROMAN, E. S.; DIDONET, A. D. **Controle de plantas daninhas no sistema de plantio direto de trigo e soja**. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1990. 32 p. (Circular Técnica, 2).

SACHS, R. M. Stem elongation. **Annual Review of Plant Physiology**, n.16, p.73-97, 1965.

SANGOI, L. et al. Acúmulo de matéria seca em híbridos de milho sob diferentes relações entre fonte e dreno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 3 p. 259-267, 2002.

_____. Desempenho de híbridos de milho com ciclos contrastantes em função da desfolha e da população de plantas. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 58, n. 2, p. 271-276, 2001.

SCHIMITT, J., WULFF, R. D. Light spectral quality, phytochrome and plant competition. **Tree**, v. 8, n. 2, p.47-51, 1993.

SHARMAN, B. C. Developmental anatomy of the shoot of *Zea mays* L. **Annals of Botany**, n.6, p.245-282, 1942.

SIEMER, E. G.; LENG, E. R.; BONNETT, O. F. Timing and correlation of major developmental events in maize. **Agronomy Journal**, n.61, p.14-17, 1969.

SILVA, J. B.; PIRES, N. M. Controle de plantas daninhas para a cultura do milho. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 14, n. 164, p. 17-20, 1990.

SILVA, P. S. L. et al. Floristic composition and growth of weeds under custard apple progenies. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 22, n. 4, p. 529-537, 2004.

SOUSA, C. N. A. de. O acamamento e a reação de cultivares de trigo recomendadas no Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 33, p. 537-541, 1998.

SOUZA, C. F. L. et al. Eficiência de diferentes herbicidas na dessecação de três espécies vegetais para a cobertura do solo. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.1, n.1, p.57-60, 2000.

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

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. Tradução de Eliane Romanato Santarém. 3 ed. Porto Alegre: ARTMED, 2004.

TEIXEIRA, M. C. C.; RODRIGUES, O. **Efeito da adubação nitrogenada, arranjo de plantas e redutor de crescimento no acamamento e em características de cevada**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2003. 16 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento Online, 20). Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/p_bp20.htm>. Acesso em: 20 jan. 2012.

TREHARNE, K. J. et al. Growth regulation of arable crops. **Plant Growth Substances**. Berlin: Springer-Verlag, p. 343-374, 1995.

TREZZI, M. M. et al. Manejo químico de plantas daninhas na cultura do milho em função de características morfofisiológicas e redução de espaçamento da cultura. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 26, n. 4, p. 845-853, 2008.

TREZZI, M. M.; VIDAL, R. A. Potencial de utilização de coberturas vegetais de sorgo e milheto na supressão de plantas daninhas em condição de campo: II Efeitos da cobertura morta. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 22, n. 1, p. 1-10, 2004.

TSUMANUMA, G. M. **Desempenho do milho consorciado com diferentes espécies de braquiárias, em Piracicaba, SP**. 2004. 100 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

VIDAL, R. A. et al. Dose de injúria econômica do herbicida cyanazine na cultura do milho. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.3, n.2/3, p.127-132, 2002.

VIDAL, R. A.; TREZZI, M. M. Potencial de utilização de coberturas vegetais de sorgo e milheto na supressão de plantas daninhas em condição de campo: I Plantas em desenvolvimento vegetativo. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 22, n. 2, p. 217-233, 2004.

WEILER, E. W.; ADAMS, R. Studies on the action of the new growth retardant CGA 163'935. In: BRIGHTON CROP PROTECTION CONFERENCE-WEEDS, 1991, Switzerland. **Proceedings...** Switzerland: Ciba Geigy, 1991. p. 1133-1138.

WEISMANN, M. **Fases de desenvolvimento da cultura do milho**. Tecnologia e Produção – Culturas: Safrinha e Inverno. Fundação MS, 2007. Disponível em: <<http://www.fundacaoms.org.br/request.php?44>>. Acesso em: 12 jan. 2012.

ZAGONEL, J. 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, 2002a.

_____. Eficácia do herbicida mesotrione isolado e em mistura com atrazine no controle de plantas daninhas na cultura do milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 23. Gramado, 2002, **Resumos...** Londrina: SBCPD, 2002b. p. 658.

_____. Efeitos do regulador de crescimento trinexapac-ethyl no desenvolvimento e na produtividade do trigo. In: REUNIÃO DA COMISSÃO CENTRO SUL BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO, 18., 2003, Guarapuava. **Resumos...** Guarapuava: FAPA, v. 1, 2003. p. 199-202.

ZAGONEL, J. et al. Doses de nitrogênio e densidade de plantas com e sem um regulador de crescimento afetando o trigo, cultivar OR-1. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 23, n. 1, p. 25-29, 2002.

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

ZAGONEL, J.; FERNANDES, E. C.; FERREIRA, C. Períodos de convivência e programas de controle de plantas daninhas em simulação de milho resistente a glifosato. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 27., 2010. **Anais...** Ribeirão Preto, SSCPD, 2010. p. 1854-1858.

ZAGONEL, J.; MAROCHI, A. L. Épocas e modos de aplicação de glifosato na dessecação de coberturas verdes de inverno para semeadura do milho. **Boletim Informativo SBCPD**, v.10, p.126, 2004.

ZAGONEL, J.; VENANCIO, W. S.; KUNZ, R. P. Efeitos de métodos e épocas de controle das plantas daninhas na cultura do milho. **Planta Daninha**, Viçosa, v.18, n.1, p.143-150, 2000.

_____. 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.

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.

ZONTA, E. P.; MACHADO, A. D. **Sistema de análise estatística para microcomputadores** (Software). Pelotas, UFPel, 1984. 138 p.

APÊNDICE A – Dados das propriedades químicas dos solos

TABELA 1 – Propriedades químicas do solo do trabalho doses e épocas de aplicação de regulador de crescimento em híbridos de milho. Ponta Grossa - PR, 2010/11

Profundidade	pH	P	C	CTC ¹	Ca	Mg	K	H + Al	Al ²	V ³
cm		mg dm ⁻³	g dm ⁻³		-----cmol _c dm ⁻³ -----				-----%-----	
0-10	5,6	34,4	33,0	13,89	6,4	2,0	0,53	4,96	0,0	64,3
0-20	5,6	7,1	23,0	11,46	4,2	1,9	0,40	4,96	0,0	56,7

¹CTC = capacidade de troca catiônica do solo a pH 7,0; ²Al = saturação por alumínio; ³V = saturação por bases. Métodos de extração: pH = CaCl₂; H + Al = solução tampão SMP; Al, Ca e Mg trocáveis = KCl 1 mol L⁻¹; P e K = Mehlich 1; C-orgânico = Walkley-Black.

TABELA 2 – Propriedades químicas do solo do trabalho modos de dessecação em pré-semeadura e de aplicação de herbicidas de pós-emergência combinados ou não a regulador de crescimento em híbridos de milho. Ponta Grossa - PR, 2010/11

Profundidade	pH	P	C	CTC ¹	Ca	Mg	K	H + Al	Al ²	V ³
cm		mg dm ⁻³	g dm ⁻³		-----cmol _c dm ⁻³ -----				-----%-----	
0-10	5,2	18,7	35,0	14,36	5,5	2,1	0,33	6,53	0,0	51,5
10-20	5,0	6,5	29,0	12,76	3,2	1,6	0,29	7,14	0,0	45,7

¹CTC = capacidade de troca catiônica do solo a pH 7,0; ²Al = saturação por alumínio; ³V = saturação por bases. Métodos de extração: pH = CaCl₂; H + Al = solução tampão SMP; Al, Ca e Mg trocáveis = KCl 1 mol L⁻¹; P e K = Mehlich 1; C-orgânico = Walkley-Black.

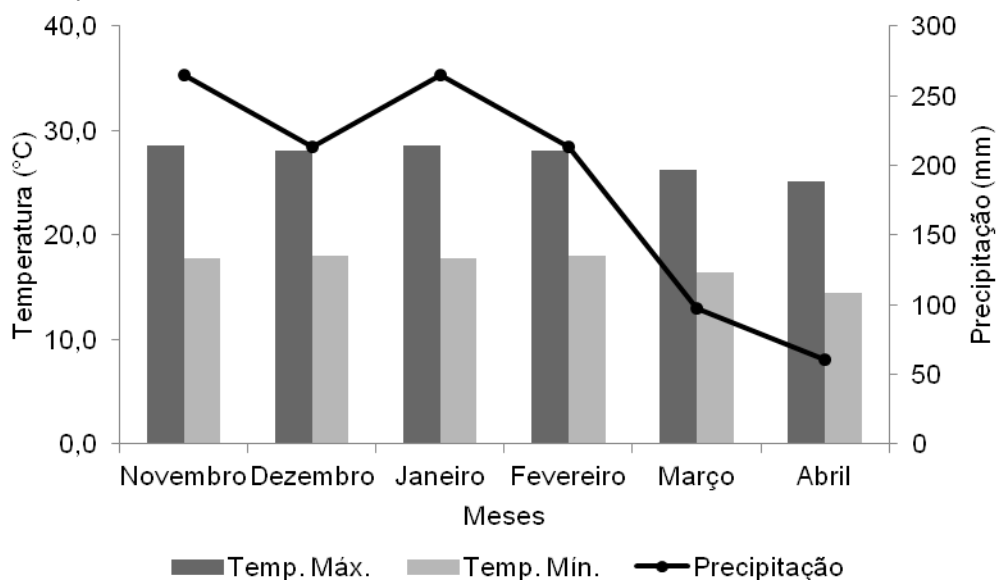
TABELA 3 – Propriedades químicas do solo do trabalho modos de dessecação em pré-semeadura e de aplicação de herbicidas de pós-emergência combinados ou não a regulador de crescimento em híbridos de milho. Ponta Grossa - PR, 2011/12

Profundidade	pH	P	C	CTC ¹	Ca	Mg	K	H + Al	Al ²	V ³
cm		mg dm ⁻³	g dm ⁻³		-----cmol _c dm ⁻³ -----				-----%-----	
0-10	5,0	40,4	17,0	11,27	3,1	1,6	0,36	6,21	0,0	44,9
10-20	5,0	36,6	20,0	10,88	3,2	1,6	0,32	5,76	0,0	47,1

¹CTC = capacidade de troca catiônica do solo a pH 7,0; ²Al = saturação por alumínio; ³V = saturação por bases. Métodos de extração: pH = CaCl₂; H + Al = solução tampão SMP; Al, Ca e Mg trocáveis = KCl 1 mol L⁻¹; P e K = Mehlich 1; C-orgânico = Walkley-Black.

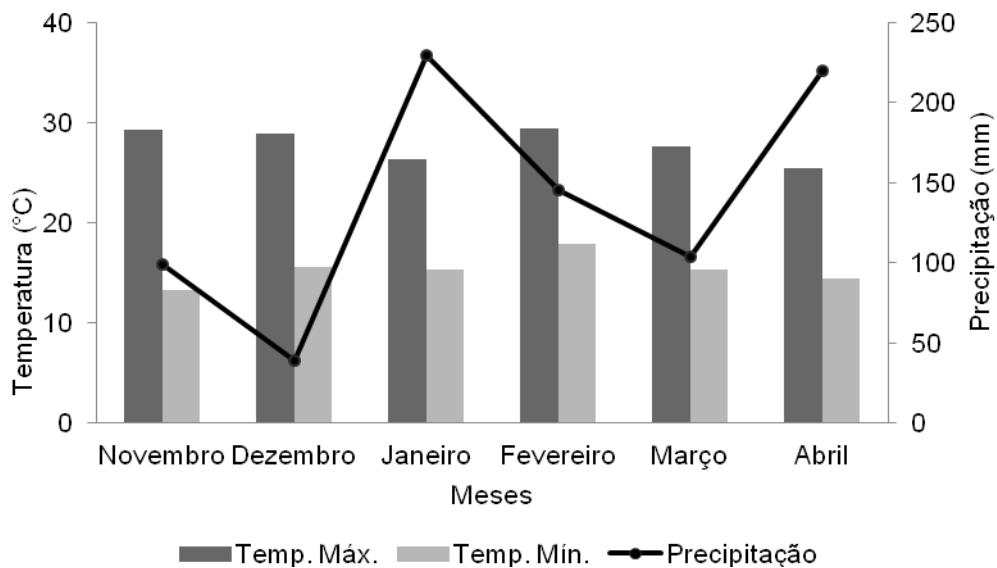
APÊNDICE B – Dados climatológicos referentes às safras 2010/11 e 2011/12

FIGURA 1 – Precipitação pluvial e temperaturas máximas e mínimas ocorridas no decorrer dos experimentos. Ponta Grossa – PR, 2010/2011



Fonte: IAPAR.

FIGURA 2 – Precipitação pluvial e temperaturas máximas e mínimas ocorridas no decorrer dos experimentos. Ponta Grossa – PR, 2011/2012



Fonte: IAPAR.