



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

MARIANA ALVES DE OLIVEIRA

**TRINEXAPAC-ETIL ASSOCIADO A ARRANJOS ESPACIAIS
DE PLANTAS E ADUBAÇÃO NITROGENADA NA CULTURA
DO MILHO**

MARIANA ALVES DE OLIVEIRA

**TRINEXAPAC-ETIL ASSOCIADO A ARRANJOS ESPACIAIS
DE PLANTAS E ADUBAÇÃO NITROGENADA NA CULTURA
DO MILHO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em
Agronomia da Universidade Estadual de Londrina,
como parte das exigências para obtenção do Título
de Doutor em Agronomia.

Orientadora: Prof^a. Dr^a Carmen Silvia Vieira
Janeiro Neves

Coorientador: Prof. Dr. Claudemir Zucareli

Londrina
2015

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UEL

Oliveira, Mariana Alves de.

Trinexapac-etil associado a arranjos espaciais de plantas e adubação nitrogenada na cultura do milho / Mariana Alves de Oliveira. - Londrina, 2015.
125 f. : il.

Orientador: Carmen Silvia Vieira Janeiro Neves.

Coorientador: Claudemir Zucareli .

Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2015.

Inclui bibliografia.

1. Reguladores de crescimento - Teses. 2. Reguladores de Plantas - Teses. 3. Densidade de plantas - Teses. I. Neves, Carmen Silvia Vieira Janeiro . II. Zucareli , Claudemir . III. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. IV. Título.

MARIANA ALVES DE OLIVEIRA

**TRINEXAPAC-ETIL ASSOCIADO A ARRANJOS ESPACIAIS DE
PLANTAS E ADUBAÇÃO NITROGENADA NA CULTURA DO MILHO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em
Agronomia da Universidade Estadual de Londrina,
como parte das exigências para obtenção do Título
de Doutor em Agronomia.

BANCA EXAMINADORA

Coorientador: Prof. Dr. Claudemir Zucareli
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Dr. Alvadi Antonio Balbinot Junior
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa - Soja

Dr. Getúlio Takashi Nagashima
Instituto Agrônômico do Paraná - IAPAR

Prof. Dr. Cássio Egídio Cavenagui Prete
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Prof. Dr. Marcelo Augusto de Aguiar e Silva
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Londrina, 17 de dezembro de 2015

Aos meus pais Alcindo Alves de Oliveira e Soeli Soriani Alves de Oliveira

Pelo amor sem fim!

À minha família

DEDICO!

Toda honra e toda glória

Todo louvor, a Ti Senhor

OFEREÇO!

AGRADECIMENTO

A Deus pelas bênçãos sem fim e pela alegria de viver em tua presença, pois tudo posso naquele que me fortalece (Filipenses, 4:13).

A Jesus Cristo pelo dom do entendimento, pela sabedoria, inspiração e concentração no desenvolvimento deste trabalho, em especial nos atos da escrita.

A minha família por todo sacrifício e confiança. Em especial, agradeço aos meus pais por toda dedicação, incentivo, pelos sonhos sonhados e alcançados. E ainda, por me ensinarem que não importa o que se tem a fazer, faça-o com amor e dedicação.

À Universidade Estadual de Londrina/Programa de Pós-Graduação em Agronomia pela oportunidade de realização dos cursos de Mestrado e de Doutorado.

A orientadora Prof^a Dr^a Carmen Silvia Vieira Janeiro Neves pela oportunidade e incentivo para vivenciar uma experiência internacional.

Ao Prof. Dr. Claudemir Zucareli pela coorientação, dedicação, confiança e valiosos ensinamentos que permitiram a concretização deste trabalho. Minha intensa gratidão!

A Prof^a. Dr^a Maria de Fátima Guimarães por toda docilidade, gentileza e atenção em contactar a *University of Arkansas* para a realização do doutorado sanduíche.

Aos Professores e funcionários do Programa de Pós-graduação em Agronomia pelos ensinamentos, em especial a Weda Westin pela atenção e cordialidade.

À Coordenadoria de Apoio e Pesquisa ao Ensino Superior (CAPES) pela bolsa concedida.

Ao Programa de Doutorado Sanduíche no Exterior (PDSE) pela concessão da bolsa sanduíche e pela incrível oportunidade de vivenciar uma experiência internacional.

A *University of Arkansas*, em especial ao Prof. Dr. Larry C. Purcell pela coorientação internacional, por todo ensinamento científico e cultural e aos membros do *Soybean team*, especialmente Marillyn Davies, Andy King, Hua Bai e Avi Kaler. *Thanks a lot for the support and for everything you all did for me, you will be always in my heart!*

Ao pós graduando André Prechlak pela amizade, auxílio e dedicação na condução dos ensaios a campo e aos estagiários do curso de Agronomia pela disposição, paciência e laço estabelecido. Participação imprescindível na execução dos trabalhos.

Aos funcionários da Fazenda Escola pelo auxílio na condução do trabalho a campo, em especial o Senhor Bié pela prontidão e dedicação.

Enfim, a todos desta Nação que contribuíram direta ou indiretamente para a concretização deste objetivo. Muito obrigada pelo amor e carinho!

*Ainda que eu falasse as línguas dos homens e dos anjos, e não tivesse amor, seria como o metal que soa ou como o sino que tine.
E ainda que tivesse o dom de profecia, e conhecesse todos os mistérios e toda a ciência, e ainda que tivesse toda a fé, de maneira tal que transportasse os montes, e não tivesse amor, nada seria
1 Coríntios 13:1,2*

OLIVEIRA, Mariana Alves. **Trinexapac-etil associado a arranjos espaciais de plantas e adubação nitrogenada na cultura do milho**. 2015. 125f. Tese de doutorado em Agronomia – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2015.

RESUMO

No Brasil, a cultura do milho tem sido acompanhada por constantes mudanças tecnológicas, com aumentos significativos de produtividade. Para possibilitar o uso de maiores densidades de plantas e doses de nitrogênio e, ainda, minimizar os problemas de acamamento e quebra de plantas, pesquisas estão sendo realizadas associando o uso de reguladores de crescimento, como o Trinexapac-etil. O trabalho teve por objetivo avaliar o desempenho agrônomo da cultura do milho de primeira e segunda safras, submetida à aplicação de regulador de crescimento Trinexapac-etil em diferentes estádios de desenvolvimento da cultura, associado a diferentes arranjos de plantas e doses de nitrogênio em cobertura. Os ensaios foram conduzidos em Londrina-PR, em Latossolo Vermelho distroférrico. Foram instalados três experimentos em dois anos agrícolas. No primeiro, conduzido nas safras 2012/2013 e 2013/2014, foram avaliados dez tratamentos, sob o delineamento de blocos casualizados (DBC), disposto em parcelas subdivididas, as parcelas principais receberam dois espaçamentos entre linhas (0,45 e 0,90 m) e as subparcelas as cinco épocas de aplicação de trinexapac-etil (testemunha sem aplicação, V3, V6, V9 e V12), com quatro repetições. O segundo ensaio foi conduzido na segunda safra de 2013 e de 2014, foram avaliados quinze tratamentos, sob DBC, em esquema fatorial 5 x 3, sendo cinco densidades de plantas: 40.000, 60.000, 80.000, 100.000 e 120.000 plantas ha⁻¹ e três estádios de aplicação de Trinexapac-etil: testemunha sem aplicação, V6 e V9, com quatro repetições. O terceiro ensaio foi conduzido na segunda safra de 2013 e de 2014, sob DBC, em esquema fatorial 4 x 2, correspondente a quatro doses de adubação nitrogenada de cobertura (0, 50, 100 e 150 kg ha⁻¹), e dois níveis de Trinexapac-etil (presença e ausência), com quatro repetições. Foram avaliadas as características fitométricas, os componentes de produção e a produtividade de grãos. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey p<0,05. As doses de adubação nitrogenada e as populações de plantas foram submetidas ao estudo de regressão polinomial (p<0,05). A época de aplicação de Trinexapac-etil interage com os espaçamentos entre linhas alterando o crescimento e o desempenho produtivo do milho híbrido Status Viptera cultivado na primeira safra. Para o espaçamento 0,45 m a aplicação de Trinexapac-etil em V12 e para o 0,90 m a aplicação em V9 e V12 reduz a altura de planta e de inserção de espiga. A aplicação de Trinexapac-etil em V9 para ambos espaçamentos modifica a arquitetura da planta sem alterar o comprimento e índice de espiga e produtividade de grãos. Em cultivo do milho segunda safra incrementos na densidade de plantas aumenta a altura de planta, reduz o número de grãos por fileira, o comprimento e o diâmetro de espiga e massa de 100 grãos, sem influência na produtividade de grãos. A aplicação de Trinexapac-etil no estádio V9 reduz a altura de planta e de inserção de espiga e a massa de 100 grãos, e favorece o número de fileiras por espiga. O aumento das doses de nitrogênio em cobertura favorece e, a aplicação de Trinexapac-etil reduz a área foliar do milho de segunda safra. A aplicação de Trinexapac-etil e de adubação nitrogenada em cobertura não altera a altura de planta, os componentes de produção e a produtividade de grãos do milho cultivado em segunda safra.

Palavras-chave: *Zea mays* L. Densidade de plantas. Regulador vegetal. Espaçamento entre linhas. Nitrogênio. Acamamento.

OLIVEIRA, Mariana Alves. **Trinexapac-ethyl associated with plant spatial arrangements and nitrogen fertilization in corn crop**. 2015. 125p. Doctoral thesis in Agronomy – State University of Londrina, Londrina, 2015.

ABSTRACT

In Brazil the maize crop has been accompanied by constant technological changes, with significant increases in productivity. To make possible the use of higher population densities and nitrogen levels and also minimize lodging problems and breakage of plants, research is being carried out involving the use of plant growth regulators such as trinexapac-ethyl. The study aimed to evaluate the agronomic performance of the first and second corn crop, subject to the application of trinexapac-ethyl at different stages of development of culture, associated with different arrangements of plants and nitrogen levels in coverage. Experiments were conducted in Londrina - PR in Oxisol. Three experiments were installed in two growing seasons. In the first, conducted in 2012/2013 and 2013/2014 seasons, were evaluated ten treatments were evaluated under the experimental randomized block design (RBD) in a split plot. The main plots received the two row spacings: 0.45 and 0.90 m and the subplots received five trinexapac-ethyl application times: control without application, V3, V6, V9 and V12, with four replications. The second experiment was conducted in the second crop of 2013 and 2014, fifteen treatments under RDB in a factorial 5 x 3 with four replications. Five plant populations been evaluated (40,000, 60,000, 80,000, 100,000 and 120,000 plants ha⁻¹) combined with three trinexapac-ethyl application times (V0, V6 and V9). The third test was conducted in the second crop of 2013 and 2014, under RDB in a factorial 4 x 2, corresponding to four nitrogen fertilizer doses (0, 50, 100 and 150 kg ha⁻¹), and two levels of trinexapac-ethyl (presence or absence), with four replications. Biometric indexes, components of production and crop yield were evaluated. Data were subjected to analysis of variance and means compared by Tukey test $p < 0.05$. The nitrogen fertilizer levels and plant populations were subjected to the study of polynomial regression ($p < 0.05$). The trinexapac-ethyl application time interacts with row spacings changing the growth and yield performance of the hybrid maize Status Viptera grown in the first season. For spacing 0.45 m application of trinexapac-ethyl on V12 and for spacing 0.90 m the application on V9 and V12 reduces plant height and ear insertion. The application of trinexapac-ethyl on V9 for both spacing changes to plant architecture without changing the length and ear index and grain yield. In second corn maize increments in plant density increases plant height, it reduces the number of kernels per row, the ear length and diameter and weight of 100 grains, without influence on grain yield. The application of trinexapac-ethyl on V9 stage reduces the plant height and ear height and mass of 100 grains, and favors the number of rows per ear. Increase of doses of nitrogen on coverage favors the leaf area and application of trinexapac-ethyl reduces on second corn crop. Trinexapac-ethyl and doses of nitrogen application on coverage do not alter height plant, yield components and grain yield from second corn crop.

Keywords: *Zea mays* L. Plants density. Plant growth regulator. Row spacing. Nitrogen. Lodging.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 3.1 –	Dados diários de temperaturas máximas e mínimas e de precipitação pluviométrica durante o período de condução do milho de primeira safra 2012/2013 (A) e 2013/2014 (B), conduzidos em Londrina – PR.....	58
Figura 4.1 –	Dados diários de temperaturas máximas e mínimas e de precipitação pluviométrica durante o período de condução do milho de segunda safra em 2013 (A) e 2014 (B), conduzidos em Londrina – PR	83
Figura 4.2 –	Altura de planta e de inserção de espiga de plantas de milho em cultivo de segunda safra em 2013 (A e C) e em 2014 (B e D), em resposta a densidade de plantas * $p < 0,05$	88
Figura 4.3 –	Média do número de fileiras por espiga de milho para efeito isolado da densidade de plantas em 2013 (A), e da interação densidade de plantas e épocas de aplicação de Trinexapac-etil em 2014 (B) * $p < 0,05$	91
Figura 4.4 –	Número de grãos por fileira, comprimento e diâmetro da espiga de plantas de milho em cultivo de segunda safra em 2013 (A, C e E) e em 2014 (B, D e F), em resposta a densidade de plantas. * $p < 0,05$	93
Figura 4.5 –	Massa de 100 grãos e produtividade de grãos em cultivo de segunda safra em 2013 (A e C) e em 2014 (B e D), em resposta a densidade de plantas. * $p < 0,05$	95
Figura 5.1 –	Dados diários de temperaturas máximas e mínimas e de precipitação pluviométrica durante o período de condução do milho de segunda safra em 2013 (A) e 2014 (B), Londrina – PR.	106
Figura 5.2 –	Médias de área foliar do milho de segunda safra, ano de 2013 (A) e 2014 (B), em função de doses de adubação nitrogenada (kg ha^{-1}). ** $p < 0,01$ *** $p < 0,001$	112
Figura 5.3 –	Desdobramento da interação para médias de número de fileiras por espiga de milho, em função doses de adubação nitrogenada e regulador de crescimento. ** $p < 0,01$	116

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 – Caracterização química do solo da área experimental na profundidade de 0-20 cm, ano safra 2012/2013 e 2013/2014, Londrina – PR, 2015	59
Tabela 3.2 – Resumo da análise de variância e médias de altura de planta (AP), altura de inserção de espiga (AE), diâmetro do colmo (DC) e índice de área foliar (IAF), em função de espaçamentos entre linhas e épocas de aplicação de regulador de crescimento na cultura do milho de primeira safra. Londrina – PR, 2015	62
Tabela 3.3 – Desdobramento da interação para médias de altura de planta (AP), altura de inserção de espiga (AE), diâmetro do colmo (DC) e índice de área foliar (IAF) para o ano safra de 2012/2013, em função de espaçamentos entre linhas e épocas de aplicação de regulador de crescimento na cultura do milho. Londrina – PR, 2015	63
Tabela 3.4 – Resumo da análise de variância e médias de número de grãos por espiga (NGE), comprimento da espiga (CE), índice de espiga (IE), massa de 100 grãos (M100) e produtividade de grãos (PG), em função de espaçamentos entre linhas e épocas de aplicação de regulador de crescimento na cultura do milho de primeira safra. Londrina – PR, 2015.....	68
Tabela 3.5 – Desdobramento da interação para médias de comprimento da espiga (CE), número de fileiras por espiga (NFE), número de grãos por fileira (NGF), índice de espiga (IE) e produtividade de grãos (PG) para o ano safra de 2012/2013, em função de espaçamentos entre linhas e épocas de aplicação de regulador de crescimento na cultura do milho. Londrina – PR, 2015	70
Tabela 4.1 – Caracterização química do solo da área experimental na profundidade de 0-20 cm, ano de 2013 e de 2014. Londrina – PR, 2015.....	84
Tabela 4.2 – Resumo da análise de variância de altura de plantas (AP) e altura de inserção de espiga (AE) em função de densidade de plantas e épocas de aplicação de Trinexapac-etil na cultura do milho de segunda safra. Londrina – PR, 2015	87

Tabela 4.3 – Resumo da análise de variância de número de fileiras por espiga (NFE), número de grãos por fileira (NGF), comprimento da espiga (CE), diâmetro da espiga (DE), massa de 100 grãos (M100G) e produtividade de grãos (PG) em função de densidades de plantas e épocas de aplicação de Trinexapac-etil na cultura do milho de segunda safra. Londrina – PR, 2015	90
Tabela 4.4 – Desdobramento da interação para médias de número de fileiras por espiga de plantas de milho cultivadas em 2014, em função da densidade de plantas e épocas de aplicação de Trinexapac-etil.....	92
Tabela 5.1 – Caracterização química do solo da área experimental na profundidade de 0-20 cm, ano de 2013 e de 2014. Londrina – PR, 2015.....	107
Tabela 5.2 – Resumo da análise de variância de altura de planta (AP), altura de inserção de espiga (AE) e área foliar (AF), em função de regulador de crescimento e doses de adubação nitrogenada na cultura do milho de segunda safra. Londrina – PR, 2015	110
Tabela 5.3 – Média de altura de planta (AP), altura de inserção de espiga (AE) e área foliar (AF), em função de regulador de crescimento e doses de adubação nitrogenada na cultura do milho de segunda safra. Londrina – PR, 2015.....	113
Tabela 5.4 – Resumo da análise de variância de número de fileiras por espiga (NFE), número de grãos por fileira (NGF), comprimento da espiga (CE), diâmetro da espiga (DE), diâmetro do sabugo (DS), massa de 100 grãos (M100) e produtividade de grãos (PG) em função de regulador de crescimento e doses de adubação nitrogenada na cultura do milho de segunda safra. Londrina – PR, 2015	114
Tabela 5.5 – Média de número de fileiras por espiga (NFE), número de grãos por fileira (NGF), comprimento da espiga (CE), diâmetro da espiga (DE), diâmetro do sabugo (DS), massa de 100 grãos (M100) e produtividade de grãos (PG) em função de regulador de crescimento e doses de adubação nitrogenada na cultura do milho de segunda safra. Londrina – PR, 2015.....	115
Tabela 5.6 – Desdobramento da interação para médias de número de fileiras por espiga das plantas de milho, em função de doses de adubação nitrogenada e regulador de crescimento	115

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1	IMPORTÂNCIA E CULTIVO DA CULTURA DO MILHO	15
2.2	ARRANJOS ESPACIAIS DE PLANTAS DE MILHO	18
2.2.1	Densidade de Plantas	19
2.2.2	Espaçamento Entre Linhas	23
2.3	ADUBAÇÃO NITROGENADA NA CULTURA NO MILHO	26
2.4	HORMÔNIOS E REGULADORES VEGETAIS	31
2.4.1	Uso de Reguladores Vegetais em Cultivos Agrícolas	32
2.4.2	Regulador de Crescimento Vegetal: Trinexapac-etil	35
2.4.3	Trinexapac-etil Associado a Arranjo de Plantas e Adubação Nitrogenada em Culturas de Cereais	40
	REFERÊNCIAS	44
3 ARTIGO A	ÉPOCAS DE APLICAÇÃO DE TRINEXAPAC-ETIL NO DESEMPENHO AGRONÔMICO DO MILHO CULTIVADO SOB DIFERENTES ARRANJOS DE PLANTAS	54
3.1	RESUMO E ABSTRACT	54
3.2	INTRODUÇÃO	56
3.3	MATERIAL E MÉTODOS	58
3.4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	62
3.5	CONCLUSÃO	74
	REFERÊNCIAS	75
4 ARTIGO B	ÉPOCAS DE APLICAÇÃO DE TRINEXAPAC-ETIL ASSOCIADO A DENSIDADES DE PLANTAS NO DESEMPENHO AGRONÔMICO DO MILHO DE SEGUNDA SAFRA	79

4.1	RESUMO E ABSTRACT	79
4.2	INTRODUÇÃO.....	81
4.3	MATERIAL E MÉTODOS	83
4.4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	86
4.5	CONCLUSÃO	98
REFERÊNCIAS		99
5 ARTIGO C	TRINEXAPAC-ETIL ASSOCIADO À ADUBAÇÃO NITROGENADA NO DESEMPENHO AGRONÔMICO DO MILHO DE SEGUNDA SAFRA	103
5.1	RESUMO E ABSTRACT	103
5.2	INTRODUÇÃO.....	104
5.3	MATERIAL E MÉTODOS	106
5.4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	109
5.5	CONCLUSÃO	120
REFERÊNCIAS		121
CONCLUSÕES.....		125

1 INTRODUÇÃO

Devido ao alto potencial produtivo, a composição química e valor nutritivo, o milho destaca-se como um dos mais importantes cereais cultivados e consumidos no mundo. A maior parte do milho produzido no mundo é usado na alimentação para animais e, o restante é destinado a alimentação humana e usos industriais. A produção de milho é impulsionada pela crescente produção de aves e suínos no Brasil e no mundo, por ser ingrediente fundamental na composição das rações para estes animais. Nos sistemas de produção de grãos no Brasil, a cultura do milho tornou-se indispensável nos sistemas de produção atuais, fazendo parte dos sistemas de rotação de culturas, e favorecendo a expansão das áreas de semeadura direta. Deste modo, intensificaram-se importantes mudanças no sistema de cultivo, caracterizada pela divisão da produção em duas épocas de cultivo, primeira e segunda safra.

Para atender a demanda de grãos, a cultura do milho tem sido objeto de estudos tanto para ampliar o sistema de cultivo, como para a elaboração de manejos na obtenção de elevadas produtividades. Diante disso, são adotadas práticas culturais, como a escolha de cultivares melhoradas e rígidas épocas de semeadura, alterações no espaçamento entre linhas e densidade de plantas e ainda uso de elevadas doses de adubação nitrogenada em cobertura.

A manipulação do arranjo espacial de plantas pela alteração no espaçamento entre linhas e na densidade de plantas na linha tem sido apontada como uma das práticas de manejo mais importantes para potencializar o rendimento de grãos da cultura do milho, pela otimização do uso da radiação solar, água e nutrientes. Entre as formas de manipulação do arranjo de plantas, a densidade apresenta maior efeito sobre o produtividade, pois pequenas alterações na população podem alterar significativamente o rendimento final. Acréscimos na densidade de plantas exigirão maior suprimento de adubo principalmente os nitrogenados, pois o nitrogênio favorece o desenvolvimento das plantas de milho, ocasiona alterações morfológicas, e em condições de alto suprimento, proporciona aumento significativo na área foliar (com aumento da curvatura das folhas de modo a interferir na interceptação da radiação solar) e na produção de matéria seca, resultando em maior produtividade de grãos.

Tanto o aumento da densidade de plantas quanto à adoção de elevadas doses de nitrogênio podem proporcionar aumentos na produtividade de grãos, bem como aumentos na altura de plantas e de inserção de espigas, tornando as plantas mais suscetíveis ao acamamento e quebra do colmo, fato este que dificulta a colheita mecanizada, propiciando

perdas de produtividade e qualidade do produto colhido. Deste modo, preconiza-se a escolha de cultivares de porte baixo, no entanto nem sempre estas cultivares estão disponíveis ou adaptadas à região de cultivo, o que desperta o interesse por técnicas alternativas, como o uso de reguladores de crescimento, a fim de minimizar os efeitos do acamamento, bem como possibilitar a obtenção de plantas mais adequadas ao aumento da densidade e novos arranjos populacionais.

Dentre os reguladores de crescimento, o trinexapac-etil atua reduzindo a alongação das células dos entrenós, interferindo no final da rota metabólica da biossíntese do ácido giberélico, o que reduz drasticamente o nível do ácido giberélico ativo (GA_1), sendo a causa da diminuição do crescimento das plantas.

São poucos os relatos do uso de Trinexapac-etil na cultura do milho, porém, pesquisas estão sendo realizadas em cereais associando o manejo da população de plantas e da adubação nitrogenada, afim de verificar o comportamento de genótipos, e ainda a determinação das melhores doses e épocas de aplicação, sem que haja prejuízos a cultura e favoreça o aumento do rendimento de grãos. O Trinexapac-etil têm-se mostrado efetivo na redução da estatura das plantas de cereais de inverno, promovendo a redução acentuada no comprimento do colmo, reduzindo assim a altura de plantas e evitando o acamamento da cultura do trigo e cevada e com aumentos no rendimento de grãos de trigo.

Em milho, o Trinexapac-etil surge como uma alternativa para cultivares de interesse, que não possuam arquitetura foliar moderna, podendo alterar o porte e anatomia das plantas, permitindo a redução do espaçamento entre linhas e adoção de elevadas populações de planta e doses de nitrogênio em cobertura.

Neste contexto, o trabalho tem como objetivo avaliar o desempenho agrônômico da cultura do milho, de primeira e de segunda safra, submetida à aplicação do regulador de crescimento Trinexapac-etil, em diferentes estádios de desenvolvimento vegetativo da cultura, associado a diferentes arranjos de plantas e doses de adubação nitrogenada de cobertura.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 IMPORTÂNCIA E CULTIVO DA CULTURA DO MILHO

O milho (*Zea mays* L.), originário do México e da América Central, onde era venerado e consumido há mais de cinco mil anos, transformou-se, no início do século XXI, na planta de maior importância comercial com origem nas Américas e no alimento agrícola mais produzido na Terra, ao superar o trigo, o arroz e a soja (OLIVEIRA, 2007).

O milho é uma espécie altamente politépica, com cerca de 300 raças e milhares de variedades. Sua cultura comercial está amplamente disseminada por todo o mundo, desde a latitude de 58° N (Federação Russa) a 40° S (Argentina), do nível do mar a 3.800 metros de altitude, apresentando raças e variedades específicas e adaptadas às distintas condições climáticas (PATERNIANI, 1984).

Devido ao alto potencial produtivo, a composição química e valor nutritivo, e por sua multiplicidade de aplicações na alimentação humana e animal, o milho assume relevante papel socioeconômico, além de ser utilizado como matéria-prima em diversos complexos agroindustriais (FANCELLI; DOURADO NETO, 2004). O uso do milho em grão como alimentação para animais representa 66% do consumo deste cereal no mundo, e cerca de 25% é destinado a alimentação humana, como fonte de energia e proteína para populações de baixa renda na América Latina, Ásia e África. A produção de milho é regida pelo crescente aumento na produção de aves e suínos no Brasil e no mundo, por ser ingrediente fundamental na composição das rações para estes animais. Deste modo surge a necessidade de elaboração de manejos para elevação da produção, adotando novas práticas culturais e cultivares mais produtivas, visando atender a demanda interna e expansão das exportações (FORNASIERI FILHO, 2007; BORÉM; GALVÃO; PIMENTEL, 2015).

A cultura do milho no Brasil tem sido acompanhada por constantes mudanças tecnológicas, resultando em aumentos significativos de produtividade e produção. Destacam-se o emprego de sementes de cultivares melhoradas, alterações no espaçamento e na densidade de semeadura, além da importância agrônômica, por ser componente indispensável do sistema de produção de grãos. O milho por participar dos sistemas de rotação de culturas, favorece a expansão da área sob semeadura direta (MUNDSTOCK; SILVA, 2005). Deste modo, se intensificaram importantes mudanças no sistema de cultivo,

tornando a produção de milho no Brasil caracterizada pela divisão da produção em duas épocas de cultivo, primeira e segunda safras (FORNASIERI FILHO, 2007).

Assim, as semeaduras de verão, ou primeira safra, são realizadas na época tradicional, durante o período chuvoso, que varia entre fins de agosto, na região Sul, até os meses de outubro/novembro, no Sudeste e Centro-Oeste, já no Nordeste, esse período ocorre no início do ano. A “safrinha” refere-se ao milho de segunda safra, cultivado de janeiro a abril, em sucessão a uma cultura de verão, principalmente a cultura da soja (BORÉM; GALVÃO; PIMENTEL, 2015).

A cultura do milho ocupa, na atualidade, o segundo lugar em área semeada e o primeiro lugar em produção e produtividade no mundo entre as principais culturas produtoras de grãos. O Departamento de Agricultura dos EUA (USDA), em seu primeiro levantamento para a produção mundial de milho 2015/16, em maio de 2015, prevê redução na produção, exportação e estoques globais de milho, enquanto o consumo mundial deve ser ampliado. Espera-se uma produção global de 989,8 milhões de t, um recuo em relação ao recorde de 2014/15, reflexo em grande parte da menor safra projetada para os EUA. É esperado um consumo global recorde para 2015/16, que pode ser 18,6 milhões de toneladas maior do que o realizado em 2014/15, totalizando 990,4 milhões de toneladas. Os estoques globais devem apresentar ligeira redução na comparação ano a ano, podendo alcançar 191,9 milhões de toneladas. Já as exportações mundiais devem ser praticamente iguais à realizada no período anterior, estimada em 120,9 milhões de toneladas ao final de 2015/16. Os três maiores produtores de milho Estados Unidos, China e Brasil, continuam em destaque com estimativa de produção de 346,2; 228 e 75 milhões de toneladas, respectivamente (DEAGRO/FIESP, 2015).

O oitavo levantamento da safra brasileira de grãos, de maio de 2015, estima a área cultivada para a safra 2014/2015 para milho primeira safra de 6.124,5 milhões de hectares e segunda safra de 9.082,8 milhões de hectares, totalizando 15.207,3 milhões de hectares. Estima-se uma produção total de grãos no Brasil de 202,23 milhões de toneladas para safra 2014/2015, e desse montante, 78.594,7 milhões de toneladas refere-se à produção de milho das duas safras, sendo 30.703,0 milhões de toneladas para a primeira safra e 47.891,8 milhões de toneladas referente a segunda safra (CONAB, 2015).

Considerando-se as duas safras, a produção paranaense de milho para 2014/2015 será de 14,7 milhões de toneladas. O milho primeira safra contemplou com 542,5 mil hectares de área cultivada, com redução de 18,4% em relação ao exercício anterior, fruto da disputa com a soja no cultivo de verão. O cultivo de verão até 2012 era considerado o

principal período de cultivo deste cereal, sendo responsável por cerca de 60% da safra nacional, sendo ultrapassada pela semeadura de segunda safra, com o aumento da semeadura de segunda safra nessas áreas e forte concorrência com o cultivo de soja no verão. A semeadura, retardada pela falta de umidade do solo, foi concluída no início de dezembro e em 94% dessa área já ocorreu à colheita, registrando uma produtividade média de 8.630 kg ha^{-1} , recorde de produtividade para o Estado. Para a segunda safra a área semeada foi de 1,8 milhões de hectares com estimativas de produção de 10,0 milhões de toneladas, a área plantada nesta temporada praticamente se manteve, a semeadura que ocorreu com atraso devido ao excesso de chuvas em março, foi concluída somente em abril. A colheita deverá se iniciar no final de maio e se estenderá até setembro (CONAB, 2015).

A produtividade média da cultura do milho no país não reflete o bom nível tecnológico adotado por alguns agricultores brasileiros voltados para lavouras comerciais, uma vez que as médias são obtidas nas mais diferentes regiões, com diferentes sistemas de cultivo, finalidades e níveis tecnológicos (DEMÉTRIO et al., 2008). De modo geral, a obtenção de altos rendimentos dependerá da população empregada, sendo função da capacidade suporte do meio e do sistema de produção adotado; do índice e da duração da área foliar fotossintética ativa; da época de semeadura, visando satisfazer o desenvolvimento e o crescimento da cultura; bem como a adequada distribuição espacial de plantas na área, em conformidade com as características genotípicas (FANCELLI; DOURADO NETO, 2004).

Desse modo, práticas que visam o aumento dos rendimentos de grãos com a associação de maiores densidades de semeadura, aumento das doses de N em cobertura e uso de reguladores de crescimento, como alternativa para reduzir o acamamento, são alvos de estudos. Estes fatores estão sendo explorados na busca de respostas para identificar a densidade ideal de plantas associada à dose de nitrogênio, à melhor dose e época de aplicação do regulador de crescimento, sem que haja prejuízos à cultura (ZAGONEL; FERNANDES, 2007).

2.2 ARRANJOS ESPACIAIS DE PLANTAS DE MILHO

O rendimento de grãos da cultura do milho, segundo Andrade, Uharts e Arguissain (1991) é a relação da radiação incidente, da eficiência da interceptação da radiação incidente, da eficiência de conversão da radiação interceptada em fotoassimilados e a alocação de fotoassimilados nos grãos. Por sua vez, a radiação incidente é função da

localização geográfica da área de produção (latitude, longitude e altitude), bem como da época de semeadura ao longo do ano.

De acordo com Fancelli e Dourado Neto (2004) a eficiência de interceptação depende da idade da planta, da arquitetura foliar, do arranjo espacial de plantas e da população empregada, sendo a eficiência de conversão, entre outros fatores depende principalmente da temperatura, do estado nutricional e do equilíbrio hídrico das plantas, tendo a partição dos fotoassimilados atrelada ao genótipo e as relações fonte-dreno. O milho apresenta características fisiológicas com eficiente conversão do gás carbônico atmosférico em compostos orgânicos como os carboidratos, é uma planta de metabolismo C₄, sendo uma das espécies mais eficientes na conversão de energia radiante em fitomassa. Isso ocorre devido ao processo fotossintético destas plantas que proporciona uma contínua concentração do CO₂ nas células da bainha das folhas o que leva a otimização do aproveitamento deste CO₂ em carboidratos (TAIZ; ZEIGER, 2009).

A manipulação do arranjo espacial de plantas pela alteração no espaçamento entre linhas e na densidade de plantas na linha tem sido apontada como uma das práticas de manejo mais importantes para potencializar o rendimento de grãos do milho, pela otimização do uso da radiação solar, água e nutrientes (ARGENTA et al., 2001a; DOURADO NETO et al., 2003; DEMÉTRIO et al., 2008; KAPPES et al., 2011; SCHMITT, 2014). Esta responsividade está associada ao fato de que, diferentemente de outras poáceas, o milho não apresenta um mecanismo eficiente de compensação de espaços, pois perfilha pouco e apresenta baixa prolificidade e limitada capacidade de expansão foliar (STRIEDER et al., 2007). O arranjo de plantas influencia o índice de área foliar, altera o ângulo de inserção foliar, a interceptação da luz incidente por outras partes da planta, principalmente na porção inferior do dossel, modifica a disposição das folhas na planta e as características de absorção de luz (SANGOI; SILVA; ARGENTA, 2010).

Com o aumento na interceptação de luz e do melhor aproveitamento da água e nutrientes disponíveis, acréscimos na produtividade podem ser obtidos pelo aumento da densidade de semeadura, associado à redução do espaçamento entre linhas. A redução da competição inter e intraespecífica por esses fatores de produção, obtida pelo melhor arranjo espacial entre as plantas, ocorrem pelo aumento da área foliar por unidade de área, a partir dos estádios fenológicos iniciais (JOHNSON; HOVERSTAD; GREENWALD, 1998).

As mudanças no arranjo de plantas em milho advêm de alterações de ordem genética, fisiológica, bioquímica e anatômica, incorporadas pelos programas de melhoramento nas últimas décadas. São inúmeros os esforços destinados para determinar o

melhor arranjo espacial de plantas para a cultura do milho, em decorrência das variações morfológicas e genéticas apresentadas pelos híbridos atuais e pela introdução de novos genótipos que apresentam menor estatura de planta e altura de inserção de espiga, menor esterilidade de plantas e menor duração do subperíodo pendoamento espigamento, plantas com folhas de angulação mais ereta e elevado potencial produtivo (ARGENTA et al., 2001a; SANGOI et al., 2011).

O arranjo espacial de plantas é definido pelas diferentes combinações de espaçamento entre linhas de semeadura e populações de plantas, ou seja, como as plantas estão distribuídas na área de cultivo. O arranjo espacial de plantas pode ser manipulado por meio de alterações na densidade de plantas (número de indivíduos por área), no espaçamento entre linhas, na distribuição espacial de plantas na linha e na uniformidade de emergência de plântulas na lavoura (SANGOI; SILVA; ARGENTA, 2010).

Teoricamente, o melhor arranjo é o que proporciona distribuição mais uniforme de plantas por área, possibilitando melhor utilização dos fatores de produção. As plantas podem ser distribuídas de várias formas, sendo que as variações na distância entre elas na linha e nas entre linhas determinam os diferentes arranjos na lavoura (ARGENTA; SILVA; SANGOI, 2001b).

2.2.1 Densidade de Plantas

A densidade de semeadura ou estande, definida como o número de plantas por unidade de área por ocasião da colheita, merece atenção especial no rendimento de uma lavoura de milho. O incremento no número de indivíduos por área é uma das formas mais fáceis e eficientes de se aumentar a interceptação da radiação solar incidente. Entre as formas de manipulação do arranjo de plantas, a densidade apresenta maior efeito sobre o rendimento de grãos, pois pequenas alterações na população podem alterar significativamente o rendimento final (SANGOI; SILVA; ARGENTA, 2010).

Para cada sistema de produção haverá uma densidade ideal de plantas para maximizar o rendimento de grãos, o que dependerá da cultivar, do objetivo do produtor, da disponibilidade hídrica, da fertilidade do solo, da época de semeadura e do espaçamento entre plantas, considera-se, em geral, ser a cultivar como principal determinante da densidade de plantas. Em linhas gerais, híbridos precoces permitem o uso de densidades mais elevadas e espaçamentos mais estreitos em relação aos materiais tardios. Esta diferença é decorrente da

menor altura de planta, folhas mais estreitas e curtas, que promovem menor área foliar e menor sombreamento intraespecífico, o que possibilita o uso de menores espaçamentos entre plantas. Deste modo, requerem maior densidade de plantas para maximizar seu rendimento, tendo mais plantas por área para prover área foliar capaz de potencializar a interceptação da radiação solar incidente (FORNASIERI FILHO, 2007; SANGOI; SILVA; ARGENTA, 2010).

Quanto à disponibilidade hídrica e de nutrientes, a relação com a densidade de semeadura é direta, quão maior a disponibilidade destes fatores, maior será a densidade recomendada. Por outro lado, em situações como no milho segunda safra, em que a disponibilidade hídrica é menor e os problemas com acamamento e quebra de colmo são maiores, a densidade de semeadura deve ser menor do que na época normal (DUARTE; CRUZ, 2001).

Lavouras com baixas densidades populacionais reduz a interceptação da radiação solar por área, com máxima produção de grãos por planta, mas o rendimento por área é pequeno, a espiga apresenta-se grande, em maior número por planta, e o colmo robusto (SANGOI, 2000). Com o aumento da população de plantas, há redução no tamanho das espigas, diminuindo também seu índice por planta, configurando redução na produção individual; entretanto, a produtividade por área aumenta expressivamente, pelo aumento do número de plantas por área, até alcançar um máximo, quando ambos, produção individual e produção por planta declinam. Por outro lado, o adensamento excessivo incrementa a competição intra-específica, o que estimula a dominância apical, aumentando a esterilidade feminina e limitando a produção de grãos por área (FORNASIERI FILHO, 2007).

A obtenção do maior número de grãos possível em uma lavoura de milho é função da população e do número de espigas encontradas por planta (prolificidade) e por área. Erroneamente, valoriza-se, em demasia o tamanho da espiga, conferindo a este componente como responsável pela definição do potencial produtivo. O tamanho da espiga muito pouco contribuirá para a definição da produção quando o número de espigas presentes na área for pequeno. Em primeira instância, o número de espigas é mais importante que o tamanho das mesmas (FANCELLI; DOURADO NETO, 2004). Deste modo, o número de grãos produzidos por metro quadrado é afetado pelo número de plantas por área, pelo número de espigas por planta e pelo número de grãos por espiga. O número de grãos que atingem a maturidade fisiológica é dependente da capacidade da planta de produzir e distribuir fotoassimilados, para atender às diferentes demandas no período entre duas semanas antes e três semanas após o espigamento (ANDRADE; ECHARTE; RIZZALLI, 2002). Sendo que, os

estádios de definição e de enchimento de grãos, são totalmente dependentes das condições climáticas (SANGOI et al., 2007).

Diversos estudos foram conduzidos para identificar a densidade ideal de plantas de híbridos de milho com elevado potencial de rendimento de grãos, com o intuito de determinar o número de plantas que é capaz de explorar de maneira mais eficiente os fatores de produção em milho cultivado na primeira safra (MEROTTO JUNIOR; ALMEIDA; FUCHS, 1997; SILVA; ARGENTA; REZERA, 1999; ALMEIDA et al., 2000; MARCHÃO et al., 2005; SANGOI et al., 2005; KAPPES et al., 2011) e na segunda safra (TAKASU et al. 2014). Os autores relataram que as máximas produtividades foram obtidas com densidades iguais ou superiores a 80.000 plantas ha⁻¹. Estes resultados evidenciam que a recomendação de densidade entre 60.000 e 80.000 plantas ha⁻¹ pode ser ampliada em ambientes favoráveis para elevar o rendimento de grãos, desde que se tenha bom nível de fertilidade no solo, boa disponibilidade hídrica e cultivares resistentes ao acamamento (ALMEIDA et al., 2000; SANGOI; SILVA; ARGENTA, 2010).

Freitas, Nascente e Santos (2013) em cultivo de milho segunda safra avaliaram crescentes populações de planta (20.000, 40.000, 60.000 e 80.000 plantas ha⁻¹) no desempenho da cultura com ou sem consórcio com *Urochloa ruziziensis*. Os autores verificaram que no cultivo de milho solteiro populações de até 80.000 plantas ha⁻¹ proporcionaram aumento na altura de planta e de inserção de espiga e redução no número de espigas por planta, no entanto, houve aumento do número de espigas por área e do número de grãos por fileira o que possibilitou maior produtividade de grãos por área. Ainda afirmam que na ausência de restrição hídrica, recomenda-se a densidade de 80.000 plantas de milho ha⁻¹.

São crescentes os estudos que visam avaliar a interação entre densidades populacionais e espaçamentos, dentre estes, Penariol et al. (2003) em cultivo de milho segunda safra avaliaram o desempenho agrônômico do híbrido simples modificado AG-9010 e da variedade BR 473, em três espaçamentos entre linhas (0,40; 0,60 e 0,80 m) e três densidades de semeadura (40.000, 60.000 e 80.000 plantas ha⁻¹). Os autores observaram que o aumento da densidade de semeadura reduziu o diâmetro de colmo, o número de grãos por espiga, o índice de espiga e aumentou a altura de inserção de espiga. O espaçamento reduzido de 0,40 m possibilitou maior produtividade de grãos em relação ao espaçamento de 0,80 m. A densidade de 80.000 plantas ha⁻¹ proporcionou maior produtividade de grãos para o híbrido simples modificado AG-9010, enquanto, para a variedade BR 473, o maior rendimento de grãos foi obtido com cerca de 70.000 plantas ha⁻¹. Os autores ainda afirmam que a semeadura antecipada na segunda safra favoreceu a produtividade de grãos.

Farinelli, Penariol e Fornasieri Filho (2012) avaliaram a influência de diferentes espaçamentos entre linhas e densidades populacionais nos componentes de produção e a produtividade de duas cultivares de milho em cultivo de primeira safra. Os autores testaram três espaçamentos entre linhas (40; 60 e 80 cm), três densidades populacionais (40.000; 60.000 e 80.000 plantas ha⁻¹) e duas cultivares de milho, representadas por uma variedade de alto valor proteico (BR 473) e um híbrido simples modificado (AG 9010) para alta tecnologia. Observaram, que as densidades populacionais de 60.000 e 80.000 plantas ha⁻¹ diminuíram o diâmetro de colmo, o número de grãos por espiga e a massa de 100 grãos; contudo, aumentaram a altura de planta e a produtividade de grãos. A interação entre densidade e cultivar para a produtividade, mostrou-se significativa, tendo o híbrido AG 9010 com produtividade superior à variedade BR 473 quando submetido principalmente às densidades de 60.000 e 80.000 plantas ha⁻¹.

Valle et al. (2013) avaliaram em cultivo de primeira safra, o efeito de três densidades de semeadura nos componentes de produção do milho transgênico híbrido Pioneer 30F35HR, sendo três espaçamentos entre plantas: 0,33; 0,25; e 0,20 m, com espaçamento entre linhas de 0,80 m, resultando em uma população de 37.500; 50.000 e 62.500 plantas ha⁻¹, respectivamente. Os autores observaram que o aumento da densidade de semeadura proporcionou redução da qualidade de espigas, no entanto, houve elevação da biomassa total e da produtividade de grãos.

Com aumentos de população de plantas de milho doce cultivado em primeira safra, Souza et al. (2013a) verificaram que o incremento de 40.000 até 100.000 plantas ha⁻¹ resultaram em maiores produtividades de espigas despalhadas dos híbridos Tropical Plus e RB-6324. O aumento na população de plantas reduziu o comprimento e o diâmetro de espigas dos híbridos Tropical Plus e RB-6324, e a massa de espigas do Tropical Plus, mas não afetou o padrão comercial e de uso industrial.

Piana et al. (2008), avaliaram os efeitos da densidade de plantas sobre o rendimento de grãos e seus componentes em dois híbridos cultivados em semeadura precoce (agosto) no Rio Grande do Sul, com quatro densidades de plantas (5,5; 7,3; 9,1 e 11pl m⁻²) e dois híbridos, um de folhas decumbentes (Dow 2B587) e outro de folhas eretas (NB 4214). Os autores observaram que o rendimento de grãos do híbrido de folhas decumbentes aumentou linearmente com o incremento na densidade de 5,5 até 11 plantas m⁻², alcançando 16 t ha⁻¹. Já no híbrido de folhas eretas, o rendimento aumentou de forma quadrática, sendo maximizado na densidade de 9,4 plantas m⁻². O número de espigas por metro quadrado foi o componente que melhor explicou o aumento da produtividade com o incremento na densidade de plantas.

O uso de densidades superiores a 9 plantas m^{-2} é uma estratégia efetiva para aumentar o rendimento de grãos sob alto nível de manejo em semeadura precoce (agosto).

O uso excessivo de plantas por área também acarreta malefícios aos cultivos, resultando em plantas mais altas, com colmos mais finos (SANGOI et al., 2002), o que implica no acamamento da cultura (FORNASIERI FILHO, 2007). Exageros na população de plantas resultam em aparato fotossintético insuficiente para a manutenção de todos os drenos, o que acaba levando os tecidos da raiz e da base do colmo senescerem precocemente, fragilizando estas regiões, favorecendo ainda mais o acamamento (TOLLENAAR; McCULLOUGH; DWYER, 1994).

Sangoi et al. (2002), submetendo híbridos com arquitetura foliar aberta, porte alto e grande número de folhas e híbridos de porte baixo, folhas mais curtas, eretas e em menor número sob diferentes populações de plantas (25.000, 50.000, 75.000 e 100.000 plantas ha^{-1}), observaram que a resposta do rendimento de grãos ao incremento da população foi de ordem quadrática para todos os materiais testados. Nas menores populações de plantas, os híbridos de porte alto foram mais produtivos que os de porte baixo. No entanto, os materiais de porte baixo foram mais exigentes em população de plantas, requerendo cerca de 85.000 plantas ha^{-1} para maximizar o rendimento, enquanto que as populações ótimas para os de maior porte foram próximas de 70.000 plantas ha^{-1} .

2.2.2 Espaçamento Entre Linhas

A recomendação de espaçamento entre linhas vem diminuindo nos últimos anos, o que permite aumentar a distância entre plantas na linha, obtendo-se uma distribuição de plantas mais equilibrada na área (FORNASIERI FILHO, 2007). Com o desenvolvimento de híbridos mais tolerantes a altas densidades populacionais, com o maior número de herbicidas disponíveis para o controle seletivo de plantas invasoras e a maior agilidade da indústria de máquinas agrícolas no desenvolvimento de equipamentos adaptados ao cultivo do milho com linhas mais próximas, tem-se aumentado a adoção desta prática cultural (BERNARDON, 2005).

O aumento da densidade de plantas pode ser obtido por meio da redução do espaçamento entre as linhas de semeadura (ARGENTA et al. 2001a). Tradicionalmente, o espaçamento entre linhas adotado pela maioria dos produtores brasileiros concentrava-se entre 0,80 e 0,90 m em função da adequação às colhedoras. No entanto, já são disponibilizadas aos

produtores colhedoras que realizam o trabalho em espaçamentos inferiores, de até 0,45 m (CRUZ et al. 2007), permitindo a adoção de sementes adensadas, com maior produtividade média de grãos (FARINELLI; PENARIOL; FORNASIERI FILHO, 2012).

A redução do espaçamento entre linhas, mantendo-se a densidade constante, promove o aumento da distância entre as plantas na linha, proporcionando distribuição espacial mais uniforme das plantas na área de cultivo, reduzindo a competição intraespecífica pelos recursos do ambiente, o que otimiza sua utilização. O arranjo mais favorável de plantas por área, devido à aproximação das linhas estimula as taxas de crescimento da cultura no início de seu ciclo, favorece a interceptação da luz solar incidente e aumenta a eficiência de seu uso (SANGOI et al., 2009; SANGOI; SILVA; ARGENTA, 2010).

São inúmeras as vantagens do espaçamento reduzido de 0,45 a 0,50 m entre linhas, comparado ao espaçamento convencional de 0,80 a 0,90 m, especialmente quando se utilizam densidades de sementeira mais elevadas. Dentre as vantagens cita-se: o aumento no rendimento de grãos devido a melhor distribuição das plantas na área (DOURADO NETO et al., 2003; FARINELLI; PENARIOL; FORNASIERI FILHO, 2012; TAKASU et al., 2014), devido a eficiência na utilização da radiação solar, água e nutrientes; maior uniformidade espacial das plantas na linha; melhor controle de plantas invasoras, em função do fechamento mais rápido dos espaços, advindo da redução do espaçamento entre linhas; preservação dos recursos naturais, com a redução da erosão pela cobertura antecipada da superfície do solo; eficiência de uso da água, devido ao sombreamento antecipado da superfície do solo, e a menor quantidade de água perdida por evaporação, especialmente no início do ciclo, aumentando a sua disponibilidade a planta e a maximização da utilização da sementeira e adubadora, por possibilitar o uso da mesma regulagem nas entre linhas das principais culturas de verão (milho e soja), sem necessidade de ajuste, permitindo maior praticidade e ganho de tempo (FORNASIERI FILHO 2007; SANGOI; SILVA; ARGENTA, 2010).

A redução de espaçamento sobre o rendimento de grãos é potencialmente maior, quando o milho primeira safra no Sul do Brasil é semeado no início da estação de crescimento (agosto-setembro), conhecida como “semeadura cedo”, há menor radiação solar incidente e menor acúmulo de unidades térmicas por dia, o que determina crescimento mais lento da cultura até floração (SANGOI, 1993). A ocorrência de temperaturas mais baixas limita a expansão foliar e a produção de biomassa, originando plantas mais compactas e de menor estatura. Para o milho segunda safra, há menor disponibilidade hídrica e nutricional para o desenvolvimento da planta, devido à redução da precipitação pluvial registrada a partir do mês de abril na Região Centro-Sul e ao menor investimento em insumos pelos produtores

nesta época de semeadura. A redução do espaçamento entre linhas na segunda safra tem propiciado aumentos na produtividade, principalmente devido à distribuição mais homogênea do sistema radicular, favorecendo o aproveitamento de água e de nutrientes e reduzindo o acamamento de plantas (FUNDAÇÃO RIO VERDE, 2002).

Os efeitos da redução de espaçamentos entre linhas no rendimento de grãos se faz ainda mais evidente em se tratando de cultivos com densidades populacionais elevadas, as quais são frequentes quando se trata de cultivos com genótipos modernos, que possuem menor altura de planta, arquitetura foliar mais ereta e com alto potencial produtivo (ARGENTA et al., 2001a). Dourado Neto et al. (2003) ao avaliar o efeito da população de plantas (30.000, 60.000 e 90.000 plantas ha⁻¹), sob dois espaçamentos (0,40 e 0,80 m), sobre o rendimento de grãos de três genótipos de milho com arquiteturas foliares aberta (AG 1051), semi-ereta (AG 7575) e ereta (DKB 911), em cultivo de primeira safra, constataram que na maior população, a redução do espaçamento de 0,80 m para 0,40 m teve efeito positivo no rendimento de grãos no genótipo de arquitetura foliar aberta; que até 60.000 plantas ha⁻¹, independentemente do genótipo, o rendimento de grãos foi crescente. Com acréscimos na população de plantas de 60.000 para 90.000 plantas ha⁻¹, o rendimento de grãos foi superior para o genótipo de arquitetura foliar ereta; o rendimento de grãos se manteve para o genótipo de arquitetura semi-ereta em menor espaçamento, e diminuiu sob espaçamento de 0,80 m para o genótipo de arquitetura aberta.

Para o híbrido de milho DKB 390 YG[®] sob diferentes arranjos de plantas (cinco populações com 40.000, 55.000, 70.000, 85.000 e 100.000 plantas ha⁻¹) e dois espaçamentos (0,45 e 0,90 m entre linhas) no período de segunda safra, com o incremento na densidade de plantas houve redução na altura de plantas e aumento da produtividade de grãos. Verificou-se que as populações de 70.000, 85.000 e 100.000 plantas ha⁻¹ apresentaram maior produtividade com a redução do espaçamento entre linhas de 0,90 para 0,45 m. A população de 100.000 plantas ha⁻¹ apresentou a maior produtividade no espaçamento de 0,45 m, 13.467 kg, cerca de 50% a mais do que a população de 40.000 plantas no espaçamento reduzido (TAKASU et al., 2014).

Já Torres et al. (2013) em cultivo de milho segunda safra avaliaram a combinação dos espaçamentos entre linhas 0,45 e 0,90 m e três híbridos AGROCERES AG9040 (híbrido simples, ciclo superprecoce e arquitetura foliar ereta), PIONEER P30F35 e P30K75Y (híbrido simples, ciclo precoce e arquitetura foliar normal), e observaram que o espaçamento de 0,90 m proporcionou em média os maiores valores de comprimento e número

de grãos por espiga e produtividade de grãos para os híbridos avaliados. O híbrido P30F35 apresentou maior número de grãos por espiga, massa de cem grãos e produtividade.

Em cultivo de primeira safra os híbridos de milho FORT e AGN 30A00, em espaçamentos de 0,80 e 0,40 m, sob populações de 60.000 e 70.000 plantas ha⁻¹, não proporcionaram incrementos no rendimento de grãos para as cultivares testadas com a redução do espaçamento e o aumento da densidade de plantas como práticas isoladas; entretanto, a combinação da redução no espaçamento com o aumento na população de plantas resultou em significativo incremento na produtividade de grãos do híbrido FORT (PEREIRA et al., 2008).

Segundo Balbinot e Fleck (2005), diversos trabalhos demonstram maiores rendimentos de grãos em espaçamentos menores, principalmente com milho de arquitetura de ciclo superprecoce e porte baixo. No entanto, a existência de alguns resultados contraditórios na literatura podem ser atribuídos a diversos fatores, entre os quais o nível de rendimento obtido, o tipo de cultivar, a densidade de plantas, as características climáticas da região e o nível de fertilidade do solo.

Mesmo que, em algumas situações, a redução do espaçamento entre linhas não resulte em aumento do rendimento de grãos do milho, a sua adoção pode ser justificada pelo aumento da competitividade com plantas daninhas, devido à maior quantidade de luz que é interceptada pelo dossel da cultura e pela utilização mais eficiente de máquinas, principalmente de semeadoras por possibilitar a semeadura do milho no mesmo espaçamento da soja e também maior velocidade de semeadura em relação ao espaçamento tradicional. Por outro lado, o uso de espaçamentos mais estreitos pode dificultar a realização de tratamentos culturais em pós-emergência. A colheita, que se constituía em outra limitação, foi sanada devido ao surgimento de plataformas que possibilitam colheita com espaçamento menor entre linhas (TEASDALE, 1995).

2.3 ADUBAÇÃO NITROGENADA NA CULTURA DO MILHO

O milho é uma das culturas mais exigentes em fertilizantes, especialmente os nitrogenados, sendo importante o suprimento adequado no estágio inicial de desenvolvimento da planta, de 40 a 60 dias após a emergência, período em que a absorção é mais intensa (BASSO; CERETTA 2000). O suprimento inadequado de nitrogênio é considerado um dos principais fatores limitantes ao rendimento de grãos do milho, pois o

mesmo exerce importante função nos processos bioquímicos da planta, sendo constituinte de proteínas, enzimas, coenzimas, ácidos nucleicos, fitocromos e clorofila (TAIZ; ZEIGER, 2009). Além de afetar as taxas de iniciação e expansão foliar, o tamanho final e a intensidade de senescência das folhas, altura e diâmetro do colmo, e os componentes de rendimento (OHLAND et al. 2005; FORNASIERI FILHO, 2007, KAPPES et al., 2009).

O nitrogênio (N) é absorvido pelas plantas, preferencialmente nas formas de nitrato (NO_3^-) e amônio (NH_4^+). O nitrato pode originar-se da mineralização da matéria orgânica que, contendo os aminoácidos nitrogenados, sofre transformações bioquímicas como a aminização, amonificação e nitrificação. Outras fontes de nitrato são os adubos contendo este sal. O amônio pode originar-se do adubo mineral, da passagem da amina para a nitrificação, ou pela simbiose em vegetais da família das leguminosas (TANAKA; MASCARENHAS; BORKERT, 1997).

Segundo Lopes et al. (2004) o nitrogênio é o nutriente que mais limita o desenvolvimento, a biomassa e a produtividade das culturas, em especial as poáceas, sendo o nutriente ao qual o milho apresenta maiores efeitos no aumento de produção de grãos. Com a evolução do sistema de produção de milho, as recomendações de N têm aumentado em virtude do incremento de produtividade aliado a práticas para obtenção de altos rendimentos (MUNDSTOCK; SILVA, 2005; FERNANDES et al., 2005). Estudos com genótipos, densidades de planta e níveis de nitrogênio, evidenciam que à medida que se eleva a densidade de plantas, são necessárias maiores doses de nitrogênio (PEIXOTO et al., 1997; SHIOGA; OLIVEIRA; GERAGE, 2004; AMARAL FILHO et al., 2005; MENDES et al., 2011). Por outro lado, com a baixa disponibilidade deste nutriente, na qual se espera menor rendimento de grãos, a densidade ótima recomendada deve ser reduzida (PEIXOTO, 1996).

O N favorece o desenvolvimento das plantas de milho, ocasiona alterações morfológicas, e em condições de alto suprimento, proporciona aumento significativo na área foliar (com aumento da curvatura das folhas de modo a interferir na interceptação da radiação solar) e na produção de matéria seca, resultando em maior produtividade de grãos (MARSCHNER, 1995; ESCOSTEGUY; RIZZARDI; ARGENTA 1997). Além de proporcionar grandes efeitos sobre a produtividade de grãos na cultura de milho, o N apresenta-se relacionado com as características fitométricas e componentes de produção, que interferem direta ou indiretamente na produção e manutenção da qualidade final do produto colhido. Na literatura estão disponíveis diversos trabalhos sobre a influência do nitrogênio no aumento da altura de plantas, peso e comprimento de espiga, número de fileiras de grãos por espiga, massa de grãos e aumentos de produtividade (SANGOI; ALMEIDA, 1994; SILVA;

OLIVEIRA; SILVA, 2003; AMARAL FILHO et al., 2005; FERNANDES et al., 2005; DUETE et al., 2008; ZUCARELI et al., 2014; GAZOLA et al., 2014).

Estima-se que a necessidade de adubação nitrogenada para a produção de 1 t de grãos de milho varia de 20 a 28 kg ha⁻¹. A absorção de N pela planta ocorre durante todo o ciclo vegetativo, com intensa absorção no período entre 40 e 60 dias após germinação, porém, a planta ainda absorve cerca de 50% do que necessita após o início do florescimento, sendo uma provável vantagem à aplicação tardia de parte do nitrogênio (CANTARELLA, 1993).

Na última década, as recomendações oficiais de adubação para a cultura do milho passaram por modificações nas lavouras brasileiras. As principais inovações estão na segmentação de doses de nutrientes conforme a produtividade esperada, a qual é função das diferenças de tipos de solos, manejo, material genético e época de semeadura (CANTARELLA; DUARTE, 2004).

A indicação de nitrogênio para o cultivo de milho pode ser desenvolvida com base em quatro critérios essenciais: expectativa de rendimento da cultura, teor de matéria orgânica do solo, cultura antecessora, e eficiência de absorção do nutriente aplicado. A expectativa de rendimento determina a demanda de N pela cultura, enquanto a matéria orgânica e a planta de cobertura afetam seu suprimento para a lavoura de milho. A partir da diferença entre demanda e suprimento, pode-se estimar a quantidade de nitrogênio a ser aplicada, levando-se em consideração também a eficiência do adubo aplicado (FERNANDES, 1998).

Deste modo, Fontoura e Bayer, (2009), avaliaram resultados de 61 experimentos, realizados por 13 anos, visando o desenvolvimento de uma tecnologia de indicação de nitrogênio para alto rendimento da cultura do milho em semeadura direta e adaptado ao uso de plantas de cobertura na região centro-sul do Paraná. As quantidades de N (ureia) a serem aplicadas no milho foram estimadas a partir da demanda deste nutriente em diferentes faixas de rendimento de grãos da cultura (6–8, 8,1–10, 10,1–12 e 12,1–14 t ha⁻¹), da disponibilidade deste à cultura em solos com diferentes teores de matéria orgânica na camada de 0–10 cm (< 40, 40–60 e > 60 g kg⁻¹), do efeito de plantas de cobertura (Poáceas: trigo (*Triticum aestivum* L.), cevada (*Hordeum vulgare* L.), aveia branca (*Avena sativa* L.) e aveia preta (*Avena strigosa* S.); Fabáceas: ervilhaca comum (*Vicia sativa* L.), ervilhaca peluda (*Vicia villosa* R.), ervilha-forrageira (*Pisum sativum* L.) e serradela (*Ornithopus sativus* Brot.); consórcio (1/3 aveia branca e 2/3 ervilhaca peluda) e nabo forrageiro (*Raphanus raphanistrum* L.)) na disponibilidade de N, e da eficiência do adubo mineral aplicado. O sistema de indicação de N para milho com base nos fatores estudados mostrou-se adequado

com significativa relação entre as doses indicadas com as doses de máxima eficiência econômica de N para a cultura, o que confirma a adequação das doses para a cultura na região.

A influência das doses de nitrogênio na melhoria da produtividade do milho tem sido amplamente estudada, além de identificar o momento ideal do parcelamento, relacionadas com o número de folhas definitivas expandidas. Souza et al. (2011) em estudo de doses de N (0, 50, 100, 150 e 200 kg ha⁻¹), fontes de N (sulfonitrato de amônio com inibidor de nitrificação, sulfato de amônio e ureia) aplicadas na semeadura ou em cobertura, no estágio de seis folhas da cultura do milho segunda safra, sob Latossolo Vermelho Distroférico, textura argilosa. Os autores verificaram que as fontes proporcionaram semelhantes produtividades de grãos e efeitos similares nas características agrônomicas. O incremento das doses de N aumentou o teor de N foliar, o número de grãos por fileira e por espiga, e consequentemente, a produtividade de grãos. O incremento das doses aumentou a produtividade de grãos de milho cultivado após milho até a dose de 150 kg ha⁻¹ de N, em média, independentemente da época de aplicação e da fonte empregada.

Mar et al. (2003), avaliaram o milho segunda safra cultivado em Latossolo Vermelho Eutroférico, textura argilosa, em função de doses e épocas de aplicação de nitrogênio. Sendo cinco doses de nitrogênio (30, 60, 90, 120, 150 kg ha⁻¹) na forma de ureia, aplicado em quatro épocas (todo na semeadura; 1/3 na semeadura e os 2/3 restantes quando a cultura apresentou quatro, oito e dez folhas totalmente expandidas e o tratamento testemunha), observaram que a produtividade de grãos foi influenciada pelas doses e épocas de aplicação. A maior produtividade ocorreu com a aplicação do nitrogênio no estágio de oito folhas completamente expandidas, para as doses de 90 e 120 kg ha⁻¹. Para as doses de até 60 kg ha⁻¹, não há necessidade de parcelamento e a aplicação de 120 kg ha⁻¹, proporcionou incremento de 114,4% na produtividade quando comparado à testemunha.

Menores doses de adubação nitrogenada de cobertura foram requeridas em pesquisas de campo de milho segunda safra. Ragagnin et al. (2010), avaliaram o milho segunda safra sob semeadura direta em sucessão à cultura da soja, com 0, 20, 40 e 60 kg de N ha⁻¹ na forma de ureia, aplicado quando as plantas apresentavam três, seis e nove folhas expandidas. Os autores observaram que a produtividade e o comprimento de espigas foram influenciados pelas doses. A maior produtividade da cultura (7.291 kg ha⁻¹) foi obtida com a aplicação de 15 e 35,4 kg de N ha⁻¹ na semeadura e em cobertura, respectivamente, independentemente da época de aplicação. Aratani, Fernandes e Mello, (2006), avaliando doses de N em cobertura, aplicadas quando as plantas de milho apresentavam cinco folhas

desenvolvidas, em cultivo de primeira safra, confirmam que o aumento das doses em cobertura proporcionou resposta linear para teor de N foliar e rendimento de grãos de milho e que a aplicação de 60 kg ha^{-1} em cobertura foi à dose indicado economicamente, pois proporciona maior taxa de retorno e maior índice de lucratividade.

Araújo, Ferreira e Cruz (2004), estudaram o desempenho agrônômico do milho safra em Latossolo Vermelho distroférico típico, de textura argilosa, com a aplicação de doses de N em cobertura (0, 60, 120, 180 e 240 kg ha^{-1} de ureia) em seqüências de culturas milho-milho-milho e milho-soja-milho. Os autores observaram que a produtividade de grãos e de massa de matéria seca da parte aérea da planta de milho aumentaram com a elevação das doses de nitrogênio, em que a maior produtividade de grãos, $11.203 \text{ kg ha}^{-1}$, foi alcançada com a maior dose de N (240 kg ha^{-1}). O sistema de rotação não teve efeito na produtividade, mas os teores de N na massa de matéria seca da parte aérea da planta e nos grãos de milho foram maiores no sistema milho-soja-milho.

Fornasieri Filho (2007) relata melhores resultados quando a aplicação de adubação nitrogenada é realizada de forma parcelada, na ocasião da semeadura e na fase de pico de desenvolvimento vegetativo (35 a 40 dias após emergência). O N é importante no estágio inicial de desenvolvimento da planta, quando ela está com quatro folhas totalmente expandidas, pois esta é a fase em que o sistema radicular encontra-se em intenso desenvolvimento.

Silva et al. (2005) avaliaram combinações de épocas de aplicação de N em cultivo de milho safra (todo na semeadura; todo no estágio de 4 a 6 folhas; todo no estágio de 8 a 10 folhas; metade da dose na semeadura + metade no estágio de 4 a 6 folhas; metade da dose na semeadura + metade no estágio de 8 a 10 folhas e metade no estágio de 4 a 6 folhas + metade no estágio de 8 a 10 folhas) com 4 doses de N-ureia (0, 60, 120 e 180 kg ha^{-1}). Os autores verificaram que a aplicação de metade do N na semeadura e metade no estágio de 4 a 6 folhas; metade do N na semeadura e metade no estágio 8 a 10 folhas e todo o N no estágio de 4 a 6 folhas proporcionaram maior produtividade de grãos.

Para as condições do Brasil, em geral, deve-se usar maior número de parcelamento para: a) altas doses de nitrogênio (120 a 200 kg ha^{-1}), b) solos de textura arenosa e c) áreas sujeitas a chuvas de alta intensidade. Uma única aplicação deve ser feita sob: a) doses baixas ou médias de nitrogênio (60 - 100 kg ha^{-1}), b) solos de textura média e/ou argilosa e c) cultivo intensivo, sem o uso de irrigação, em que a distribuição do fertilizante é feita mecanicamente (COELHO; FRANÇA, 1995).

Devido às alterações morfológicas e fisiológicas da planta de milho,

alterações no sistema de produção, densidade de plantas e espaçamento, há a necessidade de estudo para definição de doses mais adequadas de nitrogênio para a obtenção da máxima resposta da lavoura.

2.4 HORMÔNIOS E REGULADORES VEGETAIS

O crescimento vegetal é definido como um aumento irreversível no tamanho e no número de células, enquanto que o desenvolvimento é a transformação da aparência e da função das diferentes células nos órgãos da planta (KAUFMANN, 1988). O crescimento vegetal é um processo bastante complexo (COLL et al., 2001), por meio dos processos de divisão e alongamento celular, ocorrem incrementos irreversíveis na massa do protoplasma, aumentando de tamanho os órgãos vegetais, que podem ser mensurados através da massa seca. Muitos dos processos bioquímicos e fisiológicos que ocorrem nas plantas são controlados por hormônios, os quais alteram e regulam o crescimento, o desenvolvimento e a diferenciação das partes vegetais (DAVIES, 2007).

Os hormônios vegetais ou fitormônios, são definidos como compostos orgânicos, não nutrientes, de ocorrência natural, produzidos na planta (endógeno) o qual, em baixas concentrações (10^{-4} a 10^{-6} M) são capazes de promover, inibir ou modificar processos morfológicos e fisiológicos do vegetal (CASTRO, 1998). Até recentemente, seis eram os tipos de hormônios vegetais considerados, sendo: auxinas, giberelinas, citocininas, retardadores, inibidores e etileno. Atualmente, foram identificadas novas moléculas com efeitos similares, brassinosteróides, ácido jasmônico (jasmonatos), ácido salicílico e poliaminas (TAIZ; ZEIGER, 2009).

As giberelinas estimulam a divisão e a alongação celular, atuando com a forma biologicamente ativa Giberelina GA1 (TAIZ; ZEIGER, 2009), com efeitos mais evidentes no crescimento das plantas, especialmente no alongamento do caule (FLOSS, 2004). Nos membros da família das Poacea, as giberelinas atuam no alongamento dos entrenós, onde o alvo da ação deste fitormônio é o meristema intercalar, localizado próximo a base do entrenó, produzindo células derivadas para cima e para baixo (TAIZ; ZEIGER, 2009).

Plantas submetidas a aplicações de giberelinas podem ser induzidas a obter um maior crescimento na sua estatura. Castro e Kluge (1999) afirmam que a aplicação de giberelina em plantas de milho na fase vegetativa resulta em maior desenvolvimento da parte aérea, sem afetar a produção de massa seca e rendimento dos grãos. A aplicação de giberelina

(GA1) pulverizado sob as plantas de milho normal e anão, ocasionou o alongamento das plantas de milho anão e, conseqüentemente, aumento da estatura, e no milho normal apresentou pouco ou nenhum efeito (TAIZ; ZEIGER, 2009).

Os reguladores de crescimento vegetais ou biorreguladores são substâncias sintéticas, que aplicados exogenamente em pequenas quantidades, possuem ações similares aos grupos de hormônios vegetais conhecidos (auxinas, giberelinas, citocininas, retardadores, inibidores e etileno). Estes biorreguladores podem ser aplicados diretamente nas plantas (folhas, frutos, sementes), que atuam como mediadores de processos fisiológicos, provocando alterações nos processos vitais e estruturais, com a finalidade de aumentar a produção, melhorar a qualidade e facilitar a colheita (CASTRO; VIEIRA, 2001).

Os reguladores de crescimento vegetal agem como sinalizadores químicos na regulação do crescimento e desenvolvimento de plantas. Regularmente, ligam-se á receptores na planta e desencadeiam mudanças no metabolismo celular que podem afetar a iniciação ou modificação do desenvolvimento de órgãos ou tecidos. Normalmente, são antagonistas às giberelinas e agem modificando o metabolismo destas, podendo reduzir o alongamento de entrenós de plantas de acordo com o estágio fenológico de aplicação e a dose empregada (TREHARNE et al., 1995).

Rademacher (2000), define retardantes vegetais como compostos sintéticos utilizados para reduzir o crescimento longitudinal indesejável da parte aérea das plantas, sem que diminua a produtividade. Os reguladores ou retardantes vegetais possibilitam obter plantas com tamanho adequado, visando á redução do crescimento excessivo de seus internódios (HERTWIG, 1992), alteram o crescimento de partes da planta, podendo afetar a produção de matéria seca, conseqüentemente, a produtividade. Normalmente a denominação regulador ou retardante de crescimento é utilizada por indústrias de agroquímicos para se referir a reguladores sintéticos de plantas, os quais são aplicados de forma exógena, sendo estes diferentes dos reguladores de crescimento endógenos (fitormônios) (DAVIES, 2007).

2.4.1 Uso de Reguladores Vegetais em Cultivos Agrícolas

A descoberta dos efeitos dos reguladores vegetais sobre as plantas cultivadas e os benefícios promovidos por estas substâncias, tem contribuído para minimizar problemas do sistema de produção e melhorar a produtividade das culturas (CASTRO; VIEIRA, 2001). Os órgãos vegetais de uma planta são alterados morfológicamente pela

aplicação de biorreguladores, de modo que o crescimento e o desenvolvimento vegetal podem ser promovidos ou inibidos (WEAVER, 1972). Deste modo, reguladores de crescimento vegetal estão sendo utilizados para solucionar o acamamento de plantas de trigo, aumentando a resistência a este distúrbio e em consequência, atuando sobre a produção de grãos (MATYSIAK, 2006). Essas alterações possibilita o uso de maiores doses de nitrogênio, mesmo em cultivares de trigo com porte mais alto (BERTI; ZAGONEL; FERNANDES, 2007; ZAGONEL; FERNANDES, 2007).

Segundo Hertwig (1992) o uso de reguladores de crescimento inibidores de giberelinas, podem aumentar o rendimento das culturas devido a redução do acamamento, pelo encurtamento e engrossamento do caule das plantas, e também pela diminuição do tamanho das folhas. Estes inibidores promovem a redução dos internódios, sem reduzir seu número, e ainda interferem no tamanho das folhas (BARRET, 1992). Segundo Taiz e Zeiger (2009) a grande parte dos reguladores vegetais por agir na inibição da síntese de giberelinas, estão sendo aplicados em cereais, em geral o 2-cloro-etil ácido fosfônico (Ethephon), o cloreto de cloralamina ("CCC") e o Trinexapac-etil (Moddus). Rodrigues et al. (2003), destacam que o CCC é recomendado para o trigo desde a década de 60, o Ethephon para a cultura de cevada na década de 70 e o Moddus para a cultura do trigo a partir de 2002.

Estudos conduzidos com o intuito de verificar mudanças causadas nas plantas pela aplicação de reguladores de crescimento na cultura do trigo, utilizando Trinexapac-etil (ZAGONEL; VENANCIO; KUNZ, 2002; BERTI; ZAGONEL; FERNANDES, 2007) Trinexapac-etil, cloreto de chlormequat e paclobutrazol (ESPINDULA et al., 2010), observaram que os reguladores promoveram alterações na arquitetura das plantas, nos componentes de produção, na redução do acamamento e no aumento na produtividade da cultura. Ainda na cultura do trigo, Castro e Kluge (1999) testando o cloreto de chlormequat, observaram redução do acamamento de plantas, aumento no número de grãos por espiga, incrementos no número de perfilhos e de espigas por área, refletindo assim no aumento da produtividade. Já Lima e Lovato (1995), observaram que o cloreto de chlormequat afetou a altura das plantas de trigo, sem efeitos sobre a produtividade.

Souza et al. (2010), descrevem o efeito dos redutores de crescimento, cloreto de mepiquat, cloreto de chlormequat, cloreto de clorocolina e Trinexapac-etil sobre as características morfológicas de plantas de feijoeiro Pérola e IAPAR-81. O emprego de redutores de crescimento possibilitou a redução da estatura de plantas (cloreto de clorocolina), aumentou o diâmetro da haste (Trinexapac-etil), aumentou o número de entrenós (cloreto de mepiquat e Trinexapac-etil) ou reduziu o número de entrenós (cloreto de clorocolina e cloreto

de cloromequat), aumentou a massa de mil grãos (cloreto de mepiquat) e não afetou os componentes da produção (número de grãos por vagem, número de grãos por vaso, número de vagens por planta e rendimento de grãos). Entretanto, foi observado efeito de interação genótipo versus redutores sobre número de entrenós por planta, o que sugere que a magnitude dos efeitos é dependente do tipo de redutor e também do genótipo que associado ao efeito simples de redutor em diminuir a estatura da planta, possibilitando manipular e obter arquitetura mais ereta de planta.

Na cultura da soja, a combinação de doses de Trinexapac-etil e densidades de semeadura influenciaram a altura de planta e o diâmetro do caule, no entanto, não influenciaram a massa seca, a área foliar, os componentes de produção, a produtividade e o acamamento (LINZMEYER JUNIOR et al., 2008). Souza et al. (2013b) verificaram o comportamento dos redutores de crescimento cloreto de mepiquat (Pix® HC 1,0 L ha⁻¹); cloreto de cloromequat (Tuval® 0,25 L ha⁻¹); cloreto de clorocolina (Cycocel® 1,0 L ha⁻¹); Trinexapac-etil (Moddus® 0,4 L ha⁻¹), com aplicação em 2 épocas (R1 e R1+R2), sobre as características morfológicas da planta e dos componentes da produção em soja, cv. CD226 RR. Os autores observaram que apenas uma aplicação no estágio R1 é suficiente para reduzir a estatura das plantas com o emprego de cloreto de mepiquat e cloreto de cloromequat, na dose de 100 g i.a. ha⁻¹ tendo a altura de plantas se correlacionado positivamente com a resistência ao acamamento. Plantas de soja com menor estatura apresentaram maior número de vagens, maior número de grãos por planta e grãos mais pesados. Os reguladores não afetaram os caracteres: diâmetro da haste e número de entrenós na haste principal, acamamento de plantas, número vagens por planta, número de grãos por planta e número de grãos por vagem. O Trinexapac-etil não proporcionou redução da altura de plantas e reduziu a massa de mil grãos. De acordo com cada regulador, dose e época de aplicação, foi possível diminuir a estatura das plantas, tornar a arquitetura da planta mais ereta, mais tolerante ao acamamento, associado a um maior potencial de rendimento de grãos de soja.

Em algodoeiro, Lamas, Ataíde e Banzatto (2000) avaliaram os efeitos de diferentes doses de cloreto de mepiquat aplicadas parceladamente na cv. CNPA-ITA 90 aos 34, 47 e 62 dias após a emergência. Com o aumento da dose de cloreto de mepiquat, verificou-se redução da altura de plantas, da matéria seca foliar, do caule e do total da parte vegetativa, do número de nós, de ramos, do comprimento de ramos, do número de frutos danificados e do número de maçãs, e aumento do número de capulhos totalmente abertos. Efeitos semelhantes foram observados por Cathey e Meredith Junior (1988), a aplicação de cloreto de mepiquat em algodoeiro promoveu a redução na altura das plantas e incremento na

produção da pluma. Nagashima et al. (2005) avaliaram o efeito da embebição de sementes de algodão cultivar IPR-120 com cloreto de mepiquat durante o desenvolvimento inicial das plantas. Os autores verificaram redução da altura de planta desde a emergência, redução do número de botões florais e de ramos, da área foliar, da matéria seca da parte aérea e da altura da inserção do nó cotiledonar. Furlani Junior et al. (2003), ao testar doses de nitrogênio associado a aplicação gradativa do regulador de crescimento cloreto de mepiquat no algodoeiro, aliando a dose ao estágio fenológico, verificaram efeito positivo na inibição de crescimento das plantas em até 11,4% comparada a uma única dose de aplicação do mesmo.

2.4.2 Regulador de Crescimento Vegetal: Trinexapac-etil

O Trinexapac-etil é um regulador vegetal, que quando aplicado é absorvido pelas folhas e translocado até os nós do colmo. Atua reduzindo a alongação das células dos entrenós, interferindo no final da rota metabólica da biossíntese do ácido giberélico (HECKMAN et al., 2002) pela inibição da enzima 3 β -hidroxilase (NAKAYAMA et al., 1990), reduzindo drasticamente o nível do ácido giberélico ativo (GA₁) e, assim, aumentando acentuadamente seu precursor biossintético imediato GA₂₀ (DAVIES, 1987), promovendo o balanço das giberelinas na planta. A redução no nível do ácido giberélico ativo (GA₁) é a causa da diminuição do crescimento das plantas (WEILER; ADAMS, 1991; RADEMACHER, 2000), deste modo, o Trinexapac-etil atua como regulador de crescimento vegetal. Além de influenciar a biossíntese das giberelinas, o Trinexapac-etil promove a inibição parcial do transporte de elétrons na mitocôndria, diminuindo a respiração celular (HECKMAN et al., 2002).

Na cultura do trigo o Trinexapac-etil têm-se mostrado efetivo na redução acentuada do comprimento do colmo, reduzindo a altura de plantas e evitando o acamamento e ainda, mesmo na ausência de acamamento o uso de Trinexapac-etil altera a arquitetura foliar permitindo maior aproveitamento da radiação incidente (ZAGONEL et al., 2002; ZAGONEL; FERNANDES, 2007; DEGRAF; ZAGONEL; FERNANDES, 2008; PENCKOWSKI; ZAGONEL; FERNANDES, 2009), além de proporcionar o aumento do rendimento de grãos, devido alterações nos componentes de produção (MATYSIAK, 2006; ZAGONEL; FERNANDES, 2007).

De acordo com Cunha e Caierão (2015) as Informações Técnicas para Trigo e Triticale Safra 2015, recomendam o uso de redutor de crescimento em trigo baseado na

aplicação de Moddus[®] (Trinexapac-etil), na fase de alongação da cultura (com o 1º nó visível), na dose de 0,4 L ha⁻¹. Em que a aplicação de redutor de crescimento é restrita às cultivares com tendência ao acamamento, em solos de elevada fertilidade e em trigo irrigado, não é indicada sua utilização no caso de ocorrer deficiência hídrica na fase inicial do desenvolvimento da cultura. No entanto, têm-se avaliado doses variáveis com diferentes épocas de aplicação e combinações com outros fatores de influência na produtividade de grãos. Espindula et al. (2010) avaliaram o efeito de doses e épocas de aplicação dos reguladores de crescimento na alongação do colmo de trigo, utilizando cloromequat (Cycocel[®]) nas doses de 500; 1000 e 1500 g ha⁻¹, trinexapac-etil (Moddus[®]) nas doses de 62,5; 125,0 e 187,5 g ha⁻¹ e paclobutrazol (Cultar[®]) nas doses de 40; 80 e 120 g ha⁻¹ aplicados no estágio 6 (quando as plantas se encontravam em diferenciação floral, com o primeiro nó visível ou no estágio 8 (quando as plantas se encontravam com o segundo nó já formado) da escala de Feeks e Large. Os autores observaram que o trinexapac-etil promoveu menor comprimento do colmo, seguido pelo cloromequat e, depois, pelo paclobutrazol. A ação dos reguladores de crescimento no comprimento total do colmo foi indiferente à época de aplicação, exceto o trinexapac-etil, que promoveu efeitos mais acentuados no estágio 8 de desenvolvimento. Com o aumento das doses de cloromequat e trinexapac-etil houve redução do comprimento do colmo e das partes que o formam.

Em trigo, a espiga é envolta pela bainha da folha-bandeira e com o crescimento do pedúnculo a espiga é exteriorizada. Quando se faz uso do regulador de crescimento tardiamente ou em doses elevadas, pode ocorrer o encurtamento demasiado do pedúnculo, impedindo a exteriorização parcial ou completa da espiga, interferindo na antese e na formação de grãos, prejudicando a produtividade final (ZAGONEL; FERNANDES, 2007). Wiersma e Durgan (2005) verificaram que o Trinexapac-etil apresentou tendência em atrasar a maturação do trigo por um ou dois dias em ambientes distintos de produção, o efeito sendo maior quando o Trinexapac-etil foi aplicado em estádios de crescimento mais avançado.

Em ensaio de trigo, avaliando os mesmo reguladores, doses e épocas de aplicação, conforme Espindula et al. (2010), o trinexapac-etil e o cloromequat foram mais eficientes em reduzir a altura das plantas, o trinexapac-etil aplicado no estágio 8 promoveu menor altura de planta do que no estágio 6, sendo que a ação do cloromequat e do paclobutrazol foi independente da época de aplicação. O aumento das doses dos reguladores de crescimento proporcionou menor estatura das plantas, o cloromequat e o paclobutrazol não afetaram a produtividade dos grãos, no entanto, a maior dose de trinexapac-etil causou redução na produtividade do trigo (ESPINDULA et al., 2009).

A combinação de Trinexapac-etil aplicado em diferentes épocas e doses de nitrogênio, na cultivar de trigo Avante, com aplicação de 100 g i. a. ha⁻¹ de Trinexapac-etil entre o primeiro e o segundo nó visível; no segundo e no terceiro nó visível; aplicação sequencial de metade da dose entre o primeiro e o segundo nó visível e metade entre o segundo e o terceiro nó visível, interagindo com as doses de nitrogênio em cobertura de 90, 135, 180 e 225 kg ha⁻¹. Promoveu redução do comprimento dos entre nós, da altura de planta e da porcentagem de acamamento, independentemente da época de aplicação, no entanto, a aplicação única, nas fases do primeiro e segundo nós visíveis ou do segundo e terceiro nós visíveis, promoveram aumentos do número de espiguetas e da produtividade de grãos. A menor dose de nitrogênio utilizada (90 kg ha⁻¹ de N) atendeu as exigências das plantas e permite expressar o seu potencial produtivo (PENCKOWSKI; ZAGONEL; FERNANDES, 2009).

Em cultivares de cevada cervejeira, o Trinexapac-etil apresentou efeito significativo na redução da altura e do acamamento de plantas, sem afetar o rendimento de grãos, o teor de proteína, o comprimento de espigas, a maturação dos grãos e o número de espigas m², no entanto, o tamanho de grãos para a classificação comercial dos genótipos de cevada de seis fileiras (hexásticas) foi afetado negativamente pela aplicação do Trinexapac-etil (AMABILE et al., 2004).

Costa et al. (2009), avaliaram a aplicação de Trinexapac-etil sobre características morfológicas de espécies de gramas São Carlos (*Axonopus compressus*), Batatais (*Paspalum notatum*), Santo Agostinho (*Stenotaphrum secundatum*) e Esmeralda (*Zoysia japonica*). O ensaio baseou-se na realização de um corte à altura de 3 cm no início do experimento e 20 dias depois, e após cada corte, foram realizadas duas aplicações sequenciais de Trinexapac-etil (Primo MaxxTM, 113,0 g i. a. L⁻¹) nas doses de 56,5 + 56,5 e 113,0 + 113,0 g ha⁻¹, além de uma testemunha sem aplicação para cada espécie avaliada, com intervalo de 20 dias entre as aplicações.

Os autores verificaram que a aplicação de Trinexapac-etil retardou o crescimento vegetativo e a emissão das inflorescências, sem provocar danos aparentes nos gramados. O uso do Trinexapac-etil mostrou-se promissor ao retardamento do crescimento vegetativo e da emissão das inflorescências, podendo reduzir a necessidade de cortes em até 55 dias após a última aplicação.

Ervin et al. (2002) em estudo com Trinexapac-etil aplicado mensalmente via foliar em grama esmeralda (*Zoysia japonica* Steud), associado a porcentagens de sombreamento (0; 77 e 89%), nas doses de 0; 48 e 96 g i. a. ha⁻¹ observaram que a aplicação

mensal da dose de 96 g i. a. ha⁻¹ de Trinexapac-etil reduziu o crescimento e a densidade de perfilhos do gramado em pleno sol (0% sombreamento) e em 77% de sombreamento, promovendo melhora da qualidade do gramado e maior tolerância a baixa luminosidade. Trinexapac-etil pode ser efetivo ao reduzir o crescimento de rebentos e prolongar a densidade, a persistência do gramado em ambientes sombreados.

Doses de Trinexapac-etil (0; 75; 150; 225 e 300 g i. a. ha⁻¹) e épocas de aplicação (perfilhamento ativo, entre o perfilhamento ativo e a diferenciação floral e na diferenciação floral) foram estudados na cultura do arroz de terras altas, cv. Primavera. A aplicação de 150 g i. a. ha⁻¹ de trinexapac-etil na fase da diferenciação floral reduz a altura de plantas, em média 0,40 m, em relação à aplicação nas fases do perfilhamento ativo e, entre o perfilhamento ativo e a diferenciação floral, com ausência de acamamento; o trinexapac-etil, em doses acima 150 g i. a. ha⁻¹, promove maior número de grãos chochos, reduzindo a produtividade de grãos, quando aplicado na fase da diferenciação floral e, a dose de 150 g i. a. ha⁻¹ em qualquer época de aplicação não interfere na produtividade de arroz (NASCIMENTO et al., 2009).

Em avaliação do sorgo sacarino BRS 506, conduzido em vaso em que realizou-se a aplicação de Trinexapac-etil, paclobutrazol e daminozida, em seis doses para cada produto (0; 5; 15; 25; 35 e 45 ml L⁻¹ de Trinexapac-etil); 0; 10; 20; 30; 40 e 50 ml L⁻¹ de paclobutrazol); 0; 2; 3,5; 5; 6,5 e 8 g L⁻¹ de daminozida) aplicados em duas épocas (uma única aplicação no estágio vegetativo V6 e duas aplicações, sendo uma em V6 e outra em V10), observaram que o Trinexapac-etil foi o mais efetivo na redução do desenvolvimento vegetativo das plantas, quando aplicado duas vezes ao longo do ciclo da cultura, no entanto, altas doses do produto podem reduzir a taxa de germinação das sementes produzidas (MAY et al., 2013).

O Trinexapac-etil é utilizado como maturador de cana-de-açúcar e promove aumento de rendimento de açúcar sem impacto negativo na qualidade do caldo, no conteúdo de fibras ou na massa da cana, reduzindo o porte das plantas e o acamamento (RESENDE; SOARES; HUDETZ, 2001). Em condições climáticas desfavoráveis, com gradativa redução de temperatura e diminuição das precipitações, o Trinexapac-etil proporcionou melhoria na qualidade tecnológica da matéria-prima da cana-de-açúcar, favorecendo a produtividade de açúcar e permitiu antecipar a colheita em 25 dias (LEITE et al., 2009).

Ao contrário da cultura do trigo e de outros poáceas, a cultura do milho apresenta poucos relatos do uso de Trinexapac-etil. O produto tem sido utilizado experimentalmente, porém as respostas não são frequentes e variam em função de fatores

como clima, cultivar, dose e época de aplicação. Zagonel e Ferreira (2013) avaliaram o comportamento do Trinexapac-etil em diferentes doses e épocas de aplicação em dois híbridos de milho, com aplicação do Trinexapac-etil (Moddus[®]) nas doses de 0,0; 187,5; 375,0 e 562,5 g i. a. ha⁻¹ nos estádios vegetativos V2, V4, V6 e V8 do milho, nos híbridos Status TL e Maximus TLTG em cultivo de primeira safra. Os autores constataram que a época de aplicação do Trinexapac-etil não afetou as características agrônômicas e a produtividade dos dois híbridos de milho. Em relação à dose do regulador, somente a cultivar Maximus TLTG mostrou aumento da largura e diminuição do comprimento das folhas com o incremento da dose do produto, sem efeitos substanciais nos componentes da produção e na produtividade.

Pricinotto et al. (2015) avaliaram o crescimento e o desenvolvimento de plantas de milho em casa-de-vegetação submetidas à aplicação de doses de Trinexapac-etil (0,125, 250 e 375 g i.a. ha⁻¹), com avaliações aos (14, 21, 28 e 35 dias após a aplicação do regulador), e um segundo ensaio utilizando as mesmas doses, para avaliar os componentes de rendimento. Os autores observaram que o Trinexapac-etil reduziu a altura de planta e de inserção de espiga; da área foliar; da massa seca de parte aérea; da massa seca e volume do sistema radicular, sem que alterasse o ciclo das plantas. No entanto, proporcionou aumento do diâmetro do colmo e do índice de clorofila. A produção de grãos por planta foi reduzida, devido a redução do comprimento da espiga, número de grãos por fileira e massa de 100 grãos.

Ferreira et al. (2014) buscaram integrar o efeito da dessecação pré-semeadura, do modo de aplicação de herbicida em pós-emergência e da aplicação de Trinexapac-etil na cultura do milho em sistema de semeadura direto em cultivo de primeiro ciclo. O Trinexapac-etil não alterou a altura de plantas e de inserção de espiga do milho, também não houve alterações nos componentes de produção e produtividade. No entanto, o regulador de crescimento diminuiu a área foliar e o índice de área foliar do genótipo Maximus TLTG.

Os resultados demonstram pouca resposta dos híbridos de milho, da dose e da época de aplicação do Trinexapac-etil. O uso deste regulador de crescimento em milho requer novos estudos, especialmente em relação à dose do produto, a épocas de aplicação, à respostas de híbridos e, interação com outros fatores de manejo da cultura como o espaçamento, a densidade de plantas e a adubação.

2.4.3 Trinexapac-Etil Associado a Arranjo de Plantas e Adubação Nitrogenada em Culturas de Cereais

Em lavouras de alta tecnologia, esforços são destinados para maximizar o rendimento de grãos, com adoção de genótipos de alto potencial produtivo, escolha do período favorável para a semeadura, mudanças no arranjo de plantas, com altas populações e espaçamento reduzido, associado a aplicação de elevadas doses de adubação nitrogenada. No entanto, o uso de altas doses de nitrogênio e o aumento da densidade de semeadura, resulta no aumento da altura de plantas, sujeitas ao acamamento e quebra do colmo. O qual, dificulta a colheita mecanizada resultando em perdas de produtividade e qualidade do produto colhido (MUNDSTOCK; SILVA, 2005).

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, como o Trinexapac-etil, o qual tem sido utilizado na cultura do trigo com excelentes resultados (ZAGONEL; FERNANDES, 2007). Deste modo, pesquisas estão sendo realizadas em cereais com o uso de reguladores de crescimento, como o Trinexapac-etil, associado a população de plantas e adubação nitrogenada. Estes estudos tem o intuito de verificar o comportamento dos genótipos submetidos a associação destas práticas, bem como, identificar a densidade ideal de plantas associada a dose de nitrogênio, a melhor dose e época de aplicação do regulador de crescimento, sem que haja prejuízos a cultura e favoreça o aumento do rendimento de grãos (ZAGONEL et al., 2002; BERTI; ZAGONEL; FERNANDES, 2007; ZAGONEL; FERNANDES, 2007).

Zagonel, Venancio e Kunz (2002) avaliaram o uso de Trinexapac-etil, 125 g i. a. ha⁻¹ e testemunha sem aplicação, em densidades de 44, 60 e 75 plantas m⁻¹ linear, no espaçamento de 0,17 m entre fileiras, associado a doses de 0, 45, 90 e 135 kg ha⁻¹ de nitrogênio em cobertura, aplicadas no perfilhamento, entre os estádios 3 e 4 da escala de Feeks & Large, na cultivar de trigo IAPAR-53 de estatura média/alta. A aplicação de Trinexapac-etil resultou em plantas com menor massa seca, entrenós mais curtos, maior diâmetro do caule e aumento do número de espigas m⁻¹ linear, de grãos por espiga e produtividade. Com o aumento da densidade de plantas, o diâmetro do caule, a massa seca das plantas e o número de grãos por espiga diminuíram e o número de espigas m⁻¹ e o peso de mil grãos aumentaram, sem efeitos na produtividade. O uso do Trinexapac-etil e o aumento da dose de nitrogênio foram efetivos no aumento da produtividade, em que o aumento da estatura das plantas proporcionado pelo nitrogênio foi minimizado pela utilização do redutor, sendo o

uso combinado desses fatores uma estratégia para evitar o acamamento e para a obtenção de altas produtividades.

O aumento do diâmetro do caule em plantas de trigo submetidas a doses de regulador de crescimento ocorre devido ao aumento do desenvolvimento das células parenquimáticas, com maior espessura das células do esclerenquima, causando maior lignificação da parede da celular. O encurtamento dos entrenós combinado com uma maior densidade dos tecidos, promove maior rigidez do caule, com redução do potencial de acamamento (WIERSMA; DURGAN, 2005).

A associação de épocas de aplicação de Trinexapac-etil com o sombreamento artificial em diferentes estádios de desenvolvimento do trigo, não apresentou interação significativas ente os tratamentos. O Trinexapac-etil aplicado entre o primeiro e segundo nó e entre o segundo e terceiro nó perceptível, promoveu a redução do comprimento do pedúnculo e da altura das plantas, sem que houvesse prejuízos na produtividade, independente da época de aplicação (MARTINS et al., 2014).

A combinação de Trinexapac-etil (0 e 100 g ha⁻¹), com doses de nitrogênio (30 e 120 kg ha⁻¹) e modo de controle de doenças (preventivo e curativo) foi avaliada na cultivar do trigo Ônix, de porte médio. Ocorreu interação significativa entre o nitrogênio e o Trinexapac-etil, para número de grãos por espiga. Na dose de 120 kg ha⁻¹ o número de grãos por espiga foi menor com o uso de Trinexapac-etil, o mesmo foi observado para o número de grãos por espiguetas para a média nas doses de N, sendo a provável causa do menor número de grãos por espiga. O aumento da dose de N promoveu maior número de espigas por área e diminuição do peso de grão, mas sem efeitos na produtividade e na severidade de doenças. O Trinexapac-etil promoveu redução da altura das plantas, redução do número de grãos por espiguetas, redução do peso de mil sementes e do PH, mas não afetou a produtividade final de grãos (DEGRAF; ZAGONEL; FERNANDES, 2008).

A redução da altura de plantas aparece como uma das vantagens mais importantes do Trinexapac-etil, e sua interação com a adubação nitrogenada permite o uso de maiores doses de nitrogênio, mantendo as plantas com altura inferior a observada na ausência do produto. Para os cultivares de porte médio e alto e/ou em locais sujeitos à ocorrência de ventos, o Trinexapac-etil pode constituir uma opção para o aumento da produtividade do trigo, por possibilitar o uso de maiores doses de nitrogênio sem a ocorrência de acamamento (ZAGONEL; VENANCIO; KUNZ, 2002).

As cultivares de trigo Avante e BRS 177 foram submetidas a diferentes épocas de aplicação de Trinexapac-etil (100 g i. a. ha⁻¹ entre o primeiro e o segundo nó visível

do trigo; 100 g i. a. ha⁻¹ entre o segundo e terceiro nó visível; aplicação sequencial de 50 g ha⁻¹ em cada uma das fases anteriores e testemunha sem aplicação) e de doses de nitrogênio em cobertura (90, 135, 180 e 225 kg ha⁻¹ para a cultivar Avante e 60, 80, 120 e 150 kg ha⁻¹ para a cultivar BRS 177). Observando os fatores separadamente, o Trinexapac-etil, independentemente da época de aplicação, reduziu a estatura das plantas e a porcentagem de acamamento, com resposta diferencial no rendimento de grãos e sem influência substancial na qualidade industrial do trigo. O aumento nas doses de nitrogênio promoveu maior acamamento, afetou a qualidade do grão e da farinha da cultivar BRS 177, mas sem efeitos no rendimento de grãos (PENCKOWSKI; ZAGONEL; FERNANDES, 2010).

Para o cultivo de arroz de terras altas, cultivar BRS Primavera, a aplicação de trinexapac-etil em diferentes densidades de semeadura, reduziu a estatura das plantas e o acamamento, no entanto, também reduziu a produtividade de grãos, interferindo no rendimento industrial (SILVA; RODRIGUES; ARF, 2011).

Na cultura do milho, Zanella et al. (2014) avaliaram o desempenho do híbrido P30R50H em cultivo de primeira safra, sob diferentes densidades populacionais (50.000, 70.000, 90.000 e 110.000 plantas ha⁻¹), com e sem a aplicação do regulador de crescimento Moddus[®] (Trinexapac-etil), na dose de 400 mL ha⁻¹ do produto comercial. Observaram que devido a baixa plasticidade vegetativa e reprodutiva do milho, quando semeado em baixas densidades, ocorreu menor rendimento, devido o sub-aproveitamento da radiação solar, na densidade de 50.000 plantas ha⁻¹. Por outro lado, na máxima densidade avaliada, notou-se redução de produtividade, ocasionada pelo excesso populacional que ocasionou o aumento da competição intraespecífica, causando menor eficiência no aproveitamento dos recursos disponíveis. Portanto, a densidade de 90.000 plantas ha⁻¹ foi a que propiciou as melhores condições para otimizar o desempenho agrônomo do milho, independentemente da aplicação do regulador de crescimento. A aplicação do regulador de crescimento não interferiu sobre a estatura de planta, nem sobre a resposta do milho ao incremento na densidade de plantas.

Pricinotto (2014) avaliou diferentes populações de plantas (40.000, 60.000, 80.000, 100.000 e 120.000 plantas ha⁻¹) e cinco doses de Trinexapac-etil (0, 100, 200, 300 e 400 g i. a. ha⁻¹) aplicadas no estágio V6 na cultura do milho, utilizando os híbridos 2B710 HX (folha plana) e Status TL (folha ereta). O autor observou que o incremento na população de plantas aumentou a altura de plantas e de inserção de espiga, o índice de área foliar, o número de espigas por hectare, no entanto reduziu o diâmetro do colmo, o comprimento das espigas, o número de grãos por fileira e a massa de mil grãos, não alterando o número de fileira de grãos

por espiga. O redutor de crescimento Trinexapac-etil reduziu a altura de plantas e de inserção de espiga, possibilitando a utilização de maior densidade de plantas. Ainda, o Trinexapac-etil promoveu alterações nos componentes de produção, com aumento no comprimento das espigas e no número de grãos por fileira e redução da massa de mil grãos. A interação de população de plantas e doses de Trinexapac-etil incrementou a produtividade de grãos.

Devido as respostas variáveis para a produtividade em função da aplicação de reguladores de crescimento na ausência do acamamento, recomendações gerais não podem ser dadas e considerações cuidadosas são necessárias quando for selecionado um regulador de crescimento, dose e época de aplicação para uma cultivar específica (RAJALA, 2003). O uso de regulador de crescimento tem favorecido, em algumas situações, o aumento da produtividade de grãos para algumas culturas de cereais, contudo a causa deste efeito não está perfeitamente esclarecida (RODRIGUES; VARGAS, 2002), deste modo, são indispensáveis estudos para melhor entendimento da ação dos reguladores de crescimento em milho, seja na redução de altura, melhoria na arquitetura das plantas com populações elevadas associadas a adubações nitrogenadas, a qual são requeridas em maiores quantidades para matérias com alto potencial genético.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, M. L.; MEROTTO JÚNIOR, A.; SANGOI, L.; ENDER, M.; GUIDOLIN, A. F. Incremento na densidade de plantas: uma alternativa para aumentar o rendimento de grãos de milho em regiões de curta estação estival de crescimento. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n. 1, p. 23-29, 2000.
- AMABILE, R. F.; MINELLA, E.; VALENTE, C. M. W.; DA SERRA, D. D. **Efeito do regulador de crescimento trinexapac-etil em cevada cervejeira irrigada em áreas de cerrado do Distrito Federal**. Planaltina: Embrapa Cerrado, 2004, 14 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 120).
- AMARAL FILHO, J. P. R.; FORNASIERI FILHO, D.; FARINELLI, R.; BARBOSA, J.R. Espaçamento, densidade populacional e adubação nitrogenada na cultura do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.29, n.1, p.467-473, 2005.
- ANDRADE, F.H.; ECHARTE, L.; RIZZALLI, R. A.; et al. Kernel number prediction in maize under nitrogen or water stress. **Crop Science**, Madison, v. 42, n.6, p. 1173-1179, 2002.
- ANDRADE, F.H.; UHARTS, S.; ARGUISSAIN, G.; **Rendimento potencial de maiz en Balcarce**: analisis de los factores que lo determinan. Balcarce: Instituto Nacional de tecnologia agropecuária, 1991. 11p. (Boletín Técnico 101).
- ARATANI, R. G.; FERNANDES, F. M.; MELLO, L. M. M. de. Adubação nitrogenada de cobertura na cultura do milho irrigado, em sistema semeadura direto. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**. Garça, v. 5, n. 09, p. 1-10, 2006.
- ARAÚJO, L.A.N.; FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P. Adubação nitrogenada na cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, n.8, p.771-777, 2004.
- ARGENTA, G.; SILVA, P.R.F.; BORTOLINI, C.G.; FORSTHOFER, E.L.; MANJABOSCO, E.A.; BEHEREGARAY NETO, V. Resposta de híbridos simples de milho à redução do espaçamento entre linhas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, n.1, p.71-78, 2001a.
- ARGENTA, G.; SILVA, P.R.F.; SANGOI, L. Arranjo de plantas em milho: análise do estado-da-arte. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n.6, p.1075-1084, 2001b.
- BALBINOT, A.A; FLECK, N.G. Benefício e limitações da redução do espaçamento entre linhas. **Revista Semeadura Direto**, Passo Fundo, v.5, n.83, p.37-41, 2005.
- BARRET, J.E. Mechanisms of action. In: BARRET, J.E. **Tips on the use of chemical growth regulators on floriculture crops**. Columbus: Ohio Florists Association, 1992, p.12-18.
- BASSO, C. J.; CERETTA, C. A. Manejo do nitrogênio no milho em sucessão a plantas de cobertura de solo, sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, n. 4, p. 905-915, 2000.
- BERNARDON, T. **Componentes de produtividade de grãos de milho (*Zea mays* L.), visando obter parâmetros para agricultura de precisão**. 2005. 95 fls. Dissertação (Mestrado em Geomática) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.

- BERTI, M.; ZAGONEL, J.; FERNANDES, E. C. Produtividade de cultivares de trigo em função do Trinexapac-etil e doses de nitrogênio. **Scientia Agraria**, v.8, n.2, p.127-134, 2007.
- CANTARELLA, H. Calagem e adubação do milho. In: BÜLL, L. T. (Org.). **A cultura do milho: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: POTAFOS, 1993. p.147-185.
- CANTARELLA, H.; DUARTE, A. P. Manejo da fertilidade do solo para a cultura do milho. In: GALVÃO, J. C. C.; MIRANDA, G. V. (Org.). **Tecnologias de produção do milho**. Viçosa: UFV, 2004. p. 139-182.
- CASTRO, P. R. C.; KLUGE, R. A. **Ecofisiologia de cultivos anuais**. São Paulo: Nobel, 1999. 126p.
- CASTRO, P.R.C. **Utilização de reguladores vegetais na fruticultura, na horticultura e em plantas ornamentais**. Piracicaba: ESALQ-DIBD, 1998. 92p.
- CASTRO, P. R. C.; VIEIRA, E. L. **Aplicações de reguladores vegetais na agricultura tropical**. Guaíba: Agropecuária, 2001. 132 p.
- CATHEY, G.W.; MEREDITH JUNIOR, W.R. Cotton response to planting date and mepiquat chloride. **Agronomy Journal**, v.80, n.1, p.463-466, 1988.
- COELHO, A. M.; FRANÇA, G. E. Seja o doutor do seu milho: nutrição e adubação. *Informações Agronômicas*, Piracicaba, n.71, set. 1995. Arquivo do Agrônomo, Piracicaba, n.2, p.1-9, set. 1995. Encarte.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra Brasileira Grãos: Oitavo levantamento Maio 2015, Safra 2014/15**, Brasília: CONAB, v.2, n.8, 2015, 122p.
- COOL, J.B.; RODRIGO, G.N.; GARCIA, B.S.; TAMES, R.S. Crecimiento y desarrollo: características general del crecimiento, Auxinas, Giberelinas, Citoquininas, Etileno y poliaminas, Ácido abscísico y otros inibidores. In COOL, J.B.; RODRIGO, G.N.; GARCIA, B.S. TAMES, R.S. **Fisiologia Vegetal**. Madrid: Ediciones Pirámide, 2001. p.295-376.
- COSTA, N.V.; MARTINS, D.; RODELLA, R.A.; RODRIGUES, A.C.P.; CARDOSO, L.A. Características morfológicas de gramas em resposta à aplicação de Trinexapac-etil. **Planta Daninha**, v. 27, n. 1, p. 113-122, 2009.
- CRUZ, J. C., PEREIRA, F. T. F., PEREIRA FILHO, I. A., OLIVEIRA, A. C., MAGALHÃES, P. C. Resposta de cultivares de milho à variação em espaçamento e densidade. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.6, n.1, p.60-73, 2007.
- CUNHA, G. R.; CAIERÃO, E. **Informações técnicas para trigo e triticale safra 2015 / VIII Reunião da Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale**. Brasília, DF: Embrapa, 2014. 229 p.
- DAVIES, P.J. Introduction - The plant hormones: Their nature, occurrence, and Functions. In: DAVIES, P.J. **Plant Hormones: Biosynthesis, Signal Transduction, Action**, 3.ed. Dordrecht: Springer, 2007. p.1-6.

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.

DEAGRO/FIESP: Departamento do Agronegócio da FIESP. **Safra Mundial de Milho 2015/16**: Primeiro Levantamento do USDA, maio 2015. Disponível em: <<http://sna.agr.br/deagrofiesp-safra-mundial-de-soja-e-milho-1o-levantamento/>>. Acesso em: 19 maio 2015.

DEGRAF, H.; ZAGONEL, J.; FERNANDES, E.C. Doses de nitrogênio, regulador de crescimento e programas de controle de doenças afetando a cultivar de trigo Ônix. **Publicatio UEPG: Ciências Exatas e da Terra, Ciências Agrárias e Engenharias**, v.14, n.2, p.143-152, 2008.

DEMÉTRIO, C.S.; FORNASIERI FILHO, D.; CAZETTA, J.O.; CAZETTA, D.A. Desempenho de híbridos de milho submetidos a diferentes espaçamentos e densidades populacionais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, n.12, p.1691-1697, 2008.

DOURADO NETO, D.; PALHARES, M.; VIEIRA, P.A.; MANFRON, P.A.; MEDEIROS, S.L.P.; ROMANO, M.R. Efeito da população de plantas e do espaçamento sobre a produtividade de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.2, p.63-77, 2003.

DUARTE, A. P., CRUZ, J. C. Manejo do solo e semeadura do milho safrinha. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE MILHO SAFRINHA, 6., 2001, Londrina. **Anais...** Londrina: IAPAR, 2001. p. 45-71.

DUETE, R. R. C.; MURAOKA, T.; SILVA, E. C.; TRIVELIN, P. C. O.; AMBROSANO, E.J. Manejo da adubação nitrogenada e utilização do nitrogênio (15N) pelo milho em Latossolo Vermelho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.161-171, 2008.

ERVIN, E.H.; OK, C.H.; FRESENBURG, B.S.; DUNN, J.H. Trinexapac-etil restricts shoot growth and prolongs stand density of 'Meyer' zoysiagrass fairway under shade. **HortScience**, v. 37, n.3, p.502-505, 2002.

ESCOSTEGUY, P.A.V.; RIZZARDI, M.A.; ARGENTA, G. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura na cultura do milho em duas épocas de semeadura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.21, p.71-77, 1997.

ESPINDULA, M.C.; ROCHA, V.S.; GROSSI, J.A.S.; SOUZA, M.A.; SOUZA, L.T.; FAVARATO, L.F. Use of growth retardants in wheat. **Planta Daninha**, v. 27, n. 2, p. 379-387, 2009.

ESPINDULA, M.C.; ROCHA, V.S.; SOUZA, L.T.; SOUZA, M.A.; GROSSI, J.A.S. Efeitos de reguladores de crescimento na elongação do colmo de trigo. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 32, n.1, p. 109-116, 2010.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. 2. ed. Piracicaba: Livrocere, 2004, 360 p.

FARINELLI, R.; PENARIOL, F.G.; FORNASIERI FILHO, D. Características agronômicas e produtividade de cultivares de milho em diferentes espaçamentos entre linhas e densidades populacionais. **Científica**, Jaboticabal, v.40, n.1, p.21-27, 2012.

FERNANDES, F.C.S.; BUZETTI, S.; ARF, O.; ANDRADE, J.A.C. Doses, eficiência e uso de nitrogênio por seis cultivares de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.4, n.2, p.195-204, 2005.

FERNANDES, S.B.V. **Disponibilidade e eficiência de uso do nitrogênio pelo milho em sistemas de cultura**. 1998. 137 fls. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1998.

FERREIRA, C.; ZAGONEL, J.; SENGER, M.; SOUZA, A.C. Dessecação em pré-semeadura e modos de aplicação de herbicida em pós-emergência combinado ou não a regulador de crescimento em híbridos de milho. **Revista Eixo**, v.3 n.1, p.1-8, 2014.

FLOSS, E.L. **Fisiologia das plantas cultivadas**: o estudo do que está por trás do que se vê. 2. ed. Passo Fundo: UPF, 2004. 528p.

FONTOURA, S.M.V.; BAYER, C. Adubação nitrogenada para alto rendimento de milho em semeadura direto na região Centro-Sul do Paraná. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, p.1721-1732, 2009.

FORNASIERI FILHO, D. **Manual da cultura do milho**. São Paulo: FUNEP, 2007. 576 p.

FREITAS, R.J.; NASCENTE, A.S.; SANTOS, F.L.S. População de plantas de milho consorciado com *Urochloa ruziziensis*. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 43, n. 1, p.79-87, 2013.

FUNDAÇÃO RIO VERDE. **Resultados de Pesquisa Arroz, Milho, Soja - safra 2001/2**. Lucas do Rio Verde: Fundação Rio Verde, 2002. 65p. (Boletim Técnico, 5).

FURLANI JUNIOR, E.; SILVA, N.M. da; CARVALHO, L.H.; BORTOLETTO, N.; SABINO, J.C.; BOLONHEZI, D. Modos de aplicação de regulador vegetal no algodoeiro, cultivar IAC-22, em diferentes densidades populacionais e níveis de nitrogênio em cobertura. **Bragantia**, v.62, n.2, p.227-233, 2003.

GALVÃO, J.C.C.; BORÉM, A.; PIMENTEL, M.A. **Milho**: do plantio à colheita. Viçosa: UFV, 2015. 351p.

GAZOLA, D.; ZUCARELI, C.; SILVA, R.R.; FONSECA, I.C.B. Aplicação foliar de aminoácidos e adubação nitrogenada de cobertura na cultura do milho safrinha. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n.7, p.700–707, 2014.

HECKMAN, N.L.; ELTHON, T.E.; HORST, G.L.; GAUSSOIN, R.E. Influence of Trinexapac-etil on respiration of isolated wheat mitochondria. **Crop Science**, v.42, n.2, p.423-427, 2002.

HERTWIG, K.V. **Manual de herbicidas desfolhantes, dessencantes e fitoreguladores**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1992. 480 p.

JOHNSON, G. A.; HOVERSTAD, T. R.; GREENWALD, R. E. Integrated weed management using narrow corn row spacing, herbicides, and cultivation. **Agronomy Journal**, v. 90, n. 1, p. 40-46, 1998.

KAPPES, C.; ANDRADE, J.A.C.; ARF, O.; OLIVEIRA, A.C.; ARF, M.V.; FERREIRA, J.P. Arranjo de plantas para diferentes híbridos de milho. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 41, n. 3, p. 348-359, 2011.

KAPPES, C.; CARVALHO, M.A.C.; YAMASHITA, O.M. SILVA, J.A.N. Influência do nitrogênio no desempenho produtivo do milho cultivado na segunda safra em sucessão à soja. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 39, n. 3, p. 251-259, 2009.

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

LAMAS, F.M.; ATAIDE, M.L.; BANZATTO, D.A. Reações do algodoeiro CNPA-ITA 90 ao cloreto de mepiquat. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n. 3, p.509-516, 2000.

LEITE, G.H.P.; CRUSCIOLI, C.A.C.; SILVA, M.A.; VENTURINI FILHO, W.G.; SURIANO, A. 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**, v.39, n.3, p.726-732, 2009.

LIMA, M.R.S.S.; LOVATO, C. Efeito do cloreto de chlormequat sobre quatro cultivares de trigo em duas épocas de semeadura. **Ciência Rural**, v.25, n.3, p.371-374, 1995.

LINZMEYER JUNIOR, R.; GUIMARÃES, V.F.; SANTOS D.; BENCKE, M.H. Influência de retardante vegetal e densidades de plantas sobre o crescimento, acamamento e produtividade da soja. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 30, n. 3, p. 373-379, 2008.

LOPES, H.M.; GALVÃO, J.C.C.; DAVID, A.M.S.S.; ALMEIDA, A.A.; ARAÚJO, E.F.; MOREIRA, L.B.; MIRANDA, G.V. Qualidade física e fisiológica de sementes de milho em função da adubação mineral e orgânica. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.3, n.2, p.265-275, 2004.

MARCHÃO, R.L.; BRASIL, E.M.; DUARTE, J.B.; GUIMARÃES, C.M.; GOMES, J.A. Densidade de plantas e características agrônômicas de híbridos de milho sob espaçamento reduzido entre linhas. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.35, n.2, p.93-101, 2005.

MAR, G.D do.; MARCHETTI, M.E.; SOUZA, L.C.F. de.; GONÇALVES, M.C.; NOVELINO, J.O. Produção do milho safrinha em função de doses e épocas de aplicação de nitrogênio. **Bragantia**, v.62, n.2, p.267-274, 2003.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2 ed. San Diego: Academic Press, 1995, 889p.

MARTINS, L.M.; ZAGONEL, J.; FERREIRA, C.; SENGER, M. Épocas de aplicação de regulador de crescimento e de sombreamento artificial em cultivares de trigo. **Revista Eixo**, v.3, n.1, p.47-59, 2014.

MATYSIAK, K. Influence of Trinexapac-etil on growth and development of winter wheat. **Journal of Plant Protection Research**, v.46, n.2, p.133-143, 2006.

- MAY, A.; MAGALHÃES, P.C.; ABREU, M.C.; PARRELLA, N.N.L.D.; CAMPANHA, M.M.; SILVA, A.F.; SCHAFFERT, R.E.; PARRELLA, F.A.C. Fito-hormônios no desenvolvimento vegetativo e germinação das sementes de sorgo sacarino. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.12, n.1, p. 33-43, 2013.
- MENDES, M.C.; ROSSI, E.S.; FARIA, M.V.; ALBUQUERQUE, C.J.B.; ROSÁRIO, J.G. Efeitos de níveis de adubação nitrogenada e densidade de semeadura na cultura do milho no Centro-sul do Paraná. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, v.4, n.2, p.176–192, 2011.
- MEROTTO JUNIOR, A.; ALMEIDA, M.L.; FUCHS, O. Aumento no rendimento de grãos de milho através do aumento da população de plantas. **Ciência Rural**, v.27, n.4, p.549-554, 1997.
- MUNDSTOCK, C.M.; SILVA, P.R.F. **Manejo da cultura do milho para altos rendimentos de grãos**. Evangraf: Porto Alegre, 2005. 51p.
- NAGASHIMA, G.T.; MARUR, C.J.; YAMAOKA, R.S.; MIGLIORANZA, E. Desenvolvimento de plantas de algodão provenientes de sementes embebidas em cloreto de mepiquat. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40, n.9, p.943-946, 2005.
- NAKAYAMA, K.; KAMIAY, Y.; KOBAYASHI, M.; ABE, H.; SAKURAI A. Effects of a plant-growth regulator, prohexadione, on the biosynthesis of gibberellins in cell-free systems derived from immature seeds. **Plants Cell Physiology**, v.31, p.1183-1190, 1990.
- NASCIMENTO, V.; ARF, O.; SILVA, M.G.; BINOTTI, F.F.S.; RODRIGUES, R.A.F.; ALVAREZ, R.C.F. Uso do regulador de crescimento etil-trinexapac em arroz de terras altas. **Bragantia**, v.68, n.4, p.921-929, 2009.
- OHLAND, R. A. A. SOUZA, L.C.F.; HERNANI, L.C.; MARCHETTI, M.E.; GONÇALVES, M.C. Culturas de cobertura do solo e adubação nitrogenada no milho em plantio direto. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 29, n. 3, p. 538-544, 2005.
- OLIVEIRA, J. A vez do milho - Aumento da demanda mundial. **Agrolatina Negócios & Cultura**, Brasil, p.12-19, março/abril 2007.
- PATERNIANI, E. Evolução do milho e implicação no melhoramento. In: COLÓQUIO SOBRE CITOGENÉTICA E EVOLUÇÃO DE PLANTAS, 1, 1984, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: ESALQ, 1984. p. 235-239.
- PEIXOTO, C.M. **Resposta de genótipos de milho à densidade de plantas, em dois níveis de manejo**. 1996. 118 fls. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1996.
- PEIXOTO, C. M.; SILVA, P. R. F.; REZER, F.; CARMONA, R. C. Produtividade de híbridos de milho em função da densidade de plantas, em dois níveis de manejo da água e da adubação. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v. 3, n. 1, p. 63-71, 1997.
- PENARIOL, F.G.; FORNASIERI FILHO, D.; COICEV, L.; BORDIN, L. & FARINELLI, R. Comportamento de cultivares de milho semeadas em diferentes espaçamentos entre linhas e densidades populacionais, na safrinha. **Revista Brasileira de Milho Sorgo**, v.2, n.2, p.52-60, 2003.

- PENCKOWSKI, L.H.; ZAGONEL, J. FERNANDES, E.C. Nitrogênio e redutor de crescimento em trigo de alta produtividade. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 31, n. 3, p. 473-479, 2009.
- PENCKOWSKI, L.H.; ZAGONEL, J.; FERNANDES, E.C. Qualidade industrial do trigo em função do Trinexapac-etil e doses de nitrogênio. **Ciência Agrotecnológica**, v. 34, n. 6, p. 1492-1499, 2010.
- PEREIRA, F.R.S.; CRUZ, S.C.S.; ALBUQUERQUE, A.W.; SANTOS, J.R.; SILVA, E.T. Arranjo espacial de plantas de milho em sistema semeadura direto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.12, n.1, p.69-74, 2008.
- PIANA, A.T.; SILVA, P.R.F.; BREDEMEIER, C.; SANGOI, L.; VIEIRA, V.M.; SERPA, M.S.; JANDREY, D.B. Densidade de plantas de milho híbrido em semeadura precoce no Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, v.38, n.9, p.2608-2612, 2008.
- PRICINOTTO, L.F. **Densidades populacionais e regulador de crescimento em híbridos de milho com diferentes arquiteturas**. 2014. 111 fls. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2014.
- PRICINOTTO, L. F. ; ZUCARELI, C. ; FONSECA, I.C.B. ; OLIVEIRA, M. A. ; FERREIRA, A. S. ; SPOLAOR, L. T. Trinexapac-etil in the vegetative and reproductive performance of corn. **African Journal of Agricultural Research**, v. 10, n. 14, p.1735-1742, 2015.
- 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.
- RAGAGNIN, V.A.; SENA JÚNIOR, D.G.; KLEIN, V.; LIMA, R.S.; COSTA, M.M.; OLIVEIRA NETO, O.V. Adubação nitrogenada em milho safrinha sob semeadura direto em Jataí - GO. **Global Science and Technology**, v.03, n.02, p.70-77, 2010.
- RAJALA, A. **Plant growth regulators to manipulate cereal growth in Northern growing conditions**. 53 p. 2003. Dissertation (Academic) – Faculty of Agriculture and Forestry, University of Helsinki, Finland, 2003.
- RESENDE, P. A. P.; SOARES, J. E.; HUDETZ, M. Moddus, a plant growth regulator and management tool for sugarcane production in Brasil. **International Sugar Journal**, v. 103, p.2-6, 2001.
- RODRIGUES, O.; DIDONET, A.D.; TEIXEIRA, C.C.M.; ROMAM, S.E. **Redutores de crescimento**. Passo Fundo: Embrapa (Circular Técnica n. 14), 2003. 18p.
- RODRIGUES, O.; VARGAS, R. **Efeito de redutor de crescimento cycocel e de altas doses de adubação nitrogenada em trigo**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2002. 23p. (Embrapa Trigo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento Online, 7).
- SANGOI, L.; ALMEIDA, M. L. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio para a cultura do milho num solo com alto teor de matéria orgânica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.29, n.1, p.13-24, 1994.

SANGOI, L.; ALMEIDA, M.L.; GRACIETTI, M.A.; BIANCHET, P. Sustentabilidade do colmo em híbridos de milho de diferentes épocas de cultivo em função da densidade de plantas. **Revista de Ciência Agroveterinárias**, v.1, n.2, p. 60-66, 2002.

SANGOI, L.; ALMEIDA, M.L.; GRACIETTI, M.A.; HORN, D.; SCHWEITZER, C.; SCHMITT, A.; BIANCHET, P. Rendimento de grãos, produção e distribuição de massa seca de híbridos de milho em função do aumento da densidade de plantas. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.11, n. 1, p. 25-31, 2005.

SANGOI, L. Aptidão dos campos de Lages para a produção de miho em diferentes épocas de semeadura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.28, n.1, p.51-63, 1993.

SANGOI, L.; SCHMITT, A.; SALDANHA, A.; FIORENTIN, C.F.; PLETSCH, A.J.; VIEIRA, J.; GATELLI, M.A. Rendimento de grãos de híbridos de milho em duas densidades de plantas com e sem a retirada dos perfilhos. **Ciência Rural**, v.39, p.325-331, 2009.

SANGOI, L.; SCHWEITZER, C.; SILVA, P.R.F.; SCHMITT, A.; VARGAS, V.P., CASA, R.T.; SOUZA, C.A. Perfilhamento, área foliar e produtividade do milho sob diferentes arranjos espaciais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, n.5, v. 46, p. 609-616, 2011.

SANGOI, L.; SILVA, P.R.F.; ARGENTA, G. **Estratégias de manejo do arranjo de plantas para aumentar o rendimento de grãos de milho**. Lages: Graphel, 2010. 64p.

SANGOI, L.; SILVA, P.R.F.; ARGENTA, G.; RAMBO, L. **Desenvolvimento e exigências climáticas da planta de milho para altos rendimentos**. Lages: Graphel, 2007. 95p.

SANGOI, L. Understanding plant density effects on maize growth and development: an important issue to maximize grain yield. **Ciência Rural**, v. 31, n.1, p. 159-168, 2000.

SCHMITT, A. **Arranjo de plantas para maximizar o desempenho agrônômico do milho em ambientes de alto manejo**. 2014. 226 fls. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2014.

SHIOGA, P.S.; OLIVEIRA, E.L.; GERAGE, A.C. Densidade de plantas e adubação nitrogenada em milho cultivado na safrinha. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.3, n.3, p.381-390, 2004.

SILVA, E. C.; BUZETTI, S.; GUIMARÃES, G. L.; LAZARINI, E.; SÁ, M. E. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio na cultura do milho em semeadura direto sobre Latossolo Vermelho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, n.3, p.353-362, 2005.

SILVA, M.R.R.; RODRIGUES, R.A.F.; ARF, O. Influência da utilização do regulador de crescimento em diferentes densidades de semeadura na cultura do arroz de terras altas na região de Fernandópolis - SP. **Nucleus**, v.8, n.2, p.185-196, 2011.

SILVA, P.R.F; ARGENTA, G.; REZERA, F. Respostas de híbridos de milho à densidade de plantas em três épocas de semeadura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.234, n.4, p.585-595, 1999.

SILVA, P.S.L.; OLIVEIRA, F.H.T.; SILVA, P.I.B. Efeitos da aplicação de doses de nitrogênio e densidades de semeadura sobre os rendimentos de espigas verdes e de grãos de milho. **Horticultura Brasileira**, v.21, n.3, p.452-455, 2003.

SOUZA, C.A., COELHO, C. M. M., STEFEN, D. L. V., SACHS, C., FIGUEIREDO, B.Z. Atributos morfométricos e componentes da produção do feijoeiro sob efeito de redutores de crescimento. **Científica**, v.38, n.1, p.30 - 37, 2010.

SOUZA, J.A.; BUZZETTI, S.; TEIXEIRA FILHO, M.C.M.; ANDREOTTI, M.; SÁ, M.E.; ARF, O. Adubação nitrogenada na cultura do milho safrinha irrigado em semeadura direto. **Bragantia**, v. 70, n. 2, p.447-454, 2011.

SOUZA, C.A.; FIGUEIREDO, B.P.; COELHO, C.M.M.; CASA, R.T.; SANGOI, L. Arquitetura de plantas e produtividade da soja decorrente do uso de redutores de crescimento. **Bioscience Journal**, v. 29, n. 3, p. 634-643, 2013b.

SOUZA, R.S.; VIDIGAL FILHO, P.S.V.; SCAPIM, C.A.; MARQUES, O.J.; QUEIROZ, D.C.; OKUMURA, R.S.; RECHE, D.L.; CORTINOVE, V.B. Produtividade e qualidade do milho doce em diferentes populações de plantas. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 3, p. 995-1010, 2013a.

STRIEDER, M.L.; SILVA, P.R.F.; ARGENTA, G.; RAMBO, L.; SANGOI, L.; SILVA, A.A. da; ENDRIGO, P.C. A resposta do milho irrigado ao espaçamento entrelinhas depende do híbrido e da densidade de plantas. **Ciência Rural**, v.37, n.3, p.634-642, 2007.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia Vegetal. 4a ed. Editora Artmed. 2009. 820p.

TAKASU, A.T.; RODRIGUES, R.A.F.; GOES, R.J.; ARF, O.; HAGA, K.I. Desempenho agrônômico do milho sob diferentes arranjos populacionais e espaçamento entre linhas. **Agrarian**, v.7, n.23, p.34-41, 2014.

TANAKA, R.T.; MASCARENHAS, H.A.A.; BORKERT, C.M. Nutrição mineral da soja. **In: ARANTES, N. E.; SOUZA, P. I. M. (Org.). Cultura da soja nos cerrados. Piracicaba: Potafós, 1997. p. 109-110**

TEASDALE, J.R. Influence of narrow row/high population corn on weed control and light transmittance. **Weed Technology**, v.9, n.1, p.113-118, 1995.

TOLLENAAR, M., AGUILERA, A., NISSANKA, S.P. Grain yield is reduced more by weed interference in an old than in a new hybrid maize. **Agronomy Journal**, v.89, n.2, p.239-246, 1997.

TOLLENAAR, M.; McCULLOUGH, D. E.; DWYER, L.M. Physiological basis of the genetic improvement of corn. In: SLAFER, G.A. (Ed.). **Genetic improvement of field crops**. New York: Marcel Dekker, 1994. p.183-236.

TORRES, F.E.; LANGHI, G.; TEODORO, P.E.; RIBEIRO, L.O.; CORRÊA, C.C.G.; OLIVEIRA, E.P. Desempenho de híbridos de milho cultivados em diferentes espaçamentos na Região do Cerrado Brasileiro. **Revista de Ciências Agrárias**, v.36, n.4, p. 411-416, 2013.

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

VALLE, I.C.A.; ALVES, J.M.A.; SILVA, L.S.; UCHÔA, S.C.P.; ALBUQUERQUE, J.A.A.; SILVA, D.C.O. Produção do milho híbrido 30F35HR cultivado na savana de Roraima em diferentes densidades de semeadura. **Revista Agro@mbiente**, v. 7, n. 3, p. 294-303, 2013.

WEAVER, R.J. **Plant growth substances in agriculture**. San Francisco: W.H. Freeman, 1972. 594p.

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.

WIERSMA, J.; DURGAN, B.R. Optimim time and rate of Trinexapac-etil plant growth regulador to reduce lodging in hard red spring wheat. In: EXTENSION AGRONOMIST AND EXTENSION WEED SCIENTIST, 2005, Saint Paul. **Proceedings...** Saint Paul: University of Minnesota, 2005.

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**, v.25, n.2, p.331-339, 2007.

ZAGONEL, J.; FERREIRA, C. Doses e épocas de aplicação de regulador de crescimento em híbridos de milho. **Planta Daninha**, v.31, n.2, p.395-402, 2013.

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

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

ZANELLA, E.J. ; SANGOI, L. ; KOLLING, D.F. ; SCHENATTO, D.E. ; PANISON, F. ; BONIATTI, C.M. ; DURLI, M.M. ; SOUZA, N.M. ; FIESTAROL, A.D. ; DALLIGNA, L. ; DALLIGNA, M.J. Uso de redutor de crescimento e resposta do milho ao incremento na densidade de plantas. In: REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DO MILHO, 59, 2014, Três de Maio. **Anais...** Três de Maio: SETREM, 2014. p. 70-73.

ZUCARELI, C.; ALVES, G.B; OLIVEIRA, M.A.; MACHADO, M.H. Desempenho agrônômico do milho safrinha em resposta às épocas de aplicações e fontes de nitrogênio. **Científica**, v.42, n.1, p.60-67, 2014.

3 ARTIGO A: ÉPOCAS DE APLICAÇÃO DE TRINEXAPAC-ETIL NO DESEMPENHO AGRONÔMICO DO MILHO CULTIVADO SOB DIFERENTES ARRANJOS DE PLANTAS

3.1 RESUMO E ABSTRACT

RESUMO

A redução do espaçamento entre linhas, com densidade de plantas constante, promove distribuição espacial mais uniforme das plantas na lavoura, o que reduz a competição intraespecífica pelos recursos do ambiente. Entretanto, a adoção de novos arranjos de planta com aproximação das linhas de cultivo só é possível com cultivares de menor porte, e de arquitetura foliar compacta, que pode ser obtido com o uso de regulador de crescimento. O trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho agrônomo da cultura do milho de primeira safra, submetida à aplicação de Trinexapac-etil em diferentes estádios de desenvolvimento vegetativo e cultivado sob diferentes espaçamentos entre linhas, com mesma população de plantas. O estudo foi conduzido em condições de campo, em duas safras agrícolas, 2012/2013 e 2013/2014, utilizando a cultivar de milho híbrido Status Viptera. Foram avaliados dez tratamentos, sob o delineamento experimental de blocos casualizados em parcelas subdivididas. As parcelas principais receberam dois espaçamentos entre linhas (0,45 e 0,90 m) e as subparcelas as cinco épocas de aplicação de trinexapac-etil (testemunha sem aplicação, V3, V6, V9 e V12), com quatro repetições. Foram avaliadas as características fitométricas, os componentes de produção e a produtividade de grãos. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste Tukey $p < 0,05$. A época de aplicação de Trinexapac-etil interage com os espaçamentos entre linhas alterando o crescimento e o desempenho produtivo do milho híbrido Status Viptera cultivado na primeira safra. Para o espaçamento 0,45 m a aplicação de Trinexapac-etil em V12 e para o 0,90 m a aplicação em V9 e V12 reduz a altura de planta e de inserção de espiga. A aplicação de Trinexapac-etil em V9 para ambos espaçamentos modifica a arquitetura da planta sem alterar o comprimento e índice de espiga e produtividade de grãos.

Palavras-chave: *Zea mays* L., regulador de crescimento, espaçamento entre linhas, rendimento.

ABSTRACT

The reduction of row spacing with constant density of plants promotes more uniform spatial distribution of the plants in the fields reducing the intraspecific competition for environmental resources. However, the adoption of new plant arrangements with approximation of cultivation lines is only possible with smaller plants with compact leaf architecture, which may be obtained with the use of plant growth regulator. This study had the objective to evaluate agronomic performance of the first corn crop with the application of trinexapac-ethyl at different stages of plant growth and grown under different row spacings, with the same plant population. The study was conducted under field conditions, in two growing seasons, 2012/2013 and 2013/2014. Hybrid maize Status Viptera was used. Ten treatments were evaluated under the experimental randomized block design in a split plot. The main plots received the two row spacings: 0.45 and 0.90 m and the subplots received five trinexapac-ethyl application times: control without application, V3, V6, V9 and V12, with four replications. Biometric indexes, components of production and crop yield were evaluated. Data were subjected to analysis of variance and means compared by Tukey test at $p < 0.05$ level. The trinexapac-ethyl application time interacts with row spacings changing the growth and yield performance of the hybrid maize Status Viptera grown in the first season. For spacing 0.45 m application of trinexapac-ethyl on V12 and for spacing 0.90 m the application on V9 and V12 reduces plant height and ear insertion. The application of trinexapac-ethyl on V9 for both spacing changes to plant architecture without changing the length and ear index and grain yield.

Keywords: *Zea mays* L., plant growth regulator, row spacing, yield.

3.2 INTRODUÇÃO

A cultura do milho (*Zea mays* L.) desempenha papel fundamental no sistema de produção de grãos e de rotação de culturas no Brasil. Esta cultura tem sido acompanhada por constantes mudanças tecnológicas, devido à adoção de cultivares melhoradas, rígidas recomendações de época de semeadura e alterações no arranjo de plantas, resultando em aumentos significativos de produtividade e produção (SANGOI; SILVA; ARGENTA, 2010).

A manipulação do arranjo espacial de plantas é uma das práticas de manejo mais importantes para potencializar o rendimento de grãos da cultura do milho, pela otimização dos recursos do meio (ARGENTA et al., 2001). Dentre estas alterações, a redução do espaçamento entre linhas, mantendo-se a densidade constante, promove distribuição espacial mais uniforme das plantas na lavoura, reduzindo a competição intraespecífica pelos recursos do ambiente, o que favorece a interceptação da luz solar incidente, com aumentos na eficiência de seu uso (SANGOI et al., 2009; SANGOI; SILVA; ARGENTA, 2010).

A redução do espaçamento convencional de 0,90 m entre linhas para o espaçamento de 0,45 m, denominado de espaçamento reduzido, associado a densidades de semeadura mais elevadas, apresenta inúmeras vantagens, dentre elas: maior uniformidade espacial das plantas na linha; melhor controle de plantas invasoras, em função do fechamento mais rápido dos espaços; redução da erosão pela cobertura antecipada da superfície do solo; eficiência no uso da água, devido ao sombreamento antecipado e maximização da utilização da semeadora e adubadora, por possibilitar o uso da mesma regulagem nas entre linhas das principais culturas de verão, milho e soja, sem necessidade de reajuste (FORNASIERI FILHO 2007; SANGOI; SILVA; ARGENTA, 2010).

Diversos trabalhos demonstram a tendência de maiores rendimentos de grãos em espaçamentos menores, principalmente com milho de arquitetura de ciclo superprecoce e porte baixo (DOURADO NETO et al., 2003; FARINELLI; PENARIOL; FORNASIERI FILHO, 2012; TAKASU et al., 2014).

A escolha de genótipos de alto potencial produtivo, associada às mudanças no arranjo de plantas e a aplicação de elevadas doses de adubação nitrogenada em cobertura proporcionam o aumento da produtividade de grãos. No entanto, também é crescente a altura de plantas e de inserção de espigas, tornando as plantas mais suscetíveis ao acamamento e quebraimento de colmo (DUETE et al., 2008), fato este que dificulta a colheita mecanizada,

propiciando perdas de produtividade e qualidade do produto colhido (MUNDSTOCK; SILVA, 2005).

Para a adoção destas práticas preconiza-se a escolha de cultivares de porte baixo, no entanto nem sempre estas cultivares estão disponíveis ou adaptadas à região de cultivo, o que exige a adoção de técnicas alternativas, como o uso de reguladores de crescimento. Dentre os reguladores de crescimento, o Trinexapac-etil atua reduzindo a alongação das células dos entrenós, interferindo no final da rota metabólica da biossíntese do ácido giberélico (HECKMAN et al., 2002), reduzindo drasticamente o nível do ácido giberélico ativo (GA_1) e, assim, aumentando acentuadamente seu precursor biossintético imediato GA_{20} (DAVIES, 1987). A redução no nível do ácido giberélico ativo (GA_1) é a causa da diminuição do crescimento das plantas (RADEMACHER, 2000).

O uso de Trinexapac-etil (TE) têm-se mostrado efetivo na redução da estatura das plantas de cereais de inverno, com redução acentuada no comprimento do colmo, reduzindo assim a altura de plantas e evitando o acamamento do trigo (ZAGONEL; VENANCIO; KUNZ, 2002; DEGRAF; ZAGONEL; FERNANDES, 2008), além de aumentar o rendimento de grãos (ZAGONEL; FERNANDES, 2007). Em milho, são poucos os relatos do uso de Trinexapac-etil e as respostas variam em função do clima, cultivar, dose e época de aplicação (ZAGONEL; FERREIRA, 2013). Tendo em vista a redução da alongação dos entrenós da planta de milho, faz-se necessário verificar a atuação do regulador de crescimento durante as fases de desenvolvimento vegetativo da cultura, com aplicação em diferentes épocas.

Para a cultura do milho, o uso de Trinexapac-etil surge como uma alternativa para cultivares de interesse que não possuem arquitetura foliar moderna, que pode alterar o porte e a anatomia das plantas, permitindo a redução do espaçamento entre linhas. Deste modo, o trabalho teve por objetivo avaliar o desempenho agrônômico da cultura do milho de primeira safra, submetida à aplicação de Trinexapac-etil em diferentes estádios de desenvolvimento vegetativo e cultivado sob diferentes espaçamentos entre linhas, com mesma população de plantas.

3.3 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido na Fazenda Escola da Universidade Estadual de Londrina (FAZESC-UEL), localizada no município de Londrina-PR, a 23°20'32" S, 51°12'32" W, com altitude de 580 m.

O clima característico da região de acordo com a classificação de Köppen é do tipo Cfa, clima subtropical úmido mesotérmico, com verões quentes e geadas pouco frequentes. As chuvas se concentram nos meses de verão, sem estação seca definida e com precipitação média anual de 1.605 mm (IAPAR, 2015). Os dados meteorológicos do período de condução do estudo foram obtidos junto à estação Meteorológica do Instituto Agrônomo do Paraná, dispostos na Figura 3.1.

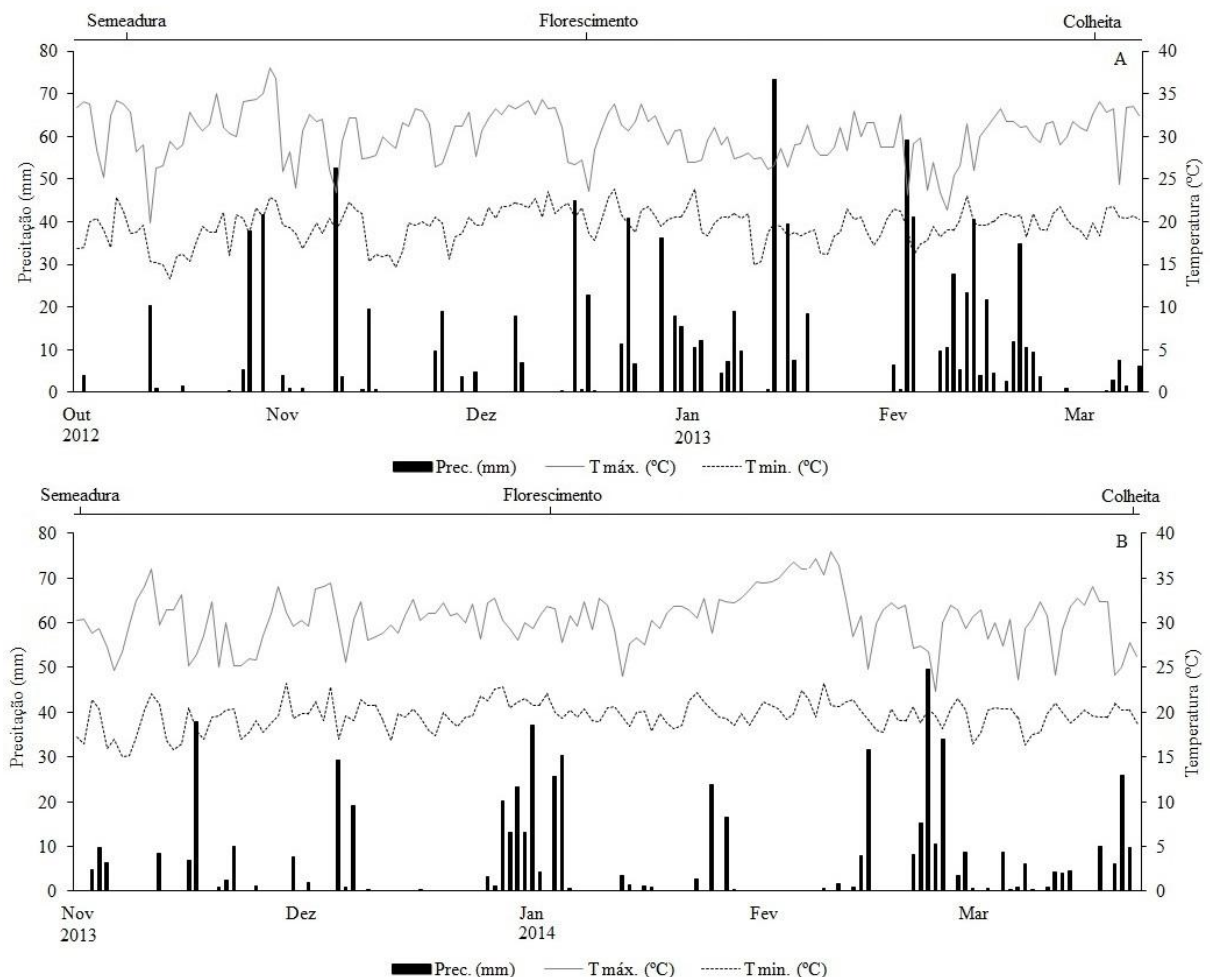


Figura 3.1. Dados diários de temperaturas máximas e mínimas e de precipitação pluvial durante o período de condução do milho de primeira safra 2012/2013 (A) e 2013/2014 (B), conduzidos em Londrina – PR.

O estudo foi conduzido em duas safras agrícolas 2012/2013 e 2013/2014, com semeadura no dia 09 de outubro de 2012 e 01 de novembro de 2013, sob o sistema de semeadura direta na palha, em solo do tipo Latossolo Vermelho distroférico (EMBRAPA, 2006), com cultivo antecessor de trigo. Amostras de solo da área experimental foram coletadas na camada de 0-20 cm para análise química de acordo com a metodologia de Raij e Quaggio (1983). Realizou-se a adubação de semeadura conforme a caracterização química do solo (Tabela 3.1), e com base nas recomendações para a região da Circular Técnica 128 (IAPAR, 2003). Foram aplicados na safra 2012/2013, 325 kg ha⁻¹ do formulado (N-P-K) 08-20-10 e na safra 2013/2014, 312 kg ha⁻¹ do formulado (N-P-K) 08-28-16.

Utilizou-se a cultivar de milho híbrido simples Status Viptera, indicada para a primeira e segunda safra nas Regiões Sul, Sudeste e Centro-oeste brasileiro. Híbrido de ciclo precoce, grão do tipo duro e alaranjado, resistente ao acamamento e com alto potencial produtivo. A cultivar geneticamente modificada apresenta a tecnologia Viptera, que confere resistência a lepidópteros e ao herbicida glifosato (SYNGENTA, 2015). A escolha da cultivar baseou-se em Pricinotto (2014) que ao avaliar a cultivar Status, com tecnologia TL (resistência a lepidópteros) obteve resposta positiva a aplicação de Trinexapac-etil.

Tabela 3.1. Caracterização química do solo da área experimental na camada de 0-20 cm, ano safra 2012/2013 e 2013/2014. Londrina – PR, 2015.

Ano	pH	H+Al	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	SB	CTC	V	P
	CaCl ₂	-----cmolc dm ⁻³ -----						%	mg dm ⁻³
2012/2013	5,26	3,37	4,28	1,05	0,30	5,63	9,00	62,50	9,08
2013/2014	5,18	4,11	3,97	0,96	0,25	5,18	9,29	55,70	9,54
Ano	Mn	Fe	Cu		Zn	B			
	mg dm ⁻³								
2012/2013	81,21	34,60	14,46		3,03	0,72			
2013/2014	-	-	-		-	-			

*Extratores: Ca, Mg, Al: KCl 1mol L⁻¹; P, K, Mn, Fe, Cu, Zn: Mehlich⁻¹; B: HCl 0,05 N; H+Al: método SMP

Foram avaliados dez tratamentos, sob o delineamento experimental de blocos casualizados em parcelas subdivididas. As parcelas principais receberam os dois espaçamentos entre linhas: 0,45 e 0,90 m e as subparcelas as cinco épocas de aplicação de Trinexapac-etil (TE): testemunha sem aplicação, V3, V6, V9 e V12, com quatro repetições. Para o espaçamento entre linhas de 0,45 m, as parcelas foram constituídas de seis linhas com cinco m de comprimento e para o de 0,90 m, foram quatro linhas de cinco m. A área útil foi definida pelas linhas centrais, desprezando uma linha de cada lado da parcela e 0,5 m das

extremidades das mesmas, para ambos os espaçamentos. As épocas de aplicação de Trinexapac-etil basearam-se na escala fenológica da cultura (RITCHIE; HANWAY; BENSON, 2003).

A semeadura foi realizada mecanicamente nos espaçamentos propostos e para atingir a densidade de aproximadamente 80.000 plantas ha⁻¹ realizou-se o desbaste na fase de desenvolvimento V3, conforme Ritchie, Hanway e Benson (2003). A adubação nitrogenada de cobertura foi realizada em ambos os experimentos, quando as plantas encontravam-se com seis folhas expandidas, estágio V6, aos 32 dias após a semeadura. Foram aplicados a lanço 157,5 kg ha⁻¹ de N, utilizando como fonte a ureia (45% N), para todos os tratamentos.

O regulador de crescimento vegetal, Trinexapac-etil (Moddus[®]) foi aplicado via foliar com o uso de pulverizador costal pressurizado (CO₂) com pressão, vazão e volume de calda de 150L ha⁻¹ e adição de 1L ha⁻¹ (250 g i. a. ha⁻¹ de Trinexapac-etil), baseado em Pricinotto (2014). As aplicações, nas épocas definidas, foram realizadas conforme o número de folhas definitivas expandidas, seguindo a escala de Ritchie, Hanway e Benson (2003). A aplicação no tratamento testemunha foi composta apenas por água e para as demais aplicações houve a adição do Trinexapac-etil.

Durante o desenvolvimento da cultura a área experimental foi monitorada com relação a pragas, doenças e plantas daninhas. Na safra 2012/2013, efetuou-se o controle de lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*) e do percevejo-barriga-verde (*Dichelops melacanthus*) no estágio V3 de desenvolvimento da cultura, com o produto Tiametoxam na dose de 250 ml ha⁻¹ (141 g i. a. L⁻¹) com volume de calda de 200L ha⁻¹. Na safra 2013/2014 houve a necessidade de controle de plantas invasoras, *Brachiaria* spp., quando as plantas de milho estavam com três folhas expandidas. Utilizou-se Nicosulfurom, na dose de 1,5 L ha⁻¹ (60 g i. a. L⁻¹) em volume de 200L ha⁻¹ de calda, com efeito seletivo, de ação sistêmica, recomendado aplicação em pós-emergente para a cultura de milho. Na mesma safra, foi necessário realizar o controle da lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*), sendo recorrente na área, utilizou-se o Clorantraniliprole, 100 mL ha⁻¹ (200 g i. a. L⁻¹) em volume de 150L ha⁻¹ de calda. A colheita foi realizada manualmente no estágio R6, quando os grãos apresentavam teor de água médio de 200 g de água kg⁻¹ de grãos (20%), na área útil da parcela.

Foram avaliadas as características fitométricas, os componentes de produção e a produtividade de grãos. As características fitométricas foram avaliadas em dez plantas aleatórias da área útil da parcela, a partir do pleno florescimento da cultura: Altura de planta:

obtida com o auxílio de uma régua, considerando a distância do colo da planta até a inserção da folha-bandeira, dados médios em m; Altura de inserção da espiga: distância da base da planta até a inserção da primeira espiga, dados médios em m; Diâmetro do colmo: obtido na região mediana do primeiro entrenó acima do solo, com o auxílio de um paquímetro manual, dados médios em cm; Índice de área foliar (IAF): avaliado em pleno florescimento da cultura, expresso em m² de folha por m² de superfície de solo, com base na aferição do comprimento total (C) e largura do terço médio (L) de seis folhas fotossinteticamente ativas de seis plantas, totalizando 36 folhas amostradas na área útil de cada parcela. Os dados foram submetidos à seguinte expressão, proposta por Francis, Rutger e Palmer (1969): $IAF = \frac{(0,75 * C * L)}{(e1 * e2)}$, em

que e1 e e2 referem-se ao espaçamento entre plantas (em metros) na linha de semeadura e entre as linhas, respectivamente. Obteve-se a área foliar por planta, e em seguida o índice de área foliar total por planta, sendo apresentado pela média das plantas avaliadas por parcela.

Para as avaliações dos componentes de produção foram colhidas dez espigas ao acaso da área útil da parcela, nas quais determinou-se: Número de grãos por espiga: contaram-se individualmente em cada espiga, o número de fileiras de grãos e o número de grãos da fileira mais longa, em ambas as avaliações obteve-se o valor médio. A partir da multiplicação destas variáveis foi obtido o número médio de grãos por espiga; Comprimento da espiga: distância entre o primeiro e o último grão da linha mais longa da espiga desempalhada, valor médio em cm; Índice de espiga: determinado pela relação entre o número de espigas e o número de plantas na área útil da parcela, obtendo-se, o número médio de espigas por planta, considerando apenas as espigas com grãos formados; Massa de 100 grãos: obtida após a debulha das espigas de cada parcela útil, foi realizada a homogeneização do lote e, posteriormente, foram separadas duas repetições de 100 grãos por parcela, os quais foram pesados em uma balança digital obtendo-se a massa média em gramas.

O teor de água dos grãos foi obtido por um medidor de capacitância digital, com o auxílio do aparelho G-600 (Gehaka), ajustado e calibrado para a cultura do milho. A produtividade de grãos foi obtida por meio da debulha e pesagem dos grãos colhidos na área útil da parcela. Os dados foram ajustados em kg ha⁻¹ com correção do teor de água médio de 130 g de água kg⁻¹ de grãos (13%), umidade de armazenamento para grãos de milho.

Foram verificados a homocedasticidade (Teste de Bartlett) e a normalidade dos erros (Lilliefors) dos dados. Com variâncias homogêneas e erros normais, realizou-se a análise de variância com os dados sem transformação e as médias comparadas pelo teste de

Tukey $p < 0,05$, separadamente para as safras em estudo. As análises foram realizadas com o auxílio do aplicativo Sisvar (FERREIRA, 2010).

3.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a safra 2012/2013 constatou-se interação significativa entre os fatores espaçamento entre linhas e épocas de aplicação de TE para a altura de planta e de inserção de espigas, diâmetro do colmo e índice de área foliar (Tabela 3.2). Já na safra 2013/2014 a altura de planta foi afetada pela época de aplicação e a altura de inserção de espiga pelo espaçamento e época de aplicação, sem efeito significativo da interação entre estes fatores para ambas variáveis (Tabela 3.2).

Tabela 3.2. Resumo da análise de variância e médias de altura de planta (AP), altura de inserção de espiga (AE), diâmetro do colmo (DC) e índice de área foliar (IAF), em função de espaçamentos entre linhas e épocas de aplicação de regulador de crescimento na cultura do milho de primeira safra. Londrina – PR, 2015.

Fonte de variação	2012/2013				2013/2014		
	Características fitométricas						
	AP (m)	AE (m)	DC (cm)	IAF	AP (m)	AE (m)	
Espaçamento							
0,45	1,95	1,25	2,03	3,29	1,90	1,13 b	
0,90	1,98	1,24	2,02	3,28	2,01	1,21 a	
Época							
Testemunha	2,05	1,27	2,04	3,10	2,01 ab	1,23 a	
V3	2,03	1,27	1,96	3,16	2,09 a	1,24 a	
V6	2,04	1,26	2,05	3,31	1,95 b	1,10 b	
V9	1,96	1,25	2,03	3,37	1,72 c	1,03 b	
V12	1,74	1,18	2,03	3,50	2,00 ab	1,24 a	
	GL	Quadrado Médio					
Bloco	3	0,0003	0,0001	0,0034	0,0095	0,0146	0,0128
Espaçamento	1	0,0104*	0,0006 ^{ns}	0,0007 ^{ns}	0,0005 ^{ns}	0,1113 ^{ns}	0,0672*
Erro 1	3	0,0001	0,0001	0,0006	0,0020	0,0240	0,0064
Época	4	0,1371*	0,0113*	0,0097*	0,2122*	0,1503*	0,0769*
Época x Espaça.	4	0,0096*	0,0019*	0,0107*	0,1124*	0,0076 ^{ns}	0,0008 ^{ns}
Erro 2	24	0,0008	0,0005	0,0012	0,0022	0,0067	0,0031
C.V. 1 (%)		0,58	1,09	1,21	1,38	7,96	6,87
C.V. 2 (%)		1,47	1,90	1,77	1,45	4,19	4,83

ns = não-significativo pelo teste F; * significativo $p < 0,05$ pelo teste F. Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si, em nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Na Tabela 3.3 estão apresentados os desdobramentos da interação de espaçamento entre linhas e época de aplicação de TE para as características fitométricas avaliadas na safra 2012/2013. No espaçamento 0,45 m a aplicação de TE no estádio V12 e em 0,90 m a aplicação em V9 e V12 reduziram a altura de planta, em relação à testemunha. A altura de planta foi menor no espaçamento de 0,45 m em relação 0,90 m com a aplicação de TE nos estádios V3, V12 e na testemunha. Com aplicação em V9 o espaçamento 0,90 m resultou em menor altura de plantas. Possivelmente, a maior altura de planta no espaçamento 0,90 m, deve-se a concentração de plantas na linha aumentando a competição intraespecífica por luz, promovendo o estiolamento. Já com a aplicação em V6 não houve diferença de altura de plantas entre os espaçamentos avaliados. No entanto, Zagonel e Ferreira (2013) em cultivo de milho primeira safra, avaliando o mesmo híbrido Status, mas com tecnologia TL (resistencia a lepidópteros) e o Maximus TLTG não constataram alteração de altura de planta com a aplicação de TE nas doses 0,0; 187,5; 375,0 e 562,5 g i. a. ha⁻¹ independente da época de aplicação, nos estádios V2, V4, V6 e V8. A discordância de resultados entre os estudos possivelmente está associada à interação entre genótipo, ambiente e manejo da cultura, bem como às diferenças nas épocas de aplicação de TE estudadas.

Tabela 3.3. Desdobramento da interação para médias de altura de planta (AP), altura de inserção de espiga (AE), diâmetro do colmo (DC) e índice de área foliar (IAF) para o ano safra de 2012/2013, em função de espaçamentos entre linhas e épocas de aplicação de regulador de crescimento na cultura do milho. Londrina – PR, 2015.

Época	AP (m)		AE (m)		DC (cm)		IAF (cm ²)	
	Espaçamento							
	0,45	0,90	0,45	0,9	0,45	0,9	0,45	0,90
T	2,01 Bb	2,09 Aa	1,27 ABa	1,26 Aa	2,02 Ba	2,07 Aa	3,17 Aa	3,02 Db
V3	1,97 Bb	2,09 Aa	1,27 ABa	1,27 Aa	1,96 Ca	1,97 Ba	3,16 Ba	3,16 Ca
V6	2,05 Aa	2,03 Ba	1,29 Aa	1,23 Bb	2,04 Ba	2,05 Aa	3,12 Bb	3,50 Aa
V9	1,99 Ba	1,94 Cb	1,24 Ca	1,25 ABa	2,10 Aa	1,97 Bb	3,49 Aa	3,25 Bb
V12	1,72 Cb	1,75 Da	1,17 Da	1,19 Ca	2,01 Ba	2,05 Aa	3,52 Aa	3,49 Aa

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna para efeito de época de aplicação do regulador de crescimento e minúsculas na linha para efeito de espaçamento entre linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade.

Entretanto, Nascimento et al. (2009) ao avaliarem doses e épocas de aplicação de Trinexapac-etil observaram que a dose de 150 g i. a. ha⁻¹ de TE aplicado tardiamente na fase de diferenciação floral reduziu a altura de plantas, em média 0,40 m, em relação à aplicação nas fases do perfilhamento ativo na cultura do arroz de terras altas, cv. Primavera. Dentre as épocas de aplicação realizadas no presente estudo, as aplicações mais

tardias causaram maior redução da altura de planta, como na cultura do trigo em que o TE atua nos entrenós que se formam mais tarde, sendo os mais longos (ZAGONEL; FERNANDES, 2007). Os resultados do presente estudo sugerem que a ação do TE em aplicações precoces pode ser perdido, devido à capacidade da planta de recuperar o desenvolvimento vegetativo, principalmente para a cultura do milho que apresenta ciclo vegetativo geralmente mais longo que os demais cereais.

Comportamento semelhante à altura de planta foi constatado para a altura de inserção de espiga no espaçamento 0,45 e 0,90 m, mostrando-se menor com a aplicação do regulador no estádio V12. No estádio V6 de aplicação de TE houve menor altura de inserção de espiga para o espaçamento de 0,90 m em relação ao 0,45 m, e nas demais épocas não houve diferença entre os espaçamentos. Pricinotto et al. (2015) estudando a mesma cultivar, obtiveram redução de altura total de inserção de espiga de plantas de milho cultivadas em casa de vegetação, com incremento de doses de Trinexapac-etil (0, 125, 250 e 375 g i. a. ha⁻¹) aplicado no estádio V6. As características altura de planta e altura de inserção de espiga apresentam alta correlação, como observado com a aplicação tardia de TE na redução de ambas as variáveis.

Já na safra 2013/2014, a aplicação de TE no estádio V9 apresentou maior redução da altura de planta quando comparado com os demais tratamentos (Tabela 3.2). A altura de inserção de espiga foi menor no espaçamento 0,45 m em relação ao 0,90 m e a aplicação de TE nos estádios V6 e V9 também reduziu a altura de espiga em relação aos demais tratamentos. Conforme observado, as plantas ao serem submetidas ao regulador no estádio V6 e V9 tiveram significativa redução na divisão e alongação celular durante o período considerado como de grande incremento de alongação do colmo (RITCHIE; HANWAY; BENSON, 2003), obtendo-se plantas de menor porte com menor altura de espiga. Segundo Sangoi et al. (2001) a menor altura de planta e de inserção de espiga proporciona plantas com seu centro de gravidade mais próximo do solo o que reduz a pré-disposição da cultura ao acamamento e quebraimento de colmo. A menor altura de inserção de espiga no espaçamento 0,45 m, deve-se provavelmente a menor competição entre as plantas pelos recursos do meio, principalmente luz no início do desenvolvimento até a alongação do nó da espiga, proporcionada pelo melhor arranjo de plantas, uma vez que não houve alteração na densidade de plantas.

Conforme Ritchie, Hanway e Benson (2003) a partir de 30 dias após a emergência até próximo ao florescimento o colmo da planta de milho passa por um período de grande alongação e crescimento, com acúmulo acentuado de matéria seca. A partir desse

instante não mais ocorrerá diferenciação celular, mas apenas crescimento e multiplicação do número de células na planta. Deste modo, a aplicação de Trinexapac-etil durante o período de crescimento vegetativo, tende a reduzir o porte da planta com distintas respostas para as diferentes épocas de aplicação durante o desenvolvimento vegetativo, influenciando a definição das características fitométricas, como observado no presente estudo. Já que o TE reduz a alongação das células dos entrenós, devido à redução do nível do ácido giberélico ativo (RADEMACHER, 2000).

O diâmetro do colmo no espaçamento 0,45 m aumentou com a aplicação de TE no estágio V9 e reduziu com aplicação em V3, comparado às demais épocas de aplicação. Já no espaçamento 0,90 m a aplicação de TE no estágio V3 e V9 reduziram o diâmetro do colmo em relação à testemunha. Observou-se diferença significativa no diâmetro do colmo entre os espaçamentos somente para a aplicação em V9, sendo o diâmetro do colmo no cultivo com 0,90 m menor que no de 0,45 m (Tabela 3.3). A competição das plantas por luz no espaçamento 0,90 m manifesta intensa alongação do colmo direcionando os fotoassimilados para o crescimento vertical em detrimento do desenvolvimento em espessura (SANGOI et al., 2002). Pricinotto et al. (2015) observaram aumentos no diâmetro do colmo com acréscimos nas doses de Trinexapac-etil (0, 125, 250 e 375 g i. a. ha⁻¹) para a cultivar Status Viptera. Já Zagonel e Ferreira (2013) não observaram resposta do diâmetro do colmo em relação à época de aplicação de TE para os híbridos Status TL e Maximus TLTG, porém para o Status TL observaram que para doses mais baixas ocorreu à diminuição no diâmetro do colmo com posterior aumento do mesmo conforme o aumento das doses.

O aumento do diâmetro do colmo pode ser favorável quando há redução do comprimento dos entrenós, pois o colmo atua como estrutura de armazenamento de sólidos solúveis que serão utilizados na formação dos grãos, pois quanto menor o diâmetro, aparentemente menor será sua capacidade de armazenar fotoassimilados para serem translocados para os grãos (DOURADO NETO; FANCELI; LOPES, 2001). Conforme Wiersma e Durgan (2005) o aumento do diâmetro do colmo com a aplicação de Trinexapac-etil ocorre devido ao aumento do desenvolvimento das células parenquimáticas, com maior espessura das células do esclerenquima, podendo resultar em maior lignificação da parede celular. O encurtamento dos entrenós combinado com uma maior densidade dos tecidos promove maior rigidez do caule, com redução do potencial de acamamento, com aumento externo do diâmetro do colmo, como observado na cultura do trigo por Zagonel, Venancio e Kunz (2002).

O índice de área foliar no espaçamento 0,45 m foi reduzido com a aplicação de TE nos estádios V3 e V6. Já no espaçamento 0,90 m a testemunha sem aplicação de regulador apresentou menor IAF, no entanto a aplicação em V6 e V12 aumentou o IAF. A ausência de TE proporcionou maior IAF para o espaçamento 0,45 m. A aplicação de TE no estádio V6 reduziu o IAF para o espaçamento 0,45 m em relação ao 0,90 m, e a aplicação em V9 reduziu o IAF para o espaçamento 0,90 m comparado ao espaçamento 0,45 m. Já na aplicação em V3 e V12 não houve diferença significativa entre os espaçamentos em estudo. Em condições de campo, Pricinotto (2014) verificou que o uso de TE no híbrido 2B710HX, promoveu incremento do IAF com o aumento das doses de TE. O autor argumenta que é provável que tenha ocorrido a redução do comprimento das folhas pelo uso do TE, porém com aumento da largura das mesmas, resultando em maior IAF. Zagonel e Ferreira (2013) observaram que a área foliar por planta não foi afetada pelo mesmo regulador de crescimento, independente da dose e época de aplicação para os híbridos Status TL e Maximus TLTG. No entanto, os autores observaram que o incremento na dose de TE proporcionou redução do comprimento e aumento da largura da folha de milho localizada logo acima da espiga para o híbrido Maximus TLTG. Deste modo, a aplicação de TE provoca alterações na arquitetura foliar, folhas mais curtas tendem a apresentar uma angulação mais favorável ao aproveitamento da radiação incidente, ao ponto de se obter maior produtividade de grãos, como constatado na cultura do trigo por Zagonel e Fernandes (2007).

Espindula et al. (2009), afirmam que para a cultura do trigo, a obtenção de folhas mais compactas e menos decumbentes evitam o auto-sombreamento e aumentam a fotossíntese através da captura de luz. No presente estudo, a redução da área foliar ocasionada pela aplicação de Trinexapac-etil no espaçamento 0,45 m possibilita maior aproveitamento dos recursos do meio, com menor competição entre as plantas por luz. Ainda, permite incrementos na densidade de plantas e aumento de doses de N, conforme o genótipo, o sistema de produção e a época de implantação da cultura, a fim de otimizar os recursos do meio com possível aumento na qualidade e rendimento de grãos.

Possivelmente os efeitos do redutor aplicado em V9 juntamente com a maior competição intraespecífica presente no cultivo com espaçamento entre linhas de 0,90 m, influenciou o desenvolvimento vegetativo da cultura reduzindo a altura de planta (reduzindo a pré-disposição da cultura ao acamamento) o diâmetro do colmo e o IAF (reduzindo o autosombreamento e favorecendo a interceptação da luz). Enquanto que a redução do espaçamento entre linhas, como para 0,45 m, mantendo-se a densidade constante, promove o aumento da distância entre as plantas na linha, proporcionando distribuição

especial mais uniforme das plantas na área de cultivo, favorecendo o aproveitamento de luz, água e nutrientes (SANGOI et al., 2009; SANGOI; SILVA; ARGENTA, 2010).

Na safra 2012/2013 o número de grãos, comprimento e índice de espiga e a produtividade de grãos foram afetados pela interação entre os fatores espaçamento entre linhas e épocas de aplicação de TE. Para a variável massa de 100 grãos, verificou-se significância para o fator espaçamento entre linhas e épocas de aplicação. Já na safra 2013/2014, constatou-se alteração significativa no número de grãos e comprimento da espiga em função das épocas de aplicação de TE. O índice de espiga foi alterado significativamente pelo espaçamento e épocas de aplicação. A massa de 100 grãos e a produtividade não foram alteradas pelos fatores em estudo (Tabela 3.4).

A massa de 100 grãos na safra 2012/2013, apresentou efeito significativo para os fatores isolados de espaçamento entre linhas e épocas de aplicação de Trinexapac-etil. Observou-se maior massa de 100 grãos no espaçamento convencional de 0,90 m, no entanto, Torres et al. (2013) e Nascimento et al. (2012) não constataram diferenças significativas para esta variável nos mesmos espaçamentos avaliados, como também observado na safra 2013/2014 para o presente estudo. Ainda, na safra 2012/2013 a aplicação de TE nos estádios V3 e V9 reduziram a massa de 100 grãos. Zagonel e Ferreira (2013) não constatam efeito significativo da massa de 1000 grãos com a aplicação de Trinexapac-etil nos estádios V2, V4, V6 e V8 para o híbrido Status TL e Maximus TLTG. No entanto, Pricinotto et al. (2015) observaram redução da massa de 100 grãos para a cultivar Status Viptera, com incremento de doses de Trinexapac-etil aplicado em V6.

Tabela 3.4. Resumo da análise de variância e médias de número de grãos por espiga (NGE), comprimento da espiga (CE), índice de espiga (IE), massa de 100 grãos (M100) e produtividade de grãos (PG), em função de espaçamentos entre linhas e épocas de aplicação de regulador de crescimento na cultura do milho de primeira safra. Londrina – PR, 2015.

		2012/2013					2013/2014					
Fonte de variação		Componentes de produção										
		NGE	CE (cm)	IE	M100 (g)	PG (kg ha ⁻¹)	NGE	CE (cm)	IE	M100 (g)	PG (kg ha ⁻¹)	
Espaçamento												
	0,45	520,16	16,78	1,13	32,51 b	9586,62	525,73	16,36	1,06 a	26,24	5345,32	
	0,90	529,84	17,45	1,07	33,99 a	8942,82	515,14	15,84	1,03 b	24,29	4698,05	
Época												
	Testemunha	529,97	17,16	1,00	34,12 a	9115,21	581,53 a	17,20 a	1,02 b	23,86	5385,40	
	V3	524,31	16,76	1,16	32,62 bc	9842,35	555,42 a	17,00 a	1,03 ab	24,39	5379,94	
	V6	514,73	17,06	1,09	33,22 ab	9376,94	481,92 ab	15,99 a	1,03 ab	26,65	4993,70	
	V9	524,38	17,57	1,11	32,14 c	9743,10	429,46b	13,55 b	1,08 a	27,09	4165,29	
	V12	531,59	17,03	1,13	34,15 a	8245,99	553,82a	16,76 a	1,06 ab	24,33	5184,07	
Fonte de variação	GL	Quadrado Médio										
	Bloco	3	842,638	0,12042	0,00419	0,3166	168838,24	3207,139	1,872	0,001	24,599	1161662,1
	Espaçamento	1	936,7925 ^{ns}	4,42424 [*]	0,03745 [*]	21,95435 [*]	4144778,60 [*]	1121,693 ^{ns}	2,621 ^{ns}	0,005 [*]	38,064 ^{ns}	4189571,5 ^{ns}
	Erro 1	3	3,116,891	0,05017	0,00086	0,15091	195229,54	6030,036	0,376	0,0001	11,838	1930449,1
	Época	4	348,718 [*]	0,69427 [*]	0,02870 [*]	6,39192 [*]	3270521,42 [*]	31661,258 [*]	17,561 [*]	0,004 [*]	17,773 ^{ns}	2042406,3 ^{ns}
	Época x Espaç.	4	2565,7839 [*]	0,77609 [*]	0,03112 [*]	0,50637 ^{ns}	4218336,37 [*]	884,4001 ^{ns}	0,412 ^{ns}	0,001 ^{ns}	3,108 ^{ns}	1454936,7 ^{ns}
	Erro 2	24	913,410	0,02973	0,00079	0,39638	101427,16	6821,274	2,447	0,001	5,174	1391698,2
	C.V. 1 (%)		3,36	1,31	2,67	1,17	4,77	14,92	3,81	1,24	13,62	27,67
	C.V. 2 (%)		1,82	1,01	2,57	1,89	3,44	15,87	9,72	3,79	9,00	23,49

ns = não-significativo pelo teste F; * significativo p < 0,05 pelo teste F.

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si, em nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Os desdobramentos da interação entre os fatores estudados para as variáveis número de grãos por espiga, comprimento e índice de espiga e produtividade de grãos, estão apresentados na Tabela 3.5. Analisando o efeito de épocas de aplicação de TE, observa-se que no espaçamento 0,45 m a presença de TE reduziu o número de grãos por espiga em relação a testemunha. Já para o espaçamento 0,90 m a aplicação de TE nos estádios V9 e V12 favoreceu o aumento do número de grãos por espiga em relação ao tratamento sem aplicação. Observando o efeito de espaçamento entre linhas, na ausência de TE houve acréscimos no número de grãos por espiga para o espaçamento 0,45 cm em relação ao 0,90 m. Já nos estádios V6 e V9 o espaçamento 0,90 m favoreceu essa variável. Para as demais épocas não houve diferença significativa entre os espaçamentos. Comportamento semelhante foi observado na cultura do trigo, a aplicação de 125 g i. a. ha⁻¹ de Trinexapac-etil resultou em aumento de grãos por espiga (ZAGONEL; VENANCIO; KUNZ et al., 2002). No entanto, Zagonel e Ferreira (2013) não constataram alteração do número de fileiras por espiga e grãos por fileira que compõe o número de grãos por espiga de milho com a aplicação de TE nos estádios V2, V4, V6 e V8.

O aumento de grãos por espiga com a aplicação de TE nos estádios V6 e V9, coincide com as fases que se inicia a definição do número de fileiras por espiga (RITCHIE; HANWAY; BENSON, 2003). No entanto, este comportamento de melhora dos componentes de produção pelo regulador de crescimento não está elucidado para a cultura do milho, podendo o regulador apresentar ou não incrementos para estes componentes dependendo da época de aplicação, com influência do genótipo, do manejo da cultura e condições climáticas, como observado para a cultura do trigo por Zagonel, Venancio e Kunz (2002). Na safra 2013/2014 o número de grãos por espiga foi menor com a aplicação de Trinexapac-etil no estádio V9, em relação à testemunha e a aplicação em V3 e V12 (Tabela 3.4).

O acréscimo no número de grãos por espiga para o espaçamento 0,45 cm em relação ao 0,90 m na ausência do regulador é explicado por Sangoi, Ender e Guidolin (2000), no espaçamento reduzido as plantas estão espaçadas equidistantes competindo minimamente por nutrientes, luz e outros fatores, favorecendo o melhor desenvolvimento das espigas. De acordo com Andrade et al. (2002), a resposta do milho à redução no espaçamento entre linhas está relacionada à radiação incidente na época de florescimento, este é o período crítico na determinação do número de grãos fecundados e a massa de grãos, que determinará a translocação de fotoassimilados para a espiga e os acréscimos na produtividade.

Tabela 3.5. Desdobramento da interação para médias de comprimento da espiga (CE), número de fileiras por espiga (NFE), número de grãos por fileira (NGF), índice de espiga (IE) e produtividade de grãos (PG) para o ano safra de 2012/2013, em função de espaçamentos entre linhas e épocas de aplicação de regulador de crescimento na cultura do milho. Londrina – PR, 2015.

Época	NGE		CE (cm)		IE		PG (kg ha ⁻¹)	
	Espaçamento							
	0,45	0,9	0,45	0,9	0,45	0,90	0,45	0,90
T	553,83 Aa	506,11 Bb	16,8 Bb	17,5 BCa	1,11 Ba	0,89 Db	9839,82 Ba	8390,60 Cb
V3	521,41 Ba	527,22 ABa	16,5 Bb	17,0 Da	1,23 Aa	1,09 BCb	9049,93 Cb	10634,77 Aa
V6	502,96 Bb	526,51 ABa	16,9 Bb	17,2 CDa	1,12 Ba	1,06 Cb	10492,99 Ab	8260,88 Ca
V9	499,72 Bb	540,30 Aa	17,5 Aa	17,6 ABa	1,10 Ba	1,12 Ba	9835,06 Ba	9651,14 Ba
V12	522,87 Ba	549,03 Aa	16,2 Cb	17,9 Aa	1,09 Bb	1,18 Aa	8715,29 Ca	7776,69 Cb

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna para efeito de época de aplicação do regulador de crescimento e minúsculas na linha para efeito de espaçamento entre linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade.

Obteve-se aumento do comprimento da espiga no espaçamento 0,45 m com a aplicação de TE no estádio V9 e redução com aplicação em V12. No espaçamento 0,90 m constatou-se aumento do comprimento da espiga com aplicação em V9 e V12 e redução com aplicação em V3. Nos tratamentos testemunha, V3, V6 e V12 o espaçamento 0,90 m resultou em maior comprimento de espiga. Já na aplicação em V9 não houve diferença significativa para os espaçamentos estudados. Resultado divergente para a mesma cultivar em estudo foi observado por Pricinotto et al. (2015) que relatam redução de 1,10 cm no comprimento da espiga com dose de 375 g i. a. ha⁻¹, aplicada em V6. Já na safra 2013/2014 o resultado foi divergente à safra 2012/2013, a aplicação de TE no estádio V9 reduziu o comprimento da espiga. De acordo com Ritchie, Hanway e Benson (2003) durante o desenvolvimento da inflorescência feminina, no estádio V10 inicia-se a definição do número de óvulos e o tamanho da espiga seguindo até o estádio V17, com maior influência dos fatores externos sobre o estádio V12 na determinação do comprimento da espiga, visto que estas alterações ocorreram nas fases de determinação do potencial produtivo da espiga com as aplicações de Trinexapac-etil.

No espaçamento 0,45 m a aplicação de TE em V3 aumentou o índice de espiga em relação às demais épocas de aplicação. No espaçamento 0,90 m a aplicação em V12 favoreceu a variável em estudo. Nos tratamentos testemunha, V3 e V6 o espaçamento 0,45 m proporcionou maior índice de espiga. Enquanto que em V9 não houve diferença entre os espaçamentos. Já na safra 2013/2014, obteve-se índice de espiga superior utilizando o espaçamento 0,45 m e a aplicação de TE em V9 favoreceu o índice de espiga em relação à testemunha, não diferindo dos demais tratamentos. Zagonel e Ferreira (2013) não constataram alteração do índice de espiga pela época de aplicação e dose de TE. A obtenção de índice de espiga superior para o espaçamento 0,45 m pode ser atribuída ao melhor arranjo espacial das plantas na área, com menor competição intraespecífica pelos recursos do meio, devido à obtenção de plantas menores e com arquitetura foliar mais ereta. Deste modo, há menor sombreamento e melhor interceptação de luz solar, favorecendo o desenvolvimento de mais espigas por planta.

A produtividade de grãos no espaçamento 0,45 m foi maior com a aplicação do regulador de crescimento no estádio V6, e menor com a aplicação de TE em V3 e V12 e no espaçamento 0,90 m mostrou-se maior com a aplicação em V3 para a safra 2012/2013. Para efeito de espaçamento entre linhas, nos tratamentos testemunha e

aplicação de TE em V12 no espaçamento 0,45 m houve maior produtividade de grãos do que o 0,90 m, enquanto que na aplicação em V3 e V6 o espaçamento 0,90 m resultou em maior produtividade. Na aplicação em V9 não houve diferença entre os espaçamentos, como também constatado para as variáveis comprimento e índice de espiga. Pricinotto (2014) verificou que o uso de Trinexapac-etil favoreceu a produtividade de grãos do híbrido 2B710 HX com incremento máximo de 329,7 kg ha⁻¹ de grãos para a dose de 176 g i. a. ha⁻¹. O autor defende que as alterações ocasionadas pelo uso de TE, como menor altura de plantas provavelmente tenha favorecido o aproveitamento da radiação solar incidente, otimizando a produção de fotoassimilados, refletindo em acréscimo na produtividade de grãos.

Do mesmo modo, Zagonel e Fernandes (2007) observaram incrementos de produtividade na cultura do trigo com o uso de TE, estando estes incrementos ligados diretamente as alterações morfológicas ocasionadas pelo redutor de crescimento na altura de planta e na arquitetura foliar, o que possivelmente garantiu melhor atividade fotossintética da cultura, o mesmo foi observado por Berti, Zagonel e Fernandes (2007) e Penckowski, Zagonel e Fernandes, (2009). Durante a condução da cultura na safra 2012/2013 houve condições meteorológicas favoráveis para o estabelecimento, crescimento e florescimento e enchimento de grãos da cultura, com precipitação pluvial total de 984 mm, bem distribuídas (Figura 3.1A), favorecendo o desempenho produtivo de grãos. Obteve-se produtividade média mínima de 8245,99 kg ha⁻¹ enquanto a máxima atingiu 9743,10 kg ha⁻¹, estando acima da média para o Estado do Paraná de 8150,00 kg ha⁻¹ na safra 2012/2013 (CONAB, 2013).

Na safra 2013/2014 a produtividade de grãos não foi alterada pelos fatores estudados. Considerando que a aplicação de TE reduziu a altura de planta e de inserção de espiga sem afetar o rendimento de grãos, ganhos de produtividade podem ser obtidos com incremento da densidade de plantas, principalmente com o uso de espaçamento reduzido, visando o aumento da produtividade por área. A diferença de resposta do híbrido nas duas safras possivelmente ocorreu devido a interações entre os fatores estudados com os elementos meteorológicos durante o cultivo. É provável que a baixa pluviosidade (53,4 mm) ocorrida após o florescimento da cultura, durante o período de 07 de janeiro a 13 fevereiro de 2014 (Figura 3.1B), compreendendo os estádios reprodutivos de R2 a R4 reduziu a massa de 100 grãos e a produtividade final em relação à safra 2012/2013. Entende-se que tanto o volume quanto a distribuição das chuvas durante o cultivo é um fator limitante para a máxima expressão do potencial do

híbrido. Radin et al. (2003) estimam que a demanda por água pela cultura do milho durante os estádios R2 a R4, seja de aproximadamente 120 mm, com registro neste intervalo de 20 dias, de apenas 43,2 mm. O período de baixa disponibilidade hídrica coincidiu com a fase de enchimento de grãos em R3 (grãos leitosos) em que ocorre intensa expansão e enchimento das células, devido a translocação de açúcares do colmo para o grão, com rápido acúmulo de massa seca definindo a densidade dos grãos. Seguido pelo estágio R4 (grãos pastoso) aproximadamente 28 dias após o florescimento com contínuo acúmulo de amido, a baixa disponibilidade hídrica durante esta fase acarreta na formação de grãos leves e pequenos, como constatado na safra 2013/2014 (RITCHIE; HANWAY; BENSON, 2003), comprometendo a resposta do híbrido ao espaçamento entre linhas e ao regulador de crescimento. Diante destas limitações obteve-se produtividade média mínima de 4165,29 kg ha⁻¹ e média máxima de 5379,94 kg ha⁻¹, situando-se abaixo da média Paranaense de 8156,00 kg ha⁻¹ (CONAB, 2014).

Os resultados apresentados neste estudo demonstram potencial do uso de reguladores de crescimento na cultura do milho, podendo o TE ser uma ferramenta de manejo para cultivares de interesse que não possuam arquitetura moderna na obtenção de plantas mais compactas, com uma arquitetura mais adequada para aproveitar os recursos do meio, especialmente a radiação solar. Ainda, a alteração do porte das plantas e anatomia foliar podem reduzir a produtividade por planta, contudo a compactação das plantas permite a interação com outros fatores de manejo como a redução do espaçamento entre linhas, a adoção de elevadas populações de plantas e doses de adubação nitrogenada, favorecendo o rendimento de grãos por área.

Todavia, as respostas variáveis obtidas no presente estudo para o milho primeira safra sugerem novos estudos para maiores esclarecimentos da ação do Trinexapac-etil em milho tanto na redução quanto no aumento de componentes de produção, como para o entendimento dos aspectos fisiológicos relacionados a partição dos fotoassimilados, como o expresso pelo índice de colheita que refere-se a produção da massa de grãos em relação a massa total da planta.

3.5 CONCLUSÃO

A época de aplicação de Trinexapac-etil interage com os espaçamentos entre linhas alterando o crescimento e o desempenho produtivo do milho híbrido Status Viptera cultivado na primeira safra.

Para o espaçamento 0,45 m a aplicação de Trinexapac-etil em V12 e para o 0,90 m a aplicação em V9 e V12 reduz a altura de planta e de inserção de espiga.

A aplicação de Trinexapac-etil em V9 para ambos espaçamentos modifica a arquitetura da planta sem alterar o comprimento e índice de espiga e produtividade de grãos.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, F.H.; CALVIÑO, P.; CIRILO, A.; BARBIERI, P. Yield responses to narrow rows depend on increased radiation interception. **Agronomy Journal**, v.94, p.975-980, 2002.

ARGENTA, G.; SILVA, P.R.F.; BORTOLINI, C.G.; FORSTHOFER, E.L.; MANJABOSCO, E.A.; BEHEREGARAY NETO, V. Resposta de híbridos simples de milho à redução do espaçamento entre linhas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, n.1, p.71-78, 2001.

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

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra Brasileira Grãos: Décimo segundo levantamento Setembro 2014, Safra 2013/14**, Brasília: CONAB, v.1, n.12, 2014, 127p.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra Brasileira Grãos: Décimo segundo levantamento Setembro 2013, Safra 2012/13**, Brasília: CONAB, v.1, n.12, 2013. p.29.

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.

DEGRAF, H.; ZAGONEL, J.; FERNANDES, E.C. Doses de nitrogênio, regulador de crescimento e programas de controle de doenças afetando a cultivar de trigo Ônix. **Publicatio UEPG: Ciências Exatas e da Terra, Ciências Agrárias e Engenharias**, v.14, n.2, p.143-152, 2008.

DOURADO NETO, D.; FANCELLI, A.L.; LOPES, P.P. Milho: população e distribuição de plantas. In: FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. (Org). **Milho: tecnologia e produtividade**. Piracicaba: ESALQ/USP, 2001. p.120-125.

DOURADO NETO, D.; PALHARES, M.; VIEIRA, P.A.; MANFRON, P.A.; MEDEIROS, S.L.P.; ROMANO, M.R. Efeito da população de plantas e do espaçamento sobre a produtividade de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.2, n.3, p.63-77, 2003.

DUETE, R.R.C.; MURAOKA, T.; SILVA, E.C.; TRIVELIN, P.C.O.; AMBROSANO, E.J. Manejo da adubação nitrogenada e utilização do nitrogênio (15N) pelo milho em Latossolo Vermelho. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 32, n. 1, p. 161-171, 2008.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2. ed. Embrapa Solos, Rio de Janeiro. 2006. 306p.

- ESPINDULA, M.C.; ROCHA, V.S.; GROSSI, J.A.S.; SOUZA, M.A.; SOUZA, L.T.; FAVARATO, L.F. Use of growth retardants in wheat. **Planta Daninha**, v. 27, n. 2, p. 379-387, 2009.
- FARINELLI, R.; PENARIOL, F.G.; FORNASIERI FILHO, D. Características agronômicas e produtividade de cultivares de milho em diferentes espaçamentos entre linhas e densidades populacionais. **Científica**, v.40, n.1, p.21-27, 2012.
- FERREIRA, D.F. **SISVAR** - Sistema de análise de variância. Versão 5.3. Lavras-MG: UFLA, 2010.
- FORNASIERI FILHO, D. **Manual da cultura do milho**. São Paulo: FUNEP, 2007. 576 p.
- FRANCIS, C.A. RUTGER, J.N.; PALMER, A.F.E.A. Rapid method for plant leaf area estimation in maize (*Zea mays* L.). **Crop Science**, v.9, n.5, p.537-539, 1969.
- HECKMAN, N.L.; ELTHON, T.E.; HORST, G.L.; GAUSSOIN, R.E. Influence of Trinexapac-etil on respiration of isolated wheat mitochondria. **Crop Science**, v.42, n.2, p.423-427, 2002.
- IAPAR. **Sistema de monitoramento agroclimático do Paraná**. Disponível em: <http://www.iapar.br/arquivos/Image/monitoramento/Medias_Historicas/Londrina.htm> . Acesso em: 08 maio 2015.
- IAPAR. **Sugestão de adubação e calagem para culturas de interesse econômico no Estado do Paraná**. Londrina, 2003. 30 p. (Circular técnica, 128)
- MUNDSTOCK, C.M.; SILVA, P.R.F. **Manejo da cultura do milho para altos rendimentos de grãos**. Evangraf: Porto Alegre, 2005. 51p.
- NASCIMENTO, E.S.; GILO, E.G.; TORRES, F.E.; SILVA JÚNIOR, C.A.; OLIVEIRA, L.V.A. E LOURENÇÃO, A.S. Resposta de híbridos de milho a diferentes espaçamentos entre linhas. **Nucleus**, v.9, n. 2, p.131-140, 2012.
- NASCIMENTO, V.; ARF, O.; SILVA, M.G.; BINOTTI, F.F.S.; RODRIGUES, R.A.F.; ALVAREZ, R.C.F. Uso do regulador de crescimento etil-trinexapac em arroz de terras altas. **Bragantia**, v.68, n.4, p.921-929, 2009.
- PENCKOWSKI, L.H.; ZAGONEL, J. FERNANDES, E.C. Nitrogênio e redutor de crescimento em trigo de alta produtividade. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 31, n. 3, p. 473-479, 2009.
- PRICINOTTO, L.F. **Densidades populacionais e regulador de crescimento em híbridos de milho com diferentes arquiteturas**. 2014. 111 fls. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2014.
- PRICINOTTO, L. F. ; ZUCARELI, C. ; FONSECA, I.C.B. ; OLIVEIRA, M. A. ; FERREIRA, A. S. ; SPOLAOR, L. T. Trinexapac-etil in the vegetative and reproductive performance of corn. **African Journal of Agricultural Research**, v.10, n.14, p.1735-1742, 2015.

- 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.
- RADIN, B.; BERGAMASCHI, H.; SANTOS, A.O.; BERGONCI, J.I.; FRANÇA, S. Evapotranspiração da cultura do milho em função da demanda evaporativa atmosférica e do crescimento das plantas. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v. 9, n. 1-2, p. 7-16, 2003.
- RAIJ, B.V.; QUAGGIO, A.J. **Métodos de análise de solo para fins de fertilidade**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1983. 31p.
- RITCHIE, S.W. HANWAY, J.J.; BENSON, G.O. **Como a planta de milho se desenvolve**. Piracicaba: Potafos, 2003. 20p. (Informações Agronômicas, 103).
- SANGOI, L.; ALMEIDA, M.L.; SILVA, P.R.F.; ARGENTA, G. Bases morfológicas para maior tolerância dos híbridos modernos de milho a altas densidades de plantas. **Bragantia**, v. 61, n.2, p. 101-110, 2002.
- SANGOI, L.; ENDER, M.; GUIDOLIN, A.F.; ALMEIDA, M.L.; HEBERLE, P.C. Influence of row spacing reduction on maize grain yield in regions with a short summer. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, n.6, p.861-869, 2001.
- SANGOI, L.; ENDER, M.; GUIDOLIN, A. F. Incremento da densidade de plantas, uma alternativa para aumentar o rendimento de grãos de milho em regiões de curta estação de crescimento. **Ciência Rural**, v.30, n.1, 23-29, 2000.
- SANGOI, L.; SCHMITT, A.; SALDANHA, A.; FIORENTIN, C.F.; PLETSCHE, A.J.; VIEIRA, J.; GATELLI, M.A. Rendimento de grãos de híbridos de milho em duas densidades de plantas com e sem a retirada dos perfilhos. **Ciência Rural**, v.39, n.2, p.325-331, 2009.
- SANGOI, L.; SILVA, P.R.F.; ARGENTA, G. **Estratégias de manejo do arranjo de plantas para aumentar o rendimento de grãos de milho**. Lages: Graphel, 2010. 64p.
- SYNGENTA. **Milho híbrido Status Viptera**. Disponível em: <http://www.syngenta.com/country/br/pt/produtosemarcas/sementes/Pages/MILHO-HIBRIDO-STATUS.aspx>. Acesso em: 12 maio de 2015.
- TAKASU, A.T.; RODRIGUES, R.A.F.; GOES, R.J.; ARF, O.; HAGA, K.I. Desempenho agrônomo do milho sob diferentes arranjos populacionais e espaçamento entre linhas. **Agrarian**, v.7, n.23, p.34-41, 2014.
- TORRES, F.E.; LANGHI, G.; TEODORO, P.E.; RIBEIRO, L.O.; CORRÊA, C.C.G.; OLIVEIRA, E.P. Desempenho de híbridos de milho cultivados em diferentes espaçamentos na Região do Cerrado Brasileiro. **Revista de Ciências Agrárias**, v.36, n.4, p. 411-416, 2013.
- WIERSMA, J.; DURGAN, B.R. Optimum time and rate of Trinexapac-etil plant growth regulator to reduce lodging in hard red spring wheat. In: EXTENSION AGRONOMIST AND EXTENSION WEED SCIENTIST, 2005, Saint Paul. **Proceedings...** Saint Paul: University of Minnesota, 2005.

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**, v.25, n.2, p.331-339, 2007.

ZAGONEL, J.; FERREIRA, C. Doses e épocas de aplicação de regulador de crescimento em híbridos de milho. **Planta Daninha**, v.31, n.2, p.395-402, 2013.

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

4 ARTIGO B: ÉPOCAS DE APLICAÇÃO DE TRINEXAPAC-ETIL ASSOCIADO A DENSIDADES DE PLANTAS NO DESEMPENHO AGRONÔMICO DO MILHO DE SEGUNDA SAFRA

4.1 RESUMO E ABSTRACT

RESUMO

Os reguladores de crescimento vegetal são uma alternativa para uso de cultivares de interesse, que não possuem arquitetura foliar moderna, podendo alterar o porte e anatomia das plantas, permitindo o aumento da densidade de plantas. Realizou-se o trabalho com o objetivo de avaliar o desempenho agrônomo do milho de segunda safra, cultivado em diferentes densidades de plantas associado à aplicação de Trinexapac-etil em diferentes estádios de desenvolvimento da cultura. O estudo foi conduzido em condições de campo, em dois anos agrícolas (2013 e 2014), na Fazenda Escola da Universidade Estadual de Londrina, utilizando a cultivar de milho híbrido Status Viptera. Foram avaliados quinze tratamentos utilizando o delineamento experimental de blocos casualizados, em esquema fatorial 5 x 3, sendo cinco densidades de plantas: 40.000, 60.000, 80.000, 100.000 e 120.000 plantas ha⁻¹ e três estádios de aplicação de Trinexapac-etil: testemunha sem aplicação, V6 e V9, com quatro repetições. Foram avaliados as características fitométricas, os componentes de produção e a produtividade de grãos. Incrementos na densidade de plantas aumenta a altura de planta, reduz o número de grãos por fileira, o comprimento e o diâmetro de espiga e massa de 100 grãos, sem influência na produtividade de grãos. A aplicação de Trinexapac-etil no estádio V9 reduz a altura de planta e de inserção de espiga e a massa de 100 grãos, e favorece o número de fileiras por espiga.

Palavras-chave: *Zea mays* L., regulador de crescimento, inibidor de giberelina, arranjo de plantas.

ABSTRACT

Plant growth regulators are an alternative to use to cultivars of interest that do not have modern leaf architecture and may change the size and anatomy of plants, allowing increased plant density. Realized the work with the objective of evaluate the agronomic performance of the second corn crop, grown in different plant densities associated with the application of trinexapac-ethyl, at different times of development of culture. The study was conducted under field conditions, in two growing seasons (2013 and 2014) in the second corn crop, at Farm School of the State University of Londrina, using the of hybrid maize Status Viptera. We adopted the experimental design of randomized blocks in a factorial 5 x 3. The treatments were a combination of five plant densities: 40,000, 60,000, 80,000, 100,000 and 120,000 plants ha⁻¹ and trinexapac-ethyl three application stages: control without application V6 and V9, with four replications. Biometric indexes, components of production and crop yield were evaluated. Increments in plant density increases plant height, it reduces the number of kernels per row, the ear length and diameter and weight of 100 grains, without influence on grain yield. The application of trinexapac-ethyl on V9 stage reduces the plant height and ear height and mass of 100 grains, and favors the number of rows per ear.

Keywords: *Zea mays* L., plant growth regulator, gibberelin inhibitor, plant arrangement.

4.2 INTRODUÇÃO

A cultura do milho tem passado por adaptações do manejo para a elevação da produtividade, adotando inovadoras práticas culturais e cultivares mais produtivas. A alteração do espaçamento entre linhas e da densidade de plantas na linha tem sido apontada como uma das práticas de manejo mais importantes para potencializar o rendimento de grãos na cultura do milho (KAPPES et al., 2011; SCHMITT, 2014). Esta responsividade está associada ao fato de que, diferentemente de outras poáceas, o milho não apresenta um mecanismo eficiente de compensação de espaços, pois perfilha pouco e apresenta baixa prolificidade e limitada capacidade de expansão foliar (STRIEDER et al., 2007).

Dada à baixa plasticidade do milho, para cada sistema de produção haverá uma densidade ideal de plantas para maximizar o rendimento de grãos, o que dependerá da cultivar, do objetivo do produtor, da disponibilidade hídrica, da fertilidade do solo, da época de semeadura e do espaçamento entre plantas. No entanto, se considera, que a cultivar é o principal determinante da densidade de plantas. Em linhas gerais, híbridos precoces permitem o uso de densidades mais elevadas e espaçamentos mais estreitos em relação às cultivares tardias, pois apresentam menor altura de planta, folhas mais estreitas e curtas, que promovem menor área foliar e menor sombreamento intraespecífico. Deste modo, estes genótipos requerem maior densidade de plantas para maximizar seu rendimento e prover área foliar capaz de potencializar a interceptação da radiação solar incidente (FORNASIERI FILHO, 2007; SANGOI; SILVA; ARGENTA, 2010).

Diversos estudos em cultivo de primeira e segunda safra têm sido conduzidos para identificar a densidade ideal de plantas de híbridos de milho com elevado potencial produtivo, com o intuito de determinar o número de plantas que é capaz de explorar de maneira mais eficiente os fatores de produção (ALMEIDA et al., 2000; MARCHÃO et al., 2005; SANGOI et al., 2005; TAKASU et al., 2014). Os autores relatam que as máximas produtividades foram obtidas com densidades iguais ou superiores a 80.000 plantas ha⁻¹. Estes resultados evidenciam que a recomendação de densidade entre 65.000 e 80.000 plantas ha⁻¹ pode ser ampliada em ambientes favoráveis para elevar o rendimento de grãos, desde que se tenha bom nível de fertilidade no solo, boa disponibilidade hídrica e cultivares resistentes ao acamamento (ALMEIDA et al., 2000; SANGOI; SILVA; ARGENTA, 2010).

O aumento da densidade de plantas aliado à aplicação de elevadas doses de adubos nitrogenados proporcionam o aumento da produtividade de grãos e da altura de plantas, mas, por outro lado, tornam as plantas sujeitas ao acamamento e quebramento de colmo. Esse fato dificulta a colheita mecanizada, propiciando perdas de produtividade e qualidade do produto colhido (MUNDSTOCK; SILVA, 2005). Para o cultivo de milho segunda safra, em que a disponibilidade hídrica é menor e os problemas com acamamento e quebramento de colmo são maiores, recomenda-se cultivares de menor porte e redução da densidade de semeadura, obtendo-se lavouras com densidade de plantas menor do que o cultivo de milho primeira safra (DUARTE; CRUZ, 2001).

O uso de reguladores de crescimento vegetal, inibidores das giberelinas, surge como uma alternativa para cultivares de interesse que não possuem arquitetura foliar moderna, podendo alterar o porte e a anatomia, o que pode permitir o aumento da densidade de plantas, a redução do espaçamento entre linhas e a aplicação de altas doses de nitrogênio. O regulador de crescimento Trinexapac-etil (TE) atua reduzindo a elongação das células dos entrenós, interferindo no final da rota metabólica da biossíntese do ácido giberélico, ocasionando a diminuição do crescimento das plantas e ainda, a inibição parcial do transporte de elétrons na mitocôndria, diminuindo a respiração celular (HECKMAN et al., 2002).

Na cultura do trigo o Trinexapac-etil têm-se mostrado efetivo na redução do comprimento do colmo, reduzindo a altura de plantas e evitando o acamamento (ZAGONEL; FERNANDES, 2007), além de proporcionar o aumento do rendimento de grãos, devido alterações nos componentes de produção (MATYSIAK, 2006; ZAGONEL; FERNANDES, 2007).

Deste modo, pesquisas estão sendo realizadas em cereais, principalmente de inverno, com o uso de Trinexapac-etil, associado ao manejo da densidade de plantas com o intuito de verificar o comportamento dos genótipos submetidos à associação destas práticas, bem como a determinação das melhores épocas de aplicação do regulador de crescimento sem que haja prejuízos à cultura, durante as fases de desenvolvimento vegetativo da cultura. Considerando a escassez de estudos para a cultura do milho, realizou-se o trabalho com o objetivo de avaliar o desempenho agrônomico do milho de segunda safra, cultivado em diferentes densidades de plantas associado à aplicação de Trinexapac-etil em diferentes estádios de desenvolvimento da cultura.

4.3 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado na Fazenda Escola da Universidade Estadual de Londrina (FAZESC-UEL), município de Londrina-PR, que se encontra a 23°20'32" S, 51°12'32" W, com altitude de 580 m. O clima característico da região de acordo com a classificação de Köppen é do tipo Cfa, clima subtropical úmido mesotérmico, com verões quentes e geadas pouco frequentes. As chuvas tendem a se concentrar nos meses de verão, sem estação seca definida e com precipitação pluvial média anual de 1.605 mm e insolação média anual de 7,12 horas por dia (IAPAR, 2015a). Os dados meteorológicos do período de condução do estudo foram obtidos junto à estação Meteorológica do Instituto Agrônômico do Paraná, dispostos na Figura 4.1.

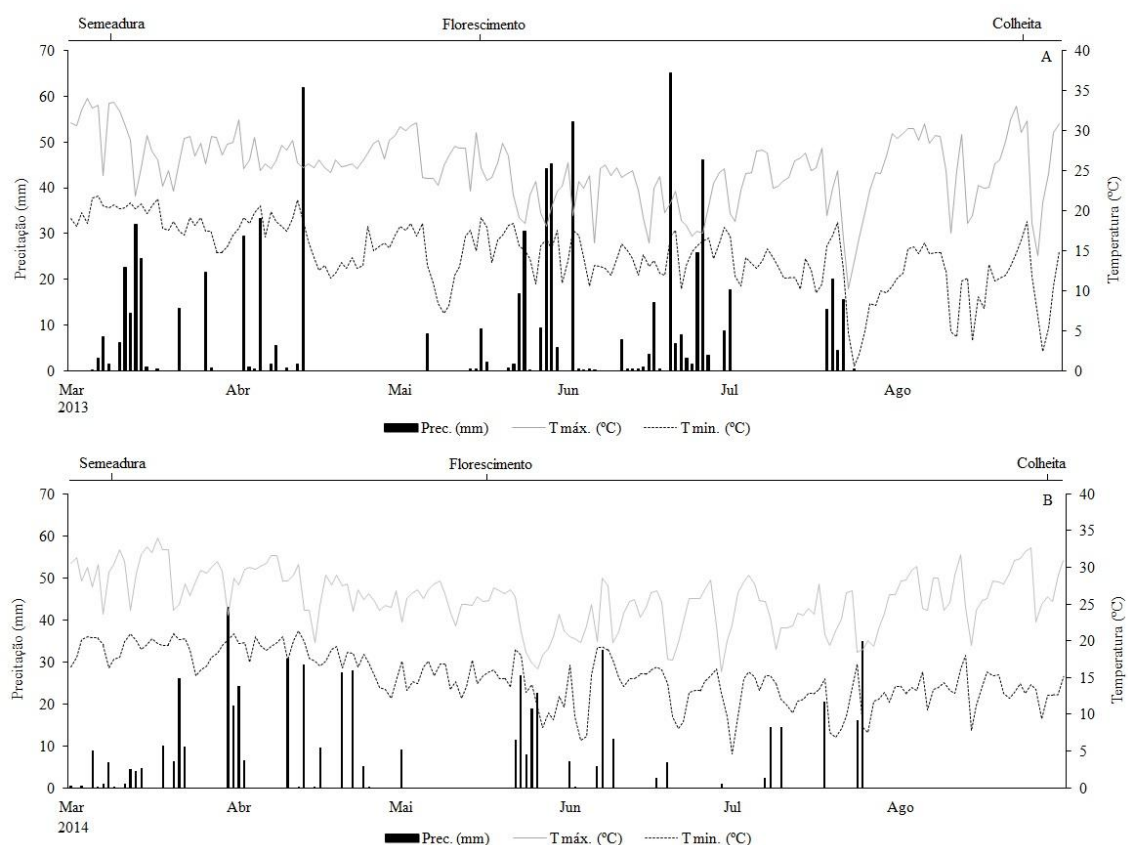


Figura 4.1. Dados diários de temperaturas máximas e mínimas e de precipitação pluvial durante o período de condução do milho de segunda safra em 2013 (A) e 2014 (B), conduzidos em Londrina – PR.

O estudo foi conduzido na segunda safra do milho em dois anos agrícolas 2013 e 2014, com sementeira no dia 06 de março para ambos os anos, sob o sistema de sementeira direta na palha, tendo a soja como cultura antecessora. A instalação dos ensaios seguiu as recomendações do zoneamento climático do Instituto

Agrônomo do Paraná (IAPAR, 2015b) que preconiza a instalação da cultura do milho segunda safra para a região de Londrina-PR até a data limite do dia 10 de março.

Utilizou-se a cultivar de milho híbrido simples Status Viptera, indicada para a primeira e segunda safra nas Regiões Sul, Sudeste e Centro-oeste brasileiro. Híbrido de ciclo precoce, grão do tipo duro e alaranjado, resistente ao acamamento e com alto potencial produtivo. A cultivar geneticamente modificada apresenta a tecnologia Viptera, que confere resistência a lepidópteros e ao herbicida glifosato (SYNGENTA, 2015). A escolha da cultivar baseou-se nos resultados de Pricinotto (2014) que ao avaliar a cultivar Status, com tecnologia TL (resistência a lepidópteros) obteve resposta positiva à aplicação de Trinexapac-etil.

Os experimentos foram instalados em solo classificado como Latossolo Vermelho distroférico (EMBRAPA, 2006). Foram coletadas amostras de solo na camada de 0-20 cm na área experimental, para análise química de acordo com a metodologia de Raij e Quaggio (1983). Previamente à semeadura realizou-se a dessecação da área experimental com glifosato (0,48 g e. a. ha⁻¹) 3,0 L ha⁻¹ em volume de 200 L ha⁻¹ de calda.

A adubação de semeadura (N-P-K) foi realizada conforme os resultados da análise química do solo (Tabela 4.1), e baseada na Circular Técnica 128 que apresenta as recomendações para a região (IAPAR, 2003). A adubação de semeadura para o experimento de 2013 foi de 250 kg ha⁻¹ do formulado (N-P-K) 08-20-10 e no experimento do ano 2014, 312 kg ha⁻¹ do formulado (N-P-K) 08-28-16.

Tabela 4.1. Caracterização química do solo da área experimental na camada de 0-20 cm, ano de 2013 e de 2014. Londrina – PR, 2015.

Ano	Ph	H+Al	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	SB	CTC	Al ⁺³	V	P
	CaCl ₂	----- cmolc dm ⁻³ -----						%	mg dm ⁻³	
2013	5,49	3,66	4,91	1,37	0,57	6,85	6,86	0,00	65,21	8,08
2014	4,70	2,67	5,45	1,40	0,99	7,84	10,56	0,05	74,24	15,24

*Extratores: Ca, Mg, Al: KCl 1mol L⁻¹; P, K: Mehlich⁻¹; H+Al: método SMP

Utilizou-se o delineamento experimental de blocos casualizados, em esquema fatorial 5 x 3, sendo cinco densidades de plantas (40.000, 60.000, 80.000, 100.000 e 120.000 plantas ha⁻¹), combinadas com três épocas de aplicação de Trinexapac-etil (testemunha sem aplicação, V6 e V9), com quatro repetições. As parcelas foram constituídas de seis linhas, com cinco m de comprimento e espaçamento

entre linhas de 0,45 m. A área útil da parcela foi definida pelas linhas centrais, desprezando as linhas laterais da parcela, e 0,5 m das extremidades das mesmas. As épocas de aplicação de Trinexapac-etil basearam-se na escala fenológica da cultura (RITCHIE; HANWAY; BENSON, 2003).

A semeadura foi realizada mecânicamente e para atingir as densidades de plantas definidas, realizou-se o desbaste manual na fase de desenvolvimento vegetativo V3 baseado em Ritchie, Hanway e Benson (2003). O regulador de crescimento vegetal foi aplicado via foliar com o uso de pulverizador costal pressurizado (CO₂) com pressão e volume de calda de 150L ha⁻¹ e adição de 1L ha⁻¹ (250 g i. a. ha⁻¹ de Trinexapac-etil ha⁻¹, Moddus[®]), baseado em Pricinotto (2014). As aplicações foram realizadas de acordo com os tratamentos propostos, conforme o número de folhas definitivas expandidas, seguindo a escala de Ritchie, Hanway e Benson (2003) e a testemunha composta apenas por água.

Durante o desenvolvimento da cultura a área experimental foi monitorada com relação a pragas, doenças e plantas daninhas. Em 2013, efetuou-se o controle de lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*) no estágio V3 de desenvolvimento vegetativo da cultura, utilizando-se Teflubenzurom na dose de 200 ml ha⁻¹ (150 g i. a. L⁻¹) com volume de calda de 150L ha⁻¹. O controle de doenças foliares ocorreu com a aplicação de fungicida no estágio V6, utilizando o produto Azoxistrobina na dose de 250 ml ha⁻¹. Em 2014, cerca de 50 dias após a semeadura, aplicou-se Teflubenzurom para o controle da lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*), 100 mL ha⁻¹ (150 g i. a. L⁻¹) em volume de 100L ha⁻¹ de calda. Para o controle de cercosporiose foi utilizado Azoxistrobina (200 g i. a. L⁻¹) e Ciproconazol (80 g i. a. L⁻¹), 300 mL ha⁻¹ do produto comercial, em volume de 100L ha⁻¹ de calda.

A adubação nitrogenada de cobertura foi realizada em ambos os anos, quando às plantas encontravam-se com seis folhas expandidas, estágio V6, 31 dias após a semeadura. Foram aplicados a lanço 150 kg ha⁻¹ de N, utilizando como fonte a ureia (45% N), para todos os tratamentos. A colheita foi realizada manualmente no estágio R6, quando os grãos apresentavam teor de água médio de 200 g de água kg⁻¹ de grãos, na área útil da parcela.

Foram avaliadas as características fitométricas, os componentes de produção e a produtividade de grãos. As características fitométricas foram determinadas em dez plantas aleatórias da área útil da parcela, obtendo-se os dados médios em metros, a partir do pleno florescimento da cultura: Altura de planta: obtida com o

auxílio de uma régua, considerando a distância do colo da planta até a inserção da folha-bandeira; Altura de inserção da espiga: distância da base da planta até a inserção da primeira espiga.

Para as avaliações dos componentes de produção foram colhidas dez espigas ao acaso, da área útil da parcela e determinou-se: Comprimento da espiga: distância entre o primeiro e o último grão da linha mais longa da espiga desempalhada, valor médio em cm; Número de fileiras por espiga e grãos por fileira: contou-se individualmente em cada espiga, o número de fileiras de grãos e para o número de grãos por fileiras, contou-se o número de grãos da fileira mais longa, em ambas as avaliações obteve-se o valor médio; Diâmetro da espiga: obtido na região mediana da espiga com o auxílio de um paquímetro manual, dados médios em cm; Massa de 100 grãos: após a debulha das espigas de cada parcela útil, foi realizada a homogeneização do lote e, posteriormente, foram separadas duas repetições de 100 grãos, os quais foram pesados em uma balança digital obtendo-se a massa média em gramas.

O teor de água dos grãos foi obtido por um medidor de capacitância digital, com o auxílio do aparelho G-600 (Gehaka), ajustado e calibrado para a cultura do milho. A produtividade de grãos foi obtida por meio da debulha e pesagem dos grãos colhidos na área útil da parcela. Os dados foram transformados em kg ha^{-1} , com correção do teor de água médio de 130 g de água kg^{-1} de grãos (13%).

Foram verificadas a homocedasticidade (Teste de Bartlett) e a normalidade dos erros (Lilliefors) dos dados. Com variâncias homogêneas e erros normais, realizou-se a análise de variância com os dados sem transformação considerando o nível de probabilidade de F de 5%. O efeito da densidade de plantas foi avaliado por meio da análise de regressão polinomial, e o efeito das épocas de aplicação de Trinexapac-etil pelo teste Tukey ($p < 0,05$). As análises estatísticas foram realizadas mediante uso do programa estatístico Sisvar (FERREIRA, 2010).

4.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Constatou-se efeito significativo da época de aplicação de Trinexapac-etil na altura de planta e de inserção de espiga do milho na segunda safra de 2013. O fator densidade de plantas alterou apenas a altura de plantas em 2014. Não houve efeito da interação entre os fatores estudados para a altura de planta e de inserção da espiga em

ambos os anos de cultivo (Tabela 4.2).

Tabela 4.2. Resumo da análise de variância de altura de plantas (AP) e altura de inserção de espiga (AE) em função de densidades de plantas e épocas de aplicação de Trinexapac-etil na cultura do milho de segunda safra. Londrina – PR, 2015.

Fonte de variação	Características fitométricas				
	AP (m)		AE (m)		
Época	2013	2014	2013	2014	
Testemunha	2,08 a	2,22	1,19 a	1,30	
V6	2,04 a	2,26	1,16 ab	1,28	
V9	1,87 b	2,24	1,06 b	1,28	
	GL	Quadrado Médio			
Bloco	3	0,06534	0,2207	0,00530	0,0787
Densidade (D)	4	0,01247 ^{ns}	0,0829 [*]	0,05203 ^{ns}	0,0043 ^{ns}
Época (E)	2	0,25904 [*]	0,0080 ^{ns}	0,09397 [*]	0,0022 ^{ns}
DP x E	8	0,02256 ^{ns}	0,0100 ^{ns}	0,03686 ^{ns}	0,0053 ^{ns}
C.V. (%)		5,27	3,79	12,92	6,99

ns = não-significativo pelo teste F; * significativo $p < 0,05$ pelo teste F.

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si, em nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

No ano agrícola de 2013, a altura de planta não foi influenciada pela densidade de plantas, com média de 2,00 m (Figura 4.2A), enquanto que esta foi reduzida com a aplicação de TE no estágio V9 (Tabela 4.2). A altura de inserção de espiga seguiu o mesmo comportamento da altura de planta, sem influência da densidade de plantas, com média de 1,14 m (Figura 4.2C), ainda, a aplicação de TE em V9 também reduziu a altura de espiga em relação ao tratamento testemunha, demonstrando dependência entre estas características.

Pricinotto et al. (2015) avaliando o mesmo híbrido Status Viptera, obtiveram resultados satisfatórios na redução de altura de planta e de inserção de espiga de plantas de milho cultivadas em casa de vegetação, com incremento de doses de Trinexapac-etil (0, 125, 250 e 375 g i. a. ha⁻¹), aplicado no estágio V6. No entanto, Zagonel e Ferreira (2013) em cultivo de milho primeira safra, avaliando o mesmo híbrido Status, mas com tecnologia TL (resistência a lepidópteros) e o Maximus TLTG, observaram que não houve alteração na altura de planta e de inserção de espiga com a aplicação de TE nas doses 0,0; 187,5; 375,0 e 562,5 g i. a. ha⁻¹, independente da época de aplicação, nos estádios V2, V4, V6 e V8. Essa divergência entre os resultados dos autores e os obtidos nesse estudo em relação à altura de plantas em resposta ao TE e a

época de aplicação pode estar relacionada às variações no manejo e nas condições ambientais entre os ensaios.

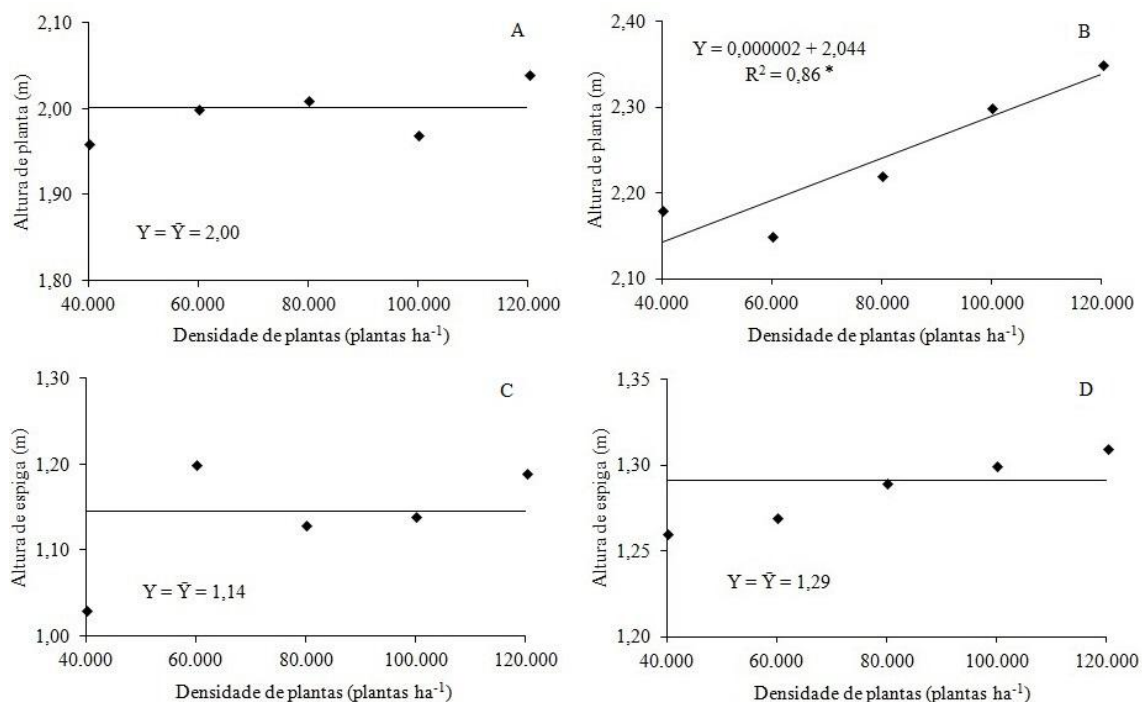


Figura 4.2. Altura de planta e de inserção de espiga de plantas de milho em cultivo de segunda safra em 2013 (A e C) e em 2014 (B e D), em resposta a densidade de plantas. * $p < 0,05$

Conforme observado na segunda safra de 2013, as plantas ao serem submetidas ao regulador de crescimento nos estádios V9 tiveram significativa redução da divisão e alongação celular durante o período considerado como de grande incremento de alongação do colmo (RITCHIE; HANWAY; BENSON, 2003), obtendo-se plantas mais compactas e com menor altura de espiga. O Trinexapac-etil apresenta-se como uma ferramenta de manejo na redução de híbridos de porte alto, pois a altura de planta é a principal característica que o regulador de crescimento deve alterar nas plantas, devido à redução da alongação das células dos entrenós, pela interferência no final da rota metabólica da biossíntese do ácido giberélico (HECKMAN et al., 2002).

A redução de crescimento proporcionada pelo Trinexapac-etil é explicada pela inibição da enzima 3 β -hidroxilase, a qual atua no final da rota da síntese do ácido giberélico (DAVIES, 1987). A redução no nível do ácido giberélico ativo (GA1) é a causa da diminuição do crescimento das plantas (RADEMACHER, 2000) constatada pela menor altura de plantas nesse estudo. Segundo Sangoi et al. (2001) a

menor altura de planta e de inserção de espiga proporciona plantas com seu centro de gravidade mais próximo do solo o que reduz a pré-disposição da cultura ao acamamento. Ainda, a obtenção de plantas com menor altura, tende a reduzir a competição intraespecífica pelos recursos do meio ao alterar a arquitetura foliar, favorecendo o aproveitamento da interceptação luminosa, possibilitando a utilização de novos arranjos populacionais, com incrementos na densidade de plantas.

Em 2014 a altura de planta apresentou ajuste linear em função do incremento de densidade de plantas (Figura 4.2B), sem influência da época de aplicação de TE. Freitas, Nascente e Santos (2013) também verificaram aumentos na altura de planta com acréscimos na densidade de plantas até 80.000 plantas ha⁻¹, em cultivo de segunda safra. Já a altura de inserção de espiga não apresentou influência da densidade de plantas, com altura média de inserção de 1,29 m (Figura 4.2D), sem efeito das épocas de aplicação de TE. Possivelmente o diferente comportamento das características fitométricas nos anos de avaliação está associado à interação entre o genótipo, o ambiente e o manejo da cultura. A densidade ideal de plantas é dependente da cultivar, da disponibilidade hídrica, da fertilidade do solo, da época de semeadura e do espaçamento entre plantas (SANGOI; SILVA; ARGENTA, 2010), podendo estes fatores terem sido a causa da variação de resposta destas características para os anos de cultivo, como visto no presente estudo.

O aumento linear da altura de planta observado na segunda safra de 2014 em função do incremento de densidade de plantas, é explicado por Sangoi et al. (2002), em que a maior competição intraespecífica das plantas pela luz, provoca um maior desenvolvimento e alongação do colmo em busca de luz na parte superior do dossel, o que varia conforme o ambiente e o genótipo empregado. O número de fileiras por espiga foi afetado significativamente pela época de aplicação de TE no ano agrícola de 2013, e pelo fator densidade de plantas e pela interação entre densidade de planta e épocas de aplicação de TE em 2014. Para as variáveis número de grãos por fileira, comprimento e diâmetro de espiga verificou-se significância para o fator densidade de plantas, em ambos os anos de cultivo, sem efeito de épocas de aplicação e interações entre os fatores estudados. A massa de 100 grãos foi alterada pela densidade de plantas e épocas de aplicação de TE para ambos os anos. A produtividade de grãos não foi alterada significativamente em 2013 pelos fatores em estudo, em 2014 apresentou significância apenas para o fator épocas de aplicação de TE, sem efeito de densidade de plantas e interação entre estes fatores (Tabela 4.3).

Tabela 4.3. Resumo da análise de variância de número de fileiras por espiga (NFE), número de grãos por fileira (NGF), comprimento da espiga (CE), diâmetro da espiga (DE), massa de 100 grãos (M100G) e produtividade de grãos (PG) em função de densidades de plantas e épocas de aplicação de Trinexapac-etil na cultura do milho de segunda safra. Londrina – PR, 2015.

Fonte de variação	Características fitométricas												
	NFE		NGF		CE (cm)		DE (cm)		M100G (g)		PG (kg ha ⁻¹)		
Época	2013	2014	2013	2014	2013	2014	2013	2014	2013	2014	2013	2014	
Testemunha	16,74 ab	17,10	29,57	25,32	14,75	12,60	4,62	4,54	29,16 a	15,36 a	4058,71	3984,79 b	
V6	16,35 b	17,35	29,07	26,56	14,06	12,86	4,59	4,32	27,82 ab	15,95 a	4226,87	4611,28 a	
V9	16,87 a	17,04	29,55	25,36	14,61	12,36	4,56	4,19	26,72 b	13,53 b	4285,32	3941,76 b	
	GL	Quadrado Médio											
Bloco	3	0,1310	0,1510	2,310	2,703	0,720	0,209	0,047	0,581	4,213	5,752	264955,79	85799,65
Densidade (D)	4	0,643 ^{ns}	2,385 [*]	73,577 [*]	52,171 [*]	18,714 [*]	14,819 [*]	0,285 [*]	1,070 [*]	65,533 [*]	9,506 [*]	761635,87 ^{ns}	951756,97 ^{ns}
Época (E)	2	1,438 [*]	0,540 ^{ns}	1,611 ^{ns}	9,892 ^{ns}	2,594 ^{ns}	1,210 ^{ns}	0,022 ^{ns}	0,614 ^{ns}	29,831 [*]	31,787 [*]	276825,24 ^{ns}	2808619,62 [*]
P x E	8	0,222 ^{ns}	0,988 [*]	2,345 ^{ns}	1,476 ^{ns}	1,130 ^{ns}	0,525 ^{ns}	0,023 ^{ns}	0,344 ^{ns}	12,280 ^{ns}	1,654 ^{ns}	476121,43 ^{ns}	687265,24 ^{ns}
C.V. (%)		3,49	3,50	7,01	8,90	7,75	7,12	4,22	13,35	10,8	13,36	18,52	17,4

ns = não-significativo pelo teste F; * significativo p < 0,05 pelo teste F.

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si, em nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Em 2013, o número de fileiras por espiga não foi afetado pela densidade de plantas, com média de 16,7 (Figura 4.3A), sendo reduzido com a aplicação de TE no estádio V6 que não diferiu da testemunha, contudo foi menor do que a aplicação no estádio V9. Freitas, Nascente e Souza (2013) em cultivo de segunda safra também não constataram variação no número de fileiras de grãos em função da densidade de plantas (20.000; 40.000; 60.000 e 80.000 plantas ha⁻¹) em espaçamento reduzido de 0,50 m. A redução do número de fileiras por espiga com a aplicação de TE no estádio V6, pode estar relacionado ao fato de que nessa fase no estádio V6 se inicia a definição deste componente de produção (RITCHIE; HANWAY; BENSON, 2003). No entanto, Zagonel e Ferreira (2013) não constataram alteração do número de fileiras por espiga de plantas de milho com a aplicação de TE nos estádios V2, V4, V6 e V8, para os híbridos Status TL e Maximus TLTG. Do mesmo modo, Pricinotto et al. (2015) não observaram redução do número de fileiras por espiga de plantas de milho cultivadas em casa de vegetação, com incremento de doses de Trinexapac-etil (0, 125, 250 e 375 g i .a. ha⁻¹), com aplicação no estádio V6, obtendo-se número médio de 16,6 fileiras por espiga.

O desdobramento da interação densidade de plantas e épocas de aplicação de TE para o número de fileiras por espiga em 2014 está apresentado na Figura 4.3B.

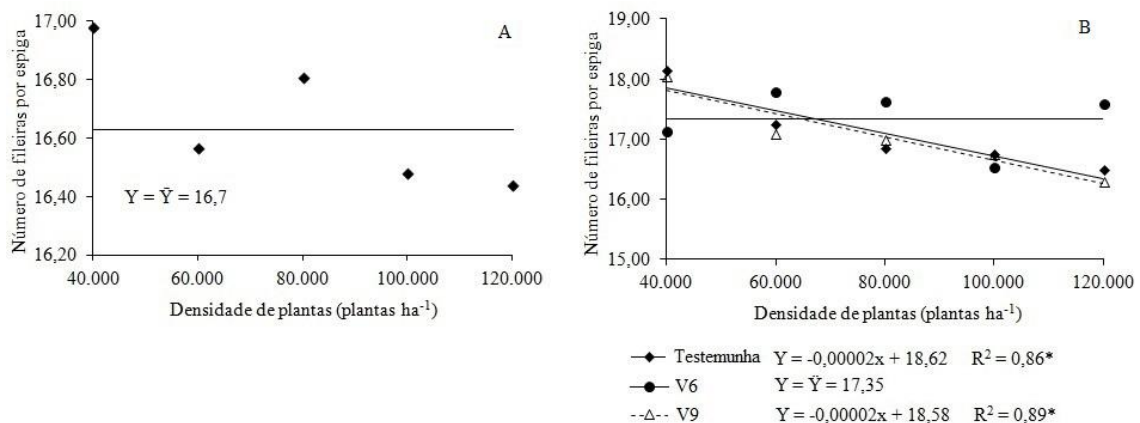


Figura 4.3. Média do número de fileiras por espiga de milho para efeito isolado da densidade de plantas em 2013 (A), e da interação densidade de plantas e épocas de aplicação de Trinexapac-etil em 2014 (B). * $p < 0,05$

Para a testemunha e a aplicação de TE no estádio V9 houve ajuste linear decrescente em resposta aos acréscimos na densidade de plantas para o número de fileiras por espiga, sem efeito significativo para a aplicação em estádio V6, com média de 17,35. Pricinotto (2014) avaliando densidades de plantas de milho (40.000, 60.000, 80.000, 100.000

e 120.000 plantas ha⁻¹) associadas à aplicação de doses de Trinexapac-etil (0, 100, 200, 300 e 400 g de i. a. ha⁻¹) no estádio V6, verificaram ausência de diferenças significativas para a variável número de fileiras por espiga. O mesmo comportamento foi observado por Freitas, Nascente e Santos (2013) em cultivo de milho segunda safra com acréscimos na densidade de até 80.000 plantas ha⁻¹.

Na Tabela 4.4 está apresentado o desdobramento da interação dos fatores estudados (épocas de aplicação de TE em função da densidade de plantas) para o número de fileiras por espiga de plantas de milho cultivadas em 2014.

Tabela 4.4. Desdobramento da interação para médias de número de fileiras por espiga de plantas de milho cultivadas em 2014, em função da densidade de plantas e épocas de aplicação de Trinexapac-etil.

Densidade de plantas	Épocas de aplicação de Trinexapac-etil		
	Testemunha	V6	V9
40.000	18,15 a	17,15 a	18,05 a
60.000	17,25 a	17,80 a	17,10 a
80.000	16,85 a	17,65 a	17,00 a
100.000	16,75 a	16,55 a	16,75 a
120.000	16,50 b	17,60 a	16,30 b

Médias seguidas de mesma letra minúsculas na linha para efeito de épocas de aplicação, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade.

Para a densidade de 120.000 plantas ha⁻¹ a aplicação de TE em V6 promoveu aumento no número de fileiras por espiga, no entanto, nas demais densidades de plantas as épocas de aplicação de Trinexapac-etil não influenciaram essa característica. Comportamento divergente ao observado no ano de 2013 para a mesma característica, pois no estádio V6 ocorre o início da definição do número de fileiras por espiga (RITCHIE; HANWAY; BENSON, 2003), coincidindo com a aplicação do regulador de crescimento. No entanto, o comportamento dos componentes de produção em resposta ao regulador de crescimento não está elucidado para a cultura do milho, podendo o regulador apresentar ou não incrementos para estes componentes dependendo da época de aplicação, com influência do genótipo, do manejo da cultura e condições climáticas, como observado para a cultura do trigo por Zagonel, Venancio e Kunz (2002).

O incremento na densidade de plantas reduziu as variáveis número de grãos por fileira, comprimento e diâmetro de espiga, para ambos os anos de cultivo (Figura 4.4). Estes resultados corroboram os de Marchão et al. (2005) observaram redução do comprimento e diâmetro da espiga e do número de grãos por fileira com o incremento da densidade de

plantas de milho. Os autores ainda afirmam que a densidade de plantas parece exercer maior influência sobre o comprimento e, conseqüentemente, sobre o número de grãos por fileira na espiga. Em cultivo de segunda safra, Penariol et al. (2003) observaram redução do número de grãos por espiga com o aumento na densidade de 40.000 para 80.000 plantas ha⁻¹.

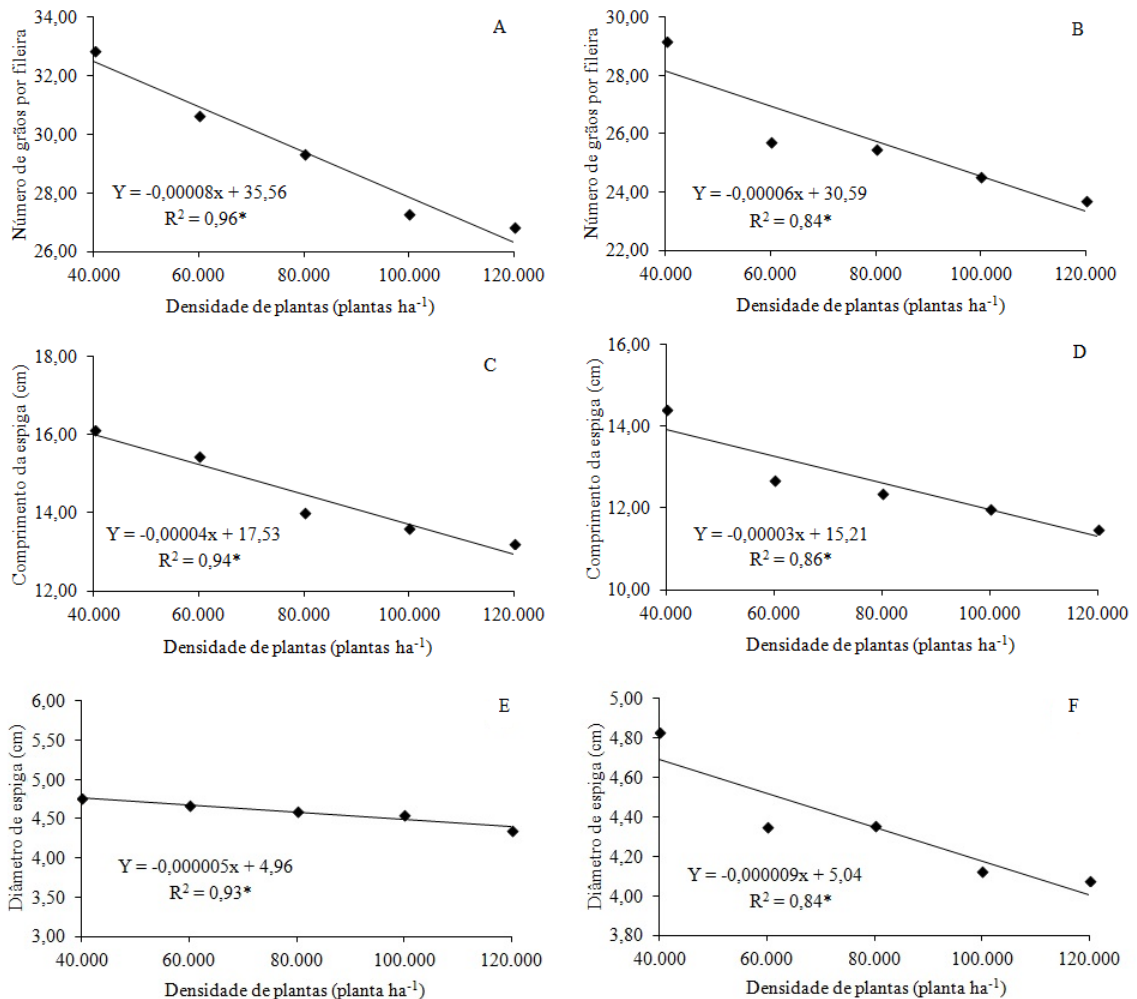


Figura 4.4. Número de grãos por fileira, comprimento e diâmetro da espiga de plantas de milho em cultivo de segunda safra em 2013 (A, C e E) e em 2014 (B, D e F), em resposta a densidade de plantas. * $p < 0,05$

Os resultados do presente estudo são coerentes com os obtidos por Kappes et al. (2011) e Souza et al. (2013), que evidenciaram progressiva redução no comprimento e diâmetro de espiga em função do aumento da densidade de plantas. Conforme Setter, Flannigan e Melkonian (2001), a adoção de altas densidades populacionais limita o suprimento de fotoassimilados às espigas logo após a fertilização, o que ocasiona o aborto dos grãos que se encontram em início de formação. Segundo Sangoi (2001) a competição das plantas pela radiação solar incidente, por nutrientes e água, determina a formação da espiga,

sobretudo em cultivo com espaçamento reduzido, que pode implicar em um déficit de suprimento de carbono e nitrogênio para as plantas. Conseqüentemente, pode haver um incremento da esterilidade das plantas e um decréscimo do número de grãos por espiga e, também, da massa dos grãos, devido a redução no desenvolvimento dos grãos na parte superior da espiga, que muitas vezes não se desenvolve, mesmo que tenha ocorrido fertilização dos óvulos.

De acordo com Penariol et al. (2003), a competição das plantas pelos fatores de produção são ainda maiores durante a segunda safra, em virtude das condições meteorológicas desfavoráveis, com decréscimos na radiação incidente e temperatura, bem como menores precipitações e distribuição irregular das chuvas durante o ciclo da cultura. Nestas condições, recomenda-se a adoção de uma população de plantas de 10 a 20% menor do que a da época tradicional de cultivo, cerca de 60.000 plantas ha⁻¹. No presente estudo foram estudadas densidades superiores ao indicado para a segunda safra e, segundo Sangoi (2001) o adensamento excessivo incrementa a competição intraespecífica por fotoassimilados, principalmente no estágio de florescimento da cultura, o que estimula a dominância apical, aumentando a esterilidade feminina e limitando a produção de grãos por área.

A massa de 100 grãos foi reduzida linearmente conforme os acréscimos na densidade de plantas para ambos os anos de avaliação (Figura 4.5), o mesmo foi observado nos trabalhos de Pereira et al. (2008) e Farinelli, Penariol e Fornasieri Filho (2012). De acordo com Sangoi (2001) possivelmente esta redução está associada ao aumento da competição intraespecífica por água, nutrientes e luz.

Houve redução da massa de 100 grãos com a aplicação de TE em V9 diferindo da testemunha sem aplicação em 2013, e dos demais tratamentos em 2014 (Tabela 4.3). Zagonel e Ferreira (2013) não constatam efeito significativo da aplicação de Trinexapac-etil nos estádios V2, V4, V6 e V8 para o híbrido Status TL e Maximus TLTG sobre a massa de 1000 grãos. No entanto, Pricinotto et al. (2015) observaram redução da massa de 100 grãos para a cultivar Status Viptera, com incremento de doses de Trinexapac-etil aplicado em V6. A redução da altura de planta e, possivelmente de área foliar, proporcionada pelo TE pode estar aliada a redução na quantidade de fotoassimilados destinados ao enchimento, definindo menor massa de grãos como observado na cultura de trigo por Espindula et al. (2011).

A produtividade de grãos não foi influenciada pelas densidades de plantas (Figura 4.5C e D). Conforme dados meteorológicos apresentados na Figura 4.1, é provável que a baixa disponibilidade hídrica a partir dos 40 dias após a semeadura no ano de 2013, durante o desenvolvimento vegetativo abrangendo fases importantes de definição de componentes de

produção como o número de grãos por fileiras, bem como a estiagem principalmente no período que antecedeu o florescimento em 2014, tenham afetado a produtividade de grãos e a resposta aos fatores estudados.

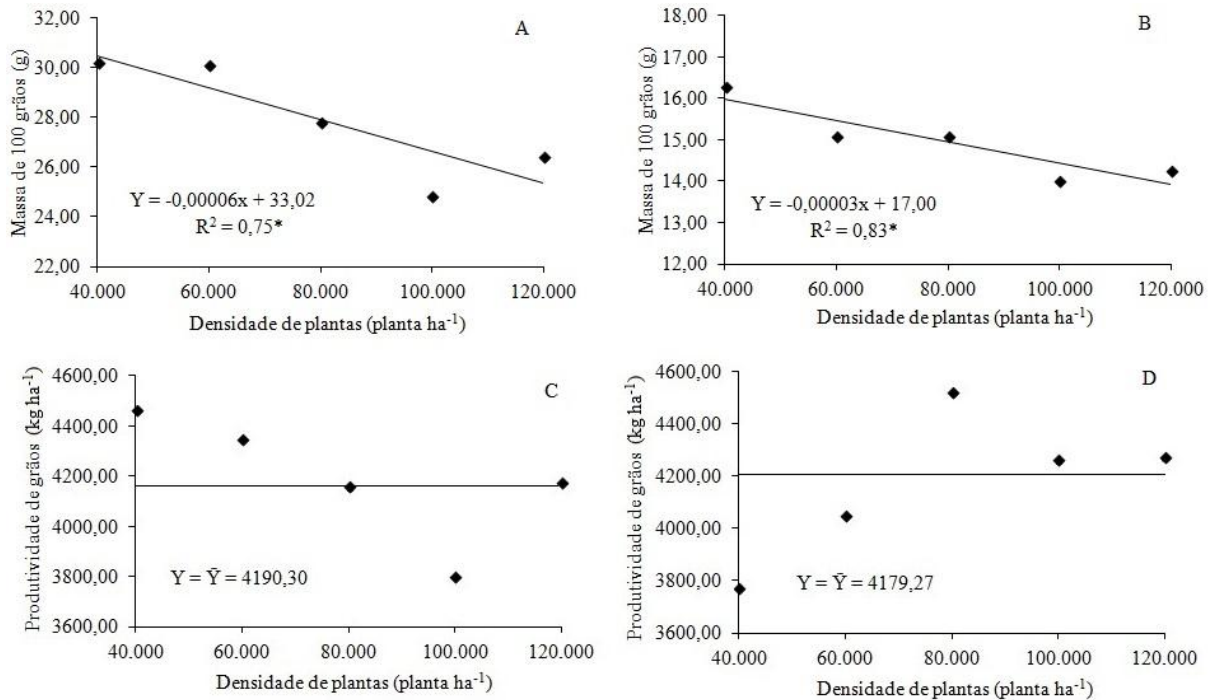


Figura 4.5. Massa de 100 grãos e produtividade de grãos em cultivo de segunda safra em 2013 (A e C) e em 2014 (B e D), em resposta a densidade de plantas. * $p < 0,05$

Conforme Fornasieri Filho (2007) deficiências hídricas e/ou nutricionais a partir do estágio V12 podem conduzir a séria redução no número potencial de grãos e no tamanho da espiga. Ainda, o período compreendido entre duas semanas antes e duas semanas após o florescimento, entre os estádios V15 e R2, constitui-se na fase mais crítica do ciclo da cultura a estresses ambientais, resultado em acentuada redução no rendimento de grãos. Possivelmente estas limitações impediram a expressão do potencial genético da cultivar, com baixa resposta da cultura aos incrementos de densidade de plantas, podendo ser explicado pela semadura próxima ao limite recomendado para a região. Segundo Cardoso, Faria e Folegatti, (2004) os riscos de estabelecimento do milho segunda safra aumentam com o atraso da semadura a partir de fevereiro, com decréscimos de rendimentos de até 38% da produtividade potencial e de 44% da produtividade sob restrição hídrica à medida que se atrasa a semadura, devido à coincidência dos períodos críticos de desenvolvimento com condições subótimas de radiação solar, temperatura e disponibilidade hídrica.

Diante destas limitações obteve-se produtividade média de 4190,80 kg ha⁻¹ e

4179,27 kg ha⁻¹ para o ano agrícola de 2013 e 2014 (Figura 4.5 C e D), respectivamente, segundo o DERAL (2015) a média paranaense para o milho de segunda safra no ano de 2013 foi 4787 Kg ha⁻¹ enquanto para o ano de 2014 foi de 5480 kg ha⁻¹.

Para o ano de 2014, a aplicação de TE no estágio V6 incrementou a produtividade de grãos (Tabela 4.3), sem efeitos significativos para o ano de 2013. Pricinotto (2014) verificou que o uso de Trinexapac-etil favoreceu a produtividade de grãos do híbrido 2B710 HX com incremento máximo de 329,7 kg ha⁻¹ de grãos para a dose de 176 g i. a. ha⁻¹. A ausência de resposta com a aplicação de TE no ano agrícola de 2013 corrobora ao observado por Zagonel e Ferreira (2013) em cultivo de milho primeira safra, avaliando o mesmo híbrido Status, mas com tecnologia TL (resistencia a lepidópteros) e o Maximus TLTG não constataram alteração na produtividade de grãos com a aplicação de TE nas doses 0,0; 187,5; 375,0 e 562,5 g i. a. ha⁻¹ independente da época de aplicação, nos estádios V2, V4, V6 e V8. A diferença de resposta observada para a aplicação de TE nos anos de condução para a variável produtividade de grãos no presente estudo, possivelmente ocorreu devido à interação entre os fatores estudados e os fatores edafoclimáticos presentes em cada cultivo. Penckowski (2009), afirma que a resposta da cultura do trigo ao uso do TE está diretamente ligada a aspectos como a textura do solo, nível de fertilidade e condições meteorológicas. Conforme, as Informações Técnicas para Trigo e Triticale Safra 2015, o uso de Trinexapac-etil para a cultura do trigo não é indicado em caso de deficiência hídrica na fase inicial do desenvolvimento da cultura (CUNHA; CAIERÃO, 2015).

Esperava-se que a redução da altura de planta pelo TE permitisse máxima resposta de rendimentos para maiores densidades populacionais. Contudo, essa interação parece ser mais provável para as condições de milho safra ou para semeadura precoces de milho de segunda safra, em que há maior disponibilidade dos fatores de produção que permitem o incremento da densidade de plantas. As condições favoráveis de água, radiação e temperatura favorecem um maior crescimento e desenvolvimento vegetal com maior competição das plantas na linha. Nestas condições, o TE pode auxiliar na obtenção de plantas mais compactas, com uma arquitetura mais adequada para aproveitar os recursos do meio, com menor competição intraespecífica, o que possibilita acréscimos na densidade de plantas e na redução do espaçamento entre linhas, e favorece o rendimento de grãos.

Na literatura são diversos os estudos que contribuem para identificar a densidade ideal de plantas de híbridos de milho com elevado potencial de rendimento de grãos, com o intuito de determinar o número de plantas que é capaz de explorar de maneira mais eficiente os fatores de produção em milho safra (ALMEIDA et al., 2000; MARCHÃO et

al., 2005; SANGOI et al., 2005; KAPPES et al., 2011; VALLE et al., 2013) e em segunda safra (PENARIOL et al. (2003); FREITAS; NASCENTE; SANTOS, 2013; TAKASU et al., 2014). Os autores relataram que as máximas produtividades foram obtidas com acréscimos na densidade de plantas iguais ou superiores a 80.000 plantas ha⁻¹ de milho. Estes resultados evidenciam que a recomendação de densidade entre 60.000 e 80.000 plantas ha⁻¹ pode ser ampliada em ambientes favoráveis para elevar o rendimento de grãos, desde que se tenha bom nível de fertilidade no solo, boa disponibilidade hídrica e cultivares resistentes ao acamamento (ALMEIDA et al., 2000; SANGOI; SILVA; ARGENTA, 2010).

Deste modo, para que o incremento de densidade de plantas associado ao espaçamento reduzido possa incrementar o potencial produtivo da lavoura de milho é fundamental que estejam associadas a condições meteorológicas favoráveis, como a disponibilidade hídrica, a fertilidade do solo e a adequada cultivar para região produtora, a fim de potencializar a expressão do genótipo adotado, traduzindo em maior rendimento de grãos na colheita. Para tanto, a época de semeadura tardia implicou em limitadas condições meteorológicas no presente estudo, o que dificultou a expressão do potencial genético do material adotado, prejudicando o rendimento de grãos e até mesmo a possível interação entre os fatores em estudo, épocas de aplicação de Trinexapac-etil e incrementos na densidade de plantas.

São necessários novos estudos em condições meteorológicas mais favoráveis pra buscar resultados concretos que possam responder o comportamento da aplicação de Trinexapac-etil associado ao incremento de plantas por área na cultura do milho de segunda safra. Que esta associação possibilite o aumento da densidade de plantas, adoção de espaçamento reduzido e a aplicação de altas doses de nitrogênio, sendo os riscos de acamamento amenizado com a aplicação do regulador de crescimento, possibilitando o aumento da densidade de plantas visando o aumento da produtividade de grãos por área.

4.5 CONCLUSÃO

Incrementos na densidade de plantas aumenta a altura de planta, reduz o número de grãos por fileira, o comprimento e o diâmetro de espiga e massa de 100 grãos, sem influência na produtividade de grãos.

A aplicação de Trinexapac-etil no estágio V9 reduz a altura de planta e de inserção de espiga e a massa de 100 grãos, e favorece o número de fileiras por espiga.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, M. L.; MEROTTO JÚNIOR, A.; SANGOI, L.; ENDER, M.; GUIDOLIN, A. F. Incremento na densidade de plantas: uma alternativa para aumentar o rendimento de grãos de milho em regiões de curta estação estival de crescimento. **Ciência Rural**, v. 30, n.1, p. 23-29, 2000.
- CARDOSO, C. O.; FARIA, R. T. de; FOLEGATTI, M. V. Simulação do rendimento e riscos climáticos para o milho safrinha em Londrina - PR, utilizando o modelo CERES-Maize. **Engenharia Agrícola**, v. 24, n.2, p.291-300, 2004.
- CUNHA, G. R.; CAIERÃO, E. **Informações técnicas para trigo e triticale** safra 2015 / VIII Reunião da Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale. Brasília, DF: Embrapa, 2014. 229 p.
- 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.
- DERAL - Departamento de Economia Rural. **Acompanhamento de safra brasileira de Grãos 2015**. Disponível em: <<http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/pss.xls>>. Acesso em: 16 out. 2015.
- DUARTE, A. P., CRUZ, J. C. Manejo do solo e semeadura do milho safrinha. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE MILHO SAFRINHA, 6., 2001, Londrina. **Anais...** Londrina: IAPAR, 2001. p. 45-71.
- EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2. ed. Embrapa Solos, Rio de Janeiro. 2006. 306p.
- ESPINDULA, M.C.; ROCHA, V.S.; SOUZA, L.T.; SOUZA, M.A.; CAMPANHARO, M.; GROSSI, J.A.S. Rates of nitrogen and growth retardant trinexapac-ethyl on wheat. **Ciência Rural**, v. 41, n.12, p. 2045-2052, 2011.
- FARINELLI, R.; PENARIOL, F.G.; FORNASIERI FILHO, D. Características agronômicas e produtividade de cultivares de milho em diferentes espaçamentos entre linhas e densidades populacionais. **Científica**, v.40, n.1, p.21-27, 2012.
- FERREIRA, D.F. **SISVAR** - Sistema de análise de variância. Versão 5.3. Lavras-MG: UFLA, 2010.
- FORNASIERI FILHO, D. **Manual da cultura do milho**. São Paulo: FUNEP, 2007. 576 p.
- FREITAS, R.J.; NASCENTE, A.S.; SANTOS, F.L.S. População de plantas de milho consorciado com *Urochloa ruziziensis*. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 43, n. 1, p.79-87, 2013.
- HECKMAN, N.L.; ELTHON, T.E.; HORST, G.L.; GAUSSOIN, R.E. Influence of Trinexapac-ethyl on respiration of isolated wheat mitochondria. **Crop Science**, v.42, n.2, p.423-427, 2002.

IAPAR. **Sistema de monitoramento agroclimático do Paraná.** Disponível em: <http://www.iapar.br/arquivos/Image/monitoramento/Medias_Historicas/Londrina.htm>. Acesso em: 08 maio 2015.

IAPAR. **Sugestão de adubação e calagem para culturas de interesse econômico no Estado do Paraná.** Londrina, 2003. 30 p. (Circular técnica, 128)

IAPAR. **Zoneamento agrícola:** Milho. Disponível em: <<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=1089>>. Acesso em: 10 jun 2015b.

KAPPES, C.; ANDRADE, J.A.C.; ARF, O.; OLIVEIRA, A.C.; ARF, M.V.; FERREIRA, J.P. Arranjo de plantas para diferentes híbridos de milho. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 41, n. 3, p. 348-359, 2011.

MARCHÃO, R.L.; BRASIL, E.M.; DUARTE, J.B.; GUIMARÃES, C.M.; GOMES, J.A. Densidade de plantas e características agronômicas de híbridos de milho sob espaçamento reduzido entre linhas. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.35, n.2, p.93-101, 2005.

MATYSIAK, K. Influence of Trinexapac-etil on growth and development of winter wheat. **Journal of Plant Protection Research**, v.46, n.2, p.133-143, 2006.

MUNDSTOCK, C.M.; SILVA, P.R.F. **Manejo da cultura do milho para altos rendimentos de grãos.** Evangraf: Porto Alegre, 2005. 51p.

PENARIOL, F.G.; FORNASIERI FILHO, D.; COICEV, L.; BORDIN, L. & FARINELLI, R. Comportamento de cultivares de milho semeadas em diferentes espaçamentos entre linhas e densidades populacionais, na safrinha. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.2, n.2, p.52-60, 2003.

PENCKOWSKI, L.H. **Utilizando regulador de crescimento na cultura do trigo: Aspectos importantes para garantir bons rendimentos.** 2.ed. Passo Fundo: Fundação ABC. 2009, 60p.

PEREIRA, F.R.S; CRUZ, S.C.S.; ALBUQUERQUE, A.W.; SANTOS, J.R.; SILVA, E.T. Arranjo espacial de plantas de milho em sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.12, n.1, p. 69-74, 2008.

PRICINOTTO, L.F. **Densidades populacionais e regulador de crescimento em híbridos de milho com diferentes arquiteturas.** 2014. 111 fls. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2014.

PRICINOTTO, L. F. ; ZUCARELI, C. ; FONSECA, I.C.B. ; OLIVEIRA, M. A.; FERREIRA, A. S. ; SPOLAOR, L. T. Trinexapac-etil in the vegetative and reproductive performance of corn. **African Journal of Agricultural Research**, v.10, n.14, p.1735-1742, 2015.

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.

RAIJ, B.V.; QUAGGIO, A.J. **Métodos de análise de solo para fins de fertilidade.** Campinas: Instituto Agrônomo, 1983. 31p.

RITCHIE, S.W. HANWAY, J.J.; BENSON, G.O. **Como a planta de milho se desenvolve**. Piracicaba: Potafos, 2003. 20p. (Informações Agronômicas, 103).

SANGOI, L.; ALMEIDA, M.L.; GRACIETTI, M.A.; HORN, D.; SCHWEITZER, C.; SCHMITT, A.; BIANCHET, P. Rendimento de grãos, produção e distribuição de massa seca de híbridos de milho em função do aumento da densidade de plantas. **Revista Brasileira de Agrocência**, v.11, n.1, p. 25-31, 2005.

SANGOI, L.; ALMEIDA, M.L.; SILVA, P.R.F.; ARGENTA, G. Bases morfológicas para maior tolerância dos híbridos modernos de milho a altas densidades de plantas. **Bragantia**, v.61, n.2, p. 101-110, 2002.

SANGOI, L.; SILVA, P.R.F.; ARGENTA, G. **Estratégias de manejo do arranjo de plantas para aumentar o rendimento de grãos de milho**. Lages: Graphel, 2010. 64p.

SANGOI, L. Understanding plant density effects on maize growth and development: an important issue to maximize grain yield. **Ciência Rural**, v.31, n.1, p.159-168, 2001.

SCHMITT, A. **Arranjo de plantas para maximizar o desempenho agrônômico do milho em ambientes de alto manejo**. 2014. 226 fls. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2014.

SETTER, T.M.; FLANNINGAN, B.A.; MELKONIAN, J. Loss of kernel set due to water deficit and shade in maize: carbohydrate supplies, abscisic acid, and cytokinins. **Crop Science**, v. 41, n. 5, p. 1530-1540, 2001.

SOUZA, R.S.; VIDIGAL FILHO, P.S.V.; SCAPIM, C.A.; MARQUES, O.J.; QUEIROZ, D.C.; OKUMURA, R.S.; RECHE, D.L.; CORTINOVE, V.B. Produtividade e qualidade do milho doce em diferentes populações de plantas. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 3, p. 995-1010, 2013.

STRIEDER, M.L.; SILVA, P.R.F. da; ARGENTA, G.; RAMBO, L.; SANGOI, L.; SILVA, A.A. da; ENDRIGO, P.C. A resposta do milho irrigado ao espaçamento entrelinhas depende do híbrido e da densidade de plantas. **Ciência Rural**, v.37, p.634-642, 2007.

SYNGENTA. **Milho híbrido Status Viptera**. Disponível em: <http://www.syngenta.com/country/br/pt/produtosemarcas/sementes/Pages/MILHO-HIBRIDO-STATUS.aspx>. Acesso em: 12 maio de 2015.

TAKASU, A.T.; RODRIGUES, R.A.F.; GOES, R.J.; ARF, O.; HAGA, K.I. Desempenho agrônômico do milho sob diferentes arranjos populacionais e espaçamento entre linhas. **Agrarian**, v.7, n.23, p.34-41, 2014.

VALLE, I.C.A.; ALVES, J.M.A.; SILVA, L.S.; UCHÔA, S.C.P.; ALBUQUERQUE, J.A.A.; SILVA, D.C.O. Produção do milho híbrido 30F35HR cultivado na savana de Roraima em diferentes densidades de semeadura. **Revista Agro@mbiente**, v.7, n.3, p. 294-303, 2013.

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**, v.25, n.2, p.331-339, 2007.

ZAGONEL, J.; FERREIRA, C. Doses e épocas de aplicação de regulador de crescimento em híbridos de milho. **Planta Daninha**, v.31, n.2, p.395-402, 2013.

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

5 ARTIGO C: TRINEXAPAC-ETIL ASSOCIADO À ADUBAÇÃO NITROGENADA NO DESEMPENHO AGRONÔMICO DO MILHO DE SEGUNDA SAFRA

5.1 RESUMO E ABSTRACT

RESUMO

Com o intuito de reduzir o porte das plantas e conseqüentemente o risco de acamamento, surgiram estudos relacionados ao uso de regulador de crescimento vegetal Trinexapac-etil que atua reduzindo o crescimento das plantas, favorecendo a responsividade da cultura à adubação nitrogenada. Com o objetivo de avaliar o desempenho agrônômico do milho de segunda safra, submetido à aplicação de Trinexapac-etil e cultivado com diferentes doses de adubação nitrogenada em cobertura, um estudo foi conduzido em condições de campo na segunda safra de 2013 e de 2014, utilizando a cultivar de milho híbrido Status Viptera cultivada em Latossolo Vermelho distroférico, em Londrina - PR. Foram avaliados oito tratamentos sob o delineamento experimental de blocos casualizados, em esquema fatorial 4 x 2, com quatro doses de adubo nitrogenado em cobertura (0, 50, 100 e 150 kg ha⁻¹), combinados com dois níveis de Trinexapac-etil (presença e ausência), com quatro repetições. Utilizou-se como fonte o sulfato de amônio (21%N) aplicado no estádio V6. Foram avaliados as características fitométricas, os componentes de produção e a produtividade de grãos. O aumento das doses de nitrogênio em cobertura favorece e, a aplicação de Trinexapac-etil reduz a área foliar do milho de segunda safra. A aplicação de Trinexapac-etil e de adubação nitrogenada em cobertura não altera a altura de planta, os componentes de produção e a produtividade de grãos do milho cultivado em segunda safra.

Palavras-chave: *Zea mays* L., regulador de crescimento, área foliar, rendimento.

ABSTRACT

In order to reduce the size of the plant and consequently the risk of lodging, new studies have emerged to the use of trinexapac-ethyl acting reducing plant growth, favoring the responsiveness of the crop to nitrogen fertilization. In order to evaluate the agronomic performance of the second crop corn, submitted to the application of Trinexapac-ethyl and cultivated with different doses of nitrogen fertilization, a study in field conditions was conducted in the second crop of 2013 and 2014, using the hybrid corn Status Viptera grown in Oxisol, Londrina - PR. We evaluated eight treatments under the experimental design of randomized blocks in a factorial 4 x 2, corresponding to four nitrogen fertilizer doses (0, 50, 100 and 150 g ha⁻¹) combined with two levels of Trinexapac-ethyl (presence or absence), with four replications. Biometric indexes, components of production and crop yield were evaluated. Increase of doses of nitrogen on coverage favors the leaf area and application of trinexapac-ethyl reduces on second corn crop. Trinexapac-ethyl and doses of nitrogen application on coverage do not alter height plant, yield components and grain yield from second corn crop.

Keywords: *Zea mays* L., plant growth regulator, leaf area, yield.

5.2 INTRODUÇÃO

O milho destaca-se como componente indispensável no sistema brasileiro de produção de grãos, fazendo parte dos sistemas de rotação de culturas, e favorecendo a expansão das áreas de semeadura direta. Deste modo, intensificaram-se importantes mudanças no sistema de cultivo do milho no Brasil, caracterizada pela divisão da produção em duas épocas de cultivo, primeira e segunda safra. Até 2012, o cultivo de verão era considerado o principal período de cultivo deste cereal, com cerca de 60% da safra nacional, mas nos últimos anos foi ultrapassado pela semeadura de segunda safra, em razão da forte concorrência com o cultivo de soja no verão (CONAB, 2015).

A produtividade média da cultura do milho no país não reflete o bom nível tecnológico adotado por alguns agricultores brasileiros voltados para lavouras comerciais, uma vez que as médias são obtidas pela produção nas mais diferentes regiões, com diferentes sistemas de cultivo, finalidades e níveis tecnológicos (DEMÉTRIO et al., 2008). De modo geral, a obtenção de altos rendimentos depende da população empregada, sendo função da capacidade suporte do meio e do sistema de produção adotado; do índice e da duração da área foliar fotossintética ativa; da época de semeadura, visando melhor aproveitamento dos recursos do meio, bem como da adequada distribuição espacial de plantas na área, em conformidade com as características genotípicas. Estes fatores devem estar associados ao manejo correto da adubação nitrogenada em cobertura que contribui positivamente para o aumento da produtividade da cultura (FANCELLI E DOURADO NETO, 2004).

Para o cultivo de milho na segunda safra, deve-se considerar que a competição das plantas pelos fatores de produção, como luz, água e nutrientes, são ainda maiores, em virtude das condições meteorológicas desfavoráveis, com decréscimos na radiação incidente e temperatura, bem como menores precipitações e distribuição irregular das chuvas durante o ciclo da cultura (PENARIOL et al., 2003). De acordo com estas limitações sugere-se uma população de plantas menor do que da época tradicional de cultivo e aplicação de doses de nitrogênio de acordo com a responsividade do híbrido, das condições edafoclimáticas, do sistema de cultivo e principalmente da época de semeadura.

O milho é uma das culturas mais exigentes em fertilizantes, especialmente os nitrogenados, sendo importante o suprimento no estágio inicial de desenvolvimento da planta, período de intensa absorção (BASSO; CERETTA, 2000). Na literatura são comuns trabalhos que demonstram efeito positivo da adubação nitrogenada nas características fitométricas e componentes de produção para a cultura do milho, com relatos de aumento na

altura de plantas, na massa e comprimento de espiga, no número de fileiras de grãos por espiga, na massa e na produtividade de grãos (SILVA; OLIVEIRA; SILVA, 2003; FERNANDES et al., 2005; DUETE et al., 2008; ZUCARELI et al., 2014). Ainda, estudos com genótipos, densidades de planta e níveis de nitrogênio, evidenciam que à medida que se eleva a densidade de plantas, são necessárias maiores doses de N (SHIOGA; OLIVEIRA; GERAGE, 2004; AMARAL FILHO et al., 2005; MENDES et al., 2011). O aumento das doses de N associado à incrementos na população de plantas, pode favorecer o desenvolvimento vegetativo, no entanto, a maior altura de plantas e de inserção de espigas, pode ocasionar o acamamento e a quebra das plantas, acarretando prejuízos na qualidade do produto final e na produtividade de grãos.

Com o intuito de reduzir o porte das plantas e conseqüentemente o risco de acamamento e quebramento de plantas, surgiram estudos relacionados ao uso de reguladores de crescimento, como o Trinexapac-etil (TE), que atua reduzindo a elongação das células dos entrenós, interferindo no final da rota metabólica da biossíntese do ácido giberélico (HECKMAN et al., 2002), sendo a redução no nível do ácido giberélico ativo (GA1) a causa da diminuição do crescimento das plantas (RADEMACHER, 2000). Os resultados de pesquisas mostram eficiência do produto em diversas culturas, principalmente os cereais, com redução do porte de plantas de trigo (ZAGONEL et al., 2002), de cevada (AMABILE et al., 2004) e de gramados (COSTA et al., 2009), retardando o crescimento vegetativo e conseqüentemente postergando os cortes. Já na cultura do milho, o Trinexapac-etil tem sido utilizado experimentalmente, com respostas que variam em função da cultivar, dose, épocas de aplicação e elementos climáticos, destacando-se os trabalhos de Zagonel e Ferreira (2013), Zanella et al. (2014) e Pricinotto et al. (2015).

Para a cultura do milho, o Trinexapac-etil surge como uma alternativa para a redução do porte das plantas, podendo reduzir o acamamento, com aumento da responsividade da cultura à doses de adubação nitrogenada. Deste modo, realizou-se o trabalho com o objetivo de avaliar o desempenho agrônômico do milho de segunda safra, submetido à aplicação de Trinexapac-etil e cultivado com diferentes doses de adubação nitrogenada em cobertura.

5.3 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido na Fazenda Escola da Universidade Estadual de Londrina (FAZESC-UEL), localizada no município de Londrina-PR, que se encontra a 23°20'32" S, 51°12'32" W, com altitude de 580 m.

O clima característico da região de acordo com a classificação de Köppen é do tipo Cfa, ou seja, clima subtropical úmido mesotérmico, com verões quentes e geadas pouco frequentes. As chuvas tendem a se concentrar nos meses de verão, sem estação seca definida e com precipitação média anual de 1.605 mm e insolação média anual de 7,12 horas por dia (IAPAR, 2015a). Os dados meteorológicos do período de condução do estudo foram obtidos junto à estação Meteorológica do Instituto Agrônomo do Paraná (Figura 5.1).

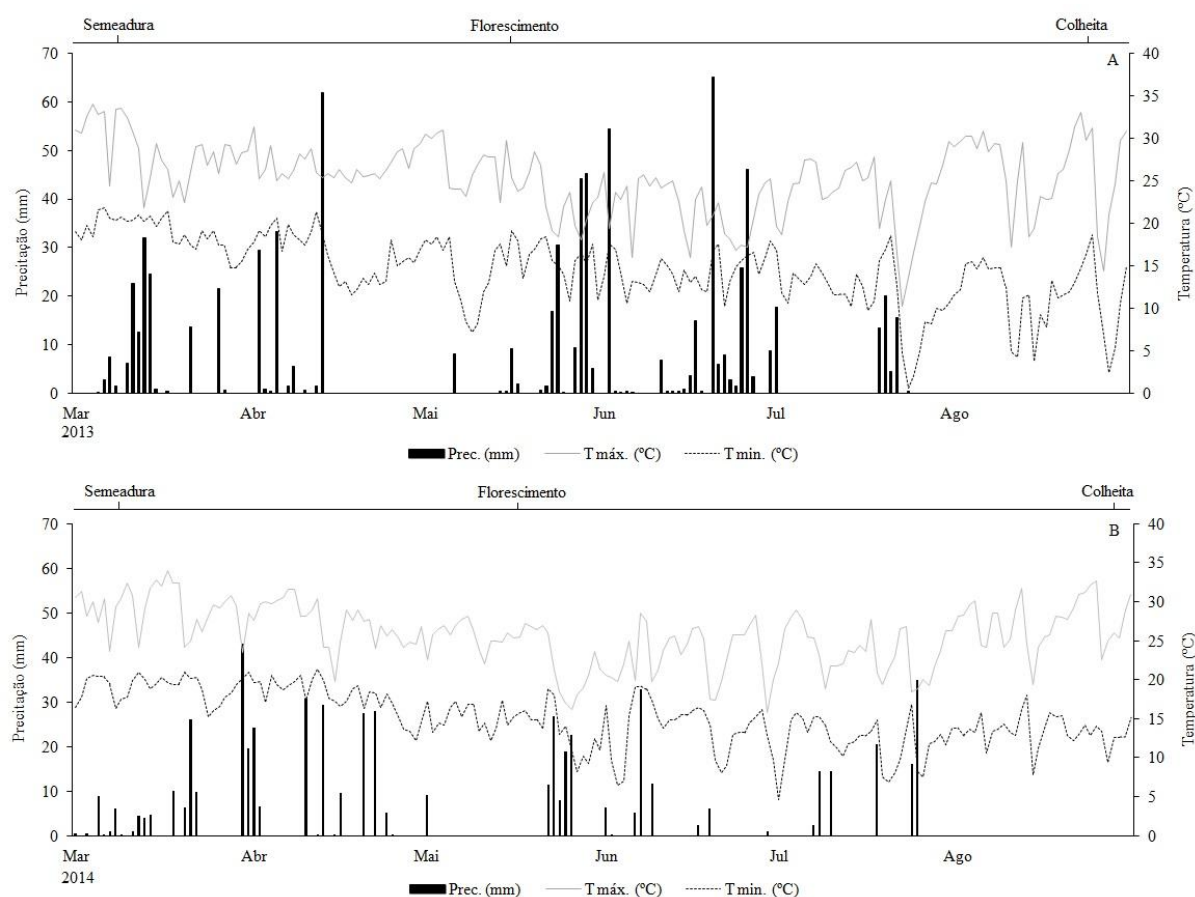


Figura 5.1. Dados diários de temperaturas máximas e mínimas e de precipitação pluvial durante o período de condução do milho de segunda safra em 2013 (A) e 2014 (B), Londrina – PR.

A pesquisa foi realizada na segunda safra em dois anos agrícolas (2013 e 2014), com sementeira no dia 06 de março em ambos os anos, em Latossolo Vermelho distroférico (EMBRAPA, 2006). A instalação dos ensaios seguiu as recomendações do

zoneamento climático do Instituto Agrônômico do Paraná (IAPAR, 2015b) que recomenda a semeadura da cultura do milho segunda safra para a região de Londrina-PR até a data limite do dia 10 de março. Os experimentos foram instalados sob o sistema de semeadura direta na palha. A área em pousio foi dessecada previamente a semeadura com glifosato (0,48 g e. a. ha⁻¹) 3,0L ha⁻¹ em volume de 200L ha⁻¹ de calda. Amostras de solo foram coletadas na profundidade de 0-20 cm para análise química de acordo com a metodologia de Raij e Quaggio (1983).

A adubação de semeadura (N-P-K) foi realizada conforme os resultados da análise química do solo (Tabela 5.1), e baseada na Circular Técnica 128 que apresenta as recomendações para a região (IAPAR, 2003). Desta forma, a adubação de semeadura para o experimento no ano 2013 foi de 250 kg ha⁻¹ do formulado (N-P-K) 08-20-10 e em 2014, 312 kg ha⁻¹ do formulado (N-P-K) 08-28-16.

Tabela 5.1. Caracterização química do solo da área experimental na profundidade de 0-20 cm, ano de 2013 e de 2014. Londrina – PR, 2015.

Ano	pH	H+Al	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	SB	CTC	Al ³⁺	V	P
	CaCl ₂	-----cmolc dm ⁻³ -----							%	mg dm ⁻³
2013	5,49	3,66	4,91	1,37	0,57	6,85	6,86	0,00	65,21	8,08
2014	4,70	2,67	5,45	1,40	0,99	7,84	10,56	0,05	74,24	15,24

*Extratores: Ca, Mg, Al: KCl 1mol L⁻¹; P, K: Mehlich¹; H+Al: método SMP

Utilizou-se a cultivar de milho Status Viptera, indicada para a primeira e segunda safras nas Regiões Sul, Sudeste e Centro-oeste brasileiro. Híbrido simples de ciclo precoce, grão do tipo duro e alaranjado, resistente ao acamamento e com alto potencial produtivo. Cultivar geneticamente modificada resistente a lepidópteros e ao herbicida glifosato (SYNGENTA, 2015). A escolha da cultivar baseou-se no estudo de Pricinotto (2014) que ao avaliar a cultivar Status, com tecnologia TL (resistencia a lepidópteros) obteve resposta positiva a aplicação de Trinexapac-etil. Para atingir a densidade de aproximadamente 55.000 plantas ha⁻¹ realizou-se o desbaste manual na fase de desenvolvimento vegetativo V3, utilizando a escala fenológica da cultura proposta por Ritchie, Hanway e Benson (2003).

O delineamento experimental foi de blocos casualizados, em esquema fatorial 4 x 2, correspondente a quatro doses de adubo nitrogenado de cobertura (0, 50, 100 e 150 kg ha⁻¹), combinados com dois níveis do regulador de crescimento Trinexapac-etil (presença e ausência), com quatro repetições. As parcelas foram constituídas de seis linhas com cinco m de comprimento e espaçamento entre linhas de 0,45 m. A área útil da parcela foi

definida pelas linhas centrais, desprezando 0,5 m das extremidades das mesmas e as linhas laterais.

A adubação nitrogenada de cobertura foi realizada com sulfato de amônio (21% N) quando as plantas encontravam-se com 6 folhas completamente expandidas no estágio V6, aproximadamente 31 dias após a semeadura, conforme descrito por Ritchie, Hanway e Benson (2003).

O regulador de crescimento vegetal foi aplicado via foliar com o uso de pulverizador costal pressurizado (CO₂) com pressão, vazão e volume de calda de 150L ha⁻¹ e adição de 250 g i. a. ha⁻¹ de Trinexapac-etil (Moddus[®]), baseado em Pricinotto (2014). A aplicação ocorreu no estágio de crescimento vegetativo V6 e a testemunha foi composta apenas por água.

Durante o desenvolvimento da cultura a área experimental foi monitorada com relação a pragas, doenças e plantas daninhas. Em 2013, efetuou-se o controle de lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*) no estágio V3 de desenvolvimento vegetativo da cultura, utilizando-se Teflubenzurom na dose de 200 ml ha⁻¹ (150 g i. a. L⁻¹) com volume de calda de 150L ha⁻¹. O controle de doenças foliares ocorreu com a aplicação de fungicida no estágio V6, utilizando o produto Azoxistrobina na dose de 250 ml ha⁻¹. Em 2014, cerca de 50 dias após a semeadura, aplicou-se Teflubenzurom para o controle da lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*), 100 mL ha⁻¹ (150 g i. a. L⁻¹) em volume de 100L ha⁻¹ de calda. Para o controle de cercosporiose foi utilizado Azoxistrobina (200 g i. a. L⁻¹) e Ciproconazol (80 g i. a. L⁻¹), 300 mL ha⁻¹ do produto comercial, em volume de 100L ha⁻¹ de calda. A colheita foi realizada manualmente no estágio R6, quando os grãos apresentavam teor de água médio de 200 g de água kg⁻¹ de grãos, na área útil da parcela.

Foram avaliadas as características fitométricas, os componentes de produção e a produtividade de grãos, na área útil de cada parcela. As características fitométricas foram avaliadas em dez plantas aleatórias, a partir do pleno florescimento da cultura. Altura de planta: com uma régua considerou a distância do colo da planta até a inserção da folha-bandeira, dados médios em m; Altura de inserção da espiga: distância da base da planta até a inserção da primeira espiga, dados médios em m; Área foliar (AF): avaliada em pleno florescimento da cultura com o medidor de área foliar portátil Ci-203 da empresa CID-Bio Science. Foram amostradas seis folhas fotossinteticamente ativas da parte superior de seis plantas, totalizando 36 folhas por parcelas com resultado expresso em cm².

Para os componentes de produção foram colhidas e avaliadas dez espigas ao acaso em cada parcela. Comprimento da espiga: distância entre o primeiro e o último grão da

linha mais longa da espiga desempalhada, valor médio em cm; número de fileiras por espiga e grãos por fileira: contou-se individualmente em cada espiga, o número de fileiras de grãos e para o número de grãos por fileiras, contou-se o número de grãos da fileira mais longa, em ambas avaliações obteve-se o valor médio; diâmetro da espiga e do sabugo: obtido na região mediana da espiga com o auxílio de um paquímetro manual. Após a debulha dos grãos foi obtido o diâmetro do sabugo na região mediana, dados médios em cm; Massa de 100 grãos: Após a debulha das espigas de cada parcela realizou-se a homogeneização do lote e, posteriormente, foram separadas duas repetições de 100 grãos por parcela, os quais foram pesadas em balança digital obtendo-se a massa média em g.

O teor de água dos grãos foi obtido por um medidor de capacitância digital, com o auxílio do aparelho G-600 (Gehaka), ajustado e calibrado para a cultura do milho. A produtividade de grãos foi obtida por meio da debulha e pesagem dos grãos colhidos na área útil da parcela. Os dados foram ajustados em kg ha^{-1} com correção do teor de água médio para 130 g de água kg^{-1} de grãos (13%), umidade de armazenamento para grãos de milho.

Foram verificados a homocedasticidade (Teste de Bartlett) e a normalidade dos erros (Lilliefors) dos dados. Realizou-se a análise de variância com os dados sem transformação. As doses de nitrogênio foram avaliadas por meio da análise de regressão polinomial, e a aplicação de Trinexapac-etil pelo teste Tukey ($p < 0,05$). As análises estatísticas foram realizadas mediante uso do programa estatístico Sisvar (FERREIRA, 2010).

5.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As variáveis altura de planta e de inserção de espiga não foram influenciadas significativamente pelas doses de adubação nitrogenada em cobertura, época de aplicação de Trinexapac-etil e interação entre estes fatores para ambos os anos de cultivo (Tabela 5.2). Constatou-se alteração significativa na área foliar de plantas de milho em resposta a doses de adubação nitrogenada em cobertura em 2013 e 2014, e à aplicação de Trinexapac-etil no ano de 2014 (Tabela 5.2), sem efeito significativo da interação entre os fatores avaliados em ambos os anos de cultivo.

A ausência de resposta ao trinexapac-etil obtida para as variáveis altura de planta e de inserção de espiga corrobora os resultados observados por Zagonel e Ferreira (2013) para as mesmas características fitométricas em cultivo de milho primeira safra, em que o mesmo híbrido Status, mas com tecnologia TL (resistência a lepidópteros) e Maximus

TLTG, não foram afetados pela aplicação deste regulador nas doses de 0,0; 187,5; 375,0 e 562,5 g i. a. ha⁻¹ independente da época de aplicação, nos estádios V2, V4, V6 e V8. No entanto, Pricinotto et al. (2015) obtiveram resultados satisfatórios na redução de altura de planta e de inserção de espiga de plantas de milho cultivar Status Viptera, cultivadas em casa de vegetação, com incremento de doses de Trinexapac-etil (0, 125, 250 e 375 g i. a. ha⁻¹). Ainda, Espindula et al. (2010) avaliaram o efeito de doses e épocas de aplicação de reguladores de crescimento na elongação do colmo de trigo, com aplicação de 62,5; 125,0 e 187,5 g i. a. ha⁻¹ de Trinexapac-etil no estágio 6 (plantas em diferenciação floral, com o primeiro nó visível) e no estágio 8 (plantas com o segundo nó já formado) da escala de Feeks e Large. Os autores observaram que o aumento das doses de Trinexapac-etil reduziu o comprimento do colmo, com efeitos mais acentuados no estágio 8 de desenvolvimento da cultura.

Tabela 5.2. Resumo da análise de variância de altura de planta (AP), altura de inserção de espiga (AE) e área foliar (AF), em função de regulador de crescimento e doses de adubação nitrogenada na cultura do milho de segunda safra. Londrina – PR, 2015.

2013				
Fonte de variação	GL	Características fitométricas		
		AP	AE	AF
Quadrado Médio				
Regulador (R)	1	0,003 ^{ns}	0,001 ^{ns}	112858,82 ^{ns}
Nitrogênio (N)	3	0,004 ^{ns}	0,006 ^{ns}	338119,10 [*]
R x N	3	0,004 ^{ns}	0,004 ^{ns}	11084,45 ^{ns}
Bloco	3	0,022	0,011	545531,94
C.V. (%)		3,73	6,75	11,68
2014				
Fonte de variação	GL	Características fitométricas		
		AP	AE	AF
Quadrado Médio				
Regulador (R)	1	0,002 ^{ns}	0,003 ^{ns}	389652,47 [*]
Nitrogênio (N)	3	0,005 ^{ns}	0,001 ^{ns}	684323,49 [*]
R x N	3	0,015 ^{ns}	0,005 ^{ns}	173486,55 ^{ns}
Bloco	3	0,037	0,029	40493,62
C.V. (%)		4,32	6,51	6,23

ns = não-significativo pelo teste F; * significativo p < 0,05 pelo teste F.

A altura é a principal característica que um regulador de crescimento deve alterar nas plantas. A redução de crescimento promovida pelo Trinexapac-etil é explicada pela

inibição da enzima 3 β -hidroxilase, a qual atua no final da rota da síntese do ácido giberélico (DAVIES, 1987). A redução no nível do ácido giberélico ativo (GA1) é a causa da diminuição do crescimento das plantas (RADEMACHER, 2000). Conforme a ação do Trinexapac-etil, quando aplicado no estágio V6, a planta de milho tende a apresentar redução em altura, pois ocorre diminuição na taxa de divisão e alongação celular, sendo este o estágio de crescimento que a planta encontra-se no início da alongação do colmo (RITCHIE; HANWAY; BENSON, 2003).

Pelo fato da cultura do milho ser exigente ao suprimento de nitrogênio, e este exercer importante função nos processos bioquímicos, como constituinte de moléculas ATP, NADH, NADPH, proteínas, enzimas, ácidos nucleicos, fitocromos e clorofila (TAIZ; ZEIGER, 2009), esperava-se que a adubação nitrogenada promovesse incrementos na altura de planta e de inserção de espiga, comportamento não observado no presente estudo (Tabela 5.2). Do mesmo modo, Casagrande e Fornasieri Filho (2002) não constataram efeito significativo da adubação nitrogenada na altura de planta e de inserção de espiga em milho segunda safra, com a avaliação de híbridos associado a épocas de aplicação de nitrogênio (todo o N na semeadura e todo o N no estágio de cinco a seis folhas) nas doses de N total na forma de uréia (0,30, 60 e 90 kg ha⁻¹ de N).

Escosteguy, Rizzardi e Argenta (1997) também não encontraram diferenças significativas entre doses e épocas de aplicação do N para as mesmas características avaliadas, com aplicação integral ou parcelada das doses de 80 e 160 kg ha⁻¹ de N, em duas épocas de semeadura. Resultados contrastantes foram observados por Mar et al. (2003) e Duete et al. (2008) em cultivo de milho primeira safra e por Gazola et al. (2014) em cultivo de segunda safra, com incrementos na altura de planta e de inserção de espiga de acordo com o aumento da adubação nitrogenada. A ausência de resposta da altura de plantas ao nitrogênio aplicado em cobertura e as características meteorológicas ao crescimento da planta em semeadura tardia na segunda safra, podem ter comprometido a interação com o regulador de crescimento.

A área foliar apresentou ajuste linear crescente em função do aumento de doses de nitrogênio no ano de 2013, com taxa de incremento de aproximadamente 2,75 cm² para cada quilograma de N aplicado em cobertura (Figura 5.2A). Veloso et al. (2009) também observaram aumento linear do índice de área foliar com o incremento das doses de N (0, 50, 100, 150 e 200 kg ha⁻¹ N), variando de 2,47 a 3,43 m² de folha m⁻² de solo, para o híbrido simples Pioneer 30P70.

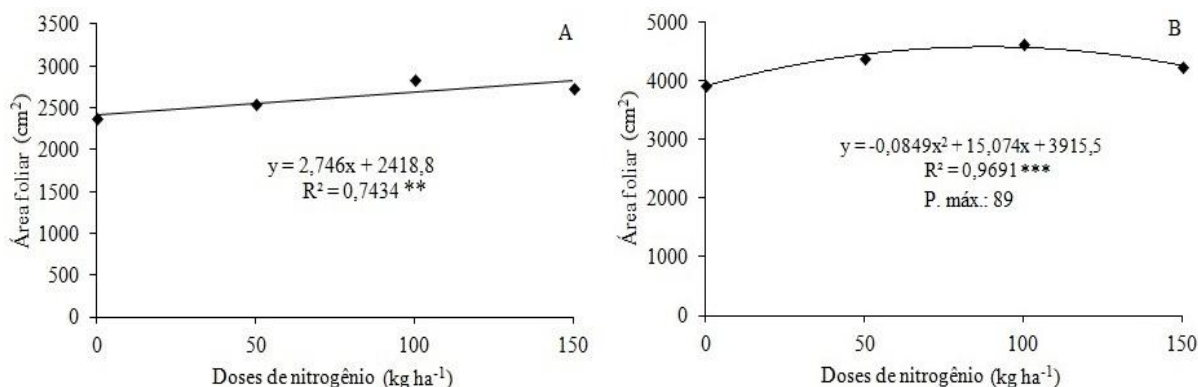


Figura 5.2. Médias de área foliar do milho de segunda safra, ano de 2013 (A) e 2014 (B), em função de doses de adubação nitrogenada (kg ha⁻¹). ** p<0,01 *** p<0,001

Já no ano de 2014, a área foliar apresentou ajuste quadrático em função das doses de N, alcançando área foliar máxima com a aplicação de 89 kg ha⁻¹ de N (Figura 5.2B). O suprimento adequado de N favorece o desenvolvimento das plantas de milho, ocasionando alterações morfológicas como o incremento da área foliar (aumento da curvatura das folhas de modo a interferir na interceptação da radiação solar) e na produção de matéria seca, resultando em maior produtividade de grãos (ESCOSTEGUY; RIZZARDI; ARGENTA 1997). Ainda, o nitrogênio disponibilizado no estágio inicial de desenvolvimento da cultura, estimula a proliferação de raízes, com conseqüente desenvolvimento da parte aérea (FORNASIERI FILHO, 2007).

Na tabela 5.3 estão apresentadas as médias de altura de planta e de inserção de espiga e de área foliar. No ano de 2014 a presença de Trinexapac-etil reduziu a área foliar das plantas de milho.

Pricinotto et. al (2015) também observaram redução da área foliar em plantas de milho produzidas em casa de vegetação com acréscimos na dose de Trinexapac-etil (0, 125, 250 e 375 g i. a. ha⁻¹). No entanto, Zagonel e Ferreira (2013) observaram que a área foliar por planta não foi afetada pelo mesmo regulador de crescimento, independente da dose e época de aplicação em ambos os híbridos avaliados, Status TL e Maximus TLTG. Os mesmos autores constataram tendência de diminuição do comprimento da folha acima da espiga conforme o aumento da dose do regulador para o híbrido Maximus TLTG.

Espindula et al. (2009), afirmam que para a cultura do trigo, a obtenção de folhas mais compactas e menos decumbentes evitam o auto-sombreamento e aumentam a fotossíntese através da captura de luz. No presente estudo, a redução da área foliar ocasionada pelo Trinexapac-etil reduz o sombreamento intraespecífico, o que requer maior densidade de plantas para maximizar o rendimento e prover área foliar capaz de potencializar a

interceptação da radiação solar incidente (FORNASIERI FILHO, 2007; SANGOI; SILVA; ARGENTA, 2010). Fato este, que também possibilita o aumento das doses de N e incrementos na densidade de plantas, conforme o genótipo, sistema de produção e época de implantação da cultura, a fim de otimizar os recursos do meio com possível aumento na qualidade e rendimento de grãos.

Tabela 5.3. Média de altura de planta (AP), altura de inserção de espiga (AE) e área foliar (AF), em função de regulador de crescimento e doses de adubação nitrogenada na cultura do milho de segunda safra. Londrina – PR, 2015.

2013			
Fonte de variação	Características fitométricas		
	AP (m)	AE (m)	AF (cm ²)
Regulador			
Presença	2,16	1,17	2684,13
Ausência	2,14	1,16	2565,35
Dose de N (kg ha ⁻¹)			
0	2,12	1,13	2371,68
50	2,16	1,17	2554,17
100	2,17	1,16	2838,56
150	2,18	1,20	2734,55
2014			
Fonte de variação	Características fitométricas		
	AP (m)	AE (cm)	AF (cm ²)
Regulador			
Presença	2,25	1,28	4192,98 b
Ausência	2,23	1,26	4413,68 a
Dose de N (kg ha ⁻¹)			
0	2,25	1,29	3935,38
50	2,21	1,26	4397,19
100	2,26	1,27	4633,84
150	2,24	1,26	4246,89

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si, em nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

No ano de 2013 os componentes de produção e a produtividade de grãos não apresentaram resposta significativa à aplicação do regulador, a adubação nitrogenada e a interação entre estes fatores. Em 2014, número de fileiras por espiga foi afetado pela interação entre os fatores em estudo (Tabela 5.4). Para as demais características avaliadas, foi observado mesmo comportamento do ano de 2013.

Tabela 5.4. Resumo da análise de variância de número de fileiras por espiga (NFE), número de grãos por fileira (NGF), comprimento da espiga (CE), diâmetro da espiga (DE), diâmetro do sabugo (DS), massa de 100 grãos (M100) e produtividade de grãos (PG) em função de regulador de crescimento e doses de adubação nitrogenada na cultura do milho de segunda safra. Londrina – PR, 2015.

2013								
Fonte de variação	GL	Componentes de produção						
		NFE	NGF	CE	DE	DS	M100	PG
Quadrado Médio								
Regulador	1	0,428 ^{ns}	1,531 ^{ns}	0,753 ^{ns}	0,014 ^{ns}	0,085 ^{ns}	4,344 ^{ns}	181986,95 ^{ns}
Nitrogênio	3	0,196 ^{ns}	2,805 ^{ns}	2,855 ^{ns}	0,022 ^{ns}	0,064 ^{ns}	24,394 ^{ns}	825065,03 ^{ns}
R x N	3	0,193 ^{ns}	2,742 ^{ns}	0,102 ^{ns}	0,017 ^{ns}	0,014 ^{ns}	11,810 ^{ns}	550431,10 ^{ns}
Bloco	3	0,366	8,762	4,821	0,139	0,105	26,233	934654,86
C.V. (%)		3,17	5,25	7,04	4,79	6,54	9,55	12,38
2014								
Fonte de variação	GL	Componentes de produção						
		NFE	NGF	CE	DE	DS	M100	PG
Quadrado Médio								
Regulador	1	1,201 ^{ns}	5,080 ^{ns}	0,894 ^{ns}	0,012 ^{ns}	0,003 ^{ns}	1,132 ^{ns}	54421,95 ^{ns}
Nitrogênio	3	0,752 ^{ns}	1,718 ^{ns}	0,420 ^{ns}	0,034 ^{ns}	0,012 ^{ns}	5,718 ^{ns}	758437,14 ^{ns}
R x N	3	0,945 [*]	2,031 ^{ns}	0,385 ^{ns}	0,018 ^{ns}	0,041 ^{ns}	3,029 ^{ns}	1419058,40 ^{ns}
Bloco	3	0,976	5,373	0,716	0,020	0,027	1,643	1445748,35
C.V. (%)		3,15	5,37	5,03	3,94	5,64	10,26	15,66

ns = não-significativo pelo teste F; * significativo $p < 0,05$ pelo teste F.

Na Tabela 5.5 estão apresentadas as médias para os componentes de produção avaliados. Na Tabela 5.6 está apresentado desdobramento da interação de doses de adubação nitrogenada e regulador de crescimento para o número de fileiras por espiga. Nas doses 0, 50 e 150 Kg ha⁻¹ N os níveis de regulador de crescimento não diferiram estatisticamente. Já na dose de 100 kg ha⁻¹ N a presença do regulador de crescimento reduziu o número de fileiras por espiga em relação à ausência. A redução do número de fileiras com a aplicação de Trinexapac-etil no estádio V6 pode ser compreendido, pois é a partir deste estádio vegetativo que se inicia a definição do número de fileiras por espiga (RITCHIE; HANWAY; BENSON, 2003). Zagonel e Ferreira (2013) não observaram efeitos de doses e épocas de aplicação de Trinexapac-etil no número de fileiras por espiga e grãos por fileira, inclusive com aplicação no estádio V6 como nesse estudo. Já Pricinotto (2014) avaliando doses de Trinexapac-etil e populações de plantas também não detectou diferenças significativas no número de fileiras por espiga, no entanto, observaram incremento linear do número de grãos por fileira com o aumento de doses, o que proporcionou maior comprimento de espiga.

Tabela 5.5. Média de número de fileiras por espiga (NFE), número de grãos por fileira (NGF), comprimento da espiga (CE), diâmetro da espiga (DE), diâmetro do sabugo (DS), massa de 100 grãos (M100) e produtividade de grãos (PG) em função de regulador de crescimento e doses de adubação nitrogenada na cultura do milho de segunda safra. Londrina – PR, 2015.

Fonte de variação	2013						
	Componentes de produção						
	NFE	NGF	CE (cm)	DE (cm)	DS (cm)	M100 (g)	PG (kg ha ⁻¹)
Regulador							
Presença	16,57	28,94	14,66	4,65	3,05	29,67	6016,54
Ausência	16,80	28,51	14,35	4,61	2,95	28,93	5865,72
Dose de N (kg ha⁻¹)							
0	16,65	27,85	13,79	4,61	3,04	28,31	5620,14
50	16,90	29,02	14,66	4,71	3,00	28,64	6046,96
100	16,66	29,14	15,22	4,61	2,88	31,91	6341,93
150	16,52	28,89	14,36	4,59	3,08	28,34	5755,43
Fonte de variação	2014						
	Componentes de produção						
	NFE	NGF	CE (cm)	DE (cm)	DS (cm)	M100 (g)	PG (kg ha ⁻¹)
Regulador							
Presença	16,92	28,31	14,31	4,87	2,99	22,97	6428,57
Ausência	17,30	29,11	14,65	4,91	3,01	22,60	6346,09
Dose de N (kg ha⁻¹)							
0	17,20	28,62	14,19	4,88	3,00	22,62	6404,02
50	16,66	28,56	14,72	4,80	3,01	22,49	6385,10
100	17,35	28,29	14,60	4,95	2,96	24,00	6756,95
150	17,23	29,37	14,44	4,92	3,05	22,04	6003,26

Tabela 5.6. Desdobramento da interação para médias de número de fileiras por espiga das plantas de milho, em função de doses de adubação nitrogenada e regulador de crescimento.

Doses de Nitrogênio (kg ha ⁻¹)	Número de fileiras	
	Presença	Ausência
0	16,90 a	17,50 a
50	16,42 a	16,90 a
100	16,82 b	17,87 a
150	17,52 a	16,95 a

Médias seguidas de mesma letra minúsculas na linha para efeito de regulador de crescimento, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade.

Na ausência do regulador de crescimento não houve ajuste significativo em função das doses de nitrogênio, com média de 17,3 fileiras por espiga. Já na presença do regulador houve ajuste quadrático em função das doses de nitrogênio, com menor número de fileiras por espiga com a aplicação de 66 kg ha⁻¹ (Figura 5.3).

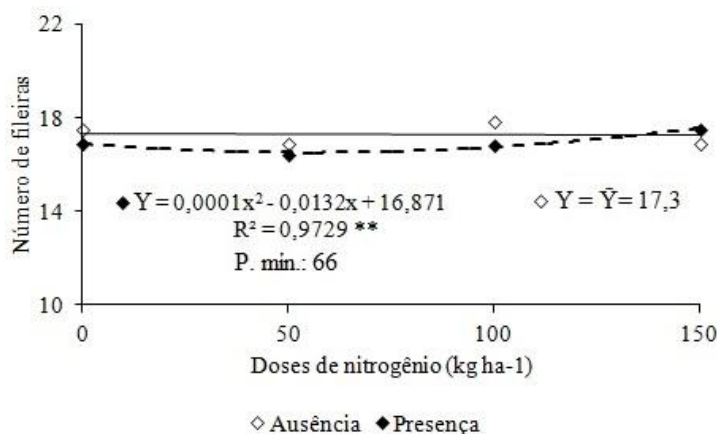


Figura 5.3. Desdobramento da interação para médias de número de fileiras por espiga de milho, em função doses de adubação nitrogenada e regulador de crescimento. ** p<0,01

O número de grãos por fileira e o comprimento da espiga não foram alterados com o aumento gradual das doses de nitrogênio (Tabela 5.5), fato este que pode ser compreendido devido à ausência ou baixa ocorrência de precipitação pluviométrica durante a fase de definição destes componentes de produção, durante o estágio V12 seguindo até V17, período este que antecedeu o florescimento. No presente estudo não foi possível observar influência dos fatores estudados no comprimento da espiga, no entanto, Pricinotto (2014) afirma que doses de Trinexapac-etil na faixa de 300 a 400 g i. a. ha⁻¹ promovem incrementos na ordem de 0,68 e 0,80 cm por espiga, respectivamente. Como apresentado na Figura 5.1, houve baixa pluviosidade a partir dos 40 dias após a semeadura no ano de 2013, coincidindo com estas importantes fases de definição dos componentes de produção. No ano de 2014 ocorreu estiagem principalmente no período que antecedeu o florescimento. Conforme Fornasieri Filho (2007) baixa disponibilidade hídrica e/ou nutricional a partir do estágio V12 podem conduzir a séria redução no número potencial de grãos e no tamanho da espiga. O período compreendido entre duas semanas antes e duas semanas após o florescimento, entre os estádios V15 e R2, constitui-se na fase mais crítica do ciclo da cultura a estresses ambientais, resultando em acentuada redução na produção de grãos. Possivelmente estas limitações impediram a expressão do potencial genético da cultivar, com baixa resposta da cultura a adubação nitrogenada, não obtendo-se acréscimos aos componentes de produção.

Fernandes et al. (2005) ao avaliar o efeito de doses de adubação nitrogenada (0, 30, 90 e 180 kg ha⁻¹) e seis cultivares de milho cultivado na safra, também não observaram efeito das doses de N em relação ao número de fileiras por espiga, número de grãos por fileira e comprimento de espiga. Os autores defendem que a ausência de resposta do comprimento de espigas às doses de N era esperada, pois essas características são de alta herdabilidade e menos dependentes do ambiente.

A massa de 100 grãos não foi alterada pela aplicação de Trinexapac-etil no presente trabalho, no entanto, Zagonel e Ferreira (2013) e Pricinotto (2014) avaliando doses de 272 e 310 g i. a. ha⁻¹, respectivamente, observaram efeito significativo da aplicação do regulador de crescimento. Os autores constataram que a massa de 100 grãos do híbrido Status TL apresentou incremento quadrático às doses de Trinexapac-etil. Observação semelhante foi constatado por Espindula et al. (2011) em que a massa de 1000 grãos de trigo também apresentou incremento quadrático em resposta ao aumento das doses de Trinexapac-etil, os autores defendem que este incremento se deve a redução no acamamento das plantas.

As doses de nitrogênio não beneficiaram a massa de 100 grãos no presente estudo, sendo este um importante componente na produtividade de grãos de milho. Silva et al. (2003) estudando doses de nitrogênio (0; 40; 80 e 120 kg N ha⁻¹) e densidades de plantas de milho, também não verificaram alterações para esta característica, obtendo valor médio de 27,5 g. Já Espindula et al. (2011) estudaram as interações entre doses de nitrogênio e Trinexapac-etil na cultura do trigo, observaram que o uso do redutor em baixas doses de N reduziu a massa de mil grãos, porém, ao aumentar as doses de N, a utilização do redutor aumentou a massa de mil grãos. Segundo Fornasieri Filho (2007) a produção final depende do número de grãos que se desenvolveram, do tamanho e da massa de grãos. A ocorrência de estresses ambientais, na fase reprodutiva tende afetar a produção de grãos, por reduzir os componentes produtivos. No presente trabalho a ocorrência de baixa precipitação pluviométrica possivelmente interferiu na definição da massa de 100 grãos e na resposta aos fatores de manejo.

De acordo com Silva et al. (2006) a massa de grãos é um parâmetro importante, pois a partir de um mesmo número de óvulos fecundados, pode se obter maior produtividade apenas com o aumento das reservas acumuladas nos grãos. A produtividade de grãos não foi alterada significativamente pelas doses de nitrogênio e aplicação de Trinexapac-etil (Tabela 5.5), com influência direta da estiagem na fase de definição dos componentes de produção.

No trabalho de Zagonel e Ferreira (2013) a produtividade de grãos não foi

alterada pelo Trinexapac-etil aplicado em diferentes épocas e doses. Os autores reforçam que o fato da ausência de resposta para a altura de planta, diâmetro de colmo e índice de área foliar, possa ter refletido na produção final da planta. A resposta obtida está mais ligada aos poucos efeitos causados pelo produto na planta, no entanto não deve ser descartada a possibilidade de que é dependente do híbrido e das condições ambientais. Pricinotto (2014) verificou comportamento diferente dos híbridos em relação a aplicação do Trinexapac-etil e ao ano de cultivo. Para o híbrido 2B710 HX na safra 2010/2011 o autor observou incremento quadrático na produção de grãos com incremento máximo de aproximadamente $329,7 \text{ kg ha}^{-1}$ na dose de $176 \text{ g i. a. ha}^{-1}$. O aumento da produtividade ocorreu devido as alterações morfológicas observadas na planta. Já na safra 2011/2012 o mesmo híbrido apresentou redução da produtividade de 448 kg ha^{-1} ao utilizar a dose máxima de $400 \text{ g i. a. ha}^{-1}$. O autor afirma que a diferença de comportamento é explicada pela interação do fator estudado com as condições edafoclimáticas. Fato este confirmado por Penckowski (2009) em que a resposta da cultura do trigo ao Trinexapac-etil está diretamente ligada a aspectos como a textura do solo, nível de fertilidade e condições climáticas.

Espindula et al. (2011) afirmam após estudo das interações entre doses de nitrogênio e de Trinexapac-etil na cultura do trigo, que com o aumento das doses de N, o Trinexapac-etil favorece não só o aumento do peso hectolítrico e a massa de mil grãos, como também a produtividade, resultados não observados para a massa de grãos e os demais componentes de produção no presente estudo.

As doses de nitrogênio não favoreceu a produtividade de grãos para o híbrido Status Viptera, com população de $55.000 \text{ plantas ha}^{-1}$, espaçamento entre linhas de $0,45 \text{ m}$ e doses de N ($0, 50, 100, 150 \text{ kg N ha}^{-1}$), podendo a semeadura tardia e a população de plantas abaixo do recomendado para a segunda safra, terem influenciado na resposta da adubação nitrogenada a cultura. Como pode ser observado por Amaral Filho et al. (2005) ao avaliar o efeito de doses N em cobertura ($0, 50, 100 \text{ e } 150 \text{ kg ha}^{-1}$), com espaçamento entre linhas ($0,60 \text{ e } 0,80 \text{ m}$) e densidade de plantas ($40.000, 60.000 \text{ e } 80.000 \text{ ha}^{-1}$) na cultura do milho, utilizando o híbrido simples AG 9010. Os autores comprovaram que o aumento das doses de nitrogênio em cobertura promoveu acréscimo na produtividade de grãos, com o aumento crescente das doses de N em cobertura (150 kg ha^{-1}), juntamente com o espaçamento entre linhas de $0,80 \text{ m}$ e $80.000 \text{ plantas ha}^{-1}$.

Ainda que não se tenha obtido resposta significativa para a adubação nitrogenada neste trabalho, inúmeros são os relatos que comprovam a importância desta prática na obtenção de altas produtividades. Mar et al. (2003) trabalhando com milho segunda

safra, com cinco doses de N (30, 60, 90, 120, 150 kg ha⁻¹) na forma de ureia, aplicada em quatro épocas, constataram incremento de 114% na produtividade em relação a testemunha utilizando a dose de 120 kg ha⁻¹. Já Gross et al. (2006) avaliando doses de nitrogênio (40 e 160 kg ha⁻¹) na forma de ureia, associadas a diferentes épocas de aplicação (semeadura, V4, V6 e V8), populações (55,000, 70,000 e 85,000 plantas ha⁻¹) e espaçamentos (0,45 e 0,90 m) observaram que a adubação nitrogenada em cobertura, única ou parcelada em duas vezes, acarretou aumento significativo da produtividade de grãos em relação a adubação nitrogenada feita somente na semeadura.

Para os anos de 2013 e 2014 as produtividades obtidas estão acima da média para o Estado do Paraná. No ano de 2013 abteve-se produtividade média mínima de 5620,14 kg ha⁻¹ enquanto a máxima atingiu 6341,93 kg ha⁻¹. Já no ano de 2014 as produtividades mínimas e máximas foram de 6003,26 e 6756,95 kg ha⁻¹, respectivamente. Segundo o DERAL (2015) a média paranaense para o milho de segunda safra no ano de 2013 foi 4787 kg ha⁻¹ enquanto para o ano de 2014 foi de 5480 kg ha⁻¹. Na região de Londrina as médias apresentadas para os anos de 2013 e 2014 são de 4263 kg ha⁻¹ e 5816 kg ha⁻¹, respectivamente.

Embora a produtividade tenha sido próxima das médias para o período de segunda safra, o potencial de produção do híbrido não foi atingido. É sabido que as produtividades do período safrinha costumam ser menores em relação ao período de safra devido a redução dos elementos meteorológicos. As baixas temperaturas ao longo do ciclo, juntamente com a menor radiação e períodos de veranico reduzem o potencial produtivo da cultura, que apresenta alta responsividade a estes fatores.

Considerando as respostas observadas no presente trabalho, são indispensáveis a continuidade dos estudos para melhor entendimento da ação dos reguladores de crescimento em milho, com potencial para redução de altura, melhoria da arquitetura das plantas o que possibilita o aumento da densidade de plantas e ainda associação com maiores doses de nitrogênio. As respostas possivelmente seriam mais favoráveis caso a semeadura fosse realizada antecipadamente na segunda safra associada a maior população de plantas. Com a antecipação da semeadura os fatores climáticos seriam menos limitantes, principalmente no final do ciclo da cultura, o que favorecerá tanto o maior crescimento vegetal quanto a resposta ao nitrogênio, evidenciando o possível efeito de interação com o Trinexapac-etil.

5.5 CONCLUSÃO

O aumento das doses de nitrogênio em cobertura favorece e, a aplicação de Trinexapac-etil reduz a área foliar do milho de segunda safra.

A aplicação de Trinexapac-etil e de adubação nitrogenada em cobertura não altera a altura de planta, os componentes de produção e a produtividade de grãos do milho cultivado em segunda safra.

REFERÊNCIAS

- AMARAL FILHO, J. P. R.; FORNASIERI FILHO, D.; FARINELLI, R.; BARBOSA, J.R. Espaçamento, densidade populacional e adubação nitrogenada na cultura do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.29, n.1, p.467-473, 2005.
- AMABILE, R. F.; MINELLA, E.; VALENTE, C. M. W.; DA SERRA, D. D. **Efeito do regulador de crescimento trinexapac-etil em cevada cervejeira irrigada em áreas de cerrado do Distrito Federal**. Planaltina: Embrapa Cerrado, 2004, 14 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 120).
- BASSO, C. J.; CERETTA, C. A. Manejo do nitrogênio no milho em sucessão a plantas de cobertura de solo, sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, n. 4, p. 905-915, 2000.
- CASAGRANDE, J. R. R.; FORNASIERI FILHO, D. Adubação nitrogenada na cultura do milho safrinha. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, n.1, p.33-40, 2002.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra Brasileira Grãos: Oitavo levantamento Maio 2015, Safra 2014/15**, Brasília: CONAB, v.2, n.8, 2015, 122p.
- COSTA, N.V.; MARTINS, D.; RODELLA, R.A.; RODRIGUES, A.C.P.; CARDOSO, L.A. Características morfológicas de gramas em resposta à aplicação de Trinexapac-etil. **Planta Daninha**, v. 27, n. 1, p. 113-122, 2009.
- 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.
- DEMÉTRIO, C.S.; FORNASIERI FILHO, D.; CAZETTA, J.O.; CAZETTA, D.A. Desempenho de híbridos de milho submetidos a diferentes espaçamentos e densidades populacionais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, n.12, p.1691-1697, 2008.
- DERAL - Departamento de Economia Rural. **Acompanhamento de safra brasileira de Grãos 2015**. Disponível em: <<http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/pss.xls>>. Acesso em: 16 out. 2015.
- DUETE, R. R. C.; MURAOKA, T.; SILVA, E. C.; TRIVELIN, P. C. O.; AMBROSANO, E.J. Manejo da adubação nitrogenada e utilização do nitrogênio (15N) pelo milho em Latossolo Vermelho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.161-171, 2008.
- EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2. ed. Embrapa Solos, Rio de Janeiro. 2006. 306p.
- ESCOSTEGUY, P.A.V.; RIZZARDI, M.A.; ARGENTA, G. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura na cultura do milho em duas épocas de semeadura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.21, p.71-77, 1997.

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

ESPINDULA, M.C.; ROCHA, V.S.; SOUZA, L.T.; SOUZA, M.A.; CAMPANHARO, M.; GROSSI, J.A.S. Rates of nitrogen and growth retardant trinexapac-ethyl on wheat. **Ciência Rural**, v. 41, n. 12, p. 2045-2052, 2011.

ESPINDULA, M. C.; ROCHA, V.S.; SOUZA, L.T.; SOUZA, M.A.; GROSSI, J.A.S. Efeitos de reguladores de crescimento na elongação do colmo de trigo. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 32, n. 1, p. 109-116, 2010.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. 2. ed. Piracicaba: Livrocere, 2004, 360 p.

FERNANDES, F.C.S.; BUZETTI, S.; ARF, O.; ANDRADE, J.A.C. Doses, eficiência e uso de nitrogênio por seis cultivares de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.4, n.2, p.195-204, 2005.

FERREIRA, D.F. **SISVAR** - Sistema de análise de variância. Versão 5.3. Lavras-MG: UFLA, 2010.

FORNASIERI FILHO, D. **Manual da cultura do milho**. São Paulo: FUNEP, 2007. 576 p.

GAZOLA, D.; ZUCARELI, C.; SILVA, R.R.; FONSECA, I.C.B. Aplicação foliar de aminoácidos e adubação nitrogenada de cobertura na cultura do milho safrinha. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n.7, p.700-707, 2014.

GROSS, M. R.; VON PINHO, R. G.; BRITO, A. H. Adubação nitrogenada, densidade de semeadura e espaçamento entre fileiras na cultura do milho em plantio direto. **Ciência e Agrotecnologia**, v.30, n.3, p. 387-393, 2006.

HECKMAN, N.L.; ELTHON, T.E.; HORST, G.L.; GAUSSOIN, R.E. Influence of Trinexapac-ethyl on respiration of isolated wheat mitochondria. **Crop Science**, v.42, n.2, p.423-427, 2002.

IAPAR. **Sistema de monitoramento agroclimático do Paraná**. Disponível em: <http://www.iapar.br/arquivos/Image/monitoramento/Medias_Historicas/Londrina.htm>. Acesso em: 08 maio 2015a.

IAPAR. **Sugestão de adubação e calagem para culturas de interesse econômico no Estado do Paraná**. Londrina, 2003. 30 p. (Circular técnica, 128)

IAPAR. **Zoneamento agrícola: Milho**. Disponível em: <<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=1089>>. Acesso em: 10 jun 2015b.

MAR, G.D do.; MARCHETTI, M.E.; SOUZA, L.C.F. de.; GONÇALVES, M.C.; NOVELINO, J.O. Produção do milho safrinha em função de doses e épocas de aplicação de nitrogênio. **Bragantia**, v.62, n.2, p.267-274, 2003.

MENDES, M.C.; ROSSI, E.S.; FARIA, M.V.; ALBUQUERQUE, C.J.B.; ROSÁRIO, J.G. Efeitos de níveis de adubação nitrogenada e densidade de sementeira na cultura do milho no Centro-sul do Paraná. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, v.4, n.2, p.176-192, 2011.

PENARIOL, F.G.; FORNASIERI FILHO, D.; COICEV, L.; BORDIN, L. & FARINELLI, R. Comportamento de cultivares de milho semeadas em diferentes espaçamentos entre linhas e densidades populacionais, na safrinha. **Revista Brasileira de Milho Sorgo**, v.2, n.2, p.52-60, 2003.

PENCKOWSKI, L.H. **Utilizando regulador de crescimento na cultura do trigo: Aspectos importantes para garantir bons rendimentos**. 2.ed. Passo Fundo: Fundação ABC. 2009, 60p.

PRICINOTTO, L.F. **Densidades populacionais e regulador de crescimento em híbridos de milho com diferentes arquiteturas**. 2014. 111 fls. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2014.

PRICINOTTO, L. F. ; ZUCARELI, C. ; FONSECA, I.C.B. ; OLIVEIRA, M. A.; FERREIRA, A. S. ; SPOLAOR, L. T. Trinexapac-etil in the vegetative and reproductive performance of corn. **African Journal of Agricultural Research**, v.10, n.14, p.1735-1742, 2015.

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.

RAIJ, B.V.; QUAGGIO, A.J. **Métodos de análise de solo para fins de fertilidade**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1983. 31p.

SANGOI, L.; SILVA, P.R.F.; ARGENTA, G. **Estratégias de manejo do arranjo de plantas para aumentar o rendimento de grãos de milho**. Lages: Graphel, 2010. 64p.

RITCHIE, S.W. HANWAY, J.J.; BENSON, G.O. **Como a planta de milho se desenvolve**. Piracicaba: Potafos, 2003. 20p. (Informações Agrônomicas, 103).

SILVA, A. D.; VITORINO, A. C. T.; SOUZA, L. C. F. DE; GONÇALVES, M. C.; ROSCOE, R. Culturas antecessoras e adubação nitrogenada na cultura do milho, em sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.5, p.75-88, 2006.

SILVA, P.S.L.; OLIVEIRA, F.H.T.; SILVA, P.I.B. Efeitos da aplicação de doses de nitrogênio e densidades de sementeira sobre os rendimentos de espigas verdes e de grãos de milho. **Horticultura Brasileira**, v.21, n.3, p.452-455, 2003.

SHIOGA, P.S.; OLIVEIRA, E.L.; GERAGE, A.C. Densidade de plantas e adubação nitrogenada em milho cultivado na safrinha. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.3, n.3, p.381-390, 2004.

SYNGENTA. **Milho híbrido Status Viptera**. Disponível em: <<http://www.syngenta.com/country/br/pt/produtosemarcas/sementes/Pages/MILHO-HIBRIDO-STATUS.aspx>>. Acesso em: 12 maio 2015.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 4 ed. Editora Artmed. 2009. 820p.

VELOSO, M.E.C.; DUARTE, S.N.; DOURADO NETO, D.; SILVA, E.C.; PEREIRA, C.R. Teor de nitrogênio, índices de área foliar e de colheita, no milho, em função da adubação nitrogenada, em solo de várzea. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.8 n.1, p.13-25, 2009.

ZAGONEL, J.; FERREIRA, C. Doses e épocas de aplicação de regulador de crescimento em híbridos de milho. **Planta Daninha**, v.31, n.2, p.395-402, 2013.

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

ZANELLA, E.J. ; SANGOI, L. ; KOLLING, D.F. ; SCHENATTO, D.E. ; PANISON, F. ; BONIATTI, C.M. ; DURLI, M.M. ; SOUZA, N.M. ; FIESTAROL, A.D. ; DALLIGNA, L. ; DALLIGNA, M.J. Uso de redutor de crescimento e resposta do milho ao incremento na densidade de plantas. In: REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DO MILHO, 59, 2014, Três de Maio. **Anais...** Três de Maio: SETREM, 2014. p. 70-73.

ZUCARELI, C.; ALVES, G.B; OLIVEIRA, M.A.; MACHADO, M.H. Desempenho agrônômico do milho safrinha em resposta às épocas de aplicações e fontes de nitrogênio. **Científica**, v.42, n.1, p.60-67, 2014.

CONCLUSÕES

A época de aplicação de Trinexapac-etil interage com os espaçamentos entre linhas alterando o crescimento e o desempenho produtivo do milho híbrido Status Viptera cultivado na primeira safra. Para o espaçamento 0,45 m a aplicação de Trinexapac-etil em V12 e para o 0,90 m a aplicação em V9 e V12 reduz a altura de planta e de inserção de espiga. A aplicação de Trinexapac-etil em V9 para ambos espaçamentos modifica a arquitetura da planta sem alterar o comprimento e índice de espiga e produtividade de grãos.

Em cultivo do milho segunda safra incrementos na densidade de plantas aumenta a altura de planta, reduz o número de grãos por fileira, o comprimento e o diâmetro de espiga e massa de 100 grãos, sem influência na produtividade de grãos. A aplicação de Trinexapac-etil no estágio V9 reduz a altura de planta e de inserção de espiga e a massa de 100 grãos, e favorece o número de fileiras por espiga.

O aumento das doses de nitrogênio em cobertura favorece e, a aplicação de Trinexapac-etil reduz a área foliar do milho de segunda safra. A aplicação de Trinexapac-etil e de adubação nitrogenada em cobertura não altera a altura de planta, os componentes de produção e a produtividade de grãos do milho cultivado em segunda safra.