

Produtividade e componentes de rendimento de milho RR com manejo do herbicida glifosato e fertilizante foliar

Rodrigo José Raizer de Meira^{1,*}; Thaís Glienke¹; Fernanda Garbin¹; Brenda Martinelli Santos¹; Augustinho Borsoi¹ Esmael Lopes dos Santos^{1,*}

¹Curso de Agronomia, Centro Universitário Assis Gurgacz (FAG), Cascavel, Paraná.

*rodrigoraizer@gmail.com e elsantos@fag.edu.br

Resumo: O milho (*Zea mays*) é uma das principais plantas cultivadas pelo homem, por sua enorme importância para alimentação humana e animal, devido às suas qualidades nutricionais. No entanto, o rendimento médio de grãos da cultura do milho encontra bem abaixo do seu potencial genético, decorrente dos sistemas de manejo adotado durante o ciclo da cultura. Diante disso, o objetivo do trabalho foi avaliar o rendimento de grãos e os componentes de rendimento de milho RR com uso de fertilizantes foliares na recuperação dos efeitos fitotóxicos causados na cultura pela aplicação de glifosato e atrazina. O experimento foi conduzido na cidade de Cascavel-PR, no Centro Universitário da Fundação Assis Gurgacz- FAG, na safra 2020/21. O delineamento experimental utilizado foi blocos ao acaso, sendo composto de cinco tratamentos (T1: sem aplicação de micro; T2: Produto comercial M+; K no pré pendoamento; T3: Produto comercial M; T4: produto comercial B + K no pré pendoamento; T5: produto comercial B + K no pré pendoamento) e cinco repetições, gerando um total de 25 unidades experimentais. Cada unidade experimental foi constituída com cinco linhas de semeadura e comprimento de 5 m, com espaçamento de 0,50 m entrelinhas. Os parâmetros avaliados foram: diâmetro do colmo e comprimento da espiga, rendimento de grãos (13 % de umidade). Os baixos rendimentos de grãos apresentados pela cultura do milho foram consequência das irregularidades na distribuição hídrica ocorrida durante a safra. A produtividade e os componentes de rendimento de milho RR não foram afetados pelo uso de fertilizantes foliares após a aplicação de glifosato no híbrido de milho P3016VYHR, nas condições estudadas.

Palavras-chave: Matologia; Plantas daninhas; Imobilização Mn.

Productivity and RR corn yield components with glyphosate herbicide management and leaf fertilizer

Abstract: Corn (*Zea mays*) is one of the main plants cultivated by man, due to its enormous importance for human and animal nutrition, due to its nutritional qualities. However, the average grain yield of the corn crop is well below its genetic potential, due to the management systems adopted during the crop cycle. Therefore, the objective of this work was to evaluate the gr yield and yield components of RR corn using foliar fertilizers in the recovery of the phytotoxic effects caused in the crop by the application of glyphosate and atrazine. The experiment was conducted in the city of Cascavel-PR, at the Centro Universitário da Fundação Assis Gurgacz-FAG, in the 2020/21 harvest. The experimental design used was randomized blocks, consisting of five treatments (T1: without application of micro; T2: commercial product M+; K in pre-tacking; T3: commercial product M; T4: commercial product B + K in pre-tacking; T5: commercial product B + K in pre-clamping) and five repetitions, generating a total of 25 experimental units. Each experimental unit consisted of five sowing lines and a length of 5 m, with a spacing of 0.50 m between the lines. The parameters evaluated were: stem diameter and ear length, grain yield (13 % moisture). The low grain yields presented by the corn crop were a consequence of irregularities in the water distribution that occurred during the harvest. The yield and yield components of RR corn were not affected by the use of foliar fertilizers after glyphosate application on the P3016VYHR corn hybrid, under the conditions studied.

Keywords: Matology; Weeds; Mn immobilization.

Introdução

A cultura do milho (*Zea mays*) é uma das principais plantas cultivadas pelo homem por sua enorme importância para alimentação humana e nutrição de animais produtores de carne e leite devido ao seu potencial energético. No entanto, o rendimento médio de grãos da cultura do milho encontra bem abaixo do seu potencial genético, o que desperta a busca por alternativas de intensificação dos sistemas produtivos, visando maior rendimento da cultura e lucratividade financeira. Nesse sentido, Osório (2015) afirma que o uso da engenharia genética no setor agrícola se tornou uma das maiores ferramentas para aumentar o rendimento de grãos, e que essa tecnologia proporcionou a viabilidade de inserção de genes de resistência em plantas, o que tornou possível o surgimento de plantas resistentes a diversos herbicidas.

A tecnologia Roundup Ready (RR) desempenha grande importância, pois confere a planta uma resistência ao herbicida glifosato (OSÓRIO, 2015). Tal tecnologia introduz um “primer” oriundo da bactéria (*Agrobacterium* sp., cepa4), codificando uma variante da enolpiruvilchiquimato-3-fosfato sintase (EPSPs) com isso essa enzima torna a planta insensível ao herbicida (PADGETTE, 1995). No ano de 2010, o milho RR acabou sendo liberado no país e o glifosato complementou a lista de princípios ativos para o milho juntamente com o mesotrione, atrazina, nicosulfuron e tembotrione (CORREIA e SANTOS, 2013).

Apesar da tecnologia RR gerar vários benefícios, diversos autores relatam efeitos indesejados do uso do glifosato em pós-emergência nas plantas que possuem o gene de resistência. Serra (2011), evidenciou 24 horas após a aplicação do glifosato, sintomas de injúrias nas folhas. Os autores relataram ainda redução nos níveis de N, Mn, Zn, Cu e Fe. Correia e Santos (2013) evidenciaram também redução do rendimento de grãos e menor massa de grãos, sem ter redução na concentração de Mn.

Após o glifosato ser patenteado como a gente quelante, surgiu a hipótese de que, devido sua alta capacidade em complexar cátions di e trivalentes, o Manganês (Mn) cátion divalente absorvido pelas plantas poderia estar sendo complexado pelo glifosato no interior das células, sendo não disponibilizado para as plantas (MACHADO, 2019). O Mn é requerido por algumas enzimas ativadas por cátions (desidrogenases, descarboxilases, quinases, oxidases e peroxidases), e na evolução fotossintética de O₂ (TAIZ *et al.*, 2017). Portanto, a hipótese do trabalho é que complexação de Mn pelo glifosato aplicado em pós-emergência no milho RR, causa a indisponibilidade do nutriente, e que a aplicação do Mn via pulverização possa suprir a demanda da planta. Portanto, o objetivo do trabalho foi avaliar o rendimento de grãos e os componentes de rendimento de milho RR com uso de fertilizantes foliares na recuperação dos efeitos fitotóxicos causados na cultura.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido na cidade de Cascavel-PR, no CEDETEC (Centro de Desenvolvimento Tecnológico) do Centro Universitário Fundação Assis Gurgacz- FAG, na safra 2020/21.

O solo é classificado como Latossolo Vermelho Distroférrico, conforme as características determinadas pela Embrapa (2013). O clima é subtropical super úmido (Cfa), com precipitação anual de 1400 mm e temperatura média de 19 °C (NITSCHKE, 2019). O local do experimento vem sendo cultivado em sistema de plantio direto, tendo como cultura antecessora o trigo.

O experimento foi iniciado coletando uma amostra de solo do local para análise na profundidade 0-20 cm, com auxílio do trado holandês, realizando a coleta em dez pontos ao acaso na área. O objetivo da análise foi verificar as condições em que o solo se encontrava e proceder com o cálculo para adubação correta (Tabela 1).

Tabela1. Resultados da análise química do solo na profundidade de 0-20 cm.

Camada Cm	pH (CaCl) mg dm ³	M.O. %	K	Ca cmolc dm ⁻³	Mg	Al	V %	P mg dm ³
00-20	5,0	4,28	0,43	6,6	1,81	0,09	53,3	10,8
Continuação...								
					Fe	Mn	Cu	Zn
					Mg/dm ³			
					26,9	22,1	3,0	2,4

Extrator Mehlich 1: P e K (HCl 0,05 mol L⁻¹ + H₂SO₄ mol L⁻¹); Al, Ca, Mg = (KCl 1 mol L⁻¹). Fonte: Os autores, 2021.

O delineamento utilizado foi experimental utilizado foi em blocos ao acaso, sendo composto de cinco tratamentos (Tabela 2) e cinco repetições, gerando um total de 25 unidades experimentais. Cada unidade experimental foi constituída com cinco linhas de semeadura e comprimento de 5 m, com espaçamento de 0,50 m entrelinhas.

Tabela 2. Descrição dos tratamentos utilizados na cultura do milho. Cascavel, PR, safra 2020/21.

Tratamento	Produto e época de aplicação	Dose i.a. utilizada
T1	Glifosato + Atrazina em V ₄	1,08 kg ha ⁻¹ + 2,75 L ha ⁻¹
T2	Glifosato/Atrazina em V ₄ + Produto comercial M; K no pré pendoamento	1,08 kg ha ⁻¹ / 2,75 L ha ⁻¹ ; 2 L ha ⁻¹ ; 0,34 L ha ⁻¹
T3	Glifosato/Atrazina em V ₄ + Produto comercial M; produto comercial B + K no pré pendoamento	1,08 kg ha ⁻¹ / 2,75 L ha ⁻¹ + 2L ha ⁻¹ ; 0,008 L v + 1 L ha ⁻¹
T4	Glifosato/Atrazina em V ₄ ; Produto comercial B + K no pré pendoamento	1,08 kg ha ⁻¹ + 2,75L ha ⁻¹ ; 0,008 L ha ⁻¹ + 0,34 L ha ⁻¹
T5	Glifosato/Atrazina em V ₄ ; K no pré pendoamento	1,08 kg ha ⁻¹ + 2,75 L ha ⁻¹ ; 0,34L ha ⁻¹

Glifosato WG: Sal de amônio de N 792,5 g/kg (79,25 % m/m); Atrazina: 500 g/l (50 % m/m); Produto comercial M é indicado para as culturas da soja, milho e trigo, composto dos seguintes nutrientes e suas concentrações: N - 4 %; S - 3 %; Mn - 3 %; Zn - 3 %. Produto comercial B é indicado para as culturas da soja, milho e trigo, sendo composto unicamente por Boro na concentração de 8 %.

Para a semeadura foram abertos os sulcos com uma semeadora experimental distribuindo somente o fertilizante formulado (10-15-15), na dose de 400 kg ha⁻¹ a semeadura foi realizada no dia 11/11/20 com auxílio de um conjunto equipado com uma caixa dosadora movida por engrenagens acionadas por uma roda dianteira, semelhante à da semeadoura comercial. Foram distribuídas 3,5 sementes por metro linear do híbrido de milho P3016VYHR. Além da adubação na semeadura foi realizado uma adubação de cobertura com nitrogênio, aplicando 220 kg ha⁻¹ de ureia (45% de N).

Os parâmetros avaliados foram: altura de planta, medindo-se a distância entre o colo da planta e a ponta da inflorescência; altura da inserção de espiga foi realizada medindo a distância entre o colo da planta e o ponto de inserção da primeira espiga; comprimento da espiga, foi realizado medindo a distância entre a base da espiga e o ultimo grão do ápice; diâmetro do colmo foi realizado com o auxílio de um paquímetro. Os parâmetros foram avaliados em 10 plantas aleatoriamente na parcela.

O rendimento de grãos foi calculado pela colheita de 3 linhas de 2 m. Após serem trilhadas as espigas, as amostras dos grãos foram pesadas e determinado a umidade, para posterior correção a 13 %. Também foi determinado o peso de mil grãos contados com auxílio de um tabuleiro, usando quatro repetições de 100 grãos, pesados com uma balança de precisão e corrigido a 13 % de umidade.

No estágio R₁ da cultura do milho foi realizado avaliação utilizando imagens aéreas obtidas por VANT multirrotor do tipo quadricóptero (Phantom 4 Pro®) com câmera com sensor RGB (bandas vermelho, verde e azul). O plano de voo foi previamente definido no aplicativo Pix4D® capture (PIX4D, 2020), na altitude de 70 m e 75 % de sobreposição longitudinal e 55 % lateral. Com estes parâmetros a resolução de pixel ficou entre 4 e 5 cm. As imagens foram processadas por meio do software Agisoft Metashape v. 1.5.5 (AGISOFT, 2019), gerando ao final o ortomosaico. No programa Qgis foi calculado o índice MPRI (Modified Photochemical Reflectance Index). O índice é baseado na diferença normalizada entre as bandas verde e vermelha, segundo a expressão: $MPRI = (G - R) / (G + R)$.

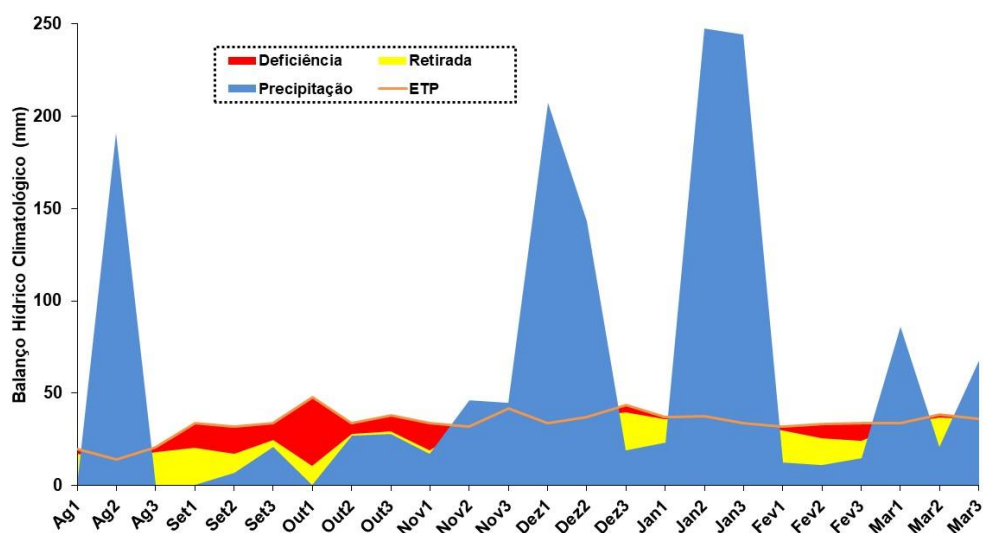
Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e teste F ($p < 0,05$). Quando constatado efeito de tratamentos, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5 % de probabilidade de erro. As análises estatísticas foram processadas utilizando-se o programa de análise estatística SISVAR (FERREIRA, 2014).

Resultados e Discussão

A distribuição hídrica ocorrida durante o ciclo da cultura do milho está disposta no balanço hídrico climatológico decendial de agosto de 2020 a março de 2021 (Figura 1). Houve déficit hídrico, iniciando no primeiro decêndio do mês de setembro até o primeiro decêndio do mês de novembro. Esse fato ocorreu devido as altas retiradas e também a evapotranspiração (ETP) ser maior que a precipitação ocorrida.

Devido à baixa disponibilidade hídrica nos meses de setembro e outubro, a semeadura do milho foi realizada somente no segundo decêndio de novembro, quando houve uma maior estabilidade das chuvas. No entanto, a distribuição hídrica ainda apresentou alta retirada no primeiro decêndio de janeiro, seguida de intensidade alta de chuvas nos dois próximos decêndios. O déficit hídrico voltou a ocorrer no início de fevereiro e perdurou por todo o mês.

Figura 1. Balanço hídrico climatológico decendial de agosto de 2020 a março de 2021. Cascavel-PR, safra 2020/21.

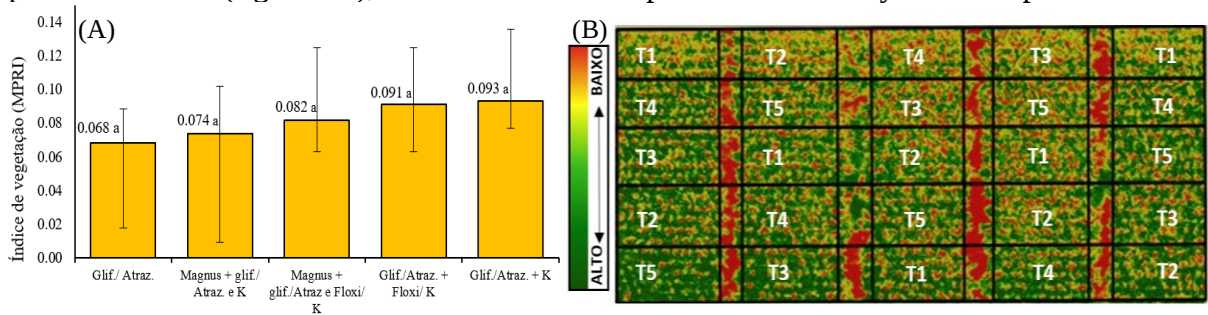


Conforme a Figura 2, o índice de vegetação (MPRI) da cultura do milho no estágio R_1 não apresenta diferença entre os tratamentos (Figura 2A). Como as aplicações dos tratamentos foram realizadas anterior à avaliação do MPRI, esperava-se que fosse possível identificar as diferenças entre os tratamentos, através do índice de vegetação. Os índices de vegetação obtidos através de imagens aéreas são métodos rápido, econômico e confiável para o monitorar das culturas, a partir da utilização de sensores, que, após o processamento, é possível identificar modificações no estado da cobertura vegetal (CANDIAGO, 2015).

Também é possível verificar que não houve uma espacialização condizente com os tratamentos e os blocos (Figura 2B). Indicando assim que a variação existente é oriunda das condições do ambiente e não do efeito dos tratamentos. Santos (2020), avaliando condições de

solo em uma propriedade na Região Oeste do Paraná, também encontrou variação espacial, reportando que isso é oriundo dos atributos físicos, químicos e biológicos existentes no talhão.

Figura 2. Índice de vegetação (MPRI) da cultura do milho avaliado no estágio R₁ (A) e espacialização das parcelas (B) no experimento. Cascavel-PR, safra 2020/21. Médias seguidas por mesma letra (figura 2A), não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.



Não houve diferença estatística nos componentes de rendimento (Tabela 3), quando houve o uso de fertilizantes foliares na recuperação dos efeitos fitotóxicos causados na cultura. Osório (2015), não encontraram diferenças estatísticas entre os componentes de rendimento, quando avaliavam o uso da adubação foliar complementar na recuperação de possíveis efeitos fitotóxicos da aplicação do glifosato em pós-emergência no milho RR, concluindo que as doses de fertilizante foliar também não proporcionaram respostas significativas.

Albrecht (2012), também não encontraram danos significativos na altura e nas folhas das plantas de milho RR pela aplicação de glifosato em pós-emergência. Os autores argumentam que, as doses de glifosato não causaram danos que afetassem significativamente o desenvolvimento da cultura, demonstrando a seletividade deste herbicida com relação à cultura de milho RR.

Tabela 3. Médias de altura de plantas (AP), altura da inserção de espiga (AIE), comprimento da espiga (CE) e diâmetro do colmo (DC) na cultura do milho RR com manejo do herbicida glifosato/atrazina e fertilizante foliar. Cascavel-PR, safra 2020/21.

Tratamentos	AP (m)	AIE (m)	CE (cm)	DC (cm)
T1 Testemunha: Glifosato + Atrazina em V ₄	3,70 a ¹	1,45 a	17,43 a	2,48 a
T2 Produto comercial M+ Glifosato em V ₄ + Atrazina; K no pré pendoamento	3,60 a	1,41 a	17,58 a	2,49 a
T3 Produto comercial M+ Glifosato em v ₄ + Atrazina; produto comercial B + K no pré pendoamento	3,60 a	1,35 a	17,71 a	2,40 a
T4 Glifosato em V ₄ + Atrazina; produto comercial B + K no pré pendoamento	3,60 a	1,36 a	18,06 a	2,49 a
T5 Glifosato em V ₄ + Atrazina; K no pré pendoamento	3,50 a	1,39 a	18,15 a	2,54 a
CV (%)	6,59	4,05	5,96	6,91

¹ Médias seguidas por mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A irregularidade na distribuição hídrica ocorrida durante a safra (Figura 1), refletiu diretamente no rendimento de grãos, pois os valores médios alcançados pela cultura do milho não ultrapassaram 8.000 kg ha⁻¹ (Tabela 4), abaixo, portanto, do rendimento médio no Paraná na safra 2019/2020 que foi de 10 Mg ha⁻¹ segundo dados da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), durante o décimo levantamento referente à safra de grãos (CONAB, 2020). Conforme Wagner *et al.* (2013), a cultura do milho é afetada pela distribuição da disponibilidade de água ao longo do ciclo fenológico e a probabilidade média de redução de produção por deficiência hídrica é de cerca de 50 %, sendo o estágio mais críticos o início do reprodutivo (antese-fecundação/floração) e enchimento de grãos. Diante disso, o déficit hídrico ocorrido no mês de fevereiro coincidiu exatamente com o período mais crítico da cultura, que se apresentava no estágio reprodutivo.

Não houve diferença no rendimento de grãos entre os tratamentos avaliados (Tabela 4). Esses resultados são reflexos de não haver efeitos fitotóxicos nos componentes de rendimento pela aplicação do glifosato no milho RR, com isso, não foi necessário a recuperação pelos fertilizantes foliares. Resultados similares foram obtidos por Portugal (2013), quando avaliava a aplicação de atrazina+glifosato em milho RR.

Semelhante ao rendimento de grãos, o peso de mil grãos não foi influenciado pela aplicação do glifosato e pelas doses de fertilizante foliar. Correia e Santos (2013), observaram que a aplicação de atrazina+glifosato em milho RR não ocasionou redução de peso de mil grão e de rendimento do milho com aplicação de 960 g i. a. ha⁻¹ de glifosato + 1000 g i. a. ha⁻¹ atrazina. No entanto, os autores identificaram interação quanto as dosagem e forma de aplicação (isoladas ou em conjunto) do glifosato, ocasionando redução na produção de grãos de milho.

Tabela 4. Rendimento de grãos (RG) e peso de mil grãos (PMG) na cultura do milho RR com manejo do herbicida glifosato e fertilizante foliar. Cascavel-PR., safra 2020/21.

Tratamentos	RG (kg ha ⁻¹)	PMG (g)
T1 Testemunha: Glifosato + Atrazina em V ₄	7.993 a	362,2 a
T2 Produto comercial M+ Glifosato em V ₄ + Atrazina; K no pré pendoamento	7.983 a	307,5 a
T3 Produto comercial M+ Glifosato em v ₄ + Atrazina; produto comercial B + K no pré pendoamento	7.513 a	311,3 a
T4 Glifosato em V ₄ + Atrazina; produto comercial B + K no pré pendoamento	7.796 a	301,0 a
T5 Glifosato em V ₄ + Atrazina; K no pré pendoamento	7.334 a	309,8 a
CV (%)		

¹Médias seguidas por mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

Conclusões

Os baixos rendimentos de grãos apresentados pela cultura do milho são consequências das irregularidades na distribuição hídrica ocorrida durante a safra.

O rendimento de grãos e os componentes de rendimento de milho RR não foram afetados pelo uso de fertilizantes foliares após a aplicação de glifosato no híbrido de milho P3016VYHR.

Referências

AGISOFT. **Agisoft Metashape**, V. 1.5.5. St. Petersburg, Russia: Agisoft LLC, 2019.

ALBRECHT, A. J. P.; KRENCHINSKI, F. H.; PLACIDO, H. F.; ALBRECHT, L. P.; FILHO, R.V.; MORAIS, M. F.; MIGLIAVACCA, R. A.; BARROSO, A. A. M.; REIS, F. C.; LORENZETTI, J.B. Efeito da aplicação de glyphosate sob o desenvolvimento da cultura de milho RR. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 29, 2012, Águas de Lindóia. **Resumos...** Campinas: IAC/ABMS, 2012. p. 1132-1137.

CANDIAGO, S.; REMONDINO, F.; GIGLIO, M.; DUBBINI, M.; GATTELI, M. Evaluating multispectral images and vegetation indices for precision farming application from UAV images. **Remote Sensing**, v. 7, p. 4026-4047, 2015.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos-safra 2019/2020: décimo levantamento**. [Brasília]: Conab, 2020. (Observatório agrícola, n. 10).

CORREIA, N. M.; SANTOS, E. A. Teores foliares de macro e micronutrientes em milho tolerante ao glyphosate submetido à herbicidas. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.34, n.6, p.3165-3172, nov./dez. 2013.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2013.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e agrotecnologia**, v. 38, n. 2, p. 109-112, 2014.

MACHADO, B. A. X-Ray spectroscopy fostering the understanding of foliar uptake and transport of mn by soybean (*Glycine max* l. Merrill): kinetics, chemical speciation, and effects of glyphosate. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, n. 67, p. 13010–13020, 2019.

NITSCHKE, P. R.; CARAMORI, P. H.; RICCE, W. S.; PINTO, L. F. D. **Atlas Climático do Estado do Paraná**. Londrina, PR: IAPAR, 2019.

OSÓRIO, C. R. W. S. **Milho RR submetido a diferentes manejos de herbicidas e adubação foliar**. 2015. Universidade Estadual do Mato Grosso do Sul, Cassilândia, Mato Grosso do Sul.

PADGETTE, S. R. New weed control opportunities: development of soybeans with a Roundup Ready™ gene. In: DUKE, O. S. (Ed.) **Herbicide- resistant crops**. Boca Raton: CRC, 1995. p. 54-80.

PORTUGAL, L. V. **Fitotoxicidade de herbicidas pós emergentes em híbridos de milho**. 2013. 51f. Dissertação (Mestrado em Produção Agrícola) – Universidade Federal de Alfenas, Alfenas, 2013.

SANTOS, E. L.; ALMEIDA, A. L. F.; PENHA, G. G.; GIOVANELLI, E. M.; ALMEIDA, N. B.; ALMEIDA, E. M.; SILVA, R. C. Mapeamento do manejo do solo e da água em uma propriedade na Região Oeste do Paraná. **Revista Cultivando o Saber**, v. 13, p. 30 a 44, 2020.

SERRA, A. P. Influência do glifosato na eficiência nutricional do nitrogênio, manganês, ferro, cobre e zinco em soja resistente ao glifosato. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 1, p. 77-84, 2011.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 888 p.

WAGNER, M. V.; JADOSKI, S. O.; MAGGI, M. F.; SAITO, L. R. E LIMA, A. D. S. Estimativa da produtividade do milho em função da disponibilidade hídrica em Guarapuava, PR, Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 2, p. 170-179, 2018.