



ISSN:1984-2295

Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: www.ufpe.br/rbgfe



Rendimento de grãos e eficiência do uso de água no cultivo de milho geneticamente modificado no município de Teresina - PI, Brasil, em condições climáticas contrastantes

Milton José Cardoso¹, Hélio Wilson Lemos de Carvalho², Edson Alves Bastos³, Cleso Antonio Patto Pacheco⁴,
Leonardo Melo Pereira da Rocha⁵

¹Engenheiro Agrônomo, Pesquisador, D.Sc., Produção Vegetal, Embrapa Meio-Norte, milton.cardoso@embrapa.br. ²Engenheiro Agrônomo, Pesquisador, M.Sc., Melhoramento de Plantas, Embrapa Tabuleiros Costeiros, helio.carvalho@embrapa.br. ³Engenheiro Agrônomo, Pesquisador, D.Sc.; Irrigação e Drenagem, Embrapa Meio-Norte, edson.bastos@embrapa.br. ⁴Engenheiro Agrônomo, Pesquisador, D.Sc., Melhoramento de Plantas, Embrapa Tabuleiros Costeiros, cleso.pacheco@embrapa.br. ⁵Engenheiro Agrônomo, Analista, M.Sc., Transferência de Tecnologia, Embrapa Milho e Sorgo, leonardo.rocha@embrapa.br.

Artigo recebido em 10/10/2015 e aceito em 11/12/2015.

RESUMO

A adaptação climática de qualquer espécie vegetal tem estreita relação com seu padrão fenológico, influenciando na sua distribuição geográfica e sua flutuação nos ecossistemas. O objetivo do trabalho foi avaliar o comportamento de 33 híbridos (26 híbridos simples, 6 híbridos triplos e um híbrido duplo) geneticamente modificados de milho em situações climáticas contrastantes - épocas de semeadura (ES), sob irrigação. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados com duas repetições. Os experimentos foram semeados em área da Embrapa Meio-Norte, município de Teresina, PI, em julho e setembro/2013. A temperatura máxima média no período do pendoamento ao espigamento na primeira época foi de 36,7 °C e na segunda época de 38,8 °C, contribuindo para uma redução na eficiência de uso da água (EUA) e dos componentes de rendimentos, números de espigas por área e do peso de espiga na ES de setembro. O rendimento de grãos e a EUA da ES de junho (9.876 kg ha⁻¹; 17,3 kg ha⁻¹ mm⁻¹) foi superior em 25,1 % e 42,27 %, respectivamente, em relação a ES de setembro (7.900 kg ha⁻¹; 11,97 kg ha⁻¹ mm⁻¹). Os híbridos AG 8041 PRO, 3646 HX, RB 9221 PRO, P 4225 H, 30 F 53 YH apresentam tolerância a altas temperaturas e usam melhor a água para a produção de grãos.

Palavras-chaves: Tolerância ao calor, época de semeadura, *Zea mays* (L.).

Grain yield and water use efficiency of genetically modified corn in contrasting climatic conditions in Teresina – PI, Brazil

ABSTRACT

The climate adaptation of any plant species is closely related to its phenology, influencing on its geographical distribution and its fluctuation in ecosystems. The objective this work was to evaluate the performance of 33 hybrids (26 single hybrids, six triples hybrids and one double hybrid) genetically modified corn in contrasting climatic conditions (two sowing dates) under irrigation. The experimental design was a randomized complete block design with two replications. The experiments were sown in the Embrapa Mid-North, Teresina, Piauí State, in July and September / 2013. The average maximum temperature from bolting to heading during the first season was 36.7 °C and in second one was 38.8 °C, reducing the water use efficiency (WUE) and yield components, ear number per area and ear weight in september sowing. The grain yield and WUE of sowing June (9,876 kg ha⁻¹, 17.3 kg ha⁻¹ mm⁻¹) was higher 25.1% and 42.27%, respectively, compared to sowing September (7,900 kg ha⁻¹, 11.97 kg ha⁻¹ mm⁻¹). AG 8041 PRO, P 3646 HX, RB 9221 PRO, P 4225 H, 30 F 53 YH hybrids present tolerant to high temperatures and more efficient water use.

Keywords: Heat tolerant, sowing date, *Zea mays* (L.).

Introdução

A configuração da produção agrícola brasileira, do jeito como é conhecida hoje, pode mudar significativamente nos próximos anos em decorrência do aquecimento global. Se nada for feito para mitigar os efeitos das mudanças climáticas e adaptar as culturas para a nova situação, regiões que atualmente são as maiores produtoras de grãos podem não estar mais aptas ao plantio bem antes do final do século.

O milho pode ser considerado uma das culturas mais tradicionais no Brasil, ocupando posições significativas quanto ao valor da produção agropecuária, área cultivada e principalmente de volume de produção.

A fenologia das plantas tem diversas aplicações importantes no campo da agricultura. É definida como o ramo da Ecologia que estuda os fenômenos periódicos dos seres vivos e suas relações com o ambiente (Bergamaschi, 2007). Em razão de suas múltiplas aplicações, pode-se dizer que a fenologia das plantas é fundamental em todo o grande espectro da Biologia, tanto vegetal como animal. Em Agronomia ela é ferramenta indispensável e de uso generalizado, tanto em áreas básicas como aplicadas.

Na Agrometeorologia a fenologia das plantas é indispensável sob vários aspectos. É indispensável em estudos e aplicações que envolvem as interações clima-planta, como zoneamentos agroclimáticos, calendários de semeadura e plantio, modelagem de cultivos, monitoramento de safras, avaliação de riscos climáticos, cultivos protegidos, irrigação, entre outras.

A caracterização dos eventos fenológicos permite identificar todo desenvolvimento das plantas, a fim de estabelecer relações com as condições do ambiente, sob diferentes ambientes. Com isto, torna-se possível avaliar e descrever com precisão o impacto de eventuais fenômenos adversos.

Várias respostas do milho aos elementos meteorológicos decorrem de seu mecanismo fotossintético C4, que resultam em alta produtividade e, em consequência, alto rendimento de grãos, superando outras espécies cultivadas. Estes conceitos são fundamentais, sobretudo quanto às interações da planta e o ambiente físico, com ênfase para radiação solar, CO₂, temperatura, água e nitrogênio (Bergamaschi e Matzemaier, 2014; Magalhães e Durões, 2006).

A radiação solar representa a eficiência da cultura na conversão da radiação solar através dos processos da fotossíntese. A eficiência de uso da radiação solar do milho aumenta, no início do ciclo, à medida que aumenta a eficiência de interceptação da radiação solar. Ela atinge um valor máximo no meio do ciclo, quando a cultura intercepta o máximo de energia, e diminui ao final do ciclo com a senescência foliar e diminuição da atividade fotossintética (Müller e Bergamaschi, 2005).

A temperatura do ar é um dos principais fatores determinantes da fenologia das plantas. Por isto, ela

exerce papel fundamental na distribuição espaço-temporal das espécies. A interação das condições térmicas com a duração dos dias também é considerada importante para inúmeras espécies cultivadas. Em milho o início do período reprodutivo se dá quando o meristema apical começa a se alongar e inicia o primórdio das flores do pendão. O número de nós formados antes da iniciação do pendão depende do genótipo, mas é modificado pela temperatura e o fotoperíodo (Duncan, 1976).

O efeito da elevação da temperatura sobre o metabolismo das plantas não se expressa através de uma função linear contínua. Alguns estudos verificaram que modelos não lineares têm melhor desempenho em simular a fenologia do milho, tanto no período vegetativo como no reprodutivo (Bonhomme, 2000; Guissem et al., 2001; Streck et al., 2008). No desenvolvimento do milho, a duração do ciclo em dias tem demonstrado inconsistência. Isso se deve ao fato de que a duração de subperíodos e ciclos da planta estão associados às variações das condições ambientais e não ao número de dias. A temperatura tem-se apresentado como o elemento climático mais importante para prever os eventos fenológicos da cultura, desde que não haja deficiência hídrica.

Em condições de temperaturas elevadas, as plantas C4 apresentam taxa fotossintética maior que as espécies C3. Isto se explica, pois temperaturas elevadas afetam menos a fotossíntese de espécies como o milho, que têm metabolismo fotossintético C4 e não apresentam fotorrespiração, a qual tende a aumentar com elevadas temperaturas em plantas com metabolismo C3. Por outro lado, altas temperaturas (principalmente as noturnas) podem reduzir a assimilação líquida das plantas, devido ao aumento das perdas por respiração. Em regiões com verões quentes é frequente a redução do rendimento de grãos de milho em épocas tardias, devido a elevadas temperaturas.

Estresse abiótico seja por água, altas temperaturas ou baixa umidade relativa do ar, é um dos principais problemas da agricultura e a da habilidade das plantas para tolerá-los, sendo de extrema importância para o desenvolvimento do agronegócio de qualquer país. A pressão do estresse na planta fica mais intensa quando, além da deficiência hídrica, ocorre o estresse causado por altas temperaturas, contribuindo ainda mais para a redução da taxa fotossintética líquida devido ao aumento da taxa da respiração, afetando diretamente o rendimento de grãos. A sequência de formação dos componentes do rendimento de grãos é importante para entender as necessidades das plantas, a sensibilidade da cultura às condições de ambiente e seus períodos críticos à ocorrência de estresses.

O número de fileiras de grãos nas espigas é determinado fortemente pelo genótipo e não pelo ambiente. Porém, o número de grãos (comprimento da espiga) é afetado por estresses ambientais, o que o torna variável segundo as condições do meio (Nielsen, 2007).

Em V12 (doze folhas) começam a se definir o número de óvulos (grãos em potencial) e o tamanho das espigas, embora o número de fileiras de grãos por espiga já esteja definido em V5 (cinco folhas). Mas, o número final de grãos por fila estará completo somente uma semana antes do espigamento (em torno de R1). Neste período de formação de óvulos e espigas estresse por água ou nutrientes reduzem seriamente o número de grãos e o tamanho das espigas na colheita (Ritchie et al., 1993).

Grande redução no rendimento de grãos pode ser causada por estresses hídricos, entre duas semanas antes e duas semanas após o espigamento. A maior redução resulta de estresse no espigamento (R1). Isto também é verdadeiro com outros tipos de estresses ambientais, como de nutrientes, altas temperaturas ou granizo. No uso da irrigação o período de quatro semanas ao redor do espigamento é o mais importante (Ritchie et al., 1993).

Polinização deficiente causa falha na fecundação de óvulos e reduz o número de grãos por espiga, deixando parte do sabugo à mostra. Períodos prolongados de déficit hídrico, associados a altas temperaturas, podem retardar a emissão dos estigmas, impedindo a polinização (Nilsen, 2005; Storck et al., 2009).

Na agricultura irrigada a época de semeadura tem sua importância, no sistema de cultivo, no sentido de que os estádios de florescimento e enchimento das espigas coincidam com temperaturas amenas. Segundo alguns autores, existem germoplasmas com genes relacionados a uma melhor utilização da água (Eslick e Hockett, 1974; Ferguson, 1974). Celaro e Rodrigues (2005), no Planalto Médio do Rio Grande do Sul observaram maiores rendimentos de grãos de milho na semeadura de novembro em relação à semeadura de dezembro. Fatores relacionados à seca e ao calor contribuíram para o decréscimo do rendimento na segunda época de semeadura. Gadioli et al. (2000) obtiveram maiores rendimentos de grãos em semeaduras de primavera e menores rendimentos em épocas posteriores, numa relação inversa entre produção de grãos e temperatura do ar. Brunini et al. (2006) observaram que temperaturas noturnas elevadas podem prejudicar o desenvolvimento da cultura, embora a escolha de épocas apropriadas possa permitir escape a essas condições, inclusive mitigando estresses térmicos no período diurno durante o florescimento.

Este trabalho teve como objetivo avaliar híbridos de milho geneticamente modificados, sob irrigação, quanto ao rendimento de grãos e a eficiência de uso da água em situações climáticas contrastantes no município de Teresina, PI.

Material e Métodos

Caracterização da Cidade de Teresina, PI –
Ambiente dos experimentos

O Estado do Piauí apresenta uma área de 251.529 Km², com uma população de 3.195.000 habitantes e politicamente está dividido em 167 municípios, agrupados em oito zonas homogêneas e dezenove microrregiões (IBGE, 2014).

Teresina geograficamente situa-se a uma latitude de 5°5'20" sul e longitude de 42°48'07" oeste, localiza-se próximo à divisa com o estado do Maranhão, ao oeste do estado, em uma altitude de 72 metros, em média (Figura 1). A cidade é separada da cidade de Timon (Maranhão) pelo Rio Parnaíba.



Figura 1. Localização do estado do Piauí no Brasil e da microrregião de Teresina no estado. (fonte: <http://pt.wikipedia.org/wiki/>)

Teresina possui clima tropical semiúmido com duas estações características: o período das chuvas (que ocorrem no verão e outono) e o período seco (que ocorre no inverno e primavera). De janeiro a maio, devido às chuvas, o clima é "frio e úmido", para os padrões nordestinos (quando há possibilidade de ocorrer neblina nas manhãs); de junho a agosto o clima começa a ficar mais seco com noites relativamente frias; de setembro a dezembro o clima se torna mais quente e abafado, podendo começar a ocorrer algumas pancadas de chuva a partir de novembro. A precipitação pluviométrica anual situa-se em torno de 1.500 mm.

Quente na maior parte do ano, Teresina possui uma temperatura média em torno dos 27 °C, tendo mínimas de 20 °C e máximas de 35 °C a 39 °C. A qualidade do ar de Teresina é considerada boa, exceto

no período mais seco, quando a umidade relativa do ar fica mais baixa, e há ocorrências de queimadas.

Informações sobre os experimentos

Dois experimentos, um com semeadura em julho e outro em setembro do ano de 2013 foram conduzidos no município de Teresina, PI, em um solo Neossolo Flúvico distrófico, apresentando argila de atividade baixa e saturação por bases baixa ($V < 50\%$), ambas na maior parte do horizonte C (Figura 2) (Melo et al., 2014)



Figura 2. Solo Neossolo Flúvico distrófico da área experimental dos ensaios. Teresina, Piauí. 2013. Foto: Francisco de Brito Melo.

A irrigação dos ensaios foi sob irrigação por aspersão convencional, cujo manejo foi feito com base na reposição da evapotranspiração da cultura calculada a partir da evapotranspiração de referência estimada por Penman-Monteith e dos coeficientes da cultura obtidos por Andrade Júnior et al. (1998). O monitoramento do teor de água no solo até 0,70 m de profundidade foi feito por meio de um sensor capacitivo (Diviner 2000 – Sentek Technologies, Austrália). As lâminas aplicadas em um ciclo de 100 dias, em ambos os experimentos foram de 580 mm e 660 mm com um consumo médio diário de 5,8 mm e 6,6 mm, respectivamente, nas semeaduras de julho e setembro.

Os resultados das análises de fertilidade do solo (camada de 0 cm -20 cm de profundidade), realizadas pelo Laboratório de Fertilidade de Solos da Embrapa Meio-Norte, indicaram: pH em água(1:2,5) = 6,3; fósforo (mg dm^{-3}) = 20,1; potássio (mg dm^{-3}) = 117,1; cálcio ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$) = 22,7; magnésio ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$) = 7,9; alumínio ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$) = 0,0 e M.O. (g kg^{-1}) =

29,1. As adubações foram feitas de acordo com a análise do solo e da exigência da cultura por ocasião do plantio de 50.80.70 kg de $\text{N.P}_2\text{O}_5.\text{K}_2\text{O ha}^{-1}$ e em cobertura 100 kg de N ha^{-1} por ocasião da sexta folha completamente emergida, utilizando como fonte os fertilizante sulfato de amônio (N), superfosfato triplo (P_2O_5) e cloreto de potássio (K_2O).

Foi utilizado o delineamento experimental em blocos ao acaso, com duas repetições e 33 tratamentos – híbridos de milho geneticamente modificados (HGM) (26 híbridos simples, 6 híbridos triplo e um híbrido duplo), Tabela 1. Cada parcela constou de quatro fileiras de 5,0 m de comprimento espaçadas de 0,70 m e 0,20 m entre covas dentro das fileiras, mantendo-se uma planta por cova, após o desbaste. Como área útil foram utilizadas as duas fileiras centrais ($7,0 \text{ m}^2$). Foram anotados dados de número de dias e dados médios climáticos da temperatura do ar, umidade do ar e radiação solar (Figura 3), de uma estação agrometeorológica localizada a 400 m da área experimental, entre os períodos da semeadura ao pendoamento (50% das plantas com pendões visíveis – Figura 4), pendoamento ao espigamento (50% das plantas com estilo-estigas visíveis – Figura 5) e espigamento a maturidade fisiológica (método da camada preta dos grãos – Ritchie et al., 1993).

As características avaliadas foram: rendimento de grãos (RG em kg ha^{-1}) com 14 % de umidade; eficiência de uso da água (EUA), calculada pela relação do rendimento de grãos e a lâmina de água aplicada em cada ensaio em $\text{kg ha}^{-1}\text{mm}^{-1}$, número de espiga por área (NEM2), obtido pela divisão do número de espiga da área útil pela área útil e peso de grãos por espiga (PE), obtido pela divisão do peso de espiga sem palha pelo número de espiga da área útil.

Os dados foram submetidos à análise de variância depois de verificada a homogeneidade das variâncias, sendo a comparação das médias dos tratamentos feita pelo teste F e de Scott-Knott ao nível de 5% (Zimmerman, 2014).

Tabela1. Características dos híbridos de milho geneticamente modificados utilizados nos ensaios. Embrapa Meio-Norte. Ano 2013

Híbrido	Tipo	Ciclo	Cor	Textura	Empresa
30 F 35 YH	HS	P	AL	SMD	1
30 F 53 YH	HS	P	AL	SMD	1
CD 324 PRO	HS	P	AL	SMD	2
CD 3408 PRO	HT	P	AL	SMD	2
P 4285 H	HS	P	AM/AL	D	1
RB 9005 PRO	HS	P	AM/AL	SMDE	3
P 3340 H	HS	SP	*	D	1
RB 9006 PRO	HS	P	AL	D	3
DEFENDER VIP	HSm	P	AM/AL	D	4
P 3161 H	HS	SP	AM/AL	SMD	1
CD 3590 HX	HS	P	AM	SMD	2
RB 9110 YG	HS	SP	AM/AL	SMDE	3
RB 9221 PRO	HS	SP	AM	D	3
CD 3464 HX	HT	P	AL	SMD	2
P 3646 H	HS	P	AM/AL	SMD	1
CD 384 HX	HT	P	AL	SMD	2

MAXIMUS VIP3	HS	P	AL	D	4
STATUS VIP	HS	P	AL	D	4
2 B 655 HX	HT	P	AL	SMD	5
30 K 73 YH	HS	P	AM/AL	SMD	1
TRUCK VIP	HSm	P	AL	D	4
FEROZ VIP	HD	P	AL	D	4
CD 397 PRO	HT	P	AM	SMDE	2
30 A 68 HX	HS	SP	AL	SMD	6
BX 1293 YG	HS	P	LR	DE	7
AG 7088 RR2	HS	P	AL	SMD	8
AG 8676 PRO	HS	P	AL	DE	8
AG 708 PRO2	HS	P	AL	SMD	8
AG 5055 PRO	HT	P	AL	SMD	8
AG 9045 PRO	HS	SP	AM/AL	SMDE	8
AG 8025 PRO	HS	P	AM	DE	8
AG 8041 PRO	HS	P	AM/AL	SMD	8
30 A 37 PW	HS	SP	AM/AL	SMD	6

*Sem informação; HS: híbrido simples; HSm: híbrido simples modificado; HD: híbrido duplo; HT: híbrido triplo. P: precoce; SP: superprecoce; AM: amarelado; AL: alaranjado; D: duro; SMD: semiduro; SMDE: semidentado; DE: dentado. 1: Du Pont do Brasil S.A.; 2: Coodet3ec; 3: Riber KWS Sementes S.A.; 4: Syngenta Seeds LTDA; 5: Dow Agrociências Sementes e Biotecnologia; 6: Morgan Semente; 7: Nidera Sementes LTDA; 8: Sementes Agroceres.

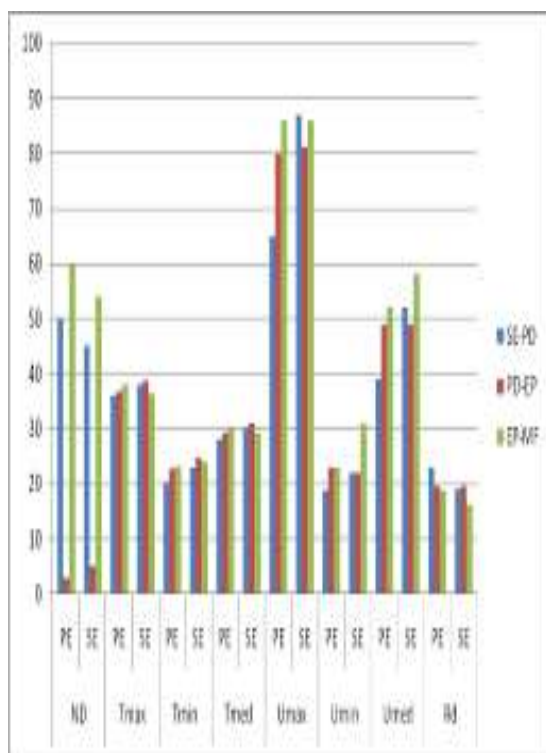


Figura 3. Dados médios do número de dias (ND), temperaturas máximas, mínimas e médias (°C), umidades relativa médias do ar máxima, mínimas e médias do ar (U%) e radiação solar (MJ m^{-2}) dos períodos da semeadura (SE) ao pendimento (PD),

pendoamento ao espigamento (EP) e espigamento a maturidade fisiologia (MF) de 33 híbridos geneticamente modificados de milho em duas épocas de semeadura (julho - PE e setembro - SE). Embrapa Meio-Norte, Teresina, Piauí, 2013. Fonte: Estação agrometeorológica localizada a 400 metros da área experimental.



Figura 4. Planta de milho no estágio pendoamento. Foto: Milton José Cardoso



Figura 6. Planta de milho no estágio de espigamento. Foto: Milton José Cardoso

Resultados e Discussão

Foi verificado efeito ($p < 0,01$) da interação híbridos de milho geneticamente modificados versus épocas de semeadura, nas características avaliadas, o que mostra o comportamento diferenciado dos híbridos em relação às épocas de semeadura. Maiores rendimento de grãos e eficiência de uso da água foram observados na semeadura de julho/2013 onde a média do ensaio foi de 9.876 kg ha^{-1} e $17,3 \text{ kg ha}^{-1}\text{mm}^{-1}$, 25,01 % e de 42,27 % superior quando a semeadura ocorreu em setembro/2013 (7.900 kg ha^{-1} e $11,97 \text{ kg ha}^{-1}\text{mm}^{-1}$), Tabela 2.

Na semeadura de julho dezenove híbridos de milho geneticamente modificados produziram acima da média do ensaio e utilizaram melhor a água na

produção de grãos com destaque para os híbridos geneticamente modificados 30 F 53 YH; P 4285 H; RB 9006 PRO; RB 9221 PRO; P 3646 H; 30 K 73 YH; 30 A 68 HX; AG 7088 RR2; AG 8676 PRO; AG 5055 PRO; AG9045 PRO; AG 8025 PRO; e AG 8041 PRO com rendimento de grãos acima de 10.500 kg ha⁻¹.

Dezessete híbridos geneticamente modificados produziram acima da média do ensaio (7.900 kg ha⁻¹), quando semeados em setembro, com destaque para os AG 8041 PRO, AG 8025 PRO, 3646 HX, RB 9110 YG, P 4225 H, 30 F 35 YH com rendimento de grãos superior a 9.000 kg ha⁻¹.

Tabela 2. Rendimento de grãos (RGHA em kg ha⁻¹), eficiência de uso da água (EUA em kg ha⁻¹ mm⁻¹) e número de espiga m⁻² (NEM2) de 33 híbridos de milho geneticamente modificados em duas épocas de semeadura. Embrapa Meio-Norte. Teresina, PI, 2013.

Híbrido	1ª Época – julho 2013			2ª Época – setembro 2013		
	RGH A	EUA	NEM 2	RGH A	EUA	NEM 2
30 F 35 YH	10.115 a	17,44 a	6,36a	9.636a	14,60 a	6,36a
30 F 53 YH	10.864 a	18,73 a	6,21b	8.564a	12,98 a	5,93a
CD 324 PRO	9.814a	16,92 a	6,00b	8.044a	12,19 a	5,07b
CD 3408 PRO	8.586b	14,80 b	6,21b	7.176b	10,87 b	5,57b
P 4285 H	10.600 a	18,27 a	6,57a	9.807a	14,86 a	6,21a
RB 9005 PRO	10.029 a	17,29 a	6,36a	7.762a	11,76 a	5,21b
P 3340 H	9.172b	15,81 b	6,71a	8.822a	13,37 a	7,29a
RB 9006 PRO	10.522 a	18,14 a	6,93a	7.485b	11,34 b	5,29b
DEFENDE R VIP	9.996a	17,23 a	6,64a	7.965a	12,07 a	5,79a
3161 H	9.869a	17,02 a	6,79a	8.257a	12,51 a	6,07a
CD 3590 HX	9.984a	17,21 a	6,29b	7.717a	11,69 a	5,64b
RB 9110 YG	8.202a	14,14 b	6,64a	9.014a	13,66 a	6,79a
RB 9221 PRO	10.705 a	18,46 a	6,71a	6.342b	9,61b	5,36b
CD 3464 HX	9.785a	16,87 a	6,29b	6.312b	9,56b	5,21b
3646 H	11.006 a	18,98 a	6,29b	9.570a	19,50 a	5,79a
CD 384 HX	9.327b	16,08 b	6,36a	7.339b	11,12 b	4,79a
MAXIMUS VIP3	9.018b	15,55 b	6,21b	6.072b	9,20b	4,86b
STATUS VIP	8.534b	14,71 b	6,57a	5.391b	8,17b	4,71b
2 B 655 HX	8.857b	15,27 b	6,64a	6.247b	9,47b	5,00b
30 K 73 YH	10.129 a	17,46 a	6,86a	8.716a	13,21 a	6,86a
TRUCK VIP	9.414b	16,23 b	6,36a	5.752b	8,72b	4,79b
FEROZ VIP	9.348b	16,12 b	6,29b	8.964a	13,58 a	6,29a
CD 397 PRO	9.911a	17,09 a	6,50a	8.157a	12,37 a	5,64b
30 A 68 HX	10.241 a	17,66 a	6,57a	8.557a	12,97 a	5,21b
BX 1293	9.749a	16,81	6,43a	7.903a	11,97	6,07a

YG		a		a		
AG 7088 RR2	10.800 a	18,62 a	7,07a	7.605a	11,52 a	6,00a
AG 8676 PRO	9.710a	16,74 a	6,50a	6.307b	9,56b	3,93b
AG 708 PRO2	10.079 a	17,38 a	6,86a	6.959b	10,54 b	5,57b
AG 5055 PRO	10.672 a	18,40 a	6,71a	7.886a	11,95 a	5,00b
AG 9045 PRO	10.031 a	17,30 a	6,43a	7.800a	11,82 a	7,07a
AG 8025 PRO	10.590 a	18,26 a	6,64a	9.700a	14,70 a	5,93a
AG 8041 PRO	10.819 a	18,65 a	6,64a	10.550 a	15,99 a	6,64a
30 A 37 PW	9.422b	16,24 b	6,79a	8.336a	12,63 a	6,50a
Média	9.876	17,03	6,52	7.900	11,97	5,71
CV (%)	6,50	6,50	4,36	11,82	11,82	9,34
F (H)	**	**	*	**	**	**

A interação híbrido x época de semeadura foi significativa (P<0,01) pelo teste F. ** e *, respectivamente, significativo (P<0,01) e (P<0,05%). Na coluna médias seguida da mesma letra são iguais pelo teste de Scott-Nott a 5%.

Os componentes de rendimento números de espiga por área e o peso de grãos por espiga foram os principais responsáveis pelas diferenças obtidas nas épocas de semeaduras de julho e setembro/2013 com valores de 6,52; 180 g e 5,71 e 164 g Tabela 3, respectivamente. Correlações fenotípicas (P<0,01) foram observadas com os componentes de rendimentos número de espigas por área, número de grãos por área e o peso de espiga com rendimento de grãos com valores, respectivamente, de 0,36; 0,88; 0,84 (primeira época-julho) e 0,64; 0,91 e 0,58 (segunda época-setembro).

A temperatura do ar máxima no período do pendoamento ao espigamento na primeira época foi de 36,7 °C e na segunda época de 38,8 °C (Figura 3), o que deve ter contribuído para o aumento de abortamento de pólen afetando o número de espiga e o peso de grãos por espiga. Redução no rendimento de grãos pode ser causada por estresses hídricos, entre duas semanas antes e duas semanas após o espigamento. Maior redução resulta de estresse no espigamento, como também em outros tipos de estresses ambientais, como de nutrientes, altas temperaturas ou granizo. No uso da irrigação o período de quatro semanas ao redor do espigamento é o mais importante (Ritchie et al., 1993). Polinização deficiente causa falha na fecundação de óvulos e reduz o número de grãos por espiga, deixando parte do sabugo à mostra. Períodos prolongados de déficit hídrico, associados a altas temperaturas, podem retardar a emissão dos estigmas, impedindo a polinização (Nielsen, 2005).

Em sua pesquisa Celaro e Rodrigues (2005) obtiveram maiores rendimentos de grãos de milho quando semeado em novembro em relação à semeadura de dezembro. Enfatizam que fatores relacionados à seca e ao calor contribuíram para o decréscimo do rendimento na segunda época de semeadura.

Gadioli et al. (2000) enfatizam que o milho semeado na estação da primavera expressaram maiores

rendimentos de grãos em relação a semeadura em épocas posteriores, numa relação inversa entre produtividade de grãos e temperatura do ar. Brunini et al. (2006) observaram que temperaturas noturnas elevadas podem prejudicar o desenvolvimento da cultura, embora a escolha de épocas apropriadas possa permitir escape a essas condições, inclusive mitigando estresses térmicos no período diurno durante o florescimento. Cardoso et al. (2012), Almeida Filho et al. (2014), Cardoso et al. (2014) e Menezes et al. (2014), em ambiente do centro norte piauiense identificaram híbridos comerciais de milho com características para tolerância ao estresses hídrico e ao calor.

Tabela 3. Peso de grãos por espiga (g) de 33 híbridos de milho geneticamente modificados em duas épocas de semeadura. Embrapa Meio-Norte. Teresina, PI, 2013.

Híbrido	1ª Época julho 2013	2ª Época setembro 2013	Conjunta
30 F 35 YH	184	180	182a
30 F 53 YH	204	169	187a
CD 324 PRO	196	189	192a
CD 3408 PRO	168	158	163b
P 4285 H	199	186	193a
RB 9005 PRO	190	177	184a
P 3340 H	157	143	150b
RB 9006 PRO	187	181	184a
DEFENDER VIP	186	163	175a
P 3161 H	168	157	162b
CD 3590 HX	191	163	177a
RB 9110 YG	150	158	154b
RB 9221 PRO	189	139	164b
CD 3464 HX	184	143	163b
P 3646 H	206	193	200a
CD 384 HX	178	180	179a
MAXIMUS VIP3	179	152	165b
STATUS VIP	157	135	146b
2 B 655 HX	162	152	157b
30 K 73 YH	171	147	159b
TRUCK VIP	178	150	164b
FEROZ VIP	181	166	173a
CD 397 PRO	177	166	171b
30 A 68 HX	189	197	193a
BX 1293 YG	184	158	170b
AG 7088 RR2	183	146	164b
AG 8676 PRO	177	195	186a
AG 708 PRO2	173	150	162b
AG 5055 PRO	192	184	188a
AG 9045 PRO	175	122	149b
AG 8025 PRO	188	190	189a
AG 8041 PRO	189	190	189a
30 A 37 PW	159	145	152b
Média	180	164	172
CV	6,04	11,96	9,22
F (H)	**	*	**
F(E)	**	*	ns
F(H x E)			ns

** e *, respectivamente, significativo ($P < 0,01$) e ($P < 0,05$) e ns não significativo ($P > 0,05$) pelo teste F. Na coluna médias seguida da mesma letra são iguais pelo teste de Scott-Nott a 5%.

Conclusões

a) Na microrregião de Teresina, PI, inserida na mesorregião do Centro Norte Piauiense híbridos de milho geneticamente modificados quando semeados em julho expressam melhor seu potencial produtivo e utilizam melhor a água.

b) Os componentes de rendimentos números de espiga por área e o peso de grãos por espigas são as causas principais das diferenças de rendimento de grãos das semeaduras do milho de julho para setembro.

c) Os híbridos de milho geneticamente modificados AG 8041 PRO, P 3646 HX, RB 9221 PRO, P 4285 H, 30 F 53 YH aparentam ter tolerância a altas temperaturas e utilizam melhor a água na produção de alimentos.

Referências

- Almeida Filho, J.E., Tardin, F.D., Daher, R.F., Barbé, T. C., Paulo, C. M., Cardoso, M.J., Godinho, V.P.C., 2014. Stability and adaptability of grain sorghum hybrids in the off-station. *Genetics and Molecular Research* 13, 7626-7635.
- Andrade Júnior, A.S., Cardoso, M.J., Melo, F.B., Bastos, E.A., 1998. Irrigação, in: Cardoso, M.J. (Org.), *A Cultura do Milho no Piauí*. 2 ed. Embrapa Meio-Norte, Teresina, pp.68-100. (Embrapa Meio-Norte. Circular Técnica, 12).
- Bergamaschi, H., 2007. O clima como fator determinante da fenologia das plantas, in: Rego, G.M., Negrelle, R.R.B., Morellato, L.P.C. (Eds.), *Fenologia: ferramenta para conservação, melhoramento e manejo de recursos vegetais arbóreos*. Embrapa Florestas, Colombo. 1 CD-ROM.
- Bergamaschi, H., Matzemaier, R., 2014. *O Milho e o Clima*. Emater/RS-Ascar, Porto Alegre.
- Bonhomme, R., 2000. Bases and limits to using "degree-days" units. *European Journal of Agronomy*, Montpellier 13, 1-10.
- Brunini, O., Abramides, P.L.G., Brunini, A.P.C., Carvalho, J.P., 2006. Caracterizações macroclimáticas, agrometeorológicas e restrições ambientais para o cultivo de milho em regiões tropicais baixas. *InfoBibos* 1. Disponível: http://www.infobibos.com/Artigos/2006_3/ambiente_milho/index.html. Acesso: 20 jan. 2014.
- Cardoso, M.J., Bastos, E.A., Ribeiro, V.Q., Guimarães, L.J.M., Guimarães, P.E.deO., Rocha, L.M.R., 2012. Rendimento de grãos, componentes de rendimento e eficiência de uso da água de híbridos de milho em condições climáticas contrastantes.

- Embrapa Meio-Norte, Teresina. (Embrapa Meio-Norte. Boletim de Pesquisa, 103).
- Cardoso, M.J., Carvalho, W.W.L., Rocha, L.M.P., Pacheco, C.A.P., Guimarães, P.E., Guimarães, L.J.M., 2014. Cultivares comerciais de milho na região Meio-Norte do Brasil, safra 2012/2013. Embrapa Meio-Norte, Teresina. (Embrapa Meio-Norte. Documentos, 230).
- Celaro, M.C., Rodrigues, O., 2005. Densidade e arranjo de plantas em genótipos de milho, em duas épocas de semeadura, na Região do Planalto do Rio Grande do Sul. Documentos, impresso.
- Duncan, W.G., 1976. Maize, in: Evans, L.T. (Ed.), Crop Physiology: some case histories. 2. ed. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 23-50.
- Eslick, R.F., Hockett, E.A., 1974. Genetic engineering as a key to water-use efficiency. Agricultural Meteorology, Amsterdam 14,13-23.
- Ferguson, H., 1974. Use variety isogenes in plant water-use efficiency studies. Agricultural Meteorology, Amsterdam 14, 25-29.
- Gadioli, J.L., Dourado-Neto, D., Garcia, A.G., Basanta, M.V., 2000. Temperatura do ar, rendimento de grãos de milho e caracterização fenológica associada à soma calórica. Scientia Agrícola 57, 377-383. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-90162000000300001>.
- Guissem, J.M., Sans, L.A., Nakagawa, J., Cruz, J.C., Pereira Filho, I.A., Mateus, G.P., 2001. Crescimento e desenvolvimento da cultura do milho (*Zea mays* L.) em semeadura tardia e sua relação com grau-dia e radiação solar global. Revista Brasileira de Agrometeorologia 9, 215-260.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2014. Mapeamento das Unidades Territoriais. Disponível: http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/cartografi/default_territ_int.shtm?c=3. Acesso: 20 jan. 2015.
- Magalhães, P.C., Durães, F.O.M., 2006. Fisiologia da produção de milho. MAPA, Sete Lagoas. (MAPA. Circular Técnica número, 76).
- Melo, F.deB., Andrade Júnior, A.S., Peesôa, B.L.deO., 2014. Levantamento, Zoneamento e Mapeamento Pedológico Detalhado da Área Experimental da Embrapa Meio-Norte em Teresina, PI. Embrapa Meio-Norte, Teresina.
- Menezes, C.B., Ticona-Benavente, C.A., Tardin, F.D., Cardoso, M.J., Bassyto, E.A., Nogueira, D.W., Portugal, A.F., Santos, C.V., Schaffert, R.E., 2014. Selection indices to identify drought-tolerant grain sorghum cultivars. Genetics and Molecular Research 13, 9817-9827.
- Müller, A.G., Bergamaschi, H., 2005. Eficiências de interceptação, absorção e de uso da radiação fotossinteticamente ativa pelo milho (*Zea mays* L.), em diferentes disponibilidades hídricas. Revista Brasileira de Agrometeorologia 13, 27-33.
- Nielsen, R.L., 2007. Ear size determination in corn. Corny News Network, West Lafayette, IN. Disponível: <http://www.kingcorn.org/news/timeless/EarSize.html>. Acesso: 09 dez. 2014.
- Nielsen, R. L., 2005. Kernel set scuttlebutt. Corny News Network, West Lafayette, IN. Disponível: <http://www.kingcorn.org/news/articles.05/KernelSet-0809.html>. Acesso: 09 dez. 2014.
- Ritchie, S.W., Hanway, J.J., Benson, G.O., 1993. How a corn plant develops. Iowa. (Special Bulletin, 48).
- Storck, L., Cargnelutti Filho, A., Lopes, S.J., Toebe, M., Silveira, T.R.da., 2009. Duração do subperíodo semeadura-florescimento, crescimento e produtividade de milho em condições contrastante. Revista Brasileira de Milho e Sorgo 8, 27-39.
- Streck, N.A., Lago, I., Gabriel, L.F., Samboranza, F.K., 2008. Simulating maize phenology as a function of air temperature with a linear and a nonlinear model. Pesquisa Agropecuária Brasileira 43, 449-455.
- Zimmermann, F.J.P., 2014. Estatística Aplicada à Pesquisa Agrícola. 2 ed. Embrapa, Brasília.