

## Avaliação de cultivares de milho crioulo em sistema de baixo nível tecnológico

Valéria Carpentieri-Pípolo<sup>1\*</sup>, Agnelo de Souza<sup>2</sup>, Daiana Alves da Silva<sup>2</sup>, Thales Pereira Barreto<sup>2</sup>, Deoclécio Domingos Garbuglio<sup>3</sup> e Josué Maldonado Ferreira<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Agronomia, Universidade Estadual de Londrina, Rod. Celso Garcia Cid, Pr 445, Km 380, Cx. Postal 6001, 86051-970, Londrina, Paraná, Brasil. <sup>2</sup>Programa de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, Paraná, Brasil. <sup>3</sup>Programa de Pós-graduação em Genética e Melhoramento, Universidade Federal de Lavras, Lavras, Minas Gerais, Brasil. <sup>4</sup>Departamento de Biologia Geral, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, Paraná, Brasil.

\*Autor para correspondência. E-mail: pipolo@uel.br

**RESUMO.** Com o advento da agricultura moderna, as sementes crioulas foram, em geral, substituídas por cultivares híbridos, com elevado potencial produtivo, porém mais dependentes de insumos e tecnologias intensivas. O objetivo deste trabalho foi avaliar variedades de milho crioulo, de forma a identificar materiais mais produtivos e que propiciem o processo sustentável no qual os próprios grãos possam ser utilizados como semente. Foram avaliadas 15 variedades de milho crioulo, tendo como testemunhas as cultivares comerciais BR 106 e IPR 114. Os experimentos foram conduzidos em Arapongas e Imbaú, Estado do Paraná, durante o ano agrícola de 2004/2005, sem a utilização de insumos externos. O delineamento utilizado foi o de blocos casualizados com quatro repetições. As parcelas foram constituídas por duas linhas de 4 m, espaçadas 90 cm entre linhas e com 20 plantas/linha. As variedades crioulas P-13, P-15 e P-05 demonstraram potencial produtivo elevado em sistemas de baixo nível tecnológico, dentro de cada local, assim como na média dos locais. As variedades P-19 e P-10 têm sua recomendação restrita à localidade de Imbaú, enquanto que P-16 e P-17 serão direcionadas para a localidade de Arapongas.

**Palavras-chave:** *Zea mays* L., variedades locais, melhoramento.

**ABSTRACT. Evaluation of maize landrace cultivars under a low-tech system.**

With the advent of modern agriculture, landrace seeds were replaced by hybrid cultivars, which feature high grain yield potential – though more dependent on intensive technologies. The objective of this work was to evaluate maize landraces, in order to identify more productive materials that can lead a sustainable process in which the grains themselves in which can be used as seed. Fifteen maize varieties were evaluated, with commercial cultivars BR 106 and IPR 114 as controls. The experiments were carried out in Arapongas and Imbaú (Paraná State), during the 2004/2005 agricultural year, without external input. The design used was randomized blocks with four replications. The plots were two 4-m rows, spaced 90 cm apart, with 20 plants/row. The landrace varieties P-13, P-15 and P-05 showed high productive potential in low technological level systems, at each location, as well as in the average of both locales. The varieties P-19 and P-10 have their recommendation restricted to Imbaú, while P-16 and P-17 will be indicated for Arapongas.

**Key words:** *Zea mays* L., landraces, breeding.

### Introdução

A agricultura familiar constituída por pequenos e médios agricultores representa a maioria dos produtores rurais no Brasil, sendo estes os maiores responsáveis pela produção de grande parte dos alimentos que abastecem a mesa dos brasileiros, como o feijão, arroz, milho, hortaliças, mandioca e pequenos animais.

No entanto, a maior parte dos agricultores familiares brasileiros está localizada em regiões onde é empregado um baixo nível tecnológico e áreas de

plântio com problemas que dificultam adequado manejo fitotécnico das culturas trabalhadas. Leite et al. (2004) citam que, dos solos em assentamentos rurais, somente 23% têm boa fertilidade e 17% boa textura. Ressaltam, ainda, que a topografia é problema em aproximadamente 30% das áreas estudadas e que as más condições naturais dessas áreas agrícolas são agravadas pelas más condições financeiras dos agricultores e pela baixa tecnologia utilizada.

O cultivo do milho tem se destacado entre as atividades de pequenos produtores, uma vez que o

grão é utilizado na alimentação animal, que representa a maior parte do consumo desse cereal no Brasil e no mundo. Apesar do consumo do grão de milho e derivados não ser tão expressivo na alimentação humana, este cereal constitui fator importante em regiões com baixa renda como é o caso do Nordeste Brasileiro, em que este alimento constitui, entre outras, uma das fontes de energia diária para grande parte da população do Semi-árido (NAVES et al., 2004).

Em condições que se empregam baixas tecnologias de cultivo, as variedades comerciais podem apresentar desempenho próximo ou mesmo inferior às variedades crioulas. Ademais, o uso de variedades locais possui diversas outras vantagens ligadas à sustentabilidade da produção como resistência a doenças, pragas e desequilíbrios climáticos, e podem ter as sementes armazenadas para as safras seguintes, o que diminui o custo de produção. Segundo Cecarelli et al. (1994), o ganho ambiental também é superior, uma vez que o uso de variedades crioulas, adaptadas localmente, mantém a diversidade genética das espécies, podendo servir de fonte para o melhoramento.

Segundo Abreu et al. (2007), o uso das variedades crioulas, o que confere baixo custo, constitui numa alternativa para a sustentabilidade dos pequenos agricultores. Além do que, o melhoramento destas variedades pode ser feito nas propriedades pelos próprios agricultores que detêm alto conhecimento destes materiais crioulos.

No melhoramento genético, durante o processo de seleção, deve-se realizar a avaliação dos genótipos em diferentes ambientes, identificando as cultivares mais adaptadas às condições específicas de cada ambiente (CRUZ et al., 2004; GARBUGLIO et al., 2007; MENDONÇA et al., 2007).

O objetivo do presente trabalho foi avaliar 15 variedades de milho crioulo em sistemas de baixo nível tecnológico, visando identificar genótipos que apresentem considerável potencial produtivo no conjunto de locais ou mesmo com adaptação específica a uma determinada localidade para fins de recomendação de cultivo.

## Material e métodos

Quinze variedades de milho crioulo procedentes de agricultores do Norte e do Centro-Sul do Paraná e duas testemunhas, as variedades comerciais de polinização aberta BR 106 e IPR 114 (Tabela 1), foram avaliadas em experimentos instalados no ano agrícola de 2004/2005, nos assentamentos Dorselina Folador em Arapongas, Estado do Paraná, e Guanabara em Imbaú, Estado do Paraná.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados com quatro repetições. As parcelas foram constituídas de duas linhas de 4 m de comprimento, com espaçamento de 0,90 m entre as linhas e 0,20 m entre plantas. A semeadura foi realizada manualmente e, após o desbaste, foram deixadas cinco plantas por metro linear, totalizando uma densidade aproximada de 55.555 plantas ha<sup>-1</sup>.

Os experimentos foram conduzidos nas condições usualmente adotadas pelos agricultores nos assentamentos, ou seja, sem realização de controle fitossanitário e sem aplicação de fertilizantes minerais na semeadura e cobertura. Também não houve correção do pH do solo e o controle de plantas invasoras foi realizado por meio de capinas manuais. A variável analisada foi rendimento de grãos (RG), alcançado pelo peso total de grãos obtidos em cada parcela, corrigido para umidade padrão de 14,5% e transformado para kg ha<sup>-1</sup>.

Com o auxílio do programa Genes (CRUZ, 2001), foram realizadas análises de variância individuais e, após verificada uma razão menor que sete entre quadrados médios do erro (BANZATTO; KRONKA, 1995) das duas localidades, procedeu-se à análise conjunta em que os efeitos de genótipo e ambiente foram considerados como fixos. Para o estudo de agrupamento das médias, utilizou-se o teste de Scott e Knott (1974) a 5% de probabilidade.

**Tabela 1.** Genótipos avaliados nos ensaios de competição em Arapongas e Imbaú, Estado do Paraná, safra agrícola de 2004/2005.

Tratamentos	Descrição	Procedência
IPR 114	Variedade Comercial	Instituto Agronômico do Paraná
BR 106	Variedade Comercial	Embrapa Milho e Sorgo
P-03	Amarelão Antigo	Agricultores do Centro-Sul do PR
P-04	Macaco	Agricultores do Centro-Sul do PR
P-05	Carioca	Agricultores do Centro-Sul do PR
P-09	Amarelão	Agricultores do Centro-Sul do PR
P-10	Palha Roxa	Agricultores do Centro-Sul do PR
P-11	Astequinha Sabugo Fino	Agricultores do Centro-Sul do PR
P-12	Cravinho do Prestupa	Agricultores do Centro-Sul do PR
P-13	Caiano (CS)	Agricultores do Centro-Sul do PR
P-14	Asteca do Prestupa	Agricultores do Centro-Sul do PR
P-15	Amarelo Antigo	Agricultores do Norte do PR
P-16	Asteca Amarelo	Agricultores do Norte do PR
P-17	Asteca Baixo	Agricultores do Norte do PR
P-18	Asteca Branco	Agricultores do Norte do PR
P-19	Caiano (N)	Agricultores do Norte do PR
P-20	Piolim	Agricultores do Norte do PR

## Resultados e discussão

Pelas análises de variância individuais (Tabela 2), foi verificado que o efeito de genótipos apresentou significância pelo teste F ( $p < 0,01$ ) somente para localidade de Imbaú, e em Arapongas os materiais avaliados não diferiram estatisticamente entre si. Este fato ainda pode ser observado no agrupamento das

médias por local (Tabela 3) onde, em Arapongas, houve a formação de somente um grupo, enquanto que em Imbaú as médias foram alocadas em quatro grupos.

Os CV<sub>c</sub>% observados, tanto nas análises individuais (Arapongas: 31,45%; Imbaú: 22,54%) quanto na conjunta (26,8%), foram classificados como altos (SCAPIM et al., 1995) indicando que os experimentos não tiveram os fatores ambientais controlados de maneira adequada e que, possivelmente, tenha influenciado a análise de variância e o teste de média, em especial, para a localidade de Arapongas, o que pode ser atribuído às condições ambientais adversas observadas nos locais do ensaio, à grande variabilidade existente dentro dos materiais e ao fato dos experimentos terem sido conduzidos em propriedades de agricultores familiares que não utilizam adubações de semeadura e de cobertura. Para Lopes e Storck (1995), tratos culturais, como aplicação de inseticidas e adubações desuniformes, são capazes de aumentar o erro experimental. Portanto, a realização de um adequado manejo fitotécnico na implantação e condução dos ensaios seria uma forma de minimizar o efeito do erro experimental.

Outros fatores abióticos também colaboraram para o aumento das estimativas dos CV<sub>c</sub>%. O ano agrícola de 2004/2005 foi caracterizado por menores volumes de precipitações em relação à média histórica no Estado do Paraná. Na região de condução dos experimentos, ocorreu déficit hídrico nos meses de fevereiro e março, durante os estádios de florescimento e enchimento de grãos, respectivamente. Uma vez que a fase de florescimento do milho é o estágio mais sensível ao estresse hídrico (BERGONCI et al., 2001), o período de estiagem acarretou perdas à cultura, tendo em vista que não houve irrigação nesses experimentos.

Por meio da análise de variância conjunta (Tabela 2), verificaram-se efeitos significativos para a fonte de variação (FV) Tratamentos (T), bem como para sua decomposição em Genótipos (G), Testemunhas (Te) e Grupos (G x Te), indicando que para essas FV exista pelo menos um contraste diferente de zero pelo teste F a 1% de probabilidade. Esta diferença entre médias pode ser observada no agrupamento pelo teste de Scott e Knott onde houve a formação de dois grupos distintos (Tabela 3).

Os efeitos de Ambientes e da interação Te x A foram não-significativos ( $p > 0,01$ ), enquanto que os demais efeitos de interação apresentaram significância. A decomposição de T x A em G x A significativo indica que as variedades crioulas apresentaram comportamento diferenciado entre os locais de ensaio, o que pode dificultar a recomendação considerando as duas localidades em

conjunto. Desse modo, a recomendação de determinadas variedades que apresentaram grande amplitude de variação nas suas médias, entre as localidades, pode ter sua recomendação direcionada a somente um desses locais. Como exemplo, pode-se tomar as médias das variedades P-19 e P-10, em que, em Imbaú, apresentaram a 3ª e 5ª maiores produtividades em valores absolutos, e P-19 apresentou média superior a da testemunha BR 106, enquanto que P-10 teve sua média somente 5% abaixo de BR 106. Porém, quando são analisadas as médias destas mesmas variedades na localidade de Arapongas, observa-se que P-19 apresentou uma média de 2.324 kg ha<sup>-1</sup> e P-10, 2.157 kg ha<sup>-1</sup>, estando estes valores abaixo da média geral para esta localidade (2.503 kg ha<sup>-1</sup>).

**Tabela 2.** Resumo das análises de variância conjunta e individuais para rendimento de grãos (kg ha<sup>-1</sup>) em duas variedades comerciais e 15 variedades crioulas avaliadas em Arapongas e Imbaú, Estado do Paraná, safra 2004/2005.

Análise Conjunta				
FV	GL	QM		
Tratamentos (T)	16	2337236,39	**	
Genótipos (G)	14	1900163,30	**	
Testemunhas (Te)	1	5328018,06	**	
Grupos (Gr)	1	5465478,00	**	
Ambientes (A)	1	4762518,38	ns	
T x A	16	1897717,55	**	
G x A	14	1295791,03	**	
Te x A	1	246264,06	ns	
Gr x A	1	11976142,25	**	
Resíduo	96	520250,91		
CVc (%)	-----	26.81		
Média Geral	-----	2690		
Média genótipos	-----	2617		
Média testemunhas	-----	3239		
Análises Individuais				
Locais	QMT	QMR	$\bar{X}$	CV <sub>c</sub> %
Arapongas	645877,40 <sup>ns</sup>	619574,58	2502	31,45
Imbaú	1003238,53 <sup>**</sup>	420579,33	2877	22,54

Graus de liberdade nas análises individuais para QMT: 16 e para QMR: 48 nas duas localidades; \*\*significativo a 1% de probabilidade pelo teste F; <sup>ns</sup>não-significativo

O inverso também pode ser observado, como no caso das variedades P-16 e P-17, que apresentaram, em Arapongas, as duas maiores médias de produtividade (3.372 e 3.300 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente), superando as testemunhas IPR 114 (2.692 kg ha<sup>-1</sup>) em BR 106 (1.786 kg ha<sup>-1</sup>). Em Imbaú, as médias das duas variedades locais caíram para 2.759 kg ha<sup>-1</sup> (P-16) e 2.526 kg ha<sup>-1</sup> (P-17), e estas médias foram alocadas no 3º grupo de médias pelo teste de Scott e Knott (Tabela 3). A média das cultivares comerciais, 4.239 kg ha<sup>-1</sup>, foi cerca de 57% superior à média das populações crioulas, que foi de 2.696 kg ha<sup>-1</sup>. Mesmo assim, as populações P-13 e P-19 apresentaram produtividades superiores a da testemunha BR 106.

De um modo geral, a produtividade média das populações crioulas em Arapongas (2.538 kg ha<sup>-1</sup>) foi menor que a observada em Imbaú (2.696 kg ha<sup>-1</sup>). Porém, essa média foi cerca de 13% superior à média das testemunhas (2.239 kg ha<sup>-1</sup>) e, em valores médios absolutos, quatro populações (P-16, P-17, P-15 e P-03) superaram a variedade comercial mais produtiva. Esses resultados indicam que as variedades crioulas, apesar de serem consideradas como menos produtivas que as variedades comerciais, apresentam elevado potencial de produção em condições de cultivo de baixa tecnologia. Bisognin et al. (1997), em seu estudo de avaliação do potencial de variedades melhoradas e crioulas em condições adversas de ambiente, observaram que sete variedades crioulas produziram 5% a mais que o melhor híbrido. Meneguetti et al. (2002) demonstraram que muitas das variedades crioulas, em condições de baixa ou nenhuma utilização de insumos, apresentam produtividades competitivas quando comparadas a híbridos e variedades melhoradas.

**Tabela 3.** Rendimento de grãos (kg ha<sup>-1</sup>) médio por local, média geral, porcentagem em relação à testemunha IPR 114 (%), coeficiente de variação ambiental (CV%), das populações de milho crioulo e duas testemunhas em dois ambientes. Arapongas e Imbaú, Estado do Paraná, safra 2004/2005.

Genótipos	Y	Arapongas		Y	Imbaú		Y	Média Geral	IPR 114 %	
IPR 114	5	2692	a	1	4940	a	1	3816	a	100
P-13	7	2670	a	2	4215	a	2	3443	a	90.21
P-16	1	3372	a	8	2759	c	3	3066	a	80.33
P-19	11	2324	a	3	3701	b	4	3013	a	78.94
P-15	3	2802	a	7	3178	b	5	2990	a	78.35
P-05	8	2563	a	6	3302	b	6	2933	a	76.85
P-17	2	3300	a	12	2526	c	7	2913	a	76.34
P-10	15	2157	a	5	3360	b	8	2759	a	72.29
BR 106	16	1786	a	4	3538	b	9	2662	b	69.76
P-14	10	2421	a	10	2646	c	10	2534	b	66.39
P-04	9	2513	a	11	2545	c	11	2529	b	66.27
P-11	14	2218	a	9	2755	c	12	2487	b	65.15
P-03	4	2780	a	16	1926	d	13	2353	b	61.66
P-12	6	2677	a	15	1969	d	14	2323	b	60.88
P-20	13	2224	a	13	2321	c	15	2273	b	59.55
P-09	12	2317	a	14	2173	c	16	2245	b	58.83
P-18	17	1732	a	17	1058	d	17	1395	b	36.56
Média		2503			2877			2690		
Cve%		31.45			22.54			26.81		

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott e Knott a 5% de probabilidade; Y: posição obtida segundo ranqueamento por meio dos valores médios absolutos.

Na análise conjunta, a testemunha IPR 114 foi inserida no grupo mais produtivo enquanto que BR 106 teve sua média alocada no grupo de menor produtividade. As produtividades médias das populações P-13, P-16, P-19, P-15, P-05, P-17, e P-10 foram significativamente superiores a de BR 106; não apresentaram diferenças estatísticas em relação à IPR 114 (testemunha mais produtiva) e

seus percentuais produtivos em relação à IPR 114 oscilaram entre 72 a 90%. Segundo Araújo e Nass (2002), esses percentuais podem ser considerados bons levando-se em conta o pequeno processo seletivo no qual essas populações foram submetidas. Esses autores ainda acrescentam que para o aproveitamento de populações crioulas em programas de melhoramento, as que apresentam desempenho produtivo inferior a 50% em relação à testemunha mais produtiva têm potencial muito limitado. Aquelas populações, que têm suas produtividades entre 50 e 70% em relação à testemunha, poderão ser úteis ao melhoramento caso apresentem outras características de interesse. Para Nass e Paterniani (2000), uma vez que o melhoramento é um processo lento e caro, o pré-melhoramento de materiais não-adaptados (exóticos ou semiexóticos), pode gerar novas populações base para programas de melhoramento e também auxiliar na identificação de padrões heteróticos para programas de desenvolvimento de híbridos.

Pôde-se constatar que, apesar das variedades crioulas P-16, P-19, P-17 e P-10 apresentarem considerável desempenho produtivo na média dos locais, verificou-se grande amplitude nas suas produtividades entre os locais, o que compromete suas recomendações de um modo generalizado. Dependendo da variedade e do local tomados como referência, estas vieram a apresentar desempenho abaixo da média da localidade, como o caso de P-19 e P-10 em Arapongas e P-16 e P-17 em Imbaú. Desse modo, pode ser verificado que as variedades P-13, P-15 e P-05 demonstraram potencial produtivo elevado em sistemas de baixo nível tecnológico, dentro de cada local, assim como na média dos locais. As variedades P-19 e P-10 terão sua recomendação restrita à localidade de Imbaú, enquanto que P-16 e P-17 serão direcionadas para a localidade de Arapongas.

## Conclusão

As variedades crioulas P-13, P-15 e P-05 demonstraram potencial produtivo elevado em sistemas de baixo nível tecnológico, dentro de cada local, assim como na média dos locais.

As variedades P-19 e P-10 têm sua recomendação restrita à localidade de Imbaú, enquanto que P-16 e P-17 serão direcionadas para a localidade de Arapongas.

## Referências

ABREU, L.; CANSI, E.; JURIATTI, C. Avaliação do rendimento sócio-econômico de variedades crioulas e híbridos comerciais de milho na microregião de Chapecó.

- Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 2, n. 1, p. 1230-1233, 2007.
- ARAÚJO, P. M.; NASS, L. L. Caracterização e avaliação de populações de milho crioulo. **Scientia Agricola**, v. 59, n. 3, p. 589-593, 2002.
- BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. N. **Experimentação agrícola**. Jaboticabal: Funep, 1995.
- BERGONCI, J. I.; BERGAMASCHI, H.; SANTOS, A. O.; FRANÇA, S.; RADIN, B. Eficiência da irrigação em rendimento de grãos e matéria seca de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 7, p. 949-956, 2001.
- BISOGNIN, D. A.; CIPRANDI, O.; COIMBRA, J. L. M.; GUIDOLIN, A. F. Potencial de variedades de polinização aberta de milho em condições adversas de ambiente. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v. 3, n. 1, p. 29-34, 1997.
- CECCARELLI, S. Specific adaptation and breeding for marginal conditions. **Euphytica**, v. 77, n. 3, p. 205-219, 1994.
- CRUZ, C. D.; REGAZZIE, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, 2004. v. 1.
- CRUZ, C. D. **Programa Genes**: versão Windows aplicativo computacional em genética e estatística. Viçosa: UFV, 2001.
- GARBUGLIO, D. D.; GERAGE, A. C.; ARAÚJO, P. M.; FONSECA JUNIOR, N. S.; SHIOGA, P. S. Análise de fatores e regressão bissegmentada em estudos de estratificação ambiental e adaptabilidade em milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 2, p. 183-191, 2007.
- LEITE, S.; HEREDIA, B.; MEDEIROS, L.; PALMEIRA, M.; CINTRÃO, R. **Impactos dos assentamentos**: um estudo sobre o meio rural brasileiro. São Paulo: Edunesp, 2004.
- LOPES, S. J.; STORCK, L. A precisão experimental para diferentes manejos na cultura do milho. **Ciência Rural**, v. 25, n. 1, p. 49-53, 1995.
- MENDONÇA, O.; CARPENTIERI-PÍPOLO, V.; GARBUGLIO, D. D.; FONSECA JUNIOR, N. S. Análise de fatores e estratificação ambiental na avaliação da adaptabilidade e estabilidade em soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 11, p. 1567-1575, 2007.
- MENEGUETTI, G. A.; GIRARDI, J. L.; REGINATTO, J. C. Milho crioulo: tecnologia viável e sustentável. **Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 3, n. 1, p. 12-17, 2002.
- NASS, L. L.; PATERNIANI, E. Pré-breeding: a link between genetic resources and maize breeding. **Scientia Agricola**, v. 57, n. 3, p. 581-587, 2000.
- NAVES, M. M. V.; SILVA, M. S.; CERQUEIRA, F. M.; PAES, M. C. D. Avaliação química e biológica da proteína do grão em cultivares de milho de alta qualidade protéica. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 34, n. 1, p. 1-8, 2004.
- SCAPIM, C. A.; CARVALHO, C. G. P.; CRUZ, C. D. Uma proposta de classificação dos coeficientes de variação para a cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 30, n. 5, p. 683-686, 1995.
- SCOTT, A. J.; KNOTT, M. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, v. 30, n. 3, p. 507-512, 1974.

*Received on July 14, 2007.*

*Accepted on November 21, 2007.*

License information: This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.