

Inoculação e coinoculação na cultura da soja

Vinicius José Pin de Paiva^{1*}; Norma Schlickmann Lazaretti¹.

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

^{1*}vjppaiva@minha.fag.edu.br

Resumo: A fixação biológica de nitrogênio é indispensável na agricultura, pois o uso desse manejo reduz os custos de produção. Diante o exposto, o experimento teve por propósito avaliar o efeito de *Bradyrhizobium japonicum* e *Azospirillum brasilense* e seu efeito aplicado de forma mista e isolada na soja cultivada no Oeste do Paraná, na safra 2021/2022. O delineamento experimental adotado foi o delineamento em blocos casualizados (DBC) com quatro tratamentos no sulco de plantio, com inoculação e coinoculação, tendo seis repetições, totalizando 24 parcelas. Os tratamentos foram divididos da seguinte forma: T1 – testemunha (sem inoculantes), T2 – *Azospirillum brasilense*, T3 – *Bradyrhizobium japonicum* e T4 – *A. brasilense* + *B. japonicum* aplicados no sulco de semeadura na dosagem de 2,6 % em todos os tratamentos. Após a colheita das plantas foi avaliado número de vagens por planta, altura planta, peso de cem grãos e a produtividade. Em todas as variáveis analisadas foi possível observar os melhores resultados no tratamento 4, quando associação do *A. brasilense* e *B. japonicum*. Conclui-se que mesmo nas condições de condução deste experimento onde a soja foi afetada durante o período de floração e enchimento de grãos, quando a cultura passou por estresse hídrico, a coinoculação contribuiu como peso de grãos refletindo positivamente na produtividade.

Palavras-chave: Fixação biológica de nitrogênio; inoculantes; nitrogênio; produtividade.

Inoculation and co-inoculation in soybean crop

Abstract: Biological nitrogen fixation is essential in agriculture, as the use of this management reduces production costs. In view of the above, the purpose of the experiment was to evaluate the effect of *Bradyrhizobium japonicum* and *Azospirillum brasilense* and their effect applied in a mixed and isolated way on soybeans grown in western Paraná, in the 2021/2022 harvest. The experimental design adopted was a randomized block design (DBC) with four treatments in the planting furrow, with inoculation and co-inoculation, with six replications, totaling 24 plots. The treatments were divided as follows: T1 - control (without inoculants), T2 - *Azospirillum brasilense*, T3 - *Bradyrhizobium japonicum* and T4 - *A. brasilense* + *B. japonicum* applied in the sowing furrow at a dose of 2.6 % in all the treatments. After harvesting the plants, the number of pods per plant, plant height, weight of one hundred grains and yield were evaluated. In all analyzed variables, it was possible to observe the best results in treatment 4, when the association of *A. brasilense* and *B. japonicum*. It is concluded that even under the conditions of this experiment, where soybean was affected during the flowering and grain filling period, when the crop underwent water stress, the co-inoculation contributed to the grain weight, reflecting positively on yield.

Keywords: Biological nitrogen fixation; inoculants; nitrogen; productivity

Introdução

O uso de microrganismos na agricultura vem sendo uma possibilidade para diminuir o uso de fertilizantes, onde existe uma busca constante por incremento produtivo nos sistemas de cultivo agrícolas. Estudos vem aumentando na área de pesquisa, envolvendo microrganismos do solo fixadores de nitrogênio. De acordo com isso, é importante a busca por soluções para evitar o grande uso de adubo, consequentemente as bactérias fixadoras de nitrogênio podem exercer esse importante papel garantindo a redução de custos e altas produtividades.

A cultura da soja é a principal *commodity* do agronegócio brasileiro, sendo o quarto grão mais produzido e consumido mundialmente, seguido de trigo, arroz e milho, além de ser a principal aleuro oleaginosa cultivada no mundo (HIRAKURI e LAZZAROTTO, 2014). Ocupando 58% da área agrícola plantada no Brasil, com área cultivada de 40,80 milhões ha, produtividade de 3.000 kg ha⁻¹ e produção de 122,43 milhões toneladas, o principal produtor nacional é Mato Grosso que detém aproximadamente 29% da produção, seguido do Estado do Paraná com 17% (CONAB, 2022).

Como apontam Hungria, Campo e Mendes (2007) a cultura da soja demanda grandes quantidades de nitrogênio, para produzir 1.000 kg de grãos é necessários 80 kg de N, esse nitrogênio é fornecido pela fixação biológica, assim tornando moderadamente mais viável a cultura da soja. A Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN) com *Bradyrhizobium* em soja no Brasil é um sucesso, pois o uso de inoculantes proporcionou uma economia anual aproximada de US\$ 3 bilhões fertilizantes a base de nitrogenados (FAGAN *et al.*, 2007). Um elemento muito importante para cultura da soja é o nitrogênio constituinte estrutural da enzimas, clorofilas, proteínas e reações metabólicas essenciais na planta (MARSCHNER, 2011).

Em áreas agrícolas onde é plantado a soja deve ser praticado anualmente a inoculação, por conta da entressafra a uma competição entre as bactérias (FBN) e outros microrganismos procedentes da área agrícola, predominando bactérias menos benéficas na fixação do nitrogênio, e limitando à população de bactérias eficientes na fixação do nitrogênio (CAMARA, 2014).

Como aponta Chibeba *et al.* (2015), além da inoculação da soja com *Bradyrhizobium*, nos dias de hoje está acessível a utilidade de microrganismos promotores do crescimento do gênero *Azospirillum* para o produtor rural. O aumento da produtividade é resultado de maior fixação de N₂, pesquisas que utilizaram *Azospirillum brasilense*, observou-se que os benefícios do efeito da coinoculação vão além da fixação de nitrogênio, devido a produção fito hormônios

que resultam um maior crescimento radicular (FERLINI, 2006).

Em vários experimentos a campo com *A. brasilense* e *B. japonicum* analisaram um aumento na produtividade e rendimento com a utilização da coinoculação nas leguminosas, alcançando valores com uma alta caixa produtiva do que somente inoculado com *Bradyrhizobium*, sendo assim uma melhor opção (BURDMANN, HAMAQUI e OKON, 2000). Estes resultados se compararam com os citados por Okon e Vanderleyden (1997), que mencionam os efeitos benéficos para diversos tipos de leguminosas.

Diante o exposto, o experimento teve por propósito avaliar o efeito de *Bradyrhizobium japonicum* e *Azospirillum brasilense* e seu efeito aplicado de forma mista e isolada no sulco de semeadura na soja cultivada no Oeste do Paraná.

Material e Métodos

O ensaio foi conduzido em propriedade rural no município de Assis Chateaubriand, Paraná, situado a 413 metros de altitude, tendo as seguintes coordenadas geográficas: Latitude: 24° 24' 53" Sul, Longitude: 53° 31' 39" Oeste. O experimento aconteceu entre outubro de 2021 a março de 2022. O solo do local é classificado como o latossolo vermelho distrófico (EMBRAPA, 2018), e o clima subtropical úmido (WREGE, 2012), com estações do ano bem definidas e precipitações regulares ao longo do ano (NITSCHKE *et al.*, 2019).

O delineamento experimental adotado foi o delineamento em blocos casualizados (DBC) com quatro tratamentos no sulco de semeadura com coinoculação e inoculação tendo seis repetições, totalizando 24 parcelas de seis metros cada bloco. Os tratamentos foram definidos da seguinte forma: T1 – testemunha (sem inoculação), T2 – *Azospirillum brasilense*, T3 – *Bradyrhizobium japonicum*, e T4 – *A. Brasilense* + *B. japonicum* aplicados no sulco de semeadura na dosagem de 2,6 % em todos os tratamentos. A aplicação foi feita no final da tarde onde a temperatura já estava mais baixa e o sol se pondo, para evitar a morte dos microorganismos que são sensíveis a luz do sol e altas temperaturas.

A cultivar utilizada foi a 64I61RSF IPRO (BMX Fibra IPRO) da empresa BRASMAX, sendo ela considerado uma cultivar de alto nível tecnológico e de alto potencial genético e produtivo, se caracterizando como um cultivar precoce, de alto investimento, e exigindo um solo de média a alta fertilidade, de acordo com a empresa obtentora da semente.

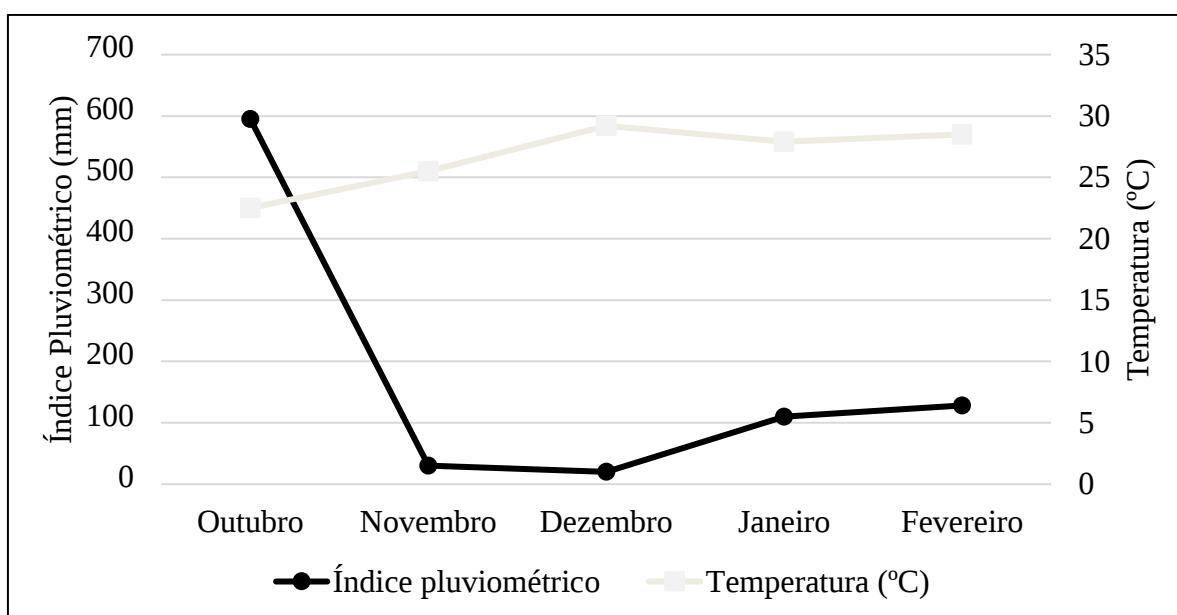
A adubação de base foi realizada conforme a necessidade da cultura, o inoculante utilizado foi do tipo líquido contendo bactérias do gênero *bradyrhizobium* e *azospirillum* sendo aplicado no sulco de semeadura através de um pulverizador manual costal e de uso de EPI. A semeadura foi realizada sob palhada em sistema de plantio direto utilizando uma

semeadora da marca Baldan, modelo PPSolo, com 9 linhas espaçadas, o plantio foi feito com cinco centímetros de profundidade, tendo espaçamentos de 45 cm entre as linhas, tendo em média doze plantas por metro linear com uma população final de 266,7 mil plantas ha⁻¹.

O manejo de plantas invasoras foi realizado por meio de capinas manuais, realizando sempre que necessário, de modo que acultura permanecesse sem interferência. O controle de pragas e doenças também realizados de acordo com a necessidade da cultura.

Durante o período de floração e o enchimento de grãos (R1 a R2), houveram alterações fisiológicas na planta por conta de estresse hídrico, onde durante os meses de novembro e dezembro, acontecendo o fechamento estomático e o murchamento de folhas e, como consequência, aumentam a queda prematura de flores e folhas, sendo que nestes estágios a soja demanda de em torno de 7,5 mm dia⁻¹ (BERLATO *et al.*, 1986). Porém após a chuva no mês de janeiro a soja voltou a produzir flores, voltando ao início estágio reprodutivo até sua maturação fisiológica, por conta da cultivar escolhida ser uma cultivar de ciclo indeterminado. O tipo indeterminado é caracterizado pelos seguintes atributos: Até o início do florescimento, apenas cerca de metade da estatura final das plantas é atingida, portanto, após esse estágio, a planta ainda apresenta grande crescimento (produção de nós no caule principal), podendo dobrar sua estatura até a maturação, portanto a planta ainda tinha reservas.

Figura 1. Dados de Índice Pluviométrico e Temperaturas durante o cultivo da soja na safra 2021/2022. Assis Chateaubriand / PR, 2022.



Fonte: Índice pluviométrico obtido na estação metrológica da C.Vale - Cooperativa Agroindustrial e Temperatura do Site Power.larc.nasa.gov (2022).

A colheita foi realizada de forma manual, em 27 de fevereiro de 2022, sendo coletado as plantas de cada parcela, onde ocorreu a avaliação dos seguintes parâmetros, altura de planta analisada com a utilização de uma fita métrica, número de vagens por planta, estimativa da produtividade de grãos em Kg ha⁻¹ e a massa de cem grãos por parcela em gramas onde foram pesadas em uma balança de alta precisão.

Foi feita a debulha dos grãos de soja de forma manual, colocando as plantas dentro de um saco, e logo após gentilmente despejadas em uma peneira foi feita a limpeza destes grãos com um secador de cabelo por ventilação. Em sequência todas as amostras foram submetidas a análise no laboratório de sementes, onde analisado a umidade dos grãos em um equipamento universal, todas as amostras analisadas apresentaram resultados dentro dos padrões de comercialização.

Os dados foram submetidos ao teste normalidade de Shapiro Wilk, a análise de variância (ANOVA) e, quando significativo, as médias comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade de erro, com auxílio do programa SISVAR 5.8 (FERREIRA, 2019).

Resultados e Discussão

Analizando a Tabela 1 dos resultados constatados o número de vagens por planta não houve diferenças significativas, pois indicam que a disponibilidade de nitrogênio efetuada pela fixação biológica de nitrogênio não afetou este parâmetro nesse experimento talvez por conta da estiagem durante o período de tempo entre a floração e enchimento de grão. Diante aos resultados obtidos no experimento estes resultados não condizem os relatados feitos por Braccini *et al.* (2016) no qual os autores verificaram um número maior de vagens por planta, em resposta aos tratamentos de coinoculação com *Bradyrhizobium japonicum* e *Azospirillum brasilense* na cultura da soja, sendo observado que o tratamento com inoculação nas sementes com *Bradyrhizobium japonicum* obteve um resultado de 67,2 vagens por planta.

Nos parâmetros de altura das plantas não foram constatadas diferenças significativas, que foram avaliados no estágio R2, observa-se um ganho de oito centímetros por planta, quando comparado à testemunha. Estes resultados discordam com o experimento de Bulegon *et al.* (2016), estes autores verificaram o desempenho de *Bradyrhizobium japonicum* e *Azospirillum brasilense*, de forma inoculada, analisando desenvolvimento inicial e final de diferentes cultivares de soja cultivadas na região oeste do Paraná. Os mesmos também constam que a inoculação com bactérias diazotróficas tem um aumento significativo em acúmulo de massa seca, altura de planta, e aporte de N na parte aérea para a cultivar BMX

Turbo, porém reduz a massa seca da parte aérea quando aplicada a cultivar CD 250RR.

Tabela 1 – Características biométricas na soja em função do uso da inoculação. Assis Chateaubriand / PR, 2022.

Tratamentos	Vagens por planta (nº)	Altura das plantas (cm)	Peso de cem grãos (g)	Produtividade (kg ha ⁻¹)
T1 – testemunha	26,58a	74,29a	14,05b	1616,11a
T2 – <i>A. brasilense</i>	28,54a	74,71a	14,13b	1279,77a
T3 – <i>B. japonicum</i>	31,46a	79,75a	14,05b	1397,31a
T4 – <i>A. Brasilense</i> + <i>B. japonicum</i>	37,13a	82,88a	14,67a	1695,56a
CV (%)	19,91	9,42	1,29	21,52
P-valor	0,2505	0,1614	0,0000	0,1279
DMS	14,95	11,87	0,29	520,79

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. CV: Coeficiente de Variação. DMS: Diferença Mínima Significativa.

Avaliando os valores de peso de cem grãos, foram identificadas diferenças entre o T4 (14,67 g), quando comparado os demais tratamentos com a testemunha a um ganho significativo na coinoculação utilizando *Azospirillum brasilense* e *Bradyrhizobium japonicum*. No entanto Bárbaro *et al.* (2009) ao examinar a coinoculação na cultura da soja encontrou um efeito superior no peso de mil grãos quando utilizou 100.50 kg de sementes com *Azospirillum* e 100.50 kg de sementes com *Bradyrhizobium*. Nos resultados obtidos na produtividade de grãos não se observou diferença estatisticamente significativa entre os tratamentos, embora há uma diferença numérica nos valores estimados de produtividade, porém é possível observar que há uma possibilidade de uma influência econômica para o tratamento com coinoculação, já que houve um aumento, chegando 1695,56 ha⁻¹. Comportamento esse condizente os relatados por Bárbaro *et al.* (2009), no qual o autor verificou que não se obtiveram diferença significativa na produtividade final com a coinoculação com *Azospirillum*.

De acordo com Hungria, Nogueira e Araujo (2013), a utilização da reinoculação anual da soja com *Bradyrhizobium* em sua pesquisa surgiu um incremento médio no rendimento de grãos de 222 kg ha⁻¹ (3,7 sacas), ou expressa 8,4%, já o tratamento com coinoculação teve uma resposta média de 427 kg ha⁻¹ (7,1 sacas), ou 16,1%, também foi realizada a aplicação do *Azospirillum* via sulco de semeadura na concentração de 2,5 x 10⁵ células semente⁻¹ e a inoculação com *Bradyrhizobium* na concentração de 1,2 milhões de células semente⁻¹, não estando de acordo com os dados obtidos no experimento.

As médias dos coeficientes de variação situaram-se entre 1,29% e 21,52%. As variáveis que apresentaram os maiores coeficientes de variação foram produtividade e número de vagens

por planta com valores de 21,52% e 19,91 respectivamente. A menor variabilidade foi observada na massa de cem grãos com C.V. de 1,29%. Segundo Pimentel Gomes (2002), indica que os experimentos a campo se apresentando um coeficiente de variação inferior a 10% é considerado baixo, ou seja, o experimento tem alta precisão, 10 a 20% são considerados médio, e de boa precisão, 20 a 30% alto, e com baixa precisão, e acima de 30% muito alto, desta maneira é possível observar que todos os dados adquiridos no experimento podem ser considerados de alta ou média precisão.

Conclusão

Mesmo nas condições de condução deste experimento, onde a soja foi afetada durante o período de floração e enchimento de grãos, quando a cultura passou por estresse hídrico, a coinoculação contribuiu como peso de grãos refletindo positivamente na produtividade.

Referências

- BÁRBARO, I. M., MACHADO, P. C., BÁRBARO JUNIOR, L. S., TICELLI, M., MIGUEL, F. B., & DA SILVA, J. A. A. Produtividade da soja em resposta á inoculação padrão e co-inoculação. **Colloquium Agrariae**. p. 01-07, 2009.
- BATTISTI, A. M.; SIMONETTI, A. P. M. Inoculação e Co inoculação com *Bradyrhizobium japonicum* e *Azospirillum brasilense* na cultura da soja. **ISSN**, v. 2175, n. 2214, p. 294-301, 2014.
- BERLATO, M.A.; MATZENAUER, R.; BERGAMASCHI, H. Evapotranspiração máxima da soja e relações com a evapotranspiração calculada pela equação de Penman, evaporação de tanque "classe A" e radiação solar global. **Agronomia Sulriograndense**, v.22, n.2, p.243-59, 1986.
- BRACCINI, A. L.; MARIUCCI, G. E. G.; SUZUKAWA, A. K.; LIMA, L. H. da S.; PICCININ, G. G. Co-inoculação e modos de aplicação de *Bradyrhizobium japonicum* e *Azospirillum brasilense* e adubação nitrogenada na nodulação das plantas e rendimento da cultura da soja. **Scientia Agraria Paranaensis**, [S. l.], v. 15, n. 1, p. 27–35, 2016.
- BULEGON, L. G.; RAMPIM, L.; KLEIN, J.; KESTRING, D.; GUIMARÃES, V. F.; BATTISTUS, A. G.; INAGAKI, A. M. Componentes de produção e produtividade da cultura da soja submetida à inoculação de *Bradyrhizobium* e *Azospirillum*. **Terra Latinoamericana**, v. 34, n. 2, p. 169-176, 2016.
- BURDMANN, S.; HAMAOU, B.; OKON, Y. **Improvement of legume crop yields by coinoculation with *Azospirillum* and *Rhizobium***. The Otto Warburg Center for Agricultural Biotechnology. Israel: The Hebrew University of Jerusalem, 2000.
- CÂMARA, G. M. S. Fixação biológica de nitrogênio em soja. **Informações agrônômicas**, n. 147, p. 1-9, 2014.
- CARVALHO, I. R.; KORCELSKI, C.; PELISSARI, G.; HANUS, A. D.; ROSA, G. M. Demanda hídrica das culturas de interesse agrônômico. **Enciclopédia Biosfera**, v.9, n.17; p. 0969 à 985. 2013.

CHIBEBA, A. M., GUIMARÃES, M. F., BRITO, O. R., ARAÚJO, R. S., NOGUEIRA, M. A., & HUNGRIA, M. (2015). In: Embrapa Soja-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 7.; MERCOSOJA, Florianópolis. Tecnologia e mercado global: perspectivas para soja: **anais**. Londrina: Embrapa Soja, 2015.

CONAB - COMPANHIA BRASILEIRA DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra Brasileira de grãos**. Vol. 9. Safra 2021/2022, nº. 7 – Sétimo Levantamento. Brasília, abril, 2022. 94 p. ISSN: 2318-6852.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5. ed., Brasília, 2018. 356 p.

FAGAN, E. B., MEDEIROS, S. L., MANFRON, P. A., CASAROLI, D., SIMON, J. O. N. E. S., NETO, D. D. MÜLLER. Fisiologia da fixação biológica do nitrogênio em soja -Revisão. **Revista da FZVA**, vol.14(1), p. 89-106. 2007.

FERLINI, H. A. Co-Inoculación en Soja (*Glicyne max*) con *Bradyrhizobium japonicum* y *Azospirillum brasilense*. **Artículos Técnicos – Agricultura**. 2006.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e agrotecnologia**, v. 35, p. 1039-1042, 2011.

GOMES, F.P.; GARCIA, C.H. **Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais**. Piracicaba: Biblioteca de Ciências Agrárias Luiz de Queiroz, 2002. 309p.

HIRAKURI, M. H.; LAZZAROTTO, J. J. O agronegócio da soja nos contextos mundial e brasileiro. **Embrapa Soja-Documentos (INFOTECA-E)**, 2014.

HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M. A.; ARAUJO, R. S. Tecnologia de Coinoculação da Soja com *Bradyrhizobium* e *Azospirillum*: incrementos no rendimento com sustentabilidade e baixo custo. **Resumos da XXXIII Reunião de Pesquisa de Soja da Região Central do Brasil**. Londrina-PR, 2013.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; MENDES, I. C. A importância do processo de fixação biológica do nitrogênio para a cultura da soja: componente essencial para a competitividade do produto brasileiro. **Embrapa Soja-Documentos (INFOTECA-E)**, 2007.

MARSCHNER, Horst (Ed.). **Marschner's mineral nutrition of higher plants**. Academic press, 2011.

NITSCHKE, P. R.; CARAMORI, P. H.; RICCE, W. S.; PINTO, L. F. D. **Atlas climático do Estado do Paraná**. Instituto Agrônômico do Paraná, 2019. 210 p.

OKON, Y.; VANDERLEYDEN, J. Root associatied *Azospirillum* species can stimulate plants. **ASM News**, v. 63, n. 7, p. 364-370, 1997.

WREGE, M. S., STEINMETZ, S., REISSER JUNIOR, C. A. R. L. O. S., & de ALMEIDA, I. OKON, R. **Atlas climático da região sul do Brasil: estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado; Colombo: Embrapa Florestas, 2012.