

Avaliação agroeconômica de sistemas consorciados de cenoura e rúcula

Jailma Suerda Silva de Lima - DSc, UFERSA
Francisco Bezerra Neto – Ph. D, UFERSA
Frederico Silva Thé Pontes – DSc, UFERSA
Eliane GonçalvesGomes – EMBRAPA - DF
Elizangela Cabral dos Santos – DSc, UFERSA
Maria Aparecida de Medeiros – MSc, UFERSA
José Carlos Rodrigues de Sousa- Estatístico-EMBRAPA

INTRODUÇÃO

Um dos sistemas de cultivo que pode contribuir para a realização de uma agricultura sustentável economicamente é a consorciação de culturas. Estudos comprovam que rendimentos advindos de sistemas consorciados de hortaliças, apresentam-se vantajosos em relação aos obtidos nas culturas solteiras.

Reconhece-se que para a avaliação de sistemas consorciados não há uma forma simples de análise estatística, que seja apropriada a todas as formas de dados de consorciação em virtude das estruturas dos dados serem complexas, com diferentes formas de informação sobre o rendimento, competição e eficiência econômica disponível para diferentes subconjuntos de unidades experimentais (MEAD, 1990). O índice de uso eficiente da terra (UET) tem sido utilizado neste tipo de análise para medir a eficiência biológica de um sistema consorciado (RILEY, 1984). Uma alternativa para combinar os rendimentos provenientes de um experimento sob consorciação é considerar a produção equivalente. Avaliar diferentes alternativas sob a ótica de múltiplos critérios é um dos objetivos dos métodos de Apoio Multicritério à Decisão. Gomes e Souza (2005) propuseram uma abordagem alternativa para agregar em um índice unidimensional tratamentos em situação experimental com resposta multidimensional, como o caso dos consórcios. Os autores usaram modelos de Análise de Envoltória de Dados (*Data Envelopment Analysis* – DEA) (COOPER et al., 2004) para esse fim, com o cálculo de uma medida que pode ser chamada de “índice de eficiência produtiva”. Posto isso, este trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho agrônomico de sistemas consorciados de cenoura e rúcula através de métodos uni e multivariados.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na horta do Departamento de Ciências Vegetais da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), no período de junho a outubro de 2006. O delineamento utilizado foi o de blocos completos casualizados, com cinco repetições, e os tratamentos arranjados em esquema fatorial 2 x 2. Os tratamentos resultaram da combinação de duas cultivares de cenoura (Brasília e Esplanada) com duas cultivares de rúcula (Cultivada e Folha Larga). Em cada bloco foram adicionadas quatro parcelas, duas com as cultivares de cenoura e duas com as cultivares de rúcula, em sistema solteiro para obtenção dos índices combinados de cada sistema consorciado.

A cenoura e a rúcula foram semeadas em 17 de julho de 2006, em semeadura direta e simultânea. O segundo plantio da rúcula foi realizado no dia 23 de setembro estando à cultura da cenoura com 69 dias após a semeadura. As colheitas da rúcula foram realizadas nos dias 20 de agosto e 27 de outubro de 2006. A colheita da cenoura foi realizada em 14 de outubro de 2006, aos 89 dias do plantio. Além do rendimento comercial de cada cultura componente, foram avaliados os seguintes índices: coeficiente relativo populacional(K), índice de superação (IS), taxa de competição (TC), índice de uso eficiente da terra (UET) e índice de eficiência produtiva (IEP).

Uma análise univariada de variância para o experimento fatorial em blocos completos casualizados foi realizada para avaliar os índices de competição, o índice de uso eficiente da terra e o índice de eficiência produtiva. Por outro lado, uma análise multivariada de variância foi realizada nas produtividades das hortaliças em função dos fatores-tratamentos utilizando-se o critério de Wilks para testar cada fator.

RESULTADOS

Para os índices de competição e de eficiência determinados, não se observou significância dos fatores principais estudados, bem como, interação entre eles. Assim, foi registrado desempenho semelhante desses índices entre cultivares tanto de cenoura como de rúcula (TABELA 1), ou seja, através do método univariado não foi possível observar efeito significativo dos fatores principais ou de sua interação. Estes índices geralmente quando determinados em sistema consorciado reduz um problema essencialmente multivariado, a um univariado sempre reduzindo informações contidas nos dados originais. O importante é que a análise escolhida examine o relacionamento entre duas ou mais variáveis componentes das culturas. Dessa forma, a maneira mais indicada para analisar as respostas de duas ou mais culturas, sem qualquer perda de informação, é usar a análise multivariada de variância (LAVORENTI; MEAD, 1996). A análise multivariada aplicada às produções das culturas componentes do sistema consorciado permite não somente a realização de análises individuais, mas, também particularmente, a investigação da covariância existente entre essas produções.

Para a análise multivariada, além das três pressuposições requeridas na análise univariada é necessária outra pressuposição adicional: o coeficiente de correlação entre os rendimentos das culturas deve ser o mesmo em todos os tratamentos. A pressuposição da normalidade multivariada foi realizada pelo método gráfico dos percentis do qui-quadrado contra as distâncias de Mahalanobis ao quadrado (SHARMA, 1996). Obteve-se praticamente uma linha reta partindo da origem. O coeficiente de correlação obtido foi de 0,9536 significativo a 5% de probabilidade.

Assim, não é irracional assumir que os resíduos dos rendimentos de cenoura e rúcula realmente vêm de uma distribuição normal multivariada. A pressuposição da igualdade das matrizes de covariância foi realizada pela Estatística M de Box. O valor de M foi de 29,90, baseado em 18 g.l., que é não significativo ($P=0,383$). Isso indica que as matrizes de covariância entre as produtividades de cenoura e rúcula são similares entre os tratamentos. Esse tipo de teste é sensível a não normalidade, assim, ele também atesta a hipótese de que a normalidade dos dados é razoavelmente satisfatória.

Assim, não é irracional assumir que os resíduos das produtividades de cenoura e rúcula realmente vêm de uma distribuição normal multivariada. A pressuposição da igualdade das matrizes de covariância foi realizada pela Estatística M de Box. O valor de M foi de 29,90, baseado em 18 g.l., que é não significativo ($P= 0,383$). Isso indica que as matrizes de covariância entre os rendimentos de cenoura e rúcula são similares entre os tratamentos. Esse tipo de teste é sensível a não normalidade, assim, ele também atesta a hipótese de que a normalidade dos dados é razoavelmente satisfatória.

A hipótese de que os rendimentos das culturas sejam independentes foi testada pelo teste da esfericidade de Bartlett (NORUSIS, 1992), cujo resultado foi $\chi^2=7,123$; $P=0,001$. Observa-se que é rejeitada a hipótese de que as variáveis dependentes sejam independentes. Portanto, as pressuposições para análise multivariada.

Não se observou efeito significativo da interação entre cultivares de cenoura e cultivares de rúcula ou de cultivares de rúcula nos vetores de rendimentos de cenoura e rúcula, pelo critério de Wilks. No entanto, efeito significativo de cultivares de cenoura foi observado nos vetores rendimentos das duas hortaliças, resultado esse diferente dos obtidos pelo método univariado utilizando-se os índices combinados de rendimento, UET e IEP (TABELA 1). Ferreira; Duarte (1982) destacaram como desvantagem desse método de análise, o fato de conduzir o pesquisador, muitas vezes, a conclusões divergentes em cada uma dessas análises feitas individualmente. Assim, a solução para eliminar essa deficiência seria utilizar técnicas de análises estatísticas multivariada.

Bezerra Neto et al., (2007), avaliando sistemas consorciados de cenoura e alface, através de índices combinados como UET e IEP, pelo método univariado e do escore normalizado da variável canônica (ENZ) proveniente do método multivariado observaram diferença significativa entre os valores desses índices apenas quando eles foram avaliados pelo escore normalizado da variável canônica (ENZ), com maior eficiência dos sistemas quando as cenouras estavam consorciadas com a cultivar de alface Lucy Brown.

Porto (2008), trabalhando com o consórcio de alface, cenoura e rúcula, utilizando o método multivariado, mostrou ser ele bastante informativo e vantajoso em razão da maior capacidade discriminante, além da descrição da superioridade relativa dos tratamentos por meio da técnica das variáveis canônicas. Por outro lado, os índices combinados de medida de eficiência tiveram comportamento diferente em não discriminar as cultivares de alface quando avaliadas pelo método univariado. Estes resultados indicam a importância de não se considerar somente um método na avaliação de consórcios.

Examinando-se os autovalores e os vetores associados ao efeito significativo de cultivares de cenoura, observou-se que 100% da variação total foi explicada pela combinação linear de X_1 , X_2 e X_3 , dado o primeiro auto-valor (TABELA 2). Esse resultado concorda com os obtidos por Porto (2008) em consórcio de alface, cenoura e rúcula e discorda dos obtidos por Bezerra Neto et al (2007) em consórcio de cenoura e alface na mesma região onde fora conduzido o experimento.

A combinação linear foi dominada totalmente por X_3 (produtividade comercial de cenoura), onde em termos de importância relativa a combinação linear da variável X_3 foi cerca de 2,05 vezes mais eficaz que a variável X_1 e 6,0 vezes mais eficaz que a variável X_2 , na discriminação da diferença entre as cultivares de cenoura (TABELA 2).

Para comparações múltiplas foi utilizada a técnica da variável canônica ou função discriminante (PIMENTEL-GOMES, 2000). Os auto-valores da matriz CE^{-1} (C=matriz do fator tratamento, cultivares de cenoura e E=matriz do resíduo), foram $\lambda_1=0,881$, $\lambda_2=0,00$ e $\lambda_3=0,00$. Verificou-se que o primeiro auto-valor explicou 100% da variação total dos dados. Este resultado está de acordo com os obtidos por Porto (2008) e diferente dos obtidos por Bezerra Neto et al. (2007), onde a primeira variável canônica apresentava maior variância, ao redor de 85,25%, sendo definida como aquela de maior importância uma vez que reteve a maior parte da variação dos dados. A função discriminante ou variável canônica obtida no presente estudo foi $Z = -0,4422(X_1) + 0,1572(X_2) + 0,8830(X_3)$. Os escores foram obtidos em cada parcela e posteriormente submetido a análise univariada de variância. Pode-se observar do resultado desta análise que a cultivar de cenoura Brasília destacou-se da 'Esplanada' em termos de desempenho produtivo conjunto. Por outro lado, as cultivares de rúcula comportaram-se semelhantemente em termos de produtividade conjunta confirmando o resultado da análise dos índices combinados UET e IEP (TABELA 2).

CONCLUSÕES

Nos sistemas consorciados de cenoura e rúcula foi observado efeito significativo da cultivar de cenoura Brasília no desempenho produtivo.

As associações das cultivares de cenoura Brasília e Esplanada com as cultivares de rúcula Cultivada e Folha Larga quando avaliadas pelo método univariado, não se observou nenhuma diferença significativa entre os índices de competição e os índices de eficiência do sistema.

O método multivariado quando comparado com o univariado aplicado ao índice de uso eficiente da terra e ao índice de eficiência produtiva, foi bastante eficaz na discriminação das cultivares de cenoura nos sistemas consorciados.

REFERÊNCIAS

BEZERRA NETO, F.; GOMES, E.G.; NUNES, G.H.S.; OLIVEIRA, E.Q. Desempenho de sistemas consorciados de cenoura e alface avaliados através de métodos uni e multivariados. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.25, p. 514-520,2007.

COOPER, W. W.; SERIFORD, L. M.; TONEZHU, J. **Handbook on data envelopment analysis**. Boston: Kluwer Academic Publishers, 2004. 608p.

GOMES, E. G.; SOUZA, G. S. Avaliação de ensaios experimentais com o uso da análise de envoltória de dados: uma aplicação a consórcios. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA (RBRAS) E SIMPÓSIO DE ESTATÍSTICA APLICADA À EXPERIMENTAÇÃO AGRONÔMICA (SEAGRO), 50. 11. 2005. **Anais...** Londrina: RBRAS, 2005. CD-ROM.

LAVORENTI, N. A.; MEAD, R. O uso da análise bivariada em consorciação de culturas envolvendo a cana-de-açúcar. In: CONGRESSO NACIONAL DA SOCIEDADE DOS TÉCNICO AÇUCAREIROS E ALCOOLEIROS DO BRASIL, 6. 1996. **Anais...** Maceió: STAB. p. 619-626. 1996.

MEAD, R. Appropriate experimental designs and treatments structures for intercropping. In: WADDINGTON, S. R.; PALMER, A. F. E.; EDJE, O. T. **Research methods of cereal/legume intercropping**. Lilongwe, Malawi: CIMMYT, p. 131-138. 1990.

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. Piracicaba: Degaspari, 2000. 477p.

PORTO, V. C. N. **Bicultivo de alface, cenoura e rúcula consorciadas com cenoura em faixas**. 2008. 97f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró, 2008.

RILEY, J. A. General form of the land equivalent ratio. **Experimental Agriculture**, London, v.20, p.19-29, 1984.

SHARMA, S. **Applied multivariate techniques**. New York: Wiley & Sons Inc. 1996. 493p.

Tabela 1 – Coeficiente relativo populacional das culturas (K), coeficiente relativo populacional da cenoura (Kc), coeficiente relativo populacional da rúcula (Kr), índice de superação da cenoura (ISc), índice de superação da rúcula (ISr), taxa de competição da cenoura (TCc), taxa de competição da rúcula (TCr), índice de uso eficiente da terra do sistema (UET), índice de uso eficiente da terra da cenoura (UETc), índice de uso eficiente da terra da rúcula (UETr), índice de eficiência produtiva (IEP) em função de cultivares de cenoura e de cultivares de rúcula em cultivo consorciado. Mossoró-RN, UFERSA, 2008.

Características avaliadas											
	K	Kc	Kr	ISc	ISr	TCc	TCr	UET	UETc	UETr	IEP
Cultivares de Cenoura											
Brasília	2,94 a*	1,66 a	1,66 a	0,07a	-0,07a	1,11 a	0,95 a	1,18 a	0,60 a	0,57 a	0,93 a
Esplanada	3,00 a	1,73 a	1,79 a	0,02a	-0,02a	1,05 a	0,99 a	1,23 a	0,62 a	0,61 a	0,93 a
Cultivares de Rúcula											
Cultivada	3,09 a	1,59 a	1,87 a	-0,01a	0,01 a	1,02 a	1,02 a	1,22 a	0,60 a	0,61 a	0,93 a
Folha Larga	2,84 a	1,80 a	1,58 a	0,11a	-0,11 a	1,14 a	0,93 a	1,20 a	0,62 a	0,57 a	0,94 a

* Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 2 – Função discriminante, efeito significativo de cultivares de cenoura, autovalor e vetores associados ao efeito significativo de cultivares de cenoura. Mossoró-RN, UFERSA, 2008.

Auto Valor	Variância (%)	Equação da variável canônica (Z)			
7,27	98,36	$Z = -0,4422(RRUC1) + 0,1572(RRUC2) + 0,8830(RCEN)$			
Médias da variável canônica (Z)					
Cultivares de Cenoura			Cultivares de rúcula		
Brasília	20,64 a		Cultivada	18,54 a*	
Esplanada	15,94 b		Folha Larga	18,04 a	
Variáveis	Auto Valor	Variância (%)	Coeficientes	Desvio padrão	Importância Relativa
PRUC1 – X ₁	6,88	100,00	-0,4422	1,53	1,00
PRUC2 – X ₂			0,1572	1,63	0,34
PCEN – X ₃			0,8830	1,71	2,05

* Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

RRUC1 e RRUC2=Rendimentos de rúcula no primeiro e segundo cultivo.

RCEN=Rendimento de cenoura comercial.