



Response of crisp lettuce (*Lactuca sativa* L.) to organic and inorganic sources of fertilization

Resposta da alface crespa (*Lactuca sativa* L.) a fontes orgânicas e inorgânicas de adubação

Alessandra Algeri^{1*}, Lianara Segalin Lettrari², Elaine de Jesus Rodrigues³, Oscar Otávio Frihling⁴, Augusto Vaghetti Luchese⁵, Alessandro Jefferson Sato⁶

Abstract: The use of organic products to promote plant growth is becoming ever-more important as the paradigm of sustainable production of foodstuffs becomes increasingly common. Accordingly, the objective of the current study was to evaluate the response of lettuce to organic and inorganic sources of nutrients in soils representative of those found in Parana State, Brazil, across successive cultivations. Experimental methodology involved randomized blocks, with 5 repetitions. Treatments used were: 1- control (Test); 2- 100% mineral fertilizer (MF); 3- 100% chicken litter (CL); 4- 100% liquid pig manure (LMP); 5- 50:50 mixture of CL and MF (CL+MF); 6- 50:50 mixture of LMP and MF (LMP+MF) and 7- 50% CA + 50% (CL+LMP). Experimental plot size was 0.7 m², and young Verônica cultivar individuals were planted with a 0.30 x 0.30 m spacing. There were two experimental plantings: in the first, the first using the treatments described above; the second, investigated the residual effect of fertilization of the first planting. For the first cropping, highest wet (326.5 and 315.4 g plant⁻¹) and dry (14.2 and 19.74 g plant⁻¹) above ground biomasses, were obtained with the LMP +MF and CL+MF treatments. No significant differences were encountered for the treatments in the second harvest. The effect of mineral fertilization in the production of Veronica cultivar lettuce, is greatest when it is combined with organic fertilization such as chicken litter (CL) or liquid pig manure (LMP).

Key words: *Lactuca sativa* L. Fertilizer. Organic. Mineral.

Resumo: O uso de produtos orgânicos para promover o crescimento das plantas se torna cada vez mais importante, considerando a consolidação deste novo paradigma que é a sustentabilidade da produção de alimentos. Assim, objetivou-se com este trabalho avaliar a resposta da alface a fontes orgânicas e inorgânicas de nutrientes em solo representativo do estado do Paraná, em cultivos sucessivos. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com 5 repetições. Os tratamentos utilizados foram: 1- testemunha (Test); 2- 100% da adubação com adubos mineral (AM); 3- 100% da adubação com cama de aviário (CL); 4- 100% da adubação com dejetos líquidos de suíno (DLS); 5- 50% da adubação com de CA e complementação com AM (CA+AM); 6- 50% da adubação com DLS e complementação com AM (DLS+AM) e 7- 50% CA + 50% DLS (CA+DLS). A área da parcela experimental foi de 0,7 m², e as mudas da cv. Verônica foram transplantadas com espaçamento de 0,30 x 0,30 m. Foram realizados dois plantios: no primeiro, houve aplicação dos tratamentos; no segundo, somente foi avaliado o efeito residual da adubação da primeira safra. As maiores médias de massa fresca (326,5 e 315,4 g planta⁻¹) e seca (14,2 e 19,74 g planta⁻¹) da parte aérea, para o primeiro cultivo, foram obtidas para o tratamento DLS+AM e CA+AM. Não foi constatada diferenças significativas entre tratamentos para as variáveis estudadas no cultivo sucessivo. O efeito da adubação mineral na produção de alface, cv. Verônica, é maximizado quando combinada a adubação orgânica com cama de aviário (CA) ou dejetos líquidos de suíno (DLS).

Palavras-chave: *Lactuca sativa* L. Adubação. Orgânicos. Mineral.

*Corresponding author

Submitted for publication on 12/03/2018 and approved 31/05/2018

¹MSc in Agroindustrial Bioproduct Technology, UFPR Palotina Campus, Palotina-PR, Brazil. sandra.algeri.utfpr@gmail.com. Rua Pioneiro, nº 2153, Jardim Dallas, CEP: 85950-000, Palotina-PR;

²BSc Agronomy, UFPR Palotina Campus, Palotina-PR, Brazil, lia.lettrari@gmail.com;

³BSc Agronomy, UFPR Palotina Campus, Palotina-PR, Brazil, elainejr08@gmail.com

⁴Agronomist, UFPR Palotina Campus, Palotina-PR, Brazil, oscar.frihling2012@gmail.com;

⁵Adjunct Professor, Department of Agronomic Sciences, UFPR Palotina Campus, Palotina-PR, Brazil, aluchese@gmail.com;

⁶Adjunct Professor, Department of Agronomic Sciences, UFPR Palotina Campus, Palotina-PR, Brazil, contatosato@gmail.com.

INTRODUCTION

Lettuce (*Lactuca sativa* L.) is a annual plant of the family *Asteraceae* that originates from temperate climates. Extremely productive, amply commercialized and highly nutritious, it is widely consumed, both in Brazil and worldwide (HENZ; SUINAGA, 2009; OLIVEIRA *et al.* 2010).

Cultivated lettuce varieties are annual, herbaceous, delicate and short-stemmed. Leaves are large and form a rosette, while the root system is ramified and superficial. Lettuce is a crop that responds well to organic fertilizer, especially to manure (FILGUEIRA, 2008). Several studies have reported relationships between crop productivity, and the improvements in physical-chemical soil conditions linked to the increases in organic material application (OLIVEIRA *et al.*, 2010; ARAÚJO *et al.*, 2011; FIGUEIREDO *et al.*, 2012), which come from the use of organic fertilizers.

The use of organic and mineral fertilizers are necessary to increase soil fertility. Organic fertilization, using waste products commonly generated on the grower's own rural small-holdings, or from those of others nearby, is a very common rural practice among small-scale farmers, and one which serves to maximize productivity, while minimizing associated costs. Efficiency in the use of organic materials for such crops depends of the quality and quantity of material to be applied, especially when the composition varies greatly, as it often does with animal manure (FERNANDES *et al.*, 2009). However, application of organic fertilizers cannot occur without an analysis of soil chemical and physical characteristics, and a calculation of the fertilizer levels appropriate for the requirements of the crop under consideration, while at the same time avoiding environmental damage, most notably through nutrient runoff (FIGUEIREDO *et al.*, 2012).

Two products widely-available for the smallholding-based vegetable production are chicken litter, and liquid pig manure and, while each can vary greatly in composition, both have high levels of nutrients (SCHERER *et al.*, 2010; OLIVEIRA *et al.*, 2008). Abreu *et al.* (2010), testing lettuce production with a variety of organic and conventional mineral fertilizers, obtained highest values with chicken litter, which produced lettuce plants of around 540 g. In addition, Peixoto Filho *et al.* (2013), working with successive lettuce crops, also found that organic fertilizers from bird, cow and sheep manure resulted in good production for up to three cycles, after which fertilizer needed to be applied anew for every cropping.

Given that eastern Paraná has a large number of pig- and chicken-raising facilities, the aim of the current study was to look at the effect of organic (chicken litter-CL and liquid pig manure-LMP) and mineral fertilizers on crisp lettuce, in Eutroferic Red Latossol in the state of Paraná, Brazil, across successive croppings.

INTRODUÇÃO

A alface (*Lactuca sativa* L.) é uma planta originalmente de clima temperado, anual e que pertence à família *Asteraceae*. É uma das hortaliças mais populares, no que se refere à produção, à comercialização e ao valor nutricional, além de ser amplamente consumida no Brasil e no mundo (HENZ; SUINAGA, 2009; OLIVEIRA *et al.* 2010).

A cultura da alface é anual, herbácea, delicada e com caule diminuto. As folhas são amplas e crescem em roseta, e o sistema radicular é ramificado e superficial. A alface é uma planta que responde à adubação orgânica, especialmente ao esterco (FILGUEIRA, 2008). Diversos estudos relatam aumento de produtividade da cultura e melhoria das condições físico-químicas do solo pelo incremento de matéria orgânica (OLIVEIRA *et al.*, 2010; ARAÚJO *et al.*, 2011; FIGUEIREDO *et al.*, 2012), resultante da adubação orgânica.

A utilização de adubos orgânicos e minerais é necessária para melhorar a fertilidade dos solos. A adubação orgânica, com utilização de resíduos gerados na própria unidade rural, ou nas proximidades, é uma prática muito comum na condução de lavouras de pequenos agricultores e diminui os custos de produção. A eficiência do uso de materiais orgânicos em uma cultura depende da qualidade e da quantidade do material que será aplicado, já que a sua composição é muito variável, principalmente os estercos de animais (FERNANDES *et al.*, 2009). Portanto a aplicação de fertilizantes orgânicos não pode ser feita sem um estudo prévio das características químicas e físicas do solo e um cálculo adequado de adubação de acordo com exigência da cultura a fim de evitar danos ambientais, provenientes da lixiviação de nutrientes (FIGUEIREDO *et al.*, 2012).

Dois resíduos que podem ser bem aproveitados para a produção de hortaliças são a cama de aviário e o dejetos líquido de suínos, que apesar da composição variável, apresentam teores elevados de nutrientes (SCHERER *et al.*, 2010; OLIVEIRA *et al.*, 2008). Abreu *et al.* (2010) avaliaram a produtividade da alface submetida a fontes distintas de adubação orgânica e a adubação mineral convencional, encontrando os maiores valores para o tratamento com adubação de cama de aviário, que produziu plantas de alface com aproximadamente 540 g. Já Peixoto Filho *et al.* (2013), trabalhando também com a alface em cultivo sucessivo, verificaram que as adubações orgânicas com dejetos de aves, bovinos e ovinos mantêm boa produção da cultura por até três ciclos, enquanto a adubação mineral precisa ser aplicada a cada cultivo.

Mediante o exposto e considerando que a região Oeste do Paraná possui grande quantidade de granjas de suínos e aves, objetivou-se com este trabalho avaliar o efeito da aplicação de fertilizantes orgânicos (cama de aviário - CA e dejetos líquido de suínos -DLS) e minerais na cultura da alface crespa, em Latossolo Vermelho Eutroférico do estado do Paraná, em cultivo sucessivo.

MATERIALS AND METHODS

Studies were made in the experimental farm Paraná Federal University (UFPR: Palotina campus), in Palotina, PR (24° 17' 02"S, 53° 50' 24"W), with mean annual temperatures of 20°C and an altitude of 333 m. Local climate is classified as Humid Subtropical (Köppen), with hot summers and cold or cool winters. Soil where the experiments were conducted is, according to the EMBRAPA (2013) classification, an Eutroferic Red Latossol.

Soil analysis was made for samples from the 0-0.20 m layer of the experimental area, using the methods of Silva (2009). Obtained chemical characteristics were: pH (CaCl₂) – 5.41; pH (SMP) –5.77; Al³⁺-(traces); H+ Al – 5.87 cmol_c dm⁻³; Ca²⁺ - 6.6 cmol_c dm⁻³; Mg²⁺- 2.2 cmol_c dm⁻³; K⁺ - 0.44 cmol_c dm⁻³; P – 57.35 mg dm⁻³; MO –24.88 g kg.

Liquid pig manure (LMP) used in the experiments was collected from an anaerobic treatment pond (slurry pond) at a pig farm. Chicken litter (CL), fully composted, was also obtained from a rural property. Both sites were located in the municipality of Palotina, Parana State, Brazil. Chemical analysis of the two organic sources of nutrients, using methods in Silva (2009), found: 1.4 g L⁻¹ and 25.7 g kg⁻¹ of N; 0.32 g L⁻¹ and 54 g kg⁻¹ of P₂O₅; 0.86 g L⁻¹ and 36 g kg⁻¹ of K₂O, for LMP and CL, respectively. CL dry material content was 57%.

Studies were conducted in an experimental area in randomized blocks, with 7 treatments and 5 repetitions, a total of 35 blocks. Treatments used in the experiment were: control (Test); 2- 100% mineral fertilizer (MF); 3- 100% chicken litter (CL); 4- 100% liquid pig manure (LMP); 5- 50:50 mixture of CL and MF (CL+MF); 6- 50:50 mixture of LMP and MF (LMP+MF) and 7- 50% CA + 50% (CL+LMP).

Based on the soil-type, and following SBCS (2004), the recommended nutrient doses were: 100 kg ha⁻¹ of N, 40 kg ha⁻¹ of P₂O₅ and 90 kg ha⁻¹ of K₂O. To establish required volumes of organic fertilizers for the experiment, the highest analyzed value was used to calculate P level required under CL fertilization, and the N level required with LMP (Table 1).

Lettuce was cultivated in beds 10 m in length x 1 m in width, and 0.20 m in depth. Each experimental plot had an area of 0.70 m². Crisp lettuce (Veronica cultivar), was transplanted into the beds on the 17 May 2017, with an inter-plant and inter-line spacing of 0.30 m. There were five lettuce plants per plot. LMP+MF treatments were split into two applications, one on planting and one 20 days after transplantation (DAT).

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na área experimental da Universidade Federal do Paraná (UFPR – Setor Palotina), localizada em Palotina, PR (24° 17' 02" latitude sul e 53° 50' 24" longitude oeste), com temperatura média de 20° C e altitude de 333 m. O clima é classificado como Subtropical Úmido (Köppen), com verões quentes e invernos frios ou amenos. O solo onde o experimento foi instalado é um Latossolo Vermelho eutroférrico, de acordo com classificação feita pela EMBRAPA (2013).

Foi realizada uma análise de solo, na camada de 0-0,20 m, da área experimental de acordo com a metodologia descrita por Silva (2009). Os resultados das características químicas foram: pH (CaCl₂) - 5,41; pH (SMP) - 5,77; Al³⁺ - (traços); H+ Al - 5,87 cmol_c dm⁻³; Ca²⁺ - 6,6 cmol_c dm⁻³; Mg²⁺- 2,2 cmol_c dm⁻³; K⁺ - 0,44 cmol_c dm⁻³; P - 57,35 mg dm⁻³; MO - 24,88 g kg.

O dejetto líquido de suínos (DLS) utilizado no experimento foi coletado em uma lagoa de tratamento anaeróbica de uma granja de suínos, localizada no município de Palotina-PR. A cama de aviário (CA), devidamente compostada, foi obtida de uma propriedade rural também localizada em Palotina-PR. A análise química das duas fontes orgânicas de nutrientes foi feita de acordo com Silva (2009). O DLS e a CA apresentaram 1,4 g L⁻¹ e 25,7 g kg⁻¹ de N, 0,32 g L⁻¹ e 54 g kg⁻¹ de P₂O₅ e 0,86 g L⁻¹ e 36 g kg⁻¹ de K₂O, respectivamente. A matéria seca da CA foi determinada em 57%.

O experimento foi conduzido em um delineamento experimental em blocos casualizados, com 7 tratamentos e 5 repetições, totalizando 35 parcelas. Os tratamentos utilizados no experimento foram: testemunha (Test), adubação mineral 100% (AM), 100% orgânico com cama de aviário (CA), 100% orgânico com dejetto líquido de suíno (DLS), cama de aviário 50% e complementação com adubação mineral (CA+AM), 50% de DLS mais complementação com adubação mineral (DLS+AM), CA 50% complementada com DLS 50% (CA+DLS).

A recomendação de adubação mineral para a cultura da alface foi baseada na análise do solo, sendo: 100 kg ha⁻¹ de N, 40 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 90 kg ha⁻¹ de K₂O (SBCS, 2004). Para estabelecer a dose dos adubos orgânicos, considerou-se o teor do nutriente em maior quantidade. Assim foi utilizado o teor de P para calcular a dose de CA e o de N para DLS (Tabela 1).

A alface foi cultivada em canteiros de 10 m de comprimento por 1 m de largura e 0,20 m de altura. Cada parcela experimental consistiu em uma área de 0,70 m². A alface crespa, cv. Verônica, foi transplantada para os canteiros no dia 17 de maio de 2017, com espaçamento de 0,30 m entre plantas e entre linhas. Foram plantadas 5 mudas de alface por parcela. Os tratamentos DSL+AM foram parcelados em duas aplicações, na ocasião do transplante e 20 dias após o transplante (DAT).

Table 1 - Treatments, fertilizer doses, available and deficient nutrients. Palotina, Paraná, Brasil, 2017*Tabela 1* - Tratamentos, dose de adubos, nutrientes disponibilizados e déficit de nutriente. Palotina, Paraná, Brasil, 2017

Treat	Used fertilization					Nutrients available (kg ha ⁻¹)			Nutritional deficit (kg ha ⁻¹)		
	CL (t ha ⁻¹)	LMP (m ³ ha ⁻¹)	SSP (kg ha ⁻¹)	KCl (kg ha ⁻¹)	Ureia (kg ha ⁻¹)	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N
Test	-	-	-	-	-	-	-	-	-40	-90	-100
MF	-	-	222	281	217	40	90	100	0	0	0
CL	1,63	-	-	-	-	40	34	12	0	-57	-88
LMP	-	90	-	-	-	23	61	100	-17	-39	0
CL+MF	0,81	-	111	228	203	40	90	100	0	0	0
LMP+MF	-	45	159	186	108,5	40	90	100	0	0	0
CL+LMP	0,81	45	-	-	-	31,4	47	56	-9	-43	-44

Treat- Treatments ; Test: control; MF: mineral fertilization; CL: chicken litter; LMP Liquid pig manure; CL+ MF: fertilized with chicken litter-mineral fertilizer mix; LMP+ MF: liquid pig manure and mineral fertilizer; CL+LMP: fertilizer with chicken litter and liquid pig manure; SSP-Simple Super Phosphate; KCl-Potassium Chlorate; P₂O₅-Iron Oxide; K₂O-Potassium Oxide; N - Nitrogen.

Trat - Tratamento; Test- Testemunha; AM: Adubação mineral; CA - Cama de Aviário; DLS - Dejeito Líquido de Suínos; CA+AM: adubação com cama de aviário complementada com adubação mineral; DLS+AM: adubação com dejeito líquido de suíno com complementação mineral; CA+DLS: adubação com cama de aviário e dejeito líquido de suíno; SPS - Super Fosfato Simples; KCl - Cloreto de Potássio; P₂O₅ - Óxido de Fósforo; K₂O - Óxido de Potássio; N - Nitrogênio.

Water was supplied with drip irrigation, using two pipes per bed. Invading weeds were removed manually as and when required. Control of pests used only natural products employed in organic agriculture, such as tobacco extract and pepper.

First harvest occurred at 60 DAT when one lettuce plant per plot was collected for analysis. After the collection of the first crop, the second was transplanted on 10 August 2017, using the same spatial arrangements and experimental set-up, but without fertilizer reapplication. The second harvest also occurred 60 DAT.

For the first cropping, plant height was measured at 10, 30 and 60 DAT. Immediately after harvesting, the lettuce plants were washed and the aerial and sub-soil sections separated. Plants were then weighed, the number of leaves counted and the largest leaf measured for length. Next, leaf and roots were placed in separate paper bags and dried in an oven at 60°C, for 72 h to determine dry mass for both above- and below-ground material.

Leaves were then macerated and analysed for N, P and K, following methods in Silva (2009). Sample preparation involved digestion with H₂SO₄ and H₂O₂ in test tubes. Determination of N was made via distillation and titration (Kjeldahl), where NH₄⁺ produced by H₂SO₄ digestion is distilled in a strongly alkaline medium. Condensed NH₄⁺ is collected in a solution of H₃BO₃ and then titrated against HCl.

Para suprir a necessidade hídrica da cultura, foi instalado um sistema de irrigação do tipo gotejamento com duas saídas de duas fitas para cada canteiro. O manejo das plantas daninhas foi realizado de forma manual (arranquio), sempre que necessário. O controle de pragas foi feito apenas com produtos naturais e utilizados pela agricultura orgânica, como o extrato de fumo e pimenta.

A primeira colheita foi feita aos 60 DAT e foi colhido um pé de alface por parcela para as análises. Após a colheita da primeira safra foi realizado o transplante para a segunda safra no dia 10 de agosto de 2017, com o mesmo arranjo espacial e delineamento experimental, porém sem a reaplicação dos adubos. A segunda colheita ocorreu também aos 60 DAT.

Na primeira safra, a avaliação da altura das plantas foi feita aos 10, 30 e 60 DAT. Após a colheita, as alfaces foram lavadas separando-se a parte aérea da raiz. Em seguida as plantas foram pesadas, contou-se o número de folhas e foi feita a determinação do comprimento da maior folha. Na sequência, tanto as raízes quanto as folhas foram acondicionadas em sacos de papel e levadas para a estufa de secagem a uma temperatura de 60 °C, durante 72 h para determinação da massa seca da parte aérea e radicular.

Posteriormente, as folhas foram maceradas e submetidas à análise de N, P e K (SILVA, 2009). A preparação das amostras foi feita por meio de digestão com H₂SO₄ com H₂O₂ em tubos de ensaio no bloco digestor. A determinação do N se deu pelo método da destilação e titulação (Kjeldahl), em que o NH₄⁺ produzido na digestão com H₂SO₄ é destilado em meio fortemente alcalino. O NH₄⁺ condensado é coletado em solução de H₃BO₃ e titulado com a solução de HCl.

Deterioration of P was made with a photospectrometer with molybdenum blue. Here, the H_2PO_4^- ion reacts with the molybdenum (MoO_4^{2-}), forming a blue-colored complex, where the intensity of the color is proportional to P concentration. Values for K, were obtained using flame photometry, where an aqueous solution of K is aspirated in a flame, and the energy emitted by this element is proportional to K concentration (SILVA, 2009).

For the second cropping, analysis of wet and dry weights of aerial parts, leaf number, height and the length of the largest leaf used the same methodology as described for the first.

Obtained data was subjected to an analysis of variance, and the treatments were compared with a Scott-Knott test, at a significance level of 5%. Analyses were conducted using the Sisvar 5.0 statistical program (FERREIRA, 2008).

RESULTS AND DISCUSSION

For the first harvest, analysis of variance found no statistical difference between the treatments for the variables: plant height, or any other data collected after transplanted (DAT), length of longest leaf and N, P and K levels (see Table 2 for mean values). The absence of significant differences between some of the variables may be related to the high fertility of the soil in the experimental region, independent of treatments. However, Oliveira *et al.* (2010) report that organic fertilizer had a significant effect on the height of crisp lettuce plants (22.3 cm), compared with those receiving mineral fertilizers (16.8 cm). According to these authors, the area used in the study had received very high doses of organic fertilizer for some 5 years.

A determinação de P foi por espectrofotometria com azul de molibdênio, em que o íon H_2PO_4^- reage com o molibdato (MoO_4^{2-}), formando um complexo de coloração azul, e a intensidade da coloração é proporcional à concentração de P. A determinação de K, por sua vez, foi realizada por fotometria de chama, em que o K da solução aquosa é aspirado na chama, e a energia emitida por esses elementos são proporcionais às concentrações de K (SILVA, 2009).

Para a segunda colheita, foram realizadas análises de massa fresca e seca parte aérea, número de folhas, altura e comprimento da maior folha da mesma forma como já descrito para a primeira safra.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, e os tratamentos foram comparados pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Para as análises estatísticas foi utilizado o programa estatístico Sisvar 5,0 (FERREIRA, 2008).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No primeiro cultivo, a análise de variância não revelou diferenças estatísticas dos tratamentos para as variáveis: altura das plantas, em nenhuma das datas de coleta após o transplante (DAT), comprimento da maior folha e teores de N, P e K, cujas médias são apresentadas na Tabela 2. A ausência de significância para algumas variáveis pode estar relacionada a boa fertilidade da área, independentemente dos tratamentos. No entanto, Oliveira *et al.* (2010) constataram efeito significativo na altura de plantas de alface crespa com adubação orgânica (22,3 cm) em comparação a adubação mineral (16,8 cm). A área utilizada para o cultivo da alface, segundo esses autores, recebeu doses muito altas de adubação orgânica por aproximadamente 5 anos.

Table 2 – Analyses of variance ANOVA for the analysed variable in the first cropping

Tabela 2 – Análise de variância ANOVA para as variáveis analisadas no primeiro cultivo

SF	DF	MSS											
		HEI (DAT)			NL	APWW	APDW	RWW	RDW	LLL	N	P	K
		10	30	60									
Block	4	564	12.1	20.1	2.20	2729.8	8.5	51.0	0.8	7.4	6.2	1.4	10.0
Treat	6	5.50	3.95	9.1	54.80*	22783.2*	52.4*	39.0*	0.7*	5.0	11.1	0.5	9.9
Error	24	2.32	3.81	5.3	8.70	1055.6	4.2	6.7	0.2	2.3	8.6	0.4	25.9
CV(%)	-	12.2	13.2	12.6	11.4	14.2	15.4	14.7	19	8.9	8.6	14.9	7.8
Mean		5.8	10.6	18.3	25.8	-	-	-	-	16.8	34.2	4.4	65.7

* - Significant at the 5% level (Scott-Knott test)

SV – Source of variation; DF – Degrees of freedom; HEI - height (in cm); MSS – Mean sum of squares; Treat - treatment; DAT – days after transplanted; NL – Number of leaves; RWW – Root wet weight (g plant⁻¹); APWW – Aerial part wet weight (g plant⁻¹); APDW – Aerial part dry weight (g plant⁻¹); RDW - Root dry weight (g plant⁻¹); LLL- Length of longest leaf (in cm); N - Nitrogen (g kg⁻¹); P - Phosphorous (g kg⁻¹); K - Potassium (g kg⁻¹).

* - Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F

FV - Fonte de variação; GL - Graus de liberdade; ALT - altura (em cm); QM - Quadrado médio; Trat - tratamento; DAT - dias após o transplante; NF - Número de Folhas; MFR - Massa Fresca da Raiz (g planta⁻¹); MFPA - Massa Fresca da Parte Aérea (g planta⁻¹); MSPA - Massa Seca da parte aérea (g planta⁻¹); MSR - Massa Seca da Raiz (g planta⁻¹); CMF - Comprimento da maior folha (em cm); N - Nitrogênio (g kg⁻¹); P - fósforo (g kg⁻¹); K - potássio (g kg⁻¹).

Number of leaves (NL), in the first harvest, was greater and statistically similar between treatments LMP, CL+MF, LMP+MF and CL+LMP for the first harvest (Table 3). Treatments MF and CL were statistically indistinguishable from the control. Teixeira *et al.* (2004), working with organic and mineral fertilization on lettuce, also found the largest number of leaves in combined organic and mineral fertilizer treatments.

O número de folhas (NF), para a primeira colheita, foi superior e estatisticamente semelhante nos tratamentos DLS, CA+AM, DLS+AM e CA+DLS (Tabela 3). Os tratamentos AM e CA, por sua vez, foram estatisticamente iguais à testemunha. Teixeira *et al.* (2004), em trabalho com adubação orgânica e mineral, também encontraram maior número de folhas de alface para tratamentos orgânicos associados com adubação mineral.

Table 3 – Values for the Number of leaves (NL), Root wet weight (RWW in g plant⁻¹), Aerial part wet weight (APWW in g plant⁻¹); Aerial part dry weight (APDW in g plant⁻¹); Root dry weight (RDW in g plant⁻¹) the crisp lettuce (cultivar Veronica) under different forms of organic and inorganic fertilization. Palotina, Parana State, Brasil, 2017

Tabela 3 - Valores para o Número de folhas (NL), Peso húmido da raiz (PWW na planta g⁻¹), Peso húmido da parte aérea (APWW na planta g⁻¹); Peso seco da parte aérea (APDW em g planta⁻¹); Peso seco da raiz (RDW em g planta⁻¹) a alface crespa (cultivar Veronica) sob diferentes formas de adubação orgânica e inorgânica. Palotina, Estado do Paraná, Brasil, 2017

Treatments	NL	g per plante			
		RWW	APWW	RDW	APDW
Test	22.00 b	15.83 b	215.1 b	1.87 b	11.62 c
MF	24.60 b	15.44 b	178.4c	1.76 b	13.3 b
CL	21.00 b	17.10 b	151.4 c	2.06 b	9.40 c
LMP	27.00 a	18.74 a	227.5 b	2.08 b	13.40 b
CL+MF	28.80 a	19.72 a	315.4 a	2.20 b	14.12 a
LMP+MF	29.20 a	22.15 a	326.5 a	2.76 a	19.7 a
CL+LMP	28.00 a	14.11 b	189.0 c	1.62 b	11.52c
CV (%)	11.41	14.72	14.18	18.97	15.40

Means followed by the same letter in the column do not differ statistically (Scott-Knott test, 5% probability). Test: control; MF: mineral fertilization; CL: chicken litter; LMP Liquid pig manure; CL+MF: fertilized with chicken litter-mineral fertilizer mix; LMP+ MF: liquid pig manure and mineral fertilizer; CL+LMP: fertilizer with chicken litter and liquid pig manure. CV: coefficient of variation.

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Test: testemunha; AM: adubação mineral; CA: cama de aviário; DLS Dejeito líquido de suíno; CA+ AM: adubação com cama de aviário mais complementação mineral; DLS+ AM: adubação com dejeito líquido de suíno mais complementação mineral; CA+DLS: adubação com cama de aviário mais dejeito líquido de suíno. CV: coeficiente de variação.

RWW was greatest under the LMP, CL+MF e LMP+MF treatments. However, for RDW, only the LMP+MF treatment was markedly different. Blat *et al.* (2011), in a study of the growth behavior of lettuce cultivars in two different environments, reported root dry weight values of 1.4 g plant⁻¹ for the Veronica cultivar, a value lower than that encountered in the current study, which is therefore indicative of good plant development.

A MFR foi superior nos tratamentos DLS, CA+AM e DLS+AM. Enquanto que na MSR, apenas o tratamento DLS+ AM se diferenciou dos demais. Blat *et al.* (2011), em estudo sobre o desempenho de cultivares de alface em dois ambientes, encontraram valores de massa seca da raiz de 1,4 g planta⁻¹ para a cv. Verônica, valor abaixo do encontrado neste trabalho, o que demonstra bom desenvolvimento das plantas.

For APWW and APDW, highest values were obtained for the two treatments where organic and mineral fertilizer treatments were combined (CL+MF and LMP+MF). This fact may be explained by the number of nutrients in the mixture present at levels recommended for effective lettuce cultivation (Table 1). According to Filgueira (2008), lettuce cultivation adapts well to fertilization using animal excreta because the sensitive nature of lettuce roots means that plants respond well to the improvements that such a fertilization regimen brings to the soil. A study by Turazi *et al.* (2006) with crisp lettuce (Veronica cultivar), also obtained higher aerial dry weights with mixed organic-mineral fertilizers.

That all treatments with LMP had the highest values for NL, RWW, APWW and APDW, when compared to CL, is probably due to the greater availability of $N-NH_4^+$ (GIACOMINI; AITA, 2008).

Treatments with CL did not give good results for any of the analysed variables, with mean values showing no difference from the control. This is likely to be due to the low levels of available N in this material (Table 1), which is one of the principle nutrients required for good growth in lettuce. As a result for the applied dose, CA requires supplementation with mineral fertilizers.

The low growth rates observed with mineral fertilizers alone, can be explained by the specific characteristics of the Veronica cultivar which, according to Araújo *et al.* (2011), responds negatively to increases in pure mineral fertilizer.

In general, organic treatments, when associated with mineral nutrients promote the best growth rates in plants, especially for number of leaves, which is of great importance in lettuce cultivation. The results obtained here are relevant to economic and environmental considerations, since the costs of mineral fertilizers are generally high and constitute one of the most significant outlays in lettuce cultivation. If sources of organic fertilizer available in areas close to centres of lettuce production could be used, this could reduce both overall costs and use of mineral fertilizers, so providing diverse benefits for the microbiota, physical properties of soils, and being practically innocuous in terms of their environmental impact.

Levels of foliar N, P and K were not affected by the experimental treatments (Table 1). Beninni *et al.* (2005), in a study with lettuce production using conventional fertilization, found levels of 38.24; 5.74; 78.33 g kg⁻¹ of N, P and K, respectively, which are similar to those observed in the current study, indicating good nutritional status of lettuce.

Para a MFPA e MSPA, os maiores valores foram obtidos para as duas adubações orgânicas complementadas com adubação mineral (CA+AM e DLS+AM). Este fato pode ser explicado pela quantidade de nutrientes presentes na mistura entre fertilizantes orgânicos e mineral que estava de acordo com o recomendado para a cultura (Tabela 1). Ainda segundo Filgueira (2008), a cultura da alface se adapta bem a adubação orgânica com esterco animal em razão da fragilidade de suas raízes e da elevada exigência de melhores condições físicas do solo. Em um trabalho desenvolvido por Turazi *et al.* (2006) com alface, cv. Verônica, os maiores teores de massa seca da parte aérea também foram obtidos com as adubações orgânicas com complementação mineral.

O fato do tratamento com DLS ter apresentado maior valor de NF, MFR, MFPA e MSPA, quando comparado com a CA, se deve provavelmente à maior disponibilidade de $N-NH_4^+$ (GIACOMINI; AITA, 2008).

O tratamento com cama de aviário não proporcionou bons resultados para nenhuma das variáveis analisadas, cujas médias não se diferenciaram da média do tratamento testemunha. Isso aconteceu provavelmente pela baixa disponibilidade de N neste resíduo (Tabela 1), que é um dos principais nutrientes requeridos para o desenvolvimento da alface. Dessa maneira, para a dose que foi aplicada, a CA necessita de complementação com adubação mineral.

O baixo desempenho da fertilização com adubos minerais, por sua vez, pode ser explicado pelas características da cv. Verônica, que, segundo Araújo *et al.* (2011), responde negativamente ao incremento de adubação mineral.

De modo geral, os tratamentos orgânicos em associação com as fontes minerais de nutrientes foram os que promoveram maior crescimento das plantas, assim como maior número de folhas, o que é de grande importância na cultura da alface. Considerando aspectos econômicos e ambientais, esses resultados são relevantes, pois os custos com insumos minerais são geralmente elevados no manejo da cultura. As fontes orgânicas disponíveis nas proximidades das áreas produtivas podem ser utilizadas, reduzindo a aquisição de fertilizante mineral, além de proporcionar diversos benefícios para a microbiota, para as propriedades físicas dos solos e serem praticamente inócuas na promoção de impactos ambientais negativos.

Os teores de N, P e K foliar não foram afetados pelos tratamentos (Tabela 1). Beninni *et al.* (2005), em um estudo com produção de alface com adubação convencional, encontraram teores de 38,24; 5,74; 78,33 g kg⁻¹ de N, P e K, respectivamente, ou seja, semelhantes aos observados neste estudo, o que indica bom estado nutricional das alfaces.

For the second cropping (Table 4), unlike the first cultivation, there was no significant difference between the treatments for the analysed variables. However, it should be noted that both NL and LLL had numerically superior mean values to those obtained in the first crop. Such results are probably due to the more favorable climate under which the second crop was raised, since temperatures lower than 5°C were recorded during the first cycle, and these are known to hamper lettuce development.

According to Suinaga *et al.* (2013), mature Veronica cultivar plants generally have around 34 leaves, which is lower than the mean number found here for the second crop (38 leaves) (Table 4). Additionally, according to these authors, aerial part fresh mass can reach up to 680 g, and height attain 24 cm. In this study, recorded values of 300 g and 19.1 cm, respectively, for second crop mean fresh weight and height values. However, soil and climate conditions, and general study methodology, differed between the two studies. However, Queiroz *et al.* (2014) reported fresh mass values of approximately 300 g per plant for the Veronica cultivar, the same as those obtained in the current study, and under similar climatic conditions.

Para o segundo cultivo de alface (Tabela 4), ao contrário do observado no primeiro cultivo, não houve diferença significativa entre os tratamentos para as variáveis estudadas. Contudo, pode se observar que em relação ao primeiro cultivo as variáveis NF e CMF apresentaram valores médios numericamente superiores aos obtidos no primeiro cultivo. Esses resultados se devem, provavelmente, a época mais favorável ao desenvolvimento da cultura, pois durante o primeiro ciclo foram registradas temperaturas inferiores a 5 °C, que prejudicam o desenvolvimento da alface.

De acordo com Suinaga *et al.* (2013), o número de folhas para a cv. Verônica é de aproximadamente 34, número inferior à média encontrada para o segundo cultivo que foi de 38 folhas (Tabela 4). Ainda segundo esses autores, a massa fresca da parte aérea pode alcançar valores de até 680 g e a altura a 24 cm. Já neste estudo, para o segundo cultivo, foram encontrados valores médios menores de massa fresca e altura (300 g e 19,1 cm). Porém, as condições edafológicas de condução dos trabalhos foram diferentes. Já Queiroz *et al.* (2014) encontraram valores de massa fresca de aproximadamente 300 g por planta para a cv. Verônica, mesmo valor médio ao obtido nesse estudo, com condições climáticas semelhantes.

Table 4 – Analyses of Variance (ANOVA) for variables analysed for the second cropping

Tabela 4 - Análise de variância ANOVA para as variáveis analisadas no segundo cultivo

SV	DF	MSS				
		HEI 60 DAT	NL	APWW	MSPA	CMF
Block	4	4.2	42.7	1933.8	89.7	2.6
Treat	6	0.9	11.3	10326.4	12.5	2.2
Error	24	5.6	20.3	2700.9	17.2	1.9
CV(%)	-	11.9	11.8	17.4	22.4	7.3
Mean		19.9	38.4	300.0	18.5	19.1

* Indicates significant difference between treatments (5% probability). SV –Source of variation; DF–Degrees of freedom; HEI- height (in cm); MSS –Mean sum of squares; Treat - treatment; DAT –days after transplantation; NL – Number of Leaves; APWW –Fresh Mass, Aerial Part (g plant⁻¹); MSPA –Dry Mass, Aerial Part (g plant⁻¹); DAT- Days after Transplantation; CMF- Size of Largest Leaf (in cm).

* Indica diferença significativa entre os tratamento a 5% de probabilidade. FV - Fonte de variação; GL - Graus de liberdade; ALT- altura (em cm); QM - Quadrado médio; Trat - tratamento; NF - Número de Folhas; MFPA - Massa Fresca da Parte Aérea (g planta⁻¹); MSPA - Massa Seca da parte aérea (g planta⁻¹); DAT- Dias após o Transplântio; CMF- Comprimento da maior folha (em cm).

As no statistical difference was observed between the treatments for the second crop, it is assumed that there was no residual effect of fertilization from the first crop. Peixoto Filho *et al.* (2013), working with successive crops of lettuce and organic manure with chicken litter, bovine and ovine manure and mineral fertilizer, concluded that, under mineral fertilization, there were no residual effects on second crops, while the other deployed fertilizations methods did have residual effects on plant nutrition up until the third crop cycle. However, in this study, high doses of fertilizers were used with application level at twice the recommended dose of N.

Como não foi observada diferença estatística entre os tratamentos para o segundo cultivo, supõe-se que não houve efeito residual de adubação da primeira safra da cultura. Peixoto Filho *et al.* (2013), trabalhando com cultivos sucessivos de alface e adubações orgânicas com cama de aviário, esterco bovino e ovino e fertilizante mineral, concluíram que a adubação mineral não apresentou efeito residual a partir do segundo cultivo, enquanto que as demais adubações apresentaram efeito residual na nutrição das plantas até o terceiro ciclo da cultura. Contudo, neste trabalho, foram utilizadas doses altas dos fertilizantes com aplicações duas vezes superiores à dose de N recomendada.

CONCLUSIONS

Liquid pig manure (LMP) and chicken litter (CL) applications, when combined with mineral fertilizers, produced the greatest levels of crisp lettuce plant growth for the first cropping;

There was no residual effect for the treatments on lettuce plant growth and production in successive croppings;

We recommend the use of liquid pig manure and chicken litter with the addition of mineral fertilizer in lettuce-growing areas with in Palotina municipality, Parana State, Brazil.

ACKNOWLEDGEMENTS

To Fundação Araucária, and the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) for the study grants that greatly assisted the conduct of this study. To the farmers Hilario Mattiuzzi and Vanderlei Ohlweiler for providing the organic fertilizers used in the experiments. Adrian Barnett helped with the English.

CONCLUSÕES

O dejetos líquido de suíno (DLS) e a cama de aviário (CA) aplicados associados com fertilizantes minerais promoveram maior crescimento das plantas de alface crespa nas condições do primeiro cultivo;

Não houve efeito residual dos tratamentos sobre o crescimento e produção das plantas de alface no cultivo sucessivo;

Recomenda-se o uso de dejetos líquido de suíno e cama de aviário com complementação mineral em áreas de produção de alface no município de Palotina-PR.

AGRADECIMENTOS

À Fundação Araucária e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos que auxiliaram na condução deste trabalho. Aos agricultores Hilario Mattiuzzi e Vanderlei Ohlweiler por cederem os fertilizantes orgânicos que foram utilizados no experimento. Adrian Barnett ajudou com o Inglês.

CITED SCIENTIFIC LITERATURE

ABREU, I. M. O.; JUNQUEIRA, A. M. R.; PEIXOTO, J. R.; OLIVEIRA, S. A. Qualidade microbiológica e produtividade de alface sob adubação química e orgânica. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 30, n. 1, p. 108-118, 2010.

ARAÚJO, W. F.; SOUSA, K. T. S.; VIANA, T. V. A.; AZEVEDO, B. M.; BARROS, M. M.; MARCOLINO, E. Resposta da alface a adubação nitrogenada. **Revista Agro@ambiente On-line**, v. 5, n. 1, p. 12-17, 2011.

BENINNI, E. R. Y.; TAKAHASHI, H. W.; NEVES, C. S. V. J. Concentração e acúmulo de macronutrientes em alface cultivada em sistemas hidropônico e convencional. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 26, n. 3, p. 273-282, 2005.

BLAT, S. F.; SANCHEZ, S. V.; ARAÚJO, J. A. C.; BOLONHEZI, D. Desempenho de cultivares de alface crespa em dois ambientes de cultivo em sistema hidropônico. **Horticultura Brasileira**, v. 29, n. 1, p. 135-138, 2011.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (Embrapa). **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3. ed. Brasília: EMBRAPA, 2013.

FERNANDES, J. D.; CHAVES, L. H. G.; DANTAS, J. P.; SILVA, J. R. P. Adubação orgânica e mineral no desenvolvimento da mamoneira. **Engenharia Ambiental - Espírito Santo do Pinhal**, v. 6, n. 2, p. 358-368. 2009.

FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Científica Symposium**, v. 6, n. 2, p. 36-41, 2008.

FIGUEIREDO CC; RAMOS MLG; McMANUS CM; MENEZES AM. Mineralização de esterco de ovinos e sua influência na produção de alface. **Horticultura Brasileira**, v. 30, p. 175-179, 2012.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo Manual de Oleicultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. UFV: 3ª edição, Viçosa-MG, 421 p. 2008.

GIACOMINI, S. J.; AITA, C. Cama sobreposta e dejetos líquidos de suínos como fonte de nitrogênio ao milho. **Revista Brasileira Ciência Solo**, v. 32, n. 1, p. 195-205, 2008.

HENZ, G. P.; SUINAGA, F. **Tipos de Alface Cultivadas no Brasil**. Comunicado Técnico. Embrapa: Brasília, 2009.

OLIVEIRA EQ; SOUZA RJ; CRUZ MCM; MARQUES VB; FRANÇA AC. Produtividade de alface e rúcula, em sistema consorciado, sob adubação orgânica e mineral. **Horticultura Brasileira**, v. 28, n. 1, p. 36-40, 2010.

OLIVEIRA, F. L.; GUERRA, J. G. M.; ALMEIDA, D. L.; RIBEIRO, R. L. D.; SILVA, E. D.; SILVA, V. V.; ESPINDOLA, J. A. A. Desempenho de taro em função de doses de cama de aviário, sob sistema orgânico de produção. **Horticultura Brasileira**, v. 26, n. 2, p. 149-153, 2008.

PEIXOTO FILHO, J. U.; FREIRE, M. B. G. S.; FREIRE, F. J.; MIRANDA, M. F. A.; PESSOA, L. G. M.; KAMIMURA, K. M. Produtividade de alface com doses de esterco de frango, bovino e ovino em cultivos sucessivos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 4, p. 419-424, 2013.

QUEIROZ, J. P. S.; COSTA, A. J. M.; NEVES, L. G.; SEABRA JUNIOR, S.; BARELLI, M. A. A. Estabilidade fenotípica de alfaves em diferentes épocas e ambientes de cultivo. **Revista Ciência Agronômica**, v. 45, n. 2, p. 276-283, 2014.

SCHERER, E. E.; NESI, C. N.; MASSOTTI, Z. Atributos químicos do solo influenciados por sucessivas aplicações de dejetos suínos em áreas agrícolas de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, p. 1375-1383, 2010.

SILVA, F.C. (Ed.). **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2. ed. revisada e ampliada. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 627p.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO (SBCS). **Manual de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. Comissão de Química e Fertilidade do Solo. 10. ed. Porto Alegre, 2004.

SUINAGA, F. A.; BOITEUX, L. S.; CABRAL, C. S.; RODRIGUES, C. S. **Desempenho produtivo de cultivares de alface crespa**. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 89. Embrapa Hortaliças Brasília, DF, 2013.

TEIXEIRA, N. T.; DE PAULA, E. L.; FÁVARI, D. B.; ALMEIDA, F. GUARNIERI, V. Adubação orgânica e organomineral e algas marinhas na produção de alface. **Revista Ecosystema**, v. 29, n. 1, p. 19-22, 2004.

TURAZI, C. M. V.; JUNQUEIRA, A. M. R.; OLIVEIRA, S. A.; BORGIO, L. A. Acúmulo de nitrato em alface em função da adubação, horário de colheita e tempo de armazenamento. **Horticultura brasileira**, v. 24, n. 1, p. 65-70, 2006.