doi.org/10.51891/rease.v12i11.32053

EFEITO DA ADUBAÇÃO ORGÂNICA E MINERAL NAS CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS DA CULTURA DA ALFACE

EFFECT OF ORGANIC AND MINERAL FERTILIZATION ON THE AGRONOMIC CHARACTERISTICS OF LETTUCE CULTIVATION

EFECTO DE LA FERTILIZACIÓN ORGÁNICA Y MINERAL EN LAS CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS DEL CULTIVO DE LECHUGA

César Augusto Bressan Baumgartner[1]
Roberta Yajima de Godoy Dias[2]

RESUMO: A alface (Lactuca sativa L.) exige manejo nutricional adequado para maximizar a produtividade e a qualidade foliar. Este estudo objetivou comparar o desenvolvimento biométrico e produtivo da alface crespa submetida a três manejos de adubação: mineral (NPK 4-14-8 e 10-10-10), orgânica (esterco bovino) e testemunha (sem fertilização). O experimento foi conduzido em Santa Mariana, PR, avaliando-se 18 plantas distribuídas em três canteiros individuais (seis plantas por tratamento). Aos 45 dias após o transplante, mensuraram-se a massa fresca da parte aérea, o número de folhas, o diâmetro de cabeça e a altura das plantas. Os valores médios de massa fresca foram de 222,83 g por planta na testemunha, 280,17 g na adubação orgânica e 373,00 g na adubação química. Descritivamente, o tratamento mineral apresentou as maiores médias, seguido pela adubação orgânica e pela testemunha. A adubação orgânica destacou-se pelo aumento na capacidade de retenção de água no solo, embora tenha exigido maior controle de plantas espontâneas. Contudo, devido às limitações do delineamento de canteiro único sem distribuição aleatória e sem análise química prévia do solo, não é possível isolar com segurança o efeito da adubação de possíveis variações locais entre os canteiros. Conclui-se que o adubo mineral proporcionou maior crescimento descritivo nas condições ensaiadas, ressaltando-se a necessidade de estudos futuros com blocos casualizados e repetições independentes para confirmação de tendências.

Palavras-chave: Lactuca sativa L. Adubação mineral. Esterco bovino. Nutrição vegetal. Olericultura.

ABSTRACT: Lettuce (Lactuca sativa L.) requires proper nutritional management to maximize yield and leaf quality. This study aimed to compare the biometric and yield development of looseleaf lettuce subjected to three fertilization managements: mineral (NPK 4-14-8 and 10-10-10), organic (cattle manure), and control (without fertilization). The experiment was conducted in Santa Mariana, Paraná, Brazil, evaluating 18 plants distributed across three individual beds (six plants per treatment). At 45 days after transplanting, shoot fresh weight, leaf number, head diameter, and plant height were measured. Mean shoot fresh weight values were 222.83 g per plant for the control, 280.17 g for organic fertilization, and 373.00 g for chemical fertilization. Descriptively, the mineral treatment showed the highest means, followed by organic fertilization and control. Organic fertilization stood out for enhancing soil water retention

[1] Graduando em Agronomia. Faculdade Cristo Rei (FACCREI), Cornélio Procópio, Paraná, Brasil.
[2] Orientadora. Mestre. Coordenadora de estágio da Faculdade Cristo Rei (FACCREI), Cornélio Procópio, Paraná, Brasil.

capacity, despite requiring greater control of weed species. However, due to the methodological limitations of a single-bed layout without random allocation or prior soil chemical analysis, it is not possible to safely isolate the fertilizer effect from local soil variations between beds. It is concluded that mineral fertilizer promoted greater descriptive growth under the tested conditions, highlighting the need for future studies with randomized block designs and independent replications to confirm trends.

Keywords: Lactuca sativa L. Mineral fertilization. Cattle manure. Plant nutrition. Olericulture.

RESUMEN: La lechuga (Lactuca sativa L.) requiere un manejo nutricional adecuado para maximizar el rendimiento y la calidad foliar. Este estudio tuvo como objetivo comparar el desarrollo biométrico y productivo de la lechuga crespa sometida a tres manejos de fertilización: mineral (NPK 4-14-8 y 10-10-10), orgánica (estiércol bovino) y control (sin fertilización). El experimento se llevó a cabo en Santa Mariana, Paraná, Brasil, evaluando 18 plantas distribuidas en tres eras individuales (seis plantas por tratamiento). A los 45 días después del trasplante, se midieron la masa fresca de la parte aérea, el número de hojas, el diámetro de la cabeza y la altura de las plantas. Los valores medios de masa fresca fueron de 222,83 g por planta en el control, 280,17 g en la fertilización orgánica y 373,00 g en la fertilización química. Descriptivamente, el tratamiento mineral presentó las mayores medias, seguido por la fertilización orgánica y el control. La fertilización orgánica se destacó por mejorar la capacidad de retención de agua en el suelo, aunque requirió un mayor control de malezas. Sin embargo, debido a las limitaciones metodológicas del diseño de era única sin asignación aleatoria ni análisis químico previo del suelo, no es posible aislar con seguridad el efecto del fertilizante de las variaciones locales entre las eras. Se concluye que el fertilizante mineral promovió un mayor crecimiento descriptivo en las condiciones ensayadas, destacándose la necesidad de estudios futuros con bloques al azar y repeticiones independientes para confirmar tendencias.

Palabras clave: Lactuca sativa L. Fertilización mineral. Estiércol bovino. Nutrición vegetal. Olericultura.

1 INTRODUÇÃO

A alface (*Lactuca sativa* L.) destaca-se como uma das hortaliças folhosas mais consumidas no mundo, apresentando expressiva importância econômica, alimentar e social (Filgueira, 2013; EMBRAPA, 2023). Por possuir um ciclo produtivo curto e alta exigência de nutrientes, o manejo adequado da adubação torna-se essencial para garantir o pleno desenvolvimento, o vigor e o rendimento comercial da cultura (Guarçoni; Favarato, 2022). No sistema produtivo tradicional, a adubação química é amplamente empregada devido à pronta disponibilidade dos nutrientes e à praticidade de aplicação (Trani; Tivelli, 2014); no entanto, a aplicação inadequada de fertilizantes minerais pode acarretar desequilíbrios nutricionais, elevar os custos de produção e provocar impactos ambientais (Guarçoni; Favarato, 2022). Em contrapartida, a adubação orgânica ganha relevância como alternativa sustentável por fornecer nutrientes e favorecer a

melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (Rodrigues; Casali, 1999; Guarçoni; Favarato, 2022).

A realização deste estudo justifica-se pela relevante participação da cultura da alface na agricultura familiar e no abastecimento do mercado de hortaliças (Filgueira, 2013). Na prática agrícola cotidiana, produtores ainda enfrentam incertezas e dúvidas quanto à eficiência comparativa entre as fontes minerais e orgânicas (Rodrigues; Casali, 1999). Dessa forma, fundamenta-se a necessidade de gerar dados práticos e técnico-científicos que auxiliem na escolha de estratégias de manejo nutricional mais econômicas e sustentáveis. Diante desse cenário, consolida-se o seguinte problema de pesquisa: quais são os efeitos da adubação química e da adubação orgânica sobre o desenvolvimento e a produtividade da cultura da alface crespa?

Para responder a este questionamento, conduziu-se um experimento com a cultura da alface crespa (*Lactuca sativa*), avaliando três tratamentos distintos: testemunha (sem aplicação de adubação), adubação química (NPK) e adubação orgânica (esterco bovino). O objetivo geral deste trabalho é comparar os efeitos da adubação orgânica e da adubação química no desenvolvimento e na produção da alface crespa, utilizando como parâmetros de avaliação o diâmetro das cabeças, o número de folhas e a massa fresca da parte aérea.

Especificamente, a pesquisa busca comparar o crescimento e o vigor das plantas de alface submetidas aos diferentes tipos de adubação, avaliar a influência dos tratamentos no número de folhas e no diâmetro da cabeça das plantas, analisar os efeitos das adubações sobre a massa fresca da parte aérea e a produtividade da cultura, e, por fim, identificar qual manejo de adubação apresenta o melhor desempenho agronômico para o cultivo da alface crespa.

2 ADUBAÇÃO QUÍMICA E ORGÂNICA

A alface (*Lactuca sativa L.*) destaca-se mundialmente e no cenário nacional como a hortaliça folhosa de maior consumo, relevância econômica e valor nutricional. De acordo com Filgueira (2013) e Embrapa (2023), o cultivo da alface desempenha um papel socioeconômico fundamental na olericultura, sendo predominantemente conduzido em propriedades agrícolas familiares e em cinturões verdes próximos aos grandes centros urbanos. Por se tratar de uma cultura com elevada perecibilidade e baixa resistência ao transporte a longas distâncias, sua produção local garante o abastecimento contínuo de alimentos frescos, ricos em vitaminas, minerais e fibras, com baixo teor calórico, atendendo a uma demanda crescente da população por hábitos alimentares saudáveis (Vidigal *et al.*, 1995; Villas Bôas *et al.*, 2004).

Do ponto de vista agronômico, a alface caracteriza-se por apresentar um ciclo produtivo relativamente curto, variando de 35 a 60 dias após o transplante, a depender da cultivar e das condições edafoclimáticas da região — e um sistema radicular predominantemente superficial (Guarçoni e Favarato, 2022). Segundo Filgueira (2013), essas particularidades fisiológicas exigem um planejamento rigoroso do manejo do solo e do suprimento hídrico e nutricional. A alta taxa de crescimento vegetativo acumulada em um curto intervalo de tempo faz com que a cultura seja extremamente sensível a estresses nutricionais e déficits de absorção de água, refletindo diretamente no vigor, no diâmetro da cabeça, no número de folhas e na massa fresca comercializável.

Além da relevância econômica direta no campo, a alface atua como um importante fator de fixação e geração de renda para o pequeno produtor rural (Villas Bôas *et al*., 2004; Oliveira *et al*., 2014). Por requerer mão de obra intensiva desde a fase de formação de mudas até a colheita e pós-colheita, a atividade contribui para a sustentabilidade social do meio rural. Todavia, a rentabilidade da lavoura depende diretamente do custo dos insumos agrícolas, em especial dos fertilizantes, o que instiga a busca por estratégias de adubação que promovam elevadas produtividades sem comprometer a viabilidade financeira e a conservação dos recursos naturais (Resende *et al*., 2007; Oliveira *et al*., 2014).

A nutrição mineral da alface é caracterizada por uma dinâmica de absorção altamente acelerada, concentrada na fase final do ciclo produtivo. Conforme destacado por Katayama (1993) e citado por Villas Bôas *et al*. (2004), a planta de alface absorve aproximadamente 80% do total de nitrogênio (N) acumulado ao longo de todo o seu ciclo nas últimas quatro semanas que antecedem a colheita. Essa demanda concentrada requer que o solo apresente prontidão e disponibilidade constante de nutrientes durante o período de expansão foliar intensa, evitando lapsos nutricionais que possam comprometê-la (Guarçoni e Favarato, 2022).

Entre os macronutrientes extraídos em maior quantidade pela cultura, sobressaem-se o potássio (K), o nitrogênio (N) e o cálcio (Ca), seguidos pelo fósforo (P) e magnésio (Mg) (Garcia et al., 1982; Malavolta, 2006). O nitrogênio desempenha papel estrutural básico na síntese de proteínas, aminoácidos e clorofila, atuando diretamente no ritmo de emissão foliar, na expansão do limbo e no acúmulo de biomassa fresca da parte aérea (Mantovani *et al*., 2005; Oliveira *et al*., 2014). A deficiência nitrogenada resulta em plantas amareladas, raquíticas e com redução drástica na produtividade. Por sua vez, o potássio atua no controle osmótico, na

regulação da abertura estomática e no turgor celular, sendo essencial para manter a firmeza e a resistência das folhas ao manuseio e transporte (Raij, 2011; Vidigal *et al.*, 1995).

O fósforo, embora requerido em quantidades absolutas menores quando comparado ao potássio e nitrogênio, é vital no início do desenvolvimento vegetativo da alface, estimulando a divisão celular e o enraizamento inicial das mudas (Raij, 2011; Oliveira *et al.*, 2014). Segundo ressaltado por Garcia *et al.* (1982) e Vidigal *et al.* (1995), o suprimento adequado de cálcio e magnésio também se mostra imprescindível: o cálcio atua na integridade das paredes celulares e na prevenção de desordens fisiológicas como o "*tipburn*" (queima das bordas foliares), enquanto o magnésio constitui o átomo central da molécula de clorofila, influenciando diretamente a taxa fotossintética e a intensidade da coloração verde das folhas.

A adubação mineral ou química fundamenta-se na aplicação de sais solúveis de alta concentração nutricional, como a formulação NPK (nitrogênio, fósforo e potássio), uréia, nitrato de amônio e superpostos (Trani e Tivelli, 2014). A principal vantagem do uso de adubos minerais reside na pronta disponibilidade dos íons (NO_3^-, NH_4^+, $H_2PO_4^-$, K^+) para absorção imediata pelo sistema radicular das plantas, o que permite respostas fisiológicas rápidas e correções nutricionais tempestivas em cultivos de ciclo curto como o da alface (Guarçoni e Favarato, 2022).

Entretanto, a dependência exclusiva da adubação mineral apresenta limitações e riscos agronômicos e ambientais significativos. Segundo alertam Guarçoni e Favarato (2022) e Figueiredo e Tanamati (2010), o uso continuado e sem critério técnico de fertilizantes sintéticos de alta solubilidade pode ocasionar a salinização do solo, desequilíbrios catiônicos na capacidade de troca de cátions (CTC) e a lixiviação de nitratos para o lençol freático. A contaminação hídrica por nitrato e a consequente eutrofização de corpos de água representam passivos ambientais sérios associados à olericultura intensiva.

Sob a perspectiva fisiológica e de qualidade do alimento, aplicações excessivas de nitrogênio mineral podem resultar no acúmulo indesejável de nitrato (NO_3^-) nos tecidos foliares da alface (Mantovani et al., 2005; Silva et al., 2011). O nitrato acumulado em excesso nas folhas representa um risco à saúde humana devido ao seu potencial conversão em nitrito e nitrosaminas no trato digestivo. Ademais, os fertilizantes minerais não aportam matéria orgânica ao solo, promovendo, a longo prazo, a degradação da estrutura física, a diminuição da retenção de água e o declínio da atividade microbiológica benéfica na rizosfera (Allison, 1973; Oliveira et al., 2014).

A adubação orgânica consiste na incorporação ao solo de resíduos de origem animal ou vegetal, como esterco bovino curtido, esterco de aves, compostos orgânicos artesanais e comerciais, e biofertilizantes, atuando como condicionadores do solo e fontes de nutrientes de liberação gradual (Kiehl, 1985; Rodrigues e Casali, 1999). Conforme salientam Villas Bôas *et al.* (2004) e Oliveira *et al.* (2014), a adição de matéria orgânica desempenha um papel multifuncional, melhorando simultaneamente os atributos físicos, químicos e biológicos do solo, especialmente em regiões de clima tropical onde a oxidação do carbono orgânico é acelerada.

No âmbito físico, a matéria orgânica favorece a agregação das partículas do solo, reduz a densidade aparente, incrementa a porosidade e aumenta significativamente a capacidade de retenção de água e a aeração (Allison, 1973; Vidigal, Ribeiro e Casali, 1995). No âmbito químico, a decomposição da matéria orgânica libera ácidos fúlvicos e húmicos que aumentam as cargas negativas do solo, elevando a Capacidade de Troca de Cátions (CTC), a Soma de Bases (S) e a Saturação por Bases (V%), além de tamponar o pH e complexar alumínio tóxico (Al3+) (Oliveira *et al.*, 2014; Raij, 2011). No âmbito biológico, fornece substrato energético para a microbiota heterotrófica, estimulando a biodiversidade e a supressividade a fitopatógenos (Silva et al., 2006; Souza, 2004).

Diferentemente dos adubos minerais solúveis, os nutrientes contidos na adubação orgânica encontram-se em formas complexas e necessitam passar pelos processos biológicos de decomposição e mineralização promovidos pelos microrganismos para se tornarem disponíveis às plantas (Kiehl, 1985; Rodrigues e Casali, 1999). A velocidade dessa liberação depende diretamente da relação carbono/nitrogênio (C/N) do material utilizado. Materiais com relação C/N alta (acima de 30:1), como serragem e casca de madeira não compostadas, provocam a imobilização temporária do nitrogênio pelos microrganismos, induzindo deficiência nas plantas; por outro lado, materiais compostados com baixa relação C/N (inferior a 18:1 ou 10:1), como a palhada de feijão ou esterco bovino curtido, disponibilizam nutrientes com maior rapidez e eficiência durante o ciclo da cultura (Villas Bôas *et al.*, 2004; Kiehl, 1998).

Pesquisas científicas dedicadas a comparar os efeitos isolados e combinados da adubação química e orgânica revelam respostas agronômicas distintas na cultura da alface. Em estudo pioneiro, Rodrigues e Casali (1999) constataram que a produção de massa fresca da parte aérea e o acúmulo de nutrientes na alface são significativamente influenciados tanto pelas fontes quanto pelas doses de adubo aplicadas. Os autores observaram a existência de efeitos sinérgicos

e de interação entre a adubação mineral e orgânica, ressaltando, contudo, que doses excessivas de adubos de qualquer origem podem ocasionar estresse salino e reduções na produtividade.

Ao avaliarem o efeito de diferentes compostos orgânicos na produção de alface sob ambiente protegido, Villas Bôas et al. (2004) demonstraram que o composto derivado de palhada de feijão + esterco de aves proporcionou incrementos significativos na biomassa fresca (atingindo até 241 g/planta no Latossolo) e no acúmulo de N, K, Ca, Mg, B, Fe e Zn, superando a testemunha e os compostos à base de eucalipto ou serragem. O estudo evidenciou ainda que as plantas bem nutridas com composto de menor relação C/N mantiveram maiores índices de clorofila (unidades SPAD), refletindo maior vigor e qualidade visual das folhas.

Em investigação conduzida por Oliveira *et al*. (2014) sobre as alterações químicas do solo e biomassa da alface, verificou-se que a adição de compostos orgânicos elevou linearmente o teor de matéria orgânica no solo (alcançando até 23,05 g dm-3) e promoveu incrementos significativos nos teores de fósforo disponível (P Mehlich-1), cálcio, potássio e na saturação por bases (V%). Os autores observaram ajuste quadrático na produção de matéria seca da parte aérea, obtendo o rendimento máximo de 4,82 g/planta na dose equivalente a 111 kg ha-1 de N. Adicionalmente, compostos orgânicos bem estabilizados reduziram a acidez potencial (H+ + Al3+) e elevaram o pH do solo a níveis ideais para a cultura (6,0 a 7,0), comprovando sua eficácia na melhoria do ambiente radicular.

Complementarmente, Vidigal, Ribeiro e Casali (1995) avaliaram o efeito residual da adubação orgânica em cultivos sucessivos de alface e observaram aumentos lineares no peso médio da matéria fresca, matéria seca e diâmetro da cabeça com o incremento das doses de composto. Os autores concluíram que, embora a liberação de nitrogênio e magnésio possa ser mais lenta, o efeito residual positivo da adubação orgânica garante o fornecimento sustentado de fósforo e potássio, mantendo o solo produtivo por múltiplos ciclos agrícolas.

Além do aporte nutricional direto, a escolha do manejo de adubação exerce influência direta sobre a sanidade vegetal e a suscetibilidade da alface a doenças e pragas de solo. A cultura da alface é altamente vulnerável ao ataque de *fitonematoides* de galhas, especialmente as espécies *Meloidogyne incognita* e *Meloidogyne javanica*, que provocam deformações radiculares, redução da absorção de água e nutrientes e perdas drásticas de produtividade (Netscher e Sikora, 1990; Silva *et al*., 2006).

Em experimento de campo conduzido sob cultivo protegido, Silva et al. (2006) demonstraram que a adubação orgânica (esterco bovino), isolada ou associada à adubação

mineral (NPK) e a práticas de solarização do solo, atuou eficazmente na supressão da população de *Meloidogyne spp*. Os autores verificaram redução drástica no número de galhas e no número de massas de ovos nas raízes de alface cultivar Verônica nos tratamentos com incorporação orgânica. Esse efeito supressivo foi atribuído à liberação de compostos voláteis e ácidos orgânicos tóxicos durante a decomposição e ao estímulo à proliferação de microrganismos antagonistas e nematófagos na rizosfera (Rodríguez-Kábana, 1986; Souza, 2004).

Nesse sentido, a integração entre a adubação química (para pronto suprimento de macronutrientes) e a adubação orgânica (para melhoria estrutural e sanidade do solo) emerge como um modelo equilibrado para o cultivo sustentável da alface. Essa abordagem integrada não apenas otimiza o rendimento agronômico e a qualidade nutricional da hortaliça, mas também reduz a dependência de defensivos agrícolas sintéticos, consolida a conservação do solo e proporciona maior rentabilidade e segurança para os produtores rurais (Resende *et al*., 2007; Silva *et al*., 2006; Oliveira *et al*., 2014).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em condições de campo aberto em uma área rural localizada no município de Santa Mariana, Paraná, sob clima subtropical úmido com temperatura média anual compreendida entre 20 °C e 24 °C. Utilizou-se a cultura da alface crespa (*Lactuca sativa* L.), disposta em três canteiros com dimensões de 2,0 m de comprimento por 1,10 m de largura, perfazendo uma área de 2,20 m² por canteiro, contendo seis plantas cada, o que totalizou uma população de 18 plantas no experimento. Os tratamentos avaliados consistiram em três manejos: testemunha (sem aplicação de adubação, alocada no canteiro localizado à direita), adubação química (no canteiro à esquerda) e adubação orgânica (no canteiro central), sem a realização de randomização entre as parcelas.

Ressalta-se que o presente estudo possui caráter exploratório e preliminar, apresentando limitações metodológicas decorrentes da alocação dos tratamentos em canteiros individuais sem delineamento em blocos casualizados e sem repetição de parcelas no espaço (ausência de randomização). Por essa razão, as seis plantas avaliadas em cada canteiro são caracterizadas estatisticamente como amostragem/pseudorrepetições dentro da mesma unidade experimental, estando sujeitas a potenciais efeitos de posição, heterogeneidade do solo e microclima local. Para investigações futuras de maior precisão e inferência genérica, recomenda-se a adoção de

delineamentos inteiramente casualizados (DIC) ou em blocos casualizados (DBC) com parcelas replicadas e aleatorizadas

O solo da área experimental apresentou coloração vermelha e não passou por análise química prévia antes da implantação, sendo preparado por meio de aração manual e subsequente confecção dos canteiros. Para a adubação orgânica, incorporou-se ao solo esterco bovino curtido na dosagem de aproximadamente 6 kg m^{-2}. Já na adubação química, aplicou-se fertilizante mineral de fundação com a formulação NPK 4-14-8 na quantidade de 220 g m^{-2}, além de uma adubação de cobertura aos 15 dias após o transplante utilizando a formulação NPK 10-10-10 na dosagem de 10 g por planta. Após a incorporação dos adubos, a área permaneceu em repouso por três dias antes do transplante das mudas.

As mudas de alface crespam foram produzidas em bandejas de polietileno e transplantadas no dia 5 de agosto, adotando-se o espaçamento de 30 cm × 30 cm entre plantas. Os tratos culturais abrangeram o controle manual de plantas daninhas sempre que necessário e a irrigação diária com regador manual, aplicando-se um volume aproximado de 7 litros de água por canteiro ao dia. A colheita foi realizada no dia 19 de setembro, totalizando um ciclo de 45 dias após o transplante. Por ocasião da colheita, todas as 18 plantas do experimento foram avaliadas individualmente quanto ao número de folhas por planta, diâmetro da cabeça em centímetros, massa fresca da parte aérea em gramas, produtividade e vigor expressos em kg m^{-2}.

Os dados quantitativos obtidos foram organizados e submetidos à Análise de Variância (ANOVA, teste F) ao nível de 5% de significância ($\alpha = 0,05$). Quando identificado efeito significativo dos tratamentos, procedeu-se à comparação múltipla de médias pelo Teste de *Tukey* ao nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta a totalidade dos dados brutos coletados individualmente para cada uma das 6 plantas por tratamento na colheita (19 de setembro), juntamente com os valores médios e desvios padrões calculados para a massa fresca da parte aérea, número de folhas e diâmetro de cabeça.

Tabela 1 – Valores individuais obtidos para diâmetro de cabeça, altura, número de folhas e massa fresca na colheita (19/09)

Tratamento	Planta	Diâmetro Cabeça (cm)	Altura (cm)	N.º de Folhas	Massa Fresca (g)
Testemunha (T1)	P1	33	23	20	271
	P2	33	23	19	295
	P3	35	23	16	189
	P4	40	23	19	76
	P5	27	23	10	252
	P6	37	23	19	254
Orgânica (T2)	P1	41	20	23	223
	P2	38	20	16	211
	P3	32	20	19	310
	P4	38	20	25	331
	P5	37	20	23	322
	P6	38	20	22	284
Química (T3)	P1	44	25	26	276
	P2	42	25	21	463
	P3	45	25	31	282
	P4	38	25	24	390
	P5	39	25	23	483
	P6	41	25	32	344

Fonte: Autoria própria (2026).

Em atenção às recomendações de revisão científica, ressalta-se que a ausência de diferença estatística detectada entre a adubação química e orgânica ($p > 0,05$) não deve ser interpretada como prova absoluta de equivalência biológica perfeita entre os adubos. Como salientam Villas Bôas *et al.* (2004) e Rodrigues e Casali (1999), a variação amostral interna e o tamanho do estande experimental em estudos com hortaliças podem influenciar a sensibilidade dos testes estatísticos. Todavia, sob a perspectiva agronômica comercial, os resultados indicam que a adubação orgânica com esterco bovino foi capaz de sustentar o crescimento vegetal em níveis muito próximos aos da fertilização mineral sintética, entregando alfaces de alto padrão de mercado.

Observa-se na Tabela 1 a amplitude de resposta agronômica. Na massa fresca, o tratamento testemunha variou de 76 g a 295 g (média 222,83 g ± 80,07 g), a adubação orgânica

variou de 211 g a 331 g (média 280,17 g ± 51,56 g), enquanto a adubação química alcançou os maiores valores individuais, variando de 276 g a 483 g (média 373,00 g ± 88,34 g).

A conversão da massa fresca média por planta para produtividade por metro quadrado (kg m^{-2}) exige considerar rigorosamente a área útil e a densidade de plantio. No canteiro experimental de 2,20 kg m^{-2} contendo 6 plantas, a densidade real observada foi de 2,73 plantas m^{-2} resultando em produtividades reais colhidas de 0,608 kg m^{-2} na testemunha, 0,764 kg m^{-2} na adubação orgânica e 1,017 kg m^{-2}) na adubação química. Em termos de extrapolamento para um estande comercial completo em campo aberto, adotando-se o espaçamento recomendado de 0,30 m 0,30m, a produtividade estimada atinge 2,48kg m^{-2}) no cultivo sem fertilização, 3,11 kg m^{-2}) no cultivo orgânico e 4,14kg m^{-2} no cultivo químico.

O acompanhamento semanal do diâmetro das cabeças nas datas de 09/09, 16/09 e 19/09 permitiu analisar a dinâmica de expansão foliar das plantas ao longo do terço final do ciclo produtivo, conforme apresentado na Tabela 2 e na Figura 1.

A altura média das plantas registrou 25,0 cm na adubação química, 23,0 cm na testemunha e 20,0 cm na adubação orgânica. Na olericultura de folhosas crespas, a altura da planta isoladamente possui menor valor comercial quando comparada ao diâmetro de cabeça e à massa fresca. No tratamento químico, a maior altura refletiu o pronunciado alongamento foliar impulsionado pelo aporte imediato de nitrogênio solúvel, que estimula o crescimento vertical (Garcia *et al.*, 1982; Malavolta, 2006). Por outro lado, a menor altura observada no tratamento orgânico (20,0 cm), associada ao elevado diâmetro (37,33 cm) e número de folhas (21,33), expressa uma arquitetura vegetal mais compacta. Essa conformação compacta é agronomicamente desejável, pois confere maior resistência foliar ao manuseio, transporte e empacotamento comercial, evitando a quebra de folhas basais.

Tabela 2 – Evolução do diâmetro médio da cabeça (cm) da alface crespa nas três últimas semanas que antecederam a colheita

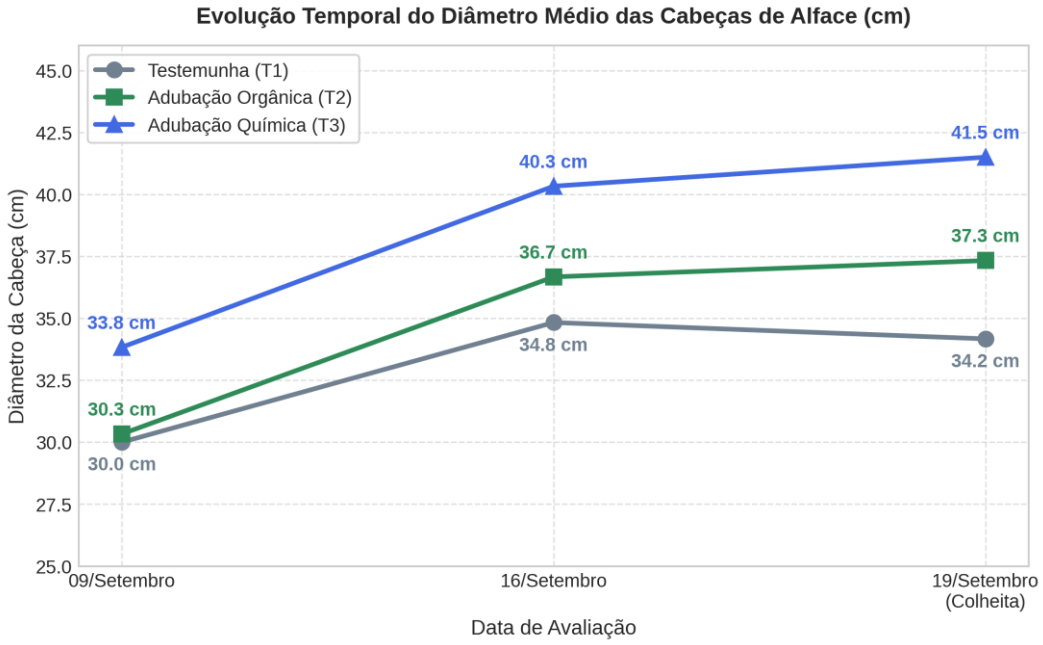
Tratamento	09/Setembro (cm)	16/Setembro (cm)	19/Setembro (Colheita) (cm)
T1 – Testemunha	30,00 ± 3,95	34,83 ± 4,02	34,17 ± 4,40
T2 – Adubação Orgânica	30,33 ± 3,27	36,67 ± 1,86	37,33 ± 2,94
T3 – Adubação Química	33,83 ± 3,76	40,33 ± 2,50	41,50 ± 2,74

Fonte: Autoria própria (2026).

Os valores médios de massa fresca da parte aérea foram de 222,83 g por planta na testemunha, 280,17 g na adubação orgânica e 373,00 g na adubação química. Descritivamente, o

tratamento com fertilizante mineral apresentou a maior média, seguido pelo tratamento com esterco bovino e pela testemunha. Esse resultado pode estar relacionado às diferenças na disponibilidade de nutrientes entre as fontes utilizadas. Enquanto os fertilizantes minerais podem disponibilizar nutrientes em formas prontamente absorvíveis, o fornecimento de nutrientes pelo esterco depende, entre outros fatores, de sua composição e do processo de mineralização. Entretanto, a interpretação deve considerar que cada tratamento foi conduzido em um único canteiro, sem distribuição aleatória e sem análise química prévia do solo. Assim, não é possível separar com segurança o efeito da adubação de possíveis diferenças entre os canteiros. Estudos com delineamento experimental e repetição adequada são necessários para confirmar essa tendência.

Figura 1 – Curvas de crescimento do diâmetro médio de cabeça ao longo do tempo para os tratamentos químico, orgânico e testemunha



Fonte: Autoria própria (2026).

Como demonstrado na Figura 1, a adubação química manteve uma trajetória ascendente e superior em todas as datas de avaliação, crescendo de 33,83 cm em 09/09 para 41,50 cm na colheita. A rápida disponibilização de nitrogênio mineral favorece a divisão celular e o alongamento dos tecidos foliares. O tratamento orgânico apresentou um crescimento constante e uniforme, atingindo 37,33 cm na colheita, impulsionado pela liberação gradual de nutrientes via mineralização do esterco bovino. A testemunha estabilizou seu crescimento entre 16/09

(34,83 cm) e 19/09 (34,17 cm), registrando leve senescência e perda de turgor de folhas basais devido ao esgotamento de reservas do solo.

Durante o período experimental, foram registradas observações práticas e imagens do desenvolvimento vegetativo das parcelas que auxiliam na compreensão dos resultados agronômicos.

1. Retenção de Água e Umidade no Solo: Constatou-se no canteiro orgânico que a incorporação do esterco bovino aumentou a capacidade de retenção de água (CRA) do solo, mantendo a umidade por mais tempo. Esse comportamento fundamenta-se nos achados de Allison (1973) e Vidigal, Ribeiro e Casali (1995), que explicam que a matéria orgânica melhora a estrutura do solo, forma agregados e reduz as perdas por evaporação.

2. Emergência de Plantas Daninhas: Observou-se maior infestação de plantas espontâneas no canteiro orgânico. O esterco bovino atua frequentemente como vetor de sementes de plantas invasoras (Kiehl, 1985; Resende *et al*., 2007), demandando capinas manuais mais frequentes.

3. Diagnóstico Visual da Colheita (19/09): A análise das fotografias do dia da colheita evidencia no canteiro químico verde intenso e fechamento foliar lateral. No canteiro orgânico, destaca-se a formação de cabeças compactas e vigorosas. No canteiro testemunha, nota-se fissuramento do solo por ressecamento e heterogeneidade de plantas (com indivíduo de apenas 76g), refletindo a carência nutricional relatada por Filgueira (2013).

Figura 2 – Mudas de alface protegidas com sacolinhas plásticas em 16 de agosto para controle do ataque de pardais



Fonte: Autoria própria (2026).

As Figuras 3 e 4 documentam comparativamente o aspecto visual dos canteiros na fase intermediária do ciclo (16 de setembro) e no dia da colheita (19 de setembro).

Figura 3 – Desenvolvimento foliar da alface sob adubação química em 16 de setembro



Fonte: Autores (2026).

Figura 4 – Plantas de alface crespa no dia da colheita (19 de setembro), evidenciando a formação da cabeça e o vigor foliar sob adubação química



Fonte: Autoria própria (2026).

Figura 5 – Plantas de alface crespa no dia da colheita (19 de setembro), evidenciando a formação da cabeça e o vigor foliar sob adubação orgânica



Fonte: Autoria própria (2026).

Figura 6 – Plantas de alface crespa da testemunha no dia da colheita (19 de setembro)



Fonte: Autoria própria (2026).

Em suma, a análise conjunta dos parâmetros biométricos (Tabelas 1 e 2) e dos registros fotográficos no momento da colheita (Figuras 4 a 6) evidencia a nítida distinção no padrão de crescimento e desenvolvimento vegetativo da alface crespa em resposta aos diferentes manejos

nutricionais. Contudo, reforça-se que tais constatações devem ser interpretadas sob a luz das limitações metodológicas do ensaio (ausência de repetições independentes e de casualização dos canteiros), ressaltando a necessidade de validação dos resultados em trabalhos futuros.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nas condições específicas em que este ensaio foi conduzido, a adubação química (NPK) apresentou as maiores médias descritivas para a massa fresca da parte aérea, o número de folhas e o diâmetro de cabeça da alface crespa (*Lactuca sativa* L.). A adubação orgânica com esterco bovino obteve desempenho intermediário, superando o tratamento testemunha sem adubação em todas as variáveis biométricas avaliadas, porém mantendo-se numericamente inferior ao tratamento mineral.

Esses resultados respondem diretamente ao objetivo do trabalho, demonstrando que, no ambiente e manejo avaliados, a pronta disponibilidade dos nutrientes minerais sintéticos promoveu um acúmulo de biomassa e expansão foliar mais acelerados ao longo do ciclo de 45 dias. Por sua vez, a adubação orgânica desempenhou papel relevante ao melhorar a retenção de água no solo e proporcionar o desenvolvimento de plantas com padrão comercial satisfatório.

Ressalta-se que a ausência de repetições independentes no espaço e de casualização no delineamento experimental constitui uma limitação metodológica determinante, que impede a generalização desses achados para outras condições de cultivo, tipos de solo ou climas. Portanto, os resultados observados aplicam-se estritamente às condições específicas deste experimento, recomendando-se a realização de estudos futuros com delineamentos em blocos casualizados e parcelas replicadas para a validação generalizável da eficiência comparativa entre as fontes de adubação.

REFERÊNCIAS

ALLISON, F. E. **Soil organic matter and its role in crop production**. London: Elsevier Scientific Publishing Co., 1973. 637 p.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **A cultura da alface.** 3. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2023.

FILGUEIRA, F. A. R. Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 3. ed. Viçosa, MG: **Editora UFV,** 2013.

FIGUEIREDO, P. G.; TANAMATI, F. Y. Adubação orgânica e contaminação ambiental. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 5, n. 3, p. 1-4, 2010.

GARCIA, L. L. C.; HAAG, H. P.; MINAMI, K.; DECHEN, A. R. Nutrição mineral de hortaliças. XLIX. Concentração e acúmulo de macronutrientes em alface (*Lactuca sativa* L.) cv. Brasil 48 e Clause's Aurélia. **Anais da ESALQ,** Piracicaba, v. 39, p. 455-484, 1982.

KATAYAMA, M. Nutrição e adubação de alface, chicória e almeirão. *In*: FERREIRA, M. E.; CASTELLANE, P. D.; CRUZ, M. C. P. (ed.). **Nutrição e Adubação de Hortaliças**. Piracicaba: POTAFOS, 1993. p. 141-148.

KIEHL, E. J. **Fertilizantes orgânicos**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1985.

KIEHL, E. J. **Manual de compostagem: maturação e qualidade do composto**. Piracicaba: Ed. do Autor, 1998. 171 p.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006.

MANTOVANI, J. R.; FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P. Produção de alface e acúmulo de nitrato em função da adubação nitrogenada. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 3, p. 758-762, 2005.

NETSCHER, C.; SIKORA, R. A. Nematodes parasite of vegetables. *In*: LUC, M.; SIKORA, R. A.; BRIDGE, J. (ed.). **Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture**. Wallingford: CAB International, 1990. p. 237-283.

OLIVEIRA, N. G.; SILVA, M. A.; SANTOS, J. R. **Produtividade e qualidade de alface americana em função de doses de esterco bovino e adubação mineral**. Horticultura Brasileira, Brasília, v. 32, n. 3, p. 320-327, 2014.

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2011. 420 p.

RESENDE, F. V.; SAMINÊZ, T. C. O.; VIDAL, M. C.; SOUZA, R. B.; CLEMENTE, F. M. V. **Cultivo de alface em sistema orgânico de produção**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2007.

RODRÍGUEZ-KÁBANA, R. Organic and inorganic nitrogen amendments to soil as nematode suppressants. **Journal of Nematology**, v. 18, n. 2, p. 129-135, 1986.

SILVA, E. M. N. C. P.; FERREIRA, R. L. F.; ARAÚJO NETO, S. E.; TAVELLA, L. B.; SOLINO, A. J. S. Qualidade de alface crespa cultivada em sistema orgânico, convencional e hidropônico. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 2, p. 242-245, 2011.

SILVA, M. G.; SHARMA, R. D.; JUNQUEIRA, A. M. R.; OLIVEIRA, C. M. Efeito da solarização, adubação química e orgânica no controle de nematóides em alface sob cultivo protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 24, n. 4, p. 489-494, 2006.

SOUZA, N. L. Interação entre solarização e incorporação prévia de matéria orgânica no solo. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 30, n. 1, p. 142-143, 2004.

VIDIGAL, S. M.; RIBEIRO, A. C.; CASALI, V. W. D.; FONTES, L. E. F. Resposta da alface (*Lactuca sativa* L.) ao efeito residual da adubação orgânica. I - Ensaio de campo. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 42, n. 239, p. 80-88, 1995.

VILLAS BÔAS, R. L.; PASSOS, J. C.; FERNANDES, D. M.; BÜLL, L. T.; CEZAR, V. R. S.; GOTO, R. Efeito de doses e tipos de compostos orgânicos na produção de alface em dois solos sob ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 1, p. 28-34, 2004.