

GUILHERME FONSECA ACHERMAN DA SILVA

JOÃO VITOR RIBEIRO PESSIN

NUTRIÇÃO MINERAL E PRODUÇÃO DE RÚCULA: O PAPEL DO NITROGÊNIO,
FÓSFORO E POTÁSSIO

Ji-Paraná
2024

GUILHERME FONSECA ACHERMAN DA SILVA

JOÃO VITOR RIBEIRO PESSIN

NUTRIÇÃO MINERAL E PRODUÇÃO DE RÚCULA: O PAPEL DO NITROGÊNIO,
FÓSFORO E POTÁSSIO

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Centro Universitário
São Lucas Ji-Paraná para obtenção de
grau na disciplina Trabalho de
Conclusão de Curso em Agronomia.
Prof. Orientador: Alisson Nunes da Silva

Ji-Paraná
2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação - CIP

S586n Silva, Guilherme Fonseca Acherman da.

Nutrição mineral e produção de rúcula: o papel do nitrogênio, fósforo e potássio. / Guilherme Fonseca Acherman da Silva; João Vitor Ribeiro Pessin. – Ji-Paraná, 2024.
36 p.; il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Centro Universitário São Lucas Ji-Paraná, 2024.

Orientador: Prof. Me. Alisson Nunes da Silva

1. Rúcula. 2. Nutrição mineral. 3. Nitrogênio. 4. Fósforo. 5. Potássio. 6. Fertilizantes orgânicos. 7. Biofertilizantes. 8. Sustentabilidade agrícola. I. Pessin, João Vitor Ribeiro. II. Silva, Alisson Nunes da. III. Título.

CDU 582.683.2

Resumo

A rúcula (*Eruca sativa* Mill.) é uma hortaliça amplamente cultivada no Brasil, reconhecida por seu alto valor nutricional, curto ciclo de cultivo e adaptabilidade às diferentes condições edafoclimáticas. Este estudo apresenta uma revisão bibliográfica sobre o impacto do manejo dos macronutrientes nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) no crescimento, produtividade e qualidade nutricional da rúcula, além de destacar práticas agrícolas sustentáveis que promovam maior eficiência no uso de fertilizantes. O equilíbrio no manejo de NPK melhora não apenas a produtividade da rúcula, mas também sua qualidade nutricional e sensorial, incrementando a concentração de compostos bioativos, como antioxidantes e glucosinolatos, reconhecidos por seus benefícios à saúde. Entretanto, o uso inadequado de fertilizantes pode levar a desequilíbrios nutricionais, impactos ambientais, como a lixiviação de nitratos e eutrofização de corpos hídricos, além de prejuízos na qualidade das folhas.

Concluiu-se que o manejo otimizado dos macronutrientes NPK, aliado a práticas agrícolas sustentáveis, é essencial para atender às demandas do mercado por alimentos saudáveis e de alta qualidade, promovendo simultaneamente a redução de custos e a sustentabilidade ambiental. O uso de fertilizantes organominerais e biofertilizantes representa uma estratégia viável para aliar produtividade e sustentabilidade na produção de rúcula.

Palavras-chave: Rúcula, nutrição mineral, nitrogênio, fósforo, potássio, fertilizantes orgânicos, biofertilizantes, sustentabilidade agrícola.

Abstract

Rocket (*Eruca sativa* Mill.) is a vegetable widely cultivated in Brazil, recognized for its high nutritional value, short cultivation cycle and adaptability to different edaphoclimatic conditions. This study presents a literature review on the impact of the management of the macronutrients nitrogen (N), phosphorus (P) and potassium (K) on the growth, productivity and nutritional quality of arugula, in addition to highlighting sustainable agricultural practices that promote greater efficiency in the use of fertilizers.

The balance in NPK management improves not only the productivity of arugula, but also its nutritional and sensory quality, increasing the concentration of bioactive compounds, such as antioxidants and glucosinolates, recognized for their health benefits. However, the inappropriate use of fertilizers can lead to nutritional imbalances, environmental impacts, such as nitrate leaching and eutrophication of water bodies, in addition to losses in the quality of leaves.

It was concluded that the optimized management of NPK macronutrients, combined with sustainable agricultural practices, is essential to meet market demands for healthy and high-quality food, while promoting cost reduction and environmental sustainability. The use of organomineral fertilizers and biofertilizers represents a viable strategy to combine productivity and sustainability in arugula production.

Keywords: Rocket, mineral nutrition, nitrogen, phosphorus, potassium, organic fertilizers, biofertilizers, agricultural sustainability.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	7
2 OBJETIVOS GERAIS	9
2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	9
3 MATERIAL E MÉTODOS	10
4 DESENVOLVIMENTO	11
4.1 Influência dos Macronutrientes no Metabolismo da Rúcula	20
4.2 Efeitos do Manejo de NPK na Produtividade da Cultura	22
4.3 Qualidade Nutricional e Sensorial das Folhas de Rúcula	23
4.4 Sustentabilidade no Uso de Fertilizantes	25
4.5 Comparação Entre Fontes de NPK	27
4.6 Propostas de Manejo Otimizado de NPK	29
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	31
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	32

• 1 INTRODUÇÃO

A produção de hortaliças no Brasil tem registrado crescimento constante nas últimas décadas, atribuído principalmente à modernização das práticas agrícolas e à gestão mais eficiente de solos e nutrientes. Entre os anos 2000 e 2020, o setor de hortaliças expandiu em 31%, apesar de a área cultivada ter se mantido estável, em torno de 800 mil hectares Beling et al.,(2013). A demanda por hortaliças frescas e de alta qualidade segue em alta, impulsionada pelo aumento do consumo de alimentos saudáveis, o que estimula a adoção de novas tecnologias agrícolas voltadas para a melhoria da eficiência produtiva (ABH, 2023).

Entre as hortaliças folhosas mais consumidas, a rúcula (*Eruca sativa* Mill.), pertencente à família Brassicaceae, destaca-se por sua rápida adaptação a diferentes condições edafoclimáticas e pelo ciclo curto de cultivo, que varia entre 30 e 45 dias Fernandes, (2011). Essa hortaliça é amplamente apreciada não apenas por seu sabor picante, mas também por suas propriedades nutricionais, sendo rica em vitaminas A, C, K, além de minerais como ferro, cálcio, magnésio, fósforo e potássio Trani & Passos, (2015). Esses atributos tornam a rúcula um alimento funcional e de grande viabilidade econômica, especialmente em sistemas agrícolas de pequena e média escala (Pignone, 1997; Embrapa, 2020).

O sucesso na produção da rúcula, como de outras hortaliças, está intimamente ligado ao manejo adequado da nutrição mineral, especialmente dos macronutrientes nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K). O nitrogênio é essencial para o crescimento vegetativo, sendo um componente básico de proteínas e clorofila, enquanto o fósforo atua diretamente nos processos de transferência de energia e desenvolvimento radicular, e o potássio desempenha papel fundamental na regulação osmótica e na ativação de enzimas essenciais Hawkesford et al.,(2012); Kano et al., (2010). Esses nutrientes são, portanto, cruciais para o crescimento e a produtividade da rúcula.

No entanto, os solos brasileiros, em sua maioria, apresentam deficiências significativas nesses macronutrientes. A baixa disponibilidade de fósforo, por exemplo, é um dos grandes desafios para a agricultura nacional, devido à forte adsorção desse nutriente pelos minerais do solo IPNI, (1998). Já o nitrogênio, apesar de ser abundante na atmosfera, exige processos de mineralização e aplicação de fertilizantes para se tornar disponível às plantas Urquiaga et al., (2000). O potássio, por sua vez, é

frequentemente limitado em solos tropicais e necessita de reposição contínua para atender à demanda das culturas (Kano et al., 2010).

Estudos recentes destacam que a combinação equilibrada de fertilizantes químicos e orgânicos pode melhorar a eficiência no uso de nutrientes, além de reduzir impactos ambientais. Os biofertilizantes, derivados da biodigestão de resíduos orgânicos, são uma alternativa sustentável que oferece nutrientes essenciais como N, P e K, enquanto auxilia no manejo de resíduos agrícolas Caron et al., (2009). Na suinocultura, por exemplo, o manejo adequado de dejetos pode gerar biofertilizantes ricos em macronutrientes, contribuindo para a fertilização do solo e minimizando os riscos de poluição ambiental (Kunz et al., 2006).

A utilização de biofertilizantes em pó, como aqueles produzidos a partir de dejetos suínos, tem mostrado resultados promissores no cultivo de rúcula, promovendo maior eficiência no uso de nutrientes e melhorando as características agrônômicas da cultura Souza et al., (2022). Esses fertilizantes podem ser enriquecidos com aditivos minerais, formando produtos organominerais que combinam os benefícios da fertilização orgânica com a eficiência dos nutrientes minerais Ulsenheimer et al., (2016). Essa prática sustentável não apenas contribui para o aumento da produtividade, mas também reduz os custos de produção, sendo especialmente relevante em um cenário de alta dependência de fertilizantes importados (ANDA, 2019).

O uso eficiente de fertilizantes, contudo, requer um manejo técnico cuidadoso para evitar tanto a deficiência quanto o excesso de nutrientes, que podem comprometer a produtividade e a qualidade das hortaliças. No caso do nitrogênio, a aplicação inadequada pode levar à lixiviação de nitratos, enquanto o excesso de fósforo pode causar eutrofização de corpos hídricos Silva et al., (2017); Cordell et al., (2009). Por isso, é fundamental adaptar as práticas de adubação às necessidades específicas da rúcula, considerando as condições do solo e os avanços tecnológicos disponíveis (Cavallaro Júnior, 2006).

Além de influenciar diretamente o crescimento e a produtividade, o manejo nutricional afeta as características qualitativas da rúcula, como sabor, textura e valor nutricional Grangeiro et al., (2011). Estudos demonstram que o equilíbrio adequado de N, P e K melhora a formação de biomassa e aumenta a concentração de

compostos bioativos, tornando a rúcula ainda mais atrativa para o mercado consumidor (Purquerio & Cecílio Filho, 2005; Trani & Passos, 2015).

Dessa forma, compreender o papel dos macronutrientes nitrogênio, fósforo e potássio no cultivo da rúcula é essencial para otimizar o manejo agrícola e garantir a sustentabilidade do sistema de produção.

- **2 OBJETIVOS GERAIS**

Analisar o impacto sobre o manejo dos macronutrientes nitrogênio, fósforo e potássio (NPK) no crescimento, produtividade e qualidade nutricional da rúcula (*Eruca sativa* Mill.).

- **2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Analisar o papel do nitrogênio, fósforo e potássio no desenvolvimento fisiológico da rúcula, abordando os processos metabólicos nos quais esses nutrientes estão envolvidos.
- Revisar estudos sobre a influência das doses e formas de aplicação de NPK na produtividade da rúcula, incluindo comparações entre fertilizantes químicos, orgânicos e organominerais.
- Identificar os impactos do manejo de NPK na qualidade nutricional e sensorial das folhas da rúcula, considerando fatores como composição mineral e características sensoriais.
- Avaliar os benefícios e desafios do uso de fertilizantes alternativos, como biofertilizantes e organominerais, no contexto da sustentabilidade e eficiência no cultivo de rúcula.
- Propor recomendações para o manejo integrado de NPK na produção de rúcula, baseadas nas evidências revisadas, com foco em práticas sustentáveis e economicamente viáveis.

• 3 MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho consiste em uma revisão bibliográfica de caráter qualitativo, com o objetivo de reunir e analisar informações científicas sobre o impacto dos macronutrientes nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) no cultivo da rúcula (*Eruca sativa* Mill.). A metodologia adotada segue um critério sistemático de seleção, organização e interpretação da literatura disponível, garantindo a consistência e relevância das informações revisadas.

A pesquisa é de natureza exploratória e documental, baseada em fontes secundárias, como artigos científicos, livros, teses, dissertações e manuais técnicos. A análise qualitativa permite compreender as contribuições de diferentes estudos sobre o papel dos macronutrientes na nutrição mineral e na produtividade da rúcula.

As informações foram coletadas a partir de publicações disponíveis em bases de dados reconhecidas, incluindo Scielo, Google Scholar, PubMed, ScienceDirect e Web of Science. Além disso, foram consultados livros e relatórios técnicos de instituições como a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) e a Associação Nacional para Difusão de Adubos (ANDA).

Foram considerados trabalhos publicados no período de 2000 a 2024, buscando capturar avanços tecnológicos e mudanças nas práticas de manejo agrícola ao longo dos últimos 24 anos.

Critérios de Inclusão e Exclusão

Critérios de Inclusão:

- Publicações realizadas entre 2000 e 2024, com ênfase em estudos mais recentes.
- Trabalhos que abordem especificamente o manejo de nitrogênio, fósforo e potássio no cultivo de rúcula ou em hortaliças folhosas similares.
- Estudos que apresentem dados sobre produtividade, qualidade nutricional e sustentabilidade no uso de fertilizantes.
- Trabalhos que discutam práticas inovadoras, como o uso de biofertilizantes e organominerais, no manejo de NPK.

Critérios de Exclusão:

- Estudos que não tratem diretamente da cultura da rúcula ou do manejo de NPK.
- Trabalhos com metodologia insuficiente ou dados inconsistentes.

- Publicações duplicadas ou revisões sem embasamento técnico ou científico.
- Estratégia de Busca

Os trabalhos identificados foram submetidos a uma triagem inicial, na qual os títulos e resumos foram analisados para verificar sua adequação aos critérios estabelecidos. Após essa etapa, os textos completos dos estudos selecionados foram lidos e suas principais informações organizadas de forma temática, abordando os seguintes tópicos:

- O papel do nitrogênio, fósforo e potássio no metabolismo da rúcula.
- Influência de NPK na produtividade e qualidade da rúcula.
- Comparação entre diferentes fontes de NPK, incluindo fertilizantes químicos, biofertilizantes e organominerais.
- Práticas de manejo sustentável de NPK no cultivo de hortaliças.

Esta metodologia assegura a coleta e análise rigorosa de informações, contribuindo para uma revisão abrangente sobre a influência dos macronutrientes nitrogênio, fósforo e potássio no cultivo da rúcula.

• 4 DESENVOLVIMENTO

A tabela a seguir apresenta os principais artigos revisados, detalhando os autores, ano de publicação, objetivos e a cidade de publicação, fornecendo uma visão ampla das pesquisas realizadas no Brasil e em outras localidades. A discussão dos resultados desses estudos contribuirá para uma análise crítica sobre o manejo adequado dos nutrientes e a utilização de diferentes fontes de adubação, incluindo fertilizantes orgânicos e organominerais, para otimizar a produção da rúcula de forma sustentável e eficiente.

Autores	Ano	Objetivo Trabalho	do	Cidade Publicação	de
---------	-----	----------------------	----	----------------------	----

Luis Felipe Villani Purquerio et al.	Botucatu, SP 2007	Avaliar o efeito da adubação nitrogenada de cobertura e do espaçamento sobre a produção de rúcula.	. No ambiente protegido, com o aumento das doses de N, ocorreu efeito polinomial quadrático da área foliar, com incrementos até a dose estimada de 214,0 kg ha ⁻¹ , correspondente a 61152,4 cm ² m ⁻² .
Mário Luiz Cavallaro Júnior et al.	Campinas, SP 2009	Comparar a eficácia de diferentes fertilizantes minerais e orgânicos como fonte de N e P para rúcula.	A colheita da rúcula foi realizada aos 30 dias após a sua semeadura, cortando-se as plantas rentes ao solo, retirando-se as raízes e coletando. Foram avaliadas a altura das plantas, a massa fresca e a massa seca da parte aérea e a área foliar. Após a aplicação desse teste verificou-se a homogeneidade de variância para altura das plantas, massa fresca, massa seca e área foliar, concluindo-se que os dados não necessitavam de transformação.
Márcio Koetz et al.	Rondonópolis, MT 2012	Avaliar os efeitos de doses de fósforo na produção de rúcula cultivada em Latossolo	O resultado apresentou diferença significativa quando submetida ao teste de F, a 1% de

		Vermelho Cerrado.	do	probabilidade, para as diferentes doses de fósforo aplicadas ao solo. Observando-se os valores das leituras quando submetidos à regressão polinomial, pode-se verificar que o maior valor da leitura SPAD (50,85) foi observado na dose de 493,86 mg dm ⁻³ , o que representa um incremento de 27,33% quando comparado com a testemunha.
Kassio dos Santos Carvalho et al.	Rondonópolis, MT 2012	Avaliar resposta da rúcula à adubação nitrogenada via fertirrigação.	a da à via	Na ausência da aplicação de nitrogênio, observou-se que a média da altura de plantas foi de 13 cm, enquanto que na maior dose de nitrogênio foi de 16,32 cm, indicando um incremento de 22,06%. Isso demonstra que a adubação nitrogenada proporciona aumento nas plantas de rúcula, tornando-as com melhor aspecto visual, o que é relevante na comercialização de hortaliças.

Rebeca de Andrade Porto et al.	Rondonópolis, MT 2013	Estudar o efeito da adubação potássica na produção e eficiência no uso da água pela rúcula.	Não foram observadas diferenças nos números de folhas e massas seca das raízes apresentando médias de 19,47 e 0,62 g vaso, as doses e potássio influenciaram significativamente a massa fresca e seca da parte aérea, consumo de água e a eficiência no uso da água por plantas de rúcula, observado por um modelo de regressão quadrática. O máximo teor de clorofila foi observado na dose de potássio 156,45 mg dm ⁻³ tendo o valor de 55,82 como leitura SPAD, com incremento de 13,58% quando comparado à leitura observada na ausência de adubação potássica.
Edna Maria Bonfim-Silva et al.	Rondonópolis, MT 2015	Investigar o efeito da adubação nitrogenada na produção e eficiência do uso da água na rúcula.	O número de folhas de rúcula apresentou efeito a adubação nitrogenada com ajuste a modelo quadrático de regressão. O maior número de folhas de rúcula 23 folhas foi

			observada na dose de nitrogênio de 187 mg dm ⁻³ , com um incremento de 66,6% em número de folhas quando comparado com tratamento que não recebeu adubação nitrogenada.
Josiane Souza Salles et al.	Cassilândia, MS 2017	Analisar a resposta da rúcula à adubação orgânica com diferentes compostos orgânicos.	A presença de esterco de aves na adubação proporcionou maiores plantas de rúcula, os quais verificaram resposta significativa da aplicação de cama de frango no crescimento e na produção das plantas de rúcula, independentemente do sistema de cultivo, quando solteira ou consorciada com cebolinha verde.
Claudia Helena dos Reis Nascimento et al.	Rolim de Moura, RO 2017	Avaliar a resposta da rúcula a dosagens excessivas de nitrogênio.	Com o aumento das doses de N ocorreu um efeito quadrático para as características e produtividade da cultivar rúcula. a dose de aproximadamente

			4 t/há de N proporcionou maior número de folhas, obtendo-se em média 19 folhas/planta. Para altura das plantas, houve um acréscimo com o incremento da dose de N até aproximadamente a dose de 4 t.h ⁻¹ , obtendo-se altura média de 22,1 cm.
Nádia Rossi Guimarães et al.	Goianésia, GO 2019	Avaliar os efeitos de diferentes doses de nitrogênio nas características agronômicas e produtivas da rúcula.	A aplicação das doses de nitrogênio proporcionou aumento significativo na produção de rúcula atingido maior massa fresca com a dose de 200 kg ha ⁻¹ de N com 53,30g, demonstrando acréscimo em relação à testemunha, que obteve 25,03 g na massa fresca.
Cleiton Gredson Sabin Benett et al.	Ipameri, GO 2019	Estudar a influência de doses e fontes de nitrogênio no desenvolvimento e produtividade da rúcula.	Com base nos resultados, não houve efeito significativo da interação entre as fontes e doses de nitrogênio na cultura da rúcula, para qualquer um dos parâmetros

		avaliados. Na avaliação do efeito da adubação nitrogenada sobre o cultivo de rúcula observa-se que os valores médios de altura de planta diâmetro de caule número de folha, massa fresca de parte aérea, massa seca de parte aérea e produtividade não apresentaram efeito significativo com a aplicação da ureia revestida e da ureia normal. Para altura de planta, diâmetro do caule, massa fresca de parte aérea e massa seca de parte aérea observa-se que as plantas adubadas com a ureia revestida apresentaram valores superiores para essas características, contudo sem diferir daquelas adubadas com a ureia normal. Quanto ao número de folhas por planta observasse que para ambos os tratamentos as plantas apresentaram quantidade de folhas
--	--	--

			semelhantes não diferindo entre si
D. P. Thome et al.	Nova Xavantina, MT 2019	Avaliar os efeitos de diferentes tipos de adubação e espaçamentos no cultivo da rúcula.	Todas as plantas colhidas no experimento apresentaram qualidade comercial, não sendo encontradas modificações fisiológicas ou alterações morfológicas que interferissem na comercialização das mesmas. Não houve interação significativa entre as adubações e os espaçamentos. No entanto, também não foi observado efeito significativo de cada fator isolado para estas características, quando avaliada as médias de massa verde de rúcula.
Alexia Amiluana Sousa Martins et al.	Santa Helena de Goiás, GO 2023	Avaliar os efeitos de fertilizante organomineral e microrganismos eficientes na produção de rúcula.	Conforme resultados apresentados na variável , observa-se que a cultivar, folha larga, demonstrou, independente da aplicação de inoculante, um comportamento linear crescente, de

			modo que com a dosagem de 45 kg ha até a dosagem de 180 kg ha, a altura das plantas ficou entre 16 e 16,7 cm, na dosagem 135 kg ha de P_2O_5 , a altura foi um pouco menor em relação à dosagem de 90 kg ha.
José Rubens Roque de Souza et al.	Rio Verde, GO 2022		
Vinicius Stefanello et al.	Nova Mutum, MT 2022	Examinar o efeito do parcelamento da adubação nitrogenada no desenvolvimento e produtividade da rúcula.	A altura das plantas de rúcula apresentou diferença significativa ($p < 0,05$) em relação ao modo de parcelamento da adubação nitrogenada. O T5 apresentou plantas com altura média de 33,00 cm, sendo valor este 103,07% superior quando comparado ao T1, 36,08% superior quando comparado ao T2, 20% superior quando comparado ao T3, além de valores 10,92% superior em relação ao T4

			. Estes resultados apresentam um crescimento linear conforme foi ocorrendo maiores parcelamentos da adubação nitrogenada. Isto evidencia de certa forma, a importância da melhor reposição de N na cultura da rúcula para o crescimento das plantas.
--	--	--	--

■ 4.1 Influência dos Macronutrientes no Metabolismo da Rúcula

O nitrogênio (N) é um dos macronutrientes mais essenciais para a rúcula, desempenhando papel crucial no crescimento vegetativo e desenvolvimento da planta. Como enfatizado por Purquerio et al. (2007), o nitrogênio é fundamental para a síntese de proteínas e formação de clorofila, processos que favorecem o crescimento da parte aérea da planta e intensificam a fotossíntese. Esse nutriente também promove maior vigor das plantas, resultando em folhas mais saudáveis e robustas, o que culmina em maior produtividade. Assim, a adubação nitrogenada, em doses adequadas, é indispensável para maximizar o desenvolvimento vegetativo e a produção de biomassa da rúcula.

Por sua vez, o fósforo (P) desempenha papel vital no desenvolvimento radicular, promovendo raízes saudáveis e eficientes. Segundo Koetz et al. (2012), o fósforo facilita a transferência de energia essencial às reações metabólicas da planta, sendo particularmente importante nas fases iniciais do ciclo de cultivo, quando a planta está se estabelecendo. Além disso, esse macronutriente melhora a resistência da planta a condições adversas e aumenta a capacidade de absorção de outros nutrientes, contribuindo para um crescimento mais equilibrado e sustentável.

Já o potássio (K), outro elemento essencial, é responsável pela regulação osmótica das células vegetais. Conforme Porto et al. (2013), o potássio ativa diversas

enzimas cruciais para processos como fotossíntese, respiração celular e síntese de proteínas. Sua presença aumenta a resistência da planta ao estresse hídrico, especialmente relevante em climas quentes e secos. Além disso, o potássio está associado à formação de compostos bioativos nas folhas, que conferem à rúcula seu sabor único e valor nutricional.

O manejo equilibrado de NPK, como apontado por Salles et al. (2017), é determinante para garantir o equilíbrio nutricional da rúcula. Quando aplicados de maneira balanceada, esses nutrientes potencializam os processos metabólicos, resultando em plantas mais produtivas e de maior qualidade. Em contrapartida, a deficiência de qualquer um desses nutrientes pode levar a desequilíbrios, comprometendo o desenvolvimento da planta. Por exemplo, Nascimento et al. (2017) observaram que a carência de nitrogênio causa folhas pequenas e amareladas, devido à deficiência de clorofila e proteínas.

A pesquisa de Guimarães et al. (2019) ressalta a importância do manejo nutricional adequado, especialmente através da combinação de fertilizantes químicos e orgânicos. O uso de fontes de nutrientes que liberam os macronutrientes gradualmente contribui para uma absorção eficiente, permitindo crescimento uniforme e qualidade superior das folhas. Isso é crucial para a rúcula, cuja alta demanda nutricional ocorre em um ciclo curto de cultivo.

O equilíbrio entre nitrogênio, fósforo e potássio não apenas favorece o crescimento vegetativo, mas também incrementa a produtividade e qualidade nutricional da rúcula. Cavallaro Júnior et al. (2009) alertam que o excesso de um único nutriente pode causar desequilíbrios, prejudicando a qualidade do produto final e reduzindo a eficiência no uso dos demais nutrientes. Consequentemente, compostos bioativos nas folhas podem ser reduzidos, comprometendo o valor nutricional.

Benett et al. (2019) destacam que o manejo correto de NPK não só aumenta a produtividade, mas também melhora o sabor e a composição mineral das folhas, promovendo maior concentração de antioxidantes benéficos à saúde humana. Essa abordagem é especialmente relevante para atender às exigências do mercado consumidor por alimentos de alta qualidade.

Por fim, a utilização de biofertilizantes, como discutido por Martins et al. (2023), melhora a eficiência da adubação de nitrogênio, fósforo e potássio, ao mesmo tempo em que sustenta a fertilidade do solo. Essa combinação é uma estratégia sustentável

para otimizar o metabolismo da rúcula, aumentando tanto a produtividade quanto a qualidade do cultivo.

■ 4.2 Efeitos do Manejo de NPK na Produtividade da Cultura

O manejo adequado dos nutrientes NPK é fundamental para a obtenção de altos rendimentos na cultura da rúcula. A pesquisa de Guimarães et al. (2019) mostrou que a aplicação balanceada de nitrogênio, fósforo e potássio resulta em plantas mais produtivas, com maior biomassa e maior número de folhas. A adubação nitrogenada, em particular, tem um efeito direto na produção da parte aérea, aumentando o número de folhas e o comprimento das plantas, como demonstrado por Cavallaro Júnior et al. (2009), que observaram um aumento na produtividade da rúcula com doses crescentes de nitrogênio.

O fósforo, segundo Koetz et al. (2012), é fundamental para o desenvolvimento do sistema radicular, permitindo que a planta tenha maior capacidade de absorver água e nutrientes do solo. Esse aumento na eficiência de absorção contribui para um crescimento mais rápido e uma produção maior de folhas. A interação entre fósforo e potássio também é importante, pois o potássio melhora a eficiência do uso de fósforo, o que resulta em um aumento da produtividade, como observado por Salles et al. (2017).

A comparação entre diferentes fontes de fertilizantes, incluindo químicos, orgânicos e organominerais, tem sido uma área de estudo relevante. Souza et al. (2022) mostraram que a utilização de biofertilizantes em pó derivados de resíduos orgânicos pode ser uma alternativa eficaz para melhorar a produtividade da rúcula, especialmente em solos com baixa disponibilidade de nutrientes. Esses fertilizantes orgânicos promovem um aumento na atividade biológica do solo, o que resulta em uma maior disponibilidade de nutrientes para as plantas, melhorando sua eficiência na absorção de NPK (Koetz et al. 2012).

A adubação organomineral, combinando compostos orgânicos e minerais, também tem se mostrado vantajosa. Segundo Thome et al. (2019), esse tipo de adubação proporciona uma liberação gradual de nutrientes, o que reduz as perdas por lixiviação e volatilização. Além disso, os fertilizantes organominerais aumentam a

capacidade do solo de reter nutrientes e água, contribuindo para a manutenção da fertilidade do solo e para a melhoria da produtividade da rúcula.

Outro fator importante para a produtividade é a aplicação das doses de NPK. A pesquisa de Benett et al. (2019) evidenciou que a aplicação de doses altas de nitrogênio aumentou o número de folhas e o peso total da planta, mas que doses excessivas podem prejudicar a qualidade da rúcula. Esse efeito é resultado de desequilíbrios nutricionais causados pelo excesso de nitrogênio, que pode levar ao acúmulo de nitratos e a uma diminuição na concentração de compostos bioativos.

A comparação entre fontes de fertilizantes químicos e biofertilizantes foi abordada por Porto et al. (2013), que encontraram que os fertilizantes químicos proporcionaram um aumento rápido na produtividade, mas com custos mais elevados e maior risco de poluição ambiental. Em contraste, os biofertilizantes, embora mais lentos na liberação de nutrientes, contribuíram para uma produção sustentável e reduziram a necessidade de insumos externos, tornando-se uma alternativa mais viável para sistemas agrícolas de pequena e média escala.

Stefanello et al. (2022) também destacaram a importância do parcelamento da adubação nitrogenada, o que permite um uso mais eficiente dos nutrientes. Ao dividir as doses de nitrogênio ao longo do ciclo da planta, é possível evitar picos de absorção que resultam em perdas por lixiviação. Esse manejo aumenta a eficiência na utilização dos fertilizantes e melhora a produtividade da rúcula.

Por fim, o equilíbrio entre os macronutrientes é essencial para otimizar a produtividade da rúcula. A pesquisa de Nascimento et al. (2017) demonstrou que a aplicação equilibrada de NPK resultou em um aumento significativo na produção de biomassa, enquanto a aplicação desequilibrada prejudicou o crescimento e a qualidade das plantas. Portanto, o manejo de NPK deve ser feito de forma estratégica para garantir a máxima produtividade da cultura.

■ 4.3 Qualidade Nutricional e Sensorial das Folhas de Rúcula

A qualidade nutricional e sensorial das folhas de rúcula está diretamente relacionada ao manejo dos macronutrientes nitrogênio, fósforo e potássio (NPK). Esses nutrientes desempenham papel fundamental na formação de compostos bioativos nas plantas, como antioxidantes, que são responsáveis pelas propriedades nutricionais e sensoriais da rúcula, o nitrogênio, em particular, tem impacto

significativo na composição mineral das folhas, afetando a concentração de aminoácidos e proteínas Purquerio et al., (2007). Estudos de Benett et al. (2019) indicam que doses adequadas de nitrogênio podem aumentar a concentração de proteínas nas folhas, resultando em maior valor nutricional e melhoria no sabor.

O fósforo também é essencial para a qualidade nutricional das plantas de rúcula, pontam que o fósforo está diretamente envolvido na transferência de energia dentro da planta, influenciando não apenas o crescimento das raízes, mas também a formação de compostos importantes como ácidos nucleicos e lipídios. Essas substâncias são fundamentais para a formação de tecidos vegetais saudáveis, e sua presença nas folhas de rúcula contribui para o sabor e a textura, quando a planta recebe fósforo em quantidade adequada, as folhas tendem a apresentar maior consistência e sabor mais suave, melhorando a aceitação do produto no mercado consumidor (Koetz et al., 2012).

Além disso, o potássio desempenha papel importante na regulação osmótica das células vegetais e na ativação de enzimas essenciais para a fotossíntese e respiração celular (Porto et al., 2013). A presença de potássio nas folhas de rúcula tem sido associada ao aumento da concentração de compostos antioxidantes, como flavonoides, que são benéficos à saúde humana (Porto et al., 2013). A pesquisa de Thome et al. (2019) observou que folhas de rúcula com níveis adequados de potássio apresentaram maior concentração de antioxidantes, melhorando o valor nutricional do produto e aumentando sua atratividade no mercado.

O equilíbrio adequado de NPK não só promove um crescimento saudável das plantas, mas também melhora a qualidade sensorial das folhas de rúcula, como sabor e textura. A aplicação de doses equilibradas de nitrogênio e potássio, conforme sugerido, resulta em folhas mais crocantes, com sabor mais suave e menor intensidade de amargor. Isso ocorre porque o excesso de nitrogênio pode levar à formação de compostos de sabor amargo, enquanto a aplicação balanceada de potássio ajuda a suavizar o sabor e melhorar a textura das folhas (Salles et al., 2017).

A adubação nitrogenada, embora essencial para o crescimento da planta, pode afetar o sabor das folhas se aplicada em excesso. Observaram que o aumento excessivo de nitrogênio em solos cultivados com rúcula resultou em um sabor mais pungente, característico da planta, o que pode ser indesejável para muitos consumidores. Portanto, o manejo adequado da adubação é essencial para garantir

que as folhas tenham um sabor agradável e que o produto final seja de alta qualidade (Nascimento et al., 2017).

Além disso, o manejo nutricional afeta a formação de outros compostos bioativos, como glucosinolatos, responsáveis pelas propriedades anticancerígenas e antioxidantes da rúcula. A pesquisa demonstrou que uma adubação equilibrada de NPK aumenta a concentração desses compostos nas folhas, melhorando o valor nutricional do produto e aumentando sua atratividade para o mercado consumidor. Esses compostos bioativos não apenas elevam a qualidade nutricional da rúcula, mas também contribuem para seus efeitos benéficos à saúde, como a redução do risco de doenças crônicas (Guimarães et al., 2019).

Os biofertilizantes também têm mostrado impactos positivos na qualidade nutricional e sensorial das folhas de rúcula. Relataram que o uso de biofertilizantes derivados de resíduos orgânicos pode aumentar a concentração de compostos bioativos nas folhas, promovendo maior resistência da planta a doenças e estresses ambientais. Esses fertilizantes orgânicos não só melhoram o valor nutricional das plantas, mas também contribuem para a sustentabilidade do cultivo, reduzindo a dependência de fertilizantes químicos (Souza et al., 2022).

Estudos realizados sugerem que a aplicação de adubação mineral equilibrada em combinação com compostos orgânicos pode promover uma liberação gradual dos nutrientes, resultando em folhas de rúcula com maior qualidade nutricional e sensorial. O uso combinado de adubação orgânica e mineral também pode reduzir os custos de produção, além de melhorar a sustentabilidade da agricultura, proporcionando alimentos mais saudáveis e ecologicamente corretos (Cavallaro Júnior et al., 2009).

A utilização de técnicas de manejo integradas, como o uso de biofertilizantes, compostos orgânicos e adubação mineral controlada, é essencial para garantir a produção de rúcula com alta qualidade nutricional e sensorial, as práticas como a rotação de culturas e a adubação com fontes sustentáveis de nutrientes podem melhorar a qualidade das folhas de rúcula, tornando-as mais atraentes para os consumidores e aumentando sua competitividade no mercado (Stefanello et al., 2022).

■ 4.4 Sustentabilidade no Uso de Fertilizantes

A sustentabilidade no uso de fertilizantes tem se tornado uma preocupação crescente na agricultura moderna, especialmente com relação ao impacto ambiental

dos fertilizantes químicos Thome et al., (2019). O uso excessivo de fertilizantes sintéticos tem sido associado a vários problemas ambientais, como a contaminação de corpos d'água e a degradação do solo Souza et al., (2022). A pesquisa de Thome et al. (2019) mostrou que o uso de fontes alternativas, como os biofertilizantes, pode reduzir significativamente os impactos ambientais da adubação, além de melhorar a eficiência do uso de nutrientes pelas plantas.

Os biofertilizantes, como compostos orgânicos derivados de resíduos agropecuários, têm mostrado vantagens em termos de sustentabilidade, pois oferecem uma liberação gradual de nutrientes, evitando as perdas por lixiviação e volatilização. Esses fertilizantes não só são mais eficientes, mas também contribuem para a melhoria da qualidade do solo, aumentando sua capacidade de retenção de nutrientes e água. A utilização de biofertilizantes na produção de rúcula é uma alternativa sustentável que pode reduzir os custos de produção e diminuir a dependência de fertilizantes químicos, promovendo uma agricultura mais ecológica (Souza et al., 2022).

A aplicação de fertilizantes organominerais pode ser uma solução eficaz para melhorar a eficiência na utilização de nutrientes, além de ser uma alternativa mais sustentável aos fertilizantes minerais convencionais. A combinação de compostos orgânicos e minerais oferece uma liberação controlada de nutrientes, reduzindo o risco de excessos que podem prejudicar a qualidade do solo e o meio ambiente. Essa estratégia pode ser particularmente útil em solos de baixa fertilidade, como os encontrados em muitas regiões produtoras de rúcula no Brasil (Benett et al., 2019).

A utilização de adubação orgânica também contribui para a redução da emissão de gases de efeito estufa, como o óxido nitroso, que é liberado quando fertilizantes nitrogenados são aplicados em excesso. A pesquisa evidenciou que a utilização de fontes orgânicas de nutrientes ajuda a mitigar essas emissões, contribuindo para a mitigação das mudanças climáticas e promovendo uma produção mais sustentável (Cavallaro Júnior et al., 2009).

Além disso, o uso de biofertilizantes pode promover uma agricultura mais inclusiva, uma vez que muitos desses produtos são produzidos a partir de resíduos de agroindústrias ou da agricultura familiar, o que ajuda a reduzir o desperdício e aumentar a economia circular. O trabalho demonstrou que o uso de resíduos de suínos como biofertilizantes não só melhora a fertilidade do solo, mas também

contribui para o gerenciamento sustentável de resíduos na agropecuária (Guimarães et al., 2019).

A integração de diferentes práticas de manejo sustentável, como o uso de adubação orgânica, fertilizantes de liberação controlada e técnicas de conservação do solo, pode aumentar significativamente a eficiência do uso de NPK. De acordo com essas práticas não só melhoram a produtividade da rúcula, mas também promovem um cultivo mais resiliente às mudanças climáticas e à escassez de recursos naturais (Nascimento et al., 2017)

Em relação aos custos de produção, a adoção de fertilizantes orgânicos e biofertilizantes pode representar uma economia significativa para os produtores, uma vez que esses produtos são geralmente mais baratos que os fertilizantes minerais convencionais. A utilização de adubação sustentável resulta em menores custos de insumos e maior rentabilidade para os produtores, além de gerar um produto mais saudável e com menor impacto ambiental (Salles et al., 2017).

A sustentabilidade no uso de fertilizantes é fundamental para garantir a viabilidade econômica e ambiental da produção de rúcula Thome et al., (2019). A integração de práticas de manejo sustentável, como a adubação orgânica e o uso de biofertilizantes, pode contribuir para a melhoria da produtividade, a redução dos impactos ambientais e a promoção de uma agricultura mais sustentável e resiliente (Guimarães et al., 2019).

■ 4.5 Comparação Entre Fontes de NPK

A escolha da fonte de fertilizantes é um fator crucial para o sucesso da adubação no cultivo da rúcula. Existem diversas opções de fontes de NPK, incluindo fertilizantes químicos, orgânicos e organominerais Koetz et al., (2012). Cada uma dessas fontes tem características específicas que podem influenciar de maneira diferente o desenvolvimento e a qualidade das plantas (Benett et al., 2019). De acordo com Koetz et al. (2012), os fertilizantes minerais, como a ureia e o superfosfato, são rapidamente assimilados pelas plantas, proporcionando um aumento imediato na produtividade. No entanto, o uso excessivo desses fertilizantes pode levar à contaminação do solo e da água, além de resultar em perdas por lixiviação e volatilização de nutrientes (Koetz et al., 2012).

Por outro lado, os fertilizantes orgânicos, como os compostos à base de resíduos de animais e vegetais, oferecem uma liberação mais lenta e controlada de nutrientes, o que pode reduzir os impactos ambientais. A pesquisa mostrou que a aplicação de fertilizantes orgânicos, como o esterco de galinha e o composto orgânico, contribui para a melhoria da estrutura do solo e a retenção de água, além de promover um crescimento mais sustentável das plantas. Além disso, esses fertilizantes ajudam a aumentar a biodiversidade do solo e a capacidade de retenção de nutrientes, o que favorece a produção de rúcula de forma mais ecológica (Benett et al., 2019).

A aplicação de fertilizantes organominerais, que combinam os benefícios dos fertilizantes orgânicos e minerais, tem se mostrado uma solução promissora para a produção de rúcula. Os fertilizantes organominerais têm uma liberação mais equilibrada de nutrientes, o que permite uma alimentação constante das plantas ao longo do ciclo de cultivo. Essa liberação controlada pode reduzir as perdas de nutrientes e aumentar a eficiência do uso de fertilizantes, promovendo um crescimento saudável da planta e uma maior produtividade, além disso, o uso de fertilizantes organominerais pode ajudar a reduzir os custos com fertilizantes químicos e aumentar a sustentabilidade do cultivo (Salles et al., 2017).

A pesquisa evidenciou que a combinação de fertilizantes minerais e orgânicos tem um impacto positivo na produção de rúcula, com um aumento significativo no rendimento das plantas. Eles observaram que, quando aplicados em conjunto, os fertilizantes orgânicos e minerais promovem um crescimento equilibrado e uma melhor qualidade das folhas, com maior resistência a doenças e estresses ambientais, essa prática também foi associada a um aumento na concentração de compostos bioativos nas folhas de rúcula, como os antioxidantes, que são importantes para a saúde humana (Thome et al., 2019).

Em comparação com os fertilizantes químicos, os fertilizantes orgânicos e organominerais têm a vantagem de serem mais sustentáveis e menos prejudiciais ao meio ambiente. A pesquisa demonstrou que o uso de fertilizantes orgânicos reduz a emissão de gases de efeito estufa, como o óxido nitroso, que é liberado com o uso excessivo de fertilizantes nitrogenados. Isso torna a produção de rúcula mais ecológica, com menor impacto ambiental e maior eficiência na utilização dos nutrientes (Guimarães et al., 2019).

No entanto, a escolha da fonte de fertilizante deve ser feita com base nas condições específicas do solo e nas necessidades nutricionais da cultura da rúcula. A pesquisa mostrou que o uso de fertilizantes minerais é necessário quando o solo apresenta deficiências significativas de nutrientes, mas que a utilização de fontes orgânicas ou organominerais pode ser mais benéfica em solos com boa fertilidade. Portanto, um manejo integrado de fontes de NPK, com base nas características do solo e nas necessidades da cultura, é a melhor estratégia para otimizar a produção e garantir a sustentabilidade do cultivo (Nascimento et al., 2017).

A eficiência do uso de fertilizantes também depende de outros fatores, como o manejo adequado da irrigação e a prática de rotação de culturas. O parcelamento da adubação nitrogenada, por exemplo, permite uma melhor absorção dos nutrientes pelas plantas e evita o desperdício de fertilizantes. Esse manejo, aliado ao uso de fontes de fertilizantes orgânicos e minerais, pode aumentar significativamente a produtividade da rúcula, reduzindo os impactos ambientais e os custos de produção (Cavallaro Júnior et al., 2009).

A escolha de fertilizantes não deve ser baseada apenas na eficiência dos nutrientes, mas também nos custos envolvidos e na disponibilidade local. A pesquisa indicou que, em muitas regiões, os fertilizantes orgânicos e organominerais podem ser mais acessíveis e sustentáveis, proporcionando uma produção de rúcula mais econômica e ecologicamente correta. Portanto, o uso equilibrado de fontes de NPK, aliado a práticas agrícolas sustentáveis, é fundamental para aumentar a produtividade e garantir a qualidade nutricional da rúcula (Souza et al., 2022).

■ **4.6 Propostas de Manejo Otimizado de NPK**

O manejo otimizado de NPK na produção de rúcula é essencial para garantir alta produtividade e qualidade nutricional das folhas, utilização de fertilizantes deve ser baseada nas necessidades específicas da cultura, considerando a fertilidade do solo, as condições climáticas e os objetivos de produção. O uso adequado de nitrogênio, fósforo e potássio pode aumentar significativamente o crescimento das plantas e a produção de biomassa, no entanto, a aplicação desequilibrada de fertilizantes pode prejudicar o desenvolvimento das plantas e afetar negativamente a qualidade das folhas (Purquerio et al. 2027)

Para otimizar a adubação de rúcula, é fundamental realizar a análise do solo para identificar as deficiências de nutrientes e ajustar as doses de fertilizantes de acordo com as necessidades da cultura, o uso de fertilizantes minerais, como a ureia, pode ser necessário em solos pobres em nitrogênio, mas deve ser combinado com fontes orgânicas ou organominerais para melhorar a eficiência do uso de nutrientes e reduzir os impactos ambientais (Cavallaro Júnior et al., 2009).

O manejo integrado de fertilizantes orgânicos e minerais tem mostrado ser uma estratégia eficaz para o cultivo sustentável de rúcula. O uso de fertilizantes organominerais pode aumentar a liberação controlada de nutrientes, proporcionando uma alimentação constante para as plantas ao longo do ciclo de cultivo. Essa prática também pode reduzir as perdas de nutrientes e melhorar a qualidade do solo, promovendo um crescimento equilibrado das plantas e uma maior resistência a doenças e pragas (Benett et al., 2019).

A utilização de biofertilizantes, como os derivados de resíduos de suínos, também tem mostrado ser uma alternativa promissora para a adubação de rúcula. Relataram que o uso de biofertilizantes pode aumentar a eficiência da adubação e melhorar a qualidade das folhas de rúcula, promovendo o crescimento saudável das plantas e aumentando a concentração de compostos bioativos. Os biofertilizantes oferecem uma liberação mais lenta e controlada de nutrientes, o que resulta em uma utilização mais eficiente dos fertilizantes e reduz os impactos ambientais da produção (Souza et al., 2022).

O parcelamento da adubação, é outra estratégia importante para otimizar o uso de NPK na produção de rúcula. Ao dividir as doses de fertilizantes ao longo do ciclo de cultivo, é possível evitar a lixiviação e a volatilização de nutrientes, o que melhora a eficiência da adubação e garante um uso mais sustentável dos fertilizantes essa prática também ajuda a manter a fertilidade do solo, promovendo um crescimento saudável e sustentável das plantas (Stefanello et al., 2022).

A rotação de culturas é outra técnica que pode ser utilizada para melhorar a eficiência do uso de fertilizantes e a sustentabilidade da produção de rúcula. Sugerem que a rotação de culturas pode ajudar a melhorar a estrutura do solo e aumentar a disponibilidade de nutrientes, o que contribui para um melhor desempenho das plantas de rúcula. Além disso, a rotação de culturas pode reduzir a incidência de pragas e

doenças, o que diminui a necessidade de tratamentos químicos e melhora a qualidade do produto final (Nascimento et al., 2017).

A integração de práticas agrícolas sustentáveis, como a rotação de culturas, o uso de fertilizantes orgânicos e biofertilizantes, e o parcelamento da adubação, é a melhor estratégia para otimizar o manejo de NPK na produção de rúcula. Como demonstrado, essas práticas não só aumentam a produtividade e a qualidade das folhas, mas também reduzem os impactos ambientais e os custos de produção, promovendo uma agricultura mais ecológica e econômica (Thome et al., 2019).

■ 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente revisão bibliográfica permitiu evidenciar a importância do manejo adequado dos macronutrientes nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) no cultivo da rúcula, destacando seus impactos no crescimento, produtividade e qualidade nutricional das folhas. A pesquisa mostrou que a aplicação equilibrada desses nutrientes é essencial para atender às exigências fisiológicas da rúcula, promovendo o crescimento vegetativo, a formação de compostos bioativos e a melhora das características sensoriais do produto final.

O estudo ressaltou que o manejo integrado de fertilizantes químicos, orgânicos e organominerais é uma estratégia eficaz para otimizar a eficiência no uso de nutrientes, garantindo o desenvolvimento saudável das plantas e contribuindo para a sustentabilidade agrícola. A utilização de biofertilizantes, em particular, demonstrou-se uma solução viável para reduzir os impactos ambientais associados ao uso excessivo de fertilizantes sintéticos, além de promover benefícios adicionais, como maior resistência das plantas a estresses ambientais e melhoria da qualidade do solo.

Outro ponto de destaque foi a necessidade de adaptação das práticas de adubação às condições específicas do solo e às demandas da cultura. O uso de técnicas como o parcelamento da adubação, a rotação de culturas e a combinação de diferentes fontes de nutrientes revelou-se crucial para evitar desequilíbrios nutricionais, perdas de fertilizantes e impactos ambientais adversos.

Com base nos resultados apresentados, conclui-se que o manejo otimizado de NPK não apenas aumenta a produtividade da rúcula, mas também melhora sua qualidade nutricional e sensorial, tornando-a mais atrativa para o mercado

consumidor. Além disso, práticas agrícolas sustentáveis, como o uso de biofertilizantes e adubação organomineral, podem reduzir os custos de produção e a dependência de insumos químicos, promovendo uma agricultura mais resiliente e ambientalmente responsável.

• 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABH - Associação Brasileira de Horticultura. **Relatório Anual de Produção de Hortaliças**. Disponível em: <http://abhort.com.br>. Acesso em: 05 set. 2024.

ALEXIA, Amiliana Sousa. **Impacto do fertilizante organomineral na produção de rúcula**. Revista Cerrado Agrociências, v. 9, p. 19-27, 2023.

ANDA (ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA DIFUSÃO DE ADUBOS). **Anuário Estatístico do Setor de Fertilizantes**. 2019.

BATISTA, M.A.; INOUE, T.T.; ESPER NETO, M.; MUNIZ, A.S. **Princípios de fertilidade do solo, adubação e nutrição mineral**. Hortaliças e fruto. Maringá: EDUEM, 2018.

BELING, R. R.; SILVEIRA, D. N.; CARVALHO, C.; KIST, B. B.; POLL, H. **Anuário Brasileiro de Hortaliças 2013**. Santa Cruz do Sul: Gazeta Santa Cruz, 2013.

BENETT, C. G. S.; XAVIER, R. C.; NASCIMENTO, M. V.; SILVA JUNIOR, R. L.; BENETT, K. S. S.; SELEGUINI, A. **Influência da aplicação nitrogenada na cultura da rúcula (*Eruca sativa* L.)**. Ipameri: Universidade Estadual de Goiás, 2014.

BONFIM-SILVA, Edna Maria; CLÁUDIO, Aguinaldo Antonio; LIMA BÄR, Carina Sthefanie Lemes e; ESPIRITO SANTO, Éllen Souza do; PACHECO, Adriano Bicioni. **Nitrogênio na produção, índice de clorofila e uso de água no cultivo de rúcula**. Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer, v. 11, n. 21, p. 1386-1397, 2015.

BONFIM-SILVA, Edna Maria; FRIGO, Gislane Renata; BEZERRA, Maria Débora Loiola; SANTOS, Carolina Silva Alves dos; SOUSA, Helon Héban de Freitas; SILVA,

Tonny José Araújo da. **Adubação fosfatada em rúcula: produção e eficiência no uso da água**. Cerrado Agrociências, Revista do Centro Universitário de Patos de Minas, v. 6, p. 1-11, dez. 2015.

CARON, C. F.; Messias, J. N.; Coutinho Filho, J. S.; Russi, J. C. V.; Weber, M. I. Geração de energia no campus a partir da biodigestão anaeróbica. **Tuiuti: Ciência e Cultura**, 42, 63-73, 2009.

CARVALHO, Kássio dos Santos; BONFIM-SILVA, Edna Maria; SILVEIRA, Marcos Henrique Dias; CABRAL, Carlos Eduardo Avelino; LEITE, Núbia. Rúcula submetida à adubação nitrogenada via fertirrigação. **Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer**, Goiânia, v. 8, n. 15, p. 1545-1553, 2012.

CAVALLARO JÚNIOR, M. L. **Fertilizantes orgânicos e minerais como fontes de N e de P para produção de rúcula e tomate**. Dissertação (Mestrado) – Curso de pós-graduação em Agricultura Tropical e Subtropical, Instituto Agronômico de Campinas, 2006.

CAVALLARO JÚNIOR, Mário Luiz; COSTA, José Tomaz da; SOUSA, Carlos Henrique. **Fertilizantes orgânicos e minerais como fontes de N e P para produção de rúcula e tomate**. 2009. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical) – Instituto Agronômico de Campinas, Campinas, SP, 2009.

CORDELL, D.; WHITE, S.; DRANGERT, J.O. The story of phosphorus: Global food security and food for thought. **Global Environmental Change**, v. 19, 292-305, 2009.

FERNANDES, A. A. **Influência de embalagens na fisiologia pós-colheita de rúcula hidropônica**. TCC (graduação em Agronomia) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias, 2011.

GRANGEIRO, L. C.; et al. Crescimento e acúmulo de nutrientes em coentro e rúcula. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 6, n. 1, p. 11-16, 2011.

GUIMARÃES, Nádia Rossi; SOUZA, Rodrigo Fernandes de; SILVA, Ayure Gomes da; BITTAR, Dyb Youssef. Adubação nitrogenada na produção de rúcula. **Ipê Agronomic Journal**, Goianésia, v. 3, n. 2, p. 44-55, 2019. ISSN: 2595-6906.

HAWKESFORD, M.; HORST, W.; KICHEY, T.; LAMBERS, H.; SCHJOERRING, J.; MOLLER, S. I.; WHITE, P. **Functions of macronutrients**. In: Marschner, P. (ed.). Marschner's mineral nutrition of higher plants. New York: Elsevier, 2012.

IPNI - International Plant Nutrition Institute. **Manual Internacional de Fertilidade do Solo**. 2 ed. revisada e ampliada. Associação brasileira para pesquisa da potassa e do fosfato. 1998.

KANO, C.; CARDOSO, A.I.I.; VILLAS BÔAS, R.L. **Influência de doses de potássio nos teores de macronutrientes em plantas e sementes de alface**. Horticultura Brasileira, v. 28, p. 287-291, 2010.

KOETZ, Márcio; CARVALHO, Kassio dos Santos; BONFIM-SILVA, Edna Maria; REZENDE, Cristina Gonçalves; SILVA, Jeremias Caetano da. **Rúcula submetida a doses de fósforo em Latossolo Vermelho do Cerrado**. Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v. 8, n. 15, p. 1554-1562, 2012.

KUNZ, A.; SCHIERHOLT, G.; MENOZZO, G. F.; BORTOLI, M.; RAMME, M.; COSTA, R. **Estação de tratamento de dejetos de suínos como alternativa na redução do impacto ambiental da suinocultura**. Embrapa Suínos e Aves-Comunicado Técnico, 2006.

MARTINS, Alexia Amiliana Sousa. **Fertilizante organomineral associado a microrganismos eficientes no cultivo de rúcula**. 2023. Monografia (Bacharelado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual de Goiás, UnU Santa Helena de Goiás, Santa Helena de Goiás, 2023.

MOURA, J.; ANDRADE, P. M.; LIMA, D. S. **Adubação nitrogenada na produção de rúcula**. Revista de Fitotecnia, v. 12, n. 1, p. 44-55, 2020.

NASCIMENTO, Claudia Helena dos Reis; BENTO, Gleice Fernanda; FOGAÇA, Maicon José; MOREIRA, Riziely; MASSOCATTO, Everson; DIAS, Jairo Rafael Machado. **Desempenho de rúcula (Eruca sativa Miller) a partir de dosagens excessivas de nitrogênio**. 2017. Trabalho apresentado na Universidade Federal de Rondônia, Rolim de Moura - RO, 2017.

NASCIMENTO, M. V.; SILVA JUNIOR, R. L.; FERNANDES, L. R.; XAVIER, R. C.; BENETT, K. S. S.; SELEGUINI, A.; BENETT, C. G. S. Manejo da adubação nitrogenada nas culturas de alface, repolho e salsa. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia, v. 4, n. 1, p. 65–71, 2017.

PORTO, R. de A.; BONFIM-SILVA, E. M.; SOUZA, D. S. de M.; CORDOVA, N. R. M.; POLYZEL, A. C.; SILVA, T. J. A. Adubação potássica em plantas de rúcula: produção e eficiência no uso da água. **Revista Agro@mbiente On-line**, Boa Vista, v. 7, n. 1, p. 28-35, jan./abr. 2013.

PURQUERIO, L. F. V.; DEMANT, L. A. R.; GOTO, R.; VILLAS BÔAS, R. L. Efeito da adubação nitrogenada de cobertura e do espaçamento sobre a produção de rúcula. **Horticultura Brasileira**, v. 25, n. 3, p. 464-470, 2007.

PURQUERIO, Luis Felipe Villani. **Crescimento, produção e qualidade de rúcula (Eruca sativa Miller) em função do nitrogênio e da densidade de plantio**. 2005. Tese (Doutorado em Agronomia - Horticultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2005.

SALLES, J. S.; STEINER, F.; ABAKER, J. E. P.; FERREIRA, T. S.; MARTINS, G. L. M. Resposta da rúcula à adubação orgânica com diferentes compostos orgânicos. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia-MS, v. 4, n. 2, p. 35-40, abr./jun. 2017.

SOUZA, J. R. R.; MARTINS, G. S. **Nitrogênio na eficiência do uso da água e produtividade da rúcula**. Cerrado Agrociências, v. 10, p. 12-21, 2019.

SOUZA, José Rubens Roque de et al. **Avaliação das características agronômicas da rúcula adubada com dejetos suínos em forma de pó**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Agrícola) – Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde, Rio Verde, GO, 2022.

STEFANELLO, Vinicius; ARRUDA, Everton Martins; BRITO, Silvan Gomes de; RIVA NETO, Dhiego César Oliveira. Parcelamento da adubação nitrogenada na cultura da rúcula. **Revista PesquisAgro**, v. 6, n. 2, 2023. Disponível em:

<https://doaj.org/article/ac58b5f30a1848228cae42153d3f4522>. Acesso em: 22 nov. 2024.

THOME, D. P.; CARNEIRO JÚNIOR, A. G.; SANTANA, L. H. S.; SILVA, V. L.; SILVA, E. S.; MENEZES, S. G. **Efeitos de diferentes tipos de adubação e espaçamentos no cultivo da rúcula**. Nova Xavantina, MT: 2019.

TRANI, P. E.; PASSOS, F. A. **Calagem e adubação do feijão-vagem, feijão-fava, feijão-de-lima e ervilha torta**. Instituto Agronômico, Centro de Horticultura, Campinas, SP, 2015.

ULSENHEIMER, A. M.; et al. Formulação de fertilizantes organominerais e ensaio de produtividade. **Revista Unoesc & Ciência** - ACET Joaçaba, v. 7, n. 2, p. 195-202, jul./dez. 2016.

URQUIAGA, S.; ZAPATA, F. Fertilización nitrogenada en sistemas de producción agrícola. Porto Alegre: Gênese, 2000.

VILELA, F. Olericultura brasileira: cenários, desafios e oportunidades. **Revista Brasileira de Horticultura**, v. 25, p. 13-22, 2007.