

Avaliação do potencial de solubilização de potássio em resíduos de ardósia por microrganismos

Assessment of the solubilization potential of potassium present in slate waste by microorganisms

Mariana Ruiz Frazão do Nascimento

Bolsista PCI, Eng. Química, D.Sc.

Cláudia Duarte Cunha

Supervisora, Eng. Química, D. Sc.

Resumo

O potássio (K) é um macronutriente fundamental para o desenvolvimento das plantas. As rochas que possuem elevados teores de potássio podem ser utilizadas como fontes alternativas de fertilizantes para aplicação direta no solo, com o objetivo de reduzir assim, a dependência da importação de fertilizantes. Além disso, muitos microrganismos presentes no solo têm a capacidade de solubilizar o potássio contido nos minerais. Nesse contexto, o presente estudo buscou avaliar o potencial de duas estirpes bacterianas na solubilização do potássio presente em rochas e resíduos de rocha. Os ensaios de biossolubilização de potássio *in vitro* utilizando as estirpes bacterianas foram realizados em meio Aleksandrov, com a adição do pó de rocha como única fonte de potássio no meio. Os resultados mostraram que as estirpes *Burkholderia cepacia* ATCC 25416 e a estirpe isolada IA13 foram capazes de liberar potássio em solução, e os melhores resultados encontrados foram 21,82 mg.L⁻¹ e 20,74 mg.L⁻¹ de potássio, respectivamente. Dessa forma, as estirpes bacterianas avaliadas neste estudo demonstraram capacidade de liberação de K a partir de resíduos de ardósia, mas serão necessários ensaios complementares para otimização do processo.

Palavras-chave: Biossolubilização; pó de rocha; potássio, microrganismos.

Abstract

Potassium (K) is a fundamental macronutrient for plant development. Rocks abundant in potassium can be used as alternative sources for direct soil application as fertilizers, with the aim of reducing dependence on imported fertilizers. Additionally, numerous soil microorganisms have the capacity to solubilize potassium found in minerals. In this context, this study sought to evaluate the potential of two bacterial strains in solubilizing potassium present in rocks and waste rock. In vitro potassium biosolubilization assays employing the bacterial strains were conducted in Aleksandrov's medium, with rock powder as the sole source of potassium in the culture medium. The results showed that the *Burkholderia* and IA13 strains were capable of releasing potassium in solution, and the best results found were 21,82 mg.L⁻¹ and 20,74 mg.L⁻¹ of potassium, respectively. In this way, the bacterial strains evaluated in this study improved the ability to release K from slate waste, but additional tests will be necessary to optimize the process.

Keywords: Biosolubilization; rock powder; potassium; microorganisms.

1. Introdução

O potássio é um macronutriente importante para o desenvolvimento das plantas, pois desempenha papéis significativos na ativação de vários processos metabólicos, incluindo fotossíntese, síntese de proteínas e enzimas, bem como na resistência a doenças, pragas, etc (Meena et al., 2016, Sattar et al., 2018; NAIN et al., 2023).

Em geral, os solos contêm quantidades substanciais de potássio, porém, apenas de 1% a 2% do potássio total presente no solo encontra-se prontamente disponível (SOUMARE; SARR; DIEDHIOU, 2023; NAIN et al., 2023). Como a maior parte do potássio contido nos minerais presentes no solo é insolúvel, este nutriente se encontra indisponível para a planta. A liberação ocorre naturalmente por meio da decomposição desses minerais, sendo um processo que demanda um tempo considerável para atender as necessidades agrícolas. Conseqüentemente, a baixa solubilidade limita a capacidade de fornecimento direto de nutrientes as plantas, tornando a aplicação de fertilizantes no solo uma prática necessária (ALVES et al., 2010; SCHUELER et al., 2021).

Nesse contexto, a fim de reduzir a dependência das importações de fertilizantes químicos, o uso de remineralizadores ou pó de rocha pode ser uma técnica de fertilização natural que consiste na adição de pó de rocha para aumentar a fertilidade dos solos, sem afetar o equilíbrio do meio ambiente (EPAGRI, 2009). Dentre as alternativas o pó de ardósia, resíduo gerado na produção de ardósias, que é uma rocha metamórfica que se assemelha à argila e é composta por materiais extremamente finos como: muscovita, mica, quartzo, óxido de titânio, clorita, entre outros (Binda, 2020), pode ser utilizado como alternativa para a agricultura. As ardósias apresentam uma participação de cerca de 4% da produção nacional de rochas ornamentais, sendo os Estados de Minas Gerais e Santa Catarina os maiores produtores (ABIROCHAS, 2023).

Entretanto, apesar do potencial de uso desses resíduos na agricultura, o pó de ardósia apresenta baixa liberação de potássio, o que em um primeiro momento o restringe ao uso pelas plantas. Muitos microrganismos já foram descritos na literatura como solubilizadores de potássio e operam através de diversos mecanismos para disponibilizar o potássio, entre eles a produção de ácidos orgânicos, ácidos inorgânicos, produção de exopolissacarídeos (EPS) e formação de biofilme (PADHAN et al., 2019; NAIN et al., 2023; MEENA et al., 2015, PADHAN et al., 2019; BASAK et al., 2020)).

Assim, o desenvolvimento de novas tecnologias para a solubilização de potássio a partir de agrominerais utilizando rotas biológicas surge como uma alternativa interessante na busca por soluções para o suprimento de fertilizantes no mercado nacional (ALI et al., 2019). Desta forma, o presente estudo teve como objetivo avaliar a eficácia de duas estirpes bacterianas na solubilização *in vitro* de potássio presente em rochas e resíduos de rochas brasileiras, e identificar as condições de processo mais adequadas para promover uma maior liberação desse elemento específico.

2. Objetivos

Realizar estudo prospectivo sobre o desenvolvimento de processos biotecnológicos a serem aplicadas na biossolubilização de rochas e de resíduos de rochas, em particular de ardósias, visando posterior aplicação como fontes alternativas de fertilizantes para a agricultura brasileira.

3. Material e Métodos

Foi utilizada uma estirpe do gênero *Burkholderia cepacia* ATCC 25416 e uma estirpe isolada em estudos anteriores realizados no Laboratório de Biotecnologia (Labiotec) do CETEM, denominada IA13. No experimento foram utilizadas 2 amostras de resíduo de ardósia (pós de rocha), uma proveniente de Santa Catarina (SC) e outra proveniente de Minas Gerais (MG), que continham 2,5% e 3% de teor de K_2O em suas composições, respectivamente. Os experimentos foram realizados em frascos erlenmeyer de 250 mL contendo 100 mL de meio de cultura e os pós de rochas (1.0 % e 10% m/v) foram adicionados ao meio de cultura como única fonte de potássio. O inóculo para cada estirpe foi padronizado em 5% (v/v) (10^7 UFC/mL), após a realização das curvas de peso seco. O pH do meio de cultura foi ajustado para 7,0. Os ensaios foram realizados por 20 dias a 30 °C e separados em ensaios sob agitação de 150 rpm e ensaios estáticos. Todos os ensaios foram feitos em triplicata. Os ensaios controle foram realizados contendo apenas o meio de cultura e o pó de rocha nas duas diferentes concentrações. Ao final do experimento, as amostras foram centrifugadas a aproximadamente 4500 rpm à 4 °C por 20 minutos e os sobrenadantes foram filtrados utilizando membranas de 0.22 μ m. A concentração de potássio em solução ($mg.L^{-1}$) foi determinada por espectrometria de absorção atômica (LIU et al., 2006).

4. Resultados e Discussão'

Os resultados da solubilização de potássio pelas estirpes bacterianas estão apresentados na Tabela 1. As concentrações de K obtidas pelos microrganismos variaram de 0,82 a 21,82 $mg.L^{-1}$. Os maiores valores de solubilização após 20 dias de ensaio foram obtidos utilizando 10 % (m/v) do pó de rocha proveniente de MG sob agitação pelas duas estirpes testadas, IA13 e *Burkholderia cepacia* ATCC 25416, alcançando valores de 20,74 $mg.L^{-1}$ e 21,82 $mg.L^{-1}$, respectivamente. Os resultados obtidos foram baixos, mas semelhantes aos obtidos na literatura (ONYEWENJO, et al. 2021; PÉREZ et al. 2021; ANWAR et al. 2022; GOSH et al. 2023; TRAM et al. 2023).

Tabela 1- Concentração e percentual de biossolubilização de potássio pela estirpe isolada IA13 e pela estirpe de *Burkholderia cepacia* ATCC 25416 após 20 dias de incubação em meio Aleksandrov.

Rocha + microrganismo	Densidade de polpa (%)	Condição do processo	pH final	K (mg.L ⁻¹)	Extração (%)
SC - IA13	1	Agitado	4	1,58 ± 0,47	0,75
SC - IA13	10	Agitado	4	10,39 ± 1,99	0,49
SC - IA13	1	Estático	3	1,29 ± 0,06	0,61
SC - IA13	10	Estático	3	9,13 ± 3,54	0,43
MG - IA13	1	Agitado	5	0,82 ± 0,50	0,33
MG - IA13	10	Agitado	4	20,74 ± 2,00	0,83
MG - IA13	1	Estático	4,5	1,06 ± 0,28	0,42
MG - IA13	10	Estático	3,5	4,88 ± 0,97	0,20

Rocha + microrganismo	Densidade de polpa (%)	Condição do processo	pH final	K (mg.L ⁻¹)	Extração (%)
SC - <i>Burkholderia</i>	1	Agitado	3	1,85 ± 0,59	0,88
SC - <i>Burkholderia</i>	10	Agitado	5,5	2,35 ± 0,09	0,11
SC - <i>Burkholderia</i>	1	Estático	3	2,24 ± 0,17	1,07
SC - <i>Burkholderia</i>	10	Estático	3	2,52 ± 0,06	0,12
MG - <i>Burkholderia</i>	1	Agitado	3	2,35 ± 0,26	0,94
MG - <i>Burkholderia</i>	10	Agitado	5,5	21,82 ± 1,87	0,87
MG - <i>Burkholderia</i>	1	Estático	3,5	2,36 ± 1,52	0,94
MG - <i>Burkholderia</i>	10	Estático	4	5,26 ± 3,07	0,21

IA13: estirpe isolada; *Burkholderia cepacia* ATCC 25416 – estirpe proveniente de coleção de cultura
pH inicial: 7

No presente estudo, em todos os ensaios houve diminuição do valor pH e, conseqüentemente aumento das concentrações de potássio, sugerindo produção de ácidos orgânicos pelas estirpes testadas. A diminuição do pH promove a liberação de prótons que facilita o processo de solubilização (ZARJANI et al., 2013; PARMAR; SINDHU, 2013; GROUDEV, 1987; SATTAR et al., 2018). Os polissacarídeos podem adsorver fortemente os ácidos orgânicos e aderir à superfície do mineral, resultando em uma área de alta concentração de ácidos (LIU et al., 2012).

Em relação aos valores de porcentagem de extração de potássio obtidos nos ensaios de biossolubilização, apesar dos maiores valores de concentração de K terem sido alcançados utilizando 10% de pó de rocha, houve uma tendência de diminuição da porcentagem de extração de K com o aumento da concentração de polpa utilizada, tantos nos ensaios agitados, quanto nos ensaios estáticos, com exceção apenas do ensaio agitado utilizando a rocha proveniente de MG, na presença da estirpe isolada IA13. Isso pode ser explicado, pois apesar de os maiores valores de concentração de potássio terem sido obtidos na presença de 10% das rochas provenientes de SC e MG, o percentual de extração foi menor nestes ensaios em função da

maior quantidade de polpa no meio de cultura, e conseqüentemente maior concentração de K presente quando comparado aos ensaios em que foram utilizados 1% de pó de rocha.

Além disso, todos os ensaios conduzidos na presença dos microrganismos apresentaram percentuais de extração de potássio superiores a 200% quando comparados ao ensaio controle (dados não apresentados).

Desta forma, o presente trabalho mostrou que as estirpes bacterianas apresentaram potencial de biossolubilização de potássio *in vitro*. Com isso, serão necessários novos estudos para otimização dos ensaios, com objetivo de obter maiores valores de remoção de potássio a partir das rochas.

5. Conclusão

De acordo com os resultados obtidos, os ensaios de biossolubilização de potássio comparados aos ensaios controles, foram considerados positivos quanto à liberação de potássio no meio de cultura. Os melhores resultados encontrados foram 20,74 mg.L⁻¹ e 21,82 mg.L⁻¹ de potássio em solução na presença da estirpe isolada IA13 e da estirpe *Burkholderia*, respectivamente, com a utilização da rocha proveniente de MG. Os resultados mostraram que as estirpes bacterianas apresentaram potencial nos ensaios *in vitro*, sendo necessário ensaios complementares com o intuito de otimizar o processo para obtenção de maiores valores de remoção.

6. Agradecimentos

Agradeço ao Centro de tecnologia Mineral pela estrutura para realização dos ensaios, a orientação da Dra. Cláudia Duarte da Cunha, ao CNPq pelo apoio financeiro, a Coordenação de análises minerais (COAMI) pela realização das análises dos resultados e ao pesquisador Luiz Carlos Bertolino pelo fornecimento das amostras utilizadas no estudo.

7. Referências Bibliográficas

- ANWAR, A. R.; KUSWINANTI, A. L. T.; SYAM'UN, E. The ability of potassium-solubilizing fungi isolated from leucite potassium rock deposits. **Biodiversitas**. v. 23, n. 12, p. 6579-6586, 2022.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE ROCHAS ORNAMENTAIS. Balanço do setor brasileiro de rochas ornamentais e de revestimento em 2023. Informe 01/2024.
- ALI, A. M.; AWAD, M.; HEGAB, S. A.; ABD EL-GAWAD, A. Promoting effect of potassium solubilizing bacteria (*Bacillus cereus*) on nutrients availability and yield of potato. **Archives of Agricultural Sciences Journal**. v. 2, n. 2, p. 43-54, 2019.
- ALVES, L.; OLIVEIRA, V. L.; SILVA FILHO, G. N. Utilization of rocks and ectomycorrhizal fungi to promote growth of eucalypt. **Brazilian Journal of Microbiology**. v. 41, p. 676-684, 2010.
- AZIZAH, H.; RAHAJENG, S. M.; JATMIKO, Y. D. Isolation and screening of phosphate and potassium solubilizing endophytic bacteria in Maize (*Zea mays* L.). **The Journal of Experimental Life Science**. v. 10, n. 3, p. 165- 170, 2020.
- BASAK, B. B.; MAITY, A.; RAY, P.; BISWAS, D. R.; ROY, S. Potassium supply in agriculture through biological potassium fertilizer: A promising and sustainable option for developing countries. **Archives of Agronomy and Soil Science**. v. 68, p. 101-114, 2020.

BINDA, F.F. et al. **Friction elements based on phenolic resin and slate powder**. Journal of Materials Research and Technology, v. 9, n. 3, p. 3378-3383, 2020.

BOUBEKRI, K.; SOUMARE, A.; MARDAD, I.; LYAMLOULI, K.; HAFIDI, M.; OUHDOUCH, Y.; KOUISNI, L. The screening of potassium- and phosphate- solubilizing actinobacteria and the assessment of their ability to promote wheat growth parameters. **Microorganisms**. v. 9, n. 470, p. 1-16, 2021

BRASIL. **Ministério da Indústria Comércio Exterior e Serviços. Governo Federal. Comex Stat**. Disponível em: <http://comexstat.mdic.gov.br/pt/comex-vis>. Acesso em: mai. 2024.

CHINACHANTA, K.; SHUTSRIRUNG, A. Screening for P- and K- solubilizing and siderophore producing capacity of rhizobacteria from Khao Dawk Mali 105 Aromatic Rice. **IOP Conf. Series: Earth Environmental Science**. p. 1-13, 2021.

EPAGRI. SC: adubação com pó de rocha é barata e ecologicamente correta. Disponível em https://www.cetem.gov.br/agrominerais/noticias/2009/09_05_30_not_epagri.pdf. Acesso: 01 de Outubro, 2024.

GHOSH, S.; MONDAL, S.; SONALI BANERJEE, S.; MUKHERJEE, A.; BHATTACHARYYA, P. Temporal Dynamics of Potassium Release from Waste Mica as Influenced by Potassium Mobilizing Bacteria. **Journal of Pure and Applied Microbiology**. p. 1-16, 2023.

GROUDEV, S. N. Use of heterotrophic microorganisms in mineral biotechnology. **Acta Biotechnology**. v.17, p. 299-306, 1987.

LIU, D.; LIAN, B.; DONG, H. Isolation of *Paenibacillus* sp. and assessment of its potential for enhancing mineral weathering. **Geomicrobiology Journal**. v. 29, p. 413-421, 2012.

MEENA, V. S.; MAURYA, B. R.; VERMAC, J. P.; AEROND, A.; KUMARA, A.; KIM, K.; BAJPAIF, V. K. Potassium solubilizing rhizobacteria (KSR): isolation, identification, and K release dynamics from waste mica. **Ecological Engineering**. v. 81, p. 340-347, 2015.

MEENA V. S., BAHADUR I., MAURYA B. R., KUMAR A., MEENA R. K., MEENA S. K., VERMA J. P. Potassium-solubilizing microorganism in evergreen agriculture: Na overview. In: Meena V, Maurya B, Verma, J, Meena R (eds). **Potassium solubilizing microorganisms for sustainable agriculture**. p. 1-20, 2016.

NAIN, A.; CHAUDHARY, K.; SHARMA, C.; SHEORAN, H. Potassium solubilization in soils. **Ecofarming**. v. 3, n. 1, p. 58-63, 2023.

ONYEWENJO, S. C.; NJOKU, H. O.; IRE, F. S. Isolation and Characterization of Potassium Solubilizing Microorganism (KSM) from the Rhizosphere and Roots of Crops Indigenous to Ihiagwa-Owerri Imo State Nigeria. **International Journal of Innovative Science and Research Technology**. v. 6 n. 10, p. 736-742, 2021.

PADHAN, D.; SEN, A.; KUNDU, R.; YADAV, V. K. Potassium solubilisation in soils: mechanisms, effect on plant growth and future prospects. **Current Research in soil fertility**. AkiNik Publications. Chapter 3. p. 37-59, 2019.

PALHARES, L. B.; PAIVA, P. R. P.; SANTOS, C. G. DOS. Caracterização química e mineralógica de rejeito de ardósia através de difração de raios X para aplicação em processamento cerâmico. n. 1, p. 4929-4936, 2014

PARMAR, P.; SINDHU, S. S. The novel and efficient method for isolating potassium solubilizing bacteria from rhizosphere soil. **Geomicrobiology Journal**. v.36, n.2, p. 1-7, 2018.

SATTAR, A.; NAVEED, M.; ALI, M.; ZAHIR Z. A.; NADEEM, S. M.; YASEEN, M.; MEENA, V. S.; FAROOQ, M.; SINGH, R.; RAHMANF, M.; MEENA, H. N. Perspectives of potassium solubilizing microbes in sustainable food production system: A review. **Applied Soil Ecology**. p. 1-14, 2018.

SCHUELER, T. A.; DOURADO, M. L.; VIDEIRA, S. S.; CUNHA, C. D.; RIZZO, A. C. L. Biosolubilization of verdete: An alternative potassium source for agriculture fertilizer. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**. v. 34, p.1-6, 2021.

SOUMARE, A.; SARR, D.; DIEDHIOU, A. G. Potassium sources, microorganisms and plant nutrition: Challenges and future research directions. **Pedosphere**. v. 33, n. 1, p. 105-115, 2023.

SUN, F.; OU, Q.; WANG, N.; GUO, Z. X.; OU, Y.; LI, N.; PENG, C. Isolation and identification of potassium-solubilizing bacteria from *Mikania micrantha* rhizospheric soil and their effect on *M. micrantha* plants. **Global Ecology and Conservation**. v. 23, p. 1-9, 2020.

TRAM, D, T, T.; THANH, D. T. N.; TAM, H. M. Characterization of phosphate and potassium solubilization, and antifungal activity of bacteria isolated from rhizosphere of *Allium ascalonicum* (L.) grown in Ninh Hai district, Ninh Thuan province, Vietnam. **World Journal of Advanced Research and Reviews**, v.17, n.3, p. 18–27, 2023.

ZARJANI, J. K.; ALIASGHARZAD, N.; OUSTAN, S.; EMADI, M.; AHMADI, A. Isolation and characterization of potassium solubilizing bacteria in some Iranian soils. **Archives of Agronomy and Soil Science**. v. 59, n.12, p. 1713-1723, 2013.