البكتيريا المذيبة للبوتاسيوم

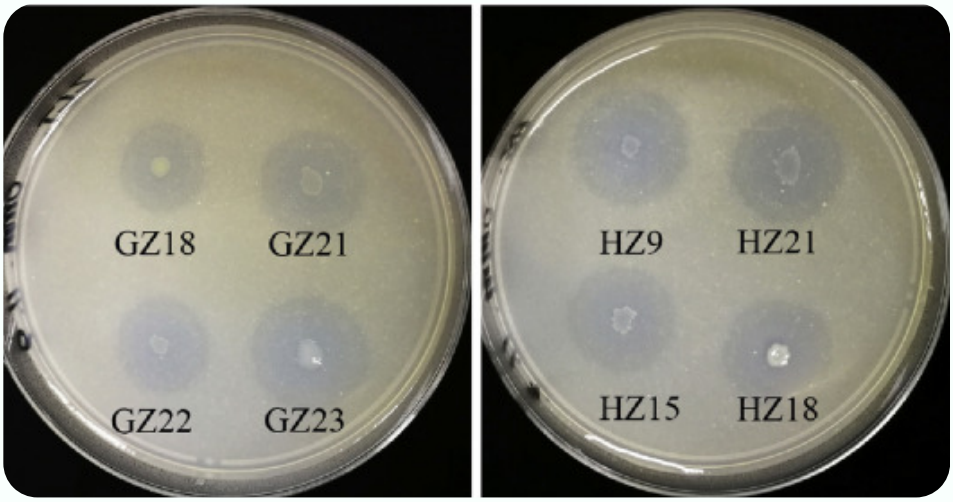
تواجه الإنتاجية الزراعية في جميع أنحاء العالم تحديات كبيرة بسبب نقص البوتاسيوم، على الرغم من احتواء التربة على احتياطيات كبيرة من البوتاسيوم الكلي. يوجد ما يقرب من 90-98% من بوتاسيوم التربة في صور غير قابلة للذوبان لا تستطيع النباتات امتصاصها مباشرة، مما يُشكل عائقًا كبيرًا في تغذية المحاصيل. تعتمد الزراعة التقليدية بشكل كبير على أسمدة البوتاسيوم الصناعية لمعالجة هذا النقص، إلا أن هذه الأسمدة باهظة الثمن، وتُشكل إشكالية بيئية، وتُشتق من احتياطيات بوتاسيوم محدودة تتركز في مناطق جغرافية قليلة. يُسهم الإفراط في استخدام أسمدة البوتاسيوم في ملوحة التربة، واختلال توازن العناصر الغذائية، وتدهور البيئة من خلال التلوث بالصرف الزراعي. وقد ظهرت البكتيريا المُذيبة للبوتاسيوم (KSB) كحل تكنولوجي حيوي مستدام يجعل البوتاسيم في صورة سهلة الإمتصاص للنبات مع تقليل الاعتماد على الأسمدة الصناعية وتقليل التلوث البيئي.

فهم ديناميكيات البوتاسيوم في التربة الزراعية

يوجد البوتاسيوم في الترب بأشكال مختلفة، بما في ذلك البوتاسيوم المرتبط بالمعادن في الفلسبار والميكا، والبوتاسيوم الثابت في الطبقات الطينية البينية، والبوتاسيوم المتبادل على غرويات التربة، والبوتاسيوم القابل للذوبان في الماء في محلول التربة. تتشكل هذه المركبات من خلال تفاعلات معقدة مع معادن التربة وهياكل الطين، مما يجعل البوتاسيوم غير متاح لجذور النباتات. البكتيريا المذيبة للبوتاسيوم هي كائنات دقيقة متخصصة قادرة على تحويل مركبات البوتاسيوم غير القابلة للذوبان إلى أشكال K^+ قابلة للذوبان يمكن للنباتات امتصاصها بسهولة. تستخدم هذه البكتيريا آليات كيميائية حيوية متعددة لتحويل البوتاسيوم المرتبط إلى صورة سهة الإمتصاص للنبات، بما في ذلك إنتاج الأحماض العضوية، وإفراز عديد السكاريد، وعمليات الاستخلاب.

تشمل سلالات KSB الأكثر فعالية أنواع *Bacillus* و*Pseudomonas* و*Burkholderia* و*Acidithiobacillus* و*Paenibacillus* و*Aspergillus*، والتي يمكنها إذابة العديد من المعادن الحاملة للبوتاسيوم. توجد هذه البكتيريا بشكل طبيعي في التربة، ولكنها غالبًا ما توجد بأعداد قليلة لا تستطيع تلبية احتياجات المحاصيل من البوتاسيوم في ظل الظروف الزراعية المكثفة. يمكن أن يؤدي التلقيح باستخدام سلالات KSB المحددة إلى زيادة توافر البوتاسيوم القابل للذوبان بنسبة 20-35% مع تحسين كفاءة دورة البوتاسيوم في التربة بشكل عام.

البكتيريا المذيبة للبوتاسيوم



بكتيريا المذيبة للبوتاسيوم تنمو على طبق بتري. تشير المناطق حول البكتيريا إلى إذابة البوتاسيوم

كيف تعمل البكتيريا المذيبة للبوتاسيوم بتحريك البوتاسيوم في التربة

1

إنتاج الأحماض العضوية

تفرز بكتيريا KSB أحماضًا عضوية متنوعة، منها حمض الستريك، وحمض الأكساليك، وحمض الطرطريك، وحمض الجلوكونيك، والتي تُخلّب وتحمّض بيئة التربة المحيطة بالمعادن الحاملة للبوتاسيوم. تُذيب عملية التحميض هذه معادن السيليكات مثل الفلسبار والميكا والإليت، مُطلقةً أيونات البوتاسيوم الحرة في محلول التربة.

2

تكوين عديدات السكاريد والأغشية الحيوية

تُنتج العديد من بكتيريا KSB عديدات سكاريد خارج الخلية، وتُشكّل أغشية حيوية على أسطح المعادن. تُشكّل هذه المواد بيئات دقيقة تُعزز تجوية المعادن من خلال الاحتفاظ بالرطوبة، وتعديل درجة الحموضة، وتركيز النشاط الإنزيمي، مما يُسهّل إطلاق البوتاسيوم من الشبكات البلورية.

3

التحلل المُركّب والاستخلاب

من خلال العمليات الأيضية، تُنتج بكتيريا KSB عوامل مُركّبة مُختلفة وحاملات حديدية ترتبط بأيونات المعادن في الهياكل المعدنية. يُزعزع هذا الاستخلاب استقرار البنية البلورية للمعادن الحاملة للبوتاسيوم، مما يسمح بإطلاق أيونات البوتاسيوم وتصبح متاحة حيويًا للنباتات.

البكتيريا المذيبة للبوتاسيوم

كيف تعمل البكتيريا المذيبة للبوتاسيوم على تحسين أداء المحاصيل

1

تحفيز نمو الجذور

يُنتج KSB غالبًا هرمونات نمو النبات، بما في ذلك الأوكسينات والجبرلينات والسيتوكينينات، مما يُعزز نمو نظام الجذر على نطاق واسع. تزيد شبكات الجذور المُحسّنة من مساحة سطح امتصاص البوتاسيوم، وتُحسّن كفاءة امتصاص العناصر الغذائية بشكل عام.

2

تحسين كفاءة استخدام المياه

يُحسّن توافر البوتاسيوم بوساطة KSB بشكل مباشر من علاقة النبات بالماء من خلال تحسين تنظيم الثغور والتوازن الأسموزي. وهذا يُؤدي إلى تحمّل أفضل للجفاف وزيادة كفاءة استخدام المحاصيل للمياه.

3

تحسين تحمل الإجهاد

يُعزز البوتاسيوم الكافي الذي يُوفره KSB قدرة النبات على مواجهة مختلف الضغوط البيئية، بما في ذلك ضغط الأمراض، والركود، ودرجات الحرارة القصوى. تُطوّر النباتات المُغذّاة جيدًا جدرانًا خلوية أقوى، وتُحسّن تخليق البروتين، وتُحسّن كفاءة التمثيل الضوئي.

يحتوي السماد الحيوي نوفابلس على بكتيريا تعمل على إذابة البوتاسيوم مما يعزز نمو المحاصيل، مثل البطاطس.

البكتيريا المذيبة للبوتاسيوم

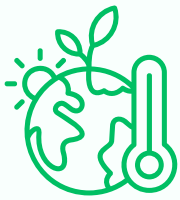
فوائد تطبيق البكتيريا المذيبة للبوتاسيوم

الإدارة المستدامة للبوتاسيوم: أثبتت الدراسات أن تلقيح KSB يمكن أن يقلل من متطلبات أسمدة البوتاسيوم الصناعية بنسبة 30-50% مع الحفاظ على غلة المحاصيل أو تحسينها. ويعالج هذا التخفيض التحدي الحاسم المتمثل في محدودية احتياطي البوتاس مع الحفاظ على الإنتاجية الزراعية.

تحسين صحة التربة: يُحسّن KSB النشاط البيولوجي للتربة، ويزيد من التنوع الميكروبي، ويعزز عمليات دورة المغذيات. تُنشئ هذه التحسينات أنظمة بيئية أكثر مرونة للتربة، تدعم بشكل أفضل الاستدامة الزراعية طويلة الأجل وتحافظ على سلامة بنية التربة.

حماية البيئة: من خلال تقليل استخدام أسمدة البوتاسيوم، يُقلل KSB من جريان المغذيات وتسربها، مما يُسهم في تدهور جودة المياه. كما يُقلل تقليل استخدام الأسمدة من الأثر البيئي المرتبط باستخراج البوتاس ومعالجته ونقله.

الكفاءة الاقتصادية: يُوفر KSB تغذية بوتاسيوم فعالة من حيث التكلفة من خلال استخدام احتياطيات البوتاسيوم الموجودة في التربة بدلاً من الحاجة إلى مدخلات خارجية باهظة الثمن. يُقلل هذا النهج من تكاليف الإنتاج مع تحسين رأس مال بوتاسيوم التربة للمحاصيل المستقبلية.



التخفيف من آثار تغير المناخ: يُقلل تقليل إنتاج ونقل أسمدة البوتاسيوم من انبعاثات غازات الاحتباس الحراري المرتبطة بإدارة البوتاسيوم الزراعي. يساهم تعزيز نشاط الميكروبات في التربة وتحسين تحلل بقايا المحاصيل في احتجاز الكربون والتخفيف من آثار تغير المناخ.

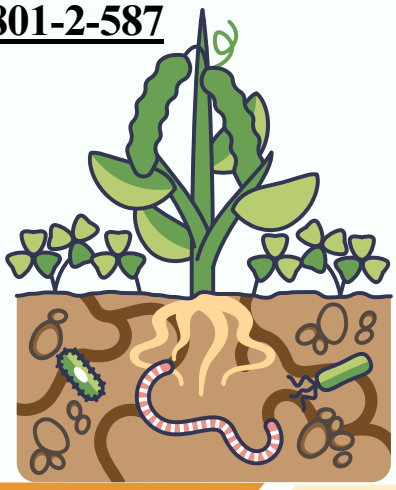
البكتيريا المذيبة للبوتاسيوم

المراجع

Etesami, H., Emami, S., & Alikhani, H. A. (2017). Potassium solubilizing bacteria (KSB): Mechanisms, promotion of plant growth, and future prospects—A review. Journal of Soil Science and Plant Nutrition, 17(4), 897-911. Alori, E. T., Glick, B. R., & Babalola, O. O. (2017). Microbial phosphorus solubilization and its potential for use in sustainable agriculture. Frontiers in Microbiology, 8, 971. https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.00971

Meena, V. S., Maurya, B. R., Verma, J. P., & Meena, R. S. (2016). Potassium solubilizing microorganisms for sustainable agriculture. Springer India. Kalayu, G. (2019). Phosphate solubilizing microorganisms: promising approach as biofertilizers. International Journal of Agronomy, 2019, 4917256. https://doi.org/10.1155/2019/4917256

Parmar, P., & Sindhu, S. S. (2013). Potassium solubilization by rhizosphere bacteria: influence of nutritional and environmental conditions. Journal of Microbiology Research, 3(1), 25-31. Sharma, S. B., Sayyed, R. Z., Trivedi, M. H., & Gobi, T. A. (2013). Phosphate solubilizing microbes: sustainable approach for managing phosphorus deficiency in agricultural soils. SpringerPlus, 2(1), 587. https://doi.org/10.1186/2193-1801-2-587



Potassium Solubilizing Bacteria

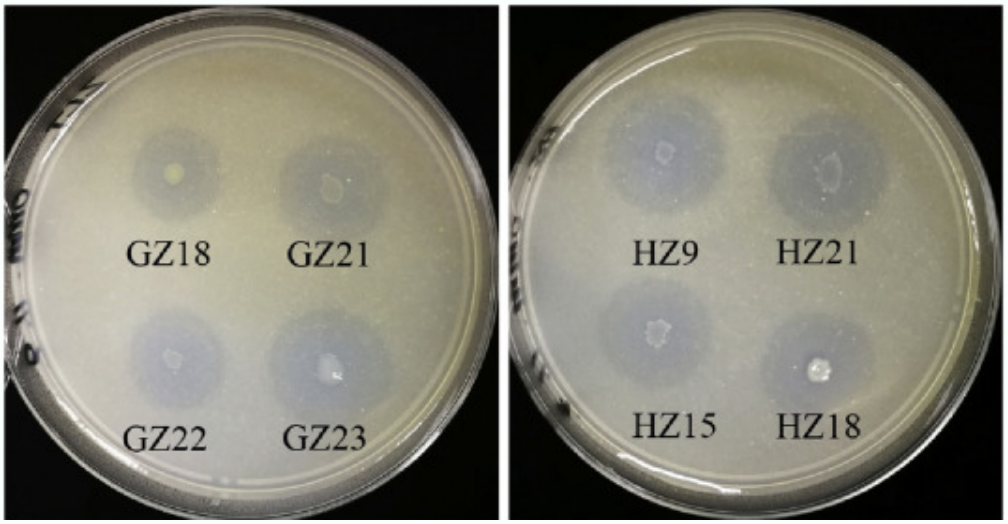
Agricultural productivity worldwide faces significant challenges due to potassium deficiency, despite soils containing substantial reserves of total potassium. Approximately 90-98% of soil potassium exists in insoluble forms that plants cannot directly absorb, creating a critical limitation in crop nutrition. Conventional agriculture depends heavily on synthetic potassium fertilizers to address this deficiency, but these fertilizers are expensive, environmentally problematic, and derived from finite potash reserves concentrated in only a few geographical regions. The excessive use of potassium fertilizers contributes to soil salinity, nutrient imbalances, and environmental degradation through runoff. Potassium Solubilizing Bacteria (KSB) have emerged as a sustainable biotechnological solution that mobilizes soil-bound potassium while reducing dependence on synthetic fertilizers and minimizing environmental impact.

Understanding Potassium Dynamics in Agricultural Soils

Potassium exists in soils in various forms, including mineral-bound potassium in feldspars and micas, fixed potassium in clay interlayers, exchangeable potassium on soil colloids, and water-soluble potassium in soil solution. These compounds form through complex interactions with soil minerals and clay structures that render potassium unavailable to plant roots. Potassium Solubilizing Bacteria are specialized microorganisms capable of converting insoluble potassium compounds into soluble K^+ forms that plants can readily absorb. These bacteria employ multiple biochemical mechanisms to mobilize bound potassium, including organic acid production, polysaccharide secretion, and chelation processes.

The most effective KSB strains include Bacillus, Pseudomonas, Burkholderia, Acidithiobacillus, Paenibacillus, and Aspergillus species, which can solubilize various potassium-bearing minerals. These bacteria naturally occur in soil but often exist in low populations that cannot meet crop potassium demands under intensive agricultural conditions. Inoculation with selected KSB strains can increase soluble potassium availability by 20-35% while improving overall soil potassium cycling efficiency.

Potassium Solubilizing Bacteria



Potassium solubilizing bacteria growing on a petridish. Zones around bacteria indicate Potassium solubilization

How Potassium Solubilizing Bacteria Mobilize Soil Potassium

1

Organic Acid Production

KSB secrete various organic acids, including citric acid, oxalic acid, tartaric acid, and gluconic acid, which chelate and acidify the soil environment surrounding potassium-bearing minerals. This acidification process dissolves silicate minerals such as feldspars, micas, and illites, releasing free potassium ions into the soil solution.

2

Polysaccharide and Biofilm Formation

Many KSB produce extracellular polysaccharides and form biofilms on mineral surfaces. These substances create microenvironments that enhance mineral weathering through moisture retention, pH modification, and concentrated enzyme activity, facilitating potassium release from crystal lattices.

3

Complexolysis and Chelation

Through metabolic processes, KSB produce various complexing agents and siderophores that bind to metal ions in mineral structures. This chelation destabilizes the crystal structure of potassium-bearing minerals, allowing potassium ions to be released and become bioavailable to plants.

Potassium Solubilizing Bacteria

How Potassium Solubilizing Bacteria Enhance Crop Performance

1

Root Development Stimulation

KSB often produce plant growth hormones, including auxins, gibberellins, and cytokinins, which promote extensive root system development. Enhanced root networks increase the surface area for potassium absorption and improve overall nutrient uptake efficiency.

2

Water Use Efficiency Improvement

KSB-mediated potassium availability directly enhances plant water relations by improving stomatal regulation and osmotic balance. This results in better drought tolerance and more efficient water utilization by crops.

3

Stress Tolerance Enhancement

Adequate potassium nutrition provided by KSB enhances plant resilience to various environmental stresses, including disease pressure, lodging, and extreme temperatures. Well-nourished plants develop stronger cell walls, improved protein synthesis, and more efficient photosynthesis.

The NovaPlus biofertilizer includes potassium solubilizing bacteria that promote the growth of crops, such as potatoes.

Potassium Solubilizing Bacteria

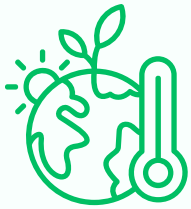
Benefits of Potassium Solubilizing Bacteria Implementation

Sustainable Potassium Management: Studies have demonstrated that KSB inoculation can reduce synthetic potassium fertilizer requirements by 30-50% while maintaining or improving crop yields. This reduction addresses the critical challenge of potash reserve limitations while maintaining agricultural productivity.

Soil Health Enhancement: KSB improve soil biological activity, increase microbial diversity, and enhance nutrient cycling processes. These improvements create more resilient soil ecosystems that can better support long-term agricultural sustainability and maintain soil structural integrity.

Environmental Protection: By reducing potassium fertilizer applications, KSB minimize nutrient runoff and leaching that contribute to water quality degradation. Lower fertilizer use also reduces the environmental impact associated with potash mining, processing, and transportation.

Economic Efficiency: KSB provide cost-effective potassium nutrition by utilizing existing soil potassium reserves rather than requiring expensive external inputs. This approach reduces production costs while improving soil potassium capital for future crops.



Climate Change Mitigation: Reduced potassium fertilizer production and transportation decrease greenhouse gas emissions associated with agricultural potassium management. Enhanced soil microbial activity and improved crop residue decomposition further contribute to carbon sequestration and climate change mitigation.

Potassium Solubilizing Bacteria

References

Etesami, H., Emami, S., & Alikhani, H. A. (2017). Potassium solubilizing bacteria (KSB): Mechanisms, promotion of plant growth, and future prospects —A review. Journal of Soil Science and Plant Nutrition, 17(4), 897-911. Alori, E. T., Glick, B. R., & Babalola, O. O. (2017). Microbial phosphorus solubilization and its potential for use in sustainable agriculture. Frontiers in Microbiology, 8, 971. https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.00971

Meena, V. S., Maurya, B. R., Verma, J. P., & Meena, R. S. (2016). Potassium solubilizing microorganisms for sustainable agriculture. Springer India. Kalayu, G. (2019). Phosphate solubilizing microorganisms: promising approach as biofertilizers. International Journal of Agronomy, 2019, 4917256. https://doi.org/10.1155/2019/4917256

Parmar, P., & Sindhu, S. S. (2013). Potassium solubilization by rhizosphere bacteria: influence of nutritional and environmental conditions. Journal of Microbiology Research, 3(1), 25-31. Sharma, S. B., Sayyed, R. Z., Trivedi, M. H., & Gobi, T. A. (2013). Phosphate solubilizing microbes: sustainable approach for managing phosphorus deficiency in agricultural soils. SpringerPlus, 2(1), 587. https://doi.org/10.1186/2193-1801-2-587