

## 马铃薯小块茎对田间使用植物生长促进细菌的反应

Ali Nasiiri

大不里士伊斯兰阿扎德大学大不里士分校青年研究员和精英俱乐部 伊朗

**【摘要】**微型薯的影响。采用基于 RCBD（完全随机区组设计）的因子设计，对三个马铃薯品种进行研究，每个因子设置两个因素，重复三次。这些因素包括马铃薯品种（Agria、Caeser、Banba）的微型薯和 PGPR（未接种 PGPR 和接种假单胞菌、固氮螺菌）脂杆菌和固氮菌 chroococcum）。试验结果表明，施用固氮螺菌对 Agria 和 Banba 品种的块茎数量有显著影响，而施用假单胞菌对 Banba 品种的块茎数量影响显著。施用固氮螺菌的 Agria 和 Caeser 品种的块茎重量最高，施用 Agria 的块茎干重最高。施用 A. chroococcum 对 Agria 品种的茎部鲜重影响最为显著。基于本研究结果，施用固氮螺菌对 Agria 品种的块茎鲜重影响最大。在马铃薯种植中使用脂铁蛋白细菌可以提高马铃薯产量。

**【关键词】**微型薯；固氮螺菌脂铁蛋白；色球固氮菌；恶臭假单胞菌；马铃薯

**【收稿日期】**2025 年 4 月 13 日

**【出刊日期】**2025 年 6 月 13 日

**【DOI】**10.12208/j.ijbor.20250005

### The response of potato minitubers to the use of plant growth promoting bacteria in field conditions

Ali Nasiiri

Young Researchers and Elite Club, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran.

**【Abstract】**In recent decades, Plant Growth Promoting Bacteria (PGPRs) have been widely utilized as an environmentally friendly achievement that enhances soil fertility without causing pollution, ultimately increasing plant production. This experiment aimed to investigate the effect of growth-promoting bacteria on minitubers of three potato cultivars in a factorial design based on RCBD (completely randomized block design), using two factors in three replications. These factors included minitubers of potato cultivars (Agria, Caeser, Banba) and PGPRs (without PGPRs and PGPRs inoculation including *Pseudomonas putida*, *Azospirillum lipoferum*, and *Azetobacter chroococcum*). Experiment results indicated that the application of A. lipoferum significantly impacted the number of tubers in cv. Agria and Banba, while P. putida had a notable effect on the number of tubers in cv. Banba. The highest tuber weight was achieved in cv. Agria and Caeser and the highest dry weight of tubers were observed in the cv. Agria with the application of A. lipoferum. The application of A. chroococcum had the most significant influence on the Fresh weight of shoots in the cv. Agria. Based on the findings of this study, the utilization of *Azospirillum lipoferum* bacteria in potato cultivation could lead to an increase in potato yield.

**【Keywords】**Minitubers; *Azospirillum lipoferum*; *Azetobacter chroococcum*; *Pseudomonas putida*; Potato

#### 1 简介

马铃薯 (*Solanum tuberosum* L.) 被公认为全球最重要、最具成本效益和最有价值的食品之一。马铃薯消费在 130 个国家/地区盛行，全球约有四分之三的人口居住在这些国家/地区，全球人口超过 10 亿<sup>[1]</sup>。过去，马铃薯是通过块茎繁殖的。目前，马铃薯种子生产是通过微块茎和微型块茎实现的，

这是一个重大进步。这不仅缩短了生产和收益周期，而且还通过为农民提供优质种子来提高产量<sup>[2]</sup>。食品安全问题是一项重大的全球挑战，而农业领域的一个重要目标是不断提高高质量农产品的产量及其加工和保存水平<sup>[3]</sup>。为了提高农业生产力，必须以最佳标准为指导，合理使用矿物肥料，

\*通讯作者: Ali Nasiiri

注: 本文于 2023 年发表在 International Journal of Food Science and Agriculture 期刊 7 卷 3 期，为其授权翻译版本。

以提高土壤肥力并促进作物高产<sup>[4]</sup>。在当代农业实践中,生物肥料的使用因其在提高作物产量、保持土壤肥力和促进可持续农业实践方面的作用而具有显著的重要性<sup>[5]</sup>。植物生长促进细菌通过合成生长素、玉米素、赤霉素、固氮和铁溶解,在促进植物生长和促进必需营养物质的公平分配方面发挥着关键作用,而这些功能在根际发挥着<sup>[6]</sup>。这些微生物有效地改善了有机碳含量、水分成分、土壤酸度、碱度和土壤孔隙度<sup>[7]</sup>。为了最大限度地发挥生物肥料对植物生长和产量的影响,合理使用具有高效率的合适微生物菌株至关重要<sup>[8]</sup>。在本研究中,使用了三种细菌类型,即固氮螺菌、固氮菌和假单胞菌。多项报告已阐明上述细菌对马铃薯植株生长的影响。值得注意的是,固氮螺菌属(*Azospirillum*)是一种独特的促生菌,它能够显著促进马铃薯内微菌落的生长和发育,尤其是在受控的实验室条件下<sup>[9]</sup>。此外,大量文献已证实,同时施用色球固氮菌(*Azotobacter chroococcum*)以及假单胞菌等解磷细菌对马铃薯植株生长有显著

影响<sup>[10]</sup>。本研究旨在探究促生菌对田间条件下三个马铃薯品种生长和生长的影响。

## 2 方法和材料

本研究于 2021-2022 年在阿尔达比勒农业和自然资源中心进行。试验地点属半干旱寒冷气候。冬季气温通常在零度以下。海拔高度为 1350 米,经度和纬度分别为 20°48'和 15°38'。年平均最低气温、最高气温和绝对最高气温分别为 1.98、15.8 和 21.58 摄氏度,年平均降雨量为 291 毫米<sup>[11]</sup>。试验采用完全随机区组设计的析因设计,设置三个重复,两个因素。第一个因素包括三个品种的微型块茎: *Agria*、*Caeser* 和 *Banba* (表 1), 第二个因素有四个水平,分别为不添加和使用促生长菌,包括固氮螺菌 *lipoferum* 菌株、假单胞菌 169 菌株和 *Azetobacter chroococcum* 5 菌株。将微型薯单独浸没在菌悬液中 20 分钟进行细菌接种,然后转移至主种植基质中。施肥情况如下:根据土壤分析,施用 25%硫酸钾肥料 1 次,15%磷酸铵肥料 2 次,30%硝酸铵肥料 3 次(表 2)。

表 1 马铃薯品种规格

| 品种   | 规格   |     |     |    |     |     |     |
|------|------|-----|-----|----|-----|-----|-----|
|      | 块茎形态 | 肤色  | 肉色  | 眼深 | 成熟  | 收获率 | 干物质 |
| 阿格里亚 | 椭圆形  | 奶油状 | 亮黄色 | 浅的 | 晚的  | 高的  | 中到高 |
| 马巴   | 椭圆形  | 黄色的 | 淡黄色 | 浅的 | 中早  | 非常高 | 中等的 |
| 凯撒   | 椭圆形  | 奶油状 | 淡黄色 | 很浅 | 中等的 | 高的  | 中到高 |

表 2 田间试验土壤分析结果

| 土壤特性 |        |       |     |      |     |      |      |      |       |       |
|------|--------|-------|-----|------|-----|------|------|------|-------|-------|
| 镁    | 钙      | 磷     | 钾   | 特殊行动 | OC  | TNV  | 总氮   | pH   | EC    | 土壤质地  |
|      | (百万分率) |       |     |      | (%) |      |      |      | (秒/米) |       |
| 6/59 | 6/68   | 9月17日 | 433 | 51   | 1/2 | 8/95 | 0/14 | 7/80 | 1/084 | 粉质粘壤土 |

表 3 马铃薯品种与 PGPR 效应的方差分析

| MS        |     |         |              |            |             |
|-----------|-----|---------|--------------|------------|-------------|
| S.O.V.    | 自由度 | 块茎数量    | 块茎重量         | 块茎干重       | 嫩枝鲜重        |
| 复制        | 2   | 194/0   | 2655/188**   | 112/363**  | 581/021ns   |
| 品种(A)     | 2   | 3/241** | 173027/896** | 7386/783** | 29543/063** |
| PGPRs (B) | 3   | 3/111*  | 23706/063**  | 2169/145** | 2169/145**  |
| A*B       | 6   | 4/796** | 18208/646**  | 747/435**  | 747/435**   |
| 错误        | 24  | 0/285   | 209/551      | 8/686      | 7/243       |
| C.V.(%)   | —   | 18/14   | 2/41         | 2/37       | 2/09        |

施肥方案包括将 25%硝酸铵、50%磷酸铵和全部硫酸钾混合，放入挖好的沟中，并用 5 厘米厚的田间土壤覆盖。随后，将微型薯置于土床上，并用约 5 厘米厚的土壤覆盖。种植日期为 4 月 20 日。种植和田间准备按照 Farn 等人<sup>[12]</sup>建立的方法进行。田间研究的性状包括单株块茎数量和重量、块茎干重、株高以及单株茎鲜重。这些性状在生长期和收获后随机选取并测量。使用 SAS 软件对实验数据进行方差分析，并使用 MSTATC 软件基于 LSD 检验进行均值比较。

### 3 结果与讨论

ns、\*和\*\*分别在 5%和 1%的概率水平上不显著和显著。

### 4 块茎数量

平方米块茎数量的影响显著 ( $P < 0.01$ ) (表 3)。根据均值比较结果，用 *A. lipoferum* 处理的 Agria 和 Banba 品种每平方米块茎数量最高，均值分别为

24.89 和 24。同样，用 *P.putida* 处理的 Banba 品种每平方米块茎数量最高，均值为 24.70，超过了接种 *Azetobacter* 的品种。*chroococcum* 细菌和对照组 (图 1)。微生物产生的生长素激素可刺激发芽、加速根系生长、改变根系结构并促进根系发育<sup>[13]</sup>。已证实外用生长素可增强马铃薯块茎发育阶段的块茎形成并提高生长素生物合成基因的表达水平<sup>[14]</sup>。有报道的数据表明，接种固氮螺菌 SPP 细菌后，马铃薯块茎的数量可增加 45%<sup>[15]</sup>。假单胞菌 SPP 细菌被认为是土壤中不溶性磷酸盐最有效的溶解剂之一<sup>[16]</sup>。考虑到磷在调节马铃薯块茎数量方面的重要作用，尤其是在早期生长阶段和块茎成熟期<sup>[17]</sup>。在本实验中，假单胞菌很可能通过加速植物对磷的获取发挥了其最重要的影响，仅导致块茎数量增加，而不会影响其重量。在另一项试验中，施用假单胞菌可提高马铃薯的产量<sup>[15]</sup>。

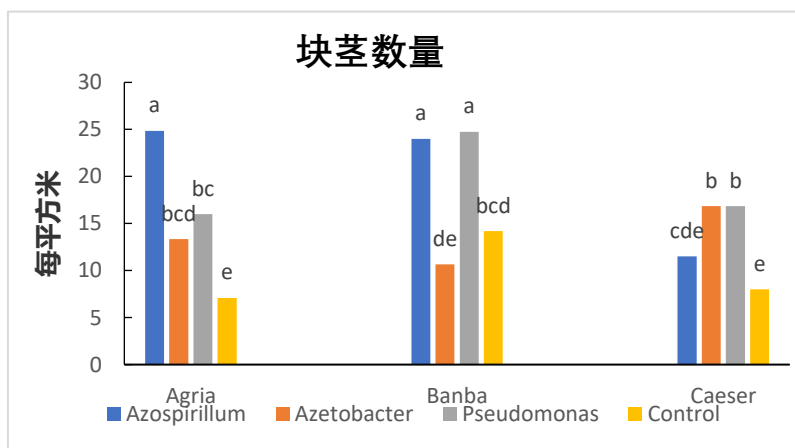


图 1 品种和细菌对块茎数量影响的相互作用

在 LSD 中，至少有一个字母相同的每一列的平均值在 5%的概率下没有显著差异。

### 5 块茎的重量

品种与 PGPRs 在块茎重量属性上的相互作用显著， $P < 0.01$  (表 3)。均值检验表明，与施用恶臭假单胞菌 (*P.putida*)、色球假单胞菌 (*A. chroococcum*) 和对照相比，施用 *A. lipoferum* 对增加植物块茎重量具有显著影响。在 Agria 品种的块茎重量最高，为 800 克，其次是 Caesar 品种，为 790 克 (图 2)。固氮螺菌的两个特性固氮螺菌属细菌的主要功能是固氮和产生植物激素<sup>[19]</sup>。氮水平升高有助于植物的生

长、发育以及光合产物从源头到库头的运输，从而提高植物的生产性能<sup>[20]</sup>。接种固氮螺菌固氮螺菌属细菌主要通过促进生长物质 (尤其是生长素) 的运输来促进根系生长、水分吸收和矿物质吸收，从而实现这些作用。除生长素外，该属细菌还能运输其他激素，例如细胞分裂素和赤霉素。此外，这些细菌产生的一氧化氮也是刺激植物侧根生长的关键因素<sup>[21]</sup>。在田间试验中，马铃薯接种了固氮螺菌据报道，与对照组相比，施用根结线虫病细菌可使块茎重量增加 30%<sup>[22,23]</sup>。在 LSD 中，至少有一个字母相同的每一列的平均值在 5%的概率下没有显著差异。

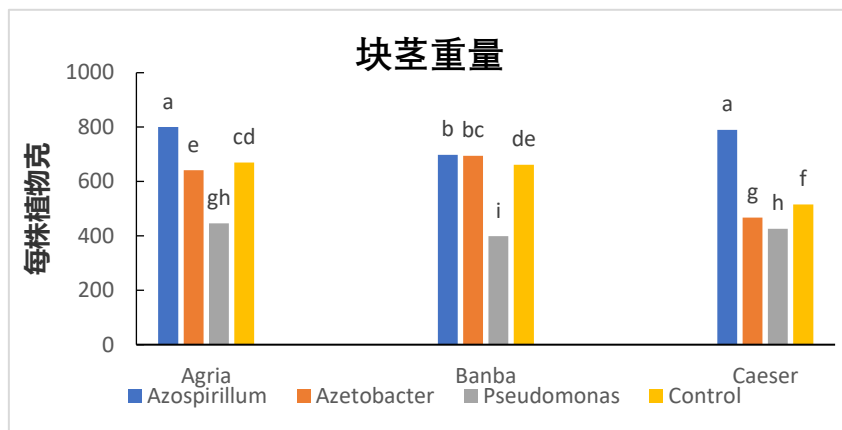


图2 品种和细菌对块茎重量的相互作用

## 6 块茎干重

在 1% 的概率水平上，品种和 PGPRs 之间的相互作用对每株植物块茎干重（克）存在统计学显著影响（表 3）。均值比较表明，与细菌 *P. putida*、*A. chroococcum* 和对照相比，施用 *A. lipoferum* 细菌对增加块茎干重具有显著影响。通过上述处理，Agria 品种的块茎干重最高，平均为 169.9 克（图 3）。*Azospirillum* 的一项功能是产生脱落酸。*lipoferum*<sup>[24]</sup>。据报道，脱落酸激素能促进物质向目

的地的运输。在光合作用物质积累期间，目的地的脱落酸水平会增加，这表明脱落酸和生长素可能通过调节相对蔗糖吸收量来影响相对目的地的吸收能力<sup>[25]</sup>。此外，脱落酸含量的变化会导致髓部淀粉合成和积累的增强，以及皮层中这些过程的中断。据报道，施用固氮螺菌可以增加马铃薯干重。在田间和实验室条件下（也称为体外条件）对某些菌株进行研究<sup>[23]</sup>。

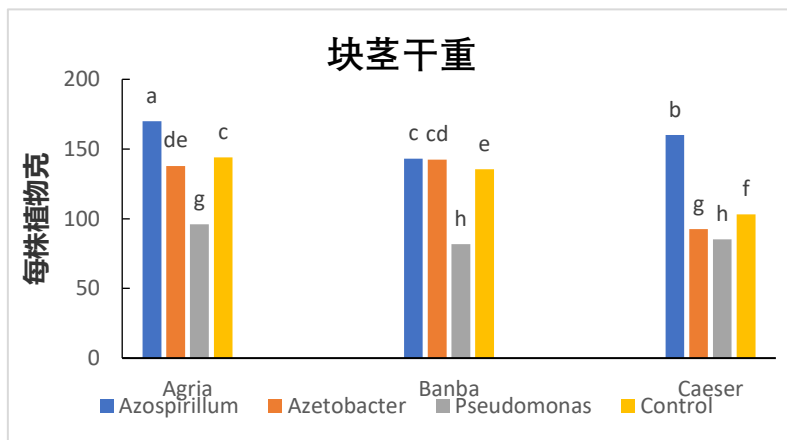


图3 品种与细菌对块茎干重的相互作用

在 LSD 中，至少有一个字母相同的每一列的平均值在 5% 的概率下没有显著差异。

## 7 嫩枝鲜重

品种和 PGPR 的相互作用对枝条鲜重的影响在 1% 的概率水平上显著（表 3）。枝条鲜重的比较（图 4）表明，使用 *A. chroococcum* 对增加 cv. Agria 的叶片重量有积极作用，该品种的平均每株叶片重量为 569 克，但 cv. Banba 和 Caesar 也采用同样的方法。这种处理方法不正确；因此，枝条鲜重最低的品种

是使用 *A. chroococcum* 处理的 cv. Caesar，平均每株叶片重量为 289 克。受 *A. lipoferum* 影响的品种通常比对照品种具有更多的枝条重量。在这一组中，cv. Agria 位居榜首，平均为 536 克，所有使用 *P. putida* 处理的品种与对照品种相比，枝条重量均较低。除了固氮作用外，固氮菌还能产生维生素（如硫胺素和核黄素），以及释放促生长物质（如吲哚-3-乙酸（IAA）、赤霉素和细胞分裂素）来促进植物生长和性能<sup>[27]</sup>。用固氮菌处理种子后，植物生长发育不仅会

发生显著变化，而且人们认识到，由于稳定期植物激素合成受限，激素特性不能仅仅归因于加速生长。因此，有人建议应考虑固氮菌中存在的其他重要指标，并且整体生长进程应归因于该细菌的所有可用机制<sup>[28]</sup>。考虑到这一点，以及该细菌对增加芽生长的影响，这可能是由于固氮作用。一些研究表明，固

氮菌在固氮方面处于极佳状态<sup>[29]</sup>。关于氮的作用，有研究表明，低氮水平不仅会导致产量下降，还会导致叶面积减少，进而导致块茎减小。另一方面，过量的氮会导致块茎以外植物部位干物质产量增加<sup>[30]</sup>。

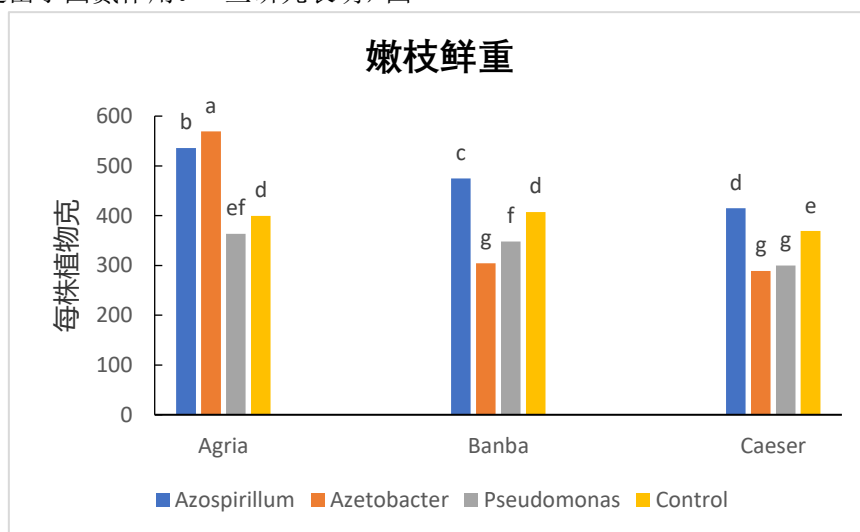


图4 品种和细菌对芽鲜重的相互作用

在LSD中，至少有一个字母相同的每一列的平均值在5%的概率下没有显著差异。

## 8 结论

在实现农业可持续发展的可用工具中，生物有机肥发挥着重要作用。这是因为它们具备土壤所需的所有特性，并对土壤的物理、化学和生化性质产生有益的影响。用生物有机肥替代矿物肥料和有机肥料可以显著提高干物质产量。此外，在贫瘠地区施用这些肥料还能增加土壤有机质，并增强土壤对微量营养素的吸收。施用这些肥料无需大量的资本投入和劳动力，即可提高农业产量和质量。此外，这些生物有机肥还可以通过减少污染物来促进环境修复。根据这项研究的结果，细菌 *A. lipoferum* OF 对增加块茎数量和重量的影响最大，而细菌 *A. chroococcum* 对增加 Agria 品种的地上部重量的影响最为显著。

## 参考文献

- [1] I. FAO. "WFP. strengthening the enabling environment for food security and nutrition." Rome: FAO, pp. 2014, 2014.
- [2] A. Nasiri, M. Yarnia, D. Hassanpanah, F. Farahvash, and E. Khalilvand. "The response of different potato cultivars

to plant growth-promoting rhizobacteria (PGPRs) and chemical fertilizers in aeroponic culture conditions." *Journal of Plant Nutrition*, 2022, pp. 1-11.

- [3] A. A. Adedayo, O. O. Babalola, C. Prigent-Combaret, C. Cruz, M. Stefan, F. Kutu, and B. R. Glick. "The application of plant growth-promoting rhizobacteria in *Solanum lycopersicum* production in the agricultural system: A review." *PeerJ*, vol. 10, pp. e13405, 2022.
- [4] I. A. Uzakbaevna. "The Effect of Unconventional Fertilizers on the Growth and Development of Cotton." *International Journal on Integrated Education*, vol. 5, no. 6, pp. 226-229, 2022.
- [5] F. Hassani, M. Ardakani, A. Asgharzade, F. Paknezhad, and A. Hamidi. "Efficiency of mycorrhizal fungi and phosphate solubilizing bacteria on phosphorus uptake and chlorophyll index in potato plants." *Int J Biosci*, vol. 4, no. 1, pp. 244-251, 2014.
- [6] P.-A. Noceto, P. Bettenfeld, R. Boussageon, M. Hériché, A. Sportes, D. van Tuinen, P.-E. Courty, and D. Wipf. "Arbuscular mycorrhizal fungi, a key symbiosis in the development of quality traits in crop production, alone or

- combined with plant growth-promoting bacteria.” *Mycorrhiza*, vol. 31, no. 6, pp. 655-669, 2021.
- [7] A. Jaiswar, D. Varshney, V. Kaushik, N. Sharma, and A. Bedi. “Plant-Associated Bacteria in Ecosystems Functioning and Sustainability.” *Microbial Bioremediation: Sustainable Management of Environmental Contamination*, pp. 265-281, Springer, 2022.
- [8] K. Kumawat, P. Sharma, I. Singh, A. Sirari, and B. Gill. “Co-existence of *Leclercia adecarboxylata* (LSE-1) and *Bradyrhizobium* sp. (LSBR-3) in nodule niche for multifaceted effects and profitability in soybean production.” *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, vol. 35, pp. 1-17, 2019.
- [9] O. V. Tkachenko, N. V. Evseeva, K. Y. Kargapolova, A. Y. Denisova, N. N. Pozdnyakova, A. A. Kulikov, and G. L. Burygin. “Rhizobacteria Increase the Adaptation Potential of Potato Microclones under Aeroponic Conditions.” *Microorganisms*, vol. 11, no. 7, pp. 1866, 2023.
- [10] S. Dash, and R. Jena. “Biofertilizer options in nutrient management of potato.” *Growth*, vol. 4, no. 1, 2015.
- [11] G. Shahgholi, M. Latifi, B. Imani, and N. Farrokhi. “Determination of the creep behavior of potato tubers during storage period by means of uniaxial and triaxial creep tests.” *Food Science & Nutrition*, vol. 8, no. 4, pp. 1857-1863, 2020.
- [12] I. Farran, and A. M. Mingo-Castel. “Potato minituber production using aeroponics: effect of plant density and harvesting intervals.” *American Journal of Potato Research*, vol. 83, no. 1, pp. 47-53, 2006.
- [13] V. J. Szilagyi-Zechin, A. C. Ikeda, and Á. F. Mógor. “Alteraciones bioquímicas y de desarrollo de dos cultivares de tomate bajo la inoculación de diferentes dosis de *Bacillus* spp.” *Idesia (Arica)*, vol. 40, no. 1, pp. 59-66, 2022.
- [14] G. Rubio, J. Zhu, and J. P. Lynch. “A critical test of the two prevailing theories of plant response to nutrient availability.” *American Journal of Botany*, vol. 90, no. 1, pp. 143-152, 2003.
- [15] T. Tien, M. Gaskins, and D. Hubbell. “Plant growth substances produced by *Azospirillum brasilense* and their effect on the growth of pearl millet (*Pennisetum americanum* L.).” *Appl. Environ. Microbiol.*, vol. 37, no. 5, pp. 1016-1024, 1979.
- [16] T. Naqqash, S. Hameed, A. Imran, M. K. Hanif, A. Majeed, and J. D. van Elsas. “Differential response of potato toward inoculation with taxonomically diverse plant growth promoting rhizobacteria.” *Frontiers in plant science*, vol. 7, pp. 144, 2016.
- [17] B. G. Hopkins, D. A. Horneck, and A. E. MacGuidwin. “Improving phosphorus use efficiency through potato rhizosphere modification and extension.” *American Journal of Potato Research*, vol. 91, pp. 161-174, 2014.
- [18] P. Bakker, J. Lamers, A. Bakker, J. Marugg, P. Weisbeek, and B. Schippers. “The role of siderophores in potato tuber yield increase by *Pseudomonas putida* in a short rotation of potato.” *Netherlands Journal of Plant Pathology*, vol. 92, pp. 249-256, 1986.
- [19] G.-Q. Tao, D. S. Letham, J. W. Yong, K. Zhang, P. C. John, O. Schwartz, S. C. Wong, and G. D. Farquhar. “Promotion of shoot development and tuberisation in potato by expression of a chimaeric cytokinin synthesis gene at normal and elevated CO<sub>2</sub> levels.” *Functional Plant Biology*, vol. 37, no. 1, pp. 43-54, 2010.
- [20] B. Etemad, and M. Sarajuoghi. “Study of the effect of different levels and application timing of nitrogen fertilizer on yield and number of potato tuber of Agria in Ghorveh, Iran.” *Annals of Biological Research*, vol. 3, no. 3, pp. 1385-1387, 2012.
- [21] C. Parker, and P. Scutt. “The effect of oxygen on nitrogen fixation by *Azotobacter*.” *Biochimica et biophysica acta*, vol. 38, pp. 230-238, 1960.
- [22] A. M. Fernandes, J. A. da Silva, J. A. M. Eburneo, M. Leonel, F. G. d. S. Garreto, and J. G. d. S. Nunes. “Growth and Nitrogen Uptake by Potato and Cassava Crops Can Be Improved by *Azospirillum brasilense* Inoculation and Nitrogen Fertilization.” *Horticulturae*, vol. 9, no. 3, pp. 301, 2023.
- [23] T. Naqqash, K. A. Malik, A. Imran, S. Hameed, M. Shahid, M. K. Hanif, A. Majeed, M. J. Iqbal, M. M. Qaisrani, and

- J. D. van Elsas. "Inoculation With *Azospirillum* spp. Acts as the Liming Source for Improving Growth and Nitrogen Use Efficiency of Potato." *Frontiers in Plant Science*, vol. 13, pp. 929114, 2022.
- [24] L. Mariotti, A. Scartazza, M. Curadi, P. Picciarelli, and A. Toffanin. "Azospirillum baldaniorum Sp245 induces physiological responses to alleviate the adverse effects of drought stress in purple basil." *Plants*, vol. 10, no. 6, pp. 1141, 2021.
- [25] J. L. Walworth, and J. Muniz. "A compendium of tissue nutrient concentrations for field-grown potatoes." *American potato journal*, vol. 70, no. 8, pp. 579-597, 1993.
- [26] R. Borzenkova, and M. Borovkova. "Developmental patterns of phytohormone content in the cortex and pith of potato tubers as related to their growth and starch content." *Russian journal of plant physiology*, vol. 50, no. 1, pp. 119-124, 2003.
- [27] C. Gurikar, M. Sreenivasa, N. N. Gowda, and A. Lokesh. "Azotobacter—A potential symbiotic rhizosphere engineer." *Rhizosphere Engineering*, pp. 97-112: Elsevier, 2022.
- [28] M. Din, R. Nelofer, M. Salman, F. H. Khan, A. Khan, M. Ahmad, F. Jalil, J. U. Din, and M. Khan. "Production of nitrogen fixing *Azotobacter* (SR-4) and phosphorus solubilizing *Aspergillus niger* and their evaluation on *Lagenaria siceraria* and *Abelmoschus esculentus*." *Biotechnology Reports*, vol. 22, pp. e00323, 2019.
- [29] R. Dhanasekar, and R. Dhandapani. "Effect of biofertilizers on the growth of *Helianthus annuus*." *Int J plant, Ani Environ Sci*, vol. 2, pp. 143-147, 2012.
- [30] J. Oliveira. "Growth and development of potato (*Solanum tuberosum* L.) crops after different cool season storage." *Lincoln University Digital Thesis*, New Zealand, 2015.

版权声明：©2025 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



**OPEN ACCESS**