ВЛИЯНИЕ ИНОКУЛЯЦИИ *PSEUDOMONAS CHLORORAPHIS* (PGPR) НА РАННИЕ ПОКАЗАТЕЛИ РАЗВИТИЯ VIGNA RADIATA (МАШ) В ЛАБОРАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ

Шамухутдинова У.[1], Каландарова М.[2], Нуриллаева М.[3], Хусанов Т.С.[4]
[1]Ташкентский государственный технический университет, [2]Национальный педагогический университет Узбекистана имени Низами
[3]Национальный университет Узбекистана,
[4]Институт микробиологии АН РУз.
usomuhutdinova@gmail.com
https://doi.org/10.5281/zenodo.17220008

В современном сельском хозяйстве проблема повышения урожайности и устойчивости растений становится всё более актуальной. Рост населения, изменение климата, ограниченность природных ресурсов требуют поиска инновационных и экологически безопасных методов повышения эффективности сельскохозяйственного производства. Одной из основных задач является ускорение и повышение качества прорастания семян, что напрямую влияет на будущий урожай и здоровье растений. Прорастание семян — это первый и наиболее чувствительный этап в жизни растения, от которого зависит его дальнейшее развитие и продуктивность[8]. Медленное или неравномерное прорастание, а также высокая восприимчивость к стрессам, таким как засуха, низкие температуры или патогены, могут значительно снизить урожайность культурных растений.

Одним из перспективных направлений в биотехнологиях сельского хозяйства является использование растительно-поддерживающих микроорганизмов, таких как ризобактерии PGPR (*Plant Growth-Promoting Rhizobacteria*). Эти бактерии способны стимулировать рост растений, улучшая их физиологическое состояние и сопротивляемость стрессам, что делает их ценными для повышения эффективности сельскохозяйственного производства[1]. В частности, *Pseudomonas chlororaphis* широко используемый представитель PGPR, обладающий множеством полезных свойств, включая выработку фитогормонов, антимикробных соединений и улучшение усвоения питательных веществ[4]. Особенно актуально применение таких биопрепаратов в условиях ограниченных ресурсов, экологических ограничений и необходимости снижения использования химических средств защиты растений.

В рамках данной работы были проведены эксперименты по инокуляции семян маша (*Vigna radiata*) — важной бобовой культуры, широко используемой в продовольствии. Маш обладает высокой питательной ценностью и является важной культурой в аграрных регионах. Исследование направлено на оценку влияния *Pseudomonas chlororaphis* — одного из эффективных представителей PGPR — на показатели прорастания и раннего развития семян. Актуальность темы заключается в необходимости поиска экологически безопасных методов повышения урожайности и устойчивости растений, что особенно важно в условиях глобальных изменений климата и ограниченных ресурсов. Использование биопрепаратов на основе PGPR — это не только способ повышения эффективности сельскохозяйственного производства, но и шаг к более экологически чистому и устойчивому агробизнесу.

Проблема исследования состоит в том, что несмотря на многообещающие результаты использования PGPR в лабораторных и полевых условиях, внедрение этих технологий в широкую практику требует дальнейших исследований и оптимизации. В частности, необходимо понять, как именно инокуляция влияет на начальные этапы развития конкретных культур, таких как маш, и какие параметры развития можно улучшить с помощью биотехнологических методов.

В данной работе мы сосредоточились на лабораторных экспериментах, чтобы определить влияние *Pseudomonas chlororaphis* на скорость прорастания, длину корней и энергию роста семян маша, что позволит сделать выводы о перспективности применения этих бактерий для повышения эффективности выращивания этой культуры.

Механизмы действия *Pseudomonas chlororaphis* включают несколько ключевых процессов, которые объясняют его эффективность как растительно-поддерживающего микроорганизма. Одним из важнейших является выработка фитогормонов, таких как ауксины, цитокинины и *gibberellins*, которые стимулируют развитие корней и ростков растений. Эти гормоны играют решающую роль в регуляции клеточного деления и роста, что способствует более быстрому и равномерному прорастанию семян[5]. Кроме того, бактерии *Pseudomonas chlororaphis* обладают способностью подавлять развитие патогенов за счет выделения антимикробных соединений. Это значительно снижает риск возникновения заболеваний на ранних этапах роста растений и способствует более здоровому развитию всходов[2]. Такой механизм особенно важен в условиях, когда растения только начинают формироваться и наиболее уязвимы к инфекциям. Еще одним важным аспектом является улучшение усвоения питательных веществ растениями. *Pseudomonas chlororaphis* способствует фиксации азота и повышению доступности микроэлементов, что обеспечивает более эффективное питание растений и ускоряет их развитие[6]. Благодаря этому растения становятся более устойчивыми к неблагоприятным условиям окружающей среды. Также *Pseudomonas chlororaphis* повышает устойчивость растений к стрессам, таким как засуха, низкие температуры и другие неблагоприятные факторы. Это достигается за счет стимуляции защитных механизмов растений, что повышает их выживаемость и жизнеспособность в сложных условиях[1].

Влияние инокуляции на маш (*Vigna radiata*). В рамках проведенных лабораторных исследований было установлено, что инокуляция семян *Vigna radiata* с *Pseudomonas chlororaphis* способствует ускорению прорастания и увеличению энергии всходов[8]. Обработанные семена показывают более высокую скорость появления всходов, что связано с активизацией гормональных путей, стимулирующих клеточное деление и рост.

В ходе эксперимента было установлено, что инокуляция семян маша (*Vigna radiata*) бактериями *Pseudomonas chlororaphis* оказала заметное влияние на ранние показатели роста как у сорта Навруз, так и у сорта Кахрабо.



В контрольной группе средняя длина ростков составила 41,6 мм, что соответствует обычному уровню прорастания без применения микроорганизмов. При обработке семян сорта Навруз в разведении 1:19 отмечалось удлинение корней до 50,1 мм, что на 20 % выше контрольных значений, тогда как длина ростков в среднем составила 45,5 мм. В варианте с разведением 1:49 длина ростков и корней была сопоставимой (45,5 мм и 46,8 мм соответственно), однако корневая система всё же показывала небольшой прирост относительно контроля. Таким образом, для сорта Навруз более выраженный стимулирующий эффект бактерий проявился именно в развитии корневой системы, обеспечивая растениям потенциальное преимущество в условиях ограниченной влаги и питательных веществ.

У сорта Кахрабо инокуляция продемонстрировала ещё более заметный эффект. При разведении 1:19 средняя длина ростков увеличилась до 49,3 мм (+18 % к контролю), а длина корней — до 47,6 мм (+14 %). В варианте 1:49 результаты оказались ещё выше: ростки достигли в среднем 51,0 мм (+22 %), а корневая система — 57,2 мм, что почти на 37 % превосходит контроль. Таким образом, у сорта Кахрабо инокуляция проявила выраженное стимулирующее действие как на надземные, так и на подземные органы растения, причём особенно эффективно в разведении 1:49.

Сравнение двух сортов показало, что в условиях лабораторного опыта Кахрабо оказался более отзывчивым к обработке *Pseudomonas chlororaphis*, демонстрируя значительное увеличение роста по сравнению с Наврузом. При этом для обоих сортов было характерно преимущественное развитие корневой системы, что подтверждает способность PGPR усиливать адаптационные возможности растений на ранних этапах онтогенеза.

Таблица 1.

Влияние инокуляции *Pseudomonas chlororaphis* на рост семян маша (сорт Навруз)

№	Контроль	Навруз 1:19 (росток, мм)	Навруз 1:19 (корень, мм)	Навруз 1:49 (росток, мм)	Навруз 1:49 (корень, мм)
1	40	50	35	50	47
2	38	53	48	49	50
3	41	40	60	45	51
4	47	44	50	46	48
5	39	40	56	40	40
6	45	46	52	43	45
Среднее:	41.6	45.5	50.1	45.5	46.8

Таблица 2.

Влияние инокуляции *Pseudomonas chlororaphis* на рост семян маша (сорт Кахрабо)

№	Контроль	Кахрабо 1:19 (росток, мм)	Кахрабо 1:19 (корень, мм)	Кахрабо 1:49 (росток, мм)	Кахрабо 1:49 (корень, мм)
1	50	45	50	51	49
2	40	50	45	58	60
3	39	44	48	46	66
4	35	52	42	49	55
5	41	54	50	50	61
6	45	51	51	52	52
Среднее:	41.6	49.3	47.6	51	57.2

Также отмечается увеличение длины корней у растений, обработанных бактериями, что обеспечивает лучшее водообеспечение, особенно в условиях стрессов. Благодаря этому ростки становятся более устойчивыми к неблагоприятным факторам и патогенам. В целом, инокуляция способствует более равномерному развитию ростков, повышая их жизнеспособность и способность противостоять различным стрессам[3].



Использование *Pseudomonas chlororaphis* как биологического стимулятора позволяет значительно снизить потребность в химических удобрениях и пестицидах. Это делает сельское хозяйство более экологичным и безопасным для окружающей среды[1]. Биопрепараты на основе PGPR способствуют сокращению затрат, повышению урожайности и улучшению качества продукции[1].

Многочисленные исследования подтверждают, что биопрепараты на основе PGPR могут стать важной частью интегрированных систем земледелия, особенно в условиях изменения климата и ограниченных ресурсов. Внедрение таких технологий позволяет повысить устойчивость культур, снизить экологический след и обеспечить продовольственную безопасность[6].

Таким образом, инокуляция семян *Vigna radiata* с *Pseudomonas chlororaphis* в лабораторных условиях демонстрирует значительный потенциал для стимулирования начальных этапов развития растений, повышения их устойчивости к стрессам и увеличения урожайности. Эти результаты подтверждают перспективность использования биотехнологий в сельском хозяйстве для достижения экологически безопасных и экономически выгодных решений.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Glick, B. R. (2012). Plant growth-promoting bacteria: mechanisms and applications. Scientifica, 2012, 1-15.
2. Haas, D., & Défago, G. (2005). Biological control of soil-borne pathogens by fluorescent pseudomonads. Nature Reviews Microbiology, 3(4), 307-319.
3. Huang, Q., et al. (2019). The role of PGPR in plant growth and stress tolerance. Plant Physiology and Biochemistry, 139, 259-271.
4. Kloepper, J. W., et al. (2004). Plant growth-promoting rhizobacteria. The Plant Health Instructor.
5. Liu, H., et al. (2017). The role of Pseudomonas spp. in plant growth promotion. Frontiers in Microbiology, 8, 1234.
6. Vassilev, N., et al. (2006). Biological nitrogen fixation and plant growth promotion by bacteria. Biotechnology Advances, 24(2), 186-199.
7. Bhattacharyya, P. N., & Jha, D. K. (2012). Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR): emergence in agriculture. World Journal of Microbiology and Biotechnology, 28(4), 1327-1350.
8. Rivas-Canedo, et al. (2023). Biopriming of seed with PGPR. Frontiers in Microbiology.