

Клетки растения поглощают бактериальную ИУК, которая совместно с ИУК, синтезируемой самим растением, может стимулировать деление или рост клеток растения. Выделенная растением АЦК расщепляется АЦК–дезаминазой бактерий PGPR–группы на аммоний и α –кетобутират. Таким образом, бактерии PGPR–группы могут, стимулировать рост растений как за счет продукции ими индолил–3–уксусной кислоты, так и синтеза АЦК–дезаминазы [3].

Бактерии *Pseudomonas fluorescens* относятся к бактериям PGPR–группы и характеризуются наличием фермента АЦК–дезаминазы, обладающего высокой активностью. Также было показано, что данный штамм является природным продуцентом ИУК. Однако, синтез этого фитогормона у бактерий *P. fluorescens* осуществляется в небольших количествах.

Для увеличения продукции ИУК была проведена серия химических мутагенезов. Была подобрана оптимальная концентрации N–метил–N'–нитро–N–нитрозогуанидина и условий проведения химического мутагенеза бактерии *P. fluorescens*. Оптимальная доза мутагена составляла 100 мкг/мл и время обработки культуры мутагеном 30 мин. Поскольку триптофан является предшественником синтеза ИУК, отбор мутантов, способных к сверхсинтезу ИУК, осуществляли по их росту в присутствии аналогов триптофана. В работе использовались следующие аналоги триптофана (NL–ацетил–DL–триптофан, 5–метил–триптофан). В ходе экспериментов были получены штаммы аналогрезистентных мутантов бактерий *P. fluorescens* продуцирующие ИУК в концентрации 65–75 мкг/мл, что в 10 раз больше, чем бактерии дикого типа.

Далее было проведено исследование ростостимулирующих свойств полученных штаммов. Эксперимент проводили на семенах растения огурца сорта «конкурент». Были проанализированы следующие параметры – масса растений, длина всего растения и, в отдельности, корней. Результаты показали (рис. 1, таблица 1), что полученные штаммы обладают ярко выраженными ростостимулирующими свойствами. Наибольшую длину имеют проростки при обработке семян бактериями *P. fluorescens*, подвергшихся химическому мутагенезу. Их значения в 2,4 раза превышают длину контрольных проростков, обработанных водой, и в 1,2 раза – контрольных проростков, обработанных суспензией бактерий *P. fluorescens* дикого типа. Наибольшие показатели длины корней также являются проростки, обработанные штаммом мутантных бактерий, что в 11,7 раз больше чем длина корней проростков, обработанных водой, и в 1,2 раза больше обработанных суспензией бактерий дикого типа. По биомассе, проростки, обработанные мутантными бактериями *P. fluorescens* превосходят в 2,05 раза проростков, обработанных водой и, в 1,04 – обработанных суспензией бактерий *P. fluorescens*.



Рис. 1. Изучение ростостимулирующей активности штамма *P. fluorescens* в отношении растений огурцов *in vitro*:

К1 – растения, обработанные дистиллированной водой, К2 – растения, обработанные суспензией бактерий *P. fluorescens* (дикий тип), О – растения, обработанные суспензией бактерий *P. fluorescens* (мутантные)

Таблица 1

Изучение ростостимулирующей активности штамма *P. fluorescens* в отношении растений огурцов *in vitro*

Вариант	Длина проростка (см)	Длина корня(см)	Масса растения (г)
К1	4,25 ± 0,7	1,5 ± 0,75	0,15 ± 0,02
К2	8,7 ± 2,2	6,5 ± 0,75	0,296 ± 0,08
О	10,4 ± 0,9	7,8 ± 0,6	0,308 ± 0,06

Поскольку бактерии *P. fluorescens* обладают не только способностью к синтезу ИУК, но и имеют высокоактивную АЦК–дезаминазу, было выдвинуто предположение, что данный штамм будет способен повышать устойчивость растений к абиотическому стрессу. В нашей работе мы исследовали способность полученного штамма повышать устойчивость растений огурца к абиотическому стрессу, вызванному загрязнением солями хрома в концентрации 42.5 мг / 50 мл почвы.

Семена огурцов помещали в стерильные чашки Петри (10 штук на чашку) на фильтры и заливали 10 мл стерильной дистиллированной воды. Чашки выдерживали в течение трех суток при комнатной температуре до момента проростания семян. Далее проростки высаживали во влажный грунт. После одной недели роста отобрали рассаду одинакового размера пересадили в отдельные стаканчики объемом 100 мл. После все растения были подвергнуты обработке солями хрома ($K_2Cr_2O_7$) в концентрации 42.5 мг / 50 мл почвы. Одну часть растений мы обработали 10 мл бактериальной суспензии *P.*

fluorescens, несущей ген *acdS*, который кодирует АЦК–дезаминазу, другая часть – 10 мл бактериальной суспензии *P. fluorescens* дикого типа. В дальнейшем все растения поливали только дистиллированной водой, по мере необходимости. Результаты учитывали через 4 недели. Определяли массу растений, длину всего растения и, в отдельности, корней.

Как видно из полученных данных (рис. 2, таблица 2), наибольшую длину имеют проростки, полученные при обработке растений бактериями *P. fluorescens*, способными к сверхсинтезу ИУК. Их значения в 1,4 раза превышают длину контрольных растений, обработанных суспензией бактерий *P. fluorescens* дикого типа. Наибольшие показатели длины корней также являются растения, обработанные суспензией штамма–продуцента ИУК, что в 1,9 раз больше, чем длина контрольных растений, обработанных суспензией бактерий *P. fluorescens* дикого типа. Биомасса, растений, обработанных суспензией мутантных бактерий *P. fluorescens* превосходит в 1,7 раз биомассу растений, обработанных суспензией бактерий *P. fluorescens* дикого типа.



Рис. 2. Влияния аналогрезистентных мутантов бактерий *P. fluorescens* на повышенную устойчивость растений огурца к абиотическому стрессу:

К – растения, обработанные суспензией бактерий *P. fluorescens* (дикий тип), О – растения, обработанные суспензией бактерий *P. fluorescens* (мутантные)

Таблица 2

Изучение влияния аналогрезистентных мутантов бактерий *P. fluorescens* на повышенную устойчивость растений огурца к абиотическому стрессу

Вариант	Длина растения(см)	Длина корня(см)	Масса растения (г)
К	19.6 ± 2,6	2,7 ± 0,9	1,09 ± 0,3
О	26,8 ± 2	5,1 ± 0,8	1,9 ± 0,2

Таким образом, в ходе данного исследования получен штамм *P. fluorescens*, продуцирующий ИУК в 10 раз больше, чем бактерии дикого типа, обладающий ярко выраженными ростостимулирующими свойствами и повышающим устойчивость растений огурца к абиотическому стрессу, вызванному загрязнением почвы высокими концентрациями хрома.

Библиографические ссылки

1. Mechanisms of action of plant growth promoting bacteria / O. S. Olanrewaju [et al.] // World J Microbiol Biotechnol. – 2017. – Vol. 33. – P. 197.
2. The Role of Rhizobial ACC Deaminase in the Nodulation Process of Leguminous Plants / F. X. Nascimento [et al.] // International Journal of Agronomy. – 2016. – Vol. 2016. – 9 p.
3. Mechanisms of plant response to salt and drought stress and their alteration by rhizobacteria / C. Forni [et al.] // Plant Soil. – 2017. – Vol. 410. – P. 335–356.