

**Региональная открытая конференция
по научно-техническому творчеству школьников
«Лабиринты науки»**

Секция экология

**Изучение влияния азотфиксирующих
бактерий и азотных удобрений на рост
проростков овса (*Avena sativa*)**

Выполнена учеником
11 естественно-научного класса
ГООУ ЯО Средняя школа
«Провинциальный колледж»
Беззаботновым Даниилом

Научный руководитель -
кандидат биологических наук, учитель
биологии, зам. директора
ГООУ ЯО Средняя школа
«Провинциальный колледж»
Фомичева Анна Николаевна

Ярославль, 2024

Оглавление

Введение.....	3
Глава 1. Материалы и методы исследования	4
Глава 2. Результаты исследования и их обсуждение	5
2.1. Энергия прорастания семян овса при воздействии удобрений.....	5
2.2. Всхожесть семян овса при воздействии удобрений.....	6
2.3. Длина проростков овса при воздействии различных концентраций удобрений.....	7
2.3.1. Длина проростков овса при воздействии минерального удобрения состава NH_4NO_3 и биологического препарата на основе культуры азотфиксатора <i>Azotobacter chroococcum</i> на 7 день наблюдения	7
2.3.2. Длина проростков овса при воздействии различных концентраций удобрений на 14 день наблюдения.....	8
Выводы	10
Список использованных источников и литературы	10
Приложение	12
1. Обзор литературы.....	12
1.1. Влияние азотфиксирующих бактерий рода <i>Azotobacter chroococcum</i> на рост растений.....	12
1.2. Влияние нитратов на рост растений	14
1.3. Недостатки использования нитратов	16

Введение

Актуальность исследования. Азот – один из важнейших макроэлементов. Без его участия невозможно развитие растений. Он отвечает за обмен веществ. При этом находится в составе всех белков, цитоплазмы, ядер клеток, аминокислот, хлорофилла, гормонов, витаминов и других соединений. Роль азота в жизни растения заключается еще в том, что он больше других элементов влияет на качество и количество урожая. Поэтому, чтобы вырастить богатый урожай нужно с ранней весны позаботиться о достатке азота.

Нитраты в почве появляются за счет азотфиксирующих бактерий. Азотфиксирующие бактерии могут быть свободноживущими (азотобактер), симбиотические (клубеньковые). Они переводят азот атмосферы в нитраты, то есть в форму, которую корни растения способны поглощать. Однако при выращивании сельскохозяйственных структур нитратов в почве. Одним из способов повышения нитратов в почве является применение нитратных удобрений. Однако этот способ имеет недостатки. В таком случае нитраты могут накапливаться в тканях растений, что пагубно влияет на здоровье человека. Альтернативным способом является использование азотфиксирующих бактерий в почве, в этом случае плодородие почвы будет повышено естественным путём, не будет загрязнения почвы, не приведет к загрязнению продукции нитратов, поэтому необходим поиск эффективных штаммов азотфиксирующих бактерий.

Цель исследования - изучить влияние минерального удобрения состава NH_4NO_3 и биологического препарата на основе культуры азотфиксатора *Azotobacter chroococcum* на всхожесть семян и рост проростков овса.

Задачи исследования:

1. Изучить влияние минерального удобрения состава NH_4NO_3 и биологического препарата на основе культуры азотфиксатора *Azotobacter chroococcum* в различных концентрациях на всхожесть и энергию прорастания семян овса.
2. Изучить влияние минерального удобрения состава NH_4NO_3 и биологического препарата на основе культуры азотфиксатора *Azotobacter chroococcum* в различных концентрациях на рост проростков овса
3. Сравнить данные, полученные для разных концентраций минерального удобрения состава NH_4NO_3 и биологического препарата на основе культуры азотфиксатора *Azotobacter chroococcum*.

Объект исследования - азотные удобрения и суспензии азотфиксирующих бактерий.

Предмет исследования - влияния азотфиксирующих бактерий и азотных удобрений на рост растений (на примере овса).

Гипотеза исследования: Воздействие суспензии азотфиксирующих бактерии более значительно ускоряет прорастание и рост овса, чем нитратное удобрение; воздействие нитратным удобрением приводит к накоплению в тканях растений нитратов.

Вклад в работу:

Автором проведен анализ литературы по изучаемому вопросу, планирование, подготовка и постановка эксперимента по изучению влияния азотфиксирующих бактерий и нитратов на рост проростков овса.

Обзор литературы по теме исследования представлен в приложении.

Глава 1. Материалы и методы исследования

В данной работе изучались два типа удобрений:

1. Минеральное удобрение состава NH_4NO_3 .
2. Биологический препарат на основе культуры ассоциативного азотфиксатора *Azotobacter chroococcum* фирмы «Терразот».

Варианты эксперимента представлены в таблице 1.

Таблица 1. Варианты эксперимента

Вариант опыта	Удобрение	Концентрация
контроль	-	-
H1	Нитрат аммония (NH_4NO_3)	1 г/л
H2	Нитрат аммония (NH_4NO_3)	2г/л
A1	<i>Azotobacter chroococcum</i>	10 г/л
A2	<i>Azotobacter chroococcum</i>	20 г/л

Семена проращивались в чашках Петри на фильтровальной бумаге. В каждую чашку мы положили по 30 семян овса (р. Avena). Для каждого варианта эксперимента было три повторности (по три чашки Петри на каждый вариант эксперимента)

Исходя из данных, написанных на упаковке, мы добавили:

1. На 0.005 м^2 (площадь фильтровальной бумаги) было разведено на 100мл воды 1 мл удобрения, содержащего бактерии рода *Azotobacter chroococcum*
2. После этого мы повысили концентрацию бактерий в 2 раза, чтобы определить будет ли повышенная концентрация удобрений влиять на прорастание семян. Из чего можно было сделать вывод, что на 0.005 м^2 было разведено 2 мл бактерий на 100 мл воды
3. На такую же площадь развели 0.1гр NH_4NO_3 на 100 мл раствора
4. После этого также повысили концентрацию в два раза, добавив 0.2гр NH_4NO_3 на 100 мл
5. Последние три чашки Петри с семенами были смочены обычной водопроводной водой.

Учет влияния азотфиксирующих бактерий и нитратных удобрений на прорастание проростков овса производился на третий и седьмой день эксперимента. Проводили учет следующих параметров:

1. Энергия прорастания семян.
2. Всхожесть семян
3. Длина побегов.

Глава 2. Результаты исследования и их обсуждение

2.1. Энергия прорастания семян овса при воздействии удобрений

Результаты исследования, полученные в результате исследования энергии прорастания семян овса при воздействии удобрений представлены в таблице 2 и на рисунке 1;

Таблица 2. Энергия прорастания (%) семян овса при воздействии минерального удобрения состава NH_4NO_3 и биологического препарата на основе культуры азотфиксатора *Azotobacter chroococcum*

	Контроль	A1	A2	H1	H2
Повторность 1	13,33	30,00	20,00	13,33	10,00
Повторность 2	10,00	16,67	23,33	26,67	13,33
Повторность 3	6,67	16,67	13,33	16,67	6,67
среднее	$10,00 \pm 1,92$	$21,11 \pm 4,44$	$18,89 \pm 2,94$	$18,89 \pm 4,01$	$10,00 \pm 1,92$
T-критерий		2,2942	2,52982	2	0

В контрольном варианте энергия прорастания семян овса составила $10,00 \pm 1,92\%$ от общего числа. Из представленных данных, видно, что вариант опыта A1 не приводит к повышению процента проросших семян, в эксперименте процент проросших семян по сравнению с контролем повысился в 2,11 раз, однако различия между контролем и опытом статистически недостоверны. Вариант опыта A2 не приводит к повышению процента проросших семян, в эксперименте процент проросших семян по сравнению с контролем повысился в 1,89 раз, однако различия между контролем и опытом статистически недостоверны. Вариант опыта H1 не приводит к повышению процента проросших семян, в эксперименте процент проросших семян по сравнению с контролем повысился в 1,89 раз, однако различия между контролем и опытом статистически недостоверны. Можно заметить, что при варианте эксперимента H2 не происходит повышения процента проросших семян, следовательно, доля проросших семян соответствует контрольному уровню.

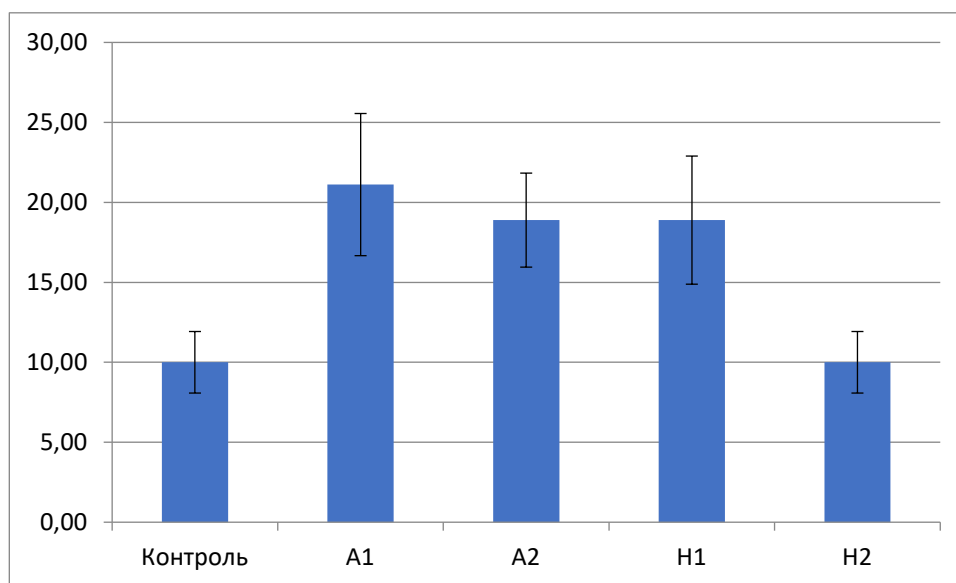


Рис.1. Энергия прорастания (%) семян овса при воздействии минерального удобрения состава NH_4NO_3 и биологического препарата на основе культуры азотфиксатора *Azotobacter chroococcum*

2.2. Всхожесть семян овса при воздействии удобрений

Результаты исследования, полученные в результате наблюдения за всхожестью семян овса при воздействии минерального удобрения состава NH_4NO_3 и биологического препарата на основе культуры азотфиксатора *Azotobacter chroococcum*, представлены в таблице 3 и на рисунке 2.

Таблица 3. Всхожесть семян (%) овса при воздействии минерального удобрения состава NH_4NO_3 и биологического препарата на основе культуры азотфиксатора *Azotobacter chroococcum*

	Контроль	A1	A2	H1	H2
Повторность 1	23,33	40,00	33,33	20,00	13,33
Повторность 2	20,00	36,67	26,67	30,00	13,33
Повторность 3	13,33	26,67	30,00	20,00	6,67
Среднее	18,89±2.94	34,44±4.01	30,00±1.92	23,33±3.33	11,11±2.22
Т-критерий		3,13*	3,16*	1	2,11

Примечание: * - различия между контролем и опытом достоверны при $p \leq 0,05$.

В контрольном варианте всхожесть семян овса составила 18,89±2.94% от общего числа. Из представленных данных, видно, что вариант опыта A1 достоверно приводит к повышению процента проросших семян, в эксперименте процент проросших семян по сравнению с контролем повысился в 1,82 раз. Вариант опыта A2 достоверно приводит к повышению процента проросших семян, в эксперименте процент проросших семян по сравнению с контролем повысился в 1,58 раз. Вариант опыта H1 не приводит к повышению процента проросших семян, в эксперименте процент проросших семян по сравнению с контролем повысился в 1,24 раз, однако различия между контролем и опытом

статистически недостоверны. Можно заметить, что при варианте эксперимента Н2 не приводит к повышению процента всхожести семян. Происходит снижение процента проросших семян в 0,41 раз

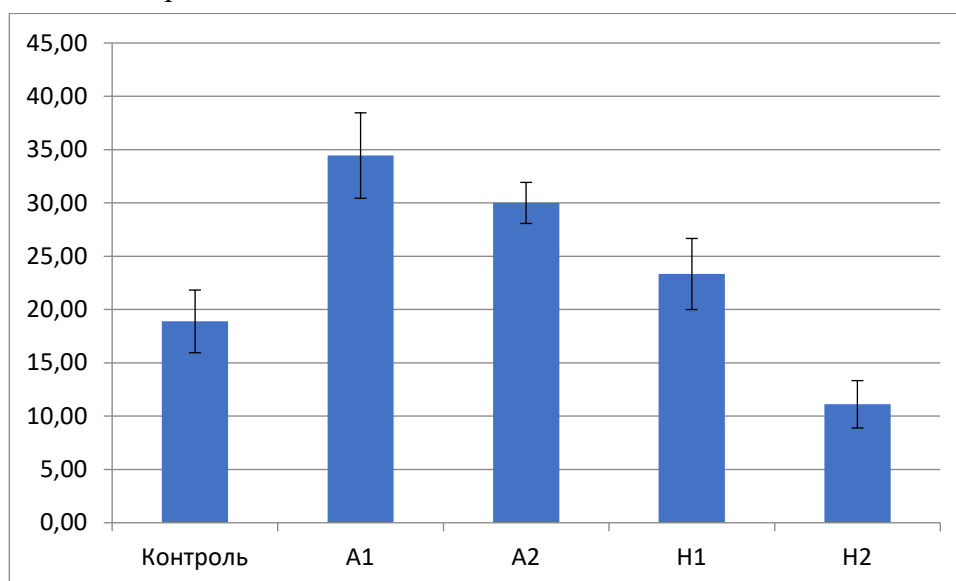


Рис.2. Всхожесть семян овса (%) при воздействии минерального удобрения состава NH_4NO_3 и биологического препарата на основе культуры азотфиксатора *Azotobacter chroococcum*

2.3. Длина проростков овса при воздействии различных концентраций удобрений

2.3.1. Длина проростков овса при воздействии минерального удобрения состава NH_4NO_3 и биологического препарата на основе культуры азотфиксатора *Azotobacter chroococcum* на 7 день наблюдения

Результаты исследования, полученные при наблюдении за ростом проростков овса при воздействии минерального удобрения состава NH_4NO_3 и биологического препарата на основе культуры азотфиксатора *Azotobacter chroococcum* за семь дней, представлены в таблице 4 и на рисунке 3.

Таблица 4. Длина стебля проростков овса в сантиметрах за 7 дней

Номер повторности	Контроль	A1	A2	H1	H2
1	5,49	12,48	11,13	7,42	9,08
2	5,28	13,50	14,56	13,30	7,50
3	10,18	9,29	11,90	14,19	9,93
Среднее	$6,98 \pm 1,60$	$11,76 \pm 1,27$	$12,53 \pm 1,04$	$11,64 \pm 2,12$	$8,84 \pm 0,71$
Т критерий		2,34	2,91*	1,75	1,06

Примечание: * - различия между контролем и опытом достоверны при $p \leq 0,05$.

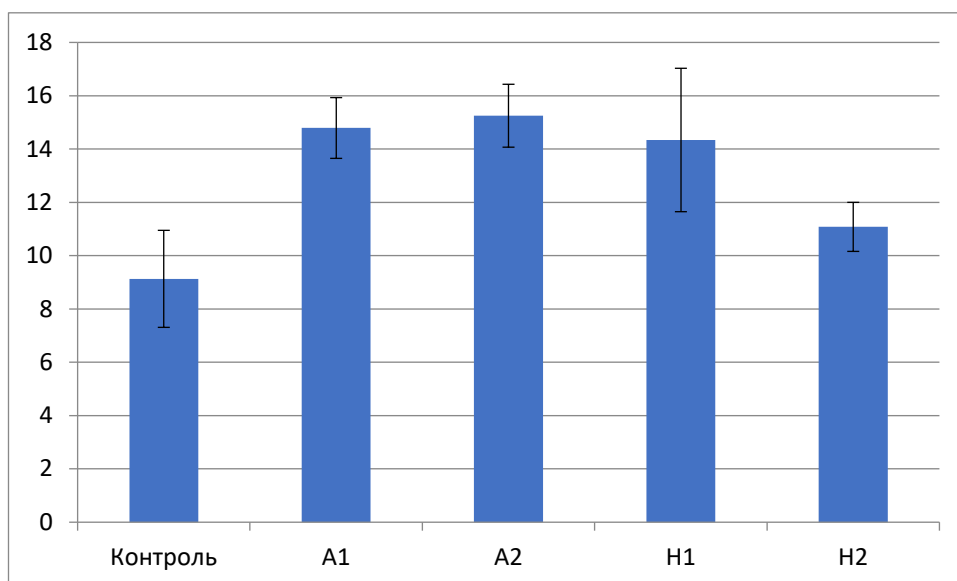


Рис.3. Длина проростков овса при воздействии минерального удобрения состава NH_4NO_3 и биологического препарата на основе культуры азотфиксатора *Azotobacter chroococcum* на 7 день наблюдения

В контрольном варианте длина проростков овса составляет $6,98 \pm 1,6$ см. Из представленных данных можно сделать вывод, что добавление удобрения, содержащего азотфиксаторы в концентрации, длина проростка овса увеличилась в 1,68 раз, однако различия между контролем и опытом статистически недостоверны. Из результатов исследования, можно сделать вывод, что добавление удобрения, содержащего азотфиксаторы в увеличенной концентрации, достоверно приводит к увеличению длины проростков до $12,53 \pm 1,04$ см (В 1,795 раз, по сравнению с контролем). Добавление удобрения, содержащего нитрат аммония, в концентрации рекомендованной производителем, не приводит к увеличению длины проростков овса, в эксперименте длина проростка увеличилась в 1,67 раз, однако различия между контролем и опытом статистически недостоверны. Добавление удобрения, в состав которого входил нитрат аммония в увеличенной концентрации, не приводит к увеличению длины проростков овса, в эксперименте длина проростка увеличилась в 1,27 раза, однако различия между контролем и опытом статистически недостоверны.

2.3.2. Длина проростков овса при воздействии различных концентраций удобрений на 14 день наблюдения

Результаты исследования, полученные при наблюдении за ростом проростков овса при воздействии минерального удобрения состава NH_4NO_3 и биологического препарата на основе культуры азотфиксатора *Azotobacter chroococcum* в течение 14 дней, представлены в таблице 5 и на рисунке 4.

Таблица 5. Длина проростков овса за 14 дней

Номер повторности	Контроль	A1	A2	H1	H2

1	7,77	15,64	13,5	9,02	11,26
2	6,88	16,21	17,5	16,32	9,4
3	12,73	12,53	14,75	17,69	12,58
Среднее	9,13±1,82	14,79±1,14	15,25±1,18	14,34±2,69	11,08±0,92
Т-критерий		2,64	2,82*	1,61	0,96

Примечание: * - различия между контролем и опытом достоверны при $p \leq 0,05$

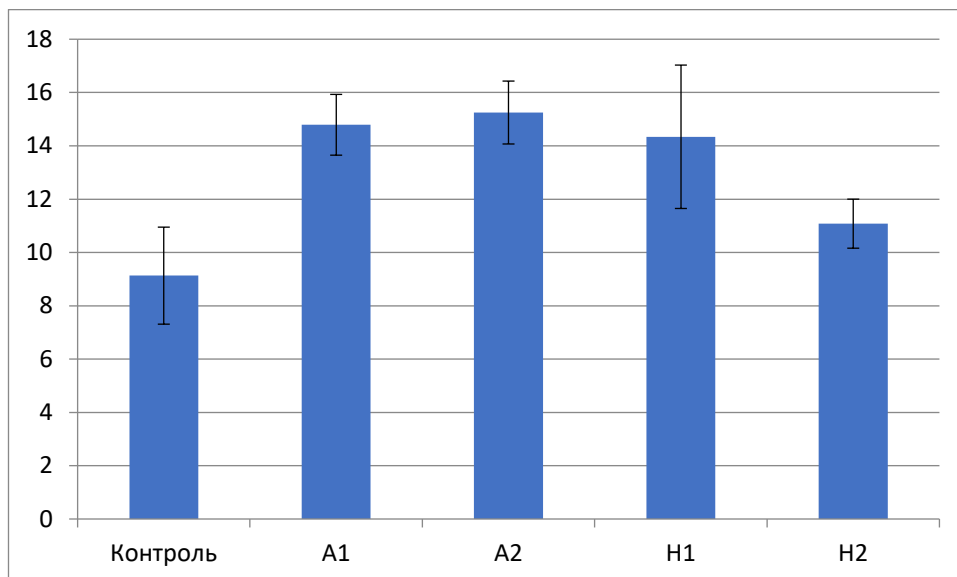


Рис.4. Длина проростков овса при воздействии минерального удобрения состава NH_4NO_3 и биологического препарата на основе культуры азотфиксатора *Azotobacter chroococcum* на 14 день наблюдения

В контрольном варианте длина проростков овса составляет $9,13 \pm 1,82$ см. Из представленных данных можно сделать вывод, что добавление удобрения, содержащего азотфиксаторы в концентрации, рекомендованной производителем, не приводит к повышению длины стебля, в эксперименте длина проростка овса увеличилась в 1,61 раз, однако различия между контролем и опытом статистически недостоверны. Из результатов исследования, можно сделать вывод, что добавление удобрения, содержащего азотфиксаторы в увеличенной концентрации, достоверно приводит к увеличению длины проростков до $15,25 \pm 1,18$ см (В 1,67 раза, по сравнению с контролем). Добавление удобрения, содержащего нитрат аммония, в концентрации рекомендованной производителем, не приводит к увеличению длины проростков овса, в эксперименте длина проростка увеличилась в 1,57 раз, однако различия между контролем и опытом статистически недостоверны. Добавление удобрения, в состав которого входил нитрат аммония в увеличенной концентрации, не приводит к увеличению длины проростков овса, в эксперименте длина проростка увеличилась в 1,21 раза, однако различия между контролем и опытом статистически недостоверны.

При сравнении результатов исследования можно определить, что добавление удобрения с азотфиксаторами в концентрации, рекомендованной производителем, не приводит к увеличению длины стебля. Добавление удобрения, в состав которого входят азотфиксаторы в повышенной концентрации приводит к достоверному увеличению длины стебля на седьмой и четырнадцатый день исследования. Использование нитратов в любой концентрации не приводит к увеличению длины стебля.

Выводы

1. При воздействии минерального удобрения состава NH_4NO_3 и биологического препарата на основе культуры азотфиксатора *Azotobacter chroococcum* во всех изученных концентрациях энергия прорастания семян овса не отличается от контрольного уровня.
2. Удобрение на основе культуры азотфиксатора *Azotobacter chroococcum* во всех изученных концентрациях достоверно повышает всхожесть семян овса, в концентрации, рекомендованной производителем в 1,82 раза по сравнению с контролем, в увеличенной концентрации в 1,58 раз, минеральное удобрение состава NH_4NO_3 , во всех изученных концентрациях не изменяет всхожесть семян овса.
3. Добавление биологического препарата на основе культуры азотфиксатора *Azotobacter chroococcum* в концентрации 20г/л, приводит к достоверному увеличению длины стебля овса в 1,795 раза на седьмой день исследования и в 1,67 раз на четырнадцатый день исследования, использование минерального удобрения не приводит к увеличению длины стебля.
4. Использование биологического препарата на основе культуры азотфиксатора *Azotobacter chroococcum* в концентрации 20г/л наиболее эффективно для выращивания семян овса, так как приводит к увеличению всхожести семян и ускоряет рост растения.

Список использованных источников и литературы

1. Азотобактер (*Azotobacter*): [Электронный ресурс] // Биологическая энциклопедия GUFO.ME URL: [https://gufo.me/dict/biology_encyclopedia/%D0%B0%D0%B7%D0%BE%D1%82%D0%BE%D0%B1%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B5%D1%80_\(azotobacter\)](https://gufo.me/dict/biology_encyclopedia/%D0%B0%D0%B7%D0%BE%D1%82%D0%BE%D0%B1%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B5%D1%80_(azotobacter)). (дата обращения: 07.02.2024).
2. Ёремина Ю. Проблема нитратов в полевом растениеводстве и овощеводстве: [Электронный ресурс] // Электронная библиотека студента «Библиофонд». URL: <https://www.bibliofond.ru/view.aspx?id=559675#text> (Дата обращения: 14.03.2024).

3. Кандыба Е.В., Назаров А.Г. Штамм бактерий *Azotobacter chroococcum*, оюладающий антагонистической активностью по отношению к фитопатогенным микроорганизмам, и его применение: [Электронный ресурс] // Электронная библиотека URL: https://yandex.ru/patents/doc/RU2414509C1_20110320. (Дата обращения: 14.04.2024).
4. Койка С.А., Скориков В.Т. Нитраты и нитриты в продукции растениеводства: [Электронный ресурс] // научно-популярный журнал «Вестник РУДН, серия Агрономия и животноводство». URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/nitraty-i-nitrity-v-produktsii-rastenievodstva/viewer> (дата обращения: 07.02.2024).
5. Нефёдотова Е.А. Влияние нитратов на рост корней: [Электронный ресурс] // XX Международный конкурс научно-исследовательских и творческих работ учащихся URL: <https://school-science.ru/19/1/54732>. (Дата обращения: 18.04.2024).
6. Сегизбаева Г.Ж., Алпыспай А.В. Всхожесть семян пшеницы и состояние ее проростков в условиях воздействия на них суспензией клеток природного штамма *Azotobacter chroococcum*: [Электронный ресурс] // Молодой ученый 2020 № 18 (308). — С. 231-233. URL: <https://moluch.ru/archive/308/69570/> (дата обращения: 18.05.2024).
7. Трофимов А.А. Азотофиксирующие растения рода *Azotobacter* из различных почв и их влияние на рост и развитие фасоли обыкновенной: [Электронный ресурс] // XX Международный конкурс научно-исследовательских и творческих работ учащихся URL: <https://school-science.ru/20/1/55974>. (Дата обращения: 18.04.2024).
8. Трухина М. Нитраты, нитриты и пути снижения их в овощах: [Электронный ресурс] // Журнал Химия №31/2001. URL: <https://him.1sept.ru/article.php?id=200103101>. (Дата обращения: 18.04.2024).
9. Федеральное бюджетное учреждение здравоохранения «Центр гигиены и эпидемиологии в Липецкой области» [Электронный ресурс] // «Центр гигиены и эпидемиологии в Липецкой области». URL: <https://www.cge48.ru/gigienicheskoe-vospitanie-i-obuchenie/informaciya-dlya-naseleniya/1330.htm> (Дата обращения: 13.04.2024)

Приложение

1. Обзор литературы

*1.1. Влияние азотфиксирующих бактерий рода *Azotobacter chroococcum* на рост растений*

Бактериальные удобрения позволяют воспользоваться естественным потенциалом природы для улучшения минерального питания и защиты растений. Аргументами в их пользу являются полная безопасность для человека и окружающей среды, исключение экологических рисков, возможность снижения доз внесения химикатов и минеральных удобрений. Бактериальные удобрения не только увеличивают содержание в почве мобильных биологически доступных форм макро- и микроэлементов, но и стимулируют рост растений, а также выполняют фитосанитарные функции, повышая устойчивость растений к инфекциям, распространяющимся в почве. Это приводит к повышению продуктивности сельскохозяйственных культур при уменьшении доз внесения в почву минеральных удобрений.¹

В 1901 году Бейеринк выделил из почвы аэробную неспорообразующую грамотрицательную бактерию и назвал ее *Azotobacter chroococcum*. Бактерии рода *Azotobacter* относятся к свободноживущим азотфиксаторам почвы (ризобактериям) и способны, как и клубеньковые бактерии растений (ризобии), с помощью нитрогеназного комплекса фиксировать молекулярный азот воздуха, превращая его в ион аммония.

Бактерии рода *Azotobacter* населяют экторизосферу (зона почвы с наружной стороны корня) и ризоплану (поверхность корневой системы) различных видов растений, используя экссудаты корневой системы для питания.²

Экссудаты из корней растений — это жидкости, выделяемые через корни растений. Эти выделения влияют на ризосферу вокруг корней, подавляя вредных микроорганизмов и способствуя росту собственных и родственных растений. Корневая система растений может вырасти сложной из-за разнообразия видов и микроорганизмов, существующих в обычной почве.

¹ Сегизбаева, Г. Ж., А. В. Алпыспай. Всхожесть семян пшеницы и состояние ее проростков в условиях воздействия на них суспензией клеток природного штамма *Azotobacter chroococcum*: [Электронный ресурс] // Молодой ученый 2020 № 18 (308). — С. 231-233. URL: <https://moluch.ru/archive/308/69570/> (дата обращения: 18.05.2024).

² Азотобактер (*Azotobacter*): [Электронный ресурс] // Биологическая энциклопедия GUFO.ME URL: [https://gufo.me/dict/biology_encyclopedia/%D0%B0%D0%B7%D0%BE%D1%82%D0%BE%D0%B1%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B5%D1%80_\(azotobacter\)](https://gufo.me/dict/biology_encyclopedia/%D0%B0%D0%B7%D0%BE%D1%82%D0%BE%D0%B1%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B5%D1%80_(azotobacter)) (дата обращения: 07.02.2024)

В обмен растение получает азот в виде доступных для усвоения соединений, улучшается фосфорное питание растений благодаря растворению труднодоступных почвенных фосфатов в процессе жизнедеятельности ризобактерий, фитогормоны, вырабатываемые ризобактериями, стимулируют рост растений, бактерии рода *Azotobacter* подавляют развитие фитопатогенных грибов и бактерий.³

Азотобактер обычно фиксирует до 10—15 мг молекулярного азота на 1 г использованного источника углерода (например, глюкозы, сахарозы). Эта величина сильно колеблется в зависимости от условий выращивания культуры, состава питательной среды, ее кислотности, температуры, аэрации.

По отношению к источникам углерода В.Л.Омелянский (1923) назвал азотобактер полифагом («всеядным»). Азотобактер хорошо усваивает разнообразные углеводы (моно- и дисахара, некоторые полисахариды), органические кислоты, многоатомные спирты (глицерин, маннит) и другие вещества. Многим исследователям удавалось выращивать азотобактер в чашках с питательной средой без азота и углерода, если чашки были помещены в камеру, где находились пары ацетона, этилового спирта или некоторых других органических соединений. В присутствии легкодоступных форм углеродсодержащих соединений азотобактер может частично использовать углекислоту из атмосферы. Повышение концентрации углекислого газа до 0,5% в воздухе несколько стимулирует развитие азотобактера. Но азотобактером лучше усваиваются легкодоступные формы углеродсодержащих органических соединений. В почве запас подвижного органического вещества невелик, поэтому именно недостаток легкодоступных соединений углерода в первую очередь ограничивает развитие азотобактера в природных условиях.

Перегнойные вещества почвы азотобактером практически не усваиваются. Поэтому в почвах, даже очень богатых перегноем, при отсутствии свежих органических остатков интенсивного размножения азотобактера не происходит. Однако если в почве имеются органические соединения и продукты распада растительных и животных клеток, азотобактер развивается хорошо. В частности, он усиленно размножается в почвах, удобренных соломой и солоmistым навозом, а также в разнообразных компостах, содержащих целлюлозу. Азотобактер хорошо ассимилирует вещества, образующиеся при распаде целлюлозы.

³ Трофимов А.А. Азотификсирующие растения рода *Azotobacter* из различных почв и их влияние на рост и развитие фасоли обыкновенной: [Электронный ресурс] // URL: <https://school-science.ru/20/1/55974>

Развитие азотобактера и фиксация им азота в значительной степени зависят от наличия в среде фосфора. Источником фосфора могут служить как органические, так и минеральные фосфорсодержащие соединения. Высокая чувствительность азотобактера к фосфору позволила разработать микробиологический метод определения потребности почв в фосфорных удобрениях. В качестве тест-организма в этом методе используется азотобактер.

Важную роль в обмене веществ азотобактера играет кальций. Этот элемент необходим азотобактеру при питании как молекулярным, так и аммонийным азотом (Г.Н.Зайцева, 1965). Недостаток кальция в среде приводит к сильной вакуолизации клеток и их вздутию. Высокая чувствительность азотобактера к кальцию, так же, как и к фосфору, используется для определения потребности почв в известковании. Микроэлементы (молибден, бор, ванадий, железо, марганец) необходимы азотобактеру в первую очередь для осуществления процесса азотфиксации. Потребность в микроэлементах определяется в значительной степени геохимическими условиями существования азотобактера в почвах. Штаммы микроорганизма, выделенные из почв с высоким естественным содержанием того или иного микроэлемента, нуждаются, как правило, в более высоких концентрациях этих элементов.⁴

Azotobacter chroococcum хорошо растет на безазотистых средах, а также на средах с добавлением мелассы и $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$. В качестве источников азота используют нитраты, соли аммония и некоторые аминокислоты.

Штамм подавляет рост грибов *Alternaria* sp., *Pythium de Baryanum*, *Fusarium oxysporum*, *Fusarium vasinfectum*, *Fusarium momliforme*, *Fusarium lini*, *Cladosporium* sp., *Scolecotrychum* sp., *Helminthosporium sativum*, *Botrytis* sp., *Verticillium dahliae* и бактерий *Rhizoctonia* sp., *Puccinia trititica*, *Septoria graminum*, *Actinomyces* sp.⁵

1.2. Влияние нитратов на рост растений

Для исследовательской работы была выбрана аммиачная селитра (NH_4NO_3)

Азот один из главных элементов, необходимых растениям. В растения он поступает из почвы главным образом в виде солей азотной кислоты (нитратов)

⁴ Азотобактер (*Azotobacter*): [Электронный ресурс] // Биологическая энциклопедия GUFO.ME URL: [https://gufo.me/dict/biology_encyclopedia/%D0%B0%D0%B7%D0%BE%D1%82%D0%BE%D0%B1%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B5%D1%80_\(azotobacter\)](https://gufo.me/dict/biology_encyclopedia/%D0%B0%D0%B7%D0%BE%D1%82%D0%BE%D0%B1%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B5%D1%80_(azotobacter)) (дата обращения: 07.02.2024)

⁵ Кандыба Е.В., Назаров А.Г. Штамм бактерий *Azotobacter chroococcum*, оюладающий антагонистической активностью по отношению к фитопатогенным микроорганизмам, и его применение: [Электронный ресурс] // Электронная библиотека URL: https://yandex.ru/patents/doc/RU2414509C1_20110320. (Дата обращения: 14.04.2024).

Нитратные удобрения – дополнительный источник азота для всех сельскохозяйственных культур. Они оказывают значительное влияние на прорастание растений. Их применение положительно влияет на состояние растений, повышает качественные и количественные характеристики урожайности. Однако внесение большого количества удобрений может привести к снижению урожайности и даже гибели растений. Это связано с повышением концентрации почвенного раствора, снижением осмотического потенциала почвы и как следствие этого, ухудшением водоснабжения растений.⁶

Поступившим в растение минеральные соединения азота проходят сложный цикл превращения, конечным этапом которого является включение их в состав аминокислот и белковых молекул (без азота нет белка, а без белка нет жизни). Минеральные и органические соединения, содержащие азот в почве в процессе нитрификации приурочаются в нитраты - основной источник азотного питания растений. В самом же растении разных соединений азота выполняют различные роли. Нитраты являются транспортной формой азота. Их больше содержится в проводящих органах: стеблях, черешках и жилках, меньше в пластинках листа и плодах семян.

Поскольку в органические соединения растений включается только аммонийный азот, нитрат-анионы, поглощенные растением, должны восстановиться в клетках до аммиака. Образованием аммиака завершается и распад органических веществ – аминокислот, амидов, белков.

Аммиак, поступивший в растение извне, образовавшийся при восстановлении нитратов или в процессе фиксации молекулярного азота, далее усваивается растениями с образованием различных аминокислот и амидов. Таким образом, нитраты являются естественным азотистым компонентом растительного организма.⁷

⁶ Нефёдотова Е.А. Влияние нитратов на рост корней: [Электронный ресурс] // XX Международный конкурс научно-исследовательских и творческих работ учащихся URL: <https://school-science.ru/19/1/54732>. (Дата обращения: 18.04.2024).

⁷ Койка С.А., Скориков В.Т. Нитраты и нитриты в продукции растениеводства: [Электронный ресурс] // научно-популярный журнал «Вестник РУДН, серия Агрономия и животноводство». URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/nitraty-i-nitrity-v-produktsii-rastenievodstva/viewer> (Дата обращения: 07.02.2024)

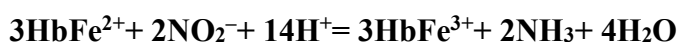
1.3. Недостатки использования нитратов

Нитраты — это соли азотной кислоты, которые накапливаются в продуктах и воде при избыточном содержании в почве азотных удобрений. Нитраты, попадая в человеческий организм с растительной пищей, восстанавливаются до нитритов, которые приводят к образованию метгемоглобина и нарушению транспортной функции крови, а также угнетению нервной системы и процессов тканевого дыхания. Исследователями США, Германии, Чехословакии, России установлено, что нитраты и нитриты вызывают у человека метгемоглобинемию, рак желудка, отрицательно влияют на нервную и сердечнососудистую системы, на развитие эмбрионов. Хроническое отравление нитратами опасно тем, что восстанавливающиеся из них нитриты соединяются с аминами и амидами любых доброкачественных белковых продуктов и образуют канцерогенные нитрозамины и нитрозамиды, обладающие мутагенной активностью. Нитрозамины токсичны и канцерогенны в присутствии дополнительных ферментных систем, которые всегда имеются в организме человека и животных, а нитрозамиды проявляют эти свойства даже без дополнительной метаболизации и поражают кроветворную, лимфоидную, пищеварительную системы.⁸

В то же время у животных и человека высокие дозы нитратов могут вызвать отравление и даже привести к смерти. Токсическое действие нитратов связано с восстановлением их до нитритов, аммиака, гидроксиламина под влиянием микрофлоры пищеварительного тракта и тканевых ферментов. Если в организм человека поступают высокие дозы нитратов, через 4–6 ч появляются тошнота, одышка, посинение кожных покровов, диарея. Одновременно ощущается общая слабость, головокружение, боли в затылке и сердцебиение. Употребление в течение долгого времени пищи и воды с высоким содержанием нитратов вызывает также аллергию, нарушение деятельности щитовидной железы, приводит к возникновению многочисленных болезней в результате нарушения обмена веществ, опорно-двигательного аппарата и нервной системы.

Нитраты, превратившись в желудочно-кишечном тракте в нитриты, попадают в кровь и окисляют двухвалентное железо гемоглобина в трехвалентное. При этом образуется метгемоглобин, не способный переносить кислород к тканям и органам, в результате чего может наблюдаться удушье.

Выявлены два способа окисления гемоглобина HbFe^{2+} . При прямом окислении роль окислителя играют нитрит-анионы:



Также возможен вариант, когда вместо NO_2 , используется NO_3 :

⁸ Ёремина Ю. Проблема нитратов в полеводстве и овощеводстве: [Электронный ресурс] // Электронная библиотека студента «Библиофонд». URL: <https://www.bibliofond.ru/view.aspx?id=559675#text> (Дата обращения: 14.03.2024).



Чаще всего контролируют наличие в продуктах N-нитрозодиметиламина (НДМА) и N-нитрозодиэтиламина (НДЭА).

Допустимое суточное потребление нитратов для человека не должно превышать 5 мг на 1 кг массы тела, т. е. не более 350 мг в сутки для человека массой 70 кг.

Отравления у людей происходят при употреблении воды и продуктов растительного и животного происхождения с высоким содержанием нитратов или нитритов. Наиболее чувствительны к избытку нитратов дети первых месяцев жизни.

Признаки отравления некачественной водой проявляются уже через 1-1,5 часа. Кроме типичных признаков отравления в виде болей в животе, рвоты и слюнотечения, появляется синюшность губ, слизистых оболочек, лица и ногтей. Отравление нитратами с пищей проявляется спустя 4-6 часов и проявляется сначала с синюшностей, в опорожнении могут присутствовать примеси крови. Характерны - общая слабость, сонливость, потемнение в глазах, сильные головные боли, у детей сильное беспокойство. При тяжёлых отравлениях наблюдаются судороги и потеря сознания. Особенно опасны нитраты для грудных детей, т.к. их ферментная основа несовершенна и восстановление метгемоглобина в гемоглобин идёт медленно. Влияние нитратов опасно и для людей преклонного возраста страдающими сердечно-сосудистыми недугами, заболеванием почек и печени, малокровием.⁹

В организм человека нитраты поступают (в %): с овощами – 70, с водой – 20, с мясными, молочными и консервированными продуктами – 6. Наиболее опасно отравление нитратами, растворимыми в воде, т. к. это увеличивает скорость всасывания их в кровь, поэтому содержание нитрат-аниона в воде не должно превышать 45 мг/л.¹⁰

⁹ Федеральное бюджетное учреждение здравоохранения «Центр гигиены и эпидемиологии в Липецкой области» [Электронный ресурс] // «Центр гигиены и эпидемиологии в Липецкой области». URL: <https://www.cge48.ru/gigienicheskoe-vospitanie-i-obuchenie/informaciya-dlya-naseleniya/1330.htm> (Дата обращения: 13.04.2024)

¹⁰ Трухина М. Нитраты, нитриты и пути снижения их в овощах: [Электронный ресурс] // Журнал Химия №31/2001. URL: <https://him.1sept.ru/article.php?id=200103101>. (Дата обращения: 18.04.2024)