

# АКТИВНОСТЬ БАКТЕРИЙ AZOTOBACTER CHROOCOCCUM В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЭЛЕМЕНТОВ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ В ПОЧВЕ

## ACTIVITY OF BACTERIA AZOTOBACTER CHROOCOCCUM DEPENDING ON THE ELEMENTS OF MINERAL NUTRITION IN THE SOIL

**Yu. Koryagin  
S. Sashenkova  
N. Koryagina  
E. Kulikova**

*Summary.* The article assesses the viability of strains of bacteria *Azotobacter chroococcum* isolated from soil samples collected in the agro-cenoses of the Penza region, within the western slopes of the Volga upland. The analysis of the activity of strains depending on the content of mineral nutrition elements in the soil and the introduction of a complex universal mineral fertilizer for the planned harvest of grain, industrial and fruit plants was carried out.

*Keywords:* *Azotobacter*, chernozem, soil samples, activity, mineral fertilizers.

**Корягин Юрий Викторович**

Доцент, кандидат с.-х. наук  
Пензенский государственный аграрный  
университет  
koryagin.y.v@pgau.ru

**Сашенкова Светлана Анатольевна**

Доцент, кандидат биол. наук  
Пензенский государственный аграрный  
университет  
sashenkova.s.a@pgau.ru

**Корягина Наталья Викторовна**

Доцент, кандидат с.-х. наук  
Пензенский государственный аграрный  
университет  
koryagina.n.v@pgau.ru

**Куликова Евгения Геннадьевна**

Доцент, кандидат биол. наук  
Пензенский государственный аграрный  
университет  
kulikova.e.g@pgau.ru

*Аннотация.* В статье дается оценка жизнеспособности штаммов бактерий *Azotobacter chroococcum*, выделенных из почвенных образцов, собранных в агроценозах Пензенской области, в пределах западных склонов Приволжской возвышенности. Проведен анализ активности штаммов в зависимости от содержания элементов минерального питания в почве и внесения комплексного универсального минерального удобрения под запланированный урожай зерновых, технических и плодовых растений.

*Ключевые слова:* *Azotobacter*, чернозем, почвенные образцы, активность, минеральные удобрения.

**Д**еградация почв, снижение почвенного плодородия и, как следствие, изменения структуры микробоценозов, сокращения и изменения физиологической активности почвенных микроорганизмов — одна из экологических проблем, вызывающая внимание ряда исследователей, начиная с конца XX века. [1,2,3,4]. При этом особое внимание уделяется изучению штаммов бактерий рода *Azotobacter*, что объясняется их ролью в процессе круговорота азота и способностью обогащать им почву. Так как *Azotobacter* относится к группе грамотрицательных бактерий, так называемым, свободноживущим азотфиксаторам, предпочитающим щелочные и нейтральные почвы [5,6].

С начала XXI века бактерии рода *Azotobacter* используются в качестве инокулянтов семенного материала, что эффективно влияет на физиологические и морфологические параметры выращиваемых растений [7]. Бактериальные удобрения на основе этих бактерий широко используются в технологиях органического земледелия. [8,9] В качестве основного метода по созданию таких удобрений используется скрининг наиболее активных штаммов этого рода в окружающей среде. Кроме того, некоторые авторы предлагают использовать азотобактер в качестве индикатора агрономических качеств почвы. [1,5,10,11] Поэтому исследование почв разных типов агроценозов является актуальным направлением исследований для расширения спектра

Таблица 1. Почвенные образцы, содержащие бактерии рода *Azotobacter*

Номер образца	Культура, выращиваемая на участке	Признаки				Род и вид
		Пигмент	Подвижность	Жгутики	Образование капсульной слизи	
1	Яровая пшеница	черный	+	+	+	род <i>Azotobacter</i> , вид <i>Azotobacter chroococcum</i>
2	Ячмень	черный	+	+	+	род <i>Azotobacter</i> , вид <i>Azotobacter chroococcum</i>
3	Чистый пар	черный	+	+	+	род <i>Azotobacter</i> , вид <i>Azotobacter chroococcum</i>
4	Озимая пшеница	черный	+	+	+	род <i>Azotobacter</i> , вид <i>Azotobacter chroococcum</i>
5	Лен масличный	черный	+	+	+	род <i>Azotobacter</i> , вид <i>Azotobacter chroococcum</i>
6	Яблоневый сад	черный	+	+	+	род <i>Azotobacter</i> , вид <i>Azotobacter chroococcum</i>

штаммов, которые могут представлять практический интерес.

Целью данной работы являлось изучение активности штаммов рода *Azotobacter*, выделенных из почв агроценозов, расположенных на территории ООО «Сады Суры» Бессоновского района Пензенской области, и определение влияния элементов минерального питания на их активность.

Исходя из цели, были сформулированы следующие задачи:

1. Провести выделение и идентификацию штаммов азотобактер в разных агроценозах в пределах района исследования;
2. Выявить ростовую активность выделенных штаммов;
3. Изучить влияние внесения удобрений на жизнеспособность штаммов азотобактер в почвах исследуемых агроценозов.

Поля ООО «Сады Суры» находятся на территории с. Чертково, в центральной части Пензенской области, в пределах западных склонов Приволжской возвышенности, в лесостепной зоне, на берегах реки Колоярки, на расстоянии примерно 7 километров (по прямой) к северо-западу от села Бессоновки, административного центра района. Абсолютная высота — 175 метров над уровнем моря.

Агроклиматические условия сельскохозяйственно-производства на данной территории характеризуется следующими показателями:

Температура воздуха: среднегодовая температура воздуха +3,8<sup>0</sup>С; абсолютный минимум –42<sup>0</sup>С; абсолютный максимум +38<sup>0</sup>С; продолжительность периода с температурой выше 0<sup>0</sup>С — 208 дней; выше 5<sup>0</sup>С — 170 дней; выше +10<sup>0</sup>С — 136 дней; сумма температур за период выше +10<sup>0</sup>С составляет 2200<sup>0</sup>С; продолжительность безморозного периода составляет — 140 дней.

Средняя высота снежного покрова — 34 см, глубина промерзания почвы — 82см, продолжительность периода с устойчивым снежным покровом — 148 дней.

Среднегодовое количество осадков — 549 мм.; сумма осадков за период с температурой выше 10<sup>0</sup>С составляет 293 мм.

Вегетационный период — 174 дня.

Землепользование хозяйства по температурным условиям и влагообеспеченности относится к 1 агроклиматическому району, подрайону достаточного увлажнения, с гидротермическим коэффициентом 1,0–1, 1.

Почвенный покров территории довольно разнообразный, однако ведущее место занимают почвы черноземного типа — это наиболее плодородные черноземы оподзоленные, выщелоченные, типичные, карбонатные, образцы которых использовались в исследованиях.

Почвенные пробы отбирались в весенний и ранне-летний периоды, когда их увлажнение было достаточным, с использованием методики ГОСТ 17.4.3.01. [12]

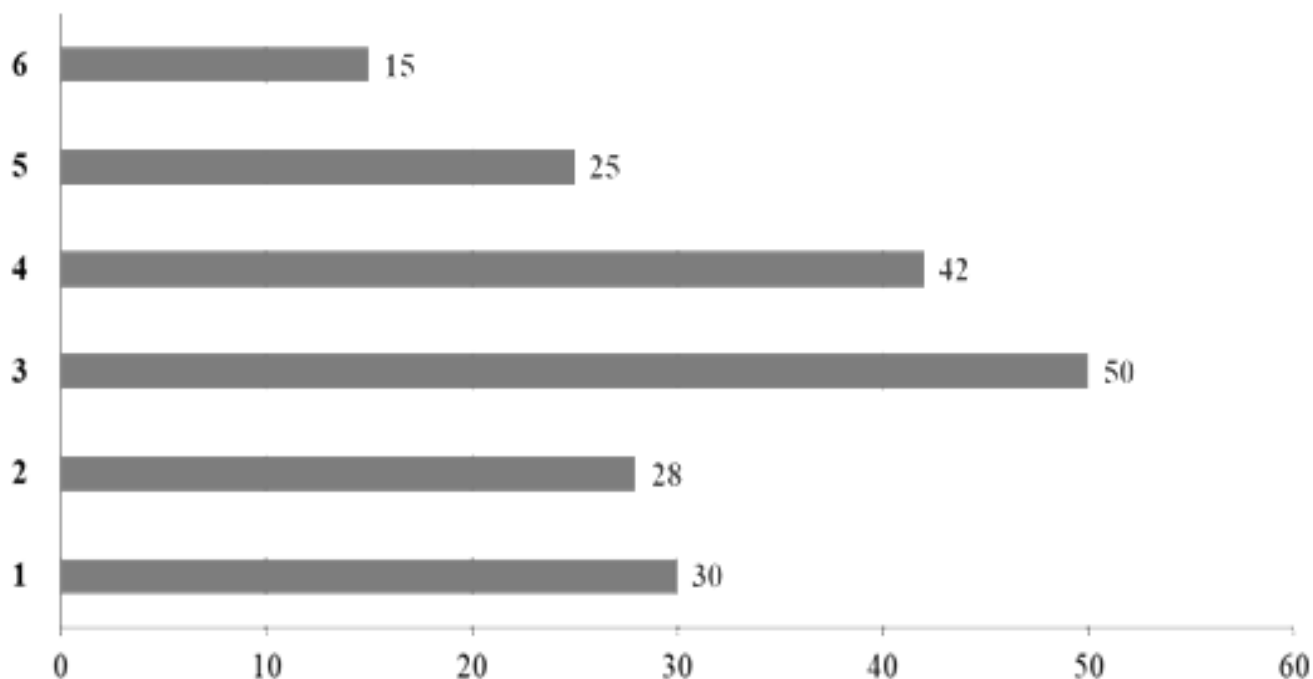


Рис. 1. Содержание клеток азотобактера, КОЕ%  
 1 — Яровая пшеница, 2 — Яровой ячмень, 3 — Чистый пар, 4 — Озимая пшеница,  
 5 — Лен масличный, 6 — Яблоневый сад.

Для культивирования азотобактера использовали селективную питательную среду Эшби (ГОСТ Р 54653–2011). [13]

Накопительные культуры азотобактера получали, используя в качестве посевного материала непосредственно почву. Метод почвенных комочков является наиболее удачным, так как он наиболее приближен к естественным условиям [8,14,15]. Изолированные колонии были рассеяны методом истощающегося штриха на среду Эшби. [6] Идентификацию выделенных штаммов, проводили по комплексу ключевых признаков, согласно определителю Берги (1997). [16]

В результате исследования в шести почвенных пробах чернозема выщелоченного, при посеве на среду Эшби был обнаружен рост типичных колоний азотобактера. Установлено, что выделенные штаммы по ключевым морфологическим и физиолого-биохимическим признакам относились к роду *Azotobacter* и виду *Azotobacter chroococcum* (табл. 1).

Проведенный анализ активности выделенных штаммов *Azotobacter chroococcum* представлен на рисунке 1.

Наиболее активным оказался штамм, выделенный из почвенного образца № 3 с участка чистый пар, а за-

медленное развитие азотобактера наблюдалось из почвенного образца № 6 — яблоневый сад.

Для анализа полученных результатов необходимо учитывать, что азотобактер достаточно требователен к условиям среды обитания. Бактерии этого рода тяготеют к нейтральным почвам и плохо переносят подкисление и снижение аэрации почвы, однако могут размножаться и в микроаэрофильных условиях. Глубина проникновения азотобактера в почву также определяется в значительной степени обеспеченностью почвы влагой. [10,17,18] Возможно низкая активность штамма, выделенного из почвы яблоневое сада, объясняется пониженной аэрацией, так как почвенный образец взяли между деревьями, где почва была достаточно плотной, необработанной.

Имеются сведения о значительном влиянии на развитие азотобактера элементов минерального питания в почве. Так, недостаток фосфора ингибирует рост и снижает жизнеспособность *Azotobacter chroococcum*, а недостаток калия и азота менее чувствителен. Наоборот, в больших концентрациях калий и азот подавляют рост бактерий рода *Azotobacter*. [19] Доказана высокая требовательность этих микроорганизмов к микроэлементам, в частности к молибдену. Существенно влияет на жизнеспособность *Azotobacter chroococcum* и характер вносимых удобрений. Как правило, органиче-

Таблица 2. Содержание минеральных элементов в почвенных образцах перед посевом культур

Номер почвенного образца	Культура	Содержание, кг/га		
		азота	фосфора	калия
1	Яровая пшеница	109,4	35,9	53,7
2	Ячмень	101,4	35,8	54,0
3	Чистый пар	111,0	48,7	65,2
4	Озимая пшеница	111,0	31,0	56,0
5	Лен масличный	138,8	59,6	61,0
6	Яблоневый сад	112,0	40,4	57,9

Таблица 3. Количество минеральных удобрений, внесенных в почву под запланированный урожай зерновых, технических и плодовых растений

Номер почвенного образца	Культура, выращиваемая на участке	Доза внесения питательных веществ в почву под запланированный урожай, кг/га д.в.		
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
1	Яровая пшеница	43,0	13,0	47,0
2	Яровой ячмень	55,0	17,0	46,0
3	Чистый пар	74,0	17,0	65,0
4	Озимая пшеница	74,0	34,0	74,0
5	Лен масличный	180,0	100,0	218,0
6	Яблоневый сад	188,0	160,0	243,0

ские и фосфорные минеральные удобрения имеют стимулирующий эффект, а азотные, нередко, подавляют рост азотобактера. [10, 20]

Проведя оценку агрохимических показателей отобранных образцов, было установлено, что содержание гумуса колеблется в пределах 3,7–6,8%, реакция почвенной среды составляет 4,9–5,3 ед. рН. Содержание элементов питания колебалась в следующих пределах: азота 105,3–157,6 мг/кг почвы, фосфора — 79,0–140,0 мг/кг почвы, калия — 136,5–163,7 мг/кг почвы, серы 3,8–4,8 мг/кг почвы, кальция 23,1–25,5 мг-экв./кг почвы и магния 3,6–4,9 мг-экв./кг почвы. Содержание элементов минерального питания в почвах исследуемых участков представлено в таблице 2.

Анализ содержания соединений фосфора показывает, что наименьшее его количество было на участках № 4, 1 и 2, которые имели средние показатели активности бактерий *Azotobacter chroococcum*. Наибольшее содержание калия было отмечено в почвенных образцах на участке № 3 и 5, при этом активность бактерий в образце № 3 была наибольшей. На снижение активности микроорганизмов из образца № 5 могли оказать влияние повышенное содержание в почве азота и калия по сравнению с другими вариантами. Учитывая выше сказанное, разная активность штаммов *Azotobacter chroococcum*, выделенных в ходе проведения исследо-

ваний могла быть обусловлена, как штаммовыми различиями, так и влиянием комплекса факторов.

Проведя оценку корреляционной зависимости активности азотобактера от количества элементов минерального питания в почве, получили отрицательные значения коэффициентов Пирсона, что указывает на обратную связь. По отношению к содержанию фосфора в почве зависимость с активностью *Azotobacter chroococcum* оценивается, как слабая, но достоверная ( $p = -0,25$ ;  $t = 5,2$  при  $t_{0,5} = 2,446$ ). По отношению к азоту — сильная, достоверная ( $p = -0,84$ ;  $t = 3,11$  при  $t_{0,5} = 2,446$ ). По отношению к калию — средняя, но недостоверная ( $p = -0,6$ ;  $t = 1,5$  при  $t_{0,5} = 2,446$ ). Критическое значение критерия Пирсона при  $n = 6$  для достоверной значимости составляет 0,811. Поэтому в проведенном эксперименте существенная обратная зависимость обнаружена только по отношению к содержанию в почве азота.

Для изучения влияния внесения удобрений на штаммы *Azotobacter chroococcum* использовали комплексное универсальное удобрение NPK(S) с содержанием питательных элементов N — 15, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>–15, K<sub>2</sub>O –15, S — не менее 10% и MgO 1% д.в. и рН 6,0–7,2 ед., которое рекомендовано для применения на любых почвах под все культуры. Минеральное удобрение вносилось в почву под запланированный урожай зерновых, технических

Таблица 4. Влияние минеральных удобрений, внесенных в почву под запланированный урожай зерновых, технических и плодовых растений, на штаммы *Azotobacter chroococcum*, через 30 дней после внесения

Номер почвенного образца	Культура, выращиваемая на участке	Всего почвенных комочков, шт.	Количество обросших комочков		Количество колоний, имевших окраску	
			шт.	%	шт.	%
<b>4-е сутки наблюдения</b>						
1	Яровая пшеница	40	21	52,5	5	12,5
2	Яровой ячмень	40	22	55,0	6	15,0
3	Чистый пар	40	32	80,0	14	35,0
4	Озимая пшеница	40	30	75,0	18	45,0
5	Лен масличный	40	35	50,0	25	62,5
6	Яблоневый сад	40	38	95,5	30	75,0
<b>7-е сутки</b>						
1	Яровая пшеница	40	30	75,0	21	52,5
2	Яровой ячмень	40	33	82,5	25	62,5
3	Чистый пар	40	37	92,5	36	90,0
4	Озимая пшеница	40	38	95,0	31	77,5
5	Лен масличный	40	39	97,5	35	87,5
6	Яблоневый сад	40	40	100,0	35	87,5
<b>10-сутки</b>						
1	Яровая пшеница	40	40	100,0	40	100
2	Яровой ячмень	40	40	100,0	39	97,5
3	Чистый пар	40	40	100,0	40	100,0
4	Озимая пшеница	40	39	97,5	38	95,0
5	Лен масличный	40	40	100,0	40	100,0
6	Яблоневый сад	40	40	100,0	40	100,0

и плодовых растений согласно расчетам, проведенным в хозяйстве (табл. 3).

Анализ полученных данных по росту и развитию штаммов *Azotobacter chroococcum* на среде Эшби по наличию вокруг комочков слизи показали, что активность бактерий через 30 дней после внесения удобрения колебалась от 52,5% до 95,5% на 4-е сутки, 75–100% на 7-е сутки и 97,5–100% на 10 суток. Самая наибольшая активность штаммов *Azotobacter chroococcum* была зафиксирована на почвенном образце, отобранном на участке яблоневого сада, т.к. уже на 7-сутки наблюдения она достигала 100% и 87,5% колоний, имевших окраску для данного вида бактерий. Наименьшая активность *Azotobacter chroococcum* наблюдалась на почвенных образцах, отобранных на участках яровой пшеницы и ярового ячменя при 52,5–55,0% на 4-сутки и 100–97,5% обрастание на 10-сутки наблюдения (табл. 4).

При оценке корреляционной зависимости активности азотобактера от доз внесенных в почву удобрений не получили статистически достоверных результатов. Значения критерия Пирсона указывали на прямую, слабую взаимосвязь.

Таким образом, через 30 дней после внесения удобрения активность бактерий повысилась на участке с яблоневым садом. Очевидно, что внесение минеральных удобрений на залежных почвах (между деревьями почва не обрабатывалась) стимулировало рост и развитие штаммов *Azotobacter chroococcum*. Однако в данном случае в качестве стимулирующего фактора для повышения активности бактерий могло быть повышение аэрации почвы, которое было обусловлено внесением минеральных удобрений. Кроме того на этом участке было внесено довольно большое количество фосфора (табл. 3).

Таблица 5. Влияние минеральных удобрений, внесенных в почву под запланированный урожай зерновых, технических и плодовых растений на штаммы *Azotobacter chroococcum*, через 60 дней после внесения

Номер почвенного образца	Культура, выращиваемая на участке	Всего почвенных комочков, шт.	Количество обросших комочков		Количество колоний, имевших окраску	
			шт.	%	шт.	%
1	2	3	4	5	6	7
<b>4-е сутки</b>						
1	Яровая пшеница	40	20	50,0	2	5,0
2	Яровой ячмень	40	20	50,0	2	5,0
3	Чистый пар	40	28	70,0	7	17,5
4	Озимая пшеница	40	27	67,5	6	15,0
5	Лен масличный	40	30	75,0	17	42,5
6	Яблоневый сад	40	19	47,5	15	37,5
<b>7-е сутки</b>						
1	Яровая пшеница	40	23	57,5	18	45,0
2	Яровой ячмень	40	24	60,0	17	42,5
3	Чистый пар	40	39	97,5	36	90,0
4	Озимая пшеница	40	31	77,5	25	62,5
5	Лен масличный	40	32	80,0	27	67,5
6	Яблоневый сад	40	24	60,0	19	47,5
<b>10-сутки</b>						
1	Яровая пшеница	40	40	100,0	40	100,0
2	Яровой ячмень	40	40	100,0	40	100,0
3	Чистый пар	40	40	100,0	40	100,0
4	Озимая пшеница	40	40	100,0	40	100,0
5	Лен масличный	40	40	100,0	40	100,0
6	Яблоневый сад	40	40	100,0	40	100,0

Исследование, проведенные через 60 дней после внесения комплексного универсального удобрения показали, что наибольшая активность штаммов *Azotobacter chroococcum* наблюдалась на почвенных образцах, взятых на участке № 3 — чистый пар и участке № 5 — лен масличный, что свидетельствует о создании в этих почвах оптимальных условий для роста и развития азотобактера (табл. 5).

Активность бактерий через 90 дней после внесения удобрения колебалась от 30,0% до 62,5% на 4-е сутки, — 42,5–75,0% на 7-е сутки и 72,5–100% на 10 суток (табл. 6). Наименьшая активность штаммов *Azotobacter chroococcum* наблюдалась на почвенных образцах, отобранных на участках яблоневого сада — на 4-сутки она была 30,0%, на 7-е — 42,5% и на 10-е составила 72,5%. 62,5% колоний, имели окраску для данного

вида бактерий. А наибольшая активность штаммов *Azotobacter chroococcum* была зафиксирована на почвенных образцах, отобранных на участках № 3 и № 5. Причем уже на 7-сутки активность бактерий образца чистый пар достигала 100% и 90,0% колоний имели окраску черного цвета, характерную для данного вида бактерий (табл. 6).

Оценка корреляционной зависимости активности *Azotobacter chroococcum* от доз минеральных удобрений через 60 и 90 дней после внесения не дала достоверных результатов. В тоже время отмечается статистически значимое ( $p > 0,05$ ) увеличение активности микроорганизмов на всех исследуемых участках после внесения удобрений и существенное снижение их активности в зависимости от времени, прошедшего после внесения удобрений.

Таблица 6. Влияние минеральных удобрений, внесенных в почву под запланированный урожай зерновых, технических и плодовых растений, на штаммы *Azotobacter chroococcum*, через 90 дней после внесения

Номер почвенного образца	Культура, выращиваемая на участке	Всего почвенных комочков, шт.	Количество обросшихся комочков		Количество колоний, имевших окраску	
			шт.	%	шт.	%
<b>4-е сутки</b>						
1	Яровая пшеница	40	18	45,0	1	2,5
2	Яровой ячмень	40	15	37,5	1	2,5
3	Чистый пар	40	22	55,0	3	7,5
4	Озимая пшеница	40	24	60,0	2	5,0
5	Лен масличный	40	25	62,5	5	12,5
6	Яблоневый сад	40	12	30,0	0	0
<b>7-е сутки</b>						
1	Яровая пшеница	40	20	50,0	7	17,5
2	Яровой ячмень	40	19	47,5	8	20,0
3	Чистый пар	40	40	100,0	36	90,0
4	Озимая пшеница	40	28	70,0	11	27,5
5	Лен масличный	40	30	75,0	15	62,5
6	Яблоневый сад	40	17	42,5	5	12,5
<b>10-сутки</b>						
1	Яровая пшеница	40	40	100,0	39	97,5
2	Яровой ячмень	40	40	100,0	38	95,0
3	Чистый пар	40	40	100,0	40	100,0
4	Озимая пшеница	40	40	100,0	40	100,0
5	Лен масличный	40	40	100,0	40	100,0
6	Яблоневый сад	40	29	72,5	25	62,5

Таким образом, очевидно, что по полученным данным нельзя сделать однозначного вывода по положительному влиянию внесения минеральных удобрений на активность *Azotobacter chroococcum*, поскольку невозможно исключить действие других факторов, в том числе и биотических (вид растений, наличие других микроорганизмов в почве). Например, в литературе отмечается стимулирующий эффект в отношении азотобактера некоторых бактерий родов *Pseudomonas*, *Mycobacterium*. Сильными антагонистами являются *Bacillus subtilis*, *Bacillus cereus*, грибы родов *Penicillium* и *Aspergillus*. Большинство актиномицетов стимулирует развитие азотобактера [3]. Так как в эксперименте эти факторы не учитывались, поэтому нельзя исключить и их влияние на показатели активности *Azotobacter chroococcum* в разных образцах.

Кроме того, увеличение активности бактерий после внесения минерального удобрения может быть обусловлено повышением аэрации, что наблюдалось в образце из яблоневого сада, отобранного через 30 дней после обработки. С течением времени активность азотобактера на этом участке уменьшилась в 2 и 1,6 раза, соответственно, после 60 и 90 дней. В тоже время, это снижение на других вариантах составляло в среднем 1,1–1,2 раза.

Отметим, что колонии *Azotobacter chroococcum* присутствовали во всех почвенных образцах. Самым активно растущим оказался штамм азотобактера, выделенный из почвенного образца № 3, где располагался чистый пар.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Самсонов С.К. Невидимые земледельцы. М, 1987. —172с.
2. Громов Б.В., Павленко Г.В. Экология бактерий. — Л.: Издательство Ленинградского университета, 1989, 248 с
3. Заварзин Г.А., Колотилова Н.Н. Введение в природоведческую микробиологию. Учебное пособие. — М.: Книжный дом «Университет», 2001, 256 с
4. Zahir Z.A., Arshad M., Frankenberger W.T. Plant growth promoting rhizobacteria: application and perspectives in agriculture // Adv. Agron. 2004. Vol. 81. P. 97–169.
5. Шлегель Г. Микробиология. М.: Мир, 1987. 403 с.
6. Колешко О.И. Азотфиксирующие бактерии (физиология развития). Минск, 1981. 109 с.
7. Кадырова Г.Х., Абдуллаев А.К., Алиев З.З., и др. Ростостимулирующие свойства азотфиксирующих и энтомопатогенных бактерий // Universum: химия и биология. 2022. № 5–1 (95). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/rostostimuliruyuschie-svoystva-azotfiksiruyuschih-i-entomopatogennyh-bakteriy>
8. Зенова Г.М., Степанов А.Л., Лихачева А.А. и др. Практикум по биологии почв. — М., 2002, 120 с.
9. Чуварева О.В., Акименко Ю.В., Казеев К.Ш., Колесников С.И. Оценка устойчивости микробоценоза бурой лесной почвы к загрязнению биоцидами // Известия Самарского научного центра РАН. 2018. № 5–2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-ustoychivosti-mikrobootsenoza-buroy-lesnoy-pochvy-k-zagryazneniyu-biotsidami>
10. Мишустин Е.Н., Шильникова В.К. Биологическая фиксация атмосферного азота. М.: Наука, 1968, 530 с.
11. Мишустин Е.Н. Микроорганизмы и продуктивность земледелия. М.: Наука, 1972, 344 с.
12. ГОСТ 17.4.3.01 Общие требования к отбору проб. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: — <https://docs.cntd.ru/document/1200159508>
13. ГОСТ Р 54653–2011 Методы микробиологического анализа. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: — <https://docs.cntd.ru/document/1200093144>
14. Aquilanti L., Favilli F., Clementi F. comparison of different strategies for isolation and preliminary identification of Azotobacter from soil samples., Soil Biol. and Biochem. 2004. Vol.32. P. 181–190
15. Кравченко И.К., Дорошенко Е.В. Азотфиксирующая активность торфяной почвы верхового болота. Микробиология. 2003. Т. 72. № 1, с. 111–116.
16. Классификация микроорганизмов по Д.Х Берги (Берджи). [Электронный ресурс]. — Режим доступа: [https://bstudy.net/988786/agro/klassifikatsiya\\_mikroorganizmov\\_bergi](https://bstudy.net/988786/agro/klassifikatsiya_mikroorganizmov_bergi)
17. Мишустин Е.Н. Ассоциации почвенных микроорганизмов. М.: Наука, 1975, 108 с.
18. Артамонова В.С., Бортникова С.Б. О развитии Azotobacter chroococcum Beiyrinck в старовозрастных отвалах антрацита // Теоретическая и прикладная экология. 2018. № 1, с. 60–72.
19. Tsai J.C., Aladegbami S.L., Vela G.R. Phosphate-limited culture of Azotobacter vinelandii // J. Bacteriol. 1979. Vol. 139, № 2. P. 639–645.
20. Звягинцев Д.Г. Почва и микроорганизмы. — М.: Издательство МГУ. 1987, 256 с.