

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНОЙ ВЛАЖНОСТИ ПОЧВЫ НА СОСТАВ МИКРОБНЫХ ЦЕНОЗОВ РИЗОСФЕРЫ И РИЗОПЛАНЫ НА ПРИМЕРЕ ОВСА (*AVENA SATIVA*)*

Аннотация. Целью работы являлось изучение влияния влажности почвы на микрофлору ризосферы и ризопланы на протяжении всего периода вегетации растений. В работе моделировалась 40%, 60% и 80% постоянная влажность почвы.

Ключевые слова: микроорганизмы, ризосфера, ризоплана, влияние, влажность.

Развивающаяся корневая система, проникая в глубь почвы, вступает во взаимодействие с почвенными микроорганизмами, животными и корнями других растений. Вокруг корня формируется так называемая *ризосфера* – окружающее корень пространство почвы, характеризующееся более высокой плотностью микроорганизмов. Размер ризосферы исчисляется примерно от 0 до 8 мм в диаметре, количество микробных клеток в ней может превышать их число в окружающей почве в сотни раз. Ризосфера является областью интенсивной микробной активности, управляемой корневыми экссудатами [7]. Полезные свободно живущие, или «ассоциативные» бактерии могут быть обнаружены среди этих микроорганизмов точно так же, как и возбудители заболеваний растений или нейтральные для растения-хозяина [5]. Бактерии, относящиеся к первой группе, принято называть *plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR)* [6]. Пространство поверхности корня часто определяют как отдельное место обитания микроорганизмов, называемое *ризопланой* [5; 7; 8].

В любой почве изменения окружающей среды, включая агротехнические мероприятия, оказывают меньшее воздействие на микроорганизмы в ризосфере по сравнению с обитателями почвы. Ризосферная зона представляет собой своеобразную «буферную» систему, препятствующую воздействию среды на микрофлору.

Мероприятия, проводимые человеком, оказывают огромное воздействие на микробные ассоциации. Среди них наиболее существенно применение химических средств борьбы с сорняками (гербициды), всевозможных протравителей семян, минеральных удобрений. Все это в сочетании с разными типами обработки почв (вспашка, орошение, мелиорация) изменяет микробные ценозы, часто стойко и не всегда в благожелательном для хозяйства направлении. В этом плане во всем мире ведется большая исследовательская работа.

Микроорганизмы, обитающие в прикорневой зоне, представлены видами, которые интенсивно продуцируют витамины, аминокислоты, гетероауксины и ферменты и поэтому оказывают определенное влияние на развитие растений. В ризосфере также встречается сравнительно большое количество антагонистов, препятствующих размножению патогенных видов в прикорневой зоне [5; 8]. Установлено, что наибольшее количество бактерий как в ризосфере, так и в ризоплане приходится на бактерии р. *Pseudomonas*, которые являются PGPR.

Количество бактерий в ризоплане значительно больше, по сравнению с ризосферой. Наибольшее количество бактерий как в ризосфере, так и в ризоплане обнаруживается в фазе цветения растений, вне зависимости от факторов внешней среды. Наименьшее же

* © Алесина Н.В., Снисаренко Т.А.

количество соответствует стадии созревания. Такой характер сукцессии связан с заменой бактерий, питающихся продуктами экзосмоса растений (экрисотрофами), на гидролитиков, разлагающих корневой отпад, старые корешки, микробную биомассу. Также по соотношению обнаруженных эккрисотрофных и гидролитических микроорганизмов можно определить, комфортны ли данные условия для развития и роста растений. Если наблюдается резкое увеличение гидролитических микроорганизмов, происходит интенсивный процесс гибели корней.

Цель нашего исследования – экспериментальная оценка воздействия на корневую и прикорневую микрофлору растения в условиях различной влажности почвы.

Материалы и методы

В работе использован овёс (*Avena sativa*). Почва для лабораторных экспериментов суглинистая дерново-подзолистая, содержание гумуса 5.2%, рН водной вытяжки 6,2. В лабораторных условиях растения для анализа численности микроорганизмов, обитающих в прикорневой зоне (ризосфере), выращивали в сосудах, вмещающих 3 кг почвы, по 100 растений в каждом. Влажность почвы поддерживали на уровне 40%, 60%, 80% полной влагоемкости, а температуру – на уровне 18-20 °С.

Контролем опыта являлись образцы корневой и прикорневой микрофлоры растений, произраставших в условиях без антропогенного влияния. Данные образцы считались полученными при нормальных условиях развития растений.

Микробиологический анализ ризосферы (почвы, на которую воздействуют корни растений) и ризопланы (поверхности корней растений) проводили согласно руководству [3]. Для количественного учета бактерий использовали метод десятичных предельных разведений с применением для пересчета таблиц Мак-Креди [3]. Количество грибов подсчитывали на среде Сабуро, на чашках со средой Чапека – количество актиномицетов, на МПА – другие гетеротрофные микроорганизмы. Аэробные и анаэробные целлюлозо-разлагающие бактерии выращивали в жидкой среде Гетчинсона с добавлением фильтровальной бумаги.

Исследования микробного ценоза ризосферы и ризопланы проводилось в разных фазах развития растений (фаза кущения, колошения, цветения и созревания).

Результаты исследований

Таблица 1

Микробный ценоз ризосферы овса, на различных стадиях развития растения.
Нормальные условия (число микроорганизмов в тыс. на 1 г почвы)

Фаза развития растения	Бактерии		Актиномицеты	Грибы	Целлюлозо-разлагающие организмы
		Из них <i>Pseudomonas</i>			
Кущение	2,3*10 ⁵	2,05*10 ⁵	340	180	860
Колошение	3*10 ⁵	2,8*10 ⁵	1200	200	900
Цветение	4,6*10 ⁵	4,4*10 ⁵	1600	280	8000
Созревание	2*10 ⁵	1,6*10 ⁵	3500	280	50000

Таблица 2

Микробный ценоз ризопланы овса, на различных стадиях развития растения.
(число микроорганизмов в тыс. на 1 г почвы)

Фаза развития растения	Бактерии		Актиномицеты	Грибы	Целлюлозо-разлагающие организмы
		Из них <i>Pseudomonas</i>			
Кущение	$3 \cdot 10^5$	$2,9 \cdot 10^5$	20	40	100
Колошение	$4,2 \cdot 10^5$	$4 \cdot 10^5$	80	45	100
Цветение	$5,6 \cdot 10^5$	$5,2 \cdot 10^5$	100	45	1000
Созревание	$2,8 \cdot 10^5$	$2,3 \cdot 10^5$	300	60	15000

Как видно из таблиц, преобладающими микроорганизмами в ризосфере и ризоплане являются микроорганизмы рода *Pseudomonas*, что является нормой развития микробного сообщества ризосферы.

Опыт 1. Микрофлора ризосферы в условиях различной влажности почвы (40%, 60%, 80%).

а) При постоянной искусственной влажности почвы 40% были получены следующие данные:

Таблица 3

Микробный ценоз ризосферы овса при влажности почвы 40%
(число микроорганизмов в тыс. на 1 г почвы)

Фаза развития растения	Бактерии		Актиномицеты	Грибы	Целлюлозо-разлагающие бактерии
		Из них <i>Pseudomonas</i>			
Кущение	$2 \cdot 10^5$	$1,6 \cdot 10^5$	300	150	800
Колошение	$2,6 \cdot 10^5$	$2,3 \cdot 10^5$	1000	190	800
Цветение	$3,9 \cdot 10^5$	$3,4 \cdot 10^5$	1200	230	7200
Созревание	$1,9 \cdot 10^5$	$1,3 \cdot 10^5$	3000	260	42000

Таблица 4

Микробный ценоз ризопланы овса при влажности почвы 40%
(число микроорганизмов в тыс. на 1 г почвы).

Фаза развития растения	Бактерии		Актиномицеты	Грибы	Целлюлозо-разлагающие бактерии
		Из них <i>Pseudomonas</i>			
Кущение	$2,8 \cdot 10^5$	$2,6 \cdot 10^5$	35	40	100
Колошение	$3,9 \cdot 10^5$	$3,7 \cdot 10^5$	50	40	120
Цветение	$5,3 \cdot 10^5$	$4,8 \cdot 10^5$	100	80	1200
Созревание	$2,8 \cdot 10^5$	$2,2 \cdot 10^5$	290	60	10000

По сравнению с микрофлорой растений, выросших в нормальных условиях, заметно уменьшается общее количество выделенных микроорганизмов. Также уменьшается количество бактерий как в ризосфере, так и в ризоплане. Количество бактерий р. *Pseudomonas* уменьшается очень значительно, они заменяются бактериями других родов (*Klebsiella*, *Alcaligenes*, *Bacillus*). В целом недостаток влаги оказывает негативное воздействие на микробное сообщество.

б) При постоянной искусственной влажности почвы 60% были получены следующие данные:

Таблица 5

Микробный ценоз ризосферы овса при влажности почвы 60%
(число микроорганизмов в тыс. на 1 г почвы)

Фаза развития растения	Бактерии		Актиномицеты	Грибы	Целлюлозо-разлагающие бактерии
		Из них <i>Pseudomonas</i>			
Кущение	2,6*10 ⁵	2,5*10 ⁵	340	170	800
Колошение	3,4*10 ⁵	3,3*10 ⁵	1100	180	900
Цветение	5*10 ⁵	4,8*10 ⁵	1500	300	8000
Созревание	2,5*10 ⁵	2,3*10 ⁵	3100	310	45000

Таблица 6

Микробный ценоз ризопланы овса при влажности почвы 60%
(число микроорганизмов в тыс. на 1 г почвы)

Фаза развития растения	Бактерии		Актиномицеты	Грибы	Целлюлозо-разлагающие бактерии
		Из них <i>Pseudomonas</i>			
Кущение	3,5*10 ⁵	3,4*10 ⁵	15	35	100
Колошение	4,7*10 ⁵	4,5*10 ⁵	55	40	110
Цветение	5,9*10 ⁵	5,7*10 ⁵	80	50	900
Созревание	3*10 ⁵	2,6*10 ⁵	270	80	15000

Полученные результаты свидетельствуют, что в целом при влажности почвы 60% создаются наиболее благоприятные условия для развития корневой микрофлоры.

Наблюдается как общее увеличение микробного количества (по сравнению с естественными условиями развития растений), так и изменение состава микробиоты. Увеличивается процентное содержание наиболее многочисленных микроорганизмов: бактерий р. *Pseudomonas*. Так как бактерии р. *Pseudomonas* являются РГРВ, очевидно, что регулярный полив благотворно сказывается на микробном составе ризопланы.

В то же время очевидно уменьшение количества грибов, актиномицетов и целлюлозоразлагающих микроорганизмов, по сравнению с образцами, полученными при выращивании растений без антропогенного воздействия.

Следует отметить, что количественный максимум бактерий р. *Pseudomonas* в образцах данного опыта приходится на фазу кущения овса как в ризосфере растений, так и в ризоплане (в отличие от нормальных условий, где такой эффект наблюдается только в образцах ризопланы), что свидетельствует о более интенсивном размножении данных микроорганизмов при созданных условиях. По-видимому, влажность 60% является наиболее благоприятным условием роста и развития этих бактерий. При данной влажности почвы они более интенсивно размножаются на начальных фазах роста растений. Более наглядно это иллюстрирует табл. 7.

Таблица 7

Соотношение бактерий рода *Pseudomonas* корневой и прикорневой микрофлоры на разных стадиях развития растений при различных условиях роста растений (% от выделенных бактерий)

Фаза развития растения	ризосфера		ризоплана	
	норм. усл.	влажность 60%	норм. усл.	влажность 60%
Кущение	88,6%	95,67%	96,6%	97,1%
Колошение	92,65%	93,52%	95,2%	95,7%
Цветение	93,6%	94,15%	92,66%	96,44%
Созревание	63%	77,07%	78,67%	82,45%

в) При постоянной искусственной влажности почвы 80% были получены следующие данные:

Таблица 8

Микробный ценоз ризосферы овса при влажности почвы 80% (число микроорганизмов в тыс. на 1 г почвы)

Фаза развития растения	Бактерии		Актиномицеты	Грибы	Целлюлозо-разлагающие организмы
		Из них <i>Pseudomonas</i>			
Кущение	1,4*10 ⁵	1,2*10 ⁵	500	320	1300
Колошение	2,2*10 ⁵	1,8*10 ⁵	1800	400	1500
Цветение	2,6*10 ⁵	2,4*10 ⁵	2200	510	11000
Созревание	1,4*10 ⁵	1,2*10 ⁵	4000	700	62000

Таблица 9

Микробный ценоз ризопланы овса при влажности почвы 80% (число микроорганизмов в тыс. на 1 г почвы)

Фаза развития растения	Бактерии		Актиномицеты	Грибы	Целлюлозо-разлагающие организмы
		Из них <i>Pseudomonas</i>			
Кущение	2,6*10 ⁵	2,5*10 ⁵	500	320	1300
Колошение	3,4*10 ⁵	3,2*10 ⁵	1800	400	1500
Цветение	4*10 ⁵	3,8*10 ⁵	2200	510	11000
Созревание	2,5*10 ⁵	2*10 ⁵	4000	700	62000

Влажность почвы 80% крайне неблагоприятно сказывается на микрофлоре ризосферы и ризопланы. При этих условиях резко падает общее количество всех групп исследуемых микроорганизмов, резко уменьшается количество бактерий р. *Pseudomonas*. Также наблюдается значительное увеличение гидролитических микроорганизмов относительно образцов, полученных в нормальных условиях роста растений. Это иллюстрирует табл. 10.

Таблица 10

Соотношение гидролитических микроорганизмов прикорневой микрофлоры на разных стадиях развития растений в условиях повышенной влажности почвы (% от выделенных микроорганизмов)

Фаза развития растения	ризосфера		ризоплана	
	норм. усл.	влажность 80%	норм. усл.	влажность 80%
Кущение	0,6%	1,49%	0,05%	0,31%
Колошение	0,8%	1,66%	0,06%	0,28%
Цветение	2,1%	5,01%	0,2%	2,01%
Созревание	21,2%	37,25%	4,82%	8,91%

Как видно из таблицы, количество гидролитических микроорганизмов увеличивается в десятки раз на ранних фазах развития растений, и практически в два раза – в фазе созревания.

Однако в ризоплане растений процесс увеличения гидролитических микроорганизмов при негативном антропогенном воздействии менее выражен, чем в ризосфере. Так при одинаковых условиях развития растений и влажности почвы равной 80% на стадии созревания в ризосфере гидролитические микроорганизмы составили 37,25% от выделенных микроорганизмов, а в ризоплане – 8,91%. По-видимому, корневые выделения растений при любых негативных внешних условиях служат некой «буферной» средой. Поэтому микроорганизмы микробного сообщества ризосферы более быстро и более выразительно реагируют на изменения условия развития растений.

Из данной серии опытов были сделаны следующие выводы.

1. Влажность почвы 60% является оптимальной для развития микроорганизмов ризосферы.

2. Наиболее благоприятной для развития бактерий р. *Pseudomonas* во всех фазах роста растений является постоянная влажность почвы 60%.

3. Недостаточная влажность почвы не стимулирует развитие какой-либо отдельной группы микроорганизмов, но в целом неблагоприятно сказывается на микробном составе ризосферы, за счёт уменьшения общего количества микроорганизмов.

4. Повышенная влажность почвы крайне неблагоприятно отражается на микробном ценозе корневой и прикорневой микрофлоры. При данных условиях резко возрастает количество гидролитических микроорганизмов даже на ранних стадиях развития растений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Аникеев В.В., Лукомская К.А. Руководство к практическим занятиям по микробиологии. – М., 1984.
2. Барбер С.А. Биологическая доступность питательных веществ в почве. – М., 1988.
3. Егоров Н.С. Руководство к практическим занятиям по микробиологии. – М.: Изд-во МГУ, 1995.
4. Гельцер Ф.Ю. Симбиоз с микроорганизмами - основа жизни растений. – М., 1990.
5. Емцев В.Т. Мишустин Е.Н. Микробиология. – М., 2006.
6. Звягинцев Д.Г. Почва и микроорганизмы. – М., 1987.
7. Кожевин П.А. Динамика микробных популяций в почве // Вестн. Моск. ун-та. Сер. Почвоведение. – 1992. № 2.
8. Экология микроорганизмов. Под. Ред. Профессора А. И. Нетрусова. – М., 2004.

N. Alesina, T. Snisarenko

INFLUENCE OF VARIOUS HUMIDITY OF SOIL ON STRUCTURE MICROBIC COENOSIS OF RHIZOSPHERE AND RHIZOPLANS ON OATS EXAMPLE (AVENA SATIVA)

Abstract. The operation purpose was studying of influence of humidity of soil on microflora rhizosphere and rhizoplans throughout all period of vegetation of plants. In operation constant humidity of soil was modeled 40 %, 60% and 80 %.

Key words: microorganisms, rhizosphere, rhizoplana, influence, oily.