

УДК 633.494:[581.132+581.522.4]

Снисаренко Т.А., Алесина Н.В.*Московский государственный областной университет***ВЛИЯНИЕ НЕКОТОРЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ
НА МИКРОБНЫЙ СОСТАВ РИЗОСФЕРЫ И РИЗОПЛАНЫ
НА ПРИМЕРЕ ОВСА ПОСЕВНОГО (*AVENA SATIVA*)**

Аннотация. В работе представлены результаты изучения влияния некоторых экологических факторов на микробные комплексы зоны корня на протяжении всего периода вегетации растений на примере овса посевного (*Avena sativa*). Ризосфера и ризоплана является областью интенсивной микробной активности, управляемой корневыми экссудатами и условиями среды произрастания растений. В ризоплане слабо размножаются целлюлозоразлагающие микроорганизмы, актиномицеты и грибы, которых много в ризосфере. Количество сапрофитных бактерий в ризоплане значительно больше, чем в ризосфере. В ризосфере и в ризоплане на разных стадиях развития растений преобладают грамотрицательные сапрофитные бактерии р. *Pseudotopas*. Наибольшее количество бактерий как в ризосфере, так и в ризоплане обнаружено в фазе цветения растений. Наименьшее же количество соответствует стадии созревания. Непосредственное воздействие на почву приводит к изменениям в микробных ценозах ризосферы и ризопланы в целом. При помощи поддержания уровня влажности на оптимальном уровне (60%) и регулярном рыхлении почвы возможно компенсировать негативное воздействие нефтезагрязнения почвы на микробный ценоз поверхности корня растений.

Ключевые слова: ризосфера, ризоплана, микрофлора, овес посевной (*Avena sativa*), корневая система, экология.

T. Snisarenko, N. Alesina*Moscow Regional State University***EFFECT OF SOME ECOLOGICAL FACTORS
ON MICROBE COMPOSITION OF RHIZOSPHERE AND RHIZOPLANE
BY THE EXAMPLE OF OAT SOWING (*AVENA SATIVA*)**

Abstract. The paper presents results of the study on the effect of some environmental factors on microbial complexes of the root zone throughout the growing season for plants by the example of oat (*Avena sativa*). The rhizosphere and rhizoplane are an area of intense microbial activity, controlled by root exudates and environmental conditions of plant growth. Cellulose-decomposing microorganisms, actinomycetes and fungi, which are present in large quantities in the rhizosphere, weakly breed in the rhizoplane. The number of saprophytic bacteria in the rhizoplane is significantly greater than that in the rhizosphere. In the rhizosphere and rhizoplane, at different stages of plant development gram-negative saprophytic bacteria р. *Pseudotopas* dominate. The greatest number of bacteria as in the rhizosphere and in the rhizoplane is found during the flowering of the plants. The smallest amount corresponds to the stage of maturation.

The direct impact on the soil leads to changes in the microbial cenoses of the rhizosphere and rhizoplane as a whole. By maintaining the humidity level at an optimum level (60%) and by loosening soil regularly one may compensate for the negative impact of oil-contaminated soil on microbial cenosis of the root surface of plants.

Key words: rhizosphere, rhizoplane, microflora, oat (*Avena sativa*), root system, ecology.

При увеличении антропогенной нагрузки на природные экосистемы большое значение имеет изученность микробного разнообразия почв, а также микробных сообществ системы «растения-микроорганизмы». Нормальный рост и здоровье растений определяется, в частности, сложными конкурентными взаимодействиями между разнообразными микроорганизмами, заселяющими семена, корни и наземные вегетирующие органы растений [4-6]. Ризосфера и ризоплана является областью интенсивной микробной активности, управляемой корневыми экссудатами и условиями среды произрастания растений. Разнообразные процессы, протекающие в ризосфере при непосредственном участии свободноживущих организмов, определяют ход развития растений. В тоже время, различные экологические факторы оказывают интенсивное воздействие на комплекс микроорганизмов, обитающих в зоне корней высших растений [1-2; 5-6]. В любой почве изменения окружающей среды, включая агротехнические мероприятия, оказывают меньшее воздействие на микроорганизмы в зоне ризосферы, по сравнению с обитателями почвы. Ризосферная зона представляет собой своеобразную «буферную» систему, препятствующую воздействию окружающей среды на микрофлору [2; 5; 6]. Мероприятия, проводимые человеком, оказывают огромное влияние на микробные ассоциации почвы и кор-

ней растений: воздействие на почву, приводит к изменениям в микробных ценозах в целом [1; 7]. На ризосферную микрофлору также влияют вид, возраст растений и их состояние [3; 5; 7].

Бактерии, способные разлагать целлюлозу, растворять фосфаты, использовать белки и сахара, синтезировать витамины и бактериальные полисахариды, являются типичными обитателями ризосферы. Удастся также отметить некоторую корреляцию между таксономическими и физиологическими группами бактерий в ризосфере. Так, например, различные виды бактерий р. *Pseudomonas* доминируют в ризосфере, а виды бактерий р. *Arthrobacter* — в окружающей почве [2; 3; 6; 7]. Малочисленно представлены актиномицеты и почвенные низшие грибы, хотя их приуроченность к ризосфере также установлена. Вегетационные опыты по моделированию влияния некоторых экологических факторов включали в себя:

влияние условий различного увлажнения почвы;

влияние загрязнения почвы нефтепродуктами;

влияние улучшения аэрационных свойств почвы;

влияние комбинированных способов воздействия (загрязнение почвы нефтепродуктами, поддержание определённой влажности, улучшения условий аэрации верхнего слоя почвы).

В ходе работы мы рассматривали две важные характеристики в соста-

ве ризосферы и ризопланы растений: количество бактерий р. *Pseudomonas*, чья положительная роль для растений неоднократно подтверждена, и количество микроорганизмов, активно разлагающих корневой опад (так на-

зываемых «активных деструкторов»). По соотношению этих групп микроорганизмов можно судить о благоприятности внешней среды для развития ризосферной микрофлоры (см. табл. 1 и 2).

Таблица 1

Микробный ценоз ризосферы овса, на различных стадиях развития растения: анализ растений, выросших в лабораторных условиях без антропогенного влияния на почву (число микроорганизмов в тыс. на 1 г почвы)

Фаза вегетации растения	Бактерии		Актиномицеты	Грибы	Целлюлозо-разлагающие организмы
	всех видов	из них рода <i>Pseudomonas</i>			
Кущение	$2,3 \cdot 10^5$	$2,05 \cdot 10^5$	$3,3 \cdot 10^1$	$1,8 \cdot 10^1$	$8,5 \cdot 10^1$
Колошение	$3,1 \cdot 10^5$	$2,8 \cdot 10^5$	$1,2 \cdot 10^1$	$2,1 \cdot 10^1$	$8,9 \cdot 10^1$
Цветение	$4,7 \cdot 10^5$	$4,4 \cdot 10^5$	$1,6 \cdot 10^1$	$2,8 \cdot 10^1$	$8,0 \cdot 10^1$
Созревание	$2,1 \cdot 10^5$	$1,6 \cdot 10^5$	$3,4 \cdot 10^1$	$2,7 \cdot 10^1$	$5,0 \cdot 10^4$

Таблица 2

Микробный ценоз ризопланы овса, на различных стадиях развития растения: анализ растений, выросших в лабораторных условиях без антропогенного влияния на почву (число микроорганизмов в тыс. на 1 г почвы)

Фаза вегетации растения	Бактерии		Актиномицеты	Грибы	Целлюлозо-разлагающие организмы
	всех видов	из них рода <i>Pseudomonas</i>			
Кущение	$3,1 \cdot 10^5$	$2,9 \cdot 10^5$	$2,0 \cdot 10$	$3,5 \cdot 10$	$9,0 \cdot 10$
Колошение	$4,2 \cdot 10^5$	$3,9 \cdot 10^5$	$7,0 \cdot 10$	$5,4 \cdot 10$	$1,0 \cdot 10^1$
Цветение	$5,7 \cdot 10^5$	$5,2 \cdot 10^5$	$1,1 \cdot 10^1$	$7,0 \cdot 10$	$1,2 \cdot 10^1$
Созревание	$2,8 \cdot 10^5$	$2,3 \cdot 10^5$	$3,2 \cdot 10^1$	$4,7 \cdot 10$	$1,3 \cdot 10^4$

В процессе исследований были рассмотрены как количественные, так и качественные изменения корневой и прикорневой микрофлоры. Были выявлены количественные изменения микробного сообщества. Во-первых, начиная со стадии кущения злаков, происходит медленный рост коли-

чества микроорганизмов до стадии колошения. На стадии цветения происходит резкое увеличение общего микробного числа, а затем следует спад количества выделенных микроорганизмов. Аналогичные изменения наблюдаются в ризоплане исследуемых растений. Наибольшее количество

выделенных микроорганизмов в ризосфере, таким образом, приходится на фазу цветения растений. Также следует отметить, что увеличение о.м.ч. обнаруженных микроорганизмов происходит за очень малый промежуток времени.

Во-вторых, общий количественный максимум выделенных микроорганизмов в образцах ризопланы приходится на стадию цветения растения, так же как и в образцах ризосферы. Однако количество выделенных микроорганизмов в образцах корневой микрофлоры на порядок больше, чем в образцах прикорневой микрофлоры. Увеличение общего микробного количества в ризоплане происходит за счет увеличения количества различных сапрофитных аэробных и факультативно-анаэробных бактерий; количество же грибов, актиномицетов и целлюлозоразлагающих микроорганизмов намного меньше, чем в образцах ризосферы. Эта закономерность была выявлена во всех параллельных опытах. Изменения численности выделенных микроорганизмов, «точка максимума» обнаруженных микроорганизмов в образцах ризосферы и ризопланы не зависели от экологических факторов и способа антропогенного воздействия.

В-третьих, минимум обнаруженных микроорганизмов прикорневой и корневой микрофлоры различен: в образцах ризосферы он приходится на фазу кущения растений, в образцах ризопланы – на фазу созревания.

Также были выявлены изменения в составе микробного комплекса корней растений. В ризосфере и в ризоплане на разных стадиях развития растений преобладают бактерии (преимуще-

ственно грамотрицательные бактерии родов (*Pseudomonas*, *Klebsiella*, *Enterobakter*, *Alcaligenes*), но их количество колеблется от $2,0 \cdot 10^5$ до $4,7 \cdot 10^5$ в ризоплане и от $2,8 \cdot 10^5$ до $5,7 \cdot 10^5$ в ризосфере в различные фазы вегетации растений при нормальных условиях развития. Количество различных сапрофитных бактерий в ризоплане значительно больше, по сравнению с ризосферой. Наибольшее количество бактерий как в ризосфере, так и в ризоплане обнаружено в фазе цветения растений. Наименьшее же количество соответствует стадии созревания. В ризоплане слабо размножаются целлюлозоразлагающие микроорганизмы, актиномицеты и грибы, которых много в ризосфере.

Рассмотренные экологические факторы влияют на состав корневой микрофлоры следующим образом. В случае как слабого, так и среднего загрязнения почвы нефтепродуктами, последнее крайне негативно сказывается на микробном сообществе корней растений: резко падает количество бактерий р. *Pseudomonas* (с $4,4 \cdot 10^5$ в фазе цветения в ризосфере, при нормальных условиях развития, до $2,5 \cdot 10^5$ в той же фазе при 5% нефтезагрязненности почвы). Также отмечено резкое увеличение развития почвенных микроорганизмов группы актиномицетов. Их количество, по сравнению с нормальными условиями роста растений, увеличивается от двух до десяти раз, причём во всех фазах вегетации растений, – как в ризосфере, так и в ризоплане. Общее количество бактерий резко уменьшается, что так же крайне неблагоприятно для растений.

В свою очередь, при моделировании условий роста растений при влажности почвы 60% было доказано, что

данный уровень влажности является оптимальной для развития микроорганизмов ризосферы и ризопланы. Результаты этого эксперимента наиболее близко совпали с результатами, полученными в контрольной группе растений. Также эти условия наиболее благоприятны для развития бактерий р. *Pseudomonas* во всех фазах роста растений. Также мы выяснили, что недостаточная влажность почвы (40%) не стимулирует развитие какой либо отдельной группы микроорганизмов, но в целом неблагоприятно сказывается на микробном составе ризосферы, за счёт уменьшения о.м.ч. Повышенная влажность почвы (80%) крайне неблагоприятно отражается на микробном ценозе прикорневой микрофлоры. При данных условиях резко возрастает количество гидролитических микроорганизмов даже на ранних стадиях развития растений и стимулирует развитие группы простейших почвенных грибов. При улучшенной аэрации почвы незначительно уменьшается количество актиномицетов, грибов и целлюлозоразлагающих микроорганизмов. Общее количество различных сапрофитных аэробных и факультативно-анаэробных бактерий возрастает. Процентное соотношение выделенных бактерий р. *Pseudomonas* незначительно уменьшается.

Результаты опыта, моделирующего одновременное загрязнение почвы нефтепродуктами (5%), в совокупности с 60% влажностью почвы и улучшением аэрационных свойств, наиболее приближены к результатам, полученным из опыта без антропогенного воздействия. Общее количество бактерий практически такое же, как в нормальном эксперименте. Количество бакте-

рий р. *Pseudomonas* также приближено к естественному. В данном опыте не наблюдается увеличение актиномицетов, как в других опытах с нефтезагрязнённой почвой. Грибы и целлюлозоразлагающие микроорганизмы так же активно не размножаются. Общее количество гидролитических микроорганизмов незначительно выше, по сравнению с нормальными условиями.

Общие выводы указывают на то, что (1) в ризоплане слабо размножаются целлюлозоразлагающие микроорганизмы, актиномицеты и грибы, которых много в ризосфере. Количество сапрофитных бактерий в ризоплане значительно больше, чем в ризосфере. (2) И в ризосфере, и в ризоплане на разных стадиях развития растений преобладают грамтрицательные сапрофитные бактерии р. *Pseudomonas*. Наибольшее количество бактерий как в ризосфере, так и в ризоплане обнаружено в фазе цветения растений. Наименьшее же количество соответствует стадии созревания. (3) Непосредственное воздействие на почву приводит к изменениям в микробных ценозах ризосферы и ризопланы в целом. (4) При помощи поддержания уровня влажности на оптимальном уровне (60%) и регулярном рыхлении почвы возможно компенсировать негативное воздействие нефтезагрязнения почвы на микробный ценоз поверхности корня растений.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Аксенова М.В., Минаева О.М. Использование искусственной экосистемы для изучения влияния корневых выделений растений на численность ризобактерий // Студент и научно-технический прогресс: биология (материалы XLIII международной научной студенческой

- конференции). – Новосибирск: Новосибирский гос. ун-т, 2005. – С. 36.
2. Алесина Н.В., Снисаренко Т.А. Влияние различной влажности почвы на состав микробных ценозов ризосферы и ризопланы на примере овса (*Avena sativa*) // Вестник Московского государственного областного университета. Серия «Естественные науки». 2010. № 2. С. 38–45.
 3. Абдуллаева Ш.А. Видовой состав ксилотрофных грибов обнаруженных на древесных растениях, используемых в озеленении городов Азербайджана / Ш.А. Абдуллаева, С.И. Махмудов, С.М. Джабраилзаде и др. // Вестник Московского государственного областного университета. Серия «Естественные науки». 2014. № 1. С. 38–45.
 4. Боронин А.М. Ризосферные бактерии рода *Pseudomonas*, способствующие росту и развитию растений // Соросовский журнал. – 1998. – № 10. – С. 25–31.
 5. Возняковская Ю.М. Использование метода идентификации бактерий в исследованиях ризосферной микрофлоры и её роли в жизни растений // Тр. ВНИИ с.-х. микробиологии. – 1980. – № 49. – С. 48–63.
 6. Заварзин Г.А. Лекции по природоведческой микробиологии. – М.: Наука, 2004. – 348 с.
 7. Звягинцев Д.Г. Почва и микроорганизмы – М.: МГУ, 1987. – 236 с.