

Микробиологическая активность чернозёма обыкновенного разного сельскохозяйственного назначения

Е.А. Менькина, к.с.-х.н., ФГБНУ Ставропольский НИИСХ

Учение о почве требует особых методов её исследования. Во многих регионах уже давно имеются многочисленные данные о свойствах почв, которые носят характер разового определения. Но любой почвенный показатель изменчив и характеризуется своим непостоянством на протяжении всего вегетационного периода.

Все свойства почв варьируют во времени, т.е. на протяжении вегетационного периода. Поэтому произвольный, разовый замер какого-то почвенного показателя может быть объективен только ко времени этого замера. Даже такой консервативный показатель, как гумус, может изменяться на протяжении вегетационного периода на 10–20 относительных процентов [1]. Поэтому знание динамики почвенных процессов очень важно для объективного суждения о плодородии той или иной почвы. Почва – источник всех питательных веществ, поступающих в растения через корневую систему [2].

Почва является естественной средой обитания микроорганизмов, которых насчитывают миллионы в каждом её грамме. Эта биомасса оказывает значительное влияние на происходящие в почве процессы и на её плодородие. Микроорганизмы определяют интенсивность биологических процессов в почве, связанных с трансформацией органического вещества и циклом питательных элементов. Одним из важнейших направлений экологии микроорганизмов является изучение микробных сообществ почв, что представляет значительный интерес для решения многих ключевых задач, включая плодородие чернозёмов и устойчивость природных экосистем [3]. Анализ особенностей функционирования почвенных микроорганизмов в естественных экосистемах позволяет определить причины происходящих в ней изменений и наметить пути их регулирования [4–6].

Цель исследования – изучение микробиологической активности почвы в многолетнем цикле по сезонам вегетационного периода.

Материал и методы исследования. Методика исследования предусматривала ежемесячный в течение вегетационного периода отбор почвенных образцов на целине и пашне из слоёв 0–20, 20–40 см в трёхкратной повторности. Определяли микроорганизмы, использующие органические и минеральные формы азота, почвенные дрожжи, микроорганизмы, участвующие в минерализации гумусовых веществ, по общепринятым методикам на плотных питательных средах [7]. Общий гумус изучали по И.В. Тюрину, подвижный гумус, извле-

каемый 0,1 н NaOH, – по И.В. Тюрину, влажность почвы – термостатно-весовым методом.

Почвы – чернозёмы обыкновенные малогумусные среднемощные тяжелосуглинистые на лёссовидных суглинках. Содержание гумуса в слое 0–20 см составляет от 4,22% на пашне до 5,72% на целине, рН водной суспензии находится в пределах 6,44–6,93, содержание подвижного фосфора 17,0–27,0 мг/кг, обменного калия – 208–247 мг/кг.

Результаты исследования. Почвенная влага – жизненная основа растений, почвенной микрофлоры и фауны. Достаточное количество влаги благоприятно сказывается на протекании химических реакций в почве, а само формирование её генетических горизонтов при отсутствии воды вообще немыслимо (вымывание, вымывание, выщелачивание, подтягивание солей к поверхности). Наличие в почве воды чаще всего обусловлено количеством атмосферных осадков. По данным таблицы 1 следует, что с повышением температур и отсутствием осадков в мае запасы влаги были незначительными и не сильно отличались на целине и пашне (38 и 26 мм соответственно). На целинных почвах влаги было больше на 31% по сравнению с пашней. С июня и далее к осени запасы влаги на пашне стали существенно превышать таковые под целиной, где богатая естественная растительность интенсивно использовала почвенную влагу, а на пашне они оставались законсервированными. Наибольшая разница между угодьями была получена в сентябре: целина – 10 мм, пашня – 20 мм. На целинных почвах влага снижалась в течение вегетационного периода, и общее снижение составило 74% (от 38 мм в мае до 10 мм в сентябре).

Органическое вещество является важной частью почвы. Наличие в почве гумусовых веществ – один из главных признаков её плодородия. Агрохимические показатели почв также не остаются постоянными на протяжении вегетационного периода или по срокам отбора почвенных образцов (табл. 1). В частности, содержание общего гумуса как на целине, так и на пашне закономерно убывает от весны к лету от 6,07 до 5,31% и от 4,09 до 3,64% соответственно. Совершенно аналогично ведёт себя и подвижный гумус. Поэтому мнение о гумусе чернозёмов как о консервативном образовании является ошибочным, что было установлено ещё в 1960-е гг. учёными Почвенного института им. В.В. Докучаева. Но если они объясняют минерализацию гумуса весной из-за обильного снабжения вегетирующей растительности элементами минерального питания (из гумуса), то почему тогда аналогичное падение его содержания происходит и на паровых полях, свободных от растительности?

1. Агрофизические и агрохимические показатели почвы

Угодье	Срок наблюдений, мес.				
	май	июнь	июль	август	сентябрь
Запасы продуктивной влаги, мм					
Целина	38	25	19	13	10
Пашня	26	39	17	17	20
Общий гумус, %					
Целина	6,07	5,67	5,61	5,31	5,35
Пашня	4,09	3,90	3,73	3,64	3,43
Подвижный гумус, %					
Целина	0,63	0,62	0,53	0,59	0,58
Пашня	0,40	0,42	0,35	0,33	0,42

2. Микробиологическая активность почв в динамике, млн клеток/г АСП

Угодье	Слой, см	Срок наблюдений, мес.				
		май	июнь	июль	август	сентябрь
Микроорганизмы, использующие органические формы азота						
Целина	0–20	238,7	259,3	156,0	169,3	192,7
	20–40	224,7	236,0	148,7	107,3	137,3
Пашня	0–20	142,0	210,7	126,0	152,7	138,7
	20–40	204,7	256,0	63,0	91,0	131,3
Микроорганизмы, использующие минеральные формы азота						
Целина	0–20	117,4	83,7	76,9	97,8	98,7
	20–40	114,6	95,4	71,7	84,5	84,5
Пашня	0–20	117,5	84,5	83,9	84,9	83,5
	20–40	115,6	84,1	71,8	84,5	72,0
Коэффициент минерализации						
Целина	0–20	0,5	0,3	0,5	0,6	0,5
	20–40	0,5	0,4	0,5	0,8	0,6
Пашня	0–20	0,8	0,4	0,7	0,6	0,6
	20–40	0,6	0,3	1,1	0,9	0,5

3. Почвенные дрожжи в динамике, тыс. КОЕ/г АСП

Вариант	Слой	Месяц				
		май	июнь	июль	август	сентябрь
Целина	0–20	36,9	68,7	24,8	59,9	29,2
	20–40	30,7	58,0	5,0	39,3	26,8
Пашня	0–20	98,0	13,0	2,2	5,3	26,7
	20–40	82,7	13,3	6,8	7,5	34,1

Скорее всего, это обусловливается усилением процессов окисления гумуса в оптимальных условиях увлажнения и температуры. Ведь дело здесь состоит в интенсивности окислительно-восстановительных процессов, которые тесно связаны с условиями аэрации и в конечном счёте со структурой, плотностью, гранулометрическим составом, но прежде всего с влажностью почвы. Летом, естественно, преобладают окислительные процессы, и поэтому содержание гумуса падает, весной и осенью – восстановительные процессы из-за пониженной аэрации на фоне повышенного увлажнения.

Важнейшие химические процессы в почвах регулируются деятельностью живого вещества, особенно микробов и высших растений. Поэтому почвы изменчивы, непостоянны по своим свойствам, как и жизнь организмов, которые их создали [8].

Полученные результаты показали, что исследуемые почвы отличаются между собой микробиологической активностью (табл. 2). Как правило, в высокогумусных почвах для микроорганизмов создаются более благоприятные условия. Численность микроорганизмов, использующих органические формы азота, тесно связана с содержанием гумуса. В почвах целинного участка, где его содержание выше, чем в пахотных почвах, больше численность этих микроорганизмов. Наибольшее количество микроорганизмов, использующих органические формы азота, отмечалось на целинных почвах в слое 0–20 см, на протяжении всего вегетационного периода. На их состав большое влияние оказывают корни растений, черви, насекомые, землероющие грызуны и другие представители почвенной фауны. В мае получена наибольшая разница между целинными и пахотными почвами в слое 0–20 см, она составила 40%.

Почвенная микрофлора активнее в июне на всех типах угодий, что, по-видимому, связано

с благоприятными для роста микроорганизмов условиями, с температурным и водным режимами почв. В июле получены самые низкие показатели микробиологической активности почв.

Микроорганизмы, использующие минеральные формы азота, распределяются более равномерно по почвенному профилю. В июне и июле наибольшее их количество получено на пахотных почвах, кроме слоя 20–40 см в июне (95,4 млн клеток /г АСП). В августе и сентябре целинные почвы в слое 0–20 см имели высокие показатели активности микроорганизмов, использующих минеральные формы азота (97,8 и 98,7 млн клеток /г АСП соответственно), по сравнению с пахотными почвами.

Направленность микробиологических процессов в почве характеризуется показателем, связанным с превращениями азотсодержащих соединений, – коэффициентом минерализации растительных остатков. В целинных и пахотных почвах наблюдается колебание содержания микроорганизмов, использующих органические и минеральные формы азота, что в свою очередь влечёт за собой колебание коэффициента минерализации. Однако наибольшие его значения установлены в пахотных почвах (1,1 в слое 20–40 см). Несколько медленнее процессы минерализации протекают в целинных почвах.

Почвенные дрожжи синтезируют полезные для роста растений вещества из аминокислот и сахаров, продуцируемых другими бактериями и корнями растений. В результате бродильных процессов, осуществляемых дрожжами, происходит естественное рыхление почвы и улучшение её структуры (табл. 3).

Наибольшее содержание почвенных дрожжей наблюдалось на целинном участке, за исключением майского отбора образцов, где дрожжи преобладали на пахотных почвах, что, скорее всего, связано с недавно проведённой обработкой почвы. Низкое содержание почвенных дрожжей в июле можно объяснить дефицитом для типичных копитрофов

легкодоступных субстратов, к которым относятся дрожжи, в связи с высокой температурой и отсутствием влаги в почве.

Микроорганизмы, разлагая гумусовые вещества, снабжают растения элементами питания в минеральной форме (табл. 4).

Наибольшее количество микроорганизмов, участвующих в минерализации гумусовых веществ, было обнаружено в мае на всех вариантах. После этого идёт их резкое снижение с преобладанием численности в слое 20–40 см на пахотных почвах. На целинном участке закономерности по слоям установлено не было.

Нами была проведена математическая обработка зависимости микробиологической активности от агрофизических, агрохимических показателей как на целинном, так и на пахотном участках (табл. 5).

Для микроорганизмов, использующих органические формы азота, величина коэффициента корреляции на пахотных почвах между фактическими и теоретическими данными, рассчитанная по уравнениям регрессии для влажности почвы, составила 0,89. Согласно величине критерия существенности ($t_{\text{факт}}$) связь хотя и достоверная, но слабая. Больше достоверного влияния влажности на микробиологическую активность почвы нами получено не было.

Двухфакторный дисперсионный анализ количества разных групп микроорганизмов показал, что факторами выступали тип угодья и срок отбора (табл. 6). Наиболее значительным было влияние сроков отбора, который колебался от 34,85 до 94,30%. Фактор «тип угодья» на всех группах микроорганизмов был достовернее, но оказывал незначительное влияние.

Вывод. Рассмотренные в исследовании параметры почвы, слагающие её плодородие, характеризуются значительной изменчивостью на протяжении вегетационного периода. Антропогенное воздействие оказывает негативное влияние на почвенные показатели, такие, как снижение гумусированности

4. Количество микроорганизмов, участвующих в минерализации гумусовых веществ (автохтонной микрофлоры), тыс. КОЕ/г АСП

Угодье	Слой, см	Срок отбора, мес.				
		май	июнь	июль	август	сентябрь
Целина	0–20	161,3	68,0	18,7	48,3	39,7
	20–40	170,0	30,0	41,3	35,0	41,7
Пашня	0–20	160,3	63,9	12,7	37,7	34,0
	20–40	129,3	78,0	52,0	42,7	38,3

5. Парные прямолинейные связи микробиологической активности почвы (у) с агрофизическими и агрохимическими свойствами (х) чернозёма обыкновенного

у	х	Коэффициент корреляции, r	$T_{\text{факт}}$ (при $T_{\text{табл.}} 3,2$)	Уравнение регрессии	$F_{\text{факт}}$ (при $F_{\text{табл.}} 10,1$)
Пашня					
микроорганизмы, использующие органические формы азота	влажность почвы	0,89	3,42	$Y = 78,147 + 3,188X$	11,68

6. Результаты двухфакторного дисперсионного анализа количества разных групп микроорганизмов в разные сроки отбора в слое 0–20 см

Группа микроорганизмов	Фактор	F _{факт}	F ₀₅	Влияние, %	S _x , %
Микроорганизмы, использующие органические формы азота	А – тип угодья	76,15	4,4	30,5	5,0
	В – срок отбора	32,8	2,9	52,5	
	для опыта данной группы микроорганизмов	25,62	2,7		
Микроорганизмы, использующие минеральные формы азота	А – тип угодья	62,27	4,4	2,13	0,9
	В – срок отбора	639,21	2,9	87,62	
	для опыта данной группы микроорганизмов	321,97	2,7		
Дрожжи	А – тип угодья	12,49	4,4	6,03	18,2
	В – срок отбора	18,05	2,9	34,85	
	для опыта данной группы микроорганизмов	21,00	2,7		
Микроорганизмы, участвующие в минерализации гумусовых веществ	А – тип угодья	0,99	8,7	0,27	13,5
	В – срок отбора	85,39	2,9	94,30	
	для опыта данной группы микроорганизмов	38,10	2,7		

и биологической активности. Все эти изменения свойств чернозёма целинного и пахотного необходимо учитывать при характеристике почв.

Литература

1. Куприченко М.Т. Научно обоснованный контроль почвенного плодородия // Бюллетень СНИИСХ. 2012. № 4. С. 271–274.
2. Куприченко М.Т., Шаповалова Н.Н., Шустикова Е.П. Химизация и экологическое равновесие почвы // Достижения науки и техники АПК. 2014. № 7. С. 18–20.
3. Гришко В.Н., Сыщикова О.В. Структурно-функциональные особенности сообщества актиномицетов в некоторых чернозёмах и засоленных почвах Украины // Почвоведение. 2010. № 2. С. 221–228.
4. Кутузова Р.С. Микробное сообщество и анализ почвенно-микробиологических процессов в дерново-подзолистой почве / Р.С. Кутузова, О.В. Сирота, О.В. Орлова, Н.И. Воробьев // Почвоведение. 2001. № 3. С. 320–332.
5. Лысак Л.В. Бактерии в окультуренных почвах монастырей таёжно-лесной зоны / Л.В. Лысак, Н.А. Семионова, М.А. Буланкина, И.С. Урусевская, Н.Н. Матинян // Почвоведение. 2004. № 8. С. 976–985.
6. Куприченко М.Т., Менькина Е.А. Биогенность чернозёма обыкновенного Предкавказья // Плодородие. 2013. № 5 (74). С. 23–24.
7. Методы почвенной микробиологии и биохимии / Под ред. Д.Г. Звягинцева. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1991. 304 с.
8. Менькина Е.А. Активность почвенных микроорганизмов на разных типах угодий // Бюллетень СНИИСХ. 2012. № 4. С. 298–301.