



УДК 631.46

**БИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПОЧВ СУБТРОПИЧЕСКОЙ ЗОНЫ
АЗЕРБАЙДЖАНА В СЕВООБОРОТАХ****Н.И. ОРУДЖЕВА, кандидат аграрной науки, ведущий научный сотрудник***Институт почвоведения и агрохимии НАН Азербайджана**Азербайджан, 1073, Баку, ул. Мамеда Рагима, 5**e-mail: naila.56@mail.ru*

Изучена биологическая активность почв субтропической зоны Азербайджана. Опыты проведены в 1992–2015 гг. Исследованы активность ферментов, численность микроорганизмов, интенсивность нитрификации, аммонификации, выделения углекислого газа и разложения целлюлозы в севообороте под овощными культурами и при бессменном выращивании культур. Эксперименты проводили в орошаемых серо-бурых и лугово-сероземных (сухой субтропик), аллювиально-лугово-лесных (полузасушливый субтропик), желтоземно-глеевых (влажный субтропик) и целинных почвах. На основе биологических показателей дана биодиагностика и комплекс биологических параметров почв. Приведен интегральный показатель биологического состояния изучаемых почв. В орошаемых серо-бурых почвах в овощекормовом севообороте он был выше на 18 %, чем в целинных вариантах, и на 34 % выше, чем при бессменном выращивании культур, в овощебобовом севообороте – соответственно выше на 12 и 30 %. В орошаемых лугово-сероземных почвах этот показатель в севообороте составил 100 %, в целинных – был ниже на 15 %, при бессменном выращивании культур – на 35 %. В аллювиально-лугово-лесных почвах интегральный показатель в целинных вариантах составил 100 %, в севообороте был ниже на 2 %, при бессменном выращивании культур – на 40, в желтоземно-глеевых – соответственно 100, 8 и 30 %. Интегральный показатель биологического состояния изучаемых почв в севообороте и целинных вариантах колебался в интервале 82–100 %, что соответствует почвам с очень высокой биологической активностью. При бессменном выращивании культур этот показатель находился в пределах 60–70 %, что соответствует почвам высокой и средней биологической активности. Использование научно обоснованных севооборотов в условиях орошения позволяет сохранить плодородие аллювиально-лугово-лесных и желтоземно-глеевых почв, а на серо-бурых и лугово-сероземных почвах повысить его.

Ключевые слова: почвы субтропической зоны, севооборот, бессменные культуры, биологическая активность почвы, биологическая оценка почвы.

Одно из условий сохранения и дальнейшего повышения плодородия орошаемых почв – постоянное совершенствование агротехнических приемов возделывания сельскохозяйственных культур. Среди данных приемов большое значение для каждой почвенно-климатической зоны имеет построение научно обоснованных систем чередования культур в полевых севооборотах [1–3].

Цель исследования – сравнить изменения биологической активности почв субтропической зоны в целинных вариантах, в севообороте и при бессменном выращивании культур.

**ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ПРОВЕДЕНИЯ
ИССЛЕДОВАНИЙ**

Исследования проведены в 1992–2015 гг. Объектами их стали орошаемые и целинные

серо-бурые, лугово-сероземные, аллювиально-лугово-лесные и желтоземно-глеевые почвы Азербайджана.

В орошаемых серо-бурых почвах (in WRB – Irragic gypsic calisols) сухих субтропиков содержание гумуса составляет 1,5–1,9 %, реакция почвенной среды слабощелочная (8,3–8,5), почва засоленная (хлорид-сульфатная). За годы исследований в орошаемых серо-бурых почвах в шестипольном овощекормовом севообороте (1-я схема) возделывали люцерну первого года пользования + ячмень, люцерну второго года пользования, арбузы, картофель, чеснок, белокочанную капусту + томаты; в пятипольном овощном севообороте (2-я схема) – томаты, фасоль, арбузы, картофель, фасоль. В контрольном варианте на одном и том же участке бессменно выращивали томаты, картофель, чеснок, белокочанную капусту, арбузы, фасоль.

В орошаемых лугово-сероземных почвах (in WRB – Irragic gleyic calisols) сухих субтропиков пахотный горизонт содержит 1,3–2,8 % гумуса. В морфологическом строении лугово-сероземных почв часто встречаются признаки засоления и оглеения. В орошаемых лугово-сероземных почвах в четырехпольном овощекормовом севообороте возделывали люцерну первого года пользования, люцерну второго года пользования, огурцы, томаты. На контрольном участке бессменно выращивали огурцы и томаты.

В орошаемых аллювиально-лугово-лесных почвах (in WRB – Irragic mollic luvisols) полужасушливых субтропиков содержание гумуса составляет 3,0–3,5 %, карбонатность наблюдается по всему профилю, реакция почвенной среды слабощелочная (8,0–8,1). В шестипольном овощекормовом севообороте возделывали люцерну первого года пользования + ячмень, люцерну второго года пользования, репчатый лук, огурцы, белокочанную капусту, зеленую траву + томат. На контрольном участке бессменно выращивали томаты, репчатый лук, огурцы, белокочанную капусту.

В орошаемых желтоземно-глеевых почвах (in WRB – Irragic gleyic luvisols) влажных субтропиков содержание гумуса составляет в верхних горизонтах 2,5–5,0 %, реакция почвенной среды кислая ($\text{pH}_{\text{вод}}$ 5,5–6,5, $\text{pH}_{\text{сол}}$

5,0–5,5). В орошаемых желтоземно-глеевых почвах в пятипольном овощном севообороте возделывали томаты, белокочанную капусту + кукурузу на силос, репчатый лук, фасоль. На контрольном участке бессменно выращивали томаты, белокочанную капусту, кукурузу на силос, репчатый лук, фасоль, фасоль.

Показатели биологической активности почв определены по следующим методикам: в полевых условиях интенсивность выделения углекислого газа – по Макарову [4], разложения целлюлозы – по Вострову и Петровой [5], в лабораторных условиях активность ферментов – по Хазиеву [6], интенсивность нитрификации – по Болотиной, Абрамовой [7], аммонификации – по Теппер с соавт. [8]. Микробиологические анализы проводены методом посева на стандартных питательных средах: на мясо-пептонном агаре (учитывали общее количество бактерий, использующих органический азот), на крахмало-аммиачном агаре (численность бактерий, утилизирующих минеральные формы азота), на среде Чапека (почвенные микроскопические грибы). Далее подсчитывали общее число колоний, выросших на данной среде, и определяли общую численность микроорганизмов определенной физиологической группы. Наблюдения проводили в пахотном (слой 0–25 см) и подпахотном (25–50 см) горизонтах. Все анализы осуществляли в трехкратной повторности.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

На формирование и изменение биологических свойств почвы существенное влияние оказывает использование ее в сельскохозяйственном производстве, представляющее комплекс разнообразных антропогенных факторов, воздействующих на биологическую активность [9]. Активность почвенных ферментов – основной биохимический показатель и индикатор плодородия почвы, а также диагностический показатель биохимических процессов [3, 9].

В орошаемых серо-бурых почвах активность фермента инвертазы в слое 0–50 см за 24 ч колебалась в интервале 6,40–

15,26 мг глюкозы/г почвы, на бессменном участке – 5,38–11,83, в лугово-сероземных почвах – соответственно 6,19–12,63 и 3,66–8,75, в аллювиально-лугово-лесных – 7,01–12,15 и 4,01–8,56, в желтоземно-глеевых – 8,30–15,35 и 6,69–13,17 мг глюкозы/г. В орошаемых желтоземно-глеевых почвах ферментативная активность инвертазы была наиболее высокой.

В орошаемых серо-бурых почвах активность фермента уреазы в пахотном и подпахотном слоях за 24 ч изменялась в интервале 2,02–4,20 $\text{NH}_4/\text{г}$ почвы, на бессменном участке – 1,41–2,97, в лугово-сероземных почвах – соответственно 1,76–5,01 и 0,92–2,44, в аллювиально-лугово-лесных – 3,12–5,35 и 2,47–3,90, в желтоземно-глеевых – 2,21–3,96 и 1,97–3,49 мг $\text{NH}_4/\text{г}$. Более низкая уреазная активность отмечена в желтоземно-глеевых почвах, сравнительно высокая – в аллювиально-лугово-лесных.

В орошаемых серо-бурых почвах активность фермента фосфатазы в слое 0–50 см варьировала за 1 ч в интервале 1,56–2,81 мг $\text{P}_2\text{O}_5/\text{г}$ почвы, при бессменном выращивании культур – 0,69–1,92, в лугово-сероземных почвах – соответственно 0,74–2,28 и 0,23–0,27, в аллювиально-лугово-лесных почвах – 0,50–1,15 и 0,27–0,49, в желтоземно-глеевых почвах – 1,51–2,39 и 0,61–1,46 мг $\text{P}_2\text{O}_5/\text{г}$. Фосфатазная активность была более высокой в орошаемых серо-бурых, лугово-сероземных и желтоземно-глеевых почвах, чем в аллювиально-лугово-лесных.

В орошаемых серо-бурых почвах под выращиваемыми культурами активность фермента каталазы в слое 0–50 см в севообороте изменялась за 1 мин в пределах 7,8–16,9 $\text{см}^3 \text{O}_2/\text{г}$ почвы, при бессменном выращивании культур – 5,9–11,2, в лугово-сероземных – соответственно 3,3–8,6 и 1,9–4,1, в аллювиально-лугово-лесных – 4,9–9,1 и 3,0–6,5, в желтоземно-глеевых – 2,5–6,1 и 1,6–4,7 $\text{см}^3 \text{O}_2/\text{г}$. Наиболее высокую активность каталазы наблюдали в орошаемых серо-бурых почвах.

В орошаемых серо-бурых почвах активность дегидрогеназы в слое 0–50 см за 24 ч колебалась в интервале 3,74–8,69 мг ТФФ/10 г почвы, при бессменном выращивании культур – 2,03–5,43, в лугово-сероземных соот-

ветственно – 4,16–5,86 и 1,57–3,78, в аллювиально-лугово-лесных – 2,81–5,98 и 1,61–3,77, в желтоземно-глеевых – 7,86–15,50 и 5,79–8,92 мг ТФФ/10 г. Наиболее высокую дегидрогеназную активность проявили желтоземно-глеевые почвы.

Биогенность орошаемых почв. Почвенная микробиота – чувствительный индикатор последствий антропогенных воздействий на почву [10]. Микробное сообщество почвы и ризосферы растений, их функциональное состояние тесно связаны с агротехническими приемами ведения сельскохозяйственных культур [3, 11].

В орошаемых серо-бурых почвах в слое 0–50 см общая численность микроорганизмов в севообороте колебалась в пределах $(2,1\text{--}2,8) \times 10^6$ КОЕ/г сухой почвы, бактерий – $(1,4\text{--}2,0) \times 10^6$, спорообразующих бактерий – $(0,1\text{--}0,2) \times 10^6$, актиномицетов – $(2,6\text{--}5,9) \times 10^5$, микроскопических грибов – $(1,4\text{--}3,8) \times 10^3$, в лугово-сероземных соответственно – $(2,0\text{--}2,2) \times 10^6$; $(1,0\text{--}1,3) \times 10^6$, $(0,3\text{--}0,4) \times 10^6$, $(4,8\text{--}6,2) \times 10^5$ и $(3,9\text{--}4,9) \times 10^3$, в аллювиально-лугово-лесных – $(2,7\text{--}3,6) \times 10^6$, $(2,2\text{--}3,2) \times 10^6$, $(0,8\text{--}1,1) \times 10^6$, $(3,9\text{--}4,6) \times 10^5$ и $(2,6\text{--}6,2) \times 10^3$, в желтоземно-глеевых – $(2,4\text{--}3,0) \times 10^6$, $(1,6\text{--}2,1) \times 10^6$, $(0,2\text{--}0,3) \times 10^6$, $(5,1\text{--}5,5) \times 10^5$ и $(2,3\text{--}5,2) \times 10^3$ КОЕ/г сухой почвы. В серо-бурых и лугово-сероземных почвах сухой субтропической зоны и под монокультурами количество микроорганизмов было наименьшим.

Интенсивность нитрификации почв. В орошаемых серо-бурых почвах интенсивность нитрификации в севообороте в слое 0–50 см изменялась в интервале 27,5–96,9 мг $\text{N-NO}_3/\text{кг}$ почвы, в лугово-сероземных 8,4–13,6, в орошаемых аллювиально-лугово-лесных – 13,2–50,0, в желтоземно-глеевых – 13,1–33,7 и 8,1–19,8 мг $\text{N-NO}_3/\text{кг}$. Интенсивность при бессменном выращивании культур отмечена сравнительно низкой. Активность минерализации азотсоединений в желтоземно-глеевых почвах была относительно низкой.

Интенсивность аммонификации почв. В орошаемых серо-бурых почвах активность процесса аммонификации в слоях 0–50 см в севообороте колебалась в интервале 10,6–

Биодиагностика почв субтропической зоны

Вариант	Инвер- таза, мг глюкозы/г почвы (за 24 ч)	Уреаза, мг/ NH_4 1 г почвы (за 24 ч)	Фосфа- таза, мг/ P_2O_5 г почвы (за 1 ч)	Каталаза, $\text{cm}^3 \text{O}_2$ г почвы (за 1 мин)	Дегидроге- наза, мг/TFF 10 г почвы (за 24 ч)	Нитрифи- кация, мг/ NO_3 (за 14 дней)	Аммонифи- кация, мг/ NH_4 (за 14 дней)	CO_2 , кг/га· (за 1 ч)	Интенсив- ность раз- ложения целлюлозы, % (за 14 дней)	КОЕ/г су- хой почвы	ИПБСП, %
<i>Сухой субтропик, серо-бурые почвы (шестипольный овощекормовой севооборот)</i>											
Целина	11,40	4,10	1,91	10,8	4,38	46,8	17,8	2,50	8,4	$1,3 \cdot 10^6$	82
Севооборот	11,77	3,14	2,65	13,2	6,08	65,1	21,2	3,36	10,3	$2,2 \cdot 10^6$	100
Бессменное выращивание	8,97	2,20	1,55	8,7	3,48	34,2	14,8	2,74	7,7	$1,2 \cdot 10^6$	66
<i>Сухой субтропик, серо-бурые почвы (пятипольный овощебобовый севооборот)</i>											
Целина	11,40	4,10	1,91	10,8	4,38	46,8	17,8	2,50	8,4	$1,3 \cdot 10^6$	88
Севооборот	11,24	3,09	2,70	12,3	5,71	55,6	20,4	3,32	10,0	$1,8 \cdot 10^6$	100
Бессменное выращивание	8,97	2,20	1,55	8,7	3,48	34,2	14,8	2,74	7,7	$1,2 \cdot 10^6$	70
<i>Сухой субтропик, лугово-сероземные почвы (четырепольный овощекормовой севооборот)</i>											
Целина	7,29	2,13	2,56	4,8	6,81	8,9	52,7	1,87	17,8	$1,4 \cdot 10^6$	85
Севооборот	9,34	3,46	1,64	7,0	5,55	11,7	42,4	2,28	28,0	$2,3 \cdot 10^6$	100
Бессменное выращивание	6,74	1,79	0,28	3,8	3,27	7,1	23,3	1,94	22,0	$1,1 \cdot 10^6$	65
<i>Полузасушливый субтропик, аллювиально-лугово-лесные почвы (шестипольный овощекормовой севооборот)</i>											
Целина	12,8	5,6	1,48	6,2	6,75	25,7	50,4	4,90	17,4	$2,8 \cdot 10^6$	100
Севооборот	9,69	4,24	0,93	7,1	4,88	31,2	35,6	3,39	19,5	$3,7 \cdot 10^6$	88
Бессменное выращивание	6,64	3,03	0,48	5,6	2,81	16,5	23,3	2,80	13,9	$2,6 \cdot 10^6$	60
<i>Умеренно-влажный субтропик, желтоземно-глеевые почвы (пятипольный овощебобовый севооборот)</i>											
Целина	13,7	3,8	2,86	4,5	16,03	23,9	132,8	8,40	29,5	$2,9 \cdot 10^6$	100
Севооборот	12,6	3,39	2,30	4,9	14,08	26,7	118,1	6,07	23,9	$3,2 \cdot 10^6$	92
Бессменное выращивание	10,3	2,72	1,22	3,6	11,46	15,5	101,4	5,06	19,9	$2,7 \cdot 10^6$	70

29,0 N-NH₄/кг почвы, при бессменном выращивании культур соответственно – 7,0–20,8, в лугово-сероземных – 33,9–45,4 и 13,8–30,6, в орошаемых аллювиально-лугово-лесных – 22,0–54,5 и 17,8–32,8, в орошаемых желтоземно-глеевых – 88,1–131,7 и 80,6–121,4 мг N-NH₄/кг.

Интенсивность выделения углекислого газа из почвы. В орошаемых серо-бурых почвах в севообороте за 1 ч колебалась в интервале 2,53–4,16 кг CO₂/га, при бессменном выращивании культур – 2,27–3,49, в орошаемых лугово-сероземных соответственно – 2,59–4,03 и 1,11–2,6, в орошаемых аллювиально-лугово-лесных – 2,39–4,50 и 1,52–2,96, в орошаемых желтоземно-глеевых – 3,99–8,07 и 2,06–3,42 кг CO₂/га, при бессменном выращивании культур была наиболее низкой.

Интенсивность разложения целлюлозы. В орошаемых серо-бурых почвах колебалась в пределах 4,6–15,9 %, при бессменном выращивании культур – 4,4–11,2, в лугово-сероземных почвах соответственно – 18,3–36,5 и 15,6–28,8, в орошаемых аллювиально-лугово-лесных – 8,9–33,5 и 7,2–22,0, в орошаемых желтоземно-глеевых – 11,1–34,4 и 14,1–28,5 %.

Интегральный показатель биологического состояния почвы (ИПБСП). В последние годы в научной литературе отмечен повышенный интерес к оценке биологического состояния почв [12]. ИПБСП орошаемых серо-бурых почв в шестипольном овощекормовом севообороте был на 18 % выше, чем в целинных вариантах, и на 34 % выше, чем при бессменном выращивании культур, в пятипольном овощебобовом – соответственно на 12 и 30 % выше (см. таблицу). Интегральный показатель орошаемых лугово-сероземных почв в севообороте составил 100 %, в целинных почвах ниже на 15 %, при бессменном выращивании культур – на 35 %. В аллювиально-лугово-лесных почвах ИПБСП в целинных вариантах составил 100 %, в севообороте ниже на 2 %, при бессменном выращивании культур – на 40 %, в желтоземно-глеевых почвах – соответственно 100, 92 и 70 %. Авторы предлагают для биологической оценки почв пятибалльную шкалу [11]. ИПБСП в севообороте и целинных вариантах колебался в интервале 82–100 % (очень

высокая биологическая активность почвы); при бессменном выращивании культур – 60–70 % (высокая и средняя).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гамзиков Г.П., Лапухин Т.П., Уланов А.К. Эффективность систем удобрений в полевых севооборотах на каштановых почвах Забайкалья // *Агрохимия*. – 2005. – № 9. – С. 24–30.
2. Babayev M.P., Orucova N.H. Assessment of the Biological Activity of Soils in the Subtropical Zone of Azerbaijan // *Eurasian Soil Science*. – 2009. – Vol. 42, N 10. – P. 1163–1169.
3. Orucova N.H., Babayev M.P. Biomorfogenetic Diagnostics of the Soils Suitable for Vegetable in the Azerbaijan Subtropic Zone. – New York, 2014. – 285 p.
4. Макаров Б.Н. Методы изучения газового режима почв. Методы стационарного изучения почв. – М.: Наука, 1977. – 197 с.
5. Востров И.С., Петрова А.Н. Определение биологической активности почвы различными методами // *Микробиология*. – 1961. – Т. 30, № 4. – С. 665–672.
6. Хазиев Ф.Х. Методы почвенной энзимологии. – М.: Наука, 2005. – 252 с.
7. Болотина Н.И., Абрамова Е.Н. О методике определения нитрификационной способности почв // *Агрохимия*. – 1968. – № 4. – С. 16–26.
8. Теплер Е.З., Шильникова В.К., Переверзева Г.Н. Практикум по микробиологии. – М.: Колос, 1972. – 200 с.
9. Иванова Е.А., Кутовая О.В., Тхакахова А.К., Чернов Т.И., Першина Е.В. Структура микробного сообщества агрегатов чернозема типичного в условиях контрастных вариантов сельскохозяйственного использования // *Почвоведение*. – 2015. – № 11. – С. 1367–1382.
10. Ивашенко К.В., Ананьева Н.Д., Васенев В.И., Кудеяров В.Н., Валентини Р. Биомасса и дыхательная активность почвенных экосистемах Московской области // *Почвоведение*. – 2014. – № 9. – С. 1077–1088.
11. Казеев К.Ш., Колесников С.И., Вальков В.Ф. Биология почв России. – Ростов н/Д.: ЦВВР, 2004. – 350 с.
12. Даденко Е.В., Прудникова М.А., Казеев К.Ш. Применение показателей ферментативной активности при оценке состояния почв под сельскохозяйственными угодьями // *Изв. Самарского науч. центра РАН*. – 2013. – Т. 15, № 3 (4). – С. 1274–1277.

**BIOLOGICAL EVALUATION OF SOILS IN CROP ROTATIONS
IN THE SUBTROPICAL ZONE OF AZERBAIJAN**

N.I. ORUDZHEVA, Candidate of Science in Agriculture, Lead Researcher

Institute of Soil Science and Agrochemistry, National Academy of Sciences of Azerbaijan

5, Mamedagimova St, Baku, 1073, Azerbaijan

e-mail: naila.56@mail.ru

Biological activity of soils in the subtropical zone of Azerbaijan was studied. Experiments were carried out in 1992–2015. Activities of soil enzymes, numbers of microorganisms, intensities of nitrification, ammonification, carbon dioxide emissions and cellulose degradation were studied in crop rotations under vegetable crops and at continuous crop growing. Experiments were conducted on irrigated gray-brown and meadow-gray (dry subtropics), meadow-forest alluvial (semi-arid subtropics), yellow-gleyed (humid subtropics), and virgin soils. The biodiagnoses and a complex of biological parameters of the soils studied are presented. The integral indicator of the biological state of each soil type is given. This indicator of the irrigated gray-brown soils in a vegetable/fodder crop rotation was 18% higher than that in virgin variants, and 34% higher than that at continuous crop growing; in a vegetable/legume crop rotation, it was 12 and 30% higher, respectively. On irrigated meadow-gray soils, this indicator made up 100 percent in a crop rotation; it was 15% lower in virgin variants and 35% lower under continuous crop growing. On meadow-forest alluvial soils, the integral indicator made up 100 percent in virgin variants, was 2% lower in a crop rotation and 40% lower at continuous crop growing; on yellow-gleyed soils it was 100, 8 and 30%, respectively. The integral indicator of the biological state of the soils studied varied from 82 to 100 percent that corresponded to soils with the very high biological activity. At continuous crop growing, this indicator was within the range of 60–70% that corresponded to soils with the high and medium biological activity. The use of scientifically grounded crop rotations under conditions of irrigation allows conserving fertility of meadow-forest alluvial and yellow-gleyed soils and improving that of gray-brown and meadow-gray soils.

Keywords: soils in the subtropical zone, crop rotation, continuous crops, biological activity of soil, biological evaluation of soil.

Поступила в редакцию 28.11.2016