

УДК 631.417:631.5

Ф. М. Рамазанова

Институт почвоведения и агрохимии Национальной академии наук Азербайджана,
Баку, Азербайджанская Республика

ВОСПРОИЗВОДСТВО ПЛОДРОДИЯ ОРОШАЕМЫХ СЕРО-КОРИЧНЕВЫХ (КАШТАНОВЫХ) ПОЧВ АЗЕРБАЙДЖАНА ПОСЕВАМИ ПРОМЕЖУТОЧНЫХ КУЛЬТУР

Цель исследования – изучение роли растительных остатков промежуточных посевов кормовых культур в регулировании биологических факторов воспроизводства плодородия орошаемых серо-коричневых (каштановых) почв в аридной зоне Азербайджана. Объект исследования – Гянджа-Казахский массив, орошаемые серо-коричневые (каштановые) почвы (Irragri Kastanozems) Кура-Араксинской низменности. Полевые опыты и анализы растительных и почвенных проб выполнялись общепринятыми методами. Установлено, что по регулированию биологических факторов плодородия почв варианты расположились в ряду: рожь + вика + рапс – кукуруза + соя + сорго + амарант – ячмень + вика > ячмень + вика + рапс – кукуруза + соя + сорго + амарант – ячмень + вика > люцерна > эспарцет > люцерна (хозпосев) > целина > ячмень – кукуруза > рожь – кукуруза > кукуруза (весенний посев) > кукуруза + соя + сорго + амарант (весенний посев) > ячмень на зерно. Выявлено, что в аридной зоне при орошении можно получить с гектара в год три урожая зеленой массы и накопить в слое почвы 0–25 см 152,5 ц сухой массы растительных остатков (вариант озимая рожь + вика + рапс (1-й урожай) → кукуруза + соя + сорго + амарант (2-й урожай) → ячмень + вика (3-й урожай)). Весной, летом и осенью численность микроорганизмов в слое 0–25 см почвы составила $23,3 \cdot 10^6$, $10,2 \cdot 10^6$ и $19,8 \cdot 10^6$ в 1 г почвы, активность инвертазы – 23,3; 20,5; 21,9 мг глюкозы/(г почвы·24 ч), каталазы – 25,1; 21,4; 22,6 см³ O₂/(г почвы·мин), дыхание почвы – 301, 221, 249 мг CO₂/(м²·ч) и разложение целлюлозы – 40,0; 36,4; 36,9 %. В слое почвы 0–25 см увеличился баланс гумуса (+0,60 т/га). В остальных вариантах эти показатели были ниже.

Ключевые слова: серо-коричневая (каштановая) почва, биологические факторы, плодородие, промежуточные посева, микроорганизмы, ферменты, дыхание почвы.

F. M. Ramazanova

Institute of Soil Science and Agrochemistry of the National Academy of Sciences of
Azerbaijan, Baku, Azerbaijan Republic

AZERBAIJAN IRRIGATED GRAY-BROWN (CHESTNUT) SOILS FERTILITY RECOVERY WITH INTERMEDIATE CROPS SEEDS

The aim of the research is to study the role of plant residues of intermediate seeding of forage crops in regulating the biological factors of fertility recovery of irrigated gray-brown (chestnut) soils in the arid zone of Azerbaijan. The object of the study is the Gyanja-Kazakh massif, irrigated gray-brown (chestnut) soils (Irragri Kastanozems) of the Kura-Araks Lowland. Field experiments and analyzes of plant and soil samples were carried out by generally accepted methods. It has been found that the variants are arranged in a row according to regulation of soil fertility biological factors: rye + vetch + rape – corn + soybean + sorghum + amaranth – barley + vetch > barley + vetch + rape – corn + soybean + sorghum + amaranth – barley + vetch > alfalfa > sainfoin > alfalfa (crop sowing) > virgin soil > barley – corn > rye – corn > corn (spring sowing) > corn + soya + sorghum + amaranth (spring sowing) > barley

for grain. It was found that in the arid zone under irrigation it is possible to obtain three yields of green mass per hectare per year and to accumulate 152.5 centners of dry mass of plant residues (variant winter rye + vetch + rape (1st yield) → corn + soybean + sorghum + amaranth (2nd yield) → barley + vetch (3rd yield)) in the soil layer 0–25 cm. In spring, summer and autumn, the number of microorganisms in the soil layer 0–25 cm was $23.3 \cdot 10^6$, $10.2 \cdot 10^6$ and $19.8 \cdot 10^6$ in 1 g of soil, invertase activity was 23.3; 20.5; 21.9 mg of glucose/(g of soil·24 hours), catalase – 25.1; 21.4; 22.6 $\text{cm}^3 \text{O}_2/(\text{g soil} \cdot \text{min})$, soil respiration – 301, 221, 249 mg $\text{CO}_2/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ and cellulose decomposition – 40.0; 36.4; 36.9 %. In the soil layer 0–25 cm, the humus balance increased (+0.60 t per ha). These indicators were lower in other cases.

Key words: gray-brown (chestnut) soil, biological factors, fertility, intermediate crops, microorganisms, enzymes, soil respiration.

Введение. Биологические факторы плодородия – это накопление и превращение органического вещества в почве, микроорганизмы, преобразующие органические вещества в почве, ферменты, дыхание почвы, целлюлозоразлагающая способность. Биологическая активность почвы является важным фактором формирования ее плодородия и чувствительным экологическим индикатором по отношению к интенсивной антропогенной нагрузке [1, 2]. Роль биологических факторов в сохранении и воспроизводстве плодородия почвы постепенно возрастает. В современных условиях это обусловлено значительным сокращением запасов гумуса в почвах и накоплением в них физиологически активных веществ, обладающих токсическими свойствами и снижающих интенсивность обмена веществ в системе «почва – растение» [3].

В аридной зоне Азербайджана в последние годы снизилось плодородие орошаемых серо-коричневых (каштановых) почв [4–6]. Главное направление решения этой проблемы – интенсификация и максимальное использование биологических факторов в системах земледелия [7], в частности содержание и состав органического вещества (растительные остатки и органические удобрения) [8], активность и направленность микробиологических [9] и биохимических процессов [10]. При этом через управление биологическими процессами почв возможно воспроизвести плодородие почвы. Благодаря жизнедеятельности микроорганизмов, гумус почвы находится в постоянном обновлении, уравновешенном природными условиями данной почвы, но может изменяться под влиянием агротехнических мероприятий [11].

Важнейшим фактором воспроизводства органического вещества в пахотных почвах являются культуры. Их роль определяется биологическими особенностями и технологией возделывания. Ведущим фактором воспроизводства плодородия орошаемой почвы являются промежуточные посевы культур, которые создают в почве оптимальные условия для протекания биологических процессов и выполняют почвозащитную роль. Именно биологическим факторам отводят главную роль в снижении урожайности сельскохозяйственных растений при бессменном выращивании культур [12].

В аридной зоне Азербайджана большая продолжительность теплого периода при орошении позволяет вводить промежуточные посевы и получать в год три урожая зеленой массы с гектара. Однако исследования в этом направлении занимают недостаточное место в республике. Поэтому направленное регулирование биологических факторов воспроизводства плодородия орошаемых серо-коричневых (каштановых) почв промежуточными посевами кормовых культур – актуальная задача сельскохозяйственной науки Азербайджана.

Цель исследования – изучение роли растительных остатков промежуточных посевов кормовых культур в регулировании биологических факторов воспроизводства плодородия орошаемых серо-коричневых (каштановых) почв в аридной зоне Азербайджана.

Практическая значимость результатов исследований заключается в том, что разработанная схема промежуточных посевов кормовых культур (озимая рожь + вика + рапс (1-й урожай) → кукуруза + соя + сорго + амарант (2-й урожай) → ячмень + вика (3-й урожай)) может быть использована для регулирования биологических факторов воспроизводства плодородия орошаемых серо-коричневых (каштановых) почв и создания прочной кормовой базы в аридной зоне Азербайджана.

Материалы и методы. Объект исследований – территория Гянджа-Казахского массива (целинные и орошаемые серо-коричневые (каштановые) почвы (in WRB Kastanozems and Irragri Kastanozems)) аридной зоны Кура-

Араксинской низменности. Климат субтропический с сухим жарким летом, сумма активных температур – 4000–4400 °С, приход ФАР – 503–566 кДж/см², количество осадков – 180–430 мм/год, количество дней с температурой воздуха > 10 °С – 240–300 дней, с температурой почвы > 5 °С – 270–330 дней [4].

Серо-коричневые (каштановые) почвы (in WRB – Kastanozems), тип горные серо-коричневые, подтип серо-коричневые (каштановые) формируются на верхнечетвертичных глинистых и тяжелоглинистых аллювиальных и пролювиальных отложениях на высоте 70–300 м над уровнем моря, карбонатные, с небольшим хлоридно-сульфатным засолением. Содержание гумуса в слое почвы 0–25 см составляет 2,47–2,64 % [5, 6].

Орошаемые серо-коричневые (каштановые) почвы по гранулометрическому составу тяжелосуглинистые и легкоглинистые. В слое почвы 0–25 см степень илистости составляет 47–52 %, водопроницаемость 1,1–1,2 мм/мин, содержание гумуса – 2,58–2,67 %, валового азота – 0,16–0,17 %, содержание фосфора низкое (0,16–0,18 %), калия – среднее (2,5–2,9 %), рН – 8,0–8,5 [4].

Схема опыта включала следующие варианты: 1) целина; 2) ячмень на зеленую массу (1-й урожай) → кукуруза на силос (2-й урожай); 3) рожь на зеленую массу (1-й урожай) → кукуруза на силос (2-й урожай); 4) люцерна на зеленую массу; 5) эспарцет на зеленую массу; 6) кукуруза (силос, весенний посев); 7) сложная кормосмесь: кукуруза + соя + сорго + амарант (силос); 8) сложная кормосмесь: ячмень + вика + рапс на зеленую массу (1-й урожай) → кукуруза + соя + сорго + амарант, силос (2-й урожай) → ячмень + вика на зеленую массу (3-й урожай); 9) сложная кормосмесь: рожь + вика + рапс на зеленую массу (1-й урожай) → кукуруза + соя + сорго + амарант, силос (2-й урожай) → ячмень + вика на зеленую массу (3-й урожай); 10) люцерна на зеленую массу (поле хозяйства); 11) ячмень, зерно (поле хозяйства).

Агротехника соответствует рекомендованным зональным системам земледелия (периодическое внесение 20 т/га навоза и ежегодно N₉₀P₁₂₀K₆₀),

включает озимый посев 4–10 октября, 1-й урожай – вспашка (25–27 см) + навоз 20 т/га (в 2000, 2005, 2010 и 2015 гг.) и P_{120} кг д. в./га. Посев с внесением 20 % N и K из расчета $N_{90}K_{60}$ кг д. в./га, остальную норму – весной дробно: 50 % в фазу кущения и 30 % в фазу выхода в трубку; поукосный посев – 22–27 мая, 2-й урожай – дискование двукратное на 10–12 см. $N_{60}K_{60}$ вносили дробно: под вспашку – 30 %, в фазу 3–5 листьев – 50 %, при 8–10 листьях – 20 %. Уборка – 5–7 августа. 2-й поукосный посев (3-й урожай) – 10–13 августа, применялась плоскорезная обработка почвы на 15–17 см, N_{60} вносили в три приема: 30 % – под обработку, 50 % – в фазу кущения и 20 % – в фазу выхода в трубку; уборка – 2–8 октября; весенний посев силосных культур – агротехника зональная. Орошение бороздовое. Влажность почвы поддерживалась не ниже 80 % НВ. Постановка опытов и полевые работы выполнены по методике ВИК им. В. Р. Вильямса [13]. В растительных (урожай, остатки) и почвенных образцах определяли химические и биологические показатели общепринятыми методами [14, 15].

Результаты и обсуждение. Биологические факторы воспроизводства плодородия почв, являющиеся одним их основных показателей протекания процесса почвообразования и воспроизводства плодородия почв, обусловлены количеством растительных остатков и их составом, балансом гумуса в почве, суммарным содержанием в почве микроорганизмов, ферментов, интенсивностью продуцирования углекислого газа, целлюлозоразлагающей способностью и др. [7, 10]. Воздействие различных сельскохозяйственных культур и приемов их возделывания на почву и ее плодородие неодинаково [12]. При этом важным условием является строгое соблюдение технологии возделывания промежуточных посевов и поиск схем с разнообразным набором кормовых культур, обеспечивающих направленность воспроизводства плодородия почв. Поступление фитомассы в почву является одним из главных условий почвообразования в естественных условиях. Многие исследователи [16, 17] эффект растительных остатков связывают с положительным их влиянием на биологическую активность, режим

органического вещества в почве, в частности на воспроизводство гумуса.

Исследованиями установлено (таблица 1), что наибольшее количество органической массы в промежуточных посевах в слое почвы 0–25 см ежегодно накапливалось в вариантах ячмень + вика + рапс → кукуруза + соя + сорго + амарант → ячмень + вика (139,1 ц/га) и рожь + вика + рапс → кукуруза + соя + сорго + амарант → ячмень + вика (152,5 ц/га). Затем следовали люцерна (82,0 ц/га), эспарцет (81,6 ц/га), озимая рожь → кукуруза (78,3 ц/га), ячмень → кукуруза (70,2 ц/га).

Научным критерием количественной оценки круговорота веществ в конкретной агроэкосистеме является возврат питательных элементов в почву [18], влияние растительных остатков на биологические факторы воспроизводства плодородия почвы, которое определяется не только их количеством, но и содержанием в них NPK [5, 19].

Выявлено, что содержание NPK в растительных остатках целины (вариант 1) и злаковых культур (варианты 2, 3 и 11) имело тенденцию к снижению по сравнению с люцерной, эспарцетом и травосмесями и соответственно составляло: азота 1,00 и 0,80–1,18 %; фосфора – 0,40 и 0,38–0,46 %; калия – 1,03 и 0,97–1,02 % (таблица 1). По накоплению биологически связанного азота преимущество имели варианты с получением трех урожаев зеленой массы в год с единицы площади (варианты 8 и 9 – соответственно 218,4 и 242,2 кг/га), люцерной (166,5 кг/га) и эспарцетом (165,0 кг/га). Далее по накоплению азота наблюдается убывание в ряду вариантов: люцерна (поле хозяйства, 129,8 кг/га) → при получении двух урожаев (80,0 и 92,4 кг/га) → кукуруза + соя + сорго + амарант (41,4 кг/га) → кукуруза (34,4 кг/га) → ячмень на зерно (19,8 кг/га) → целина (9,0 кг/га). По фосфору и калию также отличались варианты 8 и 9 (соответственно 107,1 и 122,0; 268,5 и 323,3 кг/га), люцерна (67,2 и 152,5 кг/га) и эспарцет (66,1 и 151,0 кг/га). А в остальных вариантах эти показатели ниже.

Таблица 1 – Количество растительных остатков, их химический состав и поступление с ними питательных элементов в почву (среднее за 1999–2016 гг., в слое почвы 0–25 см)

| Вариант | Культура | Масса стерне- корневых остатков в сухом состоянии, ц/га | Химический состав расти- тельных остатков, % на аб- солютно сухое вещество | | | | Поступило в почву со стерне- корневыми остатками, кг/га | | | | Соотношение С:N в расти- тельных остатках |
|---------|---|--|--|------|-------------------------------|------------------|--|-------|-------------------------------|------------------|--|
| | | | С | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | С | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | |
| 1 | Целина | 8,967 | 40 | 1,00 | 0,40 | 1,03 | 358,7 | 9,0 | 3,587 | 9,236 | 40:1 |
| 2 | Ячмень Кукуруза В сумме за 2 урожая | 70,2 | 35 | 1,14 | 0,43 | 0,99 | 2457,0 | 80,0 | 30,2 | 69,5 | 31:1 |
| 3 | Рожь Кукуруза В сумме за 2 урожая | 78,3 | 35 | 1,18 | 0,46 | 1,02 | 2741,0 | 92,4 | 92,4 | 80,0 | 30:1 |
| 4 | Люцерна (4-й год, за 4 укоса) | 82,0 | 36 | 2,03 | 0,82 | 1,86 | 2952,0 | 166,5 | 67,2 | 152,5 | 18:1 |
| 5 | Эспарцет (4-й год, за 4 укоса) | 81,6 | 36 | 2,02 | 0,81 | 1,85 | 2938,0 | 165,0 | 66,1 | 151,0 | 18:1 |
| 6 | Кукуруза на силос | 29,4 | 35 | 1,17 | 0,40 | 0,75 | 1029,0 | 34,4 | 11,8 | 22,1 | 30:1 |
| 7 | Кукуруза + соя + сорго + амарант | 30,2 | 34 | 1,37 | 0,76 | 0,78 | 1027,0 | 41,4 | 23,0 | 24,0 | 25:1 |
| 8 | Ячмень + вика + рапс Кукуруза + соя + сорго + амарант Ячмень + вика В сумме за 3 урожая | 139,1 | 34 | 1,57 | 0,77 | 1,93 | 4729,4 | 218,4 | 107,1 | 268,5 | 21:1 |
| 9 | Рожь + вика + рапс Кукуруза + соя + сорго + амарант Ячмень + вика В сумме за 3 урожая | 152,5 | 33 | 1,59 | 0,80 | 2,12 | 5033,0 | 242,2 | 122,0 | 323,3 | 21:1 |
| 10 | Люцерна (хозпосев) | 64,9 | 35 | 2,00 | 0,81 | 1,78 | 2271,5 | 129,8 | 52,6 | 115,5 | 18:1 |
| 11 | Ячмень на зерно (хозпосев) | 24,8 | 36 | 0,80 | 0,38 | 0,97 | 892,8 | 19,8 | 9,4 | 24,1 | 45:1 |

Баланс гумуса. Вопрос о роли растительных остатков в воспроизводстве гумуса в почве не может быть решен до конца, если не будет учитываться баланс гумуса в почвах [20, 21]. В зависимости от схемы возделывания промежуточных посевов баланс гумуса варьировал в широких пределах (таблица 2). В целинном варианте в слое почвы 0–25 см летом запасы почвенной влаги минимальны (128–154 м³/га). Поэтому летом сильная иссушенность почвы приводит к полному выгоранию растительности и резкому уменьшению запасов растительной массы, накопленной за осенний и весенний периоды. В отдельные годы при недостатке энергетического материала летом микрофлора на целине начинала использовать гумусовые вещества почвы. Это отражалось на количестве новообразованного гумуса (0,19 т/га) и балансе (+0,01 т/га) (см. таблицу 2). При получении с 1 га трех урожаев зеленой массы в год варианты 8 и 9 при минерализации гумуса 2,6 и 2,4 т/га обеспечили бездефицитный баланс гумуса (+0,52 и +0,60 т/га) и высокую интенсивность баланса (122 и 123,1 %).

Таблица 2 – Расчет баланса гумуса в слое почвы 0–25 см

| Культура | Минерализация гумуса, т/га | Новообразованный гумус, т/га | Баланс гумуса, т/га | Интенсивность баланса, % |
|---|----------------------------|------------------------------|---------------------|--------------------------|
| 1 Целина | 0,18 | 0,19 | +0,01 | 105,6 |
| 2 Ячмень Кукуруза | 1,50 | 1,26 | –0,24 | 84,0 |
| 3 Рожь Кукуруза | 1,64 | 1,41 | –0,23 | 86,0 |
| 4 Люцерна (4-й год) | 1,60 | 1,80 | +0,20 | 112,5 |
| 5 Эспарцет (4-й год) | 1,60 | 1,79 | +0,19 | 111,9 |
| 6 Кукуруза на силос (весенний посев) | 0,88 | 0,50 | –0,38 | 56,8 |
| 7 Кукуруза + соя + сорго + амарант (весенний посев) | 0,91 | 0,54 | –0,37 | 59,3 |
| 8 Ячмень + вика + рапс Кукуруза + соя + сорго + амарант Ячмень + вика | 2,4 | 2,92 | +0,52 | 122,0 |
| 9 Рожь + вика + рапс Кукуруза + соя + сорго + амарант Ячмень + вика | 2,6 | 3,20 | +0,60 | 123,1 |
| 10 Люцерна (хозпосев) | 1,23 | 1,43 | +0,20 | 116,3 |
| 11 Ячмень на зерно (хозпосев) | 1,45 | 0,40 | –1,05 | 27,6 |

Объясняется, видимо, это тем, что в этих вариантах (8 и 9) при чередовании обработок почвы: для озимых – глубокая вспашка (25–27 см), для 1-го поукосного посева – дискование (10–12 см), для 2-го поукосного посева – плоскорезная обработка почвы на 15–17 см, а также периодическом внесении навоза и ежегодном $N_{60}P_{90}K_{60}$ кг д. в./га происходит неглубокое припахивание растительных остатков после каждого урожая в прослойке нижней части слоя почвы 0–25 см. В результате орошения в этой прослойке разложение органического вещества в основном происходило без доступа кислорода, что снижало минерализацию органического вещества. Это оказывало на пахотный и подпахотный слои почвы окультуривающее действие: усиление новообразования гумуса (ежегодно на 0,02–0,04 %) и биологической активности почвы, увеличение глубины корнеобитаемого слоя (75–120 см). Отмечен также бездефицитный баланс гумуса в вариантах 4, 5, 10 (соответственно +0,20, +0,19, +0,20 т/га). За счет усиленной минерализации гумуса сравнительно большой дефицит его баланса отмечен в почве под ячменем на зерно (минус 1,05 т/га) при низкой интенсивности баланса (27,6 %). Затем следуют весенние посевы кукурузы и ее смеси с соей, сорго и амарантом (минус 0,38 и минус 0,37 т/га) и относительно меньше – при получении двух урожаев зеленой массы в год (варианты 2 и 3 – минус 0,24 и минус 0,23 т/га).

Биологическая активность почвы. В рамках контроля почвенного плодородия за биологической активностью почв достаточно определить общее число микроорганизмов, дыхание почвы, целлюлозоразлагающую и ферментативную активность почвы [22–25]. Почва – это биологическая система, в которой процессы превращения веществ определяются жизнедеятельностью микроорганизмов, чувствительных к смене условий почвенной среды [26], а важнейшим фактором численности почвенной микрофлоры является поступление или наличие в почве органического вещества [1]. Микробное сообщество почвы и ризосферы растений, их функциональное

состояние тесно связаны с агротехническими приемами ведения культур [27]. Анализируя сезонные изменения количества микроорганизмов по вариантам, отмечали влияние на этот показатель количества и качества растительных остатков, поступающих в почву.

Весной, летом и осенью большая численность микроорганизмов (таблица 3) с низким коэффициентом минерализации (0,5–0,7) обнаружена в варианте 8 (ячмень + вика + рапс (1-й урожай) → кукуруза + соя + сорго + амарант (2-й урожай) → ячмень + вика (3-й урожай)) ($22,2 \cdot 10^6$; $8,8 \cdot 10^6$; $18,7 \cdot 10^6$ в г почвы), варианте 9 (рожь + вика + рапс (1-й урожай) → кукуруза + соя + сорго + амарант (2-й урожай) → ячмень + вика (3-й урожай)) ($23,3 \cdot 10^6$; $10,2 \cdot 10^6$; $19,8 \cdot 10^6$ в г почвы) и в вариантах с 4-летними люцерной и эспарцетом (соответственно $20,3 \cdot 10^6$; $16,7 \cdot 10^6$; $17,9 \cdot 10^6$ и $20,1 \cdot 10^6$; $16,5 \cdot 10^6$; $17,4 \cdot 10^6$ в г почвы). Эти данные свидетельствуют о том, что почвы в этих вариантах характеризуются слабой интенсивностью процессов минерализации в связи с высоким содержанием микроорганизмов, которые развивались за счет утилизации органических веществ и направленности биохимических процессов в почве в сторону гумификации.

Таблица 3 – Биологическая диагностика в слое почвы 0–25 см

| Культура | Сезон | Общее число микроорганизмов в 1 г почвы | Дыхание почвы, мг CO ₂ /(м ² ·ч) | Разложение льняной ткани, % (за 30 дней) | Активность инвертазы, мг глюкозы/(г почвы·24 ч) | Активность каталазы, см ³ O ₂ /(г почвы·мин) |
|---|-------|---|--|--|---|--|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 1 Целина | Весна | $12,0 \cdot 10^6$ | 189 | 30,0 | 19,8 | 20,3 |
| | Лето | $1,2 \cdot 10^2$ | 62 | 11,0 | 9,7 | 10,7 |
| | Осень | $6,3 \cdot 10^6$ | 156 | 25,3 | 16,5 | 17,6 |
| 2 В среднем за 2 урожая (ячмень → кукуруза) | Весна | $10,0 \cdot 10^6$ | 169 | 28,0 | 18,7 | 19,8 |
| | Лето | $4,9 \cdot 10^6$ | 122 | 20,6 | 15,8 | 16,9 |
| | Осень | $8,8 \cdot 10^6$ | 113 | 22,1 | 16,9 | 17,3 |
| 3 В среднем за 2 урожая (рожь → кукуруза) | Весна | $10,3 \cdot 10^6$ | 180 | 29,5 | 18,9 | 19,8 |
| | Лето | $5,1 \cdot 10^6$ | 123 | 22,7 | 16,1 | 17,5 |
| | Осень | $9,4 \cdot 10^6$ | 115 | 23,8 | 17,3 | 18,4 |

Продолжение таблицы 3

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---|-------|-------------------|-----|------|------|------|
| 4 Люцерна (4-й год, за 4 укоса) | Весна | $20,3 \cdot 10^6$ | 269 | 38,0 | 22,5 | 23,7 |
| | Лето | $16,7 \cdot 10^6$ | 211 | 36,1 | 20,7 | 21,9 |
| | Осень | $17,9 \cdot 10^6$ | 229 | 37,5 | 21,4 | 22,6 |
| 5 Эспарцет (4-й год, за 4 укоса) | Весна | $20,1 \cdot 10^6$ | 263 | 37,6 | 22,1 | 23,3 |
| | Лето | $16,5 \cdot 10^6$ | 208 | 35,7 | 20,4 | 21,6 |
| | Осень | $17,4 \cdot 10^6$ | 225 | 36,9 | 21,0 | 22,3 |
| 6 Кукуруза на силос (весенний посев) | Весна | $2,9 \cdot 10^6$ | 81 | 17,9 | 9,5 | 10,7 |
| | Лето | $4,6 \cdot 10^6$ | 136 | 24,7 | 16,2 | 17,4 |
| | Осень | $1,0 \cdot 10^5$ | 46 | 10,9 | 4,8 | 5,9 |
| 7 Кукуруза + соя + сорго + амарант (весенний посев) | Весна | $3,7 \cdot 10^6$ | 100 | 19,2 | 10,8 | 11,7 |
| | Лето | $6,0 \cdot 10^6$ | 149 | 30,0 | 17,6 | 18,8 |
| | Осень | $1,7 \cdot 10^5$ | 79 | 13,2 | 5,9 | 7,1 |
| 8 В среднем за 3 урожая (ячмень + вика + рапс → кукуруза + соя + сорго + амарант → ячмень + вика) | Весна | $22,2 \cdot 10^6$ | 288 | 39,7 | 23,2 | 24,6 |
| | Лето | $8,8 \cdot 10^6$ | 200 | 35,9 | 19,0 | 20,2 |
| | Осень | $18,7 \cdot 10^6$ | 235 | 36,4 | 20,9 | 22,2 |
| 9 В среднем за 3 урожая (рожь + вика + рапс → кукуруза + соя + сорго + амарант → ячмень + вика) | Весна | $23,3 \cdot 10^6$ | 301 | 40,0 | 23,9 | 25,1 |
| | Лето | $10,2 \cdot 10^6$ | 221 | 36,4 | 20,5 | 21,4 |
| | Осень | $19,8 \cdot 10^6$ | 249 | 36,9 | 21,9 | 22,6 |
| 10 Люцерна (хозпосев) | Весна | $19,1 \cdot 10^6$ | 252 | 33,9 | 20,1 | 21,5 |
| | Лето | $14,9 \cdot 10^6$ | 198 | 31,6 | 18,6 | 19,7 |
| | Осень | $16,1 \cdot 10^6$ | 209 | 32,1 | 19,2 | 20,8 |
| 11 Ячмень на зерно (хозпосев) | Весна | $7,7 \cdot 10^6$ | 149 | 13,9 | 17,0 | 18,3 |
| | Лето | $1,4 \cdot 10^6$ | 100 | 17,7 | 13,5 | 14,7 |
| | Осень | $1,9 \cdot 10^5$ | 91 | 7,9 | 6,9 | 8,2 |

Наименьшее количество микроорганизмов с коэффициентом минерализации 1,5–2,0 по сезонам года отмечено на весенних посевах кукурузы и ее смеси (соответственно $2,9 \cdot 10^6$; $4,6 \cdot 10^6$; $1,0 \cdot 10^5$ и $3,7 \cdot 10^6$; $6,0 \cdot 10^6$; $1,7 \cdot 10^5$ в г почвы), за ними следуют целина ($12,0 \cdot 10^6$; $1,2 \cdot 10^2$; $6,3 \cdot 10^6$ в г почвы) и вариант 11 ($1,4 \cdot 10^6$; $7,7 \cdot 10^6$; $1,9 \cdot 10^5$ в г почвы). Промежуточное положение занимают варианты 2 и 3. Объясняется это малым количеством и низким качеством ежегодно поступающих в почву растительных остатков и интенсивностью процессов минерализации органического вещества. В целинном варианте фаза активной микробиологической деятельности протекала в короткое время (весной и осенью), а более длительный подавленный период – лето. Растительные остатки, накопленные за осенний и весенний периоды, в условиях длительного сухого и жаркого летнего периода быстро минерализовались. Возделывание ячменя на зерно

бессменно (вариант 11) истощило почву и ухудшило ее микробиологические свойства.

Ферментативная активность почвы. Плодородие почвы определяется интенсивностью и направленностью ферментативных реакций. Активность этих процессов является универсальным показателем физиологического состояния биоценоза почвы [2]. Ферментативный пул почвы характеризует не только текущий уровень биохимических процессов в почве, но и интенсивность деятельности почвенной биоты в прошлом, поскольку ферменты способны иммобилизоваться и накапливаться в почве и при определенных условиях проявлять биокаталитические функции [28]. С этой точки зрения большой научный интерес представляет изучение ферментативной активности инвертазы и каталазы почв. *Фермент инвертаза* катализирует процессы гидролиза углеводов, которые попадают в почву в виде растительных остатков, с преобразованием их в доступные для растений и микроорганизмов формы, коррелирует с количеством гумуса в почве [2]. Активность инвертазы лучше других ферментов отражает уровень плодородия и биологической активности почв [29]. Установлена тенденция изменения активности инвертазы в почве во всех вариантах весной, летом и осенью (таблица 3). Однако в течение теплого периода года наибольшая активность инвертазы установлена в почве в вариантах 4 и 5 с чистыми на 100 % посевами бобовых культур (20,7–22,5 и 20,4–22,1 мг глюкозы/(г почвы·24 ч)) и в вариантах 8 и 9, где в структуре кормосмесей присутствуют бобовые с долей 44–50% (19,0–23,2 и 20,5–23,9 мг глюкозы/(г почвы·24 ч)), способные фиксировать азот воздуха. На целине и при возделывании ячменя на зерно этот показатель по сравнению с вариантом 9 на 4,1–10,8 и 6,9–15,0 мг глюкозы/(г почвы·24 ч) ниже. Остальные варианты занимали промежуточное положение.

Фермент каталаза показывает развитие аэробных процессов в почве. В почвах во всех вариантах активность каталазы в слое 0–25 см по сезонам

года изменялась следующим образом. При получении трех урожаев зеленой массы (варианты 8 и 9) – в пределах 20,2–24,6 и 21,4–25,1 см³ O₂/(г почвы·мин). Под люцерной и эспарцетом активность каталазы осенью была на 1,4 и 1,8 ниже, чем в варианте 9, а еще ниже – на целине (5,0), под ячменем на зерно (14,4) и весенними посевами кукурузы (16,8) и ее смеси (15,5 см³ O₂/(г почвы·мин)).

Почвенное дыхание. Основным биохимическим способом определения биологической активности почвы является учет выделяемого почвой углекислого газа. Интенсивность его выделения зависит от свойств почвы, гидротермических условий, характера растительности и агротехнических мероприятий [1]. Интенсивность выделения CO₂ в слое почвы 0–25 см весной, летом и осенью при получении трех урожаев зеленой массы в год (варианты 8 и 9) составляла 288, 200, 235 и 301, 221, 249 мг CO₂/(м²·ч). Под 4-летними люцерной и эспарцетом эмиссия CO₂ была на 32, 10, 20 и 38, 13, 24 мг CO₂/(м²·ч) меньше, чем в варианте рожь + вика + рапс (1-й урожай) → кукуруза + соя + сорго + амарант (2-й урожай) → ячмень + вика (3-й урожай). Дыхание почвы под люцерной хозпосева было больше, чем на целине, во 2, 3, 6, 7 и 11 вариантах.

Целлюлозолитическая активность. Направленность почвенных процессов может быть охарактеризована таким показателем, как интенсивность разложения целлюлозы [30], а особенность разложения целлюлозы определяет специфику гумификации и минерализации органического вещества почвы [31, 32]. Определение биологической активности почвы методом аппликации весной, летом и осенью подтвердило активность микроорганизмов в почве под 4-летними люцерной (38,0; 36,1; 37,5 %) и эспарцетом (37,6; 35,7; 36,9 %), под вариантами 8, 9 и 10 (39,7; 35,9; 36,4; 40,0; 36,4; 36,9 и 33,9; 31,6; 32,1 %). Здесь микроорганизмы более активно развиваются. Летом в почве под целинной растительностью по сравнению с вариантом 9 разложение льняной ткани шло на 25,4 % медленнее.

Выводы

1 Исследованиями установлено, что по активности регулирования биологических факторов воспроизводства плодородия орошаемых серо-коричневых (каштановых) почв изучаемые варианты расположились в порядке убывания в следующем виде: вариант 8 (рожь + вика + рапс (1-й урожай) – кукуруза + соя + сорго + амарант (2-й урожай) – ячмень + вика (3-й урожай)) > вариант 9 (ячмень + вика + рапс (1-й урожай) – кукуруза + соя + сорго + амарант (2-й урожай) – ячмень + вика (3-й урожай)) > вариант 4 (люцерна) > вариант 5 (эспарцет) > вариант 10 (люцерна, хозпосев) > вариант 1 (целина) > вариант 2 (ячмень – кукуруза) > вариант 3 (рожь – кукуруза) > вариант 6 (кукуруза, весенний посев) > вариант 7 (кукуруза + соя + сорго + амарант, весенний посев) > вариант 10 (ячмень на зерно).

2 Установлено, что в большей степени активизации биологических процессов в почве способствовали промежуточные посевы в варианте 9 с получением трех урожаев сельскохозяйственных культур в год: рожь + вика + рапс (1-й урожай) → кукуруза + соя + сорго + амарант (2-й урожай) → ячмень + вика (3-й урожай), здесь наблюдался средний годовой возврат в слой почвы 0–25 см 152,5 ц/га растительных остатков, содержащих углерода 5033 кг, азота – 242,2 кг, фосфора – 122 кг, калия – 323,3 кг.

3 В почве под вариантом 9 в течение теплого периода года наблюдались лучшие показатели по численности микроорганизмов (варьировали в пределах $10,2 \cdot 10^6$ – $23,3 \cdot 10^6$ в 1 г почвы), по активности инвертазы (в пределах 20,5–23,3 мг глюкозы/(г почвы·24 ч)), каталазы ($21,4$ – $25,1 \text{ см}^3 \text{ O}_2$ /(г почвы·мин)), дыханию почвы (221–301 мг CO_2 /($\text{м}^2 \cdot \text{ч}$)) и разложению целлюлозы (36,4–40,0 %), что обеспечило бездефицитный баланс гумуса +0,60 т/га с интенсивностью баланса 123,1 %. В остальных вариантах эти показатели были на 20–60 % ниже.

Список использованных источников

- 1 Биологические основы плодородия почв Бурятии / Н. Е. Абашеева, М. Г. Меркушева, Л. Л. Убугунов, А. П. Батудаев, В. И. Убугунова, М. Р. Маладаева. – Улан-Удэ: Изд-во БГСХА им. В. Р. Филиппова, 2009. – 242 с.
- 2 Вильный, Р. П. Влияние минимизации обработки чернозема типичного на его биологическое состояние / Р. П. Вильный // Почвоведение и агрохимия. – 2015. – № 1(54). – С. 104–114.
- 3 Изменение дифференциальной порозности почв Каменной Степи в условиях сезонного переувлажнения / Т. В. Титова, Ю. И. Чевердин, В. А. Беспалов, А. Н. Рябцев, Л. В. Гармашова, Н. П. Рыбакова, Н. А. Шеншина // Агрофизика. – 2016. – № 2. – С. 1–10.
- 4 Babaev, M. P. Main types of soil degradation in the Kura-Aras Lowland of Azerbaijan / M. P. Babaev, E. A. Gurbanov, F. M. Ramazanova // Eurasian Soil Science. – 2015. – Vol. 48, № 4. – P. 445–456.
- 5 Рамазанова, Ф. М. Изменение почвенных свойств в сухой субтропической зоне Азербайджана под воздействием растительных остатков / Ф. М. Рамазанова // Азербайджанская аграрная наука. – Баку, 2014. – № 1. – С. 28–30.
- 6 Бабаев, М. П. Воспроизводство плодородия орошаемых серо-бурых почв аридной зоны Азербайджана / М. П. Бабаев, Ф. М. Рамазанова // Живые и биокосные системы [Электронный ресурс]. – 2017. – Вып. 21. – Режим доступа: <http://jbks.ru>.
- 7 Лобков, В. Т. Почвенно-биологические аспекты биологизации современного земледелия / В. Т. Лобков, С. А. Плыгун, А. И. Золотухин // RJOAS. – 2016, Jan. – 1(49). – P. 67–72. – DOI: <http://dx.doi.org/10.18551/rjoas.2016-01.08>.
- 8 Лекция. Плодородие почв и приемы его регулирования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://lektsia.com/1xf58.html>, 2017.
- 9 Биологические и биохимические основы плодородия почв: крат. курс лекций / сост. Е. А. Нарушева. – Саратов: СГАУ, 2014. – 79 с.
- 10 Хазиев, Ф. Х. Почва и биоразнообразие / Ф. Х. Хазиев // Экология. – 2011. – № 3. – С. 184–190.
- 11 Лазарев, С. Ф. Микробиологическая характеристика почв Голодной степи / С. Ф. Лазарев // Почвы Голодной степи и их агрономическая характеристика. – Ташкент, 1961. – С. 55–57.
- 12 Аширбеков, М. Ж. Влияние хлопковых севооборотов на микробиологические и биохимические свойства староорошаемых сероземно-луговых почв Южного Казахстана / М. Ж. Аширбеков // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2015. – № 7(129). – С. 64–69.
- 13 Методические указания по проведению полевых опытов с кормовыми культурами / сост. Ю. К. Новоселов; ВНИИ кормов им. В. Р. Вильямса. – М.: ВИК, 1987. – 197 с.
- 14 Вальков, В. Ф. Методология исследования биологической активности почв на примере Северного Кавказа / В. Ф. Вальков, К. Ш. Казеев, С. И. Колесников // Научная мысль Кавказа. – Ростов н/Д.: Изд-во СКНЦ ВШ, 1999. – № 1. – С. 32–37.
- 15 Кравченко, В. А. Методические указания (переиздание) / В. Ф. Кравченко. – Елец, 2007. – 40 с.
- 16 Лобков, В. Т. Экономическая и биоэнергетическая оценка факторов биологизации в звене севооборота / В. Т. Лобков, Н. И. Абакумов, А. Н. Кружков // Вестник Орловского государственного аграрного университета. – 2009. – Т. 19, № 4. – С. 10–14.
- 17 Лобков, В. Т. Влияние органических удобрений и возделываемых культур на азотный режим темно-серой лесной почвы / В. Т. Лобков, Ю. А. Бобкова // Агрохимия. – 2015. – № 10. – С. 3–9.
- 18 Русакова, И. В. Баланс элементов питания и агрохимические свойства дерно-

во-подзолистой почвы при использовании соломы на удобрение / И. В. Русакова // Сельскохозяйственные науки. – М., 2015. – Вып. 8(39), сент., ч. 4. – С. 53–55.

19 Сидоренко, В. И. Влияние удобрений и обработки почвы на свойства выщелоченного чернозема Кубани. Урожай озимой пшеницы и его качество при орошении / В. И. Сидоренко, А. И. Столяров, В. П. Суетов // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 1994. – Вып. 339(367). – С. 56–68.

20 Тюрин, И. В. Органическое вещество и его роль в почвообразовании и плодородии / И. В. Тюрин. – М. – Л.: Сельхозгиз, 1937. – 287 с.

21 Шамсутдинов, З. М. Биогеоэкологические принципы и методы экологической реставрации пустынных пастбищных экосистем Средней Азии / З. М. Шамсутдинов, Н. З. Шамсутдинов // Аридные экосистемы. – М.: КМК, 2012. – Т. 18, № 3(52). – С. 5–21.

22 Методические указания по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения / под ред. Л. М. Державина [и др.]. – М.: Росинформагротех, 2003. – 240 с.

23 Агроэкологическая оценка земель, проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий: метод. рук. / под ред. В. И. Кирюшина. – М.: Росинформагротех, 2005. – 784 с.

24 Казеев, К. Ш. Биологическая диагностика и индикация почв: методология и методы исследований / К. Ш. Казеев, С. И. Колесников, В. Ф. Вальков. – Ростов н/Д.: Изд-во Рост. ун-та, 2003. – 204 с.

25 Пупонин, А. И. Обработка почвы в интенсивном земледелии Нечерноземной зоны / А. И. Пуповин. – М.: Колос, 1984. – 184 с.

26 Самцевич, С. А. Взаимоотношение микроорганизмов почвы и высших растений / С. А. Самцевич // Наука и техника. – Минск, 1972. – С. 3–67.

27 Казеев, К. Ш. Биология почв России / К. Ш. Казеев, С. И. Колесников, В. Ф. Вальков. – Ростов н/Д.: ЦВВР, 2004. – 350 с.

28 Фосфатазная активность современных и погребенных каштановых почв Волго-Донского междуречья / Т. Э. Хомутова, Т. С. Демкина, Н. Н. Каширская, В. А. Демкин // Почвоведение. – 2012. – № 4. – С. 478–483.

29 Научное обоснование и взаимосвязь агрофизических параметров с эффективным плодородием почвы / Ю. И. Чевердин, А. Н. Рябцев, Т. В. Титова, В. А. Беспалов, А. Ю. Чевердин, С. В. Сапрыкин // Состояние почв Центрального Черноземья России и проблемы воспроизводства их плодородия: сб. науч. докл. Всерос. науч.-практ. конф., 23–24 июня 2015 г. – Камен. Степь – Воронеж: Истоки, 2015. – С. 56–61.

30 Власова, О. И. Научное обоснование приемов сохранения плодородия почв при возделывании пшеницы озимой в условиях Центрального Предкавказья: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук: 06.01.01 / Власова Ольга Ивановна. – Ставрополь, 2014. – 43 с.

31 Балданов, Н. Д. Ферментативная активность и гумусное состояние почв в придельтовой части р. Селенги: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.27 / Балданов Нимбу Доржижапович. – Улан-Удэ, 2007. – 21 с.

32 Kaimakamis, I. Agricultural production and climate change. A case of Greece / I. Kaimakamis, S. Aggelopoulos, A. Pavloudi // Environmental Protection and Ecology. – 2013. – Vol. 14, № 2. – P. 693–698.

References

1 Abasheeva N.Ye, Merkusheva M.G., Ubugunov L.L., Batudaev A.P., Ubugunova V.I., Maladaeva M.R., 2009. *Biologicheskie osnovy plodorodiya pochv Buryatii* [Biological foundations of soil fertility in Buryatia]. Ulan-Ude, BGSNA named after V.R. Filippov, 242 p. (In Russian).

2 Vil'nyj R.P., 2015. *Vliyanie minimizatsii obrabotki chernozema tipichnogo na yego biologicheskoe sostoyanie* [The influence of tillage minimization on the biological condition

in the typical chernozem]. *Pochvovedenie i agrokhimiya* [Soil Science and Agrochemistry], no. 1(54), pp. 104-114. (In Russian).

3 Titova T.V., Cheverdin Yu.I., Bepalov V.A., Ryabtsev A.N., Garmashova L.V., Rybakova N.P., Shenshina N.A., 2016. *Izmenenie differentsial'noy poroznosti pochv Kamennoy Stepi v usloviyakh sezonnogo pereuvlazhneniya* [Change of differential porosity of the Kamennaya Steppe soils under conditions of seasonal waterlogging]. *Agrofizika* [Agrophysics], no. 2, pp. 1-10. (In Russian).

4 Babaev M.P., Gurbanov Ye.A., Ramazanova F.M., 2015. Main types of soil degradation in the Kura-Aras Lowland of Azerbaijan. *Eurasian Soil Science*, vol. 48, no. 4, pp. 445-456. (In English).

5 Ramazanova F.M., 2014. *Izmenenie pochvennykh svoystv v sukhoy subtropicheskoy zone Azerbaydzhana pod vozdeystviyem rastitel'nykh ostatkov* [Changes in soil properties in dry subtropical zone of Azerbaijan under the influence of plant residues]. *Azerbaydzhanskaya agrarnaya nauka* [Azerbaijan Agrarian Science]. Baku, no. 1, pp. 28-30. (In Russian).

6 Babaev M.P., Ramazanova F.M., 2017. *Vosproizvodstvo plodorodiya oroshayemykh sero-burykh pochv aridnoy zony Azerbaydzhana* [Reproduction of fertility of irrigated gray-brown soils of the arid zone of Azerbaijan]. *Zhivye i biokosnye sistemy* [Live and biocose systems], iss. 21, available: <http://jbks.ru>. (In Russian).

7 Lobkov V.T., Plygun S.A., Zolotukhin A.I., 2016. *Pochvenno-biologicheskie aspekty biologizatsii sovremennogo zemledeliya* [Soil-biological aspects of the biologization of modern agriculture]. *RJOAS*, Jan., 1(49), pp. 67-72, <http://dx.doi.org/10.18551/rjoas.2016-01.08>.

8 Lektsiya. *Plodorodie pochv i priyemy yego regulirovaniya* [Lecture. Soil fertility and methods of its regulation]. Available: <http://lektsia.com/1xf58.html>, 2017. (In Russian).

9 Narusheva Ye.A., 2014. *Biologicheskie i biokhimicheskie osnovy plodorodiya pochv: krat. kurs lektsiy* [Biological and biochemical basis of soil fertility: course of lectures] Saratov, SSAU, 79 p. (In Russian).

10 Khaziev F.Kh., 2011. *Pochva i bioraznoobraziye* [Soil and biodiversity]. *Ekologiya* [Ecology], no. 3, pp. 184-190. (In Russian).

11 Lazarev S.F., 1961. *Mikrobiologicheskaya kharakteristika pochv Golodnoy stepi* [Microbiological characteristics of soils of the Hungry Steppe]. *Pochvy Golodnoy stepi i ikh agronomicheskaya kharakteristika* [Soils of the Hungry Steppe and their agronomic characteristics]. Tashkent, pp. 55-57. (In Russian).

12 Ashirbekov M.Zh., 2015. *Vliyanie khlopkovykh sevooborotov na mikrobiologicheskie i biokhimicheskie svoystva starooroshayemykh serozemno-lugovykh pochv Yuzhnogo Kazakhstana* [Influence of cotton crop rotations on microbiological and biochemical properties of old irrigated sierozemic-meadow (prairie gray) soils of Southern Kazakhstan]. *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bull. of Altay State Agrarian University], no. 7(129), pp. 64-69. (In Russian).

13 Novosyolov Yu.K., 1987. *Metodicheskie ukazaniya po provedeniyu polevykh opytov s kormovymi kul'turami* [Methodological instructions for conducting field experiments with feed crops]. Institute of Forages named after V.R. Williams. Moscow, VIC Publ., 197 p. (In Russian).

14 Val'kov V.F., Kazeev K.Sh., Kolesnikov S.I., 1999. *Metodologiya issledovaniya biologicheskoy aktivnosti pochv na primere Severnogo Kavkaza* [Methodology of study of biological activity of soils on the example of the North Caucasus]. *Nauchnaya mysl' Kavkaza* [Scientific Thought of the Caucasus]. Rostov-on-Don, North Caucasus Scientific Centre Higher School Publ., no. 1, pp. 32-37. (In Russian).

15 Kravchenko V.A., 2007. *Metodicheskiye ukazaniya* [Methodological instructions (reissue)]. Yelets, 40 p. (In Russian).

16 Lobkov V.T., Abakumov N.I., Kruzhkov A.N., 2009. *Ekonomicheskaya i bioenergeticheskaya otsenka faktorov biologizatsii v zvene sevooborota* [Economic and bioenergetic

assessment of biological factors in crop rotation]. *Vestnik Orlovskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Vestnik Orel State Agrarian University], vol. 19, no. 4, pp. 10-14. (In Russian).

17 Lobkov V.T., Bobkova Yu.A., 2015. *Vliyanie organicheskikh udobreniy i vozdevlyvayemykh kul'tur na azotnyy rezhim temno-seroy lesnoy pochvy* [The influence of organic fertilizers and cultivated crops on the nitrogen regime of dark gray forest soil]. *Agrokimiya* [Agrochemistry], no. 10, pp. 3-9. (In Russian).

18 Rusakova I.V., 2015. *Balans elementov pitaniya i agrokhimicheskie svoystva der-no-vo-podzolistoy pochvy pri ispol'zovanii solomy na udobrenie* [Nutrients balance and agrochemical properties of soddy-podzolic soils after using straw as fertilizer]. *Sel'skokhozyaystvennye nauki* [Agricultural Sciences]. Moscow, iss. 8(39), Sept., Part 4, pp. 53-55. (In Russian).

19 Sidorenko V.I., Stolyarov A.I., Suetov V.P., 1994. *Vliyanie udobreniy i obrabotki pochvy na svoystva vyshchelochennogo chernozema Kubani. Urozhay ozimoy pshenitsy i ego kachestvo pri oroshenii* [Influence of fertilizers and soil cultivation on the properties of leached chernozem of the Kuban. Harvest of winter wheat and its quality under irrigation]. *Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Proceed. of the Kuban State Agrarian University], iss. 339(367), pp. 56-68. (In Russian).

20 Tyurin I.V., 1937. *Organicheskoye veshchestvo i yego rol' v pochvoobrazovanii i plodorodii* [Organic substance and its role in soil formation and fertility]. Moscow-Leningrad, Sel'khoziz Publ., 287 p. (In Russian).

21 Shamsutdinov Z.M., Shamsutdinov N.Z., 2012. *Biogeotsenoticheskie printsipy i metody ekologicheskoy restavratsii pustynnykh pastbishchnykh ekosistem Sredney Azii* [Biogeocenotic principles and methods of ecological restoration of desert pasture ecosystems in Central Asia]. *Aridnyye ekosistemy* [Arid Ecosystems]. Moscow, KMK, vol. 18, no. 3(52), pp. 5-21. (In Russian).

22 Derzhavin L.M., 2003. *Metodicheskie ukazaniya po provedeniyu kompleksnogo monitoringa plodorodiya pochv zemel' sel'skokhozyaystvennogo naznacheniya* [Guidelines for conducting integrated monitoring of soil fertility of agricultural land]. Moscow, Rosinformagrotech Publ., 240 p. (In Russian).

23 Kiryushin V.I., 2005. *Agroekologicheskaya otsenka zemel', proyektirovanie adaptivno-landshaftnykh sistem zemledeliya i agrotekhnologii* [Methodological handbook: Agroecological assessment of lands, design of adaptive landscape systems of farming and agrotechnology]. Moscow, Rosinformagrotech Publ., 784 p. (In Russian).

24 Kazeev K.Sh., Kolesnikov S.I., Val'kov V.F., 2003. *Biologicheskaya diagnostika i indikatsiya pochv: metodologiya i metody issledovaniy* [Biological Diagnostics and Indication of Soils: Methodology and Methods of Research]. Rostov-on-Don, Rostov University Publ., 204 p. (In Russian).

25 Puponin A.I., 1984. *Obrabotka pochvy v intensivnom zemledelii Nechernozemnoy zony* [Soil cultivation in intensive agriculture of non-chernozem zone]. Moscow, Kolos Publ., 184 p. (In Russian).

26 Samtsevich S.A., 1972. *Vzaimootnoshenie mikroorganizmov pochvy i vysshikh rasteniy* [Interrelation of microorganisms of soil and higher plants]. *Nauka i tekhnika* [Science and Technique]. Minsk, pp. 3-67. (In Russian).

27 Kazeev K.Sh., Kolesnikov S.I., Val'kov V.F., 2004. *Biologiya pochv Rossii* [Biology of Soils of Russia]. Rostov-on-Don, TSVVP, 350 p. (In Russian).

28 Khomutova T.Ye., Demkina T.S., Kashirskaya N.N., Demkin V.A., 2012. *Fosfataznaya aktivnost' sovremennykh i pogrebennykh kashtanovykh pochv Volgo-Donskogo mezhdurech'ya* [Phosphatase activity of modern and buried chestnut soils of the Volga-Don interfluves]. *Pochvovedenie* [Soil Study], no. 4, pp. 478-483. (In Russian).

29 Cheverdin Yu.I., Ryabtsev A.N., Titova T.V., Bepalov V.A., Cheverdin A.Yu., Saprykin S.V., 2015. *Nauchnoe obosnovanie i vzaimosvyaz' agrofizicheskikh parametrov s effektivnym plodorodiyem pochvy* [Scientific substantiation and interrelation of agrophysical parameters with effective soil fertility]. *Sostoyanie pochv Tsentralnogo Chernozem'ya Rossii i problemy vosproizvodstva ikh plodorodiya: sbornik nauchnykh dokladov Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Soil condition in Central Chernozem Region of Russia and the problems of their fertility recovery: Proceed. All-Russian scientific-practical conference], Kamennaya Steppe, Voronezh, Istoki Publ., pp. 56-61. (In Russian).

30 Vlasova O.I., 2014. *Nauchnoe obosnovanie priyemov sokhraneniya plodorodiya pochv pri vozdeleyanii pshenitsy ozimoy v usloviyakh Tsentral'nogo Predkavkaz'ya. Avtoreferat diss. d-ra s.-kh. nauk* [Scientific substantiation of methods of soil fertility conservation during the cultivation of winter wheat in conditions of Central Ciscaucasia. Abstract of doc. agri. sci. diss.]. Stavropol, 43 p. (In Russian).

31 Baldanov N.D., 2007. *Fermentativnaya aktivnost' i gumusnoye sostoyaniye pochv v pridel'tvoy chasti r. Selengi. Avtoreferat diss. kand. biol. nauk* [Enzymatic activity and humus state of soils in near delta part of the river Selenga. Abstract of cand. biol. sci. diss.]. Ulan-Ude, 21 p. (In Russian).

32 Kaimakamis I., Aggelopoulos S., Pavludi A., 2013. Agricultural production and climate change. A case of Greece. *Environmental Protection and Ecology*, vol. 14, no. 2, pp. 693-698. (In English).

Рамазанова Фироза Мухуровна

Ученая степень: кандидат сельскохозяйственных наук

Ученое звание: доцент

Должность: ведущий научный сотрудник

Место работы: Институт почвоведения и агрохимии Национальной академии наук Азербайджана

Адрес организации: ул. М. Рагима, 5, г. Баку, Азербайджанская Республика, AZ 1073

E-mail: firoza.ramazanova@rambler.ru

Ramazanova Firoza Mukhurovna

Degree: Candidate of Agricultural Sciences

Title: Associate Professor

Position: Leading Researcher

Affiliation: Institute of Soil Science and Agrochemistry of Azerbaijan Academy of Sciences

Affiliation address: st. M. Ragim, 5, Baku, Azerbaijan Republic, AZ 1073

E-mail: firoza.ramazanova@rambler.ru