

8. Методические указания по проведению полевых опытов со льном-долгунцом. – Торжок, 1978. – 72 с.
9. ГОСТ 26204-84-ГОСТ 26213-84. Почвы. Методы анализа. – М.: Изд-во стандартов, 1984. – 54 с.
10. Кузьменко Н.Н. Изменение плодородия дерново-подзолистой почвы и продуктивности льняного севооборота при разной насыщен-

ности удобрениями // «Динамика показателей плодородия почв и комплекс мер по их регулированию при прицельном применении систем удобрения в разных почвенно-климатических зонах». Материалы Международной научной конференции. – М.: ВНИИА, 2018. – С. 54-63.

THE INFLUENCE OF THE SATURATION OF THE CROP ROTATION WITH ORGANIC AND MINERAL FERTILIZERS ON THE INDICATORS OF FERTILITY, YIELD AND QUALITY OF FLAX PRODUCTS

N.N. Kuzmenko

Federal Research Center for Bast Fiber Crops, Lunacharskogo ul. 35,
172002 Torzhok, Russia, e-mail: kuzmenko.nataliya2010@mail.ru

In the studies in the stationary experiment in the conditions of the Central non-Chernozem region, the influence of fertilizer systems with different saturation of flax crop rotation with organic and mineral fertilizers on the change in the indicators of fertility of sod-podzolic light loamy soil, the yield of flax, the quality of flax products and the productivity of crop rotation was studied. It is shown that the use of an organomineral fertilizer system provides the highest indicators of soil fertility and the greatest agronomic efficiency. For the formation of the highest yield of flax straw and flax seeds, the optimal saturation of the crop rotation with fertilizers is different. The highest yield of flax straw 74.4 c/ha with the number 2.50 and the productivity of the crop rotation 42.4 c/ha was provided by the use of an organomineral fertilizer system in the flax crop rotation with a saturation of 200 kg d. v. per 1 ha of the crop area (manure 5.7 t + NPK 120 kg d.v.). The highest seed productivity of flax-longhorn 11.1 c/ha with a higher quality of flax-straw 3.0 was obtained when using an organomineral fertilizer system with a saturation of 150 kg d. v. per 1 ha of the crop area (manure 5.7 t + NPK 77 kg d. v.). The yield of flax-straw decreased to 64.3 c/ha, the productivity of the crop rotation was 40.3 c. z. units/ha.

Key words: flax crop rotation, long-legged flax, fertilizer system, fertilizer saturation, yield, productivity.

УДК 631.582

DOI: 10.25680/S19948603.2022.124.09

ЭФФЕКТИВНОСТЬ СЕВООБОРОТОВ И БЕССМЕННЫХ ПОСЕВОВ В РЕСПУБЛИКЕ МОЛДОВА

Б.П. Боинчан, д.с.-х.н., НИИ полевых культур «Селекция»

г. Бельцы, Республика Молдова

e-mail: bboincean@gmail.com

Доминирующая концепция интенсификации земледелия, известная под названием «зеленая революция» не обеспечила устойчивость развития сельского хозяйства. Вызовы, с которыми сталкивается современное земледелие, вынуждают искать альтернативные пути развития, основанные на снижении зависимости от невозобновляемых источников энергии и их производных. В работе приведены результаты длительных стационарных опытов по севооборотам и бессменным посевам в Бельцкой степи Республики Молдова, подтверждающие незаменимую роль севооборотов и необходимость восстановления почвенного плодородия в качестве неперемennого условия перехода к более устойчивой системе земледелия.

Ключевые слова: севооборот, бессменные посевы, системы земледелия, почвенное плодородие, органическое вещество почвы.

Для цитирования: Боинчан Б.П. Эффективность севооборотов и бессменных посевов в Республике Молдова// Плодородие. – 2022. – №1. – С. 32-38. DOI: 10.25680/S19948603.2022.124.09.

Вызовы, с которыми сталкивается современный подход к интенсификации земледелия, основанный на преобладающем использовании невозобновляемых источников энергии и их производных (минеральные удобрения, особенно азотные; пестициды против вредителей, болезней и сорняков; отвальная вспашка и др.) заставляют пересмотреть правильность их выбора пути. Такой подход не обеспечил устойчивого развития сельского хозяйства не только в Республике Молдова, но и в большинстве стран мира.

Одним из краеугольных препятствий устойчивому развитию сельского хозяйства является отсутствие системного подхода к ведению хозяйства как живой, целостной экосистемы, ввиду дробления на множество научных дисциплин. Каждая из этих дисциплин очень часто рассматривает следствия снижения урожайности культур и почвенного плодородия без должного внимания к причинам их породивших и их взаимодействиям.

На это указывали классики биологической, в т.ч. агрономической науки России [3-7] и зарубежья [10,12,17].

Исторический спор между сторонниками гумусовой и минеральной теорий питания растений завершился искаженным пониманием биологической сути минерального питания растений. Следует признать, что до Второй Мировой войны в науке о почве доминировало биологическое направление в исследованиях, которое сменилось на химическое после войны [5;8;9;14]. Постепенно возросло понимание необходимости системного подхода к интенсификации земледелия [18] и к смене парадигмы развития сельского хозяйства [10, 13, 16, 18].

Методика. Исследования проведены в длительных стационарных опытах по изучению различных севооборотов и бессменных культур, заложенных в 1962 и 1965 годах, соответственно, на обыкновенном черноземе Бельцкой степи Республики Молдова.

Среднегодовая температура воздуха, по данным метеостанции НИИ полевых культур «Селекция», составляет 9,0-10,0 °С, но колебания варьируют от 7,2 до 8,3 °С в холодные годы, и до 10,8 и 12,1 °С в теплые годы (рис. 1). Среднегодовое количество осадков составляет 450-500 мм, но флуктуации осад-

ков варьируют от 271 до 374 мм в засушливые годы, до 711 и 903 мм, во влажные годы (рис. 2). Непредсказуемость температур и осадков всегда предопределяли необходимость большего разнообразия культур в полевых севооборотах, особенно в эпоху глобального потепления.

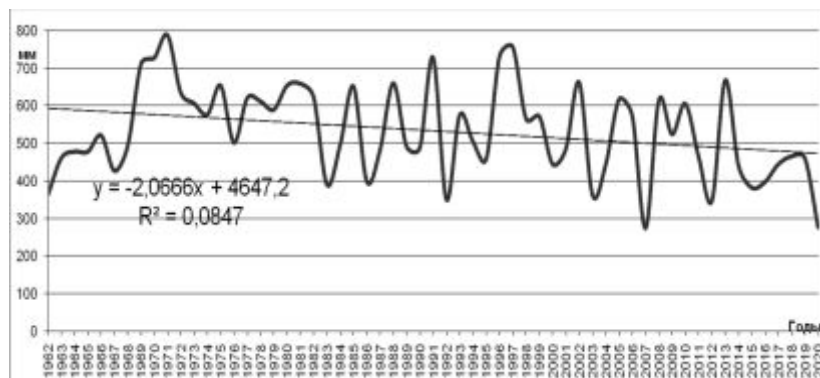


Рис. 1. Динамика средних температур (°C) по сельскохозяйственным годам (по данным метеостанции НИИПК «Селекция»)

Media	532,69
min	274,90
max	787,10
S ²	14618,73
S	120,91
V	22,70
Sx	17,10
Sx%	3,21
$x \pm t_{05} Sx$	34,37

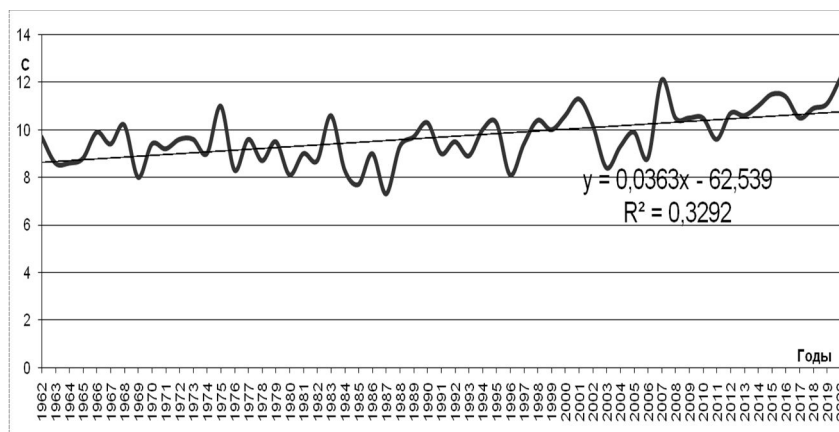


Рис. 2. Динамика выпадения осадков (мм) по сельскохозяйственным годам (по данным метеостанции НИИПК «Селекция»)

Media	9,70
min	7,30
max	12,20
S ²	1,16
S	1,08
V	11,10
Sx	0,15
Sx%	1,57
$x \pm t_{05} Sx$	0,31

Почва опытного участка по данным почвенно-экологического мониторинга за 1993 г. характеризуется следующими агрохимическими показателями: содержание органического вещества почвы по Тюрину – 4,8-5,0%; pH водной и солевой вытяжек – 7,3 и 6,2 соответственно; содержание общего азота, фосфора и калия – 0,21-0,25%; 0,09-0,11 и 1,22-1,28% соответственно; содержание подвижных форм фосфора и калия (по Чирикову) – 130-150 и 160-180 мг/кг почвы соответственно.

Схема длительного стационарного опыта по севооборотам включает изучение восьми севооборотов, различающихся по степени насыщенности пропашными культурами – от 40 до 70%, в т.ч. такими культурами, как сахарная свекла – от 10 до 30%, подсолнечник – от 10 до 20, кукуруза – от 20 до 40%. Озимая пшеница во всех севооборотах занимает 30%, включая размещение в одном поле после ранубираемых предшественников, в другом – по кукурузе на силос, в третьем – по кукурузе на зерно.

Схемы чередования культур в каждом севообороте, а также дозы внесения органических и минеральных удобрений под каждую культуру севооборота описаны в наших предыдущих публикациях [1, 2, 13]. Они претерпели изменения за годы проведения исследований, но принципиальная схема опыта осталась неизменной.

После трех полных ротаций севооборотов (с 1962 по 1991 г.) на всей площади опыта были посеяны пооче-

редно две культуры – овес и озимая рожь на зеленую массу для оценки изменений почвенного плодородия. Начиная с четвертой ротации (с 1994 г.) севооборот №7, аналогичный севообороту №3, используется в качестве контроля, т.е. без удобрений.

Агротехника культур общепринятая в Молдове. Площадь опытных делянок 283 м². Повторность – трехкратная, размещение – систематическое. Площадь опытных делянок в бессменных посевах – 450 м², без повторений.

Достоверность полученных экспериментальных материалов подтверждена статистической обработкой данных по методике Б.А. Доспехова.

Цель исследований – сравнить эффективность удобрений культур в севооборотах и в бессменных посевах.

Результаты и их обсуждение. Один из основополагающих законов земледелия – закон плодосмена. В эпоху дешевизны невозобновляемых источников энергии и их производных сложилось ложное представление о том, что с их помощью можно заменить роль севооборота. Как следствие, началось насыщение структуры посевных площадей культурами с близкими биологическими особенностями, вплоть до бессменных посевов. Интерес к такой практике возрос в условиях рыночной экономики, особенно для культур с высоким спросом на рынке. В таблицах 1-3 представлены данные об эффективности севооборота и удобрения в длительных стационарных

опытах по севооборотам и бессменным посевам для разных культур в условиях Республики Молдова.

Озимая пшеница. Эффективность севооборота (разница между урожайностью озимой пшеницы в севообо-

роте и в бессменных посевах) и удобрений (разница в урожайности озимой пшеницы на удобренном и не-удобренном фонах) зависит от предшественника озимой пшеницы (табл. 1).

1. Эффективность севооборота и удобрения озимой пшеницы, высеваемой по ранобираемым предшественникам (вико-овсянная смесь на зеленую массу) в длительном стационарном опыте НИИПК «Селекция» (в среднем за 1994-2020 г.)

Показатель	Урожайность, т/га		Прибавка от удобрений, т/га	Эффективность от удобрений, %
	без удобрений	с удобрениями		
Способ возделывания: севооборот	4,46/2,56	5,05/3,60	0,59/1,04	13,2/40,6
бессменные посевы	1,93/1,93	2,96/2,96	1,03/1,03	53,4/53,4
Прибавка от севооборота, т/га	2,53/0,63	2,09/0,64		
Эффективность от севооборота, %	131,1/32,6	70,6/21,6		

Примечание. До черты – оз. пшеница, высеваемая по ранобираемым предшественникам (вико-овсяная смесь на зеленую массу, после черты – высеваемая по поздним предшественникам (кукуруза на зерно).

Эффективность севооборота значительно выше, чем удобрений при размещении озимой пшеницы по ранобираемым предшественникам (вико-овсянная смесь на зеленую массу), особенно на неудобренном фоне. Так, эффективность севооборота на неудобренном и удобренном фонах составляет – 2,53 (131,1%) и 2,09 т/га (70,6%) соответственно. В то же время эффективность удобрений в севообороте и в бессменных посевах равна 0,59 (13,2%) и 1,03 т/га (53,4%) соответственно. Очевидно, что эффективность от удобрений (прибавка) в бессменных посевах почти в 2 раза выше, чем в севообороте, но значительно ниже, чем эффективность севооборота, независимо от фона удобренности.

Эффективность севооборота резко уменьшается и уступает таковой удобренности при размещении озимой пшеницы по поздним предшественникам. Так, эффективность севооборота для озимой пшеницы, высеваемой по кукурузе на зерно на неудобренном и удобренном фонах, составила в длительных стационарных опытах НИИПК «Селекция», в среднем за 1994-2020 г. – 0,63 т/га (32,6%) и 0,64 т/га (21,6%) соответственно. Эффективность от удобрений в севообороте и в бессменных посевах равна 1,04 т/га (40,6%) и 1,03 т/га (53,4%) соответственно. Тем самым, размещение озимой пшеницы по поздним предшественникам увеличивает в 2 раза прибавку урожайности озимой пшеницы от удобрений в севообороте по сравнению с размещением озимой пшеницы по ранобираемым предшественникам. Правильное размещение культур по предшественникам в севообороте уменьшает необходимость в дополнительных затратах по внесению минеральных удобрений.

Следует также иметь в виду, что большая прибавка урожайности озимой пшеницы от удобрений при ее размещении по поздним предшественникам, по сравнению с ранобираемыми предшественниками, получена при относительно более низком уровне урожайности. К тому же уровень засоренности озимой пшеницы, высеваемой по поздним предшественникам, выше, чем по ранобираемым, что вынуждает использовать химические меры защиты против сорняков. Таким образом, размещение озимой пшеницы по ранобираемым предшественникам в условиях степи способствует получению более высоких урожаев культуры с меньшими производственными затратами.

Озимый ячмень. В меньшей степени реагирует на севооборот, но в большей степени – на удобренность почвы (табл. 2). Так, эффективность севооборота на не-

удобренном и удобренном фонах составила 1,16 т/га (68,6%) и 0,69 т/га (19,8%) соответственно. Эффективность от удобрений (прибавка) в севообороте и в бессменных посевах равна 1,32 т/га (46,3%) и 1,79 т/га (105,9%) соответственно. Несмотря на большую отзывчивость озимого ячменя на удобренность почвы, следует отметить рост производственных затрат по внесению удобрений и химических средств защиты растений от вредителей, болезней и сорняков, что в итоге уменьшает его конкурентоспособность на рынке.

2. Эффективность севооборота и удобрения озимого ячменя в длительном стационарном опыте НИИПК «Селекция» (в среднем за 1994-2020 г.)

Показатель	Урожайность с удобрениями, т/га	Прибавка от удобрений, т/га	Эффективность от удобрений, %
Способ возделывания: севооборот	4,17	1,32	46,3
бессменные посевы	3,48	1,79	105,9
Прибавка от севооборота, т/га	0,69		
Эффективность от севооборота, %	19,8		

Сахарная свекла. Является одной из наиболее отзывчивых культур на чередование культур в севообороте по сравнению со всеми остальными полевыми культурами (табл. 3). Эффективность севооборота на неудобренном и удобренном фонах составила 20,6 т/га (286,1%) и 22,5 т/га (156,3%) соответственно. Эффективность от удобрений в севообороте и в бессменных посевах сахарной свеклы равна 9,1 т/га (32,7%) и 7,2 т/га (100,0%) соответственно. Очевидно, что несоблюдение севооборота для сахарной свеклы невозможно восполнить никакими другими средствами.

3. Эффективность севооборота и удобрения (%) сахарной свеклы в длительном стационарном опыте НИИПК «Селекция» (г. Бельцы, Республика Молдова) (в среднем за 1994-2020 г.)

Показатель	Без удобрений	С удобрениями	Прибавка от удобрений, т/га	Эффективность от удобрений, %
Способ возделывания сах. свеклы: севооборот	27,8	36,9	9,1	32,7
бессменные посевы	7,2	14,4	7,2	100,0
Прибавка от севооборота, т/га	20,6	22,5		
Эффективность от севооборота, %	286,1	156,3		

Кукуруза на зерно. В наибольшей степени реагирует на чередование культур в севообороте в отсутствии удобрения почвы и слабо отзывается на чередование культур при внесении удобрений. Так, эффективность севооборота на удобренном и удобренном фонах составила, в среднем за 1994-2020 г., 1,50 т/га (41,6%) и 0,35 т/га (6,6%) соответственно. Эффективность от удобрений в севообороте и в бессменных посевах кукурузы на зерно равна 0,51 т/га (9,9%) и 1,66 т/га (46,0%) соответственно. Наблюдения в полевых условиях выявили большие различия в состоянии корневой системы кукурузы на зерно в севообороте и в бессменных посевах, особенно во второй половине вегетационного периода. В севообороте, в отличие от бессменных посевов кукурузы на зерно, растения обладают здоровой корневой системой, способной самостоятельно удовлетворить свои потребности в воде и питательных веществах, в то время как в бессменных посевах нужны дополнительные вложения извне как питательных веществ, так и воды для компенсации недостаточной способности корневой системы усваивать из почвы воду и питательные вещества. Наглядным подтверждением данного обстоятельства являются цвет эпидермиса (наружная клеточная ткань) корней и стойкость к разрушению корневой системы при механическом продавливании пальцами руки. В севообороте эпидермис корней белого цвета и прочен, т.е. не поддается разрушению при продавливании пальцами руки, в то время как в бессменных посевах цвет эпидермиса коричневый и даже черный, а корни легко разрушаются при нажатии на них пальцами руки.

Состояние корней кукурузы на зерно определяется здоровьем почвенной экосистемы, которая пока мало изучена и состоит из совокупности множества различных организмов по всей пищевой цепочке. В природных экосистемах существует равновесие между ними, в то время как в агроэкосистемах это равновесие нарушено вследствие недостаточного и несбалансированного поступления органического вещества в почву в виде

растительных остатков. Существует справедливое мнение о том, что знание соотношения различных групп бактерий и грибов более значимо, чем знание содержания мобильных форм азота, фосфора и калия в почве.

Подсолнечник. В значительно большей степени реагирует на чередование культур в севообороте, чем на удобренность почвы. Так, эффективность севооборота на удобренном и удобренном фонах составила, в среднем за 1994-2020 г., в длительных стационарных опытах НИИПК «Селекция» – 0,58 т/га (41,1%) и 0,56 т/га (34,8%) соответственно. Эффективность удобрений почвы в севообороте и в бессменных посевах подсолнечника – 0,18 т/га (9,0%) и 0,20 т/га (14,2%) соответственно. Здесь, как и в случае с другими полевыми культурами, отсутствие севооборота невозможно восполнить внесением минеральных удобрений или других химических средств. Наоборот, соблюдение чередования культур в севообороте, позволяет уменьшить дозы примененных минеральных удобрений и пестицидов для снижения фитосанитарной нагрузки посевов.

В современном земледелии недооценивается влияние различных агротехнических приемов на плодородие почвы и формирование урожайности культур. Рассмотрим на примере экспериментальных данных, полученных в длительных опытах НИИПК «Селекция», какова эффективность использования азота минеральных удобрений и соответственно доля почвенного плодородия в формировании урожайности культур при их возделывании в севообороте и в бессменных посевах.

Зная количество азота, вынесенного прибавкой урожая культур и внесенного с минеральными удобрениями, определили коэффициент использования азота из минеральных удобрений. Следует отметить, что полученный коэффициент отражает использование азота не только из минеральных удобрений, но частично и из органических удобрений, вносимых совместно с минеральными (табл. 4).

4. Эффективность использования азота из минеральных удобрений и доля почвенного плодородия в формировании урожайности культур при разных способах их возделывания в длительных стационарных опытах по севооборотам НИИПК «Селекция» (средняя за 1994-2020 г.)

Культуры, способы их выращивания		Урожайность, т/га	Общий вынос азота урожаем, кг/га	Прибавка от удобрений, т/га	Вынос азота прибавкой урожая, кг/га	Вынос азота, кг/га	Коефф. использования азота, %	Использование азота почвы, кг/га	Доля почв. плодород. в формиров. урож. (по азоту), %
Оз.пшеница	по рановсевающим предшественникам	5,05	130,3	0,59	15,22	60	25,4	115,1	88,3
	по кукурузе на зерно	3,60	92,9	1,04	26,83	60	44,7	66,1	71,2
	бессменно	2,96	76,4	1,03	26,57	60	44,3	49,8	65,2
Оз.ячмень	севооборот	4,17	112,6	1,32	35,60	60	59,3	77,0	68,4
	бессменно	3,48	94,0	1,79	48,33	60	80,6	45,7	48,6
Кукуруза на зерно	севооборот	5,62	144,2	0,51	13,08	0	-	0	100
	бессменно	5,27	135,2	1,66	42,58	60	71,0	92,6	68,5
Сахарная свекла	севооборот	36,9	142,4	9,1	35,13	60	58,6	107,3	75,4
	бессменно	14,4	55,6	7,2	27,79	60	46,3	27,8	50,0
Подсолнечник	севооборот	2,17	103,0	0,18	8,55	30	28,5	94,5	91,7
	бессменно	1,61	76,4	0,20	9,50	30	31,7	66,9	87,6

Исследования, проведенные в отдельном рядом расположенном длительном опыте по изучению различных систем удобрения в севообороте, в том числе чисто минеральной системы, показали, что при совместном внесении органических и минеральных удобрений коэффициент использования азота из минеральных удобрений несколько возрастает. По разнице между общим

выносом азота урожаем культур и количеством его, вынесенным прибавкой урожая от вносимых удобрений, определили использование азота почвы и долю почвенного плодородия в формировании урожайности.

Озимая пшеница. Коэффициент использования азота озимой пшеницей из удобрений при ее размещении по рановсевающим предшественникам составил 25,4%, а

по поздноубираемым предшественникам и в бессменных посевах – 44,7-44,3%. Настораживает относительно низкий коэффициент использования азота, особенно при размещении озимой пшеницы по раноубираемым предшественникам, что чревато опасностью их высвобождения в атмосферу с последующим усилением глобального потепления. К тому же низкая эффективность использования азота из минеральных удобрений не оправдана с экономической точки зрения в условиях резкого роста их дороговизны. Исследованиями в длительных стационарных опытах по изучению различных систем удобрения в севообороте на типичном черноземе установлено усиление процессов разложения органического вещества почвы под воздействием минеральных удобрений.

Доля почвенного плодородия в формировании урожайности озимой пшеницы при ее размещении по ра-

ноубираемым предшественникам составила 88,3%, а при размещении по поздноубираемым предшественникам и в бессменных посевах – 71,2 и 65,2% соответственно. Доля почвенного плодородия в формировании урожайности озимой пшеницы остается очень высокой даже при ее размещении после поздноубираемых предшественников и в бессменных посевах. Это свидетельствует о том, что роль почвы в обеспечении растений питательными веществами незаменима даже при внесении более высоких доз минеральных удобрений в условиях несовершенства структуры посевных площадей с преобладанием культур, истощающих почвенное плодородие.

Урожайность озимой пшеницы в смеси с озимой рожью и озимой викой на зеленую массу и в бессменных посевах (удобренный фон) показана на рисунке 3.

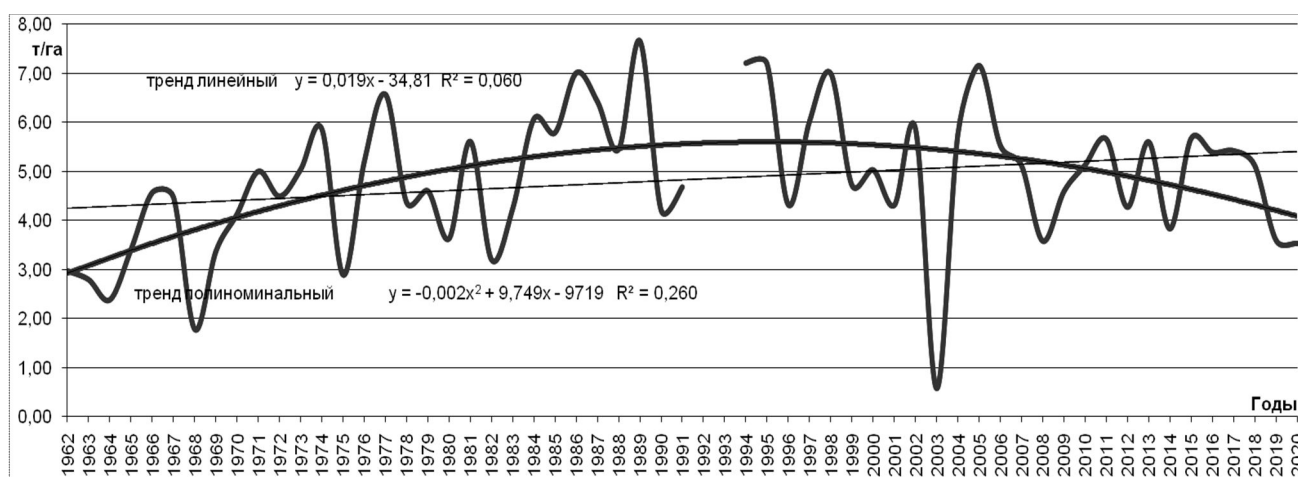


Рис. 3. Урожайность озимой пшеницы по смеси озимой ржи с озимой викой на зеленую массу в длительном стационарном севообороте ННП «Селекция»

Озимый ячмень. Использует более эффективно азот из минеральных удобрений. Коэффициент использования азота из минеральных удобрений, в среднем за 1994-2020 г., составил 59,3 и 80,6% в севообороте и в бессменных посевах соответственно. При этом доля почвенного плодородия в формировании урожайности озимого ячменя – 68,4 и 48,6% соответственно.

Кукуруза на зерно. Формирует высокий уровень урожайности в севообороте без внесения минеральных удобрений, благодаря высвобождению азота при минерализации органического вещества почвы. Несмотря на относительно высокий коэффициент использования азота из минеральных удобрений в бессменных посевах кукурузы на зерно – 71,0%, доля почвенного плодородия в формировании урожайности кукурузы на зерно в бессменных посевах составила 68,5%.

Сахарная свекла. Очень требовательна к плодородию почвы. При коэффициенте использования азота из минеральных удобрений в севообороте, равном 58,6%, а в бессменных посевах – 46,3%, доля почвенного плодородия в формировании урожайности корнеплодов составила 75,4 и 50,0% соответственно.

Подсолнечник. Является одной из наименее отзывчивых культур на вносимые азотные удобрения, но наиболее требовательной к почвенному плодородию. При коэффициентах использования азота из минеральных удобрений, равных 28,5 и 31,7% соответственно в севообороте и в бессменных посевах, доля почвенного

плодородия в формировании урожайности составила 91,7 и 87,6%.

Аналогичные результаты получены и для фосфора, хотя коэффициенты использования фосфора из минеральных удобрений ниже, чем азота. Высокая доля почвенного плодородия в формировании урожайности культур указывает на необходимость обязательного восполнения минерализационных потерь органического вещества почвы для формирования урожайности культур. Тем самым по сути был нарушен другой основополагающий закон земледелия – закон возврата, так как недостаточно восполнить вынос питательных веществ урожаем культур с помощью минеральных удобрений. Восполнению подлежат минерализационные потери органического вещества почвы для формирования урожая. Об этом в своей книге убедительно писал немецкий химик Юстус Либих, основатель научной школы, один из создателей агрохимии.

Соблюдение севооборотов способствует не только уменьшению доз применяемых минеральных удобрений, но и более рациональному использованию почвенной влаги, что принципиально важно в условиях глобального потепления.

Полученные данные подтверждают однозначно меньший расход почвенной влаги на формирование единицы продукции в севообороте по сравнению с бессменными посевами для всех изученных культур.

Недостаточное внесение энергетического субстрата в виде источников углерода для почвенной биоты для восполнения минерализационных потерь органического вещества почвы способствовало уменьшению запасов органического вещества почвы в длительных опытах НИИПК «Селекция».

Наибольшие потери органического вещества почвы произошли в черном пару. Ежегодные потери органического углерода, по сравнению с исходными запасами, при закладке опыта в 1962 г. составили 529,3 и 443,2 т/га соответственно на неудобренном и удобренном фонах. В залежи достигнуто состояние, близкое к равновесному.

Наивысшие ежегодные невосполненные минерализационные потери органического вещества почвы (по углероду) отмечены в севообороте №2 с 50% пропашных культур – 325,8 кг/га ввиду того, что здесь внесено наименьшее количество навоза на единицу площади и при наличии одного поля черного пара в севообороте.

Наименьшие ежегодные минерализационные потери органического вещества почвы (по углероду) определены в севообороте №4 с 60% пропашных культур – 181 кг/га. Данный севооборот включает три поля под сахарной свеклой, под каждое из которых вносится по 40 т/га навоза, т.е. ежегодно на гектар севооборотной площади вносят 12 т навоза.

Следует отметить, что в севообороте №5 с 30% люцерны и при внесении 40 т/га навоза под свекловичное поле, т.е. при внесении навоза 4 т/га севооборотной площади, ежегодные потери органического вещества почвы составляют 201,7 кг/га. Для достижения бездефицитного баланса гумуса в севообороте с 30% люцерны следует вносить навоза не менее 10 т/га севооборотной площади.

Невосполненные ежегодные минерализационные потери органического вещества почвы (по углероду) в бессменных посевах озимой пшеницы на удобренном и неудобренных полях составляют – 165,5 и 310,3 кг/га соответственно. Для удобренного фона этот показатель близок к севообороту №2 с наличием 50% пропашных культур при незначительном внесении навоза.

Представляют интерес данные об изменении запасов органического вещества почвы для почвенного профиля глубиной 1 м. В качестве исходных запасов органического вещества почвы (по углероду) использовали результаты почвенных анализов на соседнем поле, где в 1968 г. был заложен другой длительный стационарный опыт по орошаемому земледелию. Исходные запасы органического углерода для 0-100 см слоя почвы составили 224,2 т/га. Они были превзойдены, по результатам почвенных анализов за 2020 г., делянками залежи с 1984 г. на 24,0-25,4 т/га, бессменной удобренной озимой пшеницей на 28,6 т/га, а также севооборотами №4 с 60% пропашных культур, при внесении 12 т/га навоза севооборотной площади, и севооборотом №5 с 30% многолетних трав при ежегодном внесении 4 т/га навоза севооборотной площади – 14,8 и 31,6 т/га соответственно.

Наибольшие потери органического углерода отмечены в черном пару на удобренном и, особенно, на неудобренном фонах – 34,7 и 63,7 т/га соответственно.

Невосполненные потери органического углерода сохранились для севооборота №2 с 50% пропашных культур и с наличием черного пара, а также для севооборота

№1 с 70% пропашных культур – 3,9 и 2,0 т/га соответственно.

Роль различных слоев почвы в обеспечении растений питательными веществами остается малоизученной, но, в связи с преобладающим размещением корневой системы растений в верхних слоях почвы можно предположить их ведущую роль.

Установлено, что средние ежегодные невосполненные потери общего азота из слоя почвы 0-20 см за 1992-2013 г. составили для севооборотов №5, 2, 4 и 1 – 86,9; 66,3; 53,8 и 42,4 кг/га соответственно.

Как было отмечено, данные по изменению запасов общего азота и углерода в слое почвы 0-20 см не отражают изменения во всем почвенном профиле глубиной до 1 м. Тем не менее, постоянное снижение запасов органического вещества почвы в верхних слоях почвы будет непременно способствовать снижению урожайности культур. Ситуация усугубляется в условиях наметившейся тенденции к глобальному потеплению, которое ускоряет процессы разложения органического вещества почвы в верхних слоях почвы.

Отмечено закономерное снижение количества атмосферных осадков при одновременном росте среднегодовых атмосферных температур.

Просматривается первоначальная тенденция к росту урожайности культур с последующей их стабилизацией и снижением за последние 20-25 лет. Мы не можем оценить степень или долю снижения почвенного плодородия и рост глобального потепления в тренде динамики урожайности различных культур при их возделывании в севообороте и в бессменных посевах. Становится очевидным, что эта тенденция будет усиливаться как следствие дальнейшего усиления парникового эффекта, с одной стороны, так и снижения почвенного плодородия, с другой.

В то же время принятие мер по восстановлению почвенного плодородия с помощью рационального использования органического вещества почвы должно служить стратегической задачей для последовательного обеспечения устойчивого развития путем снижения зависимости современного земледелия от дорогостоящих и небезопасных для окружающей среды и здоровья людей минеральных удобрений, пестицидов и др., в т.ч. для смягчения отрицательных последствий глобального потепления.

Выводы. 1. Исследования в длительных стационарных опытах по севооборотам и бессменным посевам НИИПК «Селекция» (г.Бельцы, Республика Молдова) показали бесспорное преимущество большего биоразнообразия культур в севообороте над их бессменным выращиванием.

Эффективность севооборота (разница в урожайности культур в севообороте и в бессменных посевах) составила для:

- озимой пшеницы по ранобуриаемым предшественникам, на неудобренном и удобренном фонах, – 2,53 т/га (131,1%) и 2,09 т/га (70,6%), соответственно, что значительно выше, чем эффективность (прибавка) от удобрений в севообороте – 0,59 т/га (13,2%).
- сахарной свеклы на неудобренном и удобренном фонах – 20,6 т/га (286,1%) и 22,5 т/га (156,3%) соответственно, что значительно выше, чем эффективность от удобрений в севообороте – 9,1 т/га (32,7%).
- кукурузы на зерно на неудобренном и удобренном фонах – 1,50 т/га (41,6%) и 0,35 т/га (6,6%) соответст-

венно, по сравнению с прибавкой от удобрений в севообороте 0,51 т/га (7,9%).

2. В меньшей степени реагируют на чередование культур в севообороте подсолнечник и озимый ячмень, хотя они различаются по своей реакции на вносимые удобрения. Озимый ячмень больше отзываться на удобрения, чем подсолнечник.

3. Эффективность от удобрений значительно возрастает в бессменных посевах, а также при нарушении требований к размещению культур по предшественникам в севообороте, что указывает на снижение функциональности почвенной экосистемы.

4. Доля почвенного плодородия в формировании урожайности культур в севообороте составляет: для озимой пшеницы по ранобуриаемым предшественникам, сахарной свеклы, кукурузы на зерно и подсолнечника: 88,3; 100; 75,4 и 91,7% соответственно, а в бессменных посевах: 65,2; 68,5; 50,0 и 87,6% соответственно.

5. Относительно низкий коэффициент использования азота из минеральных удобрений большинством культур в севообороте усиливает опасность вымывания нитратов в грунтовые воды и особенно улетаживания оксидов азота в атмосферу, что способствует глобальному потеплению ввиду большей агрессивности оксидов азота по сравнению с диоксидом углерода.

6. Преобладание процессов минерализации над синтезом органического вещества почвы в длительных стационарных севооборотах, с одной стороны, и наметившаяся тенденция к глобальному потеплению, с другой стороны, привели к стабилизации и снижению урожайности полевых культур.

7. Соблюдение основных законов земледелия и экологии, предполагающее установление равновесия между приходом и расходом органического вещества почвы позволит сократить производственные затраты, связанные с внесением минеральных удобрений, пестици-

дов, с проведением отвальной вспашки и орошения, что увеличит конкурентоспособность экономических агентов с одновременным улучшением экологической и социальной составляющих устойчивого развития.

Литература

1. Бойнчан Борис, Дент Давид. Земледелие на черноземах. Адаптивный менеджмент почв. Издательство Prut International, 2020, 236 с.
2. Бойнчан Б.П. Экологическое земледелие в Республике Молдова (севооборот и органическое вещество почвы). Chişinău, Ştiinţa, 1990. – 269 с.
3. Вернадский В.И. Живое вещество. – М., 1973.
4. Вернадский В.И. Биосфера. Изб. труды по биогеохимии. – М., 1967.
5. Вильямс В.Р. История учений о перекопке. – М.: АН СССР, 1940.
6. Вильямс В.Р. Собрание сочинений. Т.5, 6, 10. – М.: Изд-во сельскохозяйственной литературы, 1950, 1951, 1952.
7. Докучаев В.В. Изб. сочинения. Т.2. – М.: Изд-во сельскохозяйственной литературы, 1949.
8. Либих Ю. Химия в приложении к земледелию и физиологии. – М. – Л.: Сельхозгиз, 1936.
9. Лыков А.М., Еськов А.И., Новиков М.Н. Органическое вещество пахотных почв Нечерноземья. – М., 2004. – 630 с.
10. Agriculture at a Crossroads. International Assessment of Agricultural Knowledge. Science and Technology for Development. Synthesis Report, 2009, The World Bank, Washington DC, 82 p.
11. William A. Albrecht. The Albrecht papers, vol. III, Kansas City, Missouri, USA, 401 p.
12. William A. Albrecht. Loss of soil organic matter and its restoration. In the book: Soil and Men. Yearbook of Agriculture, 1938, pp. 347-360.
13. Boincean Boris and David Dent. Farming the Black Earth. Sustainable and Climate – Smart Management of Chernozem Soils. Springer Nature Switzerland AG, 2019, 226 p.
14. Justus Liebig. The natural laws of husbandry, London, 1863, edited by John Blyth, prof. of chemistry in Queen's College.
15. The future of food and agriculture. Trends and challenges, FAO, Rome, 2017, 47 p.
16. The future of food and farming. Challenges and choices for global sustainability. Foresight, Final Project Report, Government Office for Science, London, 2011.
17. Sir Albert Howard. An Agricultural Testament. Oxford University Press, 1943, 224 p.
18. Stephen R. Gliessman. Agroecosystem sustainability. Developing practical strategies. CRC Press, Washington D.C., 2001, 210 p.

EFFICIENCY OF CROPPED ROTATIONS AND PERMANENT CROPS IN THE REPUBLIC OF MOLDOVA

B.P. Boinchan, Doctor of Agricultural Sciences, Research Institute of Field Crops "Selection"

Balti, Republic of Moldova

e-mail: bboincean@gmail.com

The dominant concept of agriculture intensification named "green revolution" didn't provide a sustainable development of agriculture. Challenges faced by modern agriculture is forcing to look for alternatives based on reduction of dependence from nonrenewable sources of energy and their derivatives (mineral fertilizers, pesticides). The article is presenting the results obtained in the long-term field experiment with crop rotation and permanent cropping which are proving the unreplaceable role of crop rotations and urgent necessity for the restoration of soil fertility as undoubt condition for the transition to a more sustainable agriculture.

Key words: crop rotation; continuous cropping (monocropping); alternative systems of agriculture; soil fertility; soil organic matter.

УДК 631.95:628.381.1

DOI: 10.25680/S19948603.2022.124.10

ВЛИЯНИЕ ОСАДКА ГОРОДСКИХ СТОЧНЫХ ВОД НА АГРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ И ПРОДУКТИВНОСТЬ КУЛЬТУР

*В.А. Касатиков, д.с.-х.н., Н.П. Шабардина, ВНИИОУ – филиал ФГБНУ «Верхневолжский ФАНЦ»,
В.А. Раскатов, к.б.н, РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, kasv47@yandex.ru, raskatovv@list.ru.*

Представлены результаты многолетних исследований, полученные в Географической сети опытов с удобрениями, по изучению агробиологических изменений, происходящих в дерново-подзолистой супесчаной почве под воздействием осадков городских сточных вод.

Ключевые слова: агрохимикаты, отходы, агроценоз, микроэлементный состав, почва, осадок сточных вод.