

ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ПОЛЕВЫХ КУЛЬТУР В ЗАСУШЛИВЫХ УСЛОВИЯХ ПОВОЛЖЬЯ**О. И. Горянин, доктор сельскохозяйственных наук,
Б. Ж. Джангабаев, Е. В. Щербинина, Л. В. Пронович***Самарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства им. Н. М. Тулайкова – филиал Самарского федерального исследовательский центра РАН, 446254, Самарская обл., Безенчукский р-н, пос. Безенчук, ул. К. Маркса, 41
E-mail: gorjanin.oleg@mail.ru*

Исследования выполняли с целью выявления возможности и перспективности использования ресурсосберегающих технологий в шестипольном зернопаропропашном севообороте на чернозёме обыкновенном в 2019–2022 гг. Испытывали четыре технологии выращивания полевых культур: традиционную, две с дифференцированной обработкой почвы и прямой посев. За период исследований выявлена перспективность ресурсосберегающих технологий с комплексом средств интенсификации. По сравнению с традиционной, прибавка урожайности составила 0,30...0,57 т/га (11,0...21,0 %). Максимальная в опыте продуктивность севооборота отмечена в технологии с дифференцированной обработкой почвы и при применении средств интенсификации – 2,40 тыс. зерн. ед./га, что на 0,20 тыс. зерн. ед./га (9,1 %) больше, чем при прямом посеве и на 0,38...0,61 тыс. зерн. ед./га, по сравнению с традиционной и ресурсосберегающей (экстенсивный фон). По результатам исследований, предлагаются технологические операции при выращивании полевых культур с использованием при прямом посеве зерновых агрегата АУП-18.05, подсолнечника – сеялки Кuhn: дифференцированная обработка почвы в севообороте (в том числе рыхление на 25...27 см ПЧ-4,5 под подсолнечник и сою; под чистый пар – без осенней обработки; под ячмень и яровую пшеницу – прямой посев) или прямой посев с целью наибольшей окупаемости затрат; внесение аммиачной селитры в дозе N_{40} (до посева яровой пшеницы и ячменя, весенняя подкормка озимой пшеницы); основное внесение азотоски (N_{15}, P_{15}, K_{15}) при выращивании подсолнечника и сои; обработка посевов зерновых агрохимикатом Бионекс Кемп, биофунгицидом Фитоспорин, фунгицидом Солигор, подсолнечника – агрохимикатом Борозум.

OPTIMIZATION OF TECHNOLOGICAL OPERATIONS IN THE CULTIVATION OF FIELD CROPS IN ARID CONDITIONS OF THE VOLGA REGION**O. I. Goryanin, B. Zh. Dzhangabaev, E. V. Shcherbinina, L. V. Pronovich***Tulajkov Samara research Institute of agriculture,
Samara Federal research center of the Russian Academy of Sciences
446254, Samarskaya obl., Bezenchukskii r-n, pos. Bezenchuk, ul. K. Marksa, 41
E-mail: gorjanin.oleg@mail.ru*

The research was carried out in order to identify the possibility and prospects of using resource-saving technologies in six-field grain-and-crop rotation on ordinary chernozem in 2019–2022. Four technologies of growing field crops were tested: traditional, two with differentiated processing and direct sowing. During the research period, the prospects of resource-saving technologies with a complex of means of intensification were revealed. Compared with the traditional one, the yield increase here was 0.30...0.57 t/ha (11.0...21.0 %). The maximum productivity of crop rotation is established in technology with differentiated tillage and with the use of intensification means – 2.40 thousand grain units/ha, which is 0.20 thousand grain units/ha (9.1 %) more than the technology with direct sowing and 0.38...0.61 thousand grain units/ha traditional and resource-saving (extensive background). According to the research results, technological operations are proposed for growing field crops using the AUP-18.05 unit for direct sowing of cereals, sunflower – Kuhn seeder: differentiated tillage in crop rotation (including loosening by 25–27 cm of bee-4.5 for sunflower and soy; for pure steam – without autumn processing; for barley and spring wheat – direct sowing) or direct sowing for the purpose of maximum cost recovery; application of ammonium nitrate in a dose of N_{40} (before sowing spring wheat and barley, spring fertilizing of winter wheat); the main application of azofoski (N_{15}, P_{15}, K_{15}) in the cultivation of sunflower and soybeans; treatment of grain crops with the agrochemicals Bionex Kemi, biofungicide Phytosporin, fungicide Soligor, sunflower – agrochemicals Borozum.

Ключевые слова: технологии, севооборот, урожайность, продуктивность, экономическая эффективность**Key words:** technologies, crop rotation, yield, productivity, economic efficiency.

При рыночных отношениях, которые сложились в последние годы в России, основное направление возделывания полевых культур – ресурсосбережение [1, 2, 3]. При этом в засушливых условиях при выращивании зерновых культур наиболее перспективны технологии прямого посева и производственные системы No-till, которые решают проблему не только сокращения трудовых и материальных затрат, но и сохранения почвенного плодородия [4, 5, 6].

Возделывание пропашных культур по таким технологиям до недавнего времени не находило применения. Основным препятствием при этом выступали

агрофизические свойства почвы, так как для роста и развития подсолнечника, кукурузы и сои необходимо более рыхлое сложение, по сравнению с зерновыми культурами. Однако нарастание аридности климата на большой площади страны, удорожание технологических операций и нехватка трудовых ресурсов, занятых в растениеводстве, делают актуальным вопрос о возможности применения технологий прямого посева под пропашные культуры в зональных севооборотах. При этом, известно, что при длительном использовании прямого посева и производственных систем No-till агрофизи-

ческие свойства почвы не ухудшаются, по сравнению с традиционной технологией [7, 8, 9].

Цель исследований – выявление возможности и перспективности применения ресурсосберегающих технологий, в том числе прямого посева, в зональных севооборотах засушливого Поволжья.

В задачи исследований входило: выявить оптимальные технологические приёмы при возделывании полевых культур в зональном севообороте; предложить производству оптимальные приёмы возделывания полевых культур в чернозёмной степи.

Методика. Исследования проводили в зернопаропропашном севообороте (2019–2022 гг.) отдела земледелия Самарского НИИСХ – филиала СамНЦ РАН со следующим чередованием культур: чистый пар (чёрный в варианте 1, ранний – в вариантах 2, 3 и 4) – озимая мягкая пшеница – соя – яровая твёрдая пшеница – подсолнечник – ячмень.

Испытывали четыре варианта технологий, которые включали в себя следующие операции:

1) зяблевая вспашка под все культуры севооборота (посев зерновых культур и сои сеялкой СЗ 3,6, подсолнечника сеялкой Kuhn) + пестициды;

2) дифференцированная обработка почвы в севообороте (рыхление на 25...27 см ПЧ-4,5 под подсолнечник и сою; под чистый пар – без осенней обработки; ячмень и яровая пшеница – прямой посев АУП-18.05) + пестициды;

3) прямой посев зерновых культур и сои сеялкой АУП-18.05, подсолнечника сеялкой Kuhn + пестициды + минеральные удобрения (под подсолнечник и сою – азофоска ($N_{15}P_{15}K_{15}$); под ячмень и яровую пшеницу – предпосевное внесение аммиачной селитры (N_{40}); на озимой пшенице весенняя подкормка аммиачной селитрой (N_{40}));

4) дифференцированная обработка почвы в севообороте (рыхление на 25...27 см ПЧ-4,5 под подсолнечник и сою; под чистый пар – без осенней обработки; ячмень и яровая пшеница – прямой посев АУП-18.05) + пестициды + минеральные удобрения (под подсолнечник и сою – азофоска ($N_{15}P_{15}K_{15}$); под ячмень и яровую пшеницу – предпосевное внесение аммиачной селитры (N_{40}); на озимой пшенице весенняя подкормка аммиачной селитрой (N_{40})) + Бионекс Кеми (озимая и яровая пшеница, ячмень, соя), Борогум (подсолнечник) + биофунгицид Фитоспорин + фунгицид Солигор под ячмень и яровую твёрдую пшеницу.

Применение пестицидов во всех вариантах предусматривало протравливание семян, обработку вегетирующих растений гербицидами (зерновые – Секатор турбо, Прима; соя – Пульсар, подсолнечник – Экспресс) и инсектицидами (зерновые при превышении численности вредителей экономического порога вредоносности).

Почва опытных участков – чернозем обыкновенный. В слое 0...0,3 м содержание гумуса составляло 4,0...4,5 %, фосфора и калия (по Чирикову) – соответственно 170...200 и 180...200 мг/кг. Минеральные удобрения во всех опытах вносили сеялкой СЗ-3,6, биопрепараты и агрохимикаты – опрыскивателем ОН-400. Повторность опыта 3-кратная, общая площадь делянок – 550 м², учетная площадь – 200 м². Уборку проводили комбайном «Сампо-130».

Экономическую эффективность возделывания полевых культур рассчитывали в соответствии с общепринятой методикой. Продуктивность севооборотов определяли в тысячах зерновых единиц на 1 га севооборотной площади. При расчётах использовали следующие коэффициенты перевода урожайности культур в зерновые единицы: озимая и яровая пшеница, яровой ячмень – 1,00, соя – 1,17, подсолнечник – 1,47 [10]. Ма-

тематическую обработку данных проводили методом дисперсионного анализа на компьютере (программа AGROVer. 2.09).

В целом метеосостояние в районе исследований отличалось засушливостью – среднегодовое гидротермический коэффициент (ГТК) за май–август был равен 0,70. При ГТК за май–август 0,61 погодные условия вегетации 2019 г. характеризовались засушливостью для зерновых культур и были в пределах нормы для пропашных культур. Раннее начало вегетации при прохладной погоде в июне (18,3 °С) в 2020 г. обеспечило благоприятные условия для роста и развития зерновых культур. При ГТК за май–август равном 0,47 условия для возделывания подсолнечника были удовлетворительными, для сои – неблагоприятными. На урожайность полевых культур в 2021 г., при ГТК за май–август 0,52, отрицательно повлияли недостаточное количество осадков и повышенный температурный режим во все месяцы вегетации. Температурный режим (на уровне нормы и ниже) и количество осадков выше нормы с мая по июль обеспечили благоприятные условия для роста и развития зерновых культур в 2022 г. При отсутствии осадков в июле и ГТК за май–август 0,85 условия для роста и развития подсолнечника и сои были удовлетворительными.

Результаты и обсуждение. В среднем за годы исследований применение ресурсосберегающих технологий при возделывании полевых культур не ухудшало водный режим почвы, по сравнению с традиционной. Прямой посев и дифференцированная обработка в технологиях с внесением удобрений способствовали увеличению запасов продуктивной влаги в слое почвы 0...1 м весной (табл. 1), по сравнению с традиционной технологией, на 6,5...7,4 мм (4,2...4,7 %). При этом в посевах озимой пшеницы (весеннее кущение) и подсолнечника (всходы) запасы влаги не зависели от технологии возделывания. В посевах сои и ячменя в фазе всходов преимущество ресурсосберегающих технологий в накоплении влаги было незначительным и составляло 0,9...8,5 мм (0,6...5,3 %).

Табл. 1. Запасы продуктивной влаги в слое почвы 0...1,0 м в весенний период (среднее за 2019–2022 гг.), мм

Культура, поле	Вариант технологии				НСР ₀₅
	1	2	3	4	
Чистый пар	145,8	153,2	158,1	161,4	8,8
Озимая пшеница	173,0	169,0	172,4	178,2	$F < F_T$
Соя	152,5	154,7	160,2	153,4	$F_{\phi} < F_T$
Яровая твёрдая пшеница	158,4	164,7	166,6	175,2	$I_{0,1}^*$
Подсолнечник	149,7	153,4	149,5	147,8	$F_{\phi} < F_T$
Ячмень	159,0	166,3	167,5	167,1	$F_{\phi} < F_T$
Среднее	156,4	160,2	162,9	163,8	$\frac{F}{2}$

Установлено улучшение водного режима почвы при прямом посеве яровой твёрдой пшеницы (интенсивный фон), по сравнению с традиционной технологией. В период всходов культуры в слое 0...1 м преимущество в запасах влаги в ресурсосберегающих вариантах составило 16,8 мм (10,6 %). Увеличение запасов влаги при ресурсосберегающих технологиях отмечено и в паровом поле, которое, по отношению к традиционной технологии, составило 7,4...15,6 мм (5,1...10,7 %).

Одной из основных причин недобора урожая сельскохозяйственных культур по необработанным с осени полям и минимальной обработке в регионе, по сравнению со вспашкой, выступает ухудшение питательного режима почвы. Для решения этой проблемы необходимы наблюдения за содержанием основных элементов питания и мероприятия, обеспечивающие улучшение питания растений (внесение соломы, пожнивно-корневых остатков, применение биопрепаратов и др.)

Один из главных макроэлементов, влияющих на урожайность сельскохозяйственных культур, в чернозёмной зоне Среднего Поволжья – азот, который в связи с преобладанием аэробных процессов в почве находится в большинстве случаев в нитратной форме [11]. Установлено, что в первые годы прямого посева с внесением измельчённой соломы, вследствие иммобилизационных процессов происходит ухудшение азотного режима почв, которое со временем сглаживается [3, 12]. В наших исследованиях в начале парования содержание нитратов не зависело от технологий возделывания (табл. 2).

Табл. 2. Содержание нитратов (NO₃) в весенний период в слое почвы 0...0,4 м (среднее за 2019–2022 гг.), мг/кг

Культура, поле	Вариант технологии				НСП ₀₅
	1	2	3	4	
Чистый пар	35,0	26,5	28,9	32,4	F _φ < F _T
Озимая пшеница	25,5	26,3	53,7	96,0	21,4
Соя	39,2	41,3	38,0	50,6	10,2
Яровая твёрдая	30,8	16,6	61,4	74,8	22,5
Подсолнечник	33,7	27,2	38,5	54,7	15,9
Ячмень	16,7	14,6	39,6	41,4	17,0
Среднее	30,2	25,4	43,4	58,3	16,5

В фазе начала трубокования озимой пшеницы содержание нитратов в зависимости от вида чистого пара (чёрный и ранний) на экстенсивных фонах существенно не изменялось и составляло 25,5...26,3 мг/кг почвы. Ранневесенняя подкормка азотными удобрениями, обеспечив интесивный рост растений в фазе весеннего кущения пшеницы, способствовала улучшению азотного питания и в следующие фазы развития. Преимущество удобренных фонов по содержанию NO₃ над неудобренными составило 27,4...70,5 мг/кг, или в 2,0...3,8 раза. Наибольшее в опыте содержание нитратов установлено при максимальном уровне интенсивности – 96,0 мг/кг почвы, или в 1,8...3,8 раза больше, чем в других вариантах.

Внесение аммиачной селитры обеспечивало существенное увеличение NO₃ в посевах яровой пшеницы и ячменя. В период всходов этих культур содержание нитратов в почве возросло, по сравнению с вариантами без удобрений, в 2,0...4,5 раза.

В фазе всходов сои и подсолнечника лучший азотный режим в 0...0,4 м слое почвы складывался при дифференцированной обработке и внесении сложных удобрений. Содержание NO₃ в этом варианте было выше, чем при традиционной технологии, на 11,4...21,0 мг/кг почвы (29,1...62,3 %), по сравнению с ресурсосберегающими – на 12,6...27,5 мг/кг (33,2...101,1 %).

В среднем по севообороту на фоне естественного плодородия изменений в азотном режиме почвы не отмечено. При внесении удобрений содержание нитратов, по сравнению с естественным фоном ресурсосберегающей технологии, увеличивалось на 18,0...32,9 мг, или в 1,7...2,3 раза, по сравнению с традиционной технологией – на 28,1 мг/кг почвы, или в 1,9 раза.

Результаты предыдущих исследований, проведенных в Самарском НИИСХ, свидетельствуют, что длительное использование прямого посева и минимальных обработок почвы в севообороте обеспечивает улучшение фосфатного и калийного режимов почвы, по сравнению с традиционной технологией [3, 12, 13].

В наших исследованиях в паровом поле и под посевами подсолнечника наибольшее содержание фосфатов установлено в варианте с дифференцированной обработкой почвы в севообороте – 204,1...232,0 мг/кг, что на 18,8...46,7 мг/кг (10,1...25,2 %) больше, чем при традиционной технологии (табл. 3). В поле озимой пшеницы в начале трубокования максимальное содержание подвижного фосфора в почве отмечено

при дифференцированной обработке и внесении удобрений – 198,8 мг/кг, что существенно на 20,3...29,2 мг (11,4...17,2 %) больше, чем в остальных исследуемых вариантах. На фоне внесения сложных удобрений под сою и их последствия на яровой твёрдой пшенице происходило улучшение фосфатного режима почвы при прямом посеве и ресурсосберегающей технологии на этих культурах, по сравнению с традиционной, на 14,9...45,9 мг/кг (8,3...26,9 %). Использование всех ресурсосберегающих технологий в среднем за годы исследований повышало содержание P₂O₅ в почве при возделывании ячменя, по сравнению с традиционной, на 16,0...26,8 мг/кг (8,9...14,7 %). В среднем по севообороту их применение обеспечивало увеличение содержания фосфатов, по сравнению с традиционной технологией, на 14,9...29,9 мг/кг почвы (8,1...16,7 %), при наибольших величинах этого показателя в варианте с дифференцированной обработкой и внесением удобрений – 209 мг/кг.

Табл. 3. Содержание питательных веществ под посевами культур в весенний период в слое почвы 0...0,4 м (среднее за 2019–2022 гг.), мг/кг

Культура, поле	Вариант технологии				НСП ₀₅
	1	2	3	4	
P₂O₅					
Чистый пар	188,8 ²	209,8	196,2	209,7	12,0
Озимая пшеница	169,6	178,5	171,5	198,8	16,6
Соя	180,5	185,8	195,4	199,6	14,0
Яровая твёрдая	170,4	185,2	210,9	216,3	16,3
Подсолнечник	185,3	204,1	196,8	232,0	18,2
Ячмень	179,9	206,7	195,9	206,3	16,0
Среднее	179,1	194,7	194,0	209,0	15,0
K₂O					
Чистый пар	164,0	184,5	183,2	197,8	20,5
Озимая пшеница	168,3	189,5	193,6	203,3	22,4
Соя	166,6	163,5	178,9	188,1	F _φ < F _T
Яровая твёрдая	158,9	161,8	193,4	200,5	21,0
Подсолнечник	168,0	163,8	168,2	201,2	22,1
Ячмень	153,8	182,1	186,6	196,2	18,4
Среднее	168,5	172,5	182,6	198,7	11,6

Содержание подвижного калия в почве в посевах сои не зависело от технологий возделывания. В паровом поле и посевах подсолнечника максимальное в опыте содержание K₂O отмечено при дифференцированной обработке почвы (интенсивный фон) – 197,8...201,2 мг/кг, что на 33,2...33,8 мг/кг (19,8...20,6 %) больше, чем в варианте с традиционной технологией. В посевах озимой мягкой и яровой твёрдой пшеницы последствия сложных и внесения азотных удобрений при ресурсосберегающих технологиях способствовало существенному увеличению количества подвижного калия в почве, по сравнению с традиционной, на 25,3...41,6 мг/кг (15,0...26,2 %). Аналогично содержанию фосфатов, прямой посев обеспечивал существенное улучшение калийного режима почвы при возделывании ячменя, по сравнению с традиционной технологией, на 28,3...42,4 мг/кг (18,4...27,6 %). В среднем по севообороту на естественном плодородии фоне количество подвижного калия в зависимости от технологий не изменялось (1, 2 варианты). При внесении удобрений оно увеличивалось, по сравнению с традиционной технологией, на 14,1...30,2 мг/кг почвы (8,4...17,9 %).

Средняя урожайность зерновых в шестипольном зернопаропропашном севообороте в сложившихся условиях благодаря результатам 2020 и 2022 гг. находилась на высоком для региона уровне – 2,33...3,29 т/га (табл. 4). В исследованиях отмечена высокая отзывчивость на применение азотных удобрений зерновых культур, особенно ярового ячменя. На фоне протравливания семян препаратами с ростостимулирующим эффектом

Табл. 4. Влияние технологий возделывания на урожайность полевых культур (среднее за 2019–2022 гг.), т/га

Культура	Вариант технологии				НСР ₀₅
	1	2	3	4	
Озимая пшеница	4,01	3,62	4,05	4,14	0,17
Соя	0,65	0,56	0,59	0,68	0,10
Яровая твёрдая пшеница	2,14	1,78	2,38	2,57	0,17
Подсолнечник	2,18	2,08	2,34	2,55	0,16
Яровой ячмень	2,00	1,60	2,64	3,16	0,17
Среднее по зерновым	2,72	2,33	3,02	3,29	0,17
Продуктивность севооборота, тыс. зерн. ед./га	2,02	1,79	2,20	2,40	0,15

(Сценки Комби) в варианте с его прямым посевом, по сравнению с традиционной технологией, прибавка от азотных удобрений и других средств интенсификации составила 0,64...1,16 т/га (32,0...58,0 %). Внесение азотных удобрений, по сравнению с неудобренным фоном прямого посева, способствовало существенному улучшению азотного питания растений, увеличению густоты стеблестоя, что обеспечило увеличение урожайности зерна ячменя на 1,04 т/га (65,0 %). Применение азотных удобрений (перед посевом), биопрепарата (кушение) и фунгицида Солигор (конец трубоквания) увеличивало урожайность ярового ячменя, по отношению к ресурсосберегающей технологии без удобрений, на 1,56 т/га (97,5 %).

При выращивании яровой твёрдой пшеницы прибавка от применения удобрений и фунгицидов при прямом посеве, по отношению к традиционной технологии, была меньше, чем у ячменя, и составляла 0,24...0,43 т/га (11,2...20,1 %). Внесение азотных удобрений на яровой пшенице, по сравнению с неудобренным фоном прямого посева, способствовало, как и на посевах ячменя, увеличению густоты стеблестоя, что обеспечило рост урожайности на 0,60 т/га (33,7 %). Комплексное применение азотных удобрений, биопрепарата и фунгицида увеличивало урожайность пшеницы, по отношению к прямому посеву без удобрений, на 0,79 т/га (44,4 %).

При возделывании озимой пшеницы прибавка от применения средств интенсификации при ресурсосберегающей технологии была минимальной среди зерновых культур и составила 0,43...0,52 т/га (11,9...14,4 %), по отношению к варианту без применения удобрений при прямом посеве. Средняя прибавка урожайности зерновых культур от комплекса средств интенсификации, по сравнению с традиционной технологией, составила 0,30...0,57 т/га (11,0...21,0 %), по сравнению с ресурсосберегающей без применения удобрений – 0,69...0,96 т/га (29,6...41,2 %).

Достоверных различий в урожайности сои по вариантам технологий в опыте не отмечено. Замена вспашки глубоким чизельным рыхлением под подсолнечник на неудобренном фоне сопровождалась заметным (на 0,10 т/га, или на 4,6 %) снижением урожайности культуры, а при добавлении удобрений – ростом на 0,37 т/га (17,0 %). Переход от рыхления к прямому посеву подсолнечника на удобренном фоне приводил к достоверному снижению его урожайности на 0,21 т/га (8,2 %).

Наибольшая в опыте продуктивность зернопаропропашного севооборота отмечена при дифференцированной обработке почвы, применении удобрений, фунгицидов и регуляторов роста – 2,40 тыс. зерн. ед./га, что на 0,20 тыс. зерн. ед./га (9,1 %) выше, чем в технологии с прямым посевом, наименьшая – при традиционной и ресурсосберегающей на экстенсивном фоне технологиях – 1,79 тыс. зерн. ед./га.

При выращивании озимой пшеницы, в среднем за годы исследований, лучшие в опыте значения условно чистого дохода выявлены в технологиях с ранним паром и внесе-

нием азотных удобрений – 21896,7...22595,2 руб./га, что на 268,2...2518,6 руб./га (1,2...12,5 %) больше вариантов без внесения удобрений. Самая высокая рентабельность отмечена при ресурсосберегающей технологии без применения средств интенсификации – 137,0 %. Самым рентабельным из всех зерновых культур возделывание было яровой твёрдой пшеницы. Максимальные условный чистый доход и уровень рентабельности (соответственно 41172,6...46501,1 руб./га и 268,3...271,6 %) отмечены при прямом посеве с внесением азотных удобрений. При выращивании ячменя установлена самая высокая среди зерновых культур окупаемость азотных удобрений. Наибольшие в опыте условный чистый доход 15383,1 руб./га и уровень рентабельности 109,5 % были получены при комплексном применении удобрений.

В аномальных для поздних пропашных и зерновых культур метеоусловиях, которые сложились в годы исследований, рентабельность возделывания сои составила 5,4...14,7 %, при более высоких значениях в вариантах с традиционной технологией. Наибольший условный чистый доход при выращивании подсолнечника был достигнут в вариантах с прямым посевом и ресурсосберегающей технологией (интенсивный фон) – 36516,4...39245,2 руб./га, что на 2711,4...5440,2 руб./га (8,0...16,1 %) больше чем при традиционной технологии, а самый низкий выявлен на экстенсивном фоне ресурсосберегающей технологии – 32421,0 руб./га. Максимальную в опыте рентабельность производства маслосемян наблюдали при прямом посеве – 239,6 %.

В среднем по зерновым культурам наибольший условный чистый доход и уровень рентабельности обеспечили технологии с дифференцированной обработкой почвы или с прямым посевом и применением средств интенсификации – соответственно 22233,9...24189,5 руб./га и 171,8...172,5 % (табл. 5). При традиционной и ресурсосберегающей технологиях без удобрений уровень рентабельности снижался на 28,6...30,9 %.

В целом на 1 га зернопаропропашного севооб-

Табл. 5. Уровень рентабельности технологий возделывания полевых культур в зернопаропропашном севообороте (среднее за 2019–2022 гг.), %

Показатель	Вариант технологии			
	1	2	3	4
Зерновые на 1 га	143,2	141,6	172,5	171,8
На 1 га севооборотной площади	133,8	131,6	148,2	146,7

рота наибольшие в опыте условный чистый доход и уровень рентабельности установлены при ресурсосберегающих технологиях с применением удобрений – 18797,0...20695,5 руб./га и 146,7...148,2 %, при этом наибольшая рентабельность отмечена при прямом посеве полевых культур – 148,2 %, что на 1,5...16,6 % выше, чем в вариантах с традиционной и ресурсосберегающей технологиями.

Выводы. При возделывании полевых культур в зернопаропропашном севообороте выявлена перспективность ресурсосберегающих технологий, в том числе прямого посева с применением средств интенсификации. Средняя прибавка урожайности зерновых культур от комплекса средств интенсификации в этих технологиях, по сравнению с традиционной, составила 0,30...0,57 т/га (11,0...21,0 %), с ресурсосберегающей без применения удобрений – 0,69...0,96 т/га (29,6...41,2 %).

Максимальная в опыте продуктивность зернопаропропашного севооборота установлена при использовании технологии с дифференцированной обработкой почвы и применением средств интенсификации –

2,40 тыс. зерн. ед./га, что на 0,20 тыс. зерн. ед./га (9,1 %) больше, чем в варианте с технологией с прямым посевом и на 0,38...0,61 тыс. зерн. ед./га, по сравнению с традиционной и ресурсосберегающей (экстенсивный фон).

Наибольшие условный чистый доход на 1 га зернопаропашного севооборота, а также уровень рентабельности обеспечили ресурсосберегающие технологии с применением удобрений – 18797,0...20695,5 руб./га и 146,7...148,2 %, при этом максимальная в опыте рентабельность отмечена при возделывании полевых культур с прямым посевом – 148,2 %, что на 1,5...16,6 % выше остальных вариантов.

На основании исследований предлагаются следующие технологические операции при выращивании полевых культур в региональных севооборотах в засушливой зоне Поволжья с использованием при прямом посеве зерновых агрегата АУП-18.05, подсолнечника – сеялки Kuhn:

дифференцированная обработка почвы в севообороте (в том числе рыхление на 25...27 см ПЧ-4,5 под подсолнечник и сою; под чистый пар – без осенней обработки; ячмень и яровая пшеница – прямой посев) для достижения наибольшей продуктивности и условного чистого дохода в севообороте;

прямой посев для наибольшей окупаемости затрат; внесение аммиачной селитры в дозе N_{40} (до посева яровой пшеницы и ячменя, весенняя подкормка озимой пшеницы);

основное внесение азофоски ($N_{15}P_{15}K_{15}$) при выращивании подсолнечника и сои;

в фазе кушения зерновых обработка посевов агрохимикатом Бионекс Кеми, биофунгицидом Фитоспорин;

в фазе трёх пар настоящих листьев подсолнечника обработка агрохимикатом Борогум;

в конце трубования зерновых обработка фунгицидом Солигор.

Литература.

1. О целесообразности освоения системы прямого посева на чернозёмах России / А. Л. Иванов, В. В. Кулинец, В. К. Дридигер и др. // *Достижения науки и техники АПК*. 2021. Т. 35. № 4. С. 8–16. doi:10.24411/0235-2451-2021-10401.
2. Экономическая эффективность возделывания яровой пшеницы по технологиям прямого посева в условиях Среднего Поволжья / А. Л. Тойгильдин, М. И. Подсевалов, И. А. Тойгильдина и др. // *Нива Поволжья*. 2022. № 3 (63). С. 1006. doi: 10.36461/NP.2022.63.3.011.
3. *Agrotechnological Fundamentals of Direct Sowing of Grain Crops in Russia's Arid Conditions* / O. I. Goryanin, S. N. Zudilin, I. F. Medvedev, et al. // *Revista geintec-gestao inovacao e tecnologias*. 2021. Vol. 11. No. 2. P. 204–215. doi: 10.47059/revistageintec.v11i2.1654.
4. *Crop rotation and residue management effects on soil enzyme activities, glomalin and aggregate stability under zero tillage in the Indo-Gangetic Plains* / G. Singh, R. Bhattacharyya, T. K. Das, et al. // *Soil and Tillage Research*. 2018. Vol. 184. P. 291–300. doi: 10.1016/j.still.2018.08.006.
5. *Rehabilitation of soil properties by using direct seeding technology* / V. K. Dridiger, A. L. Ivanov, V. P. Belobrov, et al. // *Eurasian Soil Science*. 2020. Vol. 53. No. 9. P. 1293–1301. doi: 10.1134/S1064229320090033.
6. *Skaalsveen K., Ingram J., Clarke L. E. The effect of no-till farming on the soil functions of water purification and retention in northwestern Europe: a literature review* // *Soil & Tillage research*. 2019. Vol. 189. P. 98–109. doi: 10.1016/j.still.2019.01.004.
7. *Изменение физических свойств черноземов при прямом посеве* / В. П. Белобров, С. А. Юдин, Н. В. Ярославцева и др. // *Почвоведение*. 2020. № 7. С. 880–890. doi:10.31857/S0032180X20070023.
8. *Blanco-Canqui H., Ruis S. J. No-tillage and soil physical environment* // *Geoderma*. 2018. Vol. 326. P. 164–200. doi: 10.1016/j.geoderma.2018.03.011.
9. *Residue retention and minimum tillage improve physical environment of the soil in croplands: A global meta-analysis* / Y Li, Z. Li, S. Cui, et al. // *Soil and Tillage Research*. 2019. Vol. 194. P. 104–292. doi:10.1016/j.still.2019.06.009.
10. *Приказ Министерства сельского хозяйства РФ от 6 июля 2017 г. № 330 «Об утверждении коэффициентов перевода в зерновые единицы сельскохозяйственных культур»*. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71634802/> (дата обращения: 15.05.2023)
11. *Шафран С. А. Вклад минеральных удобрений в формирование урожайности полевых культур. Сообщение 1. Азотные удобрения* // *Агрохимия*. 2021. № 7. С. 27–35. doi: 10.31857/S0002188121070097.
12. *Корчагин В. А., Горянин О. И., Новиков В. Г. Прямой посев яровой мягкой пшеницы в степных районах Среднего Поволжья* // *Достижения науки и техники АПК*. 2007. № 8. С. 17–19.
13. *Эффективность применения удобрений в засушливых условиях Поволжья* / О. И. Горянин, С. В. Обуценко, Б. Ж. Джангабаев и др. // *Земледелие*. 2020. № 8. С. 29–33. doi: 10.24411/0044-3913-2020-10806.

Поступила в редакцию 16.07.2023

После доработки 15.08.2023

Принята к публикации 12.09.2023