

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЙ ПРОИЗВОДСТВА ЗЕРНА ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В СЕВООБОРОТЕ МНОГОЛЕТНЕГО СТАЦИОНАРА

А.М. Алиев, Н.И. Цимбалит, ВНИИА

Показано, что при длительном применении средств химизации в зависимости от интенсификации ими севооборота на дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почве с высокой обеспеченностью P_2O_5 и K_2O технологии возделывания озимой пшеницы эффективны и изменяются от нормальных до интенсивных и высоких.

Ключевые слова: эффективность, технология производства зерна, озимая пшеница, сорт, севооборот, ротация, средства химизации, минеральные удобрения, навоз, средства защиты растений, агрохимические свойства почвы, затраты энергии, энергоемкость.

Существуют различные технологии производства зерна: минимальные, ресурсосберегающие, интенсивные, почвозащитные и др. Согласно «Регистру технологий...» выделяют следующие типы технологий производства зерна озимой пшеницы: высокие (А), интенсивные (Б) и нормальные (В).

Эффективность технологий бывает агрономическая, экономическая и энергетическая. В данной статье в зависимости от варианта технологии возделывания озимой пшеницы представлены только отдельные показатели: натуральные – урожайность зерна и окупаемость NPK зерном, производительность труда и энергоемкость производства зерна с учетом дополнительной продукции. Все они относятся к регистрируемым выходным параметрам указанных типов технологий производства зерна [1]. Улучшить вышеперечисленные показатели можно только при использовании удобрений, эффективность которых зависит также от благоприятной фитосанитарной обстановки. Она может быть создана и поддерживаться агротехническими мероприятиями, в том числе за счет химических средств защиты растений (ХСЗР).

Цель исследований – оценить эффективность технологий производства зерна озимой пшеницы в 7-9-й ротациях севооборота при длительном применении различных сочетаний систем удобрения и ХСЗР по показателям: урожайность, производительность труда, затраты энергии и окупаемость удобрений.

Методика. Опыт проводится с 1960 г. на ЦОС ВИАУ по настоящее время [2-5]. Почва опытного участка дерново-подзолистая тяжелосуглинистая, залегающая на покровном суглинке. Изменение агрохимических свойств почвы показано при длительном применении средств химизации в севообороте в [6] и в период от закладки опыта до конца 8-й ротации (табл. 1).

1. Агрохимические свойства почвы в конце 8-й ротации полевого севооборота

Показатель	Исходная почва	Вариант опыта				
		контроль	Фон I – навоз + NPK	Фон I + ХСЗР	Фон II – NPK	Фон II + ХСЗР
pH _{KCl}	4,3	5,37	5,20	5,20	5,05	4,80
H _г , мг-экв/100 мг почвы	4,6	2,47	2,66	2,59	3,14	2,93
S, мг-экв/100 мг почвы	8,3	14,6	12,6	12,8	11,8	11,8
P ₂ O ₅ , мг/100 мг почвы	2,1	13,7	21,2	21,1	18,1	18,2
K ₂ O, мг/100 мг почвы	11,3	13,7	21,0	22,8	20,4	21,1
Гумус, %	1,58	1,75	2,01	1,93	1,82	1,91

Примечание. ХСЗР – усредненное из трех вариантов табл.2.

Среднемесячные температуры воздуха и количество выпавших осадков в годы проведения опытов близки к среднелетним показателям, однако, в отдельные годы наблюдаются заметные различия. Очень неблагоприятными для озимой пшеницы были 1961, 1964 и 1973 гг. Полевой севооборот заложен на трех полях с ежегодным последовательным вхождением одной культурой севооборота со следующим чередованием культур: 6-польный: в первых двух ротациях – 1 – вико с овсом; 2 – озимая пшеница с подсевом клевера; 3-клевер 1-го г.п.; 4 – озимая пшеница; 5 – картофель; 6 – ячмень; в третьей ротации севооборота – 1 – вико с овсом; 2 – озимая пшеница; 3 – картофель; 4 – ячмень с подсевом клевера; 5-клевер 1-го г.п., 6-озимая пшеница; в седьмой ротации – 1 – вико с овсом с подсевом клевера, 2 – клевер 1-го г.п., 3 – клевер 2-го г.п., 4 – озимая пшеница; 5- кукуруза; 6- ячмень; в 9-й ротации – 1-вика с овсом с подсевом клевера, 2-клевер 1-го г.п., 3 – клевер 2-го г.п., 4 – озимая пшеница; 5 – овес, 6 – ячмень; 5-польный: в 8-й ротации – 1 и 2-вика с овсом; 3 – озимая пшеница; 4 – овес; 5 – ячмень.

Схема длительного опыта полевого севооборота в посевах озимой пшеницы отражена в [2-4]. Сроки внесения удобрений под озимую пшеницу: навоз – под вику с овсом или озимую пшеницу и под картофель (2 или 1 раз за ротацию) под осеннюю вспашку. Минеральные удобрения: азотные в дозе 30-50 кг д.в./га под предпосевную культивацию, остальное количество в подкормку; фосфорно-калийные – полностью под предпосевную культивацию. В первых трех ротациях в качестве общего фона использовали навоз + NPK, а начиная с четвертой ротации – два фона: навозно-минеральная и минеральная системы удобрения, эквивалентные по содержанию NPK. Внесение удобрений за год по ротациям севооборота: в 1-й – 1 т/га извести, 9 т/га навоза и N₄₈P₃₇K₃₉; во 2-й – 0,7 т/га извести, 10 т/га навоза и N₅₆P₄₆K₄₆; в 3-й – 10 т/га навоза и N₁₁₅P₇₅K₁₂₈; в 4-й – 10 т/га навоза и N₆₅P₅₀K₇₆ по навозно-минеральной (фон I) и по минеральной N₁₁₅P₇₅K₁₃₆ системам удобрения

(фон II); в 5-й – 10 т/га навоза и $N_{67}P_{40}K_{102}$ по фону I и $N_{117}P_{65}K_{162}$ по фону II; в 6-й – 10 т/га навоза и $N_{75}P_{33}K_{75}$ по фону I и $N_{125}P_{58}K_{135}$ по фону II; в 7-й – 10 т/га навоза и $N_{53}P_{43}K_{95}$ по фону I и $N_{103}P_{68}K_{155}$ по фону II; в 8-й – 6 т/га навоза + 0,8 т/га извести и $N_{64}P_{42}K_{74}$ по фону I и 0,8 т/га извести + $N_{94}P_{58}K_{110}$ по фону II и в 9-й – 5 т/га навоза и $N_{70}P_{49}K_{96}$ по фону I и $N_{95}P_{62}K_{126}$ по фону II.

Агротехника и уборка сельскохозяйственных культур – общепринятые для зоны. В первых двух ротациях севооборота изучали эффективность контактных и системных гербицидов и их сочетаний на фоне навозно-минеральной системы удобрения. В 3- и 4-й ротациях севооборота в целях оптимизации применения гербицидов наряду с указанными вариантами исследовали и периодичность их внесения: ежегодного, 4-, 3- и 2-разового. При использовании гербицидов в полях двух культур их вносили в посевах 1- и 2-й озимой пшеницы, при 4-разовом – ими обрабатывали еще посадки картофеля и посевы ячменя с подсевом клевера, при ежегодном – все культуры севооборота [2, 3]. В опыте проводили обширные исследования, связанные с эффективностью комплексного применения удобрения и ХСЗР. Установлены агротехнические, экономические, экологические и энергетические аспекты данной проблемы. Основное внимание уделяли изменению урожайности зерна, окупаемости NPK зерном, производительности труда и затратам энергии на 1 т зерна при многолетнем использовании систем удобрения и ХСЗР в технологиях возделывания озимой пшеницы. Методики исследований – общепринятые [2-5]. Энергетическая оценка технологий возделывания озимой пшеницы проведена на основе энергетических эквивалентов [3, 7]. Все работы по технологическим картам выполнены в 100%-ном объеме к площади культуры при 100%-ной обеспеченности материальными, энергетическими и трудовыми ресурсами. Расчет показателей эффективности технологий возделывания озимой пшеницы осуществляли с помощью программирования в электронных таблицах. Обработку данных полевого опыта проводили по [8, 9], окупаемость 1 кг NPK зерном с учетом Ки из навоза определяли по [10].

Результаты и их обсуждение. Разработанные системы комплексного применения агрохимикатов позволили существенно улучшить плодородие почвы. Исходная почва имела кислую реакцию, бедна основными элементами питания. По мере освоения севооборота, известкования почвы, внесения удобрений заметно улучшились агрохимические свойства почвы. Так, в течение всего периода исследований $pH_{КС}$, начиная со 2-й ротации севооборота, был на уровне слабокислой и близкой к нейтральной реакции среды, содержание P_2O_5 – от среднего до очень высокого, уровень обеспеченности K_2O высокий, гумуса около 2% (табл. 1). Исходная почва и агроценозы характеризовались плохим фитосанитарным состоянием. На полях имелись сорные растения, были распространены вредители и болезни. В результате основные доминанты агроценоза плохо росли, урожайность зерновых культур в хозяйствах составляла 1,0-1,5 т/га. Комплексное применение средств химизации привело к улучшению фитосанитарного состояния посевов, питания растений, в результате повысились продуктивность растений, энергетические и экономические показатели производства зерна.

Урожайность озимой пшеницы изменялась от 2,8 т/га (1-я пшеница) и 1,8 (2-я пшеница) в первой ротации

до 7,6 т/га в девятой. В первых двух ротациях севооборота на фоне навоза и минеральных удобрений гербициды способствовали в основном достоверному повышению урожайности на 5 – 18 % при отсутствии эффекта от гербицидов в 1-й ротации в 1965 г. во всех вариантах опыта, во 2-м варианте в 1962 г. и 1-м варианте в 1963 г.; во 2-й ротации в 1968 г. во всех вариантах опыта, 2-м варианте в 1967 г. и 1-м – в 1969 г. в посевах 1-й озимой пшеницы; в 1970 г. во 2- и 3-м вариантах и в 1971 г. в 3-м варианте в посевах 2-й пшеницы. Более высокая эффективность гербицидов по сравнению с первыми двумя ротациями проявилась в 3- и 4-й ротациях. В последующих ротациях в связи с интенсификацией ХСЗР (добавлены варианты с ретардантами и фунгицидами) была получена более высокая их эффективность при возделывании озимой пшеницы (табл. 2).

Достоверное повышение урожайности озимой пшеницы от удобрений произошло в 7 – 9-й ротациях, кроме 1999 и 2012 гг.; от гербицидов на фоне удобрения во все годы исследований, за исключением 1999 г. на фоне I (2,63 против 2,38). От ретардантов при сочетании удобрений и гербицидов отсутствие эффекта отмечено в 7-й ротации в 1999 г. на фоне II и в 2001 г. на обоих фонах, в 8-й – в 2006 г. и 9-й – в 2010-2012 гг., за исключением 2012 г. на фоне II; повышение в 7-й ротации в 1999 г. на фоне I и 2000 г. на обоих фонах, в 8-й в 2004-2005 гг. и 9-й ротации в 2012 г. на фоне II. Существенного снижения урожайности озимой пшеницы от непосредственного воздействия ретардантов в 7-9-й ротациях не выявлено ни в одном году исследований. Фунгициды на фоне сочетания удобрений с гербицидами и ретардантами в 7-9-й ротациях севооборота способствовали повышению урожайности озимой пшеницы, а отсутствие эффекта отмечено лишь в 7-й ротации в 1999 г. на обоих фонах удобрений и в 9-й в 2010-2011 гг. на фоне II.

Весь комплекс агрохимикатов всегда повышал урожайность озимой пшеницы в 1,3–5 и более раз. Это происходило за счет как непосредственного влияния отдельных агрохимикатов (удобрений и ХСЗР), так и их взаимодействия между собой, что и было подтверждено ранее в краткосрочных специально спланированных экспериментах [11-14].

Производительность труда в технологиях производства зерна 7-9-й ротаций всегда меньше ($< 3,5$ чел.ч/т), чем в «Регистре...» для высоких технологий [1]. В среднем за 3 года повышение производительности труда в технологиях производства зерна по сравнению с контролем произошло в 7- и 9-й ротациях при сочетании всего комплекса ХСЗР и одних гербицидов с навозно-минеральным фоном удобрения в 9-й и при сочетании одинарных, парных и тройных групп ХСЗР с минеральным фоном в 7-й (табл.2).

Однако, в отдельные годы влияние химикатов было не столь однозначным. Так, при сочетании всех возможных комбинаций групп ХСЗР с обоими фонами удобрения произошло повышение производительности труда в технологиях производства зерна по сравнению с контролем в 7-й ротации (исключение: сочетание парных групп ХСЗР – Р+Ф с фоном I, а также всего комплекса ХСЗР с фоном II в 2000 г. и отсутствие эффекта в 1999 г.); в 8-й – повышение в 2004 и 2005 гг. и, наоборот, снижение в 2006 г.; в 9-й – повышение (исключение: сочетание парных групп ХСЗР – Р+Ф с фоном I в 2010 и 2011 гг. и всех возможных комбинаций групп

ХСЗР с фоном II в 2010 г. и отсутствие эффекта при сочетании гербицидов с обоими фонами удобрения, парных групп ХСЗР – Р+Ф с фоном II и всего комплекса ХСЗР с фоном I в 2012 г.) и, наоборот, снижение при сочетании парных групп ХСЗР – Р+Ф с фоном I и всего комплекса ХСЗР с фоном II в 2012 г.

Окупаемость NPK удобрений зерном в связи с их высокими дозами без применения ХСЗР:

низкая (до 3,0 кг/кг) в 11-и случаях из 18 в 7-9-й ротациях;

средняя (3,1-4,0) в 4-х случаях из 18 в: 7-й 3,1 на фоне II при прибавке урожая 1,01 – урожай на контроле 3,66 т/га в 2000 г.; 8-й 3,4 на фоне I при прибавке урожая 1,35 – урожай на контроле 1,15 т/га в 2004 г.; 9-й 3,8 на фоне I при прибавке урожая 1,32 и 3,0 на фоне II при прибавке урожая 0,91 – урожай на контроле 2,59 т/га в 2010 г.;

высокая (> 4,0) в 3-х случаях из 18 в: 8-й 6,3 на фоне II при прибавке урожая 1,88 – урожай на контроле 1,59 т/га в 2005 г.; 9-й 6,8 на фоне I при прибавке урожая 2,33 и 7,5 на фоне II при прибавке урожая 2,26 – урожай на контроле 2,41 т/га в 2011 г. (табл. 2).

2. Эффективность технологий возделывания озимой пшеницы в севообороте при использовании средств химизации

Вариант опыта	Урожайность зерна, т/га	Производительность труда, чел-ч/т зерна	Энергоемкость производства зерна с учетом доп. продукции, МДж/ц	Окупаемость NPK зерном, кг/кг
---------------	-------------------------	---	---	-------------------------------

7-я ротация (1999-2001 гг.)

1.Фон I + Г + Р + Ф	4,43	1,96	712	6,0
2.Фон I + Г + Р	3,75	2,36	820	4,1
3.Фон I + Г	3,52	2,14	861	3,5
4.Фон I – навоз, 30 т/га + N ₁₄₀ P ₆₀ K ₁₂₀	2,81	2,45	1109	1,5
5.Фон II + Г + Р + Ф	4,14	2,08	786	5,9
6.Фон II + Г + Р	3,63	2,04	876	4,3
7.Фон II + Г	3,54	2,10	840	4,0
8.Фон II – N ₁₄₀ P ₆₀ K ₁₂₀	2,96	2,35	1023	2,2
9.Контроль	2,26	2,52	691	-
НСР ₀₅ : в среднем за 3 года	0,92	0,41	F _{факт.} < F ₀₅	2,2
по каждому году	0,31; 0,30; 0,43	0,74; 0,16; 0,35	114; 28; 245	0,8; 0,8; 1,3

Примечание. Фон I – навоз 30 т/га, 4, 9, 11, 15-й годы действия; N₁₄₀P₆₀K₁₂₀; Фон II – N₁₄₀P₆₀K₁₂₀; Г – фенфиз (2,4-Д к-та + хлорсульфурон к-та, 310+2,3 г/л), 26%, 1,5; Р – тур 60%, 2,0+ кампозан 2,0; Ф – альто супер (пропиконазол+ ципроконазол, 250+80 г/л), 0,5, тилт, 25%-ный к.э., 0,5 (препаративная форма фунгицида, д.в., доза кг, л/га препарата).

8-я ротация (2004-2006 гг.)

1.Фон I + Г + Р + Ф	5,68	2,20	609	9,9
2.Фон I + Г + Р	4,93	2,17	686	8,0
3.Фон I + Г	4,40	2,23	733	6,6
4.Фон I – навоз, 30 т/га + N ₁₂₀ P ₆₀ K ₁₂₀	2,85	2,50	1079	2,7
5.Фон II + Г + Р + Ф	5,42	2,11	568	12,1
6.Фон II + Г + Р	4,94	2,34	606	10,5
7.Фон II + Г	4,93	2,37	602	10,4
8.Фон II – N ₁₂₀ P ₆₀ K ₁₂₀	2,79	2,69	1080	3,3
9.Контроль	1,80	2,59	817	-
НСР ₀₅ : в среднем за 3 года	1,71	F _{факт.} < F ₀₅	40	4,8
по каждому году	0,22; 0,32; 0,20	0,15; 0,19; 0,18	64; 69; 37	0,7; 1,0; 0,6

Примечание. Известь, 4 т/га, 3-й год действия по всему опыту. Фон I – навоз, 30 т/га, 3, 5, и 9-й годы действия, N₁₂₀P₆₀K₁₂₀; Фон II – N₁₂₀P₆₀K₁₂₀; Г – гранстар, 0,025; Р – CCC, 46%, 1,5; Ф – тилт, 25%-ный к.э., 0,5, 2 раза (препаративная форма пестицида, д.в., доза кг, л/га препарата).

9-я ротация (2010-2012 гг.)

1.Фон I + Г + Р + Ф	7,56	1,55	374	11,7
2.Фон I + Г + Р	6,69	2,02	422	9,2
3.Фон I + Г	6,41	1,61	421	8,3
4.Фон I – навоз, 30 т/га + N ₁₂₀ P ₆₀ K ₁₂₀	4,69	1,86	528	3,4
5.Фон II + Г + Р + Ф	7,70	1,85	380	13,9
6.Фон II + Г + Р	6,77	1,70	408	10,8
7.Фон II + Г	6,45	1,68	417	9,7
8.Фон II – N ₁₂₀ P ₆₀ K ₁₂₀	4,75	1,83	536	4,1
9.Контроль	3,53	1,86	365	-
НСР ₀₅ : в среднем за 3 года	1,24	0,24	76	2,4
по каждому году	0,27; 0,41; 0,79	0,26; 0,26; 0,35	104; 32; 33	0,8; 1,4; 2,4

Примечание. Фон I – навоз, 30 т/га, 4 и 9-й годы действия; N₁₂₀P₆₀K₁₂₀; Фон II – N₁₂₀P₆₀K₁₂₀; Г – фенфиз (2,4-Д к-та + хлорсульфурон к-та, 310+2,3 г/л), 26%, 1,5; Р – тур 60%, 2,0+ кампозан 2,0; Ф – альто супер (пропиконазол+ ципроконазол, 250+80 г/л), 0,5, тилт, 25%-ный к.э., 0,5 (препаративная форма фунгицида, д.в., доза кг, л/га препарата).

Окупаемость NPK удобрений зерном при внесении гербицидов на фонах удобрений увеличивалась в 7-й ротации на 2,58 и 3,60 ед. на фоне I в 2000 и 2001 гг. и 2,44 и 2,24 на фоне II в 2000 и 2001 гг. при урожае на контроле 3,66 и 1,00 т/га; в 8-й на 0,66-6,16 на фоне I в 2004 – 2006 гг. и 14,4 и 6,52 на фоне II в 2004 и 2005 гг. при урожае на контроле 1,15, 1,59 и 2,67 т/га; в 9-й на 2,08 – 8,70 на фоне I и 3,72 – 8,83 на фоне II в 2010 – 2012 гг. при урожае на контроле 2,59, 2,41 и 5,60 т/га; отсутствие эффекта отмечено в 7-й ротации в 1999 г. на фоне I при урожае на контроле 2,12 т/га и в 8-й в 2006 г. на фоне II.

Окупаемость NPK удобрений зерном при внесении ретардантов на фоне сочетания удобрений и гербицидов увеличивалась в 7-й ротации на 1,15 и 0,98 ед. на фоне I в 1999 и 2000 гг. и 1,84 на фоне II в 2000 г.; в 8-й на 2,15 и 1,92 на фоне I в 2004 и 2005 гг. и 0,89 – 2,98 на фоне II в 2004 – 2006 гг.; в 9-й на 2,78 на фоне II в 2012 г.; снижалась в 7-й ротации на фоне II в 2005 г. Отсутствие эффекта отмечено в 7-й ротации на фоне I в 2001 г. и фоне II в 1999 и 2001 гг.; в 8-й на фоне I в 2006 г. и фоне II в 2004 и 2006 гг. и в 9-й на обоих фонах во все годы исследований, за исключением фона II в 2012 г.

Окупаемость NPK удобрений зерном при внесении фунгицидов на фоне сочетания удобрений, гербицидов и ретардантов повышалась во все годы исследований в 7-9-й ротациях на 0,83 – 4,58 ед., кроме 1999 г.

Окупаемость NPK удобрений зерном возрастала при внесении всего комплекса ХСЗР на фоне удобрения в 7-й ротации на 0,86 – 7,33 на фоне I и 0,95 – 6,38 ед. на фоне II; в 8-й на 3,56 – 9,13 на фоне I и 1,81-16,13 на фоне II; в 9-й на 6,66-9,43 на фоне I и 7,83 – 13,19 на фоне II.

Энергоемкость производства зерна с учетом дополнительной продукции, как один из основных показателей энергетической оценки технологии (ГОСТ Р 51750-2001), зависела от урожайности культуры и прибавок как от варианта технологий, так и от погодных условий года. Иногда она была даже намного ниже, чем в контрольном варианте (базовой технологии), что проявилось в сочетании удобрений с ХСЗР в 2001 г. на фоне I (678 против 1146 МДж/ц); в 2004 и 2005 гг. (481-654

против 1094 и 529-681 против 828) и 2011 г. (333-367 против 429) и в среднем за 2004-2006 гг. (568-733 против 817) на обоих фонах. В других случаях она была ниже прежде всего уровня фоновых вариантов (исключение 2006 г. 773 и 784 при НСР₀₅=37), на которых прибавка урожая не обеспечивала превышение получения энергии над энергоемкими затратами.

Обработка данных методом расщепленной делянки свидетельствует о том, что только в отдельные годы проведения стационара получена равная урожайность озимой пшеницы – в 8-й из 45 лет (табл.3). Девять вариантов технологий возделывания озимой пшеницы – главные делянки, метеоусловия года – делянки 2-го порядка.

Выбрать оптимальный вариант технологий возделывания озимой пшеницы по представленным данным не просто. Наиболее привлекателен контрольный вариант технологии 9-й ротации с урожайностью зерна 3,53 т/га, производительностью труда 1,86 чел-ч/т зерна и энергоемкостью производства зерна с учетом дополнительной продукции 365 МДж/ц. Однако эти показатели обеспечены высокой урожайностью по трем полям севооборота (2,59, 2,41 и 5,60 т/га), что трудно объяснить только агрохимическими показателями почвы, хотя данный вариант является, условно говоря, хозяйственным контролем после 24-летнего применения удобрений и гербицидов и последующим до настоящего времени чередованием культур.

3. Урожайность озимой пшеницы в зависимости от метеоусловий года (опыт СШ-2, ЦОС ВНИИА)

№ ротации	Урожайность, т/га			НСР ₀₅
2-я (1-я озимая пшеница)	1967 г.	1968 г.	1969 г.	-
	4,42	3,20	4,44	0,32
4-я (2-я озимая пшеница)	1983 г.	1984 г.	1985 г.	-
	4,68	5,02	5,04	0,31
5-я (2-я озимая пшеница)	1989 г.	1990 г.	1991 г.	-
	4,10	3,54	4,03	0,28
8-я	2004 г.	2005 г.	2006 г.	-
	4,46	4,48	3,65	0,21
9-я	2010 г.	2011 г.	2012 г.	-
	4,62	6,48	7,09	0,30

Примечание. НСР₀₅ только для метеоусловий года.

Возможен выбор технологий возделывания озимой пшеницы с заданной урожайностью 2,79-2,96 т/га (варианты 4 и 8 в 7-й и 8-й ротациях без ХСЗР), производительностью труда 2,35-2,69 чел-ч/т зерна, энергоемкостью производства зерна с учетом дополнительной продукции 10229-11092 МДж/ц при окупаемости НРК удобрения зерном 1,52-3,29 соответственно. Более устойчивые и стабильные урожаи 3,52-3,75 т/га с производительностью труда 2,04-2,36 чел-ч/т зерна, энергоемкостью производства зерна с учетом дополнительной продукции 8196-8758 МДж/т при окупаемости НРК удобрения зерном 3,47-4,29 получены при улучшении фитосанитарной обстановки посевов (варианты 2, 3, 6, 7 в 7-й ротации). Наилучшие показатели урожайности 4,14-7,70 т/га с производительностью труда 1,55-2,20 чел-ч/т зерна, энергоемкостью производства зерна с учетом дополнительной продукции 3739-7860 МДж/т при окупаемости НРК удобрения зерном 5,86-13,91 (варианты 1 и 5 в 7-8-й ротациях и 1-3 и 5-7 в 9-й).

Рассмотрим соответствие разрабатываемых нами и современных типов технологий производства зерна [1].

По ресурсам интенсификации – по удобрениям: минеральные удобрения, дозы (кг д. в/га) N немного ниже

в 7-9-й ротациях после занятого пара – викоовсяная смесь, а дозы РК превышают дозы высоких технологий (А): Фон II – N₁₄₀P₆₀K₁₄₀ в 7-й ротации и N₁₂₀P₆₀K₁₂₀ в 8-9-й ротациях, а Фон I – дозы НРК те же + последствие навоза, 30 т/га. Дозы (кг д. в/га) азотных удобрений немного выше в 7-9-й ротациях, чем по интенсивной технологии (Б); по пестицидам: в «Регистре технологий...» [1] перечислены все группы пестицидов: протравители по всем вариантам технологий; гербициды, ретарданты, фунгициды, инсектициды, а у нас протравители по всем вариантам технологий, остальные варианты технологий представляют собой последовательное насыщение каждой группой агрохимикатов на двух системах удобрения (минеральной и органоминеральной); отличие еще и в том, что предлагается двукратная обработка фунгицидами. При выдаче рекомендаций, разумеется, следует пользоваться долгосрочными и краткосрочными прогнозами распространения и развития болезней, сорняков и вредителей.

Таким образом по регистрируемым выходным параметрам [1] варианты исследуемых нами технологий соответствуют высоким технологиям: (А) по урожайности (т/га) 1-3 и 5-7-й варианты технологий 9-й ротации 4,62-8,49, 1 и 5-й варианты 8-й ротации 3,96-6,32; по затратам энергии (МДж/т зерна) почти все варианты 7-9-й ротаций 3650-8760, исключение – варианты 4- и 8-й 7- 8-й ротаций (10200-11100); по отдаче (окупаемости) удобрений (кг/кг) 1-2 и 5-7-й варианты 8-й ротации 2,5-17,2 и 1-3 и 5-7-й 9-й ротации 3,6-20,7 и в отдельные годы: вариант 6-й – 9,52 (2000 г.), вариант 1-й – 8,68 (2001 г.), вариант 3 – 9,59 (2004 г.);

интенсивным (Б) по урожайности (т/га) 4 и 8-й варианты технологий 9-й ротации 3,50-6,09, 2-3 и 6-7-й варианты 8-й ротации 3,58-6,06 при окупаемости удобрений (кг/кг) 0-7,5 и 2,5-15,5, по затратам энергии (МДж/т зерна) 8-й вариант 7-й ротации 5880-14130 и 4 и 8-й варианты 8-й – 4710-12030 при окупаемости удобрений (кг/кг) 0,82-6,26;

нормальным (В) по урожайности (т/га) 4-й вариант 7-й ротации в среднем 1,49-4,56 при затратах энергии (МДж/т) 5560-16620 и низкой окупаемости удобрений (кг/кг) – 0,76-2,45. Производительность труда составила 1,52-3,16 чел-ч/т зерна в исследуемых нами технологиях производства зерна озимой пшеницы – меньше предлагаемой для высоких технологий [1].

Закключение. Исследуемые технологии производства зерна озимой пшеницы сорта Московская 39 при длительном применении средств химизации в 7-9-й ротациях севооборота в ЦР НЗ в среднем за 3 года эффективны и соответствуют технологиям [1] по:

урожайности: в 7-й ротации – интенсивным – 2; нормальным – 6 и меньше, чем нормальным -1; 8-й – интенсивным – 6 и нормальным – 2 и меньше, чем нормальным – 1 и 9-й – высоким – 6, интенсивным – 2 и нормальным – 1; производительности труда всегда меньше предлагаемой для высоких технологий (ниже 3,3); затратам энергии в 7-й ротации – высоким – 7, интенсивным – 1 и нормальным – 1; 8-й – высоким – 7 и интенсивным – 2 и 9-й – высоким – 9; отдаче (окупаемости) удобрений в 8 и 9-й ротациях на обоих фонах удобрений в сочетании с одной, двумя или тремя группами ХСЗР, кроме сочетания органоминеральной системы, органоминеральной системы с гербицидами в 8-й.

Литература.

1. «Регистр технологий производства зерна в Центральном районе Нечерноземной зоны (Система технологий)». Войтович Н.В. и др. / Под ред. Войтовича Н.В. и др. – МСХ РФ, поселок НИИСХ, РИЦ МГИУ, 2003. – 220 с. 2. Алиев А.М. Эффективность комплексного применения средств химизации в интенсивном земледелии Центральных районов Нечерноземной зоны РСФСР. Дис... д-ра с.-х. наук. 1989. – 396 с. 3. Цимбалист Н.И., Ладонин В.Ф., Алиев А.М. и др. Оценка энергетической эффективности технологий возделывания и уборки озимой пшеницы в шестипольном севообороте многолетнего стационара // Агрохимия. – 2007. – № 7. – С. 49-63. 4. Алиев А.М., Цимбалист Н.И. Методические аспекты оценки энергетической эффективности технологий возделывания и уборки озимой пшеницы при длительном применении средств химизации в ЦРНЗ РФ. – М.: ВНИИА, 2011. – 52 с. 5. Алиев А.М., Ваулина Г.И., Цимбалист Н.И., Шмонин В.А. Энергетическая эффективность технологий возделывания ячменя в шести ротациях севооборота многолетнего стационара//Плодородие. – 2013. – № 5. – С. 29-32. 6. Ладонин В.Ф., Алиев А.М., Цимбалист Н.И. и др. Влияние многолетнего комплексного применения средств химизации на плодородие почвы и продуктивность полевого севооборота. Бюллетень ВИУА. Результаты научных исследований Географической сети опытов с удобрениями и другими агрохимическими средствами. – М.:Агроконсалт, 2003, № 117. – С. 46-50. 7. Нукифоров А.Н., Токарев В.А., Борзенков В.А. и др. Методика энер-

гетического анализа технологических процессов в сельскохозяйственном производстве. – М.: ВИМ, 1995. – 95 с. 8. Литтл Т., Хиллз Ф. Сельскохозяйственное опытное дело. – М.: Колос, 1981. – 310 с. 9. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – М.: Колос, 1973. – 335 с. 10. Нормативные показатели содержания азота, фосфора и калия в органических удобрениях и их использование сельскохозяйственными культурами на 1991-1995гг. / Кирикой Я.Т., Мерзлая Г.Е., Полунин С.Ф. и др. – М., 1991. – 56 с. 11. Минеев В.Г., Ладонин В.Ф., Цимбалист Н.И. и др. Проведение полевых и производственных опытов по разработке и совершенствованию систем комплексного применения средств химизации в интенсивных технологиях возделывания зерновых культур. Методические указания. – М., 1985. – 87 с. 12. Ладонин В.Ф., Цимбалист Н.И., Самойлов Л.Н. и др. Исследования в полевых и производственных опытах по изучению эффективности систем питания растений в комплексе с другими средствами. – М., 1991. – 186 с. 13. Цветкова Н.А., Федорова Ф.А., Ладонин В.Ф. и др. Действие и взаимодействие минеральных удобрений и пестицидов и их влияние на фитосанитарное состояние посевов озимой пшеницы. Защита зерновых культур от болезней в современном земледелии. – СПб., 1995. – С. 18-39. 14. Ладонин В.Ф., Алиев А.М., Цветкова Н.А. и др. Оптимизация сочетаний азотных удобрений и пестицидов при возделывании озимой пшеницы// Агрохимия. – № 8-9. – 1996. – С. 35-51.

EFFICIENCY OF TECHNOLOGIES FOR THE PRODUCTION OF WINTER WHEAT GRAIN IN THE 7TH–9TH CYCLES OF CROP ROTATION

*A.M. Aliev, N.I. Tsimbalist
All-Russian Research Institute of Agrochemistry,
ul. Prianishnikova 31a, Moscow, 127550 Russia*

It has been shown that at the long-term application of agrochemicals depending on the intensity of crop rotation on the silt loamy soddy-podzolic soil with high contents of P₂O₅ и K₂O, the technologies of winter wheat growing are efficient and vary from the conventional to high-input level.

Keywords: efficiency, cultivation technologies, winter wheat, cultivar, crop rotation, weather conditions, agrochemicals, fertilizers, manure, retardant, herbicides, fungicides, agrochemical soil properties, corn production energy inputs with additional production, energy capacity.