

УДК 631.5:631.8:633.11“321”(470.51/.54)

## АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ И ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ СРЕДСТВ ХИМИЗАЦИИ В ЗАУРАЛЬЕ<sup>1</sup>

© 2020 г. С. Д. Гилев<sup>1,\*</sup>, И. Н. Цымбаленко<sup>1</sup>, А. Н. Копылов<sup>1</sup>,  
Ю. В. Суркова<sup>1</sup>, В. П. Ефремов<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр УрО РАН  
620142 Екатеринбург, ул. Белинского, 112а, Россия

\*E-mail: kniish@ketovo.zaural.ru

Поступила в редакцию 17.05.2019 г.

После доработки 22.05.2019 г.

Принята к публикации 08.08.2019 г.

Показана эффективность приемов интенсификации (применения удобрений, гербицидов, фунгицидов) возделывания яровой пшеницы сорта Зауралочка (местной селекции) в 3-польном зернопаровом севообороте на выщелоченных среднесуглинистых черноземах центральной лесостепной зоны Зауралья. На фоне гербицидов и удобрений, а в годы эпифитотий – и фунгицидов, яровая пшеница значительно превышала по урожайности и качеству зерна пшеницу, возделываемую без средств химизации. В процессе исследования были изучены и применены агроприемы, позволяющие снизить содержание остаточных количества пестицидов в зерне до максимально допустимого уровня. Расчет экономической эффективности по результатам исследования позволил установить наиболее эффективные технологии производства зерна пшеницы с высокими показателями качества.

*Ключевые слова:* зернопаровой севооборот, яровая пшеница, средства химизации, приемы интенсификации, пар черный, комбинированный, химический.

**DOI:** 10.31857/S0002188119120044

### ВВЕДЕНИЕ

Проблема производства продуктов необходимого объема и хорошего качества имеет важнейшее значение для аграрного сектора страны. Научными исследованиями и производственной практикой установлено, что основой высоких и стабильных урожаев сельскохозяйственных культур являются современные интенсивные технологии. Научно обоснованное комплексное применение средств химизации обеспечивает оптимальное питание растений, защиту от фитопатогенов, яв-

ляясь гарантом стабильности и качества урожая, а также основным фактором сохранения почвенного плодородия. При низкой обеспеченности растений минеральным питанием и средствами защиты урожайность уменьшается в разы, снижается качество продукции и потенциальное плодородие почв [1]. Эта закономерность достаточно четко прослежена в длительных стационарах Курганского НИИСХ – филиала УрФАНЦ УрО РАН [2, 3], в опытах ученых Западной Сибири [4, 5] и Алтайского края [6].

Существует мнение, что необходимо внедрять систему “устойчивого сельского хозяйства” без средств химизации, к которому относится и органическое земледелие. Сторонники этого направления считают, что зерно пшеницы, выращенное без удобрений и средств защиты, экологически чистое, отличается высоким качеством, его можно использовать в диетическом питании и реализовывать по более высоким ценам [7]. По мнению [8], необходимость для перехода на экологические и экономически эффективные агротехнологии во всем мире давно уже назрела.

<sup>1</sup> Исследование выполнено в Курганском научно-исследовательском институте сельского хозяйства – филиале УрФАНЦ УрО РАН в лаборатории земледелия в рамках Государственного задания Министерства науки и высшего образования по направлению 142 Программы ФНИ государственных академий наук по теме № 0773-2019-0027 “Усовершенствовать систему адаптивно-ландшафтного земледелия для Уральского региона и создать агротехнологии нового поколения на основе минимизации обработки почвы, диверсификации севооборотов, интегрированной защиты растений, биологизации, сохранения и повышения почвенного плодородия и разработать информационно-аналитический комплекс компьютерных программ и баз данных, обеспечивающий инновационное управление системой земледелия”.

В работе [9] достаточно четко обозначена суть проблемы, которая заключается в том, что агротехнологии, где наложен запрет на применение минеральных удобрений, пестицидов, регуляторов роста и других химических средств, не имеют объективного научного обоснования. По этому поводу высказано следующее: “Совмещение интенсификации и экологизации земледелия достигается лишь тогда, когда интенсификация приобретает адаптивный характер. Например, когда агрохимические ресурсы используются, прежде всего, как средства регулирования круговорота веществ в агроландшафтах, как фактор оптимизации севооборотов, освоения почвозащитных и минимальных систем обработки почвы, прямого посева и т.д.”.

В регионе Зауралья научных данных и практического опыта по производству экологически чистых продуктов растениеводства на фоне интенсивных приемов возделывания крайне мало. Поэтому цель работы – установить степень влияния приемов интенсификации (применения минеральных удобрений, гербицидов, фунгицидов и других средств) на продуктивность, качество зерна, экологическую безопасность и экономическую эффективность при возделывании основной продовольственной культуры Зауралья – яровой пшеницы.

## МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

На центральном опытном поле Курганского НИИСХ в течение 2-х последних ротаций (2013–2018 гг.) 3-польного зернопарового севооборота (пар–пшеница–пшеница) на фоне современных высокоэффективных средств химизации разрабатывали интенсивные ресурсосберегающие технологии производства зерна яровой пшеницы сорта Зауралочка. В качестве экологических вариантов без удобрений и средств защиты изучали технологические агроприемы в системе черного пара.

Полевой эксперимент развернут по территории и во времени в системе 3-х видов паровых полей: черного (традиционного), химического и комбинированного. Традиционный пар: осенью после уборки урожая проводили вспашку на глубину 22–24 см и 4–5 культиваций летом по мере отрастания сорняков; пар химический: 2-кратная обработка глифосатсодержащими гербицидами (торнадо 500 или другими); пар комбинированный: 2 механические поверхностные обработки КПЭ-3,8, одна – баковой смесью гербицидов (глифосат + 2,4-Д). Под посев 2-й пшеницы в системе химического и комбинированного паров основную обработку почвы не проводили.

Минеральные удобрения (N60) применяли в 3-м поле севооборота. Контрольные варианты и первую пшеницу после пара не удобряли. В период кущения растений пшеницы проводили химическую прополку посевов баковой смесью гербицидов (2,4-Д и противозлаковых).

В годы эпифитотии листостебельных инфекций для защиты от болезней использовали фунгициды колосаль про (2016 г.) и титул дуо (2018 г.). В контрольных и экстенсивных вариантах опыта средства защиты не применяли. В зерне урожая 2016, 2017, 2018 гг. определяли остаточное количество пестицидов относительно максимально допустимых уровней (МДУ) по техническому регламенту Таможенного союза [10]. Исследования проводили в лаборатории филиала Российского сельскохозяйственного центра Тюменской обл.

В полевых экспериментах наблюдения, учеты, сопутствующие исследования проводили по общепринятым методикам. Качество клейковины и ее количество определяли в технологической лаборатории института (ГОСТ Р 54478-2011), содержание белка и микроэлементов – в лаборатории ГСАС “Курганская”. Математическую обработку полученных данных делали в программах Excel и Statistica 6.0, а также методом дисперсионного анализа по [11], экономическую оценку технологий – в программе, разработанной лабораторией экономики и инновационного развития Курганского НИИСХ.

Климат центральной лесостепной зоны Зауралья характеризуется неустойчивым увлажнением с периодически повторяющимися засухами. В период с 2013 по 2018 гг. гидротермические условия вегетационных периодов отличались засушливостью. В 2013 г. засуха проявилась в июне и в 2-х декадах июля (ГТК = 0.3 и 0.4). В мае и июне 2014 г. практически не было эффективных осадков (свыше 5.0 мм). В 2015 г. атмосферные засушливые явления особо проявились в июне, в этот период среднемесячная температура превысила норму на 3.7°C, ГТК составил 0.3. В мае 2016 г. выпало 9.5 мм осадков при норме 35 мм, в результате сложились неблагоприятные условия для всходов. За первые 2 декады июля количество осадков превысило норму в 3 раза, что вызвало активное развитие мучнистой росы, бурой листовой и стеблевой ржавчин. Вегетационный период 2017 г. в целом был благоприятным по гидротермическим условиям, ГТК составил 1.2. Однако в результате недобора тепла и обилия влаги в фазе формирования зерна сложились оптимальные условия для развития листовых инфекций, что привело к снижению урожайности в вариантах без средств защиты. 2018 г. по условиям тепло- и

**Таблица 1.** Влияние технологий возделывания на урожайность и качество зерна яровой пшеницы (2013–2018 гг.)

Технология возделывания (подготовка пара или обработка под 2-ю пшеницу)	Урожайность, ц/га			Качество зерна			
	Фактор А	Фактор Б	прибавка	содержание клейковины, %		ИДК, ед.	
				Фактор А	Фактор Б	Фактор А	Фактор Б
Пшеница после пара							
Черный пар	15.5	22.1	6.6	28.0	29.8	93.7	91.1
Комбинированный пар	12.8	20.2	7.4	27.4	30.8	87.8	96.3
Химический пар	13.1	18.5	5.4	28.3	30.4	78.8	91.1
Вторая пшеница							
Вспашка	14.1	19.5	5.4	25.2	29.0	83.6	96.7
Без обработки	11.6	18.9	7.3	24.6	28.3	80.0	93.7
Без обработки	10.6	15.8	5.2	24.3	29.3	67.8	83.4
Среднее в севообороте							
Черный пар/Вспашка	14.8	20.8	6.0	26.6	29.4	88.7	93.9
Комбинированный пар/Без обработки	12.2	19.6	7.4	26.0	29.6	83.9	95.0
Химический пар/Без обработки	11.9	17.2	5.3	26.3	29.9	73.3	87.3

$HCP_{05}$  фактора А – 1.5, фактора Б – 1.8 ц/га

Примечание. Фактор А – без средств химизации, фактор Б – интенсивный фон (N60 + глифосат до посева (кроме отвальной системы обработки) + баковая смесь гербицидов + фунгицид в период вегетации). То же в табл. 2, 4.

благообеспеченности был близким к среднепогодным показателям, в то время как июнь и июль оказались засушливыми (ГТК = 0.70 и 0.66 соответственно).

Почва опытного участка – чернозем выщелоченный среднесуглинистый маломощный малогумусный (4–5%). Сумма поглощенных оснований в пахотном слое почвы менялась от 18 до 27 мг-экв/100 г почвы,  $pH_{KCl}$  6.4–6.5. Содержание валового азота – 0.24%, гидролизующего (по Тюрину и Кононовой) – 11.7 мг/100 г почвы, подвижных форм фосфора в слое 0–40 см – 6.3 мг (по Чирикову), калия – до 19.7 и более мг/100 г почвы (по Масловой).

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Комплексное применение средств интенсификации (минеральных удобрений, гербицидов и фунгицидов) за анализируемый период (2013–2018 гг.) обеспечило максимальную (в пределах ресурсов климата) урожайность зерна яровой пшеницы. В среднем в севообороте уровень урожайности варьировал от 17.1 ц/га в системе химического пара до 21.2 ц/га – черного против 11.6–15.0 ц/га в вариантах без средств химизации (табл. 1).

Первая и вторая пшеницы севооборота, возделываемые на фоне комплексных интенсивных приемов, существенно превышали по урожайно-

сти и количеству клейковины в зерне пшеницы, возделываемую без средств химизации в системе изученных видов паров: черного – соответственно на 6.6 и 5.4 ц/га (на 42.6 и 38.3%); комбинированного – на 7.4 и 7.3 ц/га (на 57.8 и 62.9%); химического – на 5.4 и 5.2 ц/га (на 41.2 и 49.1%).

Аналогичную закономерность наблюдали и в среднем в севообороте. В вариантах черного пара преимущество интенсивной технологии составило 6.0 ц/га, или 40.5%, комбинированного пара – соответственно 7.4 ц/га (60.7%), химического пара – 5.3 ц/га (44.5%).

Лабораторными исследованиями установлено, что в зерне яровой пшеницы, возделываемой на интенсивном фоне, не выявлено отрицательного влияния азотных удобрений, гербицидов и фунгицида на показатели качества, включая количество белка в зерне и качество клейковины. Напротив, содержание сырой клейковины в зерне яровой пшеницы на фоне применения азотных удобрений и средств защиты увеличилось на 1.8–3.4% после парового предшественника и на 3.7–5.0% после зернового предшественника по сравнению с вариантами без средств химизации. Клейковина зерна интенсивных фонов, как и без средств химизации, отвечала требованиям 2-й группы качества. Не отмечено существенной разницы и в содержании минеральных веществ. Зерно пшеницы в большем количестве содержало фос-

**Таблица 2.** Содержание белка, макроэлементов (%), микроэлементов (мг/кг) в зерне яровой пшеницы в зависимости от технологии возделывания и предшественника (2017–2018 гг.)

Показатель	По Либиху [12]	Технология возделывания			
		Экстенсивная (А)		Интенсивная (Б)	
		пар	зерновые	пар	зерновые
Белок	–	9.69	9.7	12.9	12.4
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.79	0.5	0.5	0.46	0.57
K <sub>2</sub> O	0.52	0.55	0.5	0.48	0.44
Mg	0.20	0.25	0.25	0.25	0.22
Ca	0.05	0.09	0.11	0.09	0.06
Cu	–	6.4	4.8	6.4	4.4
Zn	–	30.1	33.3	33.1	35.1
Mn	–	21.0	20.0	20.7	19.0

фор, калий и магний, в меньшем – кальций, что было близким к средним показателям, полученным еще 150 лет назад немецким ученым Ю. Либихом [12].

Равноценными были показатели содержания основных микроэлементов. В зерне содержалось наибольшее количество цинка и марганца, меньше – меди (табл. 2). Следовательно, зерно яровой пшеницы, выращенной без средств химизации, по содержанию макро- и микроэлементов не отличалось от зерна пшеницы, возделываемой с применением современных средств интенсификации, а по содержанию белка значительно уступало зерну интенсивного фона.

Наряду с изучением продуктивности пшеницы и качества зерна, в 2016–2018 гг. были разработа-

ны приемы, обеспечивающие безопасное производство растениеводческой продукции. Установлено, что в зерне пшеницы урожая 2016 г., возделываемой по технологиям с комплексным применением средств химизации, обнаружено остаточное количество примененных пестицидов. Меньше максимально допустимого уровня находилось содержание глифосата, метсульфурон-метила, феноксапроп-*n*-этила и пропиконазола (табл. 3).

В то же время для гербицида эстерон и фунгицида колосаль про в зерне урожая 2016 г. установлено превышение максимально допустимого количества д.в. препаратов 2,4-Д и тебуконазола. Полученные результаты в последующих полевых экспериментах и лабораторных исследованиях (2017, 2018 гг.) позволили разработать приемы корректировки видов, доз, сроков применения пестицидов, обеспечивающие исключение рисков загрязнения зерна вышеприведенными препаратами [13]. Вместо чистого препарата эстерон его стали применять в пониженных дозах (0.2–0.3 л/га) в составе баковых смесей с сульфонилмочевинами. Этот прием исключил наличие в зерне остаточного количества 2,4-Д.

Не обнаружено остаточного количества тебуконазола при переносе срока обработки фунгицидом колосаль про с поздней фазы колошения на более раннюю фазу флагового листа. Преимущество переноса обработки фунгицидом подтвердили исследования ВНИИ защиты растений, в которых было установлено, что после применения фунгицидов на основе тебуконазола и пропиконазола на 40-е сут остаточное количество д.в. препаратов в зерне пшеницы отсутствовало [14].

Расчет экономической эффективности агротехнологий по ценам на зерно пшеницы, которые

**Таблица 3.** Содержание остаточных количеств пестицидов в зерне пшеницы, возделываемой в зернопаровом севообороте с применением средств химизации (2016 г.), мг/кг

Пар и способ основной обработки почвы	Глифосат	2,4-Д	Метсульфуронметил	Феноксапроп- <i>n</i> -этил	Пропиконазол	Тебуконазол*
Максимально допустимый уровень (МДУ)	3.0	Не допускается	0.05	0.01	0.1	0.2
Пшеница после пара						
Черный пар	0.08	0.13	<0.01	<0.01	<0.01	0.70
Комбинированный пар	0.028	0.14	<	<	<	0.15
Химический пар	0.06	0.16	<0.01	0.02	<0.01	<0.01
Вторая пшеница после пара на фоне N60						
Вспашка	0.01	0.07	<0.01	<0.01	<0.01	0.30
Без обработки почвы	0.04	0.06	<0.01	<0.01	<0.01	0.24

\*Фунгицид колосаль про в фазе колошения пшеницы.

**Таблица 4.** Показатели экономической эффективности агротехнологий (средние в севообороте, 2013–2018 гг.)

Подготовка пара/обработка под 2-ю пшеницу	Вид технологии	Урожайность, ц/га	Всего затрат, руб./га	Себестоимость, руб./ц	Прибыль, руб./га
Черный пар/Вспашка	А	14.8	8705	585	4016
	Б	20.8	13429	648	4449
Пар/Без обработки	А	12.2	7445	605	3041
	Б	19.6	12202	624	4601
Химический пар/Без обработки	А	11.9	7014	586	3171
	Б	17.2	11677	685	3064

сложилось в период 2013–2018 гг., показал, что наиболее дешевое зерно пшеницы с себестоимостью 585 руб./ц можно производить в зернопаровом короткоротационном севообороте по классической (отвальной) технологии без средств химизации (табл. 4).

Аналогичный уровень себестоимости зерна (586 руб./ц) получен и в системе химического пара, без применения средств химизации в полях севооборота за исключением обработки парового поля. Однако прибыль с 1 га посевной площади значительно больше была в экстенсивных вариантах классической технологии (4016 руб./га против 3171 руб./га). Максимальная прибыль (4601 руб./га) получена в системе комбинированного пара с применением приемов интенсификации во всех полях севооборота. Затраты на средства химизации в этом случае окупались высокой прибавкой урожайности (7.4 ц/га). Следовательно, система комбинированной обработки почвы в паровом поле с применением химических средств и механических приемов при возделывании яровой пшеницы позволила вести более прибыльное производство качественного зерна по сравнению с классической и нулевой технологиями.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенного исследования установлено, что средства интенсификации существенно увеличивали продуктивность яровой пшеницы и улучшали качество зерна в условиях короткоротационных зернопаровых севооборотов. В среднем за 2 ротации 3-польного зернопарового севооборота за счет интенсификации технологических приемов яровая пшеница превысила по урожайности пшеницу, возделываемую в системе черного пара без средств химизации, на 40.5%, химического и комбинированного пара — на 44.5 и 60.7% соответственно. Содержание сырой клейковины в зерне при применении интенсивных технологий увеличилось на 1.8–3.4% после парового предшественника и на 3.7–5.0% —

после зернового. При выращивании пшеницы по технологии экологического земледелия (черный пар, вспашка под вторую пшеницу) без удобрений и пестицидов урожайность в 3-польном зернопаровом севообороте не превысила 14.8 ц/га. Этот уровень урожайности более чем на 40% меньше по сравнению с вариантами интенсивной технологии без преимущества в качестве зерна. Следовательно, при возделывании яровой пшеницы в центральной зоне Курганской обл. на щелочных черноземах без средств химизации товаропроизводители теряют до 40% урожая, не улучшая качество зерна. При научно обоснованном подходе к применению удобрений и средств защиты растений загрязнение зерна яровой пшеницы пестицидами выше допустимых норм не происходит. Максимальную прибыль (4600 руб./га) обеспечила технология с комбинированным паром на фоне приемов интенсификации во всех полях зернопарового севооборота.

Следует отметить, что интенсификация зернового производства требует значительных средств на совершенствование систем удобрения и защиты растений, обеспечивающих стабильную урожайность, высокое качество продукции, экологическую безопасность и экономическую эффективность.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Доклад директора Департамента растениеводства, химизации и защиты растений Минсельхоза России П.А. Чекмарева на Всероссийском агрономическом совещании [Электр. ресурс]. Дата публикации 10.03.2015 г. URL: <https://www.apk-news.ru/doklad-direktora-departamenta-rastenievodstva-himizatsii-i-zashhityi-rasteniy-minselhoza-rossii-p-a-chekmareva-na-vsrossiyskom-agronomichesk-om-soveshhanii-na-temu-itogi-raboty-i-otrasli-ra/> (дата обращения 04.12.2018).
2. Системы удобрения в агротехнологиях Зауралья / Под ред. Вольнкиной О.В. Куртамыш, 2017. С. 142–143.

3. Гилев С.Д., Цымбаленко И.Н., Суркова Ю.В. Продуктивность и экономическая эффективность короткоротационных зернопаровых севооборотов в центральной лесостепной зоне Зауралья // Земледелие. 2016. № 6. С. 8–11.
4. Захаров Г.М., Каличкин В.К., Малыгин А.Е. Урожайность пшеницы в зависимости от предшественников, условий года и средств интенсификации // Земледелие и химизация. 2012. № 1. С. 5–13.
5. Паршутин Е.И., Чибис В.В. Влияние средств интенсификации и предшественников на урожайность яровой пшеницы в условиях южной лесостепи Западной Сибири // Вестн. АлтайГАУ. 2011. № 12 (86). С. 23–26.
6. Семендяева Н.В., Ковешникова Л.А., Крупская Т.Н. Водопрочность структуры и содержание гумуса в черноземах выщелоченных Новосибирского Приобья в различных севооборотах // Вестн. АлтайГАУ. 2010. № 6 (68). С. 31–36.
7. Любаведский Я.М. Цены на органическую продукцию на мировых рынках (электр. ресурс). sozrf.ru (дата обращения 04.12.2018).
8. Пыхтин И.Г. Соображение о содержании будущих технологий возделывания полевых культур // Сб. докл. Международ. научн.-практ. конф. и школы молод. ученых, посвящ. году экологии и 50-летию выхода постановления о борьбе с эрозией почвы. Курск: ВНИИ земледелия и защиты почв от эрозии, 2017. С. 234–238.
9. Кирюшин В.И., Кирюшин С.В. Агротехнологии. Учебник. СПб.: Изд-во “Лань”, 2015. 464 с.
10. Технический регламент таможенного союза “О безопасности зерна” ТРТС 015/2011 (с изменениями на 16 мая 2016 г.).
11. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
12. Либих Ю. Химия в применении к земледелию и физиологии. М.: Сельхозиздат, 1936. 406 с.
13. Гилев С.Д., Цымбаленко И.Н., Копылов А.Н., Кекало А.Ю., Филиппов А.С. Приемы снижения остаточных количеств пестицидов в зерне при возделывании яровой пшеницы по ресурсосберегающим технологиям // Агрохим. вестн. № 4. С. 63–67.
14. Гришечкина Л.Д. Фунгициды на основе тебуконазола в борьбе с фузариозом колоса хлебных злаков // Зерн. хоз-во России. 2012. № 22(4). С. 59–64.

## **Agroecological and Economic Indicators of Spring Wheat Cultivation with the Use of Chemicals in the Trans-Urals**

**S. D. Gilev<sup>a, #</sup>, I. N. Tsymbalenko<sup>a</sup>, A. N. Kopylov<sup>a</sup>, Yu. V. Surkova<sup>a</sup>, and V. P. Efremov<sup>a</sup>**

<sup>a</sup> Ural Federal Agricultural Research Center, Ural division, RAS  
ul. Belinskogo 112a, Yekaterinburg 620142, Russia

<sup>#</sup>E-mail: kniish@ketovo.zaural.ru

It was shown the efficiency of methods of intensification (use of fertilizers, herbicides, fungicides) of spring wheat varieties Zauralochka (local selection) in the 3-dipole grain-fallow crop rotation on leached medium loam Chernozem of Central forest steppe zone of Trans-Urals. Against the background of herbicides and fertilizers, and in the years of epiphytotics – and fungicides, spring wheat is much higher in yield and grain quality wheat cultivated without chemicals. In the course of the study, agricultural practices were studied and applied to reduce the content of residual pesticides in the grain to the maximum permissible level. The calculation of economic efficiency according to the results of the study allowed to establish the most effective technologies for the production of wheat with high quality indicators.

*Key words:* grain-fallow crop rotation, spring wheat, tools, chemicals, techniques of intensification, black, combination, chemical vapor.