УДК 633.11 «324»:631.559:631.82:631.81

ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ ЦЧР

НИТЧЕНКО Л.Б.,

кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории адаптивных агротехнологий и средств их механизации ФГБНУ «Курский федеральный аграрный научный центр» - ВНИИ земледелия и защиты почв от эрозии, e-mail: Nitchenko58@yandex.ru, тел. 8-908-121-06-70.

ПРУЩИК И.А.,

младший научный сотрудник лаборатории адаптивных агротехнологий и средств их механизации ФГБНУ «Курский федеральный аграрный научный центр» - ВНИИ земледелия и защиты почв от эрозии, e-mail: kursk.iva@inbox.ru, тел. 8-920-267-98-28.

Реферат. Целью исследований являлось изучение влияния доз внесения минеральных удобрений в зависимости от местоположения в рельефе на агрохимические показатели, урожайность, качество зерна и экономическую эффективность возделывания озимой пшеницы. Установлено, что за 35 лет ведения полевого опыта на водораздельном плато произошло снижение содержания гумуса в пахотном слое почвы в среднем на 1,36 %, на склоне северной экспозиции – на 1,44 %, на склоне южной экспозиции – на 0,49 %. Содержание щелочногидролизуемого азота на водораздельном плато снизилось за изучаемый период в среднем на 2,16 %, на склоне северной экспозиции - на 2,28 %, на склоне южной экспозиции – на 2,08 %. Снижение содержания гумуса и азота происходило как в неудобренных, так и в удобренных вариантах. Наблюдалось повышение содержания подвижного фосфора и обменного калия. Большее изменение $pH_{КС}$ произошло на водораздельном плато, на склонах северной и южной экспозиций уровень кислотности мало изменился. Урожайность в среднем за годы исследований была выше на склоне северной экспозиции и составила 2,89-4,10 т/га. Внесение минеральных удобрений способствовало повышению урожайности озимой пшеницы. Результаты корреляционного анализа показали, что урожайность озимой пшеницы имела среднюю положительную связь с дозами минеральных удобрений ($r = 0,62$). Внесение минеральных удобрений способствовало достоверному повышению содержания клейковины и белка в зерне озимой пшеницы. Наиболее эффективным на всех элементах рельефа было возделывание озимой пшеницы в вариантах с внесением минеральных удобрений в дозе $N_{20}P_{40}K_{40}$, по сравнению с вариантами с внесением минеральных удобрений в дозе $N_{40}P_{80}K_{80}$.

Ключевые слова: озимая пшеница, урожайность, качество зерна, местоположение в рельефе, минеральные удобрения, гумус, кислотность почвы, содержание элементов питания, экономическая эффективность.

ECOLOGICAL AND ECONOMIC EFFICIENCY OF WINTER WHEAT CULTIVATION IN CENTRAL CHERNOZEM REGION

NITCHENKO L.B.,

candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Laboratory of Adaptive Agrotechnologies and Means of Their Mechanization, FSBSI “Kursk Federal Agricultural Research Center” – All-Russia Research Institute of Arable Farming and Soil Erosion Control, e-mail: Nitchenko58@yandex.ru, tel. 8-908-121-06-70.

PRUSCHIK I.A.,

junior Researcher, Laboratory of Adaptive Agrotechnologies and Means of Their Mechanization, FSBSI “Kursk Federal Agricultural Research Center” – All-Russia Research Institute of Arable Farming and Soil Erosion Control, e-mail: kursk.iva@inbox.ru, tel. 8-920-267-98-28.

Essay. The aim of the research was to study the effect of applied rates of mineral fertilizers on agrochemical indicators, yield, grain quality and economic efficiency of winter wheat cultivation depending on the location in the relief. 35 years of conducting the field experiment resulted in the decreased humus content in the topsoil on the watershed plateau on an average by 1.36 %, on the north exposed slope by 1.44 %, on the south exposed slope by 0.49 %. The content of base hydrolysable nitrogen decreased for the period studied on the watershed plateau on an average by 2.16 %, on the north exposed slope by 2.28 %, on the south exposed slope by 2.08 %. The decrease of humus and nitrogen content took place both in unfertilized and fertilized variants. The increase of the content of mobile phosphorus and exchangeable potassium was observed in most cases when mineral fertilizers were applied at the rate of $N_{40}P_{80}K_{80}$. Greater alteration of pH_{KCl} occurred on the watershed plateau, the acidity level on the north and south exposed slopes did not change much. Average yield for the years of the research was greater on the north exposed slope and amounted to 2.89-4.10 t/ha. The application of mineral fertilizers contributed to the increase of winter wheat yield. The results of correlation analysis showed that the winter wheat yield had an average positive relation with the rates of mineral fertilizers ($r = 0.62$). The application of mineral fertilizers contributed in most cases to reliable increase in the content of gluten and protein in the grain of winter wheat. The most efficient cultivation of winter wheat on all the relief elements was in the variants with the application of mineral fertilizers at the rate of $N_{20}P_{40}K_{40}$ as compared with the variants with applied rates of $N_{40}P_{80}K_{80}$.

Keywords: winter wheat, yield, grain quality, location in the relief, mineral fertilizers, humus, soil acidity, nutrient content, economic efficiency.

Введение. В земледелии в настоящее время особое внимание уделяется вопросам ресурсосбережения, в частности минимизации использования ресурсов при одновременном соблюдении требований экологической безопасности. Поэтому изыскание способов ресурсосбережения в агротехнологиях в настоящее время является актуальным, как с теоретической точки зрения, так и с практической.

В различных условиях агроландшафтов при возделывании сельскохозяйственных культур, в качестве лимитирующих выступают различные факторы, и в частности уровень плодородия почвы, характеризуемый рядом агрохимических и агрофизических показателей. Основными показателями плодородия почвы является содержание гумуса и азота, также в формировании урожая сельскохозяйственных культур и его качества большую роль играют кислотность почвы, содержание подвижного фосфора и обменного калия.

Результаты научных исследований [1, 2] показали, что показатели плодородия почвы различаются на водораздельном плато и склонах полярных экспозиций, что сказывается на формировании урожайности сельскохозяйственных культур и показателях качества урожая. Поэтому использование различных элементов рельефа в сельскохозяйственном производстве без учета данных особенностей может приводить к увеличению производственных затрат и нарушению экологической ситуации.

Урожайность сельскохозяйственных культур является интегральным показателем оценки изучаемых факторов. Основным фактором, влияющим на повышение урожайности сельскохозяйственных культур и качества урожая, является применение минеральных удобрений. По мнению Воронина А.Н. [3], удобрения следует считать необходимым и обязательным элементом любой технологии, даже на таких сравнительно плодородных почвах, как черноземы, так как этот ресурс позволяет в два раза увеличить продуктивность пашни.

По данным исследований [4], минеральные удобрения при систематическом применении не только увеличивают урожайность, но и способствуют улучшению и сохранению агрохимических параметров на более высоком уровне, в сравнении с неудобренными почвами.

По утверждению Кирюшина В.И. [5], применение минеральных удобрений – это одновременно средство интенсификации и экологизации земледелия, поскольку позволяет диверсифицировать севообороты, сокращать чистые пары, осваивать почвозащитные обработки почвы.

Лучшие экономические показатели, по расчетам ученых [6], обеспечивает возделывание озимой пшеницы по ресурсосберегающим технологиям, включающим органо-минеральную систему удобрения.

Совершенствование существующих агротехнологий возделывания сельскохозяйственных культур требует более детального изуче-

ния в многофакторных опытах влияния факторов на урожайность и качество урожая сельскохозяйственных культур. Получение гарантированной урожайности при минимизации использования ресурсов является залогом высокой экономической эффективности производства.

Материал и методика исследования. Исследования по изучению влияния доз минеральных удобрений в зернопаропропашном севообороте на агрохимические показатели, урожайность, качество зерна и экономическую эффективность возделывания озимой пшеницы проводились в 2012-2020 гг., в многолетнем стационарном многофакторном полевом опыте ФГБНУ «Курский ФАНЦ» - ВНИИ земледелия и защиты почв от эрозии, заложенном в 1984 году на водораздельном плато, склонах северной и южной экспозиций.

В зернопаропропашном севообороте (чистый пар - озимая пшеница - кукуруза на зеленый корм - ячмень) при отвальной основной обработке почвы изучались следующие дозы удобрений: без внесения минеральных удобрений, с внесением $N_{20}P_{40}K_{40}$ и $N_{40}P_{80}K_{80}$ под озимую пшеницу. Площадь делянок 100 м^2 , размещение делянок рендомизированное, повторность - двукратная. Учёт урожайности проводили методом прямой механизированной уборки. Экспериментальные данные обрабатывались методом дисперсионного и корреляционного анализов [7].

Почва опытного участка представлена черноземом типичным среднесуглинистым с исходным содержанием гумуса в слое 0-20 см на водораздельном плато - 6,6 %, на склоне северной экспозиции - 6,5 %, на склоне южной экспозиции - 5,2 %. Агрометеорологические условия в период весенне-летней вегетации озимой пшеницы с апреля по июль можно характеризовать - как засушливые (2012 г., ГТК = 0,86), избыточно увлажнённые (2016 г., ГТК = 1,80), достаточно увлажнённые (2020 г., ГТК = 1,60).

Результаты исследования. Результаты проведенных исследований (таблица 1) показали, что в 9-й ротации зернопаропропашного севооборота при отвальной обработке почвы наибольшее количество гумуса содержалось в пахотном слое почвы на водораздельном плато - в среднем 5,24%, на склоне северной экспозиции оно равнялось 5,06 %, на склоне южной экспозиции было самым низким - 4,71 %. Более низкое содержание гумуса на склоне южной экспозиции можно объяснить тем, что

здесь активнее осуществляются процессы минерализации гумуса, чем на водораздельном плато и склоне северной экспозиции. Результаты корреляционного анализа показали, что содержание гумуса в почве имело среднюю отрицательную зависимость с экспозицией склона ($r = -0,60$) и среднюю положительную зависимость с дозами минеральных удобрений ($r = 0,31$).

По сравнению с исходным состоянием, за 35 лет ведения опыта на водораздельном плато произошло снижение содержания гумуса в пахотном слое в среднем на 1,36 %, на склоне северной экспозиции - на 1,44 %, на склоне южной экспозиции - на 0,49 %. Наибольшее снижение содержания гумуса на всех изучаемых элементах рельефа происходило в вариантах без внесения минеральных удобрений. Характерно, что внесение одинарных и двойных доз минеральных удобрений в севооборотах также не способствовало его стабилизации. Основная причина - отсутствие органических удобрений и в зернопаропропашном севообороте наличие в структуре посевных площадей чистого пара.

Величина pH_{KCl} (таблица 1) в значительной мере определяется различиями микроклимата полярных склонов и степенью развития эрозийных процессов. На склоне северной экспозиции более глубокое промачивание почвы весной обуславливает вымывание карбонатов кальция на глубину более 80 см, что сопровождается подкислением пахотного слоя почвы. Минимальные значения pH_{KCl} здесь составляли 5,3 (почва слабокислая), максимальные - 5,9 (реакция среды близкая к нейтральной). На более эродированном склоне южной экспозиции вовлечение в пахотный слой нижележащих горизонтов почвенного профиля и восходящая миграция солей, связанная с иссушением почвы в летний период, обычно сопровождается значительным снижением кислотности и даже слабым подщелачиванием почвы. В наших исследованиях, значение pH_{KCl} в пахотном слое почвы на южном склоне в среднем составляло 7,2, на водораздельном плато - 5,7. Больше изменение pH_{KCl} произошло на водораздельном плато, на склонах северной и южной экспозиций, уровень кислотности мало изменился. Величина pH_{KCl} имела сильную положительную зависимость с экспозицией склона ($r = 0,86$) и слабую положительную зависимость с дозами минеральных удобрений ($r = 0,19$).

Таблица 1 – Изменение содержание гумуса и pH_{KCl} почвы в зависимости от доз минеральных удобрений на различных элементах рельефа

Варианты опыта	Общий гумус, %		pH_{KCl}	
	9-я ротация	$\pm$ к 1984 г.	9-я ротация	$\pm$ к 1984 г.
Водораздельное плато				
Без удобрений	5,07	-1,53	5,4	-1,1
$N_{20}P_{40}K_{40}$	5,23	-1,37	5,5	-1,0
$N_{40}P_{80}K_{80}$	5,43	-1,17	6,3	-0,2
Склон северной экспозиции				
Без удобрений	5,03	-1,47	5,3	-0,4
$N_{20}P_{40}K_{40}$	5,08	-1,42	5,9	0,2
$N_{40}P_{80}K_{80}$	5,07	-1,43	5,3	-0,4
Склон южной экспозиции				
Без удобрений	4,64	-0,56	7,1	-0,3
$N_{20}P_{40}K_{40}$	4,70	-0,50	7,2	-0,2
$N_{40}P_{80}K_{80}$	4,79	-0,41	7,3	-0,1

Таблица 2 – Изменение содержание питательных элементов в почве в зависимости от доз минеральных удобрений на различных элементах рельефа

Варианты опыта	Nщ.г., мг/100г		P_2O_5 , мг/100г		K_2O , мг/100г	
	9-я ротация	$\pm$ к 1984 г.	9-я ротация	$\pm$ к 1984 г.	9-я ротация	$\pm$ к 1984 г.
Водораздельное плато						
Без удобрений	16,59	-2,41	17,4	0,6	10,5	-1,2
$N_{20}P_{40}K_{40}$	16,69	-2,31	19,2	2,4	11,1	-0,6
$N_{40}P_{80}K_{80}$	17,25	-1,75	27,2	10,4	13,1	1,4
Склон северной экспозиции						
Без удобрений	15,29	-2,71	11,1	1,8	9,3	0,5
$N_{20}P_{40}K_{40}$	15,70	-2,30	13,9	4,6	10,8	2,0
$N_{40}P_{80}K_{80}$	16,16	-1,84	14,6	5,3	10,4	1,6
Склон южной экспозиции						
Без удобрений	13,88	-2,12	19	7,4	14,8	5,6
$N_{20}P_{40}K_{40}$	13,86	-2,14	17,8	6,2	15,0	5,8
$N_{40}P_{80}K_{80}$	14,01	-1,99	18,5	6,9	16,6	7,4

Содержание щелочногидролизуемого азота (таблица 2) на водораздельном плато снизилось за изучаемый период в среднем на 2,16 %, на склоне северной экспозиции - на 2,28 %; на склоне южной экспозиции – на 2,08 %, по сравнению с исходными значениями. Склоны южной экспозиции отличаются большей степенью эродированности, на них более выражены процессы выноса питательных элементов, поэтому содержание азота на этих склонах более низкое.

Обеспеченность почвы щелочногидролизуемым азотом была меньше в неудобренных вариантах на всех изучаемых элементах рельефа. Снижение его содержания происходило как в неудобренных, так и в удобренных вариантах. Причина снижения, с одной стороны, в уменьшении содержания гумуса в почве, с другой стороны, вносимое количество азота с минеральными удобрениями не в полной мере компенсировало его потери с выносом урожаем культур севооборота [8, 9]. Другие факторы снижения со-

держания азота – отчуждение с поля побочной продукции, денитрификация, нейтральная и слабокислая реакция среды при внесении удобрений, благоприятные гидротермические условия для перехода легкорастворимых форм азота в минеральные. Для обогащения почвы азотом важнейшее значение имеет внесение минеральных удобрений.

Средняя концентрация щелочногидролизуемого азота в пахотном слое почвы на водораздельном плато и склоне северной экспозиции в исследуемых вариантах соответствовала среднему уровню обеспеченности, на склоне южной экспозиции - низкой степени обеспеченности. Содержание щелочно-гидролизуемого азота в почве имело среднюю отрицательную зависимость с экспозицией склона ($r = -0,60$) и слабую положительную связь с дозами минеральных удобрений ($r = 0,18$).

Исходное содержание подвижного фосфора и обменного калия в начале закладки опыта до-

вольно сильно различалось по элементам рельефа. На водораздельном плато содержание подвижного фосфора составляло 16,8 мг/100 г почвы, обменного калия 11,7 мг/100 г почвы; на склоне южной экспозиции – 11,6 и 9,2 мг/100 г почвы, на склоне северной экспозиции – 9,3 и 8,8 мг/100г почвы соответственно. Наибольшим содержанием изучаемых элементов питания в 9-й ротации севооборота (таблица 2) характеризовалось водораздельное плато: P_2O_5 - 17,4-27,2 мг/100 г почвы (высокий и очень высокий уровень обеспеченности) и K_2O - 10,5-13,1 мг/100 г (повышенное и высокое содержание). На склоне северной экспозиции содержание подвижного фосфора и обменного калия повышенное – 11,1-14,6 мг/100г почвы и 9,3-10,8 мг/100 г почвы соответственно. На склоне южной экспозиции - высокая степень обеспеченности P_2O_5 (17,8-19,0 мг/100 г почвы) и K_2O (14,8-16,6 мг/100 г почвы). За годы исследований повышение содержания подвижного фосфора в пахотном слое почвы на водораздельном плато составило в среднем 4,5 мг на 100 г почвы, на склоне северной экспозиции – 3,9 мг на 100 г почвы, на склоне южной экспозиции – 6,8 мг на 100 г почвы, по сравнению с исходным содержанием. Повышение содержания обменного калия на склоне северной экспозиции составило в среднем 1,37 мг на 100 г почвы, на склоне южной экспозиции – 6,3 мг на 100 г почвы. На водораздельном плато содержание обменного калия снизилось в среднем на 0,4 мг на 100 г почвы. Зависимость содержания подвижного фосфора с экспозицией склона и дозами минеральных удобрений средняя положительная

($r = 0,50$ и $r = 0,41$ соответственно). Содержание обменного калия имело сильную положительную зависимость с экспозицией склона ($r = 0,90$) и среднюю положительную зависимость с дозами минеральных удобрений ($r = 0,31$).

Урожайность сельскохозяйственных культур является интегральным показателем оценки изучаемых факторов. В ландшафтном земледелии нельзя недооценивать важность фактора «рельеф», в данном случае, водораздельное плато и склоны северной и южной экспозиций. В наших исследованиях установлена сильная обратная связь урожайности озимой пшеницы с условиями вегетации на водораздельном плато и склонах полярных экспозиций ($r = -0,70$).

Как видно из рисунка 1, в засушливом 2012 г. наиболее высокая урожайность озимой пшеницы получена на склоне северной экспозиции – 2,65-3,05 т/га, на водораздельном плато она составила 1,72-2,06 т/га, самой низкой урожайность была на склоне южной экспозиции – 1,43-1,88 т/га.

В избыточно увлажненном 2016 г. урожайность озимой пшеницы на водораздельном плато варьировала от 4,07 до 4,62 т/га, на склоне северной экспозиции – от 3,00 до 4,31 т/га, на склоне южной экспозиции – от 2,33 до 2,80 т/га.

В достаточно увлажненном 2020 г. урожайность озимой пшеницы на водораздельном плато составила 3,09-4,45 т/га, на склонах северной и южной экспозиций соответственно – 3,02-5,04 т/га и 3,05-3,87 т/га. Средняя урожайность за годы исследований была выше на склоне северной экспозиции – 2,89-4,10 т/га в зависимости от доз вносимых удобрений.

Рисунок 1 - Влияние доз минеральных удобрений в зависимости от местоположения в рельефе на урожайность озимой пшеницы (где: 0 – без удобрений, 100 – доза удобрений $N_{20}P_{40}K_{40}$, 200 – доза удобрений $N_{40}P_{80}K_{80}$)

Внесение минеральных удобрений способствовало повышению урожайности озимой пшеницы. Урожайность озимой пшеницы имела среднюю положительную зависимость с дозами минеральных удобрений ($r = 0,62$), сильную положительную зависимость с содержанием азота в почве ($r = 0,74$), среднюю отрицательную связь с кислотностью почвы ($r = -0,59$).

Наиболее высокие прибавки от внесения минеральных удобрений (таблица 3) получены при возделывании озимой пшеницы на склоне северной экспозиции: при дозе $N_{20}P_{40}K_{40}$ – 0,84 кг зерна / кг д.в., при дозе $N_{40}P_{80}K_{80}$ – 1,21 кг зерна / кг д.в. Самые низкие прибавки от удобрений на склоне южной экспозиции – 4,4 и 2,9 кг зерна / кг д.в.

Аналогично и окупаемость минеральных удобрений на склоне северной экспозиции выше на 2,9 и 2,3 кг зерна / кг д.в., по сравнению с водораздельным плато и на 4,0 и 3,1 кг зерна / кг д.в., по сравнению со склоном южной экспозиции.

Содержание клейковины в зерне озимой пшеницы было больше при возделывании ее на склоне северной экспозиции - в среднем на 0,5 %, по сравнению с водораздельным плато и на 2,7 %, по сравнению со склоном южной экспозиции.

Содержание белка в зерне озимой пшеницы при возделывании ее на склоне северной экспозиции составило в среднем 13,1%, на водораздельном плато – 12,8 %, на склоне южной экспозиции – 12,9 %.

Таблица 3 – Средняя урожайность озимой пшеницы и окупаемость минеральных удобрений в зависимости от местоположения в рельефе

Минеральные удобрения	Урожайность, т/га	Прибавка от удобрений, +/- т/га	Окупаемость удобрений, кг зерна / кг д.в.
Водораздельное плато			
Без удобрений	2,96	-	-
$N_{20}P_{40}K_{40}$	3,51	+0,55	5,5
$N_{40}P_{80}K_{80}$	3,70	+0,74	3,7
Склон северной экспозиции			
Без удобрений	2,89	-	-
$N_{20}P_{40}K_{40}$	3,73	+0,84	8,4
$N_{40}P_{80}K_{80}$	4,10	+1,21	6,0
Склон южной экспозиции			
Без удобрений	2,27	-	-
$N_{20}P_{40}K_{40}$	2,71	+0,44	+4,4
$N_{40}P_{80}K_{80}$	2,85	+0,58	+2,9
HCP_{05}		0,38

Рисунок 2 - Влияние доз минеральных удобрений в зависимости от местоположения в рельефе на показатели качества зерна озимой пшеницы (где: 0 – без удобрений, 100 – доза удобрений $N_{20}P_{40}K_{40}$, 200 – доза удобрений $N_{40}P_{80}K_{80}$)

На рисунке 2 показано как изменялось содержание клейковины и белка в зерне озимой пшеницы в зависимости от доз вносимых минеральных удобрений на различных элементах рельефа.

Внесение минеральных удобрений способствовало в большинстве случаев достоверному повышению содержания клейковины и белка в зерне озимой пшеницы (таблица 4). Содержание клейковины и белка в зерне озимой пшеницы имело сильную положительную связь с дозами минеральных удобрений ($r = 0,75$ и $r = 0,93$ соответственно).

Результаты корреляционного анализа показали, что содержание клейковины в зерне озимой пшеницы имело среднюю положительную связь с содержанием азота ($r = 0,65$) и среднюю отрицательную связь с кислотностью почвы ($r = -0,46$).

Одним из важнейших показателей экономической эффективности, наиболее полно характеризующих доходность сельскохозяйственного производства, являются прибыль и рентабельность. Чем выше уровень рентабельности, тем эффективнее производство.

Результаты проведенных исследований показали, что в большинстве случаев наиболее высокая рентабельность при производстве зерна озимой пшеницы (таблица 5) получена в вариантах без внесения минеральных удобрений. Однако, без внесения минеральных удобрений, при возделывании сельскохозяйственных культур неизбежно снижение по-

тенциального плодородия почвы, резкое падение урожайности сельскохозяйственных культур на почвах с низким эффективным плодородием почвы в неблагоприятные по погодным условиям годы.

Наиболее эффективным на всех элементах рельефа было возделывание озимой пшеницы в вариантах с внесением минеральных удобрений в дозе $N_{20}P_{40}K_{40}$, по сравнению с вариантами с внесением минеральных удобрений в дозе $N_{40}P_{80}K_{80}$. При внесении минеральных удобрений в дозе $N_{20}P_{40}K_{40}$ эффективнее было возделывание озимой пшеницы на склоне северной экспозиции, где себестоимость зерна озимой пшеницы при урожайности 3,73 т/га составила 5748,16 руб./т, прибыль – 15859,35 руб./га, рентабельность производства – 74,0 %. При возделывании на водораздельном плато себестоимость зерна озимой пшеницы была выше на 352,43 руб., рентабельность ниже на 10,1 %. Самая низкая урожайность, высокая себестоимость зерна и низкая рентабельность была получена на менее плодородном склоне южной экспозиции.

При внесении минеральных удобрений в дозе $N_{40}P_{80}K_{80}$ себестоимость зерна озимой пшеницы выше, рентабельность ниже на всех элементах рельефа, по сравнению с вариантами с внесением минеральных удобрений в дозе $N_{20}P_{40}K_{40}$. Это можно объяснить незначительными различиями в урожайности между изучаемыми уровнями фактора «минеральные удобрения».

Таблица 4 – Показатели качества зерна озимой пшеницы в зависимости от местоположения в рельефе и доз минеральных удобрений

Минеральные удобрения	Содержание клейковины, %	Прибавка от удобрений, +/- %	Содержание белка, %	Прибавка от удобрений, +/- %
Водораздельное плато				
Без удобрений	24,9	-	12,4	-
$N_{20}P_{40}K_{40}$	26,3	1,4	12,9	0,5
$N_{40}P_{80}K_{80}$	27,3	2,4	13,1	0,7
Склон северной экспозиции				
Без удобрений	24,3	-	12,5	-
$N_{20}P_{40}K_{40}$	27,2	2,9	13,0	0,5
$N_{40}P_{80}K_{80}$	28,6	4,3	13,7	1,2
Склон южной экспозиции				
Без удобрений	22,3	-	12,2	-
$N_{20}P_{40}K_{40}$	23,6	1,3	12,8	0,6
$N_{40}P_{80}K_{80}$	26,0	3,7	13,6	1,4
НСР ₀₅		1,40		0,45

Таблица 5 – Экономическая эффективность возделывания озимой пшеницы в зависимости от доз минеральных удобрений на различных элементах рельефа

Показатели	Минеральные удобрения, кг д.в./га		
	Без удобрений	N ₂₀ P ₄₀ K ₄₀	N ₄₀ P ₈₀ K ₈₀
Водораздельное плато			
Урожайность, т/га	2,96	3,51	3,70
Стоимость продукции, руб.	29600	35100	37000
Прямые затраты, руб./га	16778,75	21413,06	25873,36
Себестоимость продукции, руб./т	5668,50	6100,59	6992,80
Прибыль, руб./га	12821,25	13686,94	11126,64
Рентабельность производства, %	76,4	63,9	43,0
Склон северной экспозиции			
Урожайность, т/га	2,89	3,73	4,10
Стоимость продукции, руб.	28900	37300	41000
Прямые затраты, руб./га	16828,42	21440,65	25873,36
Себестоимость продукции, руб./т	5822,98	5748,16	6310,58
Прибыль, руб./га	12071,58	15859,35	15126,64
Рентабельность производства, %	71,7	74,0	58,5
Склон южной экспозиции			
Урожайность, т/га	2,27	2,71	2,85
Стоимость продукции, руб.	22700	27100	28500
Прямые затраты, руб./га	16675,69	21304,30	25751,92
Себестоимость продукции, руб./т	7346,12	7861,37	9035,76
Прибыль, руб./га	6024,31	5795,70	2748,08
Рентабельность производства, %	36,1	27,2	10,7

Выводы. В зернопаропропашном севообороте в вариантах как без внесения минеральных удобрений длительное время, так и при их внесении происходило постепенное снижение эффективного плодородия почвы. За 35 лет ведения опыта на водораздельном плато произошло снижение содержания гумуса в среднем на 1,36 %, на склоне северной экспозиции – на 1,44 %, на склоне южной экспозиции – на 0,49 %, по сравнению с исходным состоянием. Содержание щелочногидролиземого азота на водораздельном плато снизилось за изучаемый период в среднем на 2,16 %, на склоне северной экспозиции – на 2,28 %; на склоне южной экспозиции – на 2,08 %. Причина снижения, с одной стороны, в уменьшении содержания гумуса в почве, с другой стороны, вносимое количество азота с минеральными удобрениями не в полной мере компенсировало его потери с выносом урожаем культур севооборота. Наблюдалось повышение содержания подвижного фосфора и обменного калия при внесении минеральных удобрений. Больше изменение рН_{KCl} произошло на водораздельном плато, на склонах северной и южной экспозиций уровень кислотности мало изменился. Урожайность в среднем за годы исследований была выше на склоне северной экспозиции и составила 2,89-

4,10 т/га. Внесение минеральных удобрений способствовало достоверному повышению урожайности и содержания клейковины и белка в зерне озимой пшеницы. Результаты корреляционного анализа показали, что урожайность озимой пшеницы имела среднюю положительную связь с дозами минеральных удобрений ($r = 0,62$); содержание клейковины и белка в зерне озимой пшеницы имело сильную положительную связь с дозами минеральных удобрений ($r = 0,75$ и $r = 0,93$ соответственно). Наиболее эффективным на всех элементах рельефа было возделывание озимой пшеницы в вариантах с внесением минеральных удобрений в дозе N₂₀P₄₀K₄₀. При внесении минеральных удобрений в дозе N₂₀P₄₀K₄₀ эффективнее было возделывание озимой пшеницы на склоне северной экспозиции, где себестоимость зерна озимой пшеницы при урожайности 3,73 т/га составила 5748,16 руб./т, прибыль – 15859,35 руб./га, рентабельность производства – 74,0 %. При возделывании на водораздельном плато себестоимость зерна озимой пшеницы была выше на 352,43 руб., рентабельность ниже на 10,1 %. Самая низкая урожайность, высокая себестоимость зерна и низкая рентабельность были получены на менее плодородном склоне южной экспозиции. При внесении минеральных удобрений в дозе

N₄₀P₈₀K₈₀ себестоимость зерна озимой пшеницы выше, рентабельность ниже на всех элементах рельефа, по сравнению с вариантами с внесением минеральных удобрений в дозе

N₂₀P₄₀K₄₀. Это можно объяснить незначительными различиями в урожайности между изучаемыми уровнями фактора «минеральные удобрения».

Список использованных источников

1. Дубовик Д.В. Формирование качества зерна озимой пшеницы на склоновых землях Центрального Черноземья. – Курск: Изд-во Курск. гос. ун-т, 2011. – 137 с.
2. Гостев А.В. Эффективность технологий различного уровня интенсивности при возделывании зерновых культур на черноземных почвах Центрального Черноземья. – Курск: ФГБНУ ВНИИЗиЗПЭ, 2017. – 160 с.
3. Воронин А.Н., Мельников В.И. Влияние элементов способов земледелия на продуктивность чернозема // Земледелие. – 2014. – №5. – С. 9-12.
4. Кирюшин В.И. Минеральные удобрения как ключевой фактор развития сельского хозяйства и оптимизации природопользования // Достижения науки и техники АПК. – 2016. – №3. – Т.30. – С. 19-25.
5. Шустикова Е.П., Шаповалова Н.Н. Урожайность озимой пшеницы в зависимости от предшественника, минеральных удобрений и условий увлажнения в длительном полевом опыте на черноземе обыкновенном // Агрохимия. – 2012. – № 7. – С. 48-56.
6. Айдиев А.Я., Лазарев В.И., Котельникова М.Н. Совершенствование технологий возделывания озимой пшеницы в условиях Курской области // Земледелие. – 2017. – №1. – С. 37-39.
7. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Колос. – 1985. – 416 с.
8. Долгополова Н.В., Широких Е.В. Изменение запаса органического вещества чернозема типичного в зависимости от вида, эродированности и местоположения угодий // Региональный вестник. – 2015. – № 1. – С. 26-30.
9. Долгополова Н.В. Биологическая система земледелия и воспроизводство плодородия почвы в лесостепи Центрального Черноземья // Региональный вестник. – 2016. – № 2 (3). – С. 29-32.

List of sources used

1. Dubovik D.V. The formation of winter wheat grain quality on sloping lands of Central Chernozem Region. The Publishing House of Kursk State University, 2011. – 137 p.
2. Gostev A.V. The efficiency of technologies of different intensity levels when cultivating cereal crops on chernozem soils of Central Chernozem Region. – Kursk: FSBSI All-Russia Research Institute of Arable Farming and Soil Erosion Control, 2017.
3. Voronin A.N., Melnikov V.I. The effect of the elements of arable farming methods on chernozem productivity // Zemledelie. – 2014. – N 5. –P. 9-12.
4. Kiryushin V.I. Mineral fertilizers as a key factor of agricultural development and optimization of nature management // Advances in Science and Technology of Agro-Industrial Complex. – 2016. – N 3. – V. 30. – P. 19-25.
5. Shustikova E.P., Shapovalova N.N. Winter wheat yield depending on a preceding crop, mineral fertilizers and moistening conditions in a long-term field experiment on ordinary chernozem // Agrochemistry. – 2012. – N 7. P. 48-56.
6. Aidiev A.Ya., Lazarev V.I., Kotelnikova M.N. The improvement of the technologies of winter wheat cultivation in Kursk Region // Zemledelie. – 2017. – N 1. – P. 37-39.
7. Dospekhov B.A. Methods of the field experiment. – Moscow: Kolos. – 1985. – 416 p.
8. Dolgopolova N.V., Shirokikh E.V. Changes in the stock of organic matter in typical chernozem depending on the species, erosion and location of the land // Regional Bulletin. – 2015. – No. 1. – P. 26-30.
9. Dolgopolova N.V. Biological system of agriculture and reproduction of soil fertility in the forest-steppe of the Central Black Earth Region // Regional Bulletin. – 2016. – No. 2 (3). – S. 29-32.