



Научная статья
УДК 631.51: 633.853.483
doi: 10.55186/25876740_2024_67_5_570

ЭФФЕКТИВНОСТЬ СИСТЕМ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ НА РАЗЛИЧНЫХ ФОНАХ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ГОРЧИЦЫ

Е.В. Кузина

Ульяновский научно-исследовательский институт сельского хозяйства им. Н.С. Немцова — филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки Самарского федерального исследовательского центра Российской академии наук, Ульяновск, Россия

Аннотация. Горчица является ценным источником получения высококачественного масла, обладает фитомелиоративными и фитосанитарными свойствами, широко используется в разных отраслях промышленности. В данное время мало изучены требования горчицы к обработке почвы и уровню питания, поэтому целью наших исследований было определение продуктивности, экономической и энергетической эффективности возделывания горчицы в зависимости от систем обработки почвы на различных фонах питания. В статье приведены результаты комплексного исследования, проведённого в условиях лесостепи Среднего Поволжья. Установлено, что наибольшая урожайность достигалась на удобренном фоне. Однако из-за низкой продуктивной влаги в почве минеральные удобрения не дали должного эффекта, в среднем по вариантам обработки увеличение урожайности относительно не удобренного фона не превышало 0,19 т/га. Наиболее эффективное сочетание удобрений и способов основной обработки проявилось на варианте с дифференцированной обработкой, где прибавка при внесении $N_{30}P_{30}K_{30}$ составила 0,25 т/га, относительно естественного фона соответствующей обработки и 0,33 т/га, в сравнении с не удобренным вариантом вспашки. Показано, что наибольшая отзывчивость в сборе семян от удобрений, наблюдавшаяся на варианте с дифференцированной обработкой, обеспечила максимальную прибавку урожая от применения удобрений в размере 1,25 кг семян на каждый килограмм удобрений. И окупала денежные затраты, которые пошли на приобретение и внесение удобрений соответственно на 126%, против контроля, где окупаемость не превышала 90%. Экономически эффективной оказалась дифференцированная в севообороте обработка почвы, где с 1 га было получено 21863 руб. прибыли с уровнем рентабельности 199%, что на 32% и 71% выше показателей полученных на варианте с ежегодной отвальной обработкой. Коэффициент энергетической эффективности, возделывания горчицы по вариантам опыта изменялся от 0,95 до 1,33. Окупаемость энергетических затрат выходом валовой энергии была ниже на мелкой весенней обработке по сравнению с контрольным и другими вариантами на 0,14-0,38 ед., что было связано со сравнительно невысоким накоплением энергии в урожае. Наибольшие значения получены на вариантах с дисковой и дифференцированной обработкой почвы, где показатели были на 21-22% выше по сравнению со вспашкой.

Ключевые слова: обработка почвы, горчица, минеральные удобрения, экономическая эффективность, рентабельность, урожайность

Original article

EFFICIENCY OF SOIL TILLAGE SYSTEMS AT DIFFERENT BACKGROUND OF MINERAL FERTILIZERS IN THE CULTIVATION OF MUSTARD

E.V. Kuzina

Ulyanovsk Scientific Research Institute of Agriculture named after N.S. Nemtsev — Branch of the Federal State Budgetary Institution of Science of the Samara Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Ulyanovsk, Russia

Abstract. Mustard is a valuable source of high-quality oil, has phytomeliorative and phytosanitary properties, and is widely used in various industries. At this time, the requirements of mustard for soil cultivation and nutrition levels have been little studied, so the purpose of our research was to determine the productivity, economic and energy efficiency of mustard cultivation depending on soil cultivation systems on different nutritional backgrounds. The article presents the results of a comprehensive study conducted in the forest-steppe conditions of the Middle Volga region. It was found that the highest yield was achieved on a fertilized background. However, due to low productive moisture in the soil, mineral fertilizers did not give the desired effect; on average, for the treatment options, the increase in yield relative to the unfertilized background did not exceed 0.19 t/ha. The most effective combination of fertilizers and main treatment methods was evident in the variant with differentiated treatment, where the increase when applying $N_{30}P_{30}K_{30}$ was 0.25 t/ha relative to the natural background of the corresponding treatment and 0.33 t/ha in comparison with the unfertilized plowing variant. It was shown that the greatest responsiveness in the collection of seeds from fertilizers, observed in the variant with differentiated treatment, provided the maximum increase in yield from the use of fertilizers in the amount of 1.25 kg of seeds per kilogram of fertilizers. And it paid back the cash costs that went into purchasing and applying fertilizers by 126%, respectively, against the control, where the payback did not exceed 90%. Tillage differentiated in crop rotation turned out to be economically effective, where 21,863 rubles were received from 1 hectare. profits with a profitability level of 199%, which is 32% and 71% higher than the indicators obtained in the option with annual dump processing. The energy efficiency coefficient of mustard cultivation according to the experimental variants varied from 0.95 to 1.33. The return on energy costs in terms of gross energy yield was 0.14-0.38 lower in small-scale spring cultivation compared to the control and other options, which was due to the relatively low accumulation of energy in the crop. The highest values were obtained in variants with disk and differentiated tillage, where the indicators were 21-22% higher compared to plowing.

Keywords: tillage, mustard, mineral fertilizers, economic efficiency, profitability, productivity

Введение. Горчица белая может возделываться вплоть до полярного круга, давая высокие урожаи. Поэтому изучение горчицы белой, оценка ее урожайности и определение энерго-экономической эффективности имеет большое значение для сельскохозяйственного производства [1,2].

Складывающийся в последние годы переход к адаптивной интенсификации растениеводства ориентирует развитие земледелия на ресурсоэнергоэкономичность, экологическую безопасность и рентабельность. При этом не надо забывать, что самой энергоёмкой операцией при возделывании сельскохозяйственных

культур — до 40% энергетических и 25% трудовых затрат — является основная обработка почвы [3,4,5], что вызывает необходимость дальнейшего совершенствования системы обработки почвы в направлении ее минимизации.

Особое значение в связи с этим приобретает разработка и освоение инновационных



технологий возделывания сельскохозяйственных культур и в том числе горчицы. Ресурсосбережение является важной составной частью адаптивной стратегии интенсификации растениеводства. Получение высоких стабильных урожаев сельскохозяйственных культур при максимально возможном снижении затрат на их возделывание и одновременном сохранении почвенного плодородия является приоритетной задачей современного земледелия [6].

Новые технологические приёмы, используемые в конкретных экологических условиях, требуют объективной экономической оценки их преимуществ или недостатков. Одним из основных путей её решения является совершенствование систем обработки почвы в направлении сокращения энергозатрат и уменьшения отрицательного механического воздействия на почву [7,8,9].

Многие ученые пришли к выводу, что система обработки почвы в севообороте должна быть дифференцированной, разноглубинной и строиться с учетом почвенно-климатических условий и биологических особенностей выращиваемых культур [10,11,12].

Горчица, исходя из биологических и генетических особенностей, предъявляет определенные требования, как к глубине обработки почвы, так и к условиям минерального питания. Поэтому важно не только определить подходящие системы обработки почвы, но и найти оптимальные уровни питания, чтобы реализовать максимальный потенциал культуры [13].

В научной литературе и производственных кругах нет единого мнения об эффективности и целесообразности минимализации обработки почвы под горчицу, мало изучены требования горчицы к уровню питания. Необходимость решения этих вопросов определяет актуальность наших исследований.

Условия и методика проведения исследований. Двухфакторный полевой опыт заложен на стационарных участках отдела земледелия и технологий возделывания сельскохозяйственных культур Ульяновского НИИСХ — филиала СамНЦ РАН в лесостепной зоне Среднего Поволжья. Исследования проводились в 2021-2023 гг.

Материалом для исследования ил служил сорт белой горчицы Ария (*Sinapis alba L.*) — Раннеспелый. Предназначен для возделывания на семена, зеленую массу, сидерат. Урожайность семян 6,2-12,1 ц/га, зеленой массы — 108-203 ц/га. Масса 1000 семян 5,6 г. Vegetационный период 74-81 день. Высота растений 102 см. Устойчивость к полеганию — 5 баллов, к осыпанию и засухе — 4 балла.

Двухфакторная схема опыта предусматривала изучение минимализации основной обработки почвы, как самого энергозатратного элемента технологии возделывания горчицы на различных фонах удобренности. Она включала в себя шесть систем основной обработки почвы: 1. Отвальная — (вспашка на 20-22 см ПЛН-4-35) **контроль**; 2. Дифференцированная разноглубинная — (чередование вспашки на 25-27 см ПЛН-4-35 и дискования на 6-8см); 3. Без основной осенней обработки, весной мелкая мульчирующая обработка — (на 10-12 см АПК-3); 4. Мелкая гребнекульная (ОП-ЗС на 13--15см); 5. Поверхностная дисковая — (БДМУ на 6-8см); 6. Мелкая плоскорезная обработка — (КПШ-3 на 13-15см).

Эффективность систем обработки почвы в полевом севообороте изучалась на удобрен-

ном ($N_{30}P_{30}K_{30}$ — под предпосевную культивацию) и не удобренном фонах. В качестве минеральных удобрений применялась азофоска (с дозировкой NPK 16:16:16% д.в.).

Площадь одной деланки — 250 м². Повторность в опытах четырехкратная.

Предпосевная обработка почвы состояла из ранневесеннего боронования в апреле и предпосевной культивации. Посев проводили в первых числах мая сплошным способом сева с шириной междурядий 15 см, на глубину 3-4 см, нормой высева 1,5-2,0 млн шт. всхожих семян/га, дисковой сеялкой СЗ-5,4. Учет урожая горчицы проводился комбайном Полесье GS 812.

Почва опытного участка — чернозем слабывщелоченный среднетяжелый. По механическому составу она относится к тяжелым суглинкам. Содержание гумуса в слое 0-50 см составляет 5,8 до 6,1%. В пахотном слое содержится 226 мг/кг подвижного фосфора, 92 мг/кг почвы обменного калия.

Климат на территории проведения опыта умеренно-континентальный. Увлажнение приближается к нормальному. Территория Ульяновской области относится к лесостепной зоне, где средняя многолетняя годовая сумма осадков составляет 490 мм. В теплый период (апрель-октябрь) в среднем выпадает 292 мм, что более чем в полтора раза превосходит осадки холодного периода 198 мм (ноябрь-март). Среднегодовая температура воздуха составляет 4,3-5,1°C.

Метеорологические условия в годы проведения исследований были контрастными. Вариация погодно-климатических условий за время проведения исследований позволила определить влияние, как удобрений, так и обработки почвы на рост и развитие растений изучаемой в опыте культуры.

Типизация лет периода исследований на основе ГТК теплого периода свидетельствовала о том, что 2021 и 2023 сельскохозяйственные годы были сложными: осадков выпало на 38 и 44% ниже многолетней нормы (252 мм), температурный режим был выше средне многолетних показателей (+14,8 °C) на 1,6 и 2,7°C. Гидротермический коэффициент (ГТК) за май-июль составил 0,6 и 0,7 при норме 1,0. За вегетационный период 2020 года осадков выпало на 34% выше многолетней нормы с превышением температурного режима на 1,0°C. ГТК за май-июль составил 1,1.

Исследование проводили по общепринятым методикам. Структуру урожая определяли методом индивидуального анализа растений в снопах, отобранных с закрепленных площадок (по ГОСТ 28636-90). Математическую обработку урожайных данных проводили методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову.

Результаты и обсуждение. Опыты показали, что все элементы структуры урожая горчицы варьировали в той или иной степени под влиянием факторов внешней среды и в зависимости от технологии возделывания. Однако каждый из изучаемых факторов отличался своей спецификой влияния на тот или иной элемент структуры урожая горчицы. Число сохранившихся к уборке растений является основным показателем, определяющим структуру всего посева. В опытах, в зависимости от сочетания исследуемых факторов к уборке сохранялось, в среднем, от 120,2 до 146,4 раст./м². В наибольшей степени число сохранившихся к уборке растений горчицы зависело от способа обработки почвы. В среднем за годы исследований число

сохранившихся к уборке растений горчицы на контроле не превышало 127,1 шт./м² и составило 70%. На варианте с дифференцированной обработкой их число возрастало до 146 шт./м² или 79%. Применение плоскорезной, гребнекульной и дисковой обработки сопровождалось увеличением числа сохранившихся к уборке растений на 0,9-3,6-17,0 шт./м² относительно контроля. Различия, сравниваемых показателей между мелкой мульчирующей обработкой, проводимой весной и ежегодной отвальной вспашкой находились в пределах 6,9 шт./м² в пользу последней.

Внесение минеральных удобрений дозой $N_{30}P_{30}K_{30}$ в сравнении с вариантами, где минеральные удобрения не вносили, не обеспечило статистически значимого увеличения числа возшедших и сохранившихся к уборке растений. Различия между фонами по всхожести и сохранности растений горчицы не превышали 1%.

На массу 1000 семян статистически достоверное влияние оказывали только условия минерального питания, при внесении удобрений она возрастала на 8%. По вариантам обработки почвы, изменения этих показателей находились в пределах ошибки опыта. На беспашотных вариантах масса 1000 семян, в среднем за годы исследований, составила 3,8-4,0 г, на вариантах с дифференцированной и отвальной обработкой 4,0-3,9 г.

Совокупность элементов структуры урожая определяла уровень продуктивности масла семян горчицы в опытных посевах. Который существенно изменялся как по годам исследований, так и по вариантам опыта.

Анализ полученных нами экспериментальных данных позволяет заключить, что на урожайность горчицы оказывали влияние элементы технологии возделывания, которые проявлялись не в одинаковой степени. Если рассматривать урожайность в целом по двум фонам удобрения (средняя по фактору В), то видим, что максимальная продуктивность культуры формировалась на вариантах с дисковой и дифференцированной обработкой соответственно 1,08-1,09 т/га, что превышало показатель урожайности на контроле на 0,10-0,11т/га. При этом все бесплужные обработки по величине урожая семян горчицы не уступали контролю (вспашке на 20-22см) за исключением мелкой весенней обработки, где урожайность была ниже на 0,18 т/га при ($HCp_{0,05} AB=0,049$ т/га).

Как известно, основные элементы питания растений оказывают существенное влияние на биохимические и физиологические процессы, протекающие в растениях на протяжении всего периода вегетации и, следовательно, на величину и качество урожая. Эффективность применяемых удобрений определяется уровнем содержания элементов питания в почве, условиями влагообеспеченности, температурным режимом и биологическими особенностями сортов горчицы.

Внесение удобрений дало достоверную прибавку урожайности изучаемой культуры. В среднем по способам обработки почвы урожайность горчицы на естественном фоне плодородия составила 0,90 т/га. При внесении $N_{30}P_{30}K_{30}$ продуктивность повысилась относительно естественного фона на 0,19 т/га (табл. 1).

Благодаря минеральным удобрениям происходило выравнивание уровня урожайности на всех системах обработки почвы. Разница в показателях между вариантами обычной отвальной



и мелкими осенними обработками была несущественной и колебалась в пределах 0,01-0,03 т/га, что не превышало показателей НСР. Существенная разница наблюдалась между, такими вариантами обработки почвы, как вспашка, с одной стороны, и мелкая мульчирующая обработка проводимая весной, с другой (0,16 т/га).

Наибольшая отзывчивость в сборе семян от удобрений отмечалась на варианте с дифференцированной обработкой, где прибавка состава

вила — 0,25 т/га относительно не удобренного фона соответствующей обработки. На контроле при внесении $N_{30}P_{30}K_{30}$ урожайность культуры повысилась на 0,18 т/га. На оставшихся вариантах результативность применения минеральных удобрений составила 0,13-0,22 т/га, относительно естественного фона.

Таким образом, применение различных приемов в технологии возделывания горчицы обеспечило неодинаковые прибавки урожая

масла семян, поэтому условно чистый доход, себестоимость и рентабельность имели разные значения. Лучшие экономические показатели достигались в технологии, основанной на дифференцированной в севообороте обработке, которая позволила значительно снизить трудовые, энергетические и материально-денежные затраты на основную обработку почвы и при этом получить урожай выше, чем на вспашке.

Общие затраты на производство семян горчицы при ежегодной отвальной обработке составили в среднем 12875 руб./га, себестоимость 1 тонны семян — 11913 руб., на варианте с дифференцированной обработкой эти показатели были ниже соответственно на 15-25%. Условно чистый доход и рентабельность по вспашке составили 16524 руб./га и 128%, на варианте с дифференцированной обработкой эти показатели были выше на 32% и 71% (табл.2).

Варианты гребнекульной, плоскорезной и поверхностной обработки дисковой бороной по эффективности несколько уступали дифференцированной обработке, однако имели показатели лучше, чем на контроле. Они обеспечили снижение производственных затрат по сравнению с традиционной вспашкой соответственно на 12-13-15%, что позволило снизить себестоимость полученной продукции на 15-16-24% и повысить рентабельность производства на 39-66%.

При одинаковой цене реализации стоимость продукции находится в прямой зависимости от величины урожайности. Снижение урожайности горчицы на варианте с мелкой весенней обработкой повлекло за собой снижение прибыли с гектара пашни в связи, с чем себестоимость масла семян повышалась на 6%, а рентабельность их производства снижалась на 17%, по сравнению с контролем.

При расчете экономической эффективности применения удобрений на сегодня одним из объективных показателей является окупаемость единицы действующего вещества удобрений соответствующим количеством прибавки получаемой продукции. Из-за низкой продуктивной влаги в почве минеральные удобрения не дали должного эффекта. Использование минеральных удобрений позволило поднять выход семян с единицы площади в среднем по вариантам обработки всего на 0,19 т/га, что увеличило стоимость продукции на 21% по сравнению с не удобренным фоном. В тоже время затраты на производство продукции на удобренном фоне увеличивались на 77%, поэтому уровень рентабельности здесь был ниже на 105%, по сравнению с не удобренным фоном. В среднем по фону $N_{30}P_{30}K_{30}$ прибавка урожая от применения удобрений составила 0,95 кг масла семян на каждый килограмм удобрений и не окупала денежные затраты, которые пошли на приобретение и внесение удобрений.

Так как на различных вариантах обработки удобрения обеспечивали, не равную дополнительную прибавку урожая они различались по окупаемости единицы внесенных удобрений, дополнительно полученной прибавкой урожая. Наибольшая отзывчивость в сборе семян от удобрений, наблюдавшаяся на варианте с дифференцированной обработкой, обеспечила максимальную прибавку урожая от применения удобрений в размере 1,25 кг семян на каждый килограмм удобрений. И окупала затраты, соответственно на 126%, против контроля, где окупаемость не превышала 90%.

Таблица 1. Изменение урожайности горчицы в зависимости от систем обработки почвы, и внесения удобрений, т/га (2021-2023 гг.)

Table 1. Change in mustard yield depending on soil tillage and fertilization systems, t/ha (2021-2023)

Варианты обработки	Фон		Ср. по варианту
	$N_0P_0K_0$	$N_{30}P_{30}K_{30}$	
Отвальная на 20-22 см.	0,89	1,07	0,98
Дифференцированная	0,97	1,22	1,09
Мульчирующая на 10-12см (весной)	0,69	0,91	0,80
Гребнекульная на 13-15см	0,95	1,08	1,01
Дисковая на 6-8 см.	1,01	1,15	1,08
Плоскорезная на 13-15 см.	0,90	1,10	1,00
Среднее	0,90	1,09	-
НСР _{0,05}	A-0,035 (обработки)	B-0,020 (удобрения)	AB-0,049

Таблица 2. Экономическая эффективность возделывания горчицы в зависимости от систем обработки почвы и уровня удобрения (2021-2023 гг.)

Table 2. The economic efficiency of mustard cultivation depends on the tillage systems and the level of fertilization (2021-2023)

№ п/п	Фон	Урожайность, т/га	Стоимость продукции, руб./га	Производственные затраты, руб./га	Себестоимость 1 т зерна, руб.	Чистый доход, руб./га
1	$N_{30}P_{30}K_{30}$	1,07	32100	16058	12764	16042
	$N_0P_0K_0$	0,89	26700	9693	10891	17007
	Среднее	0,98	29400	12875	11913	16524
2	$N_{30}P_{30}K_{30}$	1,22	36600	14169	9646	22431
	$N_0P_0K_0$	0,97	29100	7804	7303	21296
	Среднее	1,09	32700	10986	8981	21863
3	$N_{30}P_{30}K_{30}$	0,91	27300	14556	13259	12744
	$N_0P_0K_0$	0,69	20700	8191	11871	12509
	Среднее	0,80	24000	11373	12600	12626
4	$N_{30}P_{30}K_{30}$	1,08	32400	14581	11279	17819
	$N_0P_0K_0$	0,95	28500	8216	8648	20284
	Среднее	1,01	30300	11398	10097	19051
5	$N_{30}P_{30}K_{30}$	1,15	34500	14169	10234	20331
	$N_0P_0K_0$	1,01	30300	7804	7727	22496
	Среднее	1,08	32400	10986	9061	21413
6	$N_{30}P_{30}K_{30}$	1,10	33000	14422	10930	18578
	$N_0P_0K_0$	0,90	27000	8057	8952	18943
	Среднее	1,0	30000	11239	10040	18760

Примечание под цифрами обозначены обработки почвы: 1-отвальная на 20-22 см; 2- дифференцированная; 3- мелкая мульчирующая на 10-12см (весной); 4- гребнекульная на 13-15см; 5- дисковая на 6-8 см; 6- плоскорезная на 13-15см.

Таблица 3. Энергетическая эффективность возделывания горчицы в зависимости от систем обработки почвы (2021-2023 гг.)

Table 3. Energy efficiency of mustard cultivation depending on soil treatment systems (2021-2023)

№ варианта	Средняя урожайность, т/га	Затраты совокупной энергии, МДж/га	Накопление основной и побочной энергии, МДж/га	Коэффициент энергетической эффективности
1	0,98	38600	42385	1,09
2	1,09	35320	47143	1,33
3	0,80	36357	34601	0,95
4	1,01	36495	43683	1,20
5	1,08	35320	46711	1,32
6	1,00	36090	43251	1,20



Энергетическая оценка позволяет сравнивать различные технологии с точки зрения расхода топлива важнейшего вида ресурсов. Затраты совокупной техногенной энергии при возделывании горчицы по вариантам опыта изменялись от 35320 МДж/га, на варианте поверхностной обработки дисковой борондой до 38600 МДж/га — на вспашке (табл. 3). Различия между этими вариантами составили 3280 МДж/га или 9%.

Максимальное количество биогенной энергии, накопленной в хозяйственно ценной части культуры, отмечалось на варианте с дифференцированной обработкой 47143 МДж/га. Различия в накоплении биогенной энергии между ежегодной отвальной и безотвальной обработками были в пределах 3-10%.

Мелкая весенняя обработка, несмотря на меньшие энергозатраты на технологию возделывания, снижала энергетическую эффективность, по сравнению со вспашкой, что объясняется недобором в накоплении энергии полученной продукции на 18%.

Коэффициент энергетической эффективности, возделывания горчицы с учетом затрат техногенной энергии по вариантам опыта изменялся от 0,95 до 1,33. Наибольшие значения были получены на варианте с дисковой и дифференцированной обработкой, что превысило его показатели по сравнению со вспашкой на 21-22%. Разница между отвальной, гребнекульсистой и плоскорезной обработками составила 10% в пользу последних.

Выводы. На основании проведенных исследований выявлено, что в условиях лесостепи Среднего Поволжья на выщелоченных черноземах более эффективной системой обработки почвы под горчицу является дифференцированная в севообороте обработка. Которая способствует наибольшей отзывчивости в сборе семян от удобрений, создает условия для увеличения урожая масла семян на 0,11т/га, и обеспечивает более высокую прибыль и уровень рентабельности на 32% и 71% по сравнению с ежегодной отвальной обработкой. Варианты гребнекульсистой, плоскорезной и поверхностной обработки дисковой борондой по эффективности несколько уступают дифференцированной обработке, однако имеют показатели лучше, чем на контроле. Они обеспечивают снижение производственных затрат по сравнению с традиционной вспашкой соответственно на 12-13-15%, что позволяет снизить себестоимость, полученной продукции на 15-16-24% и повысить рентабельность производства на 39-66%.

Самые высокие коэффициенты энергетической эффективности были выявлены при дисковой и дифференцированной обработке почвы, где показатель был на 21-22% выше, чем на вспашке. Последний показатель был на 10% выше при опалубочной, гребневой и плоскорезной вспашке.

Наибольшие значения коэффициента энергетической эффективности были получены на вариантах с дисковой и дифференцированной обработкой, где показатели были на 21-22% выше, чем на вспашке.

Список источников

1. Велкова Н.И., Наумкин В.П. Комплексное использование горчицы белой в народном хозяйстве. Монография. Орел: Картуш, 2021. 312с.
2. Романцевич Д.И., Мастеров А.С. Влияние азотных удобрений на урожайность семян горчицы белой // Главный агроном. 2020. № 4. С. 15-17.
3. Кузыченко Ю.А., Кулинцев В.В., Кобозев А.К. Эффективность обработки почвы в севооборотах на различных типах почв Центрального Предкавказья // Земледелие. 2017. № 4. С. 19-22.
4. Kozhevnikov N.V. Ecological and economic efficiency of tillage resource-saving technologies / N.V. Kozhevnikov, A.V. Zaushintsena, V.N. Romanov // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2019. P. 537. DOI: 10.1088/1757-899X/537/6/062007
5. Поляков Д.Г. Обработка почвы и прямой посев: агрофизические свойства черноземов и урожайность полевых культур // Земледелие. 2021. № 2. С. 37-43. DOI: 10.24411/0044-3913-2021-10208
6. Ситдииков И.Г., Фомин В.Н., Нафиков М.М. Влияние приёмов основной обработки почвы, удобрений и средств защиты растений на продуктивность ячменя // Достижения науки и техники АПК. 2011. № 8. С. 36-39.
7. Ткачук О.А., Павликова Е.В. Сравнительная оценка энергетической эффективности агротехнических приемов в полевых севооборотах лесостепи Среднего Поволжья // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 1-1. <http://science-education.ru/ru/article/view?id=18807> (дата обращения: 02.04.2024).
8. Зудилин С.Н., Гниломедов Ю.А. Эффективность основной обработки почвы при возделывании яровой пшеницы в лесостепи Среднего Поволжья // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2017. № 4. С. 11-15.
9. Усовершенствование и новые методы механической обработки почвы и приемы применения удобрений в адаптивно-ландшафтных системах земледелия Центрального Черноземья. Курск: ГНУ ВНИИЗиЗП РАСХН. 2009. 42 с.
10. Казаков Г.И., Марковский А.А. Обработка почвы в лесостепи Заволжья // Земледелие. 2011. № 8. С. 28-29.
11. Новиков В.М. Эффективность систем основной обработки почвы в севообороте // Земледелие. 2008. № 1. С. 24-25.
12. Кузина Е.В. Дифференцированная система обработки почвы в лесостепной зоне Среднего Поволжья // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2023. Т. 53. № 1. С. 5-13.
13. Велкова Н.И., Наумкин В.П. Влияние элементов технологии возделывания на продуктивность горчицы белой // Зерновое хозяйство России. 2013. № 4. С.55-58.

References

1. Velkova N.I., Naumkin V.P. (2021). *Kompleksnoe ispol'zovanie gorchicy beloј v narodnom khozyajstve* [Complex use of white mustard in the national economy], Orel, Kartush, 312p.

2. Romancevich D.I., Masterov A.S. (2020). *Vliyaniye azotny'x udobrenij na urozhajnost' semyan gorchicy beloј* [The influence of nitrogen fertilizers on the yield of white mustard seeds]. *Glavny' j'agronom*[Chief Agronomist], no. 4, pp. 15-17.

3. Kuzy'chenko Yu.A., Kulincev V.V., Kobozev A.K. (2017). *E'fektivnost' obra-botki pochvy' v sevooborotax na razlichny'x tipax pochv Central'nogo Predkavkaz'ya* [Efficiency of soil cultivation in crop rotations on various types of soils in the Central Ciscaucasia]. *Zemledelie* [Agriculture], no. 4, pp. 19-22.

4. Kozhevnikov N.V.(2019). Ecological and economic efficiency of tillage resource-saving technologies. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2019. P. 537. DOI: 10.1088/1757-899X/537/6/062007.

5. Polyakov D.G. (2021). *Obrabotka pochvy' i pryamoy posev: agrofizicheskie svoystva chernozemov i urozhajnost' polevy'x kul'tur* [Soil cultivation and direct sowing: agrophysical properties of chernozems and the yield of field crops]. *Zemledelie*[Agriculture], no. 2, pp. 37-43. DOI: 10.24411/0044-3913-2021-10208

6. Sitdikov I.G., Fomin V.N., Nafikov M.M. (2011). *Vliyaniye priyomov osnovnoј obrabotki pochvy', udobrenij i sredstv zashchity' rastenij na produktivnost' yachmenya* [The influence of basic soil cultivation techniques, fertilizers and plant protection products on barley productivity]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*[Achievements of science and technology of the agro-industrial complex], no. 8, pp. 36-39.

7. Tkachuk O.A., Pavlikova E.V. (2015). *Sravnitel'naya oцenka e'nergeticheskoy e'fektivnosti agrotexnicheskix priemov v polevy'x sevooborotax lesostepi Srednego Povolzh'ya* [Comparative assessment of the energy efficiency of agricultural practices in field crop rotations in the forest-steppe of the Middle Volga region]. *Sovremennyy'e problemy' nauki i obrazovaniya*[Modern problems of science and education], no. 1-1. <http://science-education.ru/ru/article/view?id=18807> (access date: 04/02/2024).

8. Zudilin S.N., Gnilyomedov Yu.A. (2017). *E'fektivnost' osnovnoј obrabotki pochvy' pri vozdelvaniy jarovoy pshenicy v lesostepi Srednego Povolzh'ya* [The effectiveness of basic tillage when cultivating spring wheat in the forest-steppe of the Middle Volga region]. *Izvestiya Samarskoј gosudarstvennoј sel'khozoyajstvennoј akademii*[News of the Samara State Agricultural Academy], no. 4, pp. 11-15.

9. *Usovershenstvovaniye i novyy'e metody' mexanicheskoy obrabotki pochvy' i priemy' primeneniya udobrenij v adaptivno-landshaftny'x sistemax zemledeliya Central'nogo Chernozem'ya* [Improvement and new methods of mechanical tillage and methods of applying fertilizers in adaptive landscape farming systems of the Central Black Earth Region], *Kursk, GNU VNIIZIPE' RASXN*, (2009), 42 p.

10. Kazakov G.I., Markovskij A.A. (2011). *Obrabotka pochvy' v lesostepi Zavolzh'ya* [Soil cultivation in the forest-steppe of the Volga region]. *Zemledelie* [Agriculture], no. 8, pp. 28-29.

11. Novikov V.M. (2008). *E'fektivnost' sistem osnovnoј obrabotki pochvy' v sevooborote* [Efficiency of primary tillage systems in crop rotation]. *Zemledelie* [Agriculture], no. 1, pp. 24-25.

12. Kuzina E.V. (2023). *Differencirovannaya sistema obrabotki pochvy' v lesostepnoј zone Srednego Povolzh'ya* [Differentiated system of soil cultivation in the forest-steppe zone of the Middle Volga region]. *Sibirskij vestnik sel'khozoyajstvennoј nauki*[Siberian Bulletin of Agricultural Science], vol. 53, no. 1, pp. 5-13.

13. Velkova N.I., Naumkin V.P. (2013). *Vliyaniye e'lementov tekhnologii vozdelvaniya na produktivnost' gorchicy beloј* [Influence of elements of cultivation technology on the productivity of white mustard]. *Zernovoe khozyajstvo Rossii*[Grain economy of Russia], no. 4, pp. 55-58.

Информация об авторе:

Кузина Елена Викторовна, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующая отделом земледелия и технологий возделывания сельскохозяйственных культур, ORCID <http://orcid.org/0000-0003-2067-4507>, elena.kuzina@autorambler.ru

Information about the author:

Elena V. Kuzina, candidate of agricultural sciences, head of the department of agriculture and crop cultivation technologies, ORCID <http://orcid.org/0000-0003-2067-4507>, elena.kuzina@autorambler.ru

✉ elena.kuzina@autorambler.ru

