

4. Казеев К.Ш. Методы биодиагностики наземных экосистем / К.Ш. Казеев, С.И. Колесников, Ю.В. Акименко, Е.В. Даденко. Ростов–на–Дону: Издательство Южного федерального университета. – 2016. – 356 с.
5. Колесников С.И. Методология нормирования химического загрязнения почв на основе нарушения их экологических функций / С.И. Колесников, К.Ш. Казеев, В.Ф. Вальков, Т.В. Денисова // Экология и промышленность России. – 2007. – № 11. – С. 48-51.
6. Akimenko Y. Influence of Pollution by Antibiotics on Biological Properties of Soils (Through the Example of Ordinary Chernozem) // Water, Air, and Soil Pollution. – 2021. – 232(6), 232.
7. Bianco F. The addition of biochar as a sustainable strategy for the remediation of PAH contaminated sediments / F. Bianco, M. Race, S. Papirio, P. Oleszczuk, G. Esposito // Chemosphere. – 2021. – 263. – 128274.
8. Du L. Occurrence, fate, and ecotoxicity of antibiotics in agro–ecosystems. A review / L. Du, W. Liu // Agron. Sustain. Dev. – 2012 – N. 32. – P. 309–327.
9. Henriksson P.J.G. Unpacking factors influencing antimicrobial use in global aquaculture and their implication for management. A review from systems perspective / P.J.G. Henriksson, A. Rico, M. Troell, D.H. Klinger, A.H. Buschmann, S. Saksida, M.V. Chadag, W. Zhang // Sustain. Sci. – 2018. – N. 13. – P. 1105–1120.
10. Klein E.Y. Global increase and geographic convergence in antibiotic consumption between 2000 and 2015 / E.Y. Klein, T.P. Van Boeckel, E.M. Martinez, S. Pant, S. Gandra, S.A. Levin, H. Goossens, R. Laxminarayan // Proc. Natl. Acad. Sci. USA. – 2018. – N. 115. – P. 3463–3470.
11. Kuppusamy S. Veterinary antibiotics (VAs) contamination as a global agro–ecological issue: A critical view / S. Kuppusamy, D. Kakarla, K. Venkateswarlu, M. Megharaj, Y.E. Yoon, Y.B. Lee // Agric. Ecosyst. Environ. – 2018 – N 257. – P. 47–59.
12. Pan M. Fate of antibiotics in soil and their uptake by edible crops / M. Pan, L.M. Chu // Sci. Total Environ. – 2017 – N 599–600. – P. 500–512.

УДК 631.8.022.3

DOI: 10.34924/FRARC.2023.46.89.005

## **ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ**

## **ПРИ РАЗНЫХ СПОСОБАХ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ НА СКЛОНЕ ЧЕРНОЗЁМОВ ОБЫКНОВЕННЫХ**

**Батищев И.В., аспирант ФГБНУ ФРАНЦ**

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение  
«Федеральный Ростовский аграрный научный центр»  
п. Рассвет, ул. Институтская, 1. e-mail: nerbat@ya.ru

**Реферат.** Учитывая высокую стоимость удобрений, вопросы рационального и эффективного их применения при возделывании ярового ячменя в настоящее время приобретают особую актуальность и значимость. Анализ опытных данных по возделыванию ячменя ярового на склоне чернозёмов обыкновенных Ростовской области показал, что наивысший показатель окупаемости удобрений урожаем (24,15 кг/кг), получен на варианте комбинированной обработки почвы на фоне минеральных удобрений  $N_{80}P_{20}K_{60}$  кг/га д. в., а окупаемости удобрений прибавкой урожая (4,21 кг/кг) – при безотвальной обработке на фоне удобрений  $N_{120}P_{40}K_{90}$  кг/га д.в. Выявлено, что если при безотвальных обработках с увеличением нормы удобрений окупаемость их прибавкой урожая возрастает, то при отвальной обработке остаётся практически без изменений, поэтому увеличение нормы удобрений в данном варианте является нецелесообразным.

**Ключевые слова:** минеральные удобрения, эффективность, обработка почвы, склон, чернозём обыкновенный.

## **EFFICIENCY OF APPLICATION OF FERTILIZERS WITH DIFFERENT METHODS OF BASIC TILLAGE ON THE SLOPE OF ORDINARY CHERNOZEMS**

**Batishchev I.V.,** graduate student

Federal State Budget Scientific Institution “Federal Rostov Agricultural Research Centre” 346735, Rostov region, Aksai district, Rassvet settlement, st. Institute, 1. e-mail: nerbat@ya.ru

**Abstract.** Given the high cost of fertilizers, the issues of their rational and effective use in the cultivation of spring barley are currently becoming particularly relevant and important. The analysis of experimental data on the cultivation of spring barley on the slope of ordinary chernozems of the Rostov region showed that the highest rate of payback of fertilizers by yield (24.15 kg /kg) was obtained on a variant of combined tillage against the background of mineral fertilizers N80P20K60 kg /ha d. v., and the payback of fertilizers by an increase in yield (4.21 kg/kg) – with a non-dumping method processing against the background of fertilizers N120P40K90 kg /ha D.V. It was found that if during non-dump treatments with an increase in the rate of fertilizers, their payback increases with an increase in yield, then during dump treatment remains practically unchanged, therefore, an increase in the rate of fertilizers in this variant is impractical.

**Keywords:** mineral fertilizers, efficiency, tillage, slope, ordinary chernozem

**Введение.** Высокие цены на ресурсы, в том числе на минеральные удобрения, горюче-смазочные материалы, сельскохозяйственную технику и прочие вынуждают переходить на ресурсосберегающие технологии, основанные на максимальном использовании почвенно-климатического потенциала местности, внесении оптимальных доз минеральных удобрений, мелиорантов и средств защиты растений, а также прочих технологических приемов. Это будет способствовать экономии используемых ресурсов, научно-обоснованному применению агротехнологических приемов, снижению себестоимости производимой продукции, т.е. позволит наиболее эффективно использовать имеющийся природный потенциал, материальные и денежные ресурсы сельхозтоваропроизводителей (Гостев, Пыхтин, 2016).

**Актуальность проблемы.** Одной из главных причин получения низкой урожайности ярового ячменя является недостаточное содержание доступных форм элементов питания в почве. Повышение их уровня во многом зависит от применяемых удобрений в сочетании со способами посева и нормами высева. Учитывая высокую стоимость удобрений, вопросы рационального и эффективного их применения при возделывании ярового ячменя в настоящее время приобретают особую актуальность и значимость (Кривогузов, 2007).

Вопросами эффективности применяемых минеральных удобрений при возделывании ячменя ярового на склонах занимались в Курской области, отличающейся от Ростовской области по ряду почвенно-климатическим

условиям (Нитченко, 2011; Давыдова, 2011).

**Цель исследований** – оценить агрохимическую эффективность удобрений при возделывании ярового ячменя в зависимости от способа основной обработки почвы и фона минерального питания.

Исследования проводились в многофакторном стационарном опыте, расположенном на склоне балки Большой Лог Аксайского района Ростовской области крутизной до 3,5-4°.

Почва опытного участка – чернозём обыкновенный, тяжелосуглинистый на лессовидном суглинке, среднеэродированный. В целом почвы участка обладают значительным потенциальным плодородием и при наличии достаточного количества влаги могут обеспечить высокие урожаи сельскохозяйственных культур (Полужков, 2008).

Климат приазовской зоны – засушливый, умеренно жаркий, континентальный. Относительная влажность воздуха имеет ярко выраженный годовой ход. Наименьшие её значения отмечаются в июле – 50-60 %, минимальные в отдельные дни могут быть 25-30 % и ниже. За весенне-летний период выпадает 260-300 мм атмосферных осадков, распределение их в течение сезона неравномерное. Накопление влаги в почве начинается в основном в конце октября и максимальный её запас отмечается ранней весной (до начала апреля). Среднегодовая температура составляет 8,8°С, средняя температура января (-6,6°С), июля +23°С, минимальная зимой минус 40°С, максимальная летом – до 40°С. Безморозный период длится 175-180 дней. Сумма активных температур составляет 3210-3400°С. Продолжительность тёплого периода – 230-260 дней, безморозного – 175-180 дней (Агроклиматические ресурсы, 1972).

Культура – яровой ячмень, сорт Медикум 157, предшественник ячменя ярового – подсолнечник.

**Методы исследований.** Стационарный опыт включал: изучение способов основной обработки почв с применением скоростного плуга ПС-3+1 на фоне рекомендованного зональной системой земледелия и повышенного уровня минерального питания в системе контурно-полосной организации эрозионно-опасного склона. Плуг оборудован сменными корпусами для обработки почвы с оборотом пласта и сменными стойками чизеля, позволяющими разрушать почвенные уплотнения на глубину до 50 см на тяжёлых суглинистых почвах чернозёма обыкновенного.

В опыт включены два фактора:

*Фактор А: Обработка почвы.* Отвальная обработка (О) – отвальная вспашка скоростным плугом ПС-3+1 в четырёхкорпусном варианте на глубину 25-27 см. Чизельная обработка (Ч) осуществлялась скоростным чизельным плугом ПС-3+1 с чизельными стойками на глубину 25-27 см. Комбинированная обработка (К) осуществлялась дисковой бороной БДТ-3, затем проводится обработка щелерезом ЩН-1 на глубину 40-45 см.

*Фактор Б: Уровень питания.* Исследования проводились по 3-м вариантам уровней питания: Фон «0» – нулевой уровень применения удобрений (естественное плодородие), контроль; Фон «1» – рекомендованный для зоны уровень применения удобрений N<sub>80</sub>P<sub>20</sub>K<sub>60</sub> и фон «2» – повышенный уровень применения удобрений N<sub>120</sub>P<sub>40</sub>K<sub>90</sub>кг/га д.в.

Размещение вариантов опыта по способам обработки систематическое, повторностей опыта и фона удобрений рендомизированное.

Вегетационный период ячменя в условиях периода исследований характеризовался как засушливый. За период апрель-июль выпало всего 121 мм осадков, что на 36,1 % ниже нормы за среднемноголетний период. В 2021 году выпало 205 мм осадков, то есть на 7,3 % выше нормы, а в 2022 году выпало 132 мм осадков, что на 30,9 % ниже нормы (таблица 1).

Таблица 1 – Метеорологические данные за период апрель-июль 2020-2022 гг.

Год	Температура воздуха, °С		Осадки, мм		Влажность воздуха, %		ГТК	
	за период	средне многолетнее	за период	средне многолетнее	за период	средне многолетнее	за период	средне многолетнее
2020	18,0	17,1	121	191	63,0	61,9	0,55	0,91
2021	18,8	17,1	205	191	70,0	61,9	0,89	0,91
2022	18,5	17,1	132	191	62,4	61,9	0,58	0,91

При этом основной и важнейший период активной вегетации ячменя ярового характеризовался высокими среднесуточными температурами воздуха, превышающими среднемноголетние значения, при дефиците атмосферных осадков, что создавало неблагоприятные условия для формирования продуктивности этой культуры, то есть можно заключить, что вегетация ячменя проходила в условиях дефицита влагообеспеченности.

Наиболее объективно степень тепловлагообеспеченности характеризуется гидротермическим коэффициентом (ГТК), значение которого в целом за вегетационный период 2020 года составило 0,55, что на 39,6 % ниже среднемноголетнего. За период апрель-июль 2021 года ГТК

составил 0,89, что в целом близко к среднемуголетнему. В 2022 году за тот же период ГТК составил 0,58, что вдвое ниже оптимального. Однако в течение вегетационного периода ячменя он изменялся от 1,92 до 0-0,20, что неблагоприятно влияло на развитие растений. Период колошения и формирования зерна характеризовались почти полным отсутствием осадков и высокой среднесуточной температурой воздуха, что угнетающе влияло на развитие растений.

Агротехнические мероприятия при возделывании ячменя ярового проводились в соответствии с рекомендациями Зональных систем земледелия Ростовской области (2021). Яровой ячмень является одной из наиболее отзывчивых культур на внесение минеральных удобрений. Эта культура хорошо использует и последствие ранее внесённых удобрений в севообороте. Минеральные удобрения были внесены в форме азофоски (N:P:K = 16:16:16) и аммиачной селитры (34 %). Подкормка аммиачной селитрой производилась в фазу кущения культуры согласно схеме опыта.

**Результаты и обсуждение.** В сложившихся условиях показатели эффективности использования удобрений под влиянием разных факторов имели заметные отличия, как в зависимости от фона минерального питания, так и способов основной обработки почвы (таблица 2).

Таблица 2 – Эффективность использования удобрений под ячмень. Среднее за 2020-2022 гг.

Способ основной обработки	Фон удобрений	Урожайность, т/га	Сумма NPK в кг д. в.	Окупаемость удобрений урожаем, кг	Прибавка урожая, т/га	Окупаемость прибавкой урожая, кг
Чизельная	Без удобрений	3,17	0	—	—	—
	N <sub>80</sub> P <sub>20</sub> K <sub>60</sub>	3,77	160	23,58	0,60	3,75
	N <sub>120</sub> P <sub>40</sub> K <sub>90</sub>	4,23	250	16,91	1,05	4,21
Комбинированная	Без удобрений	3,31	0	—	—	—
	N <sub>80</sub> P <sub>20</sub> K <sub>60</sub>	3,86	160	24,15	0,56	3,48
	N <sub>120</sub> P <sub>40</sub> K <sub>90</sub>	4,36	250	17,44	1,05	4,21
Отвальная	Без удобрений	3,00	0	—	—	—
	N <sub>80</sub> P <sub>20</sub> K <sub>60</sub>	3,64	160	22,75	0,64	3,98
	N <sub>120</sub> P <sub>40</sub> K <sub>90</sub>	4,01	250	16,03	1,00	4,01
Среднее, по фонам	Без удобрений	3,16	0	—	—	—
	N <sub>80</sub> P <sub>20</sub> K <sub>60</sub>	3,76	160	23,49	0,60	3,74
	N <sub>120</sub> P <sub>40</sub> K <sub>90</sub>	4,20	250	16,79	1,04	4,15

Согласно данным таблицы, с увеличением нормы минеральных удобрений отмечена тенденция снижения окупаемости удобрений урожаем в среднем до 28,5 %, больше на безотвальных обработках.

В то же время показатель окупаемости удобрений прибавкой урожая отражает противоположную тенденцию. Так, при чизельной обработке увеличение окупаемости удобрений прибавкой урожая составило 12,3 %, при комбинированной – 21 %, а при отвальной обработке этот показатель практически не изменился. В среднем независимо от способа обработки почвы окупаемость удобрений прибавкой урожая составила 11 %.

Наибольшая отдача от внесения удобрений выявлена при всех способах обработки почвы на фоне  $N_{120}P_{40}K_{90}$ , где на 1 кг удобрений получено на безотвальных обработках 4,21 кг дополнительной продукции, а на отвальной на 4,8 % ниже. Аналогичные показатели при средней норме удобрений ( $N_{80}P_{20}K_{60}$ ) оказались несколько ниже – 3,48-3,98 кг/кг с большим значением при отвальной основной обработке.

В целом, приведённые данные отражают высокую окупаемость удобрений прибавкой урожая на всех изучаемых вариантах опыта. Самый высокий показатель окупаемости (4,21 кг/кг) получен на вариантах чизельной и комбинированной обработки почвы при норме минеральных удобрений  $N_{120}P_{40}K_{90}$  кг/га д.в.

**Выводы.** В результате исследований установлено, что величина урожайности ячменя в зависимости от применяемых агротехнических приёмов в среднем изменялась от 3,0 до 4,36 т/га с наивысшим значением в условиях комбинированной основной обработки и на повышенном фоне минерального питания. Выявлено, что на величину урожайности ячменя решающее влияние оказал уровень применения минеральных удобрений, обеспечив повышение урожайности зерна на рекомендованном для зоны фоне питания на 21,8-28,6 %, а на повышенном фоне 35,8-38,8 %. Способ основной обработки почвы способствовал повышению урожайности в пределах 6-10 %.

Анализ данных по окупаемости удобрений прибавкой урожая на изучаемых вариантах опыта показал, что в абсолютном значении самый высокий показатель окупаемости удобрений урожаем (24,15 кг/кг), получен на варианте комбинированной обработки при норме минеральных удобрений  $N_{80}P_{20}K_{60}$  кг/га д.в., а окупаемости удобрений прибавкой урожая (4,21 кг/кг) – на вариантах безотвальных способов основной обработки на фоне

удобрений  $N_{120}P_{40}K_{90}$  кг/га д.в. Выявлено, что если при безотвальных обработках с увеличением нормы удобрений окупаемость их прибавкой урожая возрастает, то при отвальной обработке остаётся практически без изменений, поэтому увеличение нормы удобрений в данном варианте является нецелесообразным.

## Литература

1. Теоретические основы эффективного применения современных ресурсосберегающих технологий возделывания зерновых культур [текст] / Гостев А.В., Пыхтин И.Г., Нитченко Л.Б., Плотников В.А., Гапонова Н.П. – Курск: ФГБНУ ВНИИЗиЗПЭ, 2016. – 87 с.

2. Кривогузов Э.А. Эффективность удобрений при возделывании ярового ячменя // Труды Кубанского государственного аграрного университета, Вып. 2(6) Краснодар, 2007 - С 98-100.

3. Нитченко Л.Б. Эффективность обработок почвы и удобрения под ячмень на склонах // Агроэкологические проблемы почвоведения и земледелия: Сб. докл. науч.-практ. конф. Курского отделения «Общество почвоведов имени В. В. Докучаева». Курск, 2011. С. 58-60.

4. Давыдова А.А. Влияние способов основной обработки почвы на развитие корневой системы и урожайность ячменя // Агроэкологические проблемы почвоведения и земледелия: Сб. докл. науч.-практ. конф. Курского отделения «Общество почвоведов имени В. В. Докучаева». Курск, 2011. С. 30-32.

5. Полуэктов Е.В., Цвылев Е.М. Почвенно-земельные ресурсы Ростовской области: монография. Новочеркасск: УПЦ «НАБЛА» ЮРГТУ (НПИ), 2008. 355 с.

6. Агроклиматические ресурсы Ростовской области Л.: Гидрометеиздат, 1972. 250 с.

7. Зональные системы земледелия Ростовской области на 2022-2026 гг.). / Клименко А.И., Гринько А.В., Грабовец А.И. и др.; / Ростов-на Дону: ФГБНУ ФРАНЦ, 2021. 738 с.

УДК: 635.655: 631.53.027.2