

ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ НЕУТИЛИЗИРУЮЩИХСЯ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ – СИНЕРГИСТОВ В ПОСЕВАХ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

Ф.А. Мударисов, кандидат сельскохозяйственных наук
ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный аграрный университет
имени П.А. Столыпина»
e-mail: fail_76@mail.ru

***Аннотация.** Данные о состоянии посевов озимой пшеницы, возделываемой в условиях недостатка марганца и цинка в почве, доказывают с агрономической, энергетической и экономической точек зрения целесообразность использования сульфатов цинка и марганца для обработки семян и растений культуры в конце второй фазы онтогенеза.*

***Ключевые слова:** озимая пшеница, микроэлементы, обработка семян, внекорневая подкормка, урожайность, сульфат марганца, сульфат цинка, энергетическая оценка, экономическая эффективность.*

Урожайность и качество озимых зерновых культур, возделываемых в среднем Поволжье России, во многом зависят от уровня обеспеченности растений минеральным питанием. При этом в почвах региона находится несбалансированный состав питательных элементов, и при нехватке микроэлементов снижается положительное действие макроэлементов на растения. Если одни микроэлементы могут реутилизироваться растением в течение онтогенеза, другая группа повторно не используется. К нереутилизующимся микроэлементам относятся марганец и цинк, содержание которых в почве участка, на котором проводились опыты, было недостаточным.

Цинк в организме растений активирует деятельность и входит в состав многих ферментов: карбоангидразы, дегидрогеназы и других, участвует в реакциях карбоксилирования и декарбоксилирования, метаболизме ауксинов, синтезе белков и других важных процессах [1, 2].

Марганец входит в состав хлорофилла, сложных мультиферментных комплексов, участвующих в реакциях энергетического обмена и биосинтеза белка, обуславливает работу целого ряда ферментов [3].

При недостаточном снабжении растений марганцем и цинком тормозится синтез белков, снижается фотосинтетическая и ростовая активность. Исходя из этого, для получения высокого урожая необходимо вносить удобрения, содержащие марганец и цинк, особенно на почвах, испытывающих недостаток этих

элементов [4, 5].

Эффективность применения любых видов удобрений оценивается по агрономическим показателям, отражающим прибавку урожайности и качество товарной продукции. Но более полная картина складывается при проведении анализа экономических показателей, отражающих чистый доход и рентабельность (отношение чистого дохода к затратам), а также на основе энергетического анализа [6].

Но необходимо учитывать, что денежные оценки природных ресурсов неадекватно отражают их реальную стоимость, поскольку в них не учитывается вклад накоплений возобновляемых источников. Интенсификация сельского хозяйства повлекла за собой создание сложного производства, каждая технологическая ступень которого требует значительных энергетических затрат.

К энергетическим показателям эффективности относят прежде всего удельные энергозатраты (количество затраченной энергии на единицу урожая сельскохозяйственных культур) и энергооадачу (отношение энергии, содержащейся в конечном сельскохозяйственном продукте, к энергии, затраченной на его производство).

При постоянно возрастающей энергоёмкости аграрного производства уменьшается относительная величина созданного продукта (выход продукции на единицу затраченной энергии), несмотря на рост получаемой продукции. При этом снижается биоэнергетический КПД, который рассчитывается как отношение энергии получаемой продукции к совокупной энергии, затраченной в процессе производства. Энергетическая эффективность изменяется по закону А. Тюрго – Т. Мальтуса, который является прописной истиной сельскохозяйственной экологии и формулируется следующим образом: повышение удельного вложения энергии в агроэкосистему не дает адекватного, пропорционального увеличения ее продуктивности. Например в США, повышение урожайности кукурузы в 2,61 раза (с 1945 по 1970 гг.) за счет внедрения индустриальных методов производства

потребовало десятикратного увеличения совокупных расходов энергии, при этом биоэнергетический КПД снизился в 4,4 раза, расход энергии на производство средств производства вырос за это время на 964 %, а непосредственно в сельском хозяйстве – на 318 % [2].

Доказано, что интенсификация сельскохозяйственного производства связана с ростом затрат невозобновляемой энергии. Поэтому важно разработать технологии возделывания растениеводческих культур с минимальными энергетическими затратами [7, 8].

Использование показателей агрономической, экономической и энергетической эффективности позволяет выделить наиболее выгодные варианты применения удобрений, которые могут быть использованы в сельскохозяйственном производстве.

Исследований по оценке эффективности применения микроудобрений, где в их состав входит марганец и цинк, в Ульяновской области проведено недостаточно, что затрудняет оценку реальной потребности в них растений.

Цель наших исследований – выявить экономическую и энергетическую эффективность различных способов применения нереутилизирующихся микроэлементов – марганца и цинка в составе сульфатов в агроценозах озимой пшеницы на черноземе выщелоченном.

С 2015 по 2018 гг. учеными Ульяновского ГАУ имени П.А. Столыпина проводились полевые опыты по изучению развития озимой мягкой пшеницы сорта Саратовская 17. Почва опытного участка представлена черноземом выщелоченным, среднетяжелым малогумусным среднесуглинистым с содержанием гумуса 4,3 %. Обеспеченность подвижным фосфором повышенная, обменным калием – высокая. В почве опытного участка содержится 115 мг/кг P_2O_5 , 139 мг/кг K_2O .

Содержание микроэлементов составляет: Mn – 30; Mo – 0,2; Zn – 0,2; Cu – 0,18; Co – 2,2; J – 2,8 мг/кг. Среди изучаемых микроэлементов содержание в почве Mn – низкое, а Zn – очень низкое. Реакция среды в пахотном слое слабокислая (pH = 6,1). Степень насыщенности основаниями – 26,5 мг-экв/100 г почвы.

Применяли общепринятую для данной культуры агротехнику с использованием современных машин (без затрат ручного труда). Учетная площадь делянки составила 15 м², общая – 210 м². Повторность опыта – четырехкратная. Расположение делянок – рендомизированное.

Схема опыта: Контроль (обработка водой); $MnSO_4$ (предпосевная обработка семян); $ZnSO_4$ (предпосевная обработка семян); $MnSO_4 + ZnSO_4$ (предпосевная обработка семян); $MnSO_4$ (предпосевная обработка семян + внекорневая подкормка растений); $ZnSO_4$ (предпосевная обработка семян + внекорневая подкормка растений); $MnSO_4 + ZnSO_4$ (предпосевная обработка семян + внекорневая подкормка растений); $MnSO_4$ (внекорневая подкормка); $ZnSO_4$ (внекорневая подкормка); $MnSO_4 + ZnSO_4$ (внекорневая подкормка).

Семена обрабатывали перед высевом 0,1 % раствором сульфата цинка и сульфата марганца (из расчета 1 литр на 1 ц семян), аналогичные концентрации использовали для внекорневой подкормки в конце второго этапа органогенеза с нормой расхода рабочего раствора 200 л/га.

Сорт Саратовская 17 с 2009 г. включен в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию по Средневолжскому и Центрально-Черноземному регионам РФ.

В опытах урожайность определяли методом сплошного обмолота селекционным комбайном Terrior-Sampo SR2010. Учет фактического урожая проводили

с площади всей делянки с пересчетом на 100 % чистоту и 14 % влажность (ГОСТ 27548-97). Оценку энергетической эффективности возделывания озимой пшеницы провели по Е.И. Базарову, Е.В. Глинке [9]; экономическую эффективность рассчитали на основе технологических карт по системе натуральных и стоимостных показателей с использованием нормативов и расценок, принятых для производственных условий ООО «Ульяновская Нива». Данные подвергались математической обработке методом дисперсионного анализа (по Доспехову).

Учитывалось, что уровень урожайности – интегральный показатель, сочетающий реализацию заложенного в геноме растения потенциала

Таблица 1. Урожайность озимой пшеницы, т/га (2016–2018 гг.)

Способ обработки	№ п/п	Вариант	Год исследований				Прибавка	
			2016	2017	2018	Среднее	т/га	%
	1	Контроль	4,32	4,10	4,11	4,18	-	100
Обработка семян	2	$MnSO_4$	4,72	4,26	4,23	4,41	0,23	105,5
	3	$ZnSO_4$	4,96	4,31	4,44	4,57	0,39	109,3
	4	$MnSO_4 + ZnSO_4$	5,57	4,36	4,58	4,84	0,66	115,8
Обработка семян + подкормка	5	$MnSO_4$ (+ по вегет.)	5,43	4,67	4,32	4,81	0,63	115,1
	6	$ZnSO_4$ (+ по вегет.)	5,54	5,02	4,43	5,00	0,82	119,6
	7	$MnSO_4 + ZnSO_4$ (+ по вегет.)	5,74	4,52	4,36	4,88	0,70	116,7
Внекорневая подкормка	8	$MnSO_4$ (- по вегет.)	4,50	4,12	4,42	4,35	0,17	104,1
	9	$ZnSO_4$ (- по вегет.)	4,74	4,42	4,32	4,50	0,32	107,7
	10	$MnSO_4 + ZnSO_4$ (- по вегет.)	4,96	4,49	4,49	4,65	0,47	111,2
		HCP_{05}	0,41	0,16	0,14			

продуктивности, факторов среды и технологических приемов, используемых для более полного проявления метаболических возможностей культуры.

Результаты исследований. Ввиду нехватки в почве опытного участка вышеназванных микроэлементов, озимая пшеница положительно отреагировала на все виды обработок водными растворами сульфата марганца и сульфата цинка, обеспечивая во все годы исследований достоверное увеличение урожайности, за исключением варианта с однократной обработкой марганцем (табл. 1).

В среднем за три года наибольшую прибавку урожайности озимой пшеницы получили в вариантах: $MnSO_4 + ZnSO_4$ (предпосевная обработка семян) в размере 0,66 т/га; $MnSO_4 + ZnSO_4$ (предпосевная обработка семян + внекорневая подкормка растений – 0,70 т/га; $ZnSO_4$ (предпосевная обработка семян + внекорневая подкормка растений) – 0,82 т/га по отношению к контрольному варианту.

В современных условиях ведения сельскохозяйственного производства значительное внимание уделяется энергосберегающим технологиям возделывания сельскохозяйственных культур. Актуальность энергетической оценки технологии продиктована необходимостью экономии затрат энергии на единицу получаемой продукции.

Нами проведены расчеты затрат совокупной энергии на основные и оборотные средства производства, а также трудовые ресурсы при возделывании озимой пшеницы с применением сульфата марганца и сульфата цинка. Анализ затрат совокупной энергии показал, что значительная ее доля приходится на оборотные средства производства – 80,8–81,6 %. Однако следует отметить, что на применение сульфатов марганца и цинка приходится очень малая доля затрат техногенной энергии, всего 0,0056–0,0119 %. Поэтому изменение этого показателя во всех вариантах происходит за счет изменения урожайности.

Целесообразность применения предпосевной обработки семян и внекорневой подкормки весной растворами сульфата марганца и цинка можно определить на основе количественной характеристики их биоэнергетической эффективности. С энергетической точки зрения технологии считаются эффективными, если при достигнутом уровне урожайности энергетические коэффициенты превышают единицу.

По данным таблицы 2, наибольшие затраты энергии на 1 га посевов наблюдались при двукратной об-

Таблица 2. Энергетическая оценка возделывания озимой пшеницы

Способ обработки	№ п/п	Вариант	Затраты энергии, МДж/га	Содержание энергии в урожае, МДж/га	Коэффициент энергетической эффективности
Без обработки	1	Контроль	21341,76	68768,52	3,22
Обработка семян	2	$MnSO_4$	21569,31	72552,44	3,36
	3	$ZnSO_4$	21859,21	75184,73	3,44
	4	$MnSO_4 + ZnSO_4$	21992,28	79626,71	3,62
Обработка семян + подкормка	5	$MnSO_4$ (+ по вегет.)	22165,71	79133,16	3,57
	6	$ZnSO_4$ (+ по вегет.)	22352,60	82259,00	3,68
	7	$MnSO_4 + ZnSO_4$ (+по вегет.)	22234,56	80284,78	3,61
Внекорневая подкормка	8	$MnSO_4$ – по вегет.	21711,66	71565,33	3,30
	9	$ZnSO_4$ – по вегет.	21859,21	74033,10	3,39
	10	$MnSO_4 + ZnSO_4$ – по вегет.	22006,76	76500,87	3,48

работке сульфатом цинка в отдельности и совместно с сульфатом марганца (22352,60–22234,56 МДж/га). Это, в первую очередь, связано с увеличением затрат ГСМ на перевозку дополнительного урожая и электроэнергии – на его подработку.

Наибольшее увеличение урожайности в вышеназванных вариантах привело к максимальному накоплению запаса энергии в зерне (80284,78–82259,00 МДж/га). По всем вариантам энергия, накопленная в зерне, значительно превышала затраты техногенной энергии, израсходованной на возделывание озимой пшеницы. Поэтому коэффициенты энергетической эффективности варьировали от 3,22 (контроль) до 3,30–3,68 в опытных вариантах. В вариантах $MnSO_4 + ZnSO_4$ (предпосевная обработка семян), $MnSO_4 + ZnSO_4$ (предпосевная обработка семян + внекорневая подкормка растений), $ZnSO_4$ (предпосевная обработка семян + внекорневая подкормка растений), где сформировалась максимальная урожайность, также наблюдались максимальные коэффициенты энергетической эффективности, которые превышали контроль в 1,12–1,14 раза.

Таким образом, за счет обработки культуры сульфатами марганца и цинка технология возделывания озимой пшеницы становится более энергосберегающей. Расчет экономической эффективности различных вариантов представлен в таблице 3.

При использовании микроэлементов производственные затраты на 1 га посевов озимой пшеницы возрастают на 2,5–5,7 %. С одной стороны рост затрат связан с увеличением урожайности культуры и расходами на уборку, транспортировку и подработку дополнительных объемов зерна. Но так как затраты на применение микроэлементов занимают менее 1 % от

Таблица 3. Экономическая эффективность технологии возделывания озимой пшеницы

Способ обработки	№ п/п	Вариант	Урожайность, т/га	Стоимость продукции с 1 га, руб.	Производственные затраты на 1 га, руб.	Себестоимость 1 т продукции, руб.	Условный чистый доход, руб/га	Уровень рентабельности, %
	1	Контроль	4,18	41800	19427,24	6041,97	16544,58	65,5
Обработка семян	2	MnSO ₄	4,41	44100	19566,82	5768,00	18663,14	73,4
	3	ZnSO ₄	4,57	45700	19972,57	5681,48	19735,66	76,0
	4	MnSO ₄ + ZnSO ₄	4,84	48400	20065,68	5389,54	22314,61	85,5
Обработка семян + подкормка	5	MnSO ₄ (+ по вегет.)	4,81	48100	20511,40	5543,62	21435,18	80,4
	6	ZnSO ₄ (+ по вегет.)	5,00	50000	20540,22	5340,46	23297,71	87,2
	7	MnSO ₄ + ZnSO ₄ (+по вегет.)	4,88	48800	20519,64	5466,30	22124,47	82,9
Внекорневая подкормка	8	MnSO ₄ – по вегет.	4,35	43500	19909,00	5949,82	17618,30	68,1
	9	ZnSO ₄ – по вегет.	4,50	45000	19793,66	5718,17	19268,24	74,9
	10	MnSO ₄ + ZnSO ₄ – по вегет.	4,65	46500	19843,07	5547,52	20704,01	80,3

общей суммы на 1 га, они перекрываются доходами от значительного повышения объемов зерна и уменьшению его себестоимости до 1,5–11,8 % за 1 т в сравнении с контрольным вариантом. Условный чистый доход при обработке семян увеличивается на 2119–5770 руб/га, при двукратной обработке растений – на 4891–6753 руб/га, при однократной обработке по вегетации на 1074–4159 руб/га. Уровень рентабельности по способам обработки превысил контроль на 7,9–20 %; 14,9–21,7 % и 2,6–14,8 % соответственно. Наибольший экономический эффект получен при двукратной обработке сульфатом цинка и при однократной и двукратной обработке сульфатом цинка в комплексе с сульфатом марганца, о чем свидетельствует рентабельность 87,2; 85,5 и 82,9 %.

Условный чистый доход при обработке семян увеличивается на 2119–5770 руб/га по отношению к контрольному варианту, при двукратной обработке – на 4891–6753 руб/га, при однократной обработке по вегетации – на 1074–4159 руб/га. Коэффициенты энергетической эффективности по способам обработки возрастают на 0,14–0,40, 0,39–0,46, 0,08–0,26. Уровень рентабельности превысил контроль на 7,9–20 %; 14,9–21,7 %; 2,6–14,8 % соответственно.

Комплексная оценка эффективности показала, что наиболее выгодно использовать в производственных условиях двукратную обработку посевов сульфатом цинка, однократную обработку семян и двукратную обработку растений сульфатом цинка в комплексе с сульфатом марганца.

Список использованной литературы

1. Битюцкий, Н.П. Микроэлементы высших растений : монография / Н.П. Битюцкий. - СПб: Изд-во СПб ун-та, 2011. - 368 с.
2. Сычев, В.Г. Цинк в агроэкосистемах России: мониторинг и эффективность применения / В.Г. Сычев, А.Н. Аристархов, Т.Я. Яковлева. - М.: ВНИИА, 2015. - 203 с.
3. Степура, М.В. Сравнительная оценка биологической ценности белков растительного сырья/ М.В. Степура,

Е.Н. Хапрова // Известия вузов. Пищевая технология, 2010. - № 4. - С. 34-35.

4. Костин, В.И. Влияние микроэлементов – синергистов на фотосинтетические показатели и урожайность озимой пшеницы / В.И. Костин, Ф.А. Мударисов, А.И. Семашкина // Вестник УГСХА, 2017. № 4 (40). - С. 30-35.

5. Мударисов, Ф.А. Аминокислотный скор различных образцов пшеничной муки/ Ф.А. Мударисов, М.К. Садыгова, В.И. Костин, Э.Ш. Миначева // Технологии и продукты здорового питания: сб. статей XI Международ. научно-практич. конфер. / Под ред. Симаковой И.В., Неповинных Н.В.- Пенза: РИО ПГАУ, 2020. – С.77-81.

6. Босак, В.Н. Агроэкономическая эффективность применения удобрений/ В.И. Босак. - Минск: БелНИВНФХ в АПК, 2005. - 44 с.

7. Ермохин Ю.И., Бобренко И.А. Оптимизация минерального питания с/х культур (на основе «ПРОД»): монография. — Омск: Изд-во ФГОУ ВПО ОмГАУ, 2005. - 284 с.

8. Попова, В.И., Болдышева Е.П. Биоэнергетическая эффективность применения удобрений под озимые зерновые культуры в Западной Сибири // В.И. Сепуро, Е.П. Болдышева. - Барнаул: Вестник Алтайского ГАУ, 2011. - №10 (84). - С. 10-15.

9. Базаров, Е.И. Методика биоэнергетической оценки технологий производства продукции растениеводства / Е.И. Базаров, Е.В. Глинка, А.А. Мамонтова. - М.: ВАСХНИЛ, 1983. - 44 с.

Assessment of the economic and energy efficiency of the use of not reused synergistic microelements on winter wheat crops

F.A. Mudarisov

Summary. The data on winter wheat grown under conditions of a lack of manganese and zinc in the soil, which prove from the agronomic, energy and economic points of view the expediency of using zinc and manganese sulfates for processing seeds and crops of winter wheat at the end of the second phase of ontogenesis is presented.

Key words: winter wheat, trace elements, seed treatment, foliar top dressing, yield, manganese sulfate, zinc sulfate, energy assessment, economic efficiency.