

ЭКОЛОГО-АГРОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОПРОЛИТА И МИЗОРИНА ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ КАРТОФЕЛЯ

Е.В. Просянкин,
В.В. Осмоловский,
В.В. Мамеев

Россия, Брянская госсельхозакадемия

Подано еколого-агрономічну ефективність копроліту і мізорину при вирощуванні картоплі на дерново-підзолистих ґрунтах Брянської області.

Использование дерново-подзолистых почв без пополнения запасов органического вещества и элементов питания существенно снижает их плодородие. Вследствие такого антропогенного воздействия почва может утратить свои экологические функции. Длительное применение одних минеральных удобрений оказывает глубокое и часто отрицательное воздействие на химические, физико-химические и биологические свойства почвы (Минеев, 1984, 1990; Просянкин, Прищеп, Воробьев, 1989; Минеев, Ремпе, 1990, Шишов, Карманов, Дурманов и др., 1991; Воробьев, 1995; Минеев, Гомонова, 1998, 1999, Лапа, Ивахненко, Лимантова, 2000). Поэтому сохранение и воспроизводство плодородия дерново-подзолистых почв Нечерноземья является задачей исключительной важности, особенно в современных условиях ведения сельскохозяйственного производства при сокращении внесения органических и дорогостоящих минеральных удобрений (Державин, 1998, Каштанов, 2000).

При резком сокращении поголовья скота уровень применения навоза в хозяйствах Брянской области за последние годы снизился до 1 т/га и менее (Статистический..., 1999; Эффективность..., 1999). Это не обеспечивает положительного баланса гумуса и элементов питания на дерново-подзолистых почвах, которые составляют в области почти 60 % пашни (Воробьев, 1993).

По данным Географической сети опытов ВИУА, среднегодовая доза органических удобрений на 1 га, в зависимости от типа почвы и её механического состава, должна в пропашных севооборотах составлять 12-15 т (Васильев, 1982). Поэтому актуальным является поиск новых экологически безопасных технологий получения и применения концентрированных органических удобрений, способных восстановить плодородие почв,

увеличить производство чистых продуктов растениеводства и пригодных для локального внесения при посадке или посеве особенно пропашных культур.

Промышленное культивирование дождевых компостных червей (вермитехнология) на различных органических отходах позволяет получить значительную массу их экскрементов – копролитов, которые представляют собой концентрированное естественное органическое удобрение копролит, синонимы - биогумус, вермикомпост (Просьянников, Ерёмин, Мешков, 2000).

Вермитехнология способствует решению экологических проблем, возникающих из-за накопления на животноводческих фермах большого количества навоза. Она позволяет уменьшить его объём, уничтожить зловонный запах, снизить затраты на переработку, сравнительно быстро превратить отходы животноводства в качественно новое органическое удобрение, не загрязняющее окружающую среду, хорошо хранящееся, удобное при транспортировке и внесении в почву локально.

В связи с уменьшением выпуска азотных минеральных удобрений и их дороговизной применение бактериальных азотфиксирующих препаратов, таких как мизорин, становится всё более актуальным. В практике успешно используют препараты под разные, даже не бобовые, культуры. Они позволяют сократить затраты минеральных удобрений, уменьшают химическую нагрузку на почву и улучшают экологическое состояние агроландшафтов (Кандыбин, Смирнов, 1999, Постников, Петров-Спиридонов и др., 1999).

Следовательно, изучение эколого-агрономической эффективности использования копролита и мизорина представляет научный интерес и практическую значимость, в том числе и для Брянской области, где возделывают много энергоёмких пропашных культур, особенно картофеля.

1. МЕСТО, УСЛОВИЯ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводили в 1998 – 2000 гг. на дерново-среднеподзолистой легкосуглинистой почве учебно-опытного хозяйства «Кокино» Брянской госсельхозакадемии со следующими агрохимическими показателями: содержание гумуса - 0,9 - 1,2 %, pH солевой вытяжки - 5,0 - 5,2, содержание (в вытяжке по Кирсанову) P_2O_5 - 4,0 - 4,2, K_2O - 13,0 - 13,2 мг/100 г. почвы.

Повторность опыта четырёхкратная. Площадь учётной делянки - 25 м², размещение рендомизированное.

Метеорологические условия в годы проведения исследований были различны. Вегетационные периоды 1998 и 2000 гг. были наиболее благоприятными, осадков выпало на 21 - 13 % больше от среднемноголетней нормы, температура воздуха была близка к среднемноголетним значениям. 1999 г. был крайне неблагоприятным для возделывания картофеля. Холодовой стресс в мае отрицательно сказался на росте и развитии картофеля. Существенное превышение многолетних значений среднесуточной температуры в июне и июле сопровождалось резким дефицитом влаги.

При разработке схем опытов использовали «Методические рекомендации по изучению эффективности нетрадиционных органических и органоминеральных удобрений» под редакцией академика Н.З. Милащенко, предназначенные для специалистов научных учреждений Географической сети опытов с удобрениями.

Опыт 1. Эколого-агрономическая оценка использования копролита при возделывании картофеля в Брянской области

- | | |
|--|--|
| 1. Контроль (без удобрений) | 5. Копролит 2 т/га |
| 2. Навоз крупного рогатого скота (КРС) | 6. Копролит 4 т/га |
| 3. $N_{60}P_{90}K_{110}$ | 7. Копролит 6 т/га |
| 4. Навоз + $N_{60}P_{90}K_{110}$ | 8. Копролит 4 т/га + $N_{60}P_{90}K_{110}$ |

В 1998 г. в опыте было шесть вариантов, в 1999 - 2000 гг. он был расширен за счёт включения варианта 4 – навоз + $N_{60}P_{90}K_{110}$ и варианта 8 – копролит 4 т/га + $N_{60}P_{90}K_{110}$. Копролит имел следующий химический состав: влажность – 50 %; содержание гумуса – 6,3 %; pH_{KCl} – 6,8 - 7,2; общего азота – 1,4 - 1,5 %; фосфора – 0,71 - 0,8 %; калия – 0,50 - 0,54 %. Навоз КРС характеризовался следующими показателями: влажность – 72 - 70 %; содержание органического

вещества – 15,4 %; рН_{KCl} – 6,7 - 7,1; общего азота – 0,27 - 0,29 %; фосфора – 0,15 - 0,17 %; калия – 0,3 - 0,4 %.

Доза навоза и минеральных удобрений выровнена по азоту и эквивалентна шестому варианту (копролит - 4 т/га). Копролит и минеральные удобрения вносили локально, последние - в виде смеси аммиачной селитры, нитрофоски, калия хлористого, приготовленной непосредственно перед внесением в соответствующих соотношениях.

Опыт 2. Эколого-агронимическая оценка использования копролита и мизорина при возделывании картофеля в Брянской области

- | | |
|------------------------------|------------------------------|
| 1. Контроль (без удобрений) | 5. Копролит 4 т/га |
| 2. Мизорин | 6. Копролит 4 т/га + мизорин |
| 3. Копролит 2 т/га | 7. Копролит 6 т/га |
| 4. Копролит 2 т/га + мизорин | 8. Копролит 6 т/га + мизорин |

Препарат ризосферных diaзотрофов мизорин был изготовлен на основе активного штамма бактерии рода *Arthrobacter misorines* во ВНИИСХМ (г. Санкт-Петербург). Он представляет собой порошковидный торфяной субстрат с влажностью 45-55 %, обогащенный питательными веществами, в одном грамме которого содержится 5-10 млрд. бактериальных клеток.

Инокуляцию клубней картофеля, в соответствующих вариантах, проводили в день их посадки из расчёта 500 грамм на 1 тонну посевного материала. Препарат смешивали с водой и полученным раствором равномерно обрабатывали клубни, не допуская попадания прямых солнечных лучей на обработанные клубни вплоть до полного высыхания их поверхности.

В опыте возделывали районированный среднеранний картофель сорта Детскосельский, посадку проводили в первой декаде мая по схеме 70 x 30 см, из расчёта 47,6 тысячи растений на гектар. Агротехника возделывания была общепринятая для Брянской области.

В основу методологии исследований положены концепция полевого эксперимента и статистической обработки его результатов, разработанная Б.А. Доспеховым (1968, 1985), методика проведения исследований по культуре картофеля (НИИКХ, 1967), руководство по анализу почв и растений (Аринушкина, 1961; Минеев, 1989).

В опытах проводили фенологические наблюдения, биометрические измерения. Учет урожайности проводили сплошным поделяночным методом путём взвешиванием всех клубней.

При учёте показателей качества клубней с помощью ионоселективного электрода определяли: содержание сухого вещества (весовым методом), крахмала (по Эверсу и по удельной массе) и нитратного азота.

Энергетическая оценка внесения и применения нетрадиционных видов удобрений выполнена по методическим разработкам ВАСХНИЛ, МСХА, ЦИНАО. Экономическую эффективность рассчитывали по методике ВНИИ экономики сельского хозяйства.

Данные по урожайности и другие показатели подвергали статистической обработке методом дисперсионного анализа (Доспехов, 1985) с использованием ПЭВМ. Для представления результатов исследований и оформления работы использовали компьютерные программы MS Excel 97, MS Word 97.

3. ВЛИЯНИЕ КОПРОЛИТА И МИЗОРИНА НА АГРОХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВЫ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ КАРТОФЕЛЯ.

Влияние копролита на агрохимические свойства почвы. Трёхлетние исследования показали, что применение навоза, копролита и их сочетания с минеральными удобрениями увеличило содержание органического углерода в дерново-среднеподзолистой легкосуглинистой почве, но не одинаково. Применение только минеральных удобрений снизило этот показатель почвенного плодородия (табл. 1). Внесение копролита в дозах 4 и особенно 6 т/га оказало существенное положительное влияние на содержание органического углерода в почве.

Копролит в дозе 4 т/га оказал такое же влияние на содержание органического углерода почвы, как эквивалентная доза навоза, причём он в большей степени нейтрализовал негативное влияние минеральных удобрений на этот показатель.

Таблиця 1

Влияние копролита на агрохимические свойства почвы (в среднем за 3 года)

Варианты	рН _{КСІ}	С _{орг.} %	P ₂ O ₅	K ₂ O	S	H _г
			мг/100 г почвы	мг-экв/100 г. почвы		
1. Контроль	5,12	0,742	4,26	13,07	8,98	1,11
2. Навоз	5,95	0,863	5,45	14,03	11,27	0,78
3. N ₆₀ P ₉₀ K ₁₁₀	5,08	0,725	6,41	15,10	10,27	1,14
4. Навоз + N ₆₀ P ₉₀ K ₁₁₀	5,74	0,788	7,26	16,17	12,19	1,05
5. Копролит 2 т/га	6,01	0,802	6,40	13,99	10,54	0,85
6. Копролит 4 т/га	6,19	0,859	7,11	14,48	11,40	0,80
7. Копролит 6 т/га	6,25	0,922	8,33	14,70	11,76	0,78
8. Копролит 4 т/га + N ₆₀ P ₉₀ K ₁₁₀	5,72	0,858	10,87	15,13	12,20	1,01
НСР ₀₅	0,32	0,010	0,24	0,25	0,66	0,09

Внесение копролита существенно снижало обменную и гидролитическую кислотность и повышало сумму обменных оснований в дерново-среднеподзолистой почве, как и навоз. При возрастании доз копролита прослеживалась тенденция к смещению кислотности в нейтральную сторону и увеличению суммы обменных оснований, что, вероятно, обусловлено наличием в удобрении кальция. Внесение 4 т/га копролита с минеральными удобрениями значительно нейтрализует подкисляющее действие последних, впрочем, как и эквивалентная доза навоза (табл. 1).

При возрастании доз копролита отмечалось также существенное увеличение содержания подвижного фосфора. Внесение копролита в дозах 2 – 6 т/га существенно увеличило содержание обменного калия по сравнению с контролем. Причём это удобрение оказало положительное влияние на рассматриваемый показатель, чем эквивалентная доза навоза (табл.1).

Влияние копролита и мизорина на агрохимические свойства почвы. При переходе к альтернативному земледелию единственным и неиссякаемым источником обогащения почвы и растений азотом является атмосфера. Переход азота из атмосферы в связанное состояние осуществляется с помощью микроорганизмов – азотфиксаторов, в том числе и рода *Arthrobacter mizorines* из которых создан препарат мизорин. Предпосадочная инокуляция им клубней картофеля на фоне применения различных доз копролита не повлияла на содержание органического углерода в почве (табл. 2).

Использование мизорина для инокуляции клубней картофеля не изменяет установленные закономерности изменения физико-химических свойств почвы при внесении копролита (табл. 2).

Инокуляция клубней картофеля мизорином существенно увеличила содержание в почве подвижного фосфора и обменного калия. На фоне внесения копролита этот экологический агроприём не оказал влияния на содержание в почве подвижного фосфора, но он существенно увеличил содержание обменного калия при внесении 2 и 6 т/га изучаемого удобрения (табл. 2).

3. ВЛИЯНИЕ КОПРОЛИТА И МИЗОРИНА НА РОСТ И РАЗВИТИЕ КАРТОФЕЛЯ

Влияние копролита на прохождение межфазных периодов и биометрические показатели растений. Факторами, определяющими прохождение межфазных периодов, являются температура, количество осадков и условия питания. Фазы развития наступали практически одновременно по всем вариантам опыта. Однако в вариантах с применением копролита растения появились на 2 дня раньше контрольного варианта. Вероятно, это связано со стимуляцией почек гуминовыми веществами копролита. Внесение 2 -6 т/га копролита увеличивало период вегетации на 6 - 8 дней относительно контрольного варианта, но наступление отдельных фенофаз (бутонизация, цветение) наступало на 2 - 4 дня раньше. Увеличение дозы копролита до 6 т/га тормозило появление всходов и наступление фазы бутонизации.

Таблиця 2

Влияние копролита и мизорина на агрохимические свойства почвы (в среднем за 3 года)

Варианты	рН _{КСІ}	С _{орг} , %	P ₂ O ₅	K ₂ O	S	N _r
			мг/100 г почвы		мг-экв/100 г. почвы	
1. Контроль	5,12	0,742	4,26	13,07	8,98	1,11
2. Мизорин	5,14	0,733	4,95	13,37	9,00	1,11
3. Копролит 2 т/га	6,01	0,802	6,40	13,99	10,54	0,85
4. Копролит 2 т/га + мизорин	6,01	0,800	6,86	14,32	10,53	0,86
5. Копролит 4 т/га	6,19	0,859	7,11	14,48	11,40	0,80
6. Копролит 4 т/га + мизорин	6,14	0,858	7,53	14,75	11,38	0,81
7. Копролит 6 т/га	6,25	0,922	8,33	14,70	11,76	0,78
8. Копролит 6 т/га + мизорин	6,24	0,918	8,62	15,05	11,76	0,80
НСР ₀₅	0,22	0,008	0,51	0,30	0,47	0,11

Различные условия питания не оказали существенного влияния на полевую всхожесть клубней картофеля. Больше влияние на их полевую всхожесть оказали метеорологические условия 1999 года в фазу посадки - всходы. Низкая температура и повышенная влажность почвы в мае снизила её до 90,1 - 92,8 %. Сложившиеся благоприятные погодные условия в мае - июне 1998 и 2000 гг. способствовали равномерному появлению всходов, где полевая всхожесть клубней картофеля колебалась в 1999 г от 94,7 до 97,0 %, в 2000 г. - 96,5 - 98,3 %.

Наибольшее количество сохранившихся растений в среднем за 3 года отмечалось в вариантах с применением копролита в дозах 2 - 6 т/га. Отмечено, что в условиях сухого вегетационного периода (1999 г.) дозы копролита 4 - 6 т/га увеличивают сохранность растений на 4,4 - 5,4 % относительно контрольного варианта и на 2,4 - 4,4 % относительно традиционных удобрений. Во влажные годы (1998 и 2000 гг.) количество сохранившихся растений было наибольшим при локальном внесении 2 т/га копролита.

Средняя высота куста зависела как от условий вегетационного периода, так и от уровня питания растений (табл. 3). Удобрения увеличивали высоту растений во всех вариантах опыта от 3,4 до 12 см. В среднем за 1998 - 2000 гг. копролит в дозе 2 - 6 т/га не оказал существенного влияния на высоту растений относительно вариантов с применением навоза и N₆₀P₉₀K₁₁₀. Наибольшая высота куста относительно контроля отмечена при обильном азотном питании в вариантах навоз + N₆₀P₉₀K₁₁₀ и копролит 4 т/га + N₆₀P₉₀K₁₁₀.

Применение всех видов удобрений в среднем за 3 года увеличило число стеблей на 0,5 - 1,2 шт./куст (табл. 3). Больше количество стеблей закладывалось, где вносили локально копролит 4 т/га + N₆₀P₉₀K₁₁₀. Применение 2 - 6 т/га копролита увеличивало количество стеблей на 0,6 - 0,9 шт./куст относительно контрольного варианта и на 0,1 - 0,4 шт./куст относительно традиционных удобрений.

При возделывании картофеля большое значение имеют такие показатели, как масса клубней с одного куста, количество клубней под кустом. Различный уровень питания растений и погодные условия вегетационного периода оказали влияние и на эти показатели.

Копролит в дозе 4 т/га увеличивал количество клубней на 1,9 шт./куст относительно эквивалентной дозы навоза. В среднем за три года проведения опыта наибольшее количество клубней отмечалось в вариантах применения навоза + N₆₀P₉₀K₁₁₀ и копролита - 6 т/га. Между количеством стеблей на куст и количеством клубней отмечена прямая корреляционная зависимость ($r = 0,73$).

Влияние копролита и мизорина на прохождение межфазных периодов и биометрические показатели растений. Нами не установлено существенных различий в прохождении фаз развития при использовании копролита и на его фоне инокуляции клубней мизорином. Однако рост и наступление фенофаз в этих вариантах опережали контрольные растения на 4 - 6 дней. На контрольном варианте растения имели светло-зелёный цвет и тонкие побеги, в вариантах с применением копролита и мизорина растения отличались тёмно-зелёной окраской и более развитыми побегами.

Таблиця 3

Влияние копролита на биометрические показатели растений (в среднем за 1998-2000 гг.)

Варианты	Высота растений, см	Число стеблей, шт./куст	Число клубней, шт./куст	Масса клубней, г/куст
1. Контроль	43,6	3,4	8,2	337,6
2. Навоз	47,0	3,9	7,8	400,0
3. N ₆₀ P ₉₀ K ₁₁₀	51,7	3,9	8,8	402,8
4. Навоз + N ₆₀ P ₉₀ K ₁₁₀	53,5	4,2	10,6	425,4
5. Копролит 2 т/га	48,0	4,0	9,2	404,0
6. Копролит 4 т/га	49,8	4,4	9,7	443,9
7. Копролит 6 т/га	50,8	4,3	10,1	455,6
Копролит 4 т/га + N ₆₀ P ₉₀ K ₁₁₀	55,6	4,6	9,8	474,1
НСП ₀₅	3,3	0,4	1,6	19,5

Обработка клубней картофеля ризосферным diaзотрофом мизорином на основе *Arthrobacter mizorines* на фоне 2 - 6 т/га копролита не повлияла на полевую всхожесть и сохранность растений картофеля и зависела от погодных условий.

Увеличение высоты растений на 20 - 72 мм наблюдали на всех вариантах опыта относительно контроля. Инокуляция клубней мизорином увеличила количество стеблей на 8% (табл. 4).

Таблиця 4

Влияние копролита и мизорина на биометрические показатели растений (в среднем за 1998-2000 гг.)

Варианты	Высота растений, см	Число стеблей, шт./куст	Число клубней, шт./куст	Масса клубней, г/куст
1. Контроль	43,6	3,4	8,2	337,6
2. Мизорин	45,6	3,7	7,6	386,4
3. Копролит 2 т/га	48,0	4,0	9,2	404,0
4. Копролит 2 т/га + мизорин	49,1	4,3	8,6	420,7
5. Копролит 4 т/га	49,8	4,4	9,7	443,9
6. Копролит 4 т/га + мизорин	50,7	4,6	11,5	485,7
7. Копролит 6 т/га	50,8	4,3	10,1	455,6
8. Копролит 6 т/га + мизорин	50,7	4,3	9,8	458,5
НСП ₀₅	3,1	0,3	1,3	24,9

Этот агроприём увеличил количество стеблей на фоне копролита на 0,7 - 1,2 шт./куст. Наибольшее количество стеблей (4,6 шт./куст), клубней (11,5 шт./куст) и масса одного куста (485,7 г/куст) отмечены в варианте с инокуляцией клубней мизорином на фоне копролита - 4 т/га. Между количеством стеблей и количеством клубней на один куст установлена прямая корреляционная зависимость ($r = 0,82$).

4. ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРИМЕНЕНИЯ КОПРОЛИТА И МИЗОРИНА

Влияние копролита и мизорина на урожайность клубней картофеля. Самая низкая урожайность была отмечена в 1999 году. Это, по-видимому, связано не только с крайне неблагоприятным распределением осадков и температуры в вегетационный период, но и с условиями, сложившимися сразу после посадки. Урожайность картофеля в среднем была на 40 % ниже по сравнению с 1998 и 2000 гг. (табл. 5).

В годы исследований влияние отдельных видов, доз и сочетаний удобрений на урожайность клубней было неодинаковым. Применение на дерново-среднеподзолистой легкосуглинистой почве копролита в изучаемых дозах существенно увеличило урожайность

клубней картофеля в среднем за 3 года исследований. Локальное внесение даже 2 т/га копролита обеспечило такую же урожайность, как применение отдельно навоза и минеральных удобрений. Изучение возрастающих доз копролита выявило преимущество 4 т/га как в период с достаточным увлажнением, так и в засуху, что, по мнению Л.А. Христовой (1962), свидетельствует о положительном влиянии гуминовых кислот, в том числе и копролита, на засухоустойчивость растений.

Таблица 5

Влияние копролита на урожайность картофеля, т/га

Варианты	Годы			Среднее за 3 года	Прибавка	
	1998	1999	2000		тонн	%
1. Контроль	15,7	9,8	14,9	13,5	-	-
2. Навоз	17,6	13,1	17,9	16,2	2,7	20,0
3. N ₆₀ P ₉₀ K ₁₁₀	17,6	13,9	18,0	16,5	3,0	22,2
4. Навоз + N ₆₀ P ₉₀ K ₁₁₀	-	14,3	20,3	17,3	3,8	28,1
5. Копролит 2 т/га	18,8	12,4	18,6	16,6	3,1	22,9
6. Копролит 4 т/га	20,2	14,6	19,9	18,2	4,7	34,8
7. Копролит 6 т/га	20,9	14,6	20,6	18,7	5,2	38,5
8. Копролит 4 т/га + N ₆₀ P ₉₀ K ₁₁₀	-	15,8	22,0	18,9	5,4	40,0
НСР ₀₅	0,7	0,5	0,6	0,6		

Максимальный урожай клубней получен от совместного внесения 4 т/га копролита с минеральными удобрениями, т. е. при применении системы удобрений с поддерживающим балансом элементов питания (табл. 5).

Окупаемость 1 т копролита при дозе 2 т/га была самой высокой и составила 1550 кг, при 4 т/га - несколько ниже - 1175 кг и при 6 т/га - наименьшей - 866 кг клубней. В то же время окупаемость 1 т навоза составила 108 кг, а 1 кг д. в. минеральных удобрений - 11,5 кг клубней.

Инокуляция семенных клубней мизорином существенно увеличила урожайность картофеля относительно контроля (табл. 6).

При увеличении дозы копролита до 6 т/га эффективность этого агроприема снижалась, по-видимому, вследствие улучшения обеспеченности почвы азотом (табл. 6).

Таблица 6

Влияние копролита и мизорина на урожайность картофеля, т/га

Варианты	Урожайность, т/га			Среднее за 3 года	Прибавка	
	1998 г.	1999 г.	2000 г.		тонн	%
1. Контроль	15,7	9,8	14,9	13,5	-	
2. Мизорин	19,1	10,2	17,4	15,6	2,1	15,5
3. Копролит 2 т/га	18,8	12,4	18,6	16,6	3,1	22,9
4. Копролит 2 т/га + мизорин	19,9	12,5	20,0	17,5	4,0	29,6
5. Копролит 4 т/га	20,2	14,6	19,9	18,2	4,7	34,8
6. Копролит 4 т/га + мизорин	22,8	15,8	21,4	19,9	6,4	47,4
7. Копролит 6 т/га	20,9	14,6	20,6	18,7	5,2	38,5
8. Копролит 6 т/га + мизорин	19,5	15,3	20,4	18,4	4,9	36,3
НСР ₀₅	0,9	0,5	0,7	0,7		

Влияние копролита и мизорина на качество клубней картофеля.

Качество пищевого картофеля определяется, прежде всего, биологической ценностью, которая зависит от содержания и соотношения в клубнях полезных и вредных веществ. При росте масштабов загрязнения окружающей среды и растениеводческой продукции различными токсическими элементами имеет большое значение оценка технологии возделывания картофеля на содержание в клубнях экотоксикантов, например, нитратов, которые весьма опасны.

В среднем за 3 года содержание нитратов изменялось в пределах 33,9 - 244,7 мг/кг и не превышало ПДК (250 мг/кг). Внесение копролита в дозах 2 - 6 т/га способствовало существенному снижению нитратного азота в клубнях картофеля по сравнению с навозом и минеральными удобрениями. С увеличением дозы копролита до 4 т/га содержание нитратов существенно уменьшалось относительно дозы 2 т/га, что, по-видимому, связано с развитием более мощной корневой системы растений картофеля (табл. 7).

Наибольшее содержание нитратного азота в клубнях (245,8 мг/кг) в среднем за 3 года отмечалось при удобрении картофеля только минеральными удобрениями. Совместное применение их с 4 т/га копролита позволило улучшить качество продукции.

Влияние удобрений на накопление сухого вещества было различным в зависимости от их вида и дозы. Внесение копролита в дозах 2 - 6 т/га существенно увеличило содержание сухого вещества по сравнению с применением навоза и $N_{60}P_{90}K_{110}$. При дозе 6 т/га отмечено некоторое снижение рассматриваемого показателя. Совместное внесение 4 т/га копролита и минеральных удобрений значительно снизило содержание сухого вещества в клубнях (табл. 7).

Таблица 7

**Влияние копролита на биохимический состав клубней картофеля
(в среднем за 1998 - 2000 гг.)**

Варианты	Содержание			Сбор крахмала, тонн
	нитратов, мг/кг	сухого вещества, %	крахмала, %	
1. Контроль	33,87	22,5	16,62	2,2
2. Навоз	101,37	21,3	15,50	2,5
3. $N_{60}P_{90}K_{110}$	245,75	20,4	15,43	2,6
4. Навоз + $N_{60}P_{90}K_{110}$	224,15	23,4	14,49	2,5
5. Копролит 2 т/га	87,97	23,4	17,00	2,8
6. Копролит 4 т/га	72,02	22,2	16,78	3,1
7. Копролит 6 т/га	67,18	22,2	16,40	3,4
8. Копролит 4 т/га + $N_{60}P_{90}K_{110}$	226,50	18,0	15,14	3,3
НСР ₀₅	9,76	0,7	0,54	

Основным показателем качества клубней картофеля является содержание крахмала. В среднем за 1998 - 2000 гг. этот показатель изменялся в пределах 14,49 - 17,00 %. Внесение 2 т/га копролита обеспечило наибольшее его накопление в клубнях картофеля, хотя максимальный валовой сбор этого углевода с единицы площади был получен при использовании 6 т/га копролита (табл. 7).

Результаты 3 - летних исследований свидетельствуют, что при возделывании картофеля из инокулированных перед посевом клубней при внесении 2 - 6 т/га копролита существенно снижалось накопление нитратного азота в продукции (табл. 8).

Будучи облигатными по отношению к азоту, diaзотрофы интенсивно используют его из копролита для своего начального развития и, переходя впоследствии на питание молекулярным азотом, обеспечивают более равномерное поступление азотистых соединений в растения. Как указывают О.М. Паринкина и Н.В. Ключева (1995), микроорганизмы способны фиксировать азот атмосферы посредством ассоциативных связей с корневой системой растений и тем самым закреплять его в микробной биомассе. Высвобождающийся при минерализации биологический азот более доступен для растений, чем минеральный азот.

Инокуляция семенного материала картофеля существенно не повлияла на содержание крахмала и сухого вещества в клубнях. Однако улучшение условий питания, создаваемое как за счёт применения копролита, так и вследствие инокуляции клубней картофеля мизорином, содействовала увеличению сбора крахмала и сухого вещества с 1 га. Причём наибольший эффект отмечен при возделывании картофеля инокулированными клубнями на фоне 4 т/га копролита. Увеличение дозы последнего до 6 т/га снижало этот экологический агроприём (табл. 8).

Таблиця 8

Влияние копролита и мизорина на биохимический состав клубней картофеля
(в среднем за 1998 - 2000 гг.)

Варианты	Содержание		
	нитратов, мг/кг	крахмала, %	сухого вещества, %
1. Контроль	33,87	16,62	22,5
2. Мизорин	38,80	16,60	22,3
3. Копролит 2 т/га	87,97	17,00	23,4
4. Копролит 2 т/га + мизорин	70,85	16,85	22,8
5. Копролит 4 т/га	72,02	16,78	22,7
6. Копролит 4 т/га + мизорин	62,55	16,87	22,7
7. Копролит 6 т/га	67,18	16,40	22,2
8. Копролит 6 т/га + мизорин	52,86	16,45	22,2
НСР ₀₅	5,63	0,43	0,6

Экономическая и энергетическая оценка эффективности применения копролита. Локальное внесение копролита при возделывании картофеля рентабельно. Стоимость валовой продукции картофелеводства в вариантах с локальным внесением 2 - 6 т/га копролита наиболее высокая. Рентабельность производства с увеличением дозы копролита снижается с 216,7 до 136,2 %. Самая высокая рентабельность (253,3 %) при удобрении картофеля N₆₀P₉₀K₁₁₀ (табл. 9).

Таблиця 9

Экономическая оценка применения копролита при возделывании картофеля в
Брянской области (среднее за 1998 - 2000 гг.)

Варианты	Чистый доход, тыс. руб./га	Рентабельность производства, %
1. Контроль	27,04	209,7
2. Навоз	32,98	220,8
3. N ₆₀ P ₉₀ K ₁₁₀	34,99	253,3
4. Навоз + N ₆₀ P ₉₀ K ₁₁₀	35,17	219,8
5. Копролит 2 т/га	33,60	216,7
6. Копролит 4 т/га	33,77	168,4
7. Копролит 6 т/га	31,89	136,2
8. Копролит 4 т/га + N ₆₀ P ₉₀ K ₁₁₀	34,84	165,4

К экологическим агроэкосистемам предъявляется требование сестайнинга (от англ. sustainable - поддерживающий). Это означает приближение к экологическому равновесию за счёт обеспечения максимальной замкнутости циклов вещества, минимализации антропогенной энергии, повышения биологического разнообразия и его потенциальной способности к формированию полезных симбиотических связей (Муракаева, Соколов, 2000).

В результате вмешательства человека в природу дождевой червь стал «домашним животным», произошел глубокий разрыв между антропогенными технологиями и законами функционирования экологических систем. Поэтому конечный продукт жизнедеятельности этого животного - копролит - является неотъемлемой частью почвенной энергии в замкнутом круговороте веществ экосистемы.

Энергетический анализ применения копролита позволяет отметить, что его внесение под картофель эффективно. Наименее энергоемкими оказались технологии с локальным внесением 2 - 6 т/га копролита (табл. 10).

Совокупные затраты энергии в 1,05 - 1,9 раза ниже, чем при внесении традиционных удобрений. Максимальный показатель чистого энергетического дохода обеспечили варианты с внесением 4 и 6 т/га копролита. Применение копролита в этих дозах способствует в 1,1 - 1,14 раза больше накоплению энергии в урожае, чем при внесении органических и минеральных удобрений. Значительно сокращается нагрузка на экосистему. Затраты энергии на образование единицы урожая клубней уменьшаются и составляют 1,59 - 1,71 МДж/кг, в то время как с

применением традиционных удобрений – 2,05 - 2,99 МДж/га. Увеличивается биоэнергетический коэффициент посева, его максимальный показатель составляет 2,33 при локальном внесении 2 т/га копролита и несколько меньше - 2,29 при 4 т/га копролита.

Таблица 10

Энергетическая оценка применения копролита при возделывании картофеля в Брянской области (среднее за 1998 – 2000 гг.)

Варианты	Затрачено энергии, ГДж/га	Накоплено энергии в урожае, ГДж/га	Затраты энергии на 1 кг клубней, МДж	Биоэнергетический коэффициент посев
1. Контроль	22,40	49,41	1,66	2,20
2. Навоз	40,82	59,29	2,52	1,45
3. N ₆₀ P ₉₀ K ₁₁₀	33,82	60,39	2,05	1,78
4. Навоз + N ₆₀ P ₉₀ K ₁₁₀	51,70	63,31	2,99	1,23
5. Копролит 2 т/га	25,98	60,75	1,59	2,33
6. Копролит 4 т/га	29,10	66,61	1,59	2,29
7. Копролит 6 т/га	31,96	68,44	1,71	2,14
8. Копролит 4 т/га + N ₆₀ P ₉₀ K ₁₁₀	39,80	69,17	2,11	1,74

Итак, для решения важных экологических проблем - обеспечения бездефицитного баланса гумуса в земледелии, повышения эффективного плодородия дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы, накопления энергии в урожае, сокращения антропогенной нагрузки на агроэкосистему, уменьшения затрат энергии на образование единицы урожая, увеличения биоэнергетического коэффициента посева - целесообразно производить копролит (биогумус) из навоза сельскохозяйственных животных и применять его локально при посадке картофеля как органическое удобрение в дозе 4 т/га. Существенно повысить урожайность позволит предпосадочная инокуляция клубней мизорином при дальнейшем локальном удобрении среднераннего картофеля копролитом в дозах 2 и 4 т/га.