

Г.Ю. Рабинович, доктор биологических наук, профессор
И.А. Трешкин, кандидат сельскохозяйственных наук
ФИЦ «Почвенный институт им. В.В. Докучаева»
РФ, 119017, г. Москва, Пыжевский пер., 7, стр. 2
E-mail: 2016vniimz-noo@list.ru

УДК 631.559.2

DOI:10.30850/vrsn/2021/3/61-65

ВЛИЯНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ КОМПОСТОВ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ЗВЕНА СЕВООБОРОТА И ИХ ОКУПАЕМОСТЬ ПРИБАВКОЙ УРОЖАЯ

В статье рассмотрены сравнительные характеристики компостов традиционного торфонавозного и многоцелевого назначения (КМН), получаемого по технологии ускоренной ферментации органического сырья. Описан химический состав компостов и приведены биохимические показатели качества получаемого зерна. Исследования проводили на дерново-среднеподзолистой глееватой супесчаной почве и дерново-сильноподзолистой глееватой легкосуглинистой. Наибольшее количество элементов питания поступило с торфонавозным компостом, КМН с высоким содержанием калия и фосфора благоприятен для обедненных калием и в некоторых случаях фосфором дерново-подзолистых почв. Эффективность применения органических удобрений – основополагающий элемент повышения плодородия дерново-подзолистых почв и урожайности сельскохозяйственных культур. Приведены результаты исследований влияния различных видов и доз компостов на формирование урожайности звена зерно-травяного севооборота. В первый год действия удобрений получена прибавка урожайности от внесения КМН в дозе 15 т/га – 70,4–85,1 %. За три года звена зерно-травяного севооборота прибавка урожая от использования КМН в разных дозах составила 19,7–76,4 %. От торфонавозного компоста урожай увеличился на 19,6–35,1 %. Наибольшее количество зольных элементов присутствовало в вариантах с торфонавозным компостом и КМН, что свидетельствует о богатстве компостов элементами питания. Самую большую окупаемость 21,6–31,2 кг д.в./кг NPK обеспечил КМН во всех дозах. При этом торфонавозный компост значительно меньше – 5,0–11,4 кг д.в./кг NPK. Максимальный коэффициент энергетической эффективности с применением КМН во всех дозах 27,9–37,1. Торфонавозный компост показал эффективность на уровне минеральных удобрений.
Ключевые слова: дерново-подзолистая почва, торфонавозный компост, компост многоцелевого назначения (КМН), урожайность, продуктивность севооборота, окупаемость.

G.Yu. Rabinovich, *Grand PhD in Biological sciences, Professor*
I.A. Treshkin, *PhD in Agricultural sciences*
FRC «V.V. Dokuchaev Soil Science Institute»
RF, 119017, g. Moskva, Pyzhevskij per., 7, str. 2
E-mail: 2016vniimz-noo@list.ru

INFLUENCE OF ORGANIC COMPOSTS ON THE CROP ROTATION PRODUCTIVITY AND THEIR PAYBACK BY INCREASING THE YIELD

The article deals with the comparative characteristics of traditional peat-manure compost and multipurpose compost (KMN) obtained by the technology of accelerated fermentation of organic raw materials. The chemical composition of composts as organic fertilizers is described and biochemical indicators of the quality of the resulting grain are given. The studies were carried out on soddy-medium-podzolic gley sandy loamy soil and on soddy-strongly podzolic gley light loamy soil. The largest amount of nutrients came from peat-manure compost, while KMN with a high content of potassium and phosphorus is most favorable for sod-podzolic soils depleted in potassium and, in some cases, phosphorus. The effectiveness of the use of organic fertilizers is a fundamental element in increasing the fertility of sod-podzolic soils and increasing the productivity of agricultural crops. The results of studies of the influence of various types and doses of composts on the formation of the yield of the link of grain-grass crop rotation are presented. In the first year of fertilization, the increase in yield from the application of KMN at a dose of 15 t/ha was 70.4–85.1 %. In general, over 3 years of the link of grain-grass crop rotation, the increase in yield from the use of KMN in different doses amounted to 19.7–76.4 %. At the same time, an increase in yield was obtained from peat-manure compost at the level of 19.6–35.1 %. The greatest amount of ash elements was observed in variants with peat-manure compost and KMN, which indicates the richness of composts with nutrients. The greatest payback of 21.6–31.2 kg a.i./kg NPK was provided by KMN in all doses. At the same time, peat-manure compost is much less – 5.0–11.4 kg a.i./kg NPK. The maximum coefficient of energy efficiency was provided by KMN in all doses of 27.9–37.1. Peat manure compost has shown efficiency at the level of mineral fertilizers.
Key words: sod-podzolic soil, peat-manure compost, multipurpose compost (KMN), yield, crop rotation productivity, payback.

Сохранение плодородия пахотных угодий связано с ежегодным накоплением почвами элементов питания и гумуса. Почвенный перегной – основной аккумулятор солнечной энергии на поверхности земли и гарант продуктивности почв. На малогумусовых почвах невозможно получить стабильно высокие урожаи возделываемых культур, поэтому важно его сохранить при интенсивном ведении сельскохозяйственного производства. Содержание гумуса в дерново-подзолистых почвах Верхневолжья

варьирует от 0,8 до 3,5 % при ежегодной минерализации 0,5...0,7 т/га. Такие почвы характеризуются низким содержанием элементов питания, невысокой биологической активностью, неблагоприятными агрофизическими свойствами. [1, 2, 4]

До 80 % урожая формируется за счет элементов питания, содержащихся в пахотном слое почвы, 20 % обеспечивают удобрения. Опыт хозяйств Тверской области подтверждает, что продуктивность полей в 1,5...2 раза выше на гумусированных почвах.

Поэтому для получения стабильных урожаев необходимо поддерживать достаточное содержание гумуса в почвах. При этом стандартное применение традиционных органических удобрений (навоз, торф и торфонавозный компост) не дают долгосрочного эффекта. Навоз в почве подвергается интенсивной минерализации ввиду наличия в нем свежего органического вещества, богатого белками, углеводами и зольными элементами. Его внесение не способствует накоплению дополнительного количества гумуса.

Кроме того, низкая поглотительная способность дерново-подзолистых почв даже при внесении высоких доз органических удобрений не позволяет повысить их гумусированность из-за того, что минеральная часть почвы плохо закрепляет вновь образованные гумусовые вещества. Гумус выносится из перегнойного слоя, для поддержания его уровня необходимо постоянно добавлять органические удобрения. [4]

При внесении навоза и торфонавозных компостов (ТНК) в почву вместе с питательными веществами заносится огромное количество семян сорняков, из-за которых теряется до 50...70 % питательных веществ. Применение всех видов навоза приводит к интенсивному заражению патогенной микрофлорой, жизнеспособность которой сохраняется в почве до 4...6 мес. Сельскохозяйственные культуры, выращенные на таких угодьях, обсеменяются патогенами и становятся небезопасными для человека и сельскохозяйственных животных. [1]

Восполнить содержание органического вещества в почве возможно внесением удобрений, отвечающим требованиям санитарно-бактериологического и санитарно-паразитологического контроля.

Финансовые затруднения товаропроизводителей Тверской области обязывают обратить внимание на доступные органические субстраты: навоз, помет, торф, солому и другие. Следует отметить, что использование навоза или помета в чистом виде малоэффективно ввиду их экологической небезопасности, поэтому на их основе лучше готовить компосты и другие биологически активные удобрения.

Актуальное направление по использованию технологий производства новых видов высокоэффективных удобрений – в рамках единого производственного цикла. Получаемые удобрения должны обогащать почву не только доступными элементами питания, но и полезной микрофлорой, а также быстро окупаться. Такие разработки следует внедрять на малогумусных почвах Верхневолжья.

Цель работы – изучить химический состав органических удобрений, определить их влияние на урожайность возделываемых в звене севооборота полевых культур и дать биоэнергетическую оценку.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводили на почвах: дерново-среднеподзолистой глееватой супесчаной на моренном суглинке и дерново-сильноподзолистой глееватой легкосуглинистой на морене. Дерново-подзолистая супесчаная почва – высокогумусированная, с вертикальным распределением по профилю гумуса и зольных элементов, сосредоточенных больше всего в пахотном слое. Дерново-сильноподзолистая легко-

суглинистая почва – относительно высокогумусированная в горизонте $A_{\text{пах}}$ со средней насыщенностью обменными основаниями.

Сравнивали влияние компостов – торфонавозного и многоцелевого назначения (КМН) на урожайность звена зернотравяного севооборота. Один из вариантов сравнения – минеральные удобрения. При выборе доз удобрений исходили из полномасштабной дозы ТНК в 50 т/га. КМН вносили в норме 0,1; 0,2 и 0,3 от дозы ТНК, что составляло 5, 10 и 15 т/га соответственно. Минеральные удобрения вносили в эквивалентной КМН дозе по азоту. Количество вносимых элементов питания рассчитывали исходя из химического состава конкретного удобрения. Органические удобрения применяли весной перед посевом под первую культуру звена севооборота. Изучали последствие органических компостов.

КМН получали по технологии ускоренной ферментации из органических субстратов (навоз, помет, торф, опилки, солома и др.). Она достаточно проста для использования в любом сельскохозяйственном предприятии, в том числе фермерском хозяйстве. Технология позволяет эффективно переработать высоковлажные и низкобелковые отходы животноводства, использовать в биологическом круговороте инертные органические вещества торфа, опилок и соломы.

Компост многоцелевого назначения производился на основании ТУ 9841-003-00668732-2011 «Компост многоцелевого назначения». КМН – однородная сухая (55...70 % влаги), сыпучая, темно-коричневая субстанция без неприятного запаха; средняя плотность – 750 кг/м³. Удобрение легко перевозить и вносить в почву. Срок хранения не ограничен, так как в нем переработанные микрофлорой питательные вещества трансформируются незначительно и не теряют качества при хранении без укрытия. КМН отличается от традиционных компостов большей концентрацией (в 3...4 раза) питательных веществ, в 1 т КМН до 53 кг (табл. 1). [3, 5]

КМН способен в почве быстро мобилизовать элементы питания из верхнего горизонта. Это экологически чистый продукт, не содержащий тяжелые металлы, патогенную микрофлору, яйца и личинки гельминтов, вредных насекомых и всхожие семена сорняков.

На дерново-подзолистой супесчаной почве последовательность звена севооборота: ячмень – овес – викоовсяная смесь. На дерново-подзолистой легкосуглинистой: викоовсяная смесь – озимая рожь – ячмень. Агротехника возделываемых культур была типична для Тверской области. Урожайность культур учитывали поделяночным, сплосным методом.

Количество элементов питания в почве и составов органических удобрений определяли общепринятыми способами, биоэнергетический КПД – методом энергетической эффективности: отношение

Таблица 1.
Содержание питательных веществ в 1 т КМН, кг

Компост многоцелевого назначения	NPK	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
на основе навоза КРС	20...25	10...12	8...10	2...3
на основе птичьего помета	49...53	20...21	20...23	до 9

Таблица 2.
Химический состав органических удобрений, % а.с.в.

Удобрение	Сорг.	pH сол.	N общ.	P ₂ O ₅ общ.	K ₂ O общ.	C:N	Сырая зола	Влажность
Торфонавозный компост	40,8	5,8	1,65	1,20	1,0	24,7:1	16,1	66,7
Компост много-целевого назначения	40,6	6,7	4,28	3,07	1,7	9,5:1	18,7	59,1

количества энергии, накопленной в урожае и гумусе, к энергетическим затратам при внесении органических компостов.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Химический состав органических удобрений представлен в таблице 2. Мы использовали торфонавозный компост – в основном подстилочный КРС с соотношением C:N – 24,7:1, и КМН – торф и навоз – 9,5:1. Оптимальным соотношением углерода к азоту в удобрениях считается 20...25:1. При разложении органических, бедных азотом (менее 1,8 %) удобрений, микроорганизмы будут использовать азот из почвы. Таким образом, ТНК, содержащий 1,65 % азота, не должен провоцировать микрофлору на извлечение минеральных соединений.

В то же время соотношение C:N КМН было довольно узкое – 9,5:1. Поэтому при избытке азота микрофлора почвы после разложения легкодоступного углерода из самого КМН, пожнивных и корневых остатков может начать минерализовать углерод почвы, изымая его из гумуса. Процессы гумификации едва ли будут покрывать убыль гумуса от его минерализации. Но благодаря большому количеству углерода в КМН (40,6 %) в почву поступает достаточное количество органического вещества для питания микрофлоры и положительного баланса гумуса в процессе гумификации.

Удобрительные свойства компостов зависят от наличия в них доступных форм фосфора, калия и других элементов питания. КМН присуще высокое содержание фосфора и калия, что особенно благоприятно для обедненных калием и в некоторых случаях подвижным фосфором дерново-подзолистых почв.

Вместе с органическими составляющими в почву поступало и разное количество НРК. Выделили варианты с ТНК и КМН в дозе 15 т/га (рис. 1, 2-я стр. обл.).

Наибольшее количество элементов питания поступило с торфонавозным компостом (642 кг д.в./га), минимальное – с КМН в дозе 5 т/га – 186 кг д.в./га.

Результаты наших исследований свидетельствуют о значительном удобрительном эффекте органических компостов в год внесения их в почву. Эффективность органических компостов, их доз определяли, учитывая прибавку урожайности возделываемых культур относительно контроля. На дерново-подзолистой супесчаной почве в первый год внесения удобрений наибольший эффект был получен от КМН в максимальной дозе, прибавка урожая составила 85,1 % (табл. 3). Несколько меньший показатель урожайности ячменя (55,3 %) был в варианте с КМН в дозе 10 т/га; с минеральными удобрениями получена прибавка лишь 29,3 %, минимальная доза КМН 5 т/га – 21,8 %, близкая к ТНК – 20,7 %.

На второй год после внесения удобрений последствие компостов обеспечило прибавку урожайности овса аналогично первому. Только минеральные удобрения дали дополнительный урожай в размере математической погрешности – 1,1 %. На третий год была получена прибавка урожайности викоовсяной смеси: максимальная (73,4 %) от КМН в дозе 15 т/га, минимальная (11,1 %) с N₈₈P₈₈K₈₈.

В среднем за три года действия удобрений максимальную урожайность 28,3 и 25,4 т зерн.ед./га удалось получить в вариантах с применением КМН в дозах 15 и 10 т/га, даже при минимальной дозе КМН (5 т/га) обеспечивала прибавку 35,6 %.

Аналогичную ситуацию прослеживали в севообороте на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве (табл. 4). Максимальную урожайность викоовсяной смеси (29,4 т зерн.ед./га) в первый год действия удобрений получили на варианте с КМН (15 т/га), во второй (4,07 т зерн.ед./га) под озимой рожью. На третий год последствие удобрений с КМН в дозе 15 т/га максимальный урожай был получен у ячменя (2,31 т зерн.ед./га). КМН в дозе 10 т/га относительно ТНК обеспечил большую прибавку урожая, как в первый год, так и во второй. На третий год прибавка урожая ячменя на варианте с ТНК составила 47,8 %, от КМН в той же дозе – 38,3 %.

При внесении минеральных удобрений самая низкая прибавка урожая получена как в первый год действия удобрений, так и в последующие. За три года звена севооборота выявлена максимальная прибавка урожайности от внесения КМН в дозах 15 и 10 т/га.

Компосты влияют не только на урожайность сельскохозяйственных культур, но и на качество

Таблица 3.
Влияние органических компостов на урожайность культур на дерново-подзолистой супесчаной почве, т зерн.ед./га

Вариант	Урожайность ячменя, первый год севооборота	+ к контролю, %	Урожайность овса, второй год севооборота	+ к контролю, %	Урожайность викоовсяной смеси, третий год севооборота	+ к контролю, %	Всего за три года звена севооборота	+ к контролю, %
Контроль	1,88	–	1,82	–	12,61	–	16,3	–
ТНК 47,9 т/га	2,27	20,7	2,02	11,0	15,17	20,3	19,5	19,6
КМН 5 т/га	2,29	21,8	2,01	10,4	17,84	41,5	22,1	35,6
КМН 10 т/га	2,92	55,3	2,51	37,9	19,97	58,4	25,4	55,8
КМН 15 т/га	3,48	85,1	2,94	61,5	21,87	73,4	28,3	73,6
N ₈₈ P ₈₈ K ₈₈	2,43	29,3	1,84	1,1	14,01	11,1	18,3	12,3

Таблица 4.

Влияние органических компостов на урожайность культур на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, т зерн.ед./га

Вариант	Урожайность викоовсяной смеси, первый год севооборота		Урожайность озимой ржи, второй год севооборота		Урожайность ячменя, третий год севооборота		Всего за три года звена севооборота	+ к контролю, %
		+ к контролю, %		+ к контролю, %		+ к контролю, %		
Контроль	17,25	–	1,78	–	1,80	–	20,8	–
ТНК 47,9 т/га	22,41	29,9	2,99	68,0	2,66	47,8	28,1	35,1
КМН 5 т/га	20,14	16,8	2,51	41,0	2,24	24,4	24,9	19,7
КМН 10 т/га	24,95	44,6	3,36	88,8	2,49	38,3	30,8	48,1
КМН 15 т/га	29,40	70,4	4,07	128,7	3,21	78,3	36,7	76,4
N ₈₈ P ₈₈ K ₈₈	19,83	15,0	1,94	9,0	1,93	7,2	23,7	13,9

получаемой продукции. Важный показатель питательной ценности зерна – содержание белка. Оно целиком зависит от обеспеченности азотным питанием в сочетании с оптимальным фосфорным и калийным. Внесение КМН во всех дозах увеличило содержание сырого протеина в зерне ячменя на 6,0...6,7 % и переваримого – 7,9...8,8 % (табл. 5).

В вариантах с КМН и ТНК в зерне ячменя содержание нитратного азота было значительно ниже предельно допустимых норм. Внесение торфонавозного компоста способствовало максимальному накоплению в зерне кальция (0,8 г/кг).

В современных условиях большое значение имеет окупаемость затрат на внесение удобрений полученной прибавкой урожая возделываемых культур. Для получения сравнительных результатов по разным культурам мы перевели урожайность в зерновые единицы по общепринятым коэффициентам. Эффективность исследуемых доз удобрений рассчитывали окупаемостью 1 кг питательных веществ (NPK) полученной прибавкой урожая за три года проведения опыта: первый год – действие; два последующих – последствие (табл. 6).

На дерново-подзолистой супесчаной почве окупаемость вносимого КМН варьировала от 5,0 до 31,2 кг д.в. /кг NPK. Причем при меньшей дозе КМН (5 т/га) установлена большая окупаемость удобрений – 31,2; 10 т/га – 24,6; 15 т/га – 21,6. Следует отметить, что на дерново-подзолистой супесчаной почве окупаемость вносимых доз КМН оказалась обратно пропорциональна количеству вносимых удобрений. Этот показатель при внесении торфонавозного компоста и минеральных удобрений достигал 5,0 и 7,6 соответственно.

На дерново-подзолистой легкосуглинистой почве окупаемость возрастала с увеличением дозы КМН.

Таблица 5. Влияние органических компостов на биохимические показатели качества зерна ячменя

Вариант	Содержание питательных веществ в 1 кг зерна, г						
	протеин		клетчатка	зола	кальций	фосфор	нитратный азот, мг
	сырой	переваримый					
Контроль	90,8	66,8	43,6	21,2	0,6	4,1	42
ТНК 47,9 т/га	90,2	67,6	42,6	23,7	0,8	4,4	45
КМН 5 т/га	96,6	72,4	34,7	22,2	0,6	4,3	44
КМН 10 т/га	96,9	72,7	42,0	23,1	0,6	4,2	50
КМН 15 т/га	96,2	72,1	36,5	23,6	0,6	4,8	52

Несмотря на сбалансированность питательными веществами ТНК, в варианте с его использованием, как и в варианте с минеральными удобрениями, окупаемость была самой низкой (11,4 и 11,0 соответственно).

Выше отмечали (рис. 1), что КМН в дозе 15 т/га и торфонавозный компост были выровнены по содержанию азота (263 кг д.в./га). Но по содержанию фосфора (188 и 191 кг д.в./га) и калия (104 и 188 кг д.в./га) компосты различались (с фосфором не существенно). Гумусированность дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы – 2,35, супесчаной – 2,22 %. По содержанию подвижного фосфора (240 мг/кг) и калия (182 мг/кг) эта почва превалировала над супесчаной, в которой содержание указанных элементов питания достигало лишь 212 и 142 мг/га соответственно. Окупаемость возрастающих доз КМН на легкосуглинистой почве пропорционально увеличивалась, а на супесчаной снижалась. Такая зависимость возможна изначально большей насыщенностью легких суглинков элементами питания.

Вместе с тем, слабая поглотительная способность дерново-подзолистых супесчаных почв и несбалансированность вносимых удобрений по элементам питания привели к обратно пропорциональной зависимости окупаемости удобрений от их доз. Недостаточное количество подвижных форм фосфора и калия стало лимитирующим фактором. Несбалансированность удобрений наблюдалась и на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве в вариантах с ТНК и КМН в дозе 5 т/га. Поэтому более обеспеченный элементами питания ТНК дал прибавку урожайности выше, чем КМН в дозе 5 т/га. На дерново-подзолистой супесчаной почве этого удалось избежать из-за биологической активности КМН – недостающие элементы питания получены из почвы.

Энергетическая эффективность (биоэнергетический КПД) определяется отношением количества энергии, накопленной в урожае, к энергетическим затратам при внесении органических компостов. Коэффициент энергетической эффективности возделываемых культур на дерново-подзолистой супесчаной почве аналогичен данным по окупаемости удобрений от вносимых видов и доз удобрений (рис. 2, 2-я стр. обл.).

Наибольший коэффициент энергетической эффективности получили от применения КМН. При этом, чем ниже доза внесения КМН, тем выше коэффициент (5 т/га – 34,4; 10 т/га – 32,0 и 15 т/га – 27,9), а энергия, накопленная урожаем, прямо пропорциональна вносимым дозам (144,9; 277,3; 366,4 соответственно). В такой же последовательности возрастали и затраты на их внесение. Максимальные затраты энер-

Таблица 6.

Сравнительная оценка окупаемости удобрений полученной прибавкой урожайности возделываемых культур за три года

Вариант	Внесено NPK с удобрениями, кг д.в./га	Дерново-подзолистая почва			
		супесчаная		легкосуглинистая	
		прибавка урожайности за три года звена севооборота, т зерн. ед./га	окупаемость удобрений прибавкой урожайности, кг д.в./кг NPK	прибавка урожайности за три года звена севооборота, т зерн. ед./га	окупаемость удобрений прибавкой урожайности, кг д.в./кг NPK
ТНК 47,9 т/га	642	3,2	5,0	7,3	11,4
КМН 5 т/га	186	5,8	31,2	4,1	22,0
КМН 10 т/га	370	9,1	24,6	10,0	27,0
КМН 15 т/га	555	12,0	21,6	15,9	28,6
N ₈₈ P ₈₈ K ₈₈	264	2,0	7,6	2,9	11,0

гии требовались для внесения ТНК (36,7), при этом коэффициент энергетической эффективности (7,4) находился на уровне, близком к варианту с применением минеральных удобрений (5,3).

Результаты окупаемости и энергетической эффективности схожи на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве (рис. 3, 2-я стр. обл.). Количество накопленной растениями энергии оказалось прямо пропорционально урожайности возделываемых культур. Также возрастали и энергетические затраты на их внесение. Но максимальный коэффициент выдавал вариант с КМН в дозе 10 т/га – 37,1, другие варианты с КМН имели приблизительно равные показатели – 31,1...32,2.

На легкосуглинистой почве ТНК обеспечивал значительное накопление энергии урожаем, достигая – 437 ТДж/га. При этом коэффициент энергетической эффективности был также не высок, но на 42 % больше, чем в варианте с внесением минеральных удобрений.

Выводы:

1. КМН обеспечил значительный удобрительный эффект в первый год действия удобрений. Максимальная прибавка урожая ячменя (85,1 %) на дерново-подзолистой супесчаной почве и викоовсяной смеси (70,4 %) на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве получен с КМН в дозе 15 т/га.

2. В последствии КМН на дерново-подзолистой супесчаной почве максимальная прибавка урожая овса – 61,5 % на второй год и викоовсяной смеси – 73,4 % на третий год (с дозой 15 т/га). Аналогичные результаты получены на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве.

3. Максимальная продуктивность звена зерно-травяного севооборота получена в варианте с КМН при максимальной дозе на дерново-подзолистой супесчаной почве – 28,3 и легкосуглинистой – 36,7 т зерн.ед./га. Продуктивность звена севооборота от применения ТНК (19,5...28,1) была на уровне варианта с минеральными удобрениями (18,3...23,7).

4. Наибольшую окупаемость затрат на внесение удобрений обеспечил КМН во всех дозах как на дерново-подзолистой супесчаной почве (21,6...31,2 кг д.в./кг NPK), так и легкосуглинистой (22,0...28,6). Окупаемость от внесения ТНК значительно уступала – 5,0...11,4 кг д.в./кг NPK.

5. Наибольший коэффициент энергетической эффективности установлен от внесения КМН во всех дозах на дерново-подзолистой супесчаной почве (27,9...34,4) и легкосуглинистой (31,1...37,1); от приме-

нения ТНК (7,4...11,6) был незначительно выше при использовании минеральных удобрений (4,9...5,3).

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Акимов, А.А. Влияние баковой смеси современных гербицидов и удобрений на основе куриного помета на засоренность и урожайность ячменя / А.А. Акимов, П.С. Шоля // Вестник ТвГУ. Серия «Химия». – 2016. – № 4. – С. 194–205.
2. Замятин, С.А. Гумусовое состояние дерново-подзолистой почвы длительного стационарного опыта в Республике Марий Эл / С.А. Замятин, Р.Б. Максимова, А.Ю. Ефимова, С.А. Максуткин // Международный научно-исследовательский журнал. – 2020. – № 8. – С. 192–196.
3. Мельцаев, И.Г. Агротехника зерновых культур на дерново-подзолистой и серой лесной почвах Верхневолжского региона / И.Г. Мельцаев, С.Т. Эседуллаев // Владимирский земледелец. – 2019. – № 1. – С. 11–16.
4. Рабинович, Г.Ю. Научные основы, опыт продвижения и перспективы биотехнологических разработок: монография / Г.Ю. Рабинович. – Тверь: Твер. гос. ун-т., 2016. – 196 с.
5. Трусова, Л.А. Влияние органических удобрений на урожайность и качество свеклы столовой и шавеля / Л.А. Трусова, Д.В. Петров // Известия Санкт-Петербургского государственного университета. – 2017. – С. 52–58.

LIST OF SOURCES

1. Akimov, A.A. Vliyaniye bakovoj smesi sovremennykh gerbi-cidov i udobrenij na osnove kurinogo pometa na zasorennost' i urozhajnost' yachmenya / A.A. Akimov, P.S. Sholya // Vestnik TvGU. Seriya «Himiya». – 2016. – № 4. – S. 194–205.
2. Zamyatin, S.A. Gumusovoe sostoyaniye dernovo-podzolistoj pochvy dlitel'nogo stacionarnogo opyta v Respublike Marij El / S.A. Zamyatin, R.B. Maksimova, A.Yu. Efimova, S.A. Maksutkin // Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal. – 2020. – № 8. – S. 192–196.
3. Mel'caev, I.G. Agrotekhnika zernovykh kul'tur na derno-vo-podzolistoj i seroj lesnoj pochvah Verhnevolszhskogo regiona / I.G. Mel'caev, S.T. Esedullaev // Vladimirskij zemledec. – 2019. – № 1. – S. 11–16.
4. Rabinovich, G.Yu. Nauchnye osnovy, opyt prodvizheniya i perspektivy biotekhnologicheskikh razrabotok: monografiya / G.Yu. Rabinovich. – Tver': Tver. gos. un-t., 2016. – 196 s.
5. Trusova, L.A. Vliyaniye organicheskikh udobrenij na urozhajnost' i kachestvo svekly stolovoj i shchavelya / L.A. Trusova, D.V. Petrov // Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo universiteta. – 2017. – S. 52–58.