

УДК 631.4: 631.61

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ДЕЙСТВИЯ МЕЛИОРАНТОВ ПРИ РЕКУЛЬТИВАЦИИ НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ ЛЕГКОГО ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА

Г.А. Соколов, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Институт природопользования НАН Беларуси,

г. Минск, Беларусь

Ключевые слова: нарушенные земли, мелиоранты, рекультивация, свойства почвы, урожайность.

Введение

Оптимизация комплекса свойств рекультивируемого слоя песчаного грунта под действием удобрительно-мелиорирующих составов была более эффективной, чем при использовании немодифицированного торфа и навоза по фону минеральных туков. Урожайность вико-овсяной смеси и ячменя при внесении мелиоранта была на 10,4-76,5 % выше, чем при использовании каустобиолитов в чистом виде. Продуктивность восстанавливаемой почвы в год внесения мелиорантов достигала 40-48 ц/га кормовых единиц при окупаемости 1 т мелиоранта 110-200 кг зеленой массы вико-овсяной смеси. В последствии получен 21,2 ц/га зерна ячменя. Отмечено существенное улучшение гумусного состояния, реакции среды, содержания подвижных форм элементов питания в почве, а также её биологической активности.

Снижение площади пахотных угодий, приходящихся на 1 жителя – общемировая закономерность, порождающая ряд серьезных гуманитарных проблем, дефицит продуктов питания, локальные конфликты и миграцию населения в странах Африки, Азии, Востока и др., происходящая в основном из-за их деградации вследствие неправильного использования, эрозии, загрязнения вследствие маргинального их использования, добычи полезных ископаемых, строительства, загрязнения в результате аварий и др.

Наиболее существенные изменения природных ландшафтов обусловлены деятельностью горнодобывающей промышленности (особенно при открытом способе добычи нерудных полезных ископаемых). В структуре земельного фонда Беларуси таких нарушенных земель более 26,6 тыс. га [2].

Основные площади нарушенных земель представлены карьерами, выемками, реже встречаются отвалы. Нарушенные участки многочисленны, территориально разобщены, невелики по размерам и разнотипны по виду добывавшегося сырья. Большую их долю составляют карьеры после добычи песков и песчано-гравийных материалов.

Из всех выделенных направлений рекультивации карьерно-отвальных ландшафтов большинство (сельскохозяйственное, лесохозяйственное, рекреационное, строительное, комбинированное) нуждается в восстановлении природной функции плодородия почвы. Песчаные грунты и нарушенные лёгкие почвы являются низкоплодородными из-за осо-

бенностей их гранулометрического и минералогического состава. В песках преобладают (98-100%) частицы крупнее 0,01 мм при полном отсутствии или очень низком содержании коллоидной фракции. Второй особенностью является преобладание в минералогическом составе кварца и полевых шпатов. Такой состав обуславливает неспособность песчаных почв к образованию почвенных агрегатов и формированию агрономически ценной дефляционно-устойчивой структуры. Находящиеся в песчаных грунтах минералы, как правило, устойчивы к выветриванию и медленно высвобождают элементы питания для растений. Специфичность гранулометрического и минералогического состава обуславливает очень низкую поглотительную способность и емкость катионного обмена – около 0,5-2 мг.-экв./100 г. Это приводит к низкой буферной способности песчаных грунтов.

Не менее своеобразны и водно-физические свойства песков, а именно – высокие воздухо- и водопроницаемость и низкая влагоёмкость при высоких значениях коэффициентов фильтрации (2-50 м/сут.). Песчаные грунты могут удерживать в подвешенном состоянии не более 5-12 % влаги, создавая контрастный водный режим, при котором увлажненная почва быстро теряет влагу.

Для песчаных грунтов типичен высокий окислительно-восстановительный потенциал, обуславливающий скорость окислительных процессов при минерализации органического вещества. Это в сочетании с низким содержанием коллоидных частиц и небольшим поступлением растительного материала сдерживает процессы гумусообразования в них.

Обедненность песчаных грунтов или практически полное отсутствие в них свежего и гумифицированного органического вещества, элементов питания, коллоидных частиц, а также контрастность водного режима являются неблагоприятными для почвенной биоты и приводят к невысокой биологической активности и низкой численности микроорганизмов.

Результаты и обсуждение

В связи с вышеизложенным важной составной частью комплекса мероприятий восстановления плодородия песчаных почвогрунтов является применение мелиорантов. Мелиоранты предназначены для быстрого и радикального улучшения многих свойств почв: агрофизических, агрохимических, микробиологических, биохимических, физико-химических, а также минералогического и гранулометрического составов, водно-воздушного и пищевого режимов с целью повышения плодородия на длительный период (десятки лет). Таким образом, главными особенностями мелиорантов являются направленность либо комплексность и длительность положительного воздействия на свойства, режимы и плодородие почв. Для быстрого и радикального улучшения почв мелиоранты вносят в больших дозах – по 100-500 тонн на 1 гектар и более – как разовое или периодическое мероприятие.

Наиболее перспективными являются органоминеральные мелиоранты на основе каустобиолитов. В их состав входят торф, сапропель, навоз (птичий помет), минеральные добавки. При компостировании полученных смесей происходит физико-химическая и био-

химическая модификация органического вещества компонентов, повышающая агрономическую ценность мелиорантов [7, 9, 10]. В этом плане роль органических сбалансированных удобрений-мелиорантов исключительно велика, и с учетом региональной специфики мелиоранты, предназначенные к применению на песчаных нарушенных территориях, должны обладать комплексным действием: способностью удерживать влагу в почве и предохранять от избыточной фильтрации вместе с растворенными в ней элементами питания растений вниз по профилю почвы; способностью обогащать почву устойчивыми формами гумуса, минеральными и органоминеральными коллоидными частицами, устойчивыми к разрушению и обеспечивающими многолетний положительный эффект по комплексному улучшению физических, агрохимических и биологических свойств почв, в том числе их пищевого и водного режимов с длительным последствием, в то время как навоз улучшает свойства почв в среднем на 3-5 лет.

В данной статье на основе накопленного собственного опыта, обобщения результатов о закономерностях физико-химической и биологической активизации органического вещества торфа, сапропеля, бурого угля и вторичного сырья излагаются результаты изучения эффективности нового мелиоранта на основе торфа с добавками навоза или птичьего помёта, позволяющего максимально использовать специфику и достоинства каждого их компонентов и достичь более высокой комплексной эффективности приготавливаемых конечных продуктов.

Содержание азота в торфе варьирует от 0,6 до 4,0 % в зависимости от типа, вида и степени разложения. Наиболее богаты азотом низинные виды торфа (1,3-4,0 %), в то время как у верховых видов содержание азота составляет лишь 0,6-2,5 %. Практически весь азот торфа находится в органическом веществе: 97-99% в низинных и 86-96 % -- в верховых видах торфа. Остальная часть азота торфа – около 1-3% для низинных и 4-14% для верховых видов – находится в неорганических соединениях. При этом необходимо отметить, что в процессе торфообразования азот растений трансформируется в биохимически устойчивые формы, так как он входит в состав гуминовых соединений. Доля легкогидролизуемого азота в торфе не превышает 2 % от валового содержания, что составляет около 40-60 мг на 100 г сухого вещества. В навозе количество легкогидролизуемого азота во много раз выше и составляет 630-1445 мг на 100 г сухого вещества или 25-50 % от общего азота, следовательно, в почве навоз способен снабжать растения усвояемым азотом во много раз быстрее торфа. Азот торфа малодоступен растениям и почвенной микрофлоре без специальных приёмов его активизации. Внесение необработанного торфа в почву в большинстве случаев мало эффективно. Принимая во внимание образование гуматов аммония и изменение структуры азотсодержащих соединений [6, 7] в приготавливаемых продуктах при активизации азотного фонда торфа, сапропеля либо бурого угля, предлагается использовать биологическую (ферментация в результате компостирования с птичьим помётом или навозом, вермикомпостирование) [4, 5], физико-химическую (аммонизация за

счёт ионов аммония помёта и навоза или образовавшихся под влиянием уробактерий из карбамида) [9, 10 и др.] или кавитационную (гидродинамическая или ультразвуковая) обработку [8, 11], что подробно рассмотрено в этих работах.

Комплексная оценка эффективности действия удобрений-мелиорантов при рекультивации нарушенных земель легкого гранулометрического состава проводилась в отработанном карьере в районе д. Рябиновка Пуховичского района Минской области.

Окультуриваемая порода в опыте – песчано-гравийная смесь. Исходная агрохимическая характеристика слоя рекультивируемой породы в 0-20 см: рН (KCl) – 5,6; нитратный азот отсутствует; содержание аммонийного азота – 0,3 мг/100 г; подвижного фосфора и калия – соответственно 2 и 3 мг/100 г; гумус – 0,3 %.

Схема полевого опыта:

Вариант 1. Абсолютный контроль.

Вариант 2. N₉₀P₉₀K₉₀.

Вариант 3. Торф₁₂₅ + N₈₅P₉₀K₉₀.

Вариант 4. Навоз₁₈₅ + N₅₀P₆₀K₅₀.

Вариант 5. ТНК₁₀₄ + N₇₅P₇₅K₇₅.

Вариант 6. Мелиорант₉₄.

Дозы минеральных удобрений выбраны согласно Указаниям [3] и скорректированы с учетом содержания подвижных форм элементов питания в органических удобрениях. Формы минеральных туков: аммиачная селитра, двойной суперфосфат, калий хлористый.

Дозы органических удобрений составляли 1 % по сухой массе к пахотному слою (0-25 см) при объёмной массе песка 1,5 т/м³, т.е. по 37,5 т/га а.с.в. Использовались тростниковый торф низинного типа, солоmistый навоз КРС и торфо-навозный компост.

Повторность в опыте 4-кратная. Общая площадь деланки 15 м²(3x5 м), учётная – 10 м² (2,5x4 м).

Возделываемая культура 1-го года опыта – вико-овсяная смесь, 2-го – ячмень сорта Визит.

В 1-й год опыта максимальный урожай зеленой массы был получен на варианте с применением мелиоранта (табл. 1), что свидетельствовало о достаточно выраженном комплексном его действии.

Окупаемость 1 т мелиоранта подтверждается увеличением урожая. Использование мелиоранта вместо торфо-навозного компоста (ТНК) увеличивает урожай в 2 раза, а вместо торфа или навоза – в 6 раз. При этом отмечена минимальная степень засоренности урожая сорняками в сравнении с другими органическими материалами.

Вторым по эффективности действия был ТНК, на фоне минеральных удобрений обеспечивший окупаемость 1 т прибавкой урожая в 3 раза выше, чем торф и навоз по отдельности.

Использование немодифицированного торфа и навоза по фону минеральных туков

Таблица 1. Влияние изучаемых удобрительно-мелиорирующих составов на урожайность вико-овсяной смеси

| Вариант опыта | Урожайность, ц/га | Прибавка к контролю, ц/га | Окупаемость 1 т органических и 1 кг минеральных удобрений, кг з.м. | Сорняки, % в воздушно-сухой массе урожая |
|---------------|-------------------|---------------------------|--|--|
| Контроль | 31,2 | - | - | 7,6 |
| NPК | 77,4 | 46,2 | 17,1 | 9,6 |
| Торф + NPK | 150,7 | 119,5 | 33,7 | 33,7 |
| Навоз + NPK | 164,5 | 133,3 | 30,2 | 42,2 |
| ТНК + NPK | 222,7 | 191,5 | 109,7 | 11,9 |
| Мелиорант | 266,0 | 234,8 | 200,6 | 8,9 |

позволило получить урожай на уровне 150-165 ц/га при сравнительно низкой окупаемости – около 30 кг зеленой массы на тонну материала. В этих вариантах отмечена самая высокая степень засоренности сорной растительностью, что подтверждает общее мнение о навозе и торфе как источниках семян сорняков.

Применение минеральных удобрений оказалось неэффективным, в связи с существенными потерями элементов питания из окультуриваемого слоя вследствие низких сорбционных свойств песчано-гравийной смеси, а также неоптимизированным комплексом прочих свойств, определяющих потенциал плодородия.

Из анализа изменения агрохимических показателей 20-сантиметрового слоя почвы по вариантам следует, что в вариантах с применением навоза, ТНК и мелиоранта наблюдалась тенденция к повышению реакции среды до уровня 6,0-6,4 (табл. 2).

Таблица 2. Некоторые характеристики рекультивируемого слоя почвы в 1-й год опыта

| Вариант опыта | p _H (КСI) | содержание, мг/100 г сухой массы | | | | Гумус, % | Общая численность микроорганизмов, млн./г |
|---------------|----------------------|----------------------------------|--------------------|-------------------------------|------------------|----------|---|
| | | N- NH ₄ | N- NO ₃ | P ₂ O ₅ | K ₂ O | | |
| Контроль | 5,6 | 0,3 | отсут. | 2,2 | 3,4 | 0,35 | 2,07 |
| NPК | 5,5 | 1,6 | 0,6 | 3,3 | 5,2 | 0,41 | 4,38 |
| Торф + NPK | 5,7 | 1,1 | 0,5 | 4,5 | 5,4 | 1,23 | 4,77 |
| Навоз + NPK | 6,4 | 0,8 | 0,5 | 7,5 | 22,0 | 0,84 | 6,70 |
| ТНК + NPK | 5,9 | 0,9 | 0,3 | 6,3 | 11,8 | 1,02 | 5,83 |
| Мелиорант | 6,1 | 1,0 | 0,7 | 12,7 | 13,2 | 1,17 | 5,42 |

При общем низком содержании минерального азота в почве, которое объяснимо с позиций его потребления растениями, выносом с урожаем, а также возможной миграцией вниз по профилю почвы, отмечено некоторое обогащение 20-сантиметрового слоя азотом.

Применение органогенных материалов в опыте обусловило за счет привноса фосфора и калия, а также улучшения физико-химических свойств почвы заметное повышение содержания подвижных форм этих элементов питания растений. За счет сбалансированности своего состава в данном случае самым эффективным является мелиорант. Наивысшее содержание калия было отмечено в варианте с навозом.

Активное использование мелиоранта, торфа и ТНК (навоза в меньшей степени) способствует росту содержания гумуса в почве, что принципиально важно в деле ее окультуривания.

С содержанием в почве органического вещества тесно коррелирует ее биогенность, которая является одним из основных показателей степени окультуренности почвы. Более высокая численность микроорганизмов, как и следовало ожидать, проявилась в вариантах с внесением навоза, ТНК и мелиоранта. Использование торфа в чистом виде является менее эффективным в случае необходимости увеличения численности микрофлоры.

Урожайность зерна ячменя на 2-й год опыта (табл. 3) также указывала на значительные преимущества сочетания различных видов органических материалов с минеральными удобрениями по сравнению с односторонним использованием последних. Как и в 1-й год опыта, прирост урожайности по фону минеральных удобрений в сравнении с контролем минимален, что связано с неудовлетворительными исходными свойствами почвогрунта и условиями питания растений.

Урожайность зерна ячменя в варианте с применением мелиоранта была максимальной (в 4 раза выше, чем на контроле), как и масса 1000 зерен. В варианте с внесением минеральных туков урожайность практически не отличалась от таковой в контрольном варианте.

Таблица 3. Влияние изучаемых удобрительно-мелиорирующих составов на урожай ячменя

| Вариант опыта | Урожайность зерна, ц/га | Прибавка к контролю, ц/га | Масса 1000 зерен, г |
|---------------|-------------------------|---------------------------|---------------------|
| Контроль | 5,6 ± 0,4 | - | 29,5 |
| НПК | 6,1 ± 0,2 | 0,5 | 33,6 |
| Торф + НПК | 16,8 ± 1,7 | 11,2 | 33,7 |
| Навоз + НПК | 17,2 ± 2,2 | 11,5 | 34,0 |
| ТНК + НПК | 19,2 ± 1,7 | 13,6 | 33,9 |
| Мелиорант | 21,2 ± 1,7 | 15,6 | 34,9 |

Общеизвестно, что характер роста и развития растений, величина урожайности возделываемых культур и качество продукции являются достаточно информативными, надёжными и интегрирующими показателями, отражающими состояние не только общего плодородия почвы, но и его отдельных слагаемых.

Из анализа изменения агрохимических показателей и биоактивности 20-сантиметрового слоя почвы за два года опыта следует (табл. 4), что применение навоза, ТНК и мелиоранта способствовало проявлению тенденции к повышению реакции среды до уровня 5,8-6,2.

Таблица 4. Некоторые характеристики рекультивируемого слоя почвы после завершения опыта

| Вариант опыта | рН (KCl) | H _r | S | P ₂ O ₅ подв. | K ₂ O подв. | Гумус, % | Общая численность микроорганизмов, млн./г |
|---------------|----------|--------------------------|------|-------------------------------------|------------------------|----------|---|
| | | мг-экв/100 г сухой массы | | мг/100 г сухой массы | | | |
| Контроль | 5,7 | 0,79 | 2,25 | 10,8 | 4,8 | 0,31 | 4,44 |
| НРК | 5,3 | 0,92 | 2,75 | 12,4 | 6,4 | 0,28 | 5,71 |
| Торф + НРК | 5,7 | 1,35 | 5,00 | 17,0 | 8,4 | 1,27 | 6,07 |
| Навоз + НРК | 6,2 | 0,48 | 5,63 | 22,5 | 21,1 | 0,81 | 19,99 |
| ТНК + НРК | 5,8 | 1,09 | 5,25 | 18,2 | 9,5 | 1,03 | 10,01 |
| Мелиорант | 6,1 | 1,04 | 5,63 | 24,8 | 12,3 | 1,11 | 11,32 |

Некоторое повышение гидролитической кислотности почвы в варианте с применением торфа и составов с его включением можно объяснить природой кислотности торфа, обусловленной в значительной мере карбоксильными группами, которые диссоциируют с выделением в почвенный раствор ионов водорода. В то же время названные материалы и навоз в 2 раза в сравнении с контролем повышали содержание в почве обменных оснований. Навоз и мелиорант обусловили значительное повышение содержания подвижных форм фосфора и калия, а также численности микроорганизмов.

Наиболее высокое содержание гумуса, как и в предшествующем году опыта, было отмечено в вариантах с внесением торфа, мелиоранта и ТНК.

Таким образом, уступая по отдельным показателям торфу и навозу в смеси с НРК, по комплексной оценке эффективности действия мелиорант их существенно превосходил.

В наших многолетних опытах на почвах лёгкого гранулометрического состава применение сбалансированных органо-минеральных удобрений (СОМУ) на торфяной и сапропелевой основе – прототипов органо-минеральных мелиорантов – в дозе 45 т/га обеспечивало больший урожай картофеля и зерновых культур, чем внесение 62 т/га ТНК. Активность почвенных ферментов в вариантах с СОМУ была в 1,5 раза выше, чем в вариантах с внесением каустобиолитов в чистом виде, и в 3 раза выше, чем в вариантах с мине-

ральными туками [4]. Применение аналогичных мелиорантов способствовало в 2-2,5 раза более интенсивному, чем в вариантах с применением навоза и компоста на основе твердых бытовых отходов, накоплению гумуса в рыхло-песчаной почве и улучшению её агрегатного состояния [5]. На 50% в сравнении с торфом и в 5 раз в сравнении с исходным состоянием выросла водоудерживающая способность окультуриваемой почвы, что вполне согласуется с данными [1].

Выводы и предложения

Оптимизация комплекса свойств рекультивируемого слоя песчаного грунта под действием удобрительно-мелиорирующих составов была более эффективной, чем при использовании немодифицированного торфа и навоза по фону минеральных туков. Продуктивность почвы в год внесения мелиорантов достигала 40-48 ц/га кормовых единиц при окупаемости 1 т мелиоранта 110-200 кг зеленой массы вико-овсяной смеси, а также получения 21,2 ц/га зерна ячменя в последствии.

Отмечено существенное улучшение гумусного состояния, реакции среды, содержания подвижных форм элементов питания в почве, а также её биологической активности, что нашло подтверждение в аналогичных опытах на почвах лёгкого гранулометрического состава.

Библиографический список

1. Bambalov, N., Sokolov, G.. New soil improving agents for accelerated cultivation of soils with low fertility or damaged. J. Int. Agrophysics. 1998. № 12, p. 357-360.
2. Охрана окружающей среды в Республике Беларусь / Статистический сборник. Нац. статистический комитет Республики Беларусь. Минск, 2014 г. 176 с.
3. РД 33 БССР 3-88. Указания. Определение проектного уровня урожайности на мелиорируемых землях БССР. Мн., 1988.
4. Соколов, А. Г., Симакина, И. В., Подобедов, И. И. и др. Влияние сбалансированных органических удобрений на свойства почв, урожайность сельскохозяйственных культур и качество растениеводческой продукции. // Материалы 2-го съезда белорусского общества почвоведов «Почвы и их плодородие на рубеже столетий». Мн., 2001. С. 275-277.
5. Соколов, Г.А., Подобедов И.И., Гаврильчик Н.С. Особенности изменения физических свойств почв при внесении органических материалов разного генезиса. Природопользование: сб. науч. тр. / ИПИПРЭ НАН Беларуси. Минск, 2004. Вып.10, с. 76-180.
6. Sokolov, G., Szajdak, L., Simakina, I. Changes in the structure of nitrogen-containing compounds of peat, sарropel, brown coal and organic fertilizers on their basis. J. Agronomy Research, Tallinn, 2008. V. 6/1. p. 149-160.
7. Соколов, Г.А., Красноберская, О. Г., Симакина, И. В. и др. Активизация органического вещества торфа и вторичного сырья при создании современных материалов удобрительной и мелиорирующей направленности действия // Природопользование. Мн., 2010. Вып. 18. С. 177-184.
8. Стригуцкий, В.П., Цвирко Л.Ю., Бамбалов, Н.Н., Соколов, Г.А. Влияние гидродинамической кавитации торфа на парамагнитные свойства гуминовых кислот. Весці НАН Беларусі. Сер. хім. навук. 2013. № 3. С. 117-121.
9. Тишкович, А. В. Теория и практика аммонизации торфа. Минск, изд.:Наука и техника. 1972. 172 с.
10. Тишкович, А. В., Соколов, Г. А., Шатихина, Т. А. и др. Превращения органических веществ при физико-химической и биохимической модификации смесей торфа, сапропеля и отходов животноводства // Весці АНБ. Сер. сельскагасп. навук. 1993. № 3. С. 56-60.

11. Цвирко, Л.Ю., Бамбалов, Н.Н., Соколов, Г.А. Динамика выхода водорастворимых и гуминовых веществ из торфа при гидродинамической кавитации. Природопользование: сб. науч. тр. / Ин-т природопользования НАН Беларуси. Мн., 2013. Вып. 23. С. 182-186.

Summary

G. Sokolov

EFFECTIVENESS OF MELIORANTS AT RECLAMATION OF DISTURBED LANDS OF LIGHT GRANULOMETRIC COMPOSITION

Different aspects of special organic ameliorants application on reclaiming breaking grounds of light granulometric composition are considered.

Optimization of complex properties of recultivated layer of sandy soil under the effect of a fertilizer-ameliorating composition appeared as more effective than that when using unmodified peat and manure on the background of mineral fertilizer application. Soil productivity in the year of ameliorants application has reached 4,0-4,8 t / ha of fodder units with an efficiency payback of 1 ton of ameliorant equal 110-200 kg of green mass of vetch-oat mixture and getting 2,12 t / ha of barley grain in the aftereffect. A significant improvement in humus status, pH value, the content of mobile forms of nutrients in the recultivated soil were registered, as well as its biological activity, what has been confirmed in other series of experiments on soils of light granulometric composition.

Поступила 16.09.2014