

**Экологические основы безопасных агротехнологий**

УДК 633.11+633.49:631.8.022.3:579.64

doi: 10.15389/agrobiology.2015.5.665rus

**ПРИМЕНЕНИЕ НОВЫХ БИОУДОБРЕНИЙ И БИОПРЕПАРАТОВ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ (*Triticum aestivum* L.) И КАРТОФЕЛЯ (*Solanum tuberosum* L.)**

Г.Ю. РАБИНОВИЧ, Н.Г. КОВАЛЕВ, Ю.Д. СМЕРНОВА

Применение минеральных удобрений все менее актуально, поэтому для формирования высокого и качественного урожая сельскохозяйственных культур сельхозтоваропроизводители предпочитают использовать биоудобрения и биопрепараты. Удобрения наполняют почву дополнительным структурирующим материалом, а биопрепараты обеспечивают эффективную мобилизацию органического вещества и биоты. Во Всероссийском НИИ мелиорированных земель (ВНИИМЗ) разработано высококачественное биоудобрение КМН (компост многоцелевого назначения). Ценность и преимущество КМН как основного удобрения заключаются в высокой питательности, физиологичности, экологичности и биогенности. Также в институте создан новый биопрепарат ЖФБ, характеризующийся наличием физиологически значимых количеств ростовых факторов и элементов питания, благоприятных для растений. Состав ЖФБ позволяет использовать его для поддержания плодородия почв и продуктивности сельскохозяйственных культур. В настоящей работе мы оценивали эффективность применения КМН и ЖФБ на пропашной и злаковой культурах (картофеле сорта Жуковский и яровой пшенице сорта Иргина). Исследования проводили в 2011-2013 годах на опытном полигоне ВНИИМЗ (Тверская обл.) в микроделяночных опытах. На яровой пшенице КМН применяли в дозе 7 т/га, НРК — в дозе 3 ц/га. Для обработки ЖФБ растения опрыскивали биопрепаратом (0,1 л/м<sup>2</sup>, разведения маточного раствора водопроводной водой в соотношениях 1:300, 1:500, 1:1000). Контролем служил вариант без удобрений (общее число вариантов в опыте — 12). Учитывали урожайность пшеницы и массу 1000 зерен, в зерне определяли содержание протеина. Опыт с картофелем проводили по фону 4 т/га КМН. Посадки обрабатывали ЖФБ 3-кратно (в фазы всходов, бутонизации и цветения) из ручного опрыскивателя. ЖФБ применяли в дозах рабочего раствора 0,05; 0,1; 0,2 и 0,3 л/м<sup>2</sup> (рабочий раствор использовали в разведениях 1:30 и 1:300). Контрольными служили учетные площадки без обработки жидкофазным биопрепаратом. Оценивали урожайность и фракционный состав картофеля. Напряженность окислительно-восстановительных процессов в почве определяли по коэффициенту ОВК, представляющему собой соотношение активности ферментов каталазы и дегидрогеназы. Опрыскивание посевов яровой пшеницы биопрепаратом в дозе 0,1 л/м<sup>2</sup> (разбавление маточного раствора 1:300) по фону КМН обеспечивало максимальную урожайность относительно остальных вариантов — 27,5 ц/га, что на 15 % выше, чем при использовании ЖФБ по фону НРК. Такой урожай был получен за счет формирования более крупного зерна. Мобилизирующий эффект в почве под яровой пшеницей оказался выше без применения основного удобрения и при использовании НРК без биопрепарата. В то же время урожайность в вариантах с НРК и без удобрений в целом уступала аналогичному показателю при применении биопрепарата по фону НРК (ее прирост обеспечивался активацией микрофлоры ЖФБ) и по фону КМН, где урожайность формировалась за счет активации как микрофлоры самого биоудобрения, так и биопрепарата, особенно более концентрированного (разведение 1:300). Наибольшую урожайность картофеля (372,1 ц/га, из них 352,1 ц/га товарного) получили при использовании ЖФБ в дозе 0,1 л/м<sup>2</sup> и разбавлении 1:300; основное удобрение — КМН. Непосредственный контакт ЖФБ с растениями удовлетворял их потребности в элементах питания в ключевые фазы роста. Роль КМН сводилась к снабжению растений легкодоступными формами питательных веществ в начальный период развития. Почва после уборки урожая оставалась экологически чистой, обогащенной полезной микрофлорой, которая способствовала воспроизводству и сохранению почвенного плодородия. Следовательно, разработанные во ВНИИМЗ биосредства могут использоваться при возделывании исследованных сельскохозяйственных культур.

Ключевые слова: компост многоцелевого назначения, ЖФБ, яровая пшеница, *Triticum aestivum* L., картофель, *Solanum tuberosum* L., урожайность, агротехнология возделывания.

Общемировой опыт земледелия показывает, что урожайности сельскохозяйственных культур находится в прямой зависимости от количества используемых удобрений. Однако резкое повышение их цен и общее ухудшение экологии вынуждают искать эффективные и экологически безопасные

ные способы увеличения урожайности (1-3), обеспечивающие сохранение структуры почвы и баланса почвенных органических соединений, макро- и микроэлементов (4, 5), способствующие саморегуляции почвенных экосистем (6, 7) и при этом более дешевые (8, 9). Существует множество регуляторов роста растений, которые за счет биологически активных соединений определяют рост и формирование различных органов, время и характер цветения, сроки созревания (10). Многие микроорганизмы из почвы или прикорневой зоны растений известны как агрономически полезные и могут служить основой для создания бактериальных препаратов.

Так, биопрепараты серии Сияние (разработка НПЦ «ЭМ-Биотех» и Новосибирского ГАУ, Россия) включают несколько десятков видов микроорганизмов (11). Альбит (ООО НПФ «Альбит», Россия) содержит очищенные действующие вещества из почвенных бактерий *Bacillus megaterium* и *Pseudomonas aureofaciens* (12). Байкал ЭМ-1 (НПО «ЭМ-центр», Россия) представляет собой композицию штаммов (фотосинтезирующие, молочнокислые, азотфиксирующие бактерии, дрожжи и микроскопические грибы) (13). Азолен (Институт биологии Уфимского НЦ РАН, Россия) разработан на основе свободноживущих азотфиксирующих почвенных бактерий *Azotobacter vinelandii* ИБ 4 (титр клеток от  $4 \times 10^9$  до  $8 \times 10^9$  КОЕ/мл) (14). Созданы биопрепараты с использованием азоспирилл (*Azospirillum lipoferum*, *A. brasilense* и *A. amazonense*) (Аграрный университет Tamil Nadu, Индия) (15). В Китае биопрепараты для бамбука на основе азотфиксирующих и фосфобактерий из его ризосферы предлагается использовать в жидком виде и в составе биоорганических удобрений, производимых с применением отходов культивирования этого растения (16). Благодаря микробному препарату на основе *Azotobacter chroococcum* (Punjab Agricultural University, Индия) урожайность моркови повышалась на 15,8 %, содержание каротина — на 30,6 % (17). Биопрепарат *Bacillus megaterium*, примененный европейскими исследователями, при инокуляции семян чечевицы повышал содержание азота и фосфора в зернах (18). Биопрепараты обеспечивают эффективную мобилизацию органического вещества и биоты почвы, что отличает их от удобрений. Биопрепараты предполагается использовать совместно с основными биоудобрениями.

Технологии компостирования при производства биоудобрений разнообразны. Например, используется птичий помет (19), смесь торфа, навоза, цеолита, древесных опилок и подпрессованного бульона от переработки рыбных отходов в муку (20), измельченные рифовые кораллы, экскременты домашних животных, сточные воды, отходы, полученные из растительного волокна, смешанные в присутствии органических соединений (21). В Индии производят биоудобрение из навоза крупного рогатого скота, компостированного кокосового волокна и зеленого удобрения в сочетании с *Azospirillum* и фосфобактериями (22).

Компост многоцелевого назначения (КМН, разработка Всероссийского НИИ мелиорированных земель — ВНИИМЗ) (23, 24) по свойствам и составу относится к полноценным высококачественным органическим удобрениям (основное удобрение и подкормка). Он применяется под всеми культурами, возделываемыми в разных регионах России и за рубежом, в том числе под картофелем и зерновыми. Локальное и сплошное внесение КМН обеспечивает в среднем 2-3-кратную активизацию почвенной микрофлоры и дополнительную мобилизацию биогенных элементов (прибавка до 25 %), что повышает урожайность. Ценность и преимущество КМН заключаются в высокой питательности, физиологичности, экологичности и биогенности (25). Сбалансированный микробиологический состав КМН

способствует поддержанию почвенного плодородия, как следствие, повышается не только продуктивность культур, но и качество продукции.

Также во ВНИИМЗ предложена принципиально новая ферментационно-экстракционная технология для создания жидких биосредств разного класса (26, 27). Среди них — биопрепарат ЖФБ, в состав которого входят элементы питания и ростовые факторы (28). Питательная ценность ЖФБ обеспечивается за счет благоприятной кислотности (рН 7,0–8,0), высокого содержания  $K_2O$  (до 9,5 г/л) и  $P_2O_5$  (до 10,0 г/л), богатого состава микроэлементов (в том числе присутствия Mg, Zn, Mn, Fe). Количество агрономически полезной микрофлоры достигает  $10^{12}$  КОЕ/мл. Концентрация токсичных элементов в ЖФБ существенно ниже ПДК, отсутствует патогенная микрофлора и паразиты, поэтому его использование в качестве подкормки полностью безопасно для почвы, произрастающей на ней растительности и конечной продукции, предназначенной для питания человека. ЖФБ можно использовать для поддержания плодородия почв и продуктивности сельскохозяйственных культур. Его рекомендуется применять как биостимулятор роста и развития растений (полив почвы и опрыскивание), а также в качестве земледобрительного биопрепарата (полив почвы по фону одновременно с внесением основного удобрения).

Целью нашей работы была оценка эффективности биоудобрения КМН и препарата ЖФБ на пропашной и злаковой культурах (картофеле и яровой пшенице) по двум фонам основных удобрений.

*Методика.* Исследования проводили в 2011–2012 годах на картофеле сорта Жуковский и в 2012–2013 годах на яровой пшенице сорта Иргина на опытном полигоне Всероссийского НИИ мелиорированных земель (Тверская обл.) в микроделяночных опытах. Размещение делянок было рендомизированным с выделением защитных полос (29).

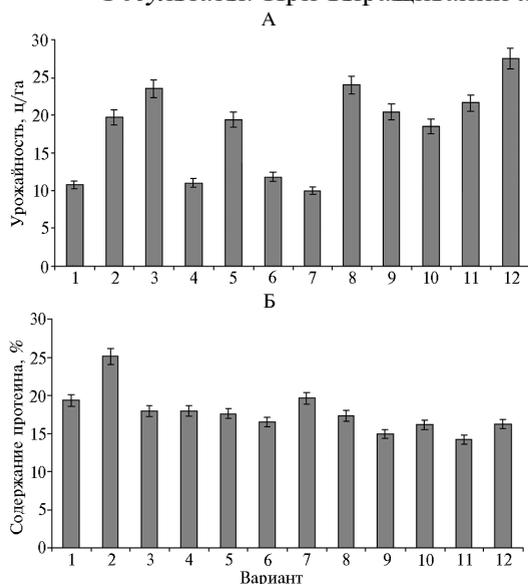
Опыт с яровой пшеницей включал следующие варианты: 1 — контроль (без внесения удобрений и применения биопрепарата); 2, 3, 4 — опрыскивание растений препаратом ЖФБ (доза 0,1 л/м<sup>2</sup>) после разведения маточного раствора водопроводной водой в соотношениях соответственно 1:300, 1:500, 1:1000; 5 — внесение НРК (3 ц/га); 6, 7, 8 — опрыскивание ЖФБ в соотношениях соответственно 1:300, 1:500, 1:1000 на фоне НРК; 9 — использование КМН (7 т/га); 10, 11, 12 — опрыскивание ЖФБ в соотношениях соответственно 1:300, 1:500, 1:1000 по фону КМН. Учетная площадь делянок — 9 м<sup>2</sup>, повторность опыта 3-кратная. Растения скашивали вручную в фазу полной спелости. После просушки колосья обмолачивали, зерно очищали и взвешивали. Определяли урожайность и массу 1000 зерен на каждой делянке в соответствии с методикой (29, 30). В зерне оценивали количество протеина по методу Кьельдаля (ГОСТ Р51417-99).

Опыт с посадкой картофеля проводили по фону КМН в дозе 4 т/га. Учетная площадь делянок — 7 м<sup>2</sup>, повторность 3-кратная. Посадки обрабатывали ЖФБ 3-кратно (в фазы всходов, бутонизации и цветения) из ручного опрыскивателя. ЖФБ применяли в четырех дозах рабочего раствора — 0,05; 0,1; 0,2; 0,3 л/м<sup>2</sup>; рабочий раствор использовали в двух разведениях — 1:30 и 1:300. Контролем служили учетные площадки без обработки ЖФБ. Урожай убирали вручную, учет урожайности и фракционный состав определяли согласно методике (30, 31).

Образцы почвы асептически отбирали из пахотного горизонта (0–20 см), анализы проводили по утвержденным общепринятым методикам (32, 33). Напряженность окислительно-восстановительных процессов в почве оценивали по коэффициенту ОВК, представляющему собой соотношение активности ферментов каталазы и дегидрогеназы.

Данные обрабатывали в программе Microsoft Excel 2003.

**Результаты.** При выращивании яровой пшеницы сорта Иргина без



**Рис. 1. Урожайность (А) и содержание протеина в воздушно-сухом веществе зерна (Б) яровой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) сорта Иргина в зависимости от применения на посевах биопрепарата и удобрений:** 1 — контроль, 2 — биопрепарат ЖФБ 1:300, 3 — ЖФБ 1:500, 4 — ЖФБ 1:1000, 5 — NPK (3 ц/га), 6 — NPK + ЖФБ 1:300, 7 — NPK + ЖФБ 1:500, 8 — NPK + ЖФБ 1:1000, 9 — компост многоцелевого назначения (КМН, 7 т/га), 10 — КМН + ЖФБ 1:300, 11 — КМН + ЖФБ 1:500, 12 — КМН + ЖФБ 1:1000 (Тверская обл., 2012-2013 годы).

оставила 33,28 г, в варианте с применением КМН — 45,52 г, КМН + ЖФБ (1:300) — 63,19 г, NPK + ЖФБ (1:300) — 49,08 г.

В формировании урожая участвовали различные факторы, в том числе элементный состав почвы и напряженность окислительно-восстановительных процессов, определяемых микрофлорой почвы и используемых биосредств. Значение ОВК без удобрений оказалось почти равно показателю в варианте с обработкой ЖФБ при разбавлении 1:1000 и снижалось при 1:500 и 1:300. Максимальное значение ОВК получили на фоне чистого NPK, применение биопрепарата снизило его примерно в 2 раза. При этом ОВК был сравнительно высоким в варианте ЖФБ 1:300. Взаимодополняемость NPK и более концентрированного биопрепарата могла объясняться значительным количеством активной микрофлоры ЖФБ, использующей имеющиеся ресурсы. На фоне КМН как с применением ЖФБ, так и без него ОВК был невысоким. Очевидно, что урожай здесь формировался за счет элементов питания и развития агрономически полезной микрофлоры, поэтому напряженность окислительно-восстановительных процессов снижалась.

Таким образом, мобилизующий эффект в почве под яровой пшеницей был более высоким в вариантах опыта без применения основного удобрения (биопрепарат в благоприятной дозе активировал потенциал самой почвы) и при использовании NPK без биопрепарата (эффект минеральных удобрений). В то же время урожайность в вариантах с NPK и в варианте без удобрений в целом уступала урожайности при применении

применения основного удобрения (контроль) высокая урожайность была отмечена при опрыскивании посевов ЖФБ в разведениях 1:500 и 1:1000 (рис. 1, А). Если в качестве основного удобрения использовали NPK, наибольшую прибавку урожайности получали от применения ЖФБ в разведении 1:300. При совместном применении биоудобрения КМН и биопрепарата ЖФБ (1:1000) наблюдалось снижение урожайности пшеницы, однако при разбавлении ЖФБ до 1:500 фиксировали существенный прирост этого показателя. Опрыскивание посевов биопрепаратом ЖФБ в варианте 1:300 по фону КМН обеспечило максимальную прибавку урожайности: по отношению к чистому контролю без удобрения она составила 154 %, к фону КМН — 35 %, к варианту с фоном NPK и опрыскиванием ЖФБ — 15 %. Такие значительные прибавки формировались за счет более крупного зерна. Так, существенно увеличилась масса 1000 зерен: в чистом контроле она

биопрепарата по фону NPK (здесь ее прирост обеспечивался активизацией микрофлоры ЖФБ) и по фону КМН (здесь урожайность формировалась за счет активизации как микрофлоры самого биоудобрения, так и биопрепарата, особенно при меньшем разведении — 1:300).

Накопление протеина в зерне пшеницы оказалось наибольшим в контроле и по фону NPK (см рис. 1, Б). Максимального значения (25,1 %) этот показатель достигал в варианте с применением ЖФБ (без удобрений) при разведении 1:1000. Высокое содержание протеина (19,6 %) также было отмечено при использовании биопрепарата в разбавлении 1:500 по фону NPK.

Основываясь на данных по урожайности, можно заключить, что использование нового биопрепарата ЖФБ при возделывании яровой пшеницы целесообразно по всем исследованным фонам удобрений (как NPK, так и КМН). Наибольший эффект достигался от совместного применения КМН и ЖФБ в разведении 1:300 (даже по сравнению с традиционным для этой культуры минеральным удобрением азофоской). Вместе с тем, несмотря на снижение урожайности, в вариантах без основных удобрений наблюдалось формирование более качественного зерна.

В опыте с картофелем не все концентрации и дозы ЖФБ благоприятно воздействовали на формирование урожайности. Наилучший эффект оказал более разбавленный раствор ЖФБ (1:300), при этом дозы 0,05 и 0,1 л/м<sup>2</sup> дали примерно одинаковую прибавку — 7 %, а дозы 0,2 и 0,3 л/м<sup>2</sup> уменьшили урожайность по сравнению с контролем (КМН) соответственно на 6 и 10 % (табл.).

**Урожайность картофеля (*Solanum tuberosum* L.) сорта Жуковский в зависимости от применения биопрепарата ЖФБ и компоста многоцелевого назначения (КМН) (Тверская обл., 2011-2012 годы)**

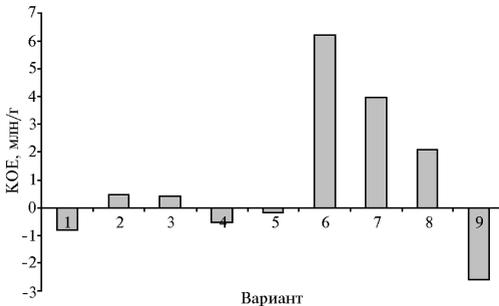
Вариант	Урожайность, ц/га			
	общая	к контролю	товарная	к контролю
КМН (контроль)	347,5		318,5	
КМН + ЖФБ 1:30 (0,05 л/м <sup>2</sup> )	349,7	+2,2	323,0	+4,5
КМН + ЖФБ 1:30 (0,1 л/м <sup>2</sup> )	353,4	+5,9	332,4	+13,9
КМН + ЖФБ 1:30 (0,2 л/м <sup>2</sup> )	330,9	-16,6	312,7	-5,8
КМН + ЖФБ 1:30 (0,3 л/м <sup>2</sup> )	305,6	-41,9	294,6	-23,9
КМН + ЖФБ 1:300 (0,05 л/м <sup>2</sup> )	369,3	+21,8	347,2	+28,7
КМН + ЖФБ 1:300 (0,1 л/м <sup>2</sup> )	372,1	+24,6	352,1	+33,6
КМН + ЖФБ 1:300 (0,2 л/м <sup>2</sup> )	323,5	-24,0	294,7	-23,8
КМН + ЖФБ 1:300 (0,3 л/м <sup>2</sup> )	309,7	-37,8	285,1	-33,4
НСР <sub>0,5</sub>	18,6		19,4	

Распределение фракций картофеля по числу клубней с куста в контроле оказалось приблизительно одинаковым, а в лучших вариантах с применением ЖФБ наблюдалось увеличение количества более крупного картофеля. Соотношение фракций картофеля с куста свидетельствует, что практически весь урожай состоял из крупного и среднего картофеля. Масса товарного картофеля в варианте с опрыскиванием посевов ЖФБ в дозе 0,1 л/м<sup>2</sup> (разбавление 1:300) увеличилась на 33 ц/га по сравнению с контролем.

Численность агрономически полезной микрофлоры под картофелем в течение вегетации варьировала без каких-либо закономерностей, и только во время клубнеобразования отмечалась четкая связь между количеством микроорганизмов с урожайностью. Так, ЖФБ в разбавлении 1:30 не оказывал влияния на численность аммонифицирующих микроорганизмов (рис. 2). Использование раствора ЖФБ 1:300 приводило к существенному увеличению этого показателя. Численность фосфатмобилизующей микрофлоры была повышенной в вариантах с дозировкой ЖФБ 0,05 и 0,1 л/м<sup>2</sup> при обоих разведениях, что коррелировало

с урожайностью картофеля.

Роль локального внесения КМН при посадке картофеля сводилась к снабжению растений легкодоступными формами питательных веществ в начальный период развития. Ко времени цветения и начала клубнеобразования возрастала роль фосфора и калия в развитии растений. На этом этапе ЖФБ способствовал формированию репродуктивных органов и образованию запасных веществ в товарной части урожая.



**Рис. 2.** Изменение численности аммонифицирующих микроорганизмов в почве под картофелем (*Solanum tuberosum* L.) сорта Жуковский к окончанию эксперимента относительно начала вегетации по вариантам применения биопрепарата ЖФБ и компоста многоцелевого назначения (КМН): 1 — КМН (контроль), 2 — КМН + ЖФБ 1:30 (0,05 л/м<sup>2</sup>), 3 — КМН + ЖФБ 1:30 (0,1 л/м<sup>2</sup>), 4 — КМН + ЖФБ 1:30 (0,2 л/м<sup>2</sup>), 5 — КМН + ЖФБ 1:30 (0,3 л/м<sup>2</sup>), 6 — КМН + ЖФБ 1:300 (0,05 л/м<sup>2</sup>), 7 — КМН + ЖФБ 1:300 (0,1 л/м<sup>2</sup>), 8 — КМН + ЖФБ 1:300 (0,2 л/м<sup>2</sup>), 9 — КМН + ЖФБ 1:300 (0,3 л/м<sup>2</sup>) (Тверская обл., 2011-2012 годы).

Полученные результаты свидетельствуют о том, что ЖФБ целесообразно применять в качестве стимулятора роста и развития картофеля сорта Жуковский. Посевы следует опрыскивать биопрепаратом в концентрации 1:300 и дозах 0,05-0,1 л/м<sup>2</sup>. При непосредственном контакте ЖФБ с ботвой происходило удовлетворение потребностей растения в элементах питания, а микрофлора биосредства способствовала активизации биохимических реакций в процессе онтогенеза картофеля. В результате такого комплексного действия биопрепарата наблюдалась значимая прибавка урожая и увеличивалась численность почвенной микрофлоры.

Итак, совместное влияние препаратов КМН (компост многоцелевого назначения) и ЖФБ (биопрепарат, в состав которого входят элементы питания и ростовые факторы) на урожайность яровой пшеницы и картофеля было благоприятным. Прибавка происходила за счет формирования более крупного зерна или укрупнения картофельных клубней (значимо возрастала доля товарного картофеля). Почва после уборки урожая оставалась экологически чистой и обогащалась микрофлорой, способствующей воспроизводству и сохранению почвенного плодородия. Разработанные биосредства могут заменить традиционные удобрения и препараты в агротехнологиях возделывания изученных сельскохозяйственных культур.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Chintala R., Mollinedo J., Schumacher T.E., Papiernik S.K., Malo D.D., Papiernik S., Clay D.E., Kumar S., Gulbrandson D.W. Nitrate sorption and desorption in biochars from fast pyrolysis. Microporous and Mesoporous Materials, 2013, 179: 250-257 (doi: 10.1016/j.micromeso.2013.05.023).
2. Chintala R., Schumacher T.E., McDonald L.M., Clay D.E., Malo D.D., Papiernik S.K., Clay S.A., Julson J.L. Phosphorus sorption and availability in biochars and soil biochar mixtures. CLEAN-Soil Air Water, 2014, 42(5): 626-634 (doi: 10.1002/clen.201300089).
3. Porceddu E. Agricoltura, biodiversita, biotecnologie. Rendiconti Accademia Nazionale XL. Memorie di Scienze Fisiche e Naturali, 2001, 25(1): 269-285.
4. Rajesh C., Reddy K.S., Naidu M.V.S., Ramavaram N. Production and evaluation of compost and vermicompost from solid organic wastes. Asian Journal of Microbiology, Biotechnology, and Environmental Science, 2003, 5: 307-311.
5. Buchanan B.B. Biochemistry and molecular biology of plants /B.B. Buchanan, W. Gru-

- issem, R.L. Jones (eds.). American Society of Plant Physiologists, Rockville, Maryland, USA, 2006.
6. Kumar S., Nakajima T., Mbonimpa E.G., Gautam S., Somireddy U.R., Kadono A., Lal R., Chintala R., Rafique R., Fausey N. Long-term tillage and drainage influences on soil organic carbon dynamics, aggregate stability, and carbon yield. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 2014, 60: 108-118 (doi: 10.1080/00380768.2013.878643).
  7. Prasad R., Hochmuth G.J., Boote K.J. Estimation of nitrogen pools in irrigated potato production on sandy soil using the model SUBSTOR. *PLoS ONE*, 2015, 10(1): e0117891 (doi: 10.1371/journal.pone.0117891).
  8. Hefty B. Biological products and plant growth hormones [Электронный ресурс]. *Ag PhD*, 30.01.2014 (<http://www.agphd.com/blog/ag-phd-newsletter/2014/01/30/biological-products-and-plant-growth-hormones/>) (дата обращения 02.02.2015).
  9. Russia Agribusiness Report Q3 2010 (Part of BMI's Industry Report & Forecasts Series). *Business Monitor International*, London, 2010.
  10. Mishra S.D. Hormon-potentiated crop growth and productivity. *BARC Newslett.*, 2001, 205: 1-8.
  11. Иванцов Д.В. Агротехника природного земледелия на садовом участке. Новосибирск, 2006.
  12. Злотников А.К. Биопрепарат Альбит для повышения урожая и защиты сельскохозяйственных культур. Подольск, 2006.
  13. Пыленок П.И., Ситников А.В. Эффективность микробиологических удобрений в комплексной мелиорации. *Агрохимический вестник*, 2007, 3: 20-21.
  14. Логинов О.Н., Пугачева Е.Г., Силишев Н.Н., Бойко Т.Ф., Галимзянова Н.Ф. Штамм бактерий *Azotobacter vinelandii* для получения биопрепарата для борьбы с корневыми гнилями пшеницы и повышения количества и качества урожая. Патент 2245918 (РФ), МПК<sup>7</sup> C12N1/20, A01N63/00 ИБ УНЦ РАН; № 2003120768/13. Заявл. 07.07.2003. Оpubл. 10.02.2005.
  15. Organic farming: Organic inputs and techniques. *Entrepreneurial training manual*. Tamil Nadu Agricultural University [Электронный ресурс] ([http://agritech.tnau.ac.in/org\\_farm/orgfarm\\_biofertilizertechology.html](http://agritech.tnau.ac.in/org_farm/orgfarm_biofertilizertechology.html)) (дата обращения 12.02.2015).
  16. Wu Xiao-Li, Gu Xiao-ping, Wang Yang-dong. *Linye kexue yanjiu*. *Forest Res.*, 2005, 4: 465-471.
  17. Gururaj R., Mallikarjunaiiah R.R. Interaction effect of *Azotobacter* and phosphate-solubilizing fungi on seed germination and seedling growth of sunflower. *Hella*, 1994, 21: 33-40.
  18. Hajnal T., Govedarica M., Jelacic Z. Biofertilizers and maize production. *Eco-konferencia*. Novi Sad, Serbia, 2002: 241.
  19. Иванов А.А., Матросова Л.Е., Трёмасов М.Я. Получение и применение биодобрения на основе птичьего помета, Доклады РАСХН, 2013, 4: 28-30.
  20. Ряховская Н.И., Гайнатулина В.В., Шалагина Н.М., Шиян В.И., Макарова М.А., Аргунеева Н.Ю. Инновационная технология получения компоста и его использование при возделывании картофеля. *Плодородие*, 2012, 5: 31-34.
  21. Kimura Y. Method and apparatus for producing organic fertilizer with the use of nitrogen fixing bacillus. Patent 5071462 (United States), C05F3/00; C05D3/02; C05F1/00. 902, Azameku, Naha, JP. Publ. 12.10.1991 [Электронный ресурс]. FPO (<http://www.freepatentsonline.com/5071462.html>) (дата обращения 09.02.2015).
  22. Kannan J., Prasanthrajan M. Effect of organics and bio-fertilizer on yield of perennial Moringa in their soils. *J. Ecobiol.*, 2006, 2: 169-173.
  23. Туманов И.П., Малинин Б.М., Ковалев Н.Г. Способ приготовления компоста. Патент 2141464 (РФ) МПК 6 C05F3/00. *Всерос. науч.-иссл. ин-т мелиор. земель (РФ)*. № 97120053/13. Заявл. 03.12.1997. Оpubл. 20.11.1999.
  24. Ковалев Н.Г., Туманов И.П., Малинин Б.М. Способ приготовления компоста многоцелевого назначения. Патент 2112764 (РФ). *Всер. науч.-иссл. ин-т мелиор. земель (РФ)*. № 97101103/13. Заявл. 22.01.1997. Оpubл. 10.06.1998.
  25. Рабинович Г.Ю. Биоконверсия органического сырья. Докт. дис. Тверь, 2000.
  26. Рабинович Г.Ю., Фомичева Н.В., Ковалев Н.Г. Поточная линия для получения биологически активного средства в концентрированном виде. Патент на п.м. 50530 (РФ) МПК C05F3/00 C05F11/00. *Всерос. науч.-иссл. ин-т мелиор. земель (РФ)*. № 2005124429/22. Заявл. 01.08.2005. Оpubл. 20.01.2006. Бюл. № 02.
  27. Рабинович Г.Ю., Фомичева Н.В., Смирнова Ю.Д. Поточная линия для получения жидкофазного биологически активного средства. Патент на п.м. 93392 (РФ) МПК C05F3/00 C05F11/00. *Всерос. науч.-иссл. ин-т мелиор. земель (РФ)*. № 2009146436/22. Заявл. 14.12.2009. Оpubл. 27.04.2010. Бюл. № 12.
  28. Рабинович Г.Ю., Фомичева Н.В., Смирнова Ю.Д. Способ получения жидкофазного биосредства для растениеводства и земледелия. Патент 2365568 (РФ)

МПК С05F11/00 Всерос науч.-иссл. ин-т мелиор. земель (РФ). № 2008112832/12. Заявл. 02.04.2008. Опубл. 27.08.2009. Бюл. № 24.

29. Церлинг В.В. Диагностика питания сельскохозяйственных культур. М., 1990.
30. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М., 1985.
31. Майсурян Н.А. Практикум по растениеводству. М., 1970.
32. Методы почвенной микробиологии и биохимии /Под ред. Д.Г. Звягинцева. М., 1991.
33. Рабинович Г.Ю., Ковалев Н.Г., Фомичева Н.В., Рабинович Р.М. Процессы и качество продуктов твердофазной ферментации (методическое пособие). М.-Тверь, 2003.

ФГБНУ Всероссийский НИИ мелиорированных земель,

170530 Россия, Тверская обл., Калининский р-н, пос. Эммаусс, 27,  
e-mail: vniimz@list.ru

Поступила в редакцию  
14 августа 2015 года

*Sel'skokhozyaistvennaya biologiya [Agricultural Biology]*, 2015, V. 50, № 5, pp. 665-672

## APPLICATION OF NEW BIOFERTILIZERS AND BIOLOGICAL PRODUCTS IN THE CULTIVATION OF SPRING WHEAT (*Triticum aestivum* L.) AND POTATO (*Solanum tuberosum* L.)

G.Yu. Rabinovich, N.G. Kovalev, Yu.D. Smirnova

All-Russian Research Institute of Reclaimed Lands, Federal Agency of Scientific Organizations, 27, pos. Emmauss, Kalininskii Region, Tver' Province, 170530 Russia, e-mail vniimz@list.ru

Received August 14, 2015

doi: 10.15389/agrobiologia.2015.5.665eng

### Abstract

Worldwide, the mineral fertilizers, because of their multiple negative effects, become less popular. Therefore, more producers prefer to use biofertilizer and biological preparations for obtaining high crop yield with good quality. Fertilizers fill the soil with additional material, while biologicals contribute to effective mobilization of soil organic matter and biota. At All-Russian Research Institute of Reclaimed Lands (VNIIMZ) the KMN biofertilizer (multi-purpose compost) has been developed. Advantage of the KMN as a base fertilizer lies in its high nutritional value, physiological, ecological and biogenic properties. Also, a novel biological product, the LPB, have been developed. It is characterized by the presence of physiologically relevant amounts of growth factors and energy sources in a combination favorable to the plant. The LPB composition allows to maintain soil fertility and crop productivity. In the present study, we evaluated the effectiveness of the KMN and LPB on the potato (*Solanum tuberosum* L.) variety Zhukovsky and spring wheat (*Triticum aestivum* L.) variety Irgina. The micro plot tests were conducted in 2011-2013 on the experimental field of VNIIMZ (Tver' Province). With spring wheat, the KMN biofertilizer was used at a dose of 7 t/ha, and NPK dose was 300 kg/ha. Biological product (LPB stock preparation) was diluted with tap water as 1:300, 1:500 and 1:1000 and applied at 0.1 l/m<sup>2</sup> by spraying plants. In control no fertilizers were used. In total, there were 12 combinations of plant treatment. In wheat, a total yield, weight of 1000 grains, and the grain protein content were estimated. With potato, only KMN (4 t/ha) was used as fertilizer. Potato plants were treated with LPB three times (at sprouting, budding and flowering) by means of a hand sprayer. In this, four LPB doses (0.05, 0.1, 0.2 and 0.3 l/m<sup>2</sup>) and two dilutions (1:30 and 1:300) of the stock preparation were used. Control potato plants were not treated with LPB. The potato yield and the tuber distribution by size were estimated. The intensity of redox processes in the soil was evaluated by the oxidative-reduction ratio (ORR) as the catalase to dehydrogenase activity rate. Spraying spring wheat with 1:300 LPB solution at 0.1 l/m<sup>2</sup>, additionally to KMN application, resulted in the highest yield among all the studied variants (27.5 kg/ha), and it was 15 % higher compared to LPB application together with NPK. The rich harvest was obtained due to larger grains. Mobilizing effect in the soil under spring wheat was higher if no basic fertilizers were used, and also when NPK was used without biopreparation. At the same time, the crop yield with NPK and without fertilizers was generally inferior to that obtained with NPK together with biologicals, when the yield increased due to activity of LPB microflora, and with KMN due to activation of microflora of biofertilizer and biopreparation, particularly at high concentration of the biopreparation (1:300). The highest yield of potatoes (372.1 kg/ha, including 352.1 kg/ha of commercial tubers) was obtained by using LPB (1:300) at 0.1 l/m<sup>2</sup> with KMN as the basic fertilizer. Crop spraying with LPB was enough to supply plants with nutrients at the key growth phases. The KMN role was to supply plants at the early development with available nutrients. Note, the soil after harvesting remained free from chemical pollution and enriched with helpful microflora, contributing to the reproduction and preservation of soil fertility. Therefore, the developed biologicals can be successfully used in crop cultivation.

Keywords: multi-purpose compost, LPB, spring wheat, *Triticum aestivum* L., potato, *Solanum tuberosum* L., productivity, cultivation, agrotechnology.