

ЛИТЕРАТУРА

1. The treatment of brewery wastewater for reuse: State of the art / G. S. Simate [et. al.] // *Desalination*. – 2011. – Vol. 273. – P. 235–247;
2. Aerobic granulation with brewery wastewater in a sequencing batch reactor / S. Wang [et al.] // *Bioresource Technology*. – 2007. – Vol. 98, No 11. – P. 2142–2147;
3. Aerobic granular sludge treating anaerobically pretreated brewery wastewater at different loading rates / B. Alessandro [et al.] // *Water Science and Technology*. – IWA Publishing, 2020. – Vol.13. – 12 pp.;
4. Formation of aerobic granular sludge and the influence of the pH on sludge characteristics in a SBR fed with brewery/bottling plant wastewater / H. Stes [et al.] // *Water Science and Technology*. – IWA Publishing, 2018. Vol. 77, No 9. – 18 pp.;
5. Aerobic granular sludge: characterization, mechanism of granulation and application to wastewater treatment / D. Gao [et al.] // *Critical Reviews in Biotechnology*. – 2011. – Vol. 31. – P. 137–152.
6. Очистка сточных вод / М. Хенце [и др.]; пер. Т.П. Мосоловой, под ред. С.В. Калюжного. – М.: Издательство «Мир», 2006. – 468 с.

УДК 631.826:631.46

Д. С. Сергиевич, ассист.; О. С. Игнатовец, канд. биол. наук, доц.;
А. Ф. Минаковский, канд. техн. наук, зав. кафедрой ТНВиОХТ;
О. Б. Дормешкин, д-р техн. наук, проф.;
В. И. Шатило, канд. техн. наук, доц. (БГТУ, г.Минск)

ОЦЕНКА АГРОХИМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОРГАНО-МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРИТЕЛЬНЫХ КОМПОЗИЦИЙ

Несмотря на то, что в почвах различные формы фосфора содержатся в достаточном количестве (содержание валового фосфора в дерново-подзолистых почвах составляет от 0,06 до 0,16 %), его содержание является лимитирующим фактором роста растений, поскольку преимущественно находится в труднодоступных для растений соединениях. Повышение доступности труднорастворимых фосфатов для растений может обеспечить биологическая фосфатмобилизация за счет почвенной микрофлоры, а также использование бактериальных удобрений на основе фосфатмобилизирующих бактерий [1].

Для культивирования микроорганизмов необходим источник углерода, в качестве которого наряду с другими органическими источниками может использоваться сапропель – донные отложения пресноводных водоемов, ресурсы которого в Республике Беларусь достаточно высоки.

Исследования по изучению применения сапропеля в качестве источника углерода для активации деятельности фосфатмобилизующих микроорганизмов и эффективности органо-минеральных удобрений (влияние на фосфатный и микробиологический режим дерново-подзолистых почв при возделывании основных видов сельскохозяйственных культур) проводили в совместных исследованиях УО «Белорусский государственный технологический университет» на базе кафедр биотехнологии и ТНВ и ОХТ на протяжении 2019–2020 гг.

Исследования по изучению агрономической эффективности применения органо-минеральных удобрений проводили в вегетационных опытах с яровым ячменем (*Hordeum vulgare* L.) сорта Бацька и горчицей белой (*Sinapis alba* L.) сорта Елена в условиях дерново-подзолистой суглинистой почвы.

В качестве источников минеральных компонентов использовали стандартные удобрения – карбамид, хлористый калий, аммофос. Источником труднодоступных соединений фосфора являлся фосфорит Каратау (карбонатный тип), так как он более эффективно подвергается микробной активации почвенной микробиотой по сравнению с кремнисто-глинистым (Алжир) и глинисто-глауконитовым (Вятско-Камский) [2].

Выделение фосфатмобилизующих бактерий проводили из ризосферы растений, растущих на бедных дерново-подзолистых почвах. Выбор места отбора проб вызван присутствием в таких почвах большого количества нерастворимых фосфатов в минеральной и органической форме, что обуславливает наличие разнообразных фосфатмобилизующих микроорганизмов в отобранных пробах почвы.

Лучшей фосфатмобилизующей способностью обладали штаммы относящиеся к широко распространенным почвенным бактериям родов *Bacillus sp.* и *Pseudomonas sp.* Для их культивирования в качестве источника углерода был использован сапропель карбонатного типа (месторождение Дитва, Лидский район) в количестве 3%, являющемся оптимальным для поддержания высокой активности бактерий [3].

Проведенные исследования предусматривали контрольные варианты без внесения удобрений; варианты с применением тукосмесей на основе стандартных форм минеральных удобрений, варианты с применением тукосмесей на основе стандартных азотных и калийных удобрений и фосфорита Каратау, а также варианты, в которых в состав тукосмесей вводился сапропель.

Для оценки эффективности органо-минеральных удобрительных композиций были приняты следующие критерии: содержание доступного фосфора в почве, общая концентрация жизнеспособных клеток в

почвенном образце, концентрация жизнеспособных клеток бактерий-фосфатмобилизаторов в почвенном образце, концентрация жизнеспособных клеток мицелиальных грибов в почвенном образце.

Внесение минеральных удобрений привело к снижению содержания в почве общей концентрации жизнеспособных клеток микроорганизмов, концентрации жизнеспособных частиц мицелиальных грибов и концентрации фосфатов в почвенном образце как по отношению к их содержанию до посева, так и в сравнении с вариантом без применения удобрений. Это можно объяснить тем, что высокая начальная концентрация минеральных солей достаточно серьезно может ингибировать рост аборигенной микробиоты. Однако, с течением времени, по мере расходования данных химических соединений растениями, ситуация по микробиологическому режиму нормализуется. Применение сапропеля совместно с минеральными удобрениями способствовало повышению данных показателей.

Максимальное содержание жизнеспособных клеток микроорганизмов при совместном применении сапропеля и минеральных удобрений составило $5,8 \times 10^6$ КОЕ/г (при выращивании горчицы белой), и $3,2 \times 10^6$ КОЕ/г (при выращивании ярового ячменя). Концентрация жизнеспособных клеток бактерий-фосфатмобилизаторов – $2,5 \times 10^5$ и $4,2 \times 10^4$ КОЕ/г, соответственно. Жизнеспособных частиц мицелиальных грибов в почвенном растворе – $4,2 \times 10^4$ и $9,0 \times 10^4$ КОЕ/г. Концентрация фосфатов в почвенном растворе увеличивалась во всех опытных вариантах в сравнении с их содержанием до посева. Применение сапропеля увеличило содержание фосфатов (в пересчете на PO_4^{3-}) с 0,58 до 0,78–0,79 моль/л.

Следует отметить, что применение природных фосфоритов даже непосредственно перед посевом (началом вегетации) позволяет достичь содержания доступного фосфора в почве не ниже, чем при внесении его с водорастворимыми формами промышленных фосфорсодержащих удобрений.

Таким образом, при выращивании различных сельскохозяйственных культур для получения стабильно высокой урожайности на почвах, бедных гумусом, целесообразно внесение сапропелей совместно с комплексными минеральными удобрениями (минеральными тукосмесями), что стимулирует рост и активность фосфатмобилизующих микроорганизмов и, в свою очередь, приводит к повышению концентрации свободного фосфора в почве.

ЛИТЕРАТУРА

1. Биологическая активность дерново-подзолистой супесчаной почвы в зависимости от обеспеченности подвижным фосфором / Н.А.

Михайловская [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2011. – № 1. – С. 243–252.

2. Минаковский А. Ф., Шатило В. И., Босак В. Н., Сачивко Т. В., Сергеевич Д. С., Смусь Е. Ю. Влияние различных форм фосфорных удобрений на фосфатный и микробиологический режимы почвы // Технологические аспекты возделывания сельскохозяйственных культур: сборник статей по материалам XIII Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 100-летию кафедры растениеводства. – Горки: БГСХА, 2019. – С. 184-188.

3. Минаковский А.Ф., Игнатовец О.С., Шатило В.И., Сергеевич Д.С., Босак В.Н. Применение сапропеля для активации почвенных фосфатмобилизующих микроорганизмов // Вестник БГСХА. – 2020. – № 2. – С. 101–106.

УДК 663.424

В. Н. Прикота, студ. 5 курса; Д. С. Сергеевич, ассист.
(БГТУ, г. Минск)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ФЕНОЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ В ЭКСТРАКТАХ РАСТЕНИЙ-ЗАМЕНИТЕЛЕЙ ХМЕЛЯ В ПИВОВАРЕНИИ

В Беларуси, как и в остальном мире, отмечается устойчивая тенденция к росту производства и потребления пива, что во многом связано с расширением разнообразия и повышением качества продукции. Увеличение доли малых пивоварен, специализирующихся на производстве пива специальных сортов – «крафтового» пива, способствует развитию пивоваренной промышленности в целом, а также обеспечивает возможность гибкой и быстрой подстройки под вкусы любителей хмельного напитка.

Закономерно, что для поддержания активного развития пивоваренной индустрии необходима разработка технологий новых сортов пива, основанных, в том числе, на применении нетрадиционного натурального сырья.

Многие производители в серьез задумываются над созданием сортов пива, которые будут выделяться среди других не только качеством продукта и вкусовыми особенностями, но также, возможно, оказывать благотворное влияние на организм человека.

Известно что, еще до начала использования в производстве хмеля, применялось растительное сырье, способное придавать пивному напитку горечь и защищать его от посторонних микроорганизмов, увеличивая срок хранения [1, 2]. На сегодняшний день пивовары, в осо-