

УДК 502.3 + 577 + 663

Влияние отходов пивоварения на ферментативную активность нефтезагрязнённой чернозёмной почвы

© 2011. Е. Ю. Руденко, к.б.н., доцент,

Самарский государственный технический университет,

e-mail: e_rudenko@rambler.ru

Изучено влияние основных отходов пивоваренной промышленности на ферментативную активность нефтезагрязнённой чернозёмной почвы. Пивная дробина и отработанный кизельгур больше изменяют каталазную, чем инвертазную активность чернозёмной почвы, загрязнённой нефтью. Отходы пивоварения могут применяться для стимуляции биологической активности нефтезагрязнённой чернозёмной почвы.

Influence of the basic waste of the brewing industry on the enzymatic activity of the petropolluted chernozem soil is studied. The spent grain and the fulfilled diatomite variate activity of catalase more, than activity of invertase of the chernozem soil polluted by oil more. A brewing waste can be applied to stimulation of a biological potency of the petropolluted chernozem soil.

Ключевые слова: пивная дробина, кизельгур, отходы пивоварения, ферменты почвы, каталаза, инвертаза, нефтезагрязнённая почва

Key words: spent grain, diatomite, brewing waste, soil ferments, catalase, invertase, petropolluted soil

Проблема рационального использования вторичных материальных ресурсов и утилизации отходов производства требует решения практически во всех отраслях промышленности. Одними из основных отходов пивоваренной промышленности являются пивная дробина и отработанный кизельгур. В среднем при производстве 100 л готового пива образуется примерно 25 кг солодовой дробины [1] и 300 г отработанного кизельгура [2]. Во всём мире образуется огромное количество отходов пивоварения. Например, в России ежегодно производится около 8,5 млрд. л пива [3], при этом образуется примерно 2,1 млн. т сырой пивной дробины и 55 тыс. т влажного осадка кизельгура.

Солодовая дробина образуется в процессе фильтрации затора. Она представляет собой остаток после отделения жидкой фазы – пивного сула. Дробина состоит из жидкой (45%) и твёрдой (55%) фаз. Твёрдая фаза дробины содержит оболочку и нерастворимую часть зерна зёрен ячменного солода и несоложённых материалов. Солодовая дробина имеет светлорыжий цвет, сладковатый вкус, солодовый запах, густую консистенцию грубообразного зернового продукта. В дробине остаётся около 75% белковых веществ и 80% жира, содержащихся в затираемых зернопродуктах. Состав дробины зависит от качества солода,

количества несоложёного сырья, а также сорта изготавливаемого пива. Дробина на 75–85% состоит из воды и на 15–25% из сухого остатка. Сухой остаток содержит примерно 6,6 % белковых веществ, 1,7% жира и 9,7% безазотистых экстрактивных веществ. Зола дробины богата солями фосфора, кальция, магния и других химических элементов, содержание которых зависит от состава зернопродуктов и воды, используемой для затирания [1]. Основными направлениями использования пивной дробины являются производства кормов и продуктов питания [4]. Отработанный кизельгур представляет собой осадок, образующийся при фильтрации пива. Он состоит из кизельгура (раковин морских диатомовых водорослей) и органических веществ, осевших в процессе фильтрации пива. Химический состав кизельгурового осадка изменяется в зависимости от сорта пива. Отработанный кизельгур содержит 70–80% воды и 20–30% сухого остатка. Сухой остаток содержит оксид кремния (80–99%) и других химических элементов (железа, кальция, натрия, калия, фосфора, магния), сырой белок (11,7%), азот (1,5%), глюкозу (0,43%). рН осадка кизельгура варьирует от 6,1 до 6,8 и зависит от рН и продолжительности фильтрации пива, а также условий хранения образующегося осадка кизельгура. Плотность влажного отработанного кизельгура

ра изменяется в соответствии с содержанием в нём воды. Например, плотность отработанного кизельгура влажностью 71% составляет 1160 кг/м³ [2]. Отработанный кизельгур может использоваться в производстве строительных материалов, а также в сельском хозяйстве [4]. Несмотря на то, что пивная дробина и отработанный кизельгур используются в различных отраслях хозяйственной деятельности человека, постоянно ведутся поиски новых более выгодных путей их утилизации.

В настоящее время нефть остаётся одним из самых востребованных источников энергии во всём мире. В связи со значительной интенсификацией добычи и переработки нефти и нефтепродукты входят в число основных загрязнителей окружающей среды [5]. Для рекультивации почв, загрязнённых нефтью и продуктами её переработки, используются физические, химические, физико-химические и биологические методы, а также их сочетание. Многие существующие физические и химические способы рекультивации нефтезагрязнённой почвы предусматривают активное воздействие на неё (механическое рыхление, фрезерование, промывку водой под давлением, срезку и удаление сильнозагрязнённого слоя и т. п.) без учёта генезиса, состава и свойств конкретного типа почв. Устранить большинство указанных недостатков очистки загрязнённых нефтью почв может применение биологической рекультивации. В основе подавляющего большинства методов биологической рекультивации лежит активация процессов микробиологической деструкции нефти в почве, при которых не образуются веществ, оказывающих отрицательного воздействия на окружающую среду. Микробиологическая рекультивация загрязнённых нефтью почв основывается на двух подходах: активизации аборигенной микрофлоры почвы или интродукции адаптированных к загрязнителю и условиям внешней среды штаммов нефтеокисляющих микроорганизмов. Протекание биологической рекультивации зависит от многих факторов: наличия и доступности источников энергии (доноров электронов), акцепторов электронов, питательных веществ, pH, температуры и ингибирования субстратов или метаболитов. Почвенные ферменты являются катализаторами важных метаболических процессов, протекающих в почвах, включая детоксикацию загрязняющих веществ. Существуют исследования, в которых увеличение активности почвенных ферментов коррелирует с удалением углеводов, поэтому анализ

ферментативной активности часто используется для оценки интенсивности протекания процессов восстановления почв [6, 7].

Цель исследования – оценка влияния пивной дробины и отработанного кизельгура на показатели ферментативной активности нефтезагрязнённой почвы в лабораторном эксперименте. Задачи исследования – определение активности почвенных ферментов каталазы и инвертазы при внесении отходов пивоварения в почву при модельном загрязнении нефтью.

Материал и методы исследования

В работе использовали чернозём оподзоленный среднесуглинистый, который загрязняли нефтью (3.2.1.2 ГОСТ Р 51858-2002) в массовом соотношении 50 г/кг. К нефтезагрязнённой почве добавляли пивную дробину, полученную при варке пива «Классическое» в лаборатории бродительных процессов факультета «Пищевых производств» Самарского государственного технического университета, влажностью 70±2% и отработанный кизельгур, полученный на одном из пивоваренных заводов Самарской области, влажностью 80±2%. Отходы пивоварения в соотношении 1:1 добавляли к загрязнённой нефтью почве в количестве 10, 20, 30% в пересчёте на сухую дробину и сухой кизельгур. Контролем служила почва без примеси отходов пивоварения и нефти, а также почва, загрязнённая нефтью в массовом соотношении 50 г/кг. Влажность опытных и контрольных образцов почвы поддерживалась на уровне 30±2%. Образцы помещали в стеклянные сосуды с полиэтиленовыми крышками и инкубировали в термостате при температуре 30±1 °С в течение трёх месяцев, проводя рыхление и отбирая пробы через 15 суток, 1, 2, 3 месяца. В отобранных пробах определяли активность каталазы титриметрическим методом и активность инвертазы колориметрическим методом [8].

Результаты и их обсуждение

Динамика изменения каталазной активности контрольных и исследуемых образцов почвы представлена на рисунке 1. При добавлении к нефтезагрязнённой чернозёмной почве пивной дробины и отработанного кизельгура в течение первых 15 суток после начала эксперимента уменьшается её каталазная активность. Наиболее существенно этот показатель изменяется у образца, содержащего 30% отходов пивоварения. Самая высокая актив-

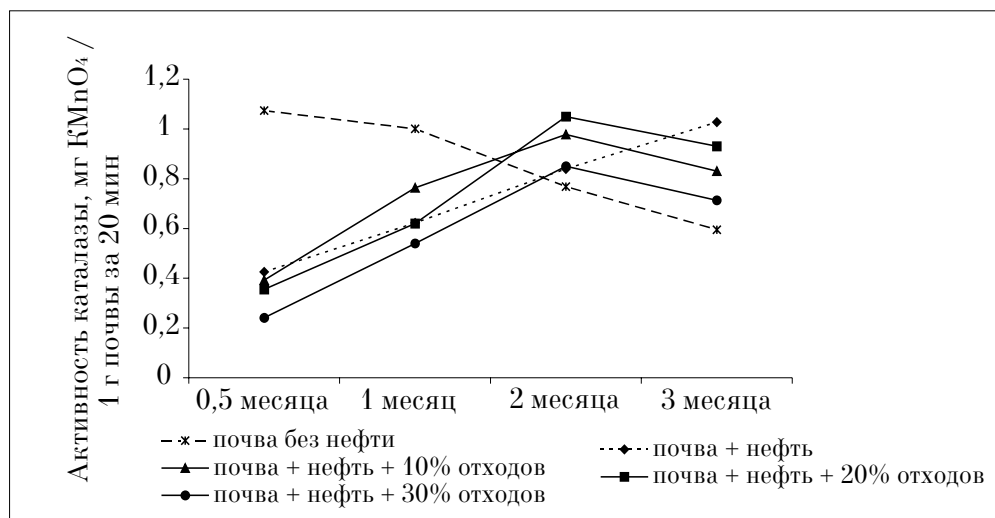


Рис. 1. Изменение каталазной активности чернозёмной почвы

ность каталазы отмечается у образца нефтезагрязнённой почвы с добавлением 10% солодовой дробины и кизельгурового осадка, а самая низкая – у загрязнённой нефтью почвы, содержащей 30% отходов пивоваренной промышленности. К концу первого месяца эксперимента каталазная активность нефтезагрязнённой чернозёмной почвы, содержащей пивную дробину и отработанный кизельгур, увеличивается по сравнению с контрольной нефтезагрязнённой почвой лишь при массовом соотношении отходов пивоварения в почве равном 10%. Каталаязная активность нефтезагрязнённой почвы с добавлением 20% солодовой дробины и кизельгурового осадка не отличается от контрольной загрязнённой нефтью почвы. При добавлении 30% отходов пивоваренной промышленности каталазная активность нефтезагрязнённой почвы ниже, чем в обоих контрольных образцах.

В течение второго месяца эксперимента добавление к нефтезагрязнённой чернозёмной почве пивной дробины и отработанного кизельгура увеличивает её каталазную активность по сравнению с контрольной нефтезагрязнённой почвой, причём этот показатель больше изменяется у образца, содержащего 20% отходов пивоварения. При внесении 30% солодовой дробины и осадка кизельгура каталазная активность загрязнённой нефтью почвы сопоставима с контрольными значениями. Активность каталазы опытных образцов почвы продолжает увеличиваться по сравнению с показателями конца первого месяца эксперимента. По-прежнему самая высокая каталазная активность отмечается у нефтезагрязнённой почвы с добавлением 20% отходов пивоваренной промышленности, а самая низ-

кая – у загрязнённой нефтью почвы, содержащей 30% пивной дробины и отработанного кизельгура. К концу третьего месяца эксперимента каталазная активность нефтезагрязнённой чернозёмной почвы, содержащей солодовую дробину и отработанный кизельгур, снижается по сравнению с контрольной нефтезагрязнённой почвой, причём этот показатель больше изменяется у образцов, содержащих 10 и 30% пивной дробины и осадка кизельгура. При этом каталазная активность загрязнённой нефтью почвы, содержащей отходы пивоварения, остаётся выше, чем в контрольной незагрязнённой почве. Каталаязная активность опытных образцов почвы начинает постепенно снижаться по сравнению с показателями конца второго месяца эксперимента. Вероятно, это связано с постепенным истощением питательных веществ, содержащихся в пивной дробине и кизельгуровом осадке. По-прежнему самая высокая каталазная активность отмечается у нефтезагрязнённой почвы с добавлением 20% пивной дробины и ила кизельгура, а самая низкая – у загрязнённой нефтью почвы, содержащей 30% отходов пивоварения.

Изменение инвертазной активности контрольных и исследуемых образцов почвы представлено на рисунке 2. При добавлении к нефтезагрязнённой чернозёмной почве отходов пивоварения в течение первых 15 суток после начала эксперимента увеличивает её инвертазную активность. Самая высокая активность инвертазы отмечается у образца нефтезагрязнённой почвы с добавлением 10% пивной дробины и отработанного кизельгура, а самая низкая – у загрязнённой нефтью почвы, содержащей 30% отходов пивоваренной

промышленности. К концу первого месяца эксперимента инвертазная активность нефтезагрязнённой чернозёмной почвы, содержащей отходы пивоваренной промышленности, увеличивается по сравнению с контрольной нефтезагрязнённой почвой. Самая высокая инвертазная активность по-прежнему отмечается у нефтезагрязнённой почвы с добавлением 10% солодовой дробины и отработанного кизельгура. В течение второго месяца эксперимента инвертазная активность нефтезагрязнённой чернозёмной почвы с добавлением отходов пивоваренной промышленности увеличивается по сравнению с контрольной нефтезагрязнённой почвой. По-прежнему самая высокая инвертазная активность отмечается у нефтезагрязнённой почвы с добавлением 10% пивной дробины и кизельгурового осадка, а самая низкая – у загрязнённой нефтью почвы, содержащей 30% отходов пивоварения. К концу третьего месяца эксперимента инвертазная активность нефтезагрязнённой чернозёмной почвы, содержащей отходы пивоваренной промышленности, увеличивается по сравнению с контрольной нефтезагрязнённой почвой. Самая высокая инвертазная активность отмечается у нефтезагрязнённой почвы с добавлением 30% солодовой дробины и кизельгурового осадка, а самая низкая – у загрязнённой нефтью почвы, содержащей 10% пивной дробины и отработанного кизельгура.

Результаты проведённых исследований согласуются с данными литературы о том, что в результате физического и токсического влияния нефти изменяются ферментативные свойства почв [6]. Самовосстановление фер-

ментативных свойств почв даже в оптимальных условиях происходит крайне медленно, что свидетельствует о необходимости включения в систему мероприятий по рекультивации нефтезагрязнённых почв мер по активизации микробиологических процессов.

Для активации естественной почвенной микрофлоры вносят органические и минеральные (N, P, K) удобрения, иногда в комплексе с мелиорирующими добавками или органическими сорбентами (торфом, алюмосиликатами, продуктом биотехнологической переработки гидролизного лигнина), что способствует более интенсивной трансформации нефтяных органических загрязнений [9,10]. Используемые в данной работе пивная дробина и отработанный кизельгур представляют собой комплексную органо-минеральную добавку, сочетающую в себе свойства органического удобрения, адсорбента нефти и мелиоранта почвы.

Применение органических удобрений (например, биогумуса, отработанного дрожжевого автолизата, продукта биотехнологической переработки гидролизного лигнина, активного ила аэротенка, помёта птиц или животных, гороховой соломы и др.) обеспечивает процессы микробной деградации нефти необходимой энергией, кофакторами, частично питательными веществами. Использование органических удобрений снижает содержание и токсичность нефти, улучшает физико-химические свойства нефтезагрязнённой почвы, повышает активность биологических процессов в почве и увеличивает интенсивность дыхания, повышает численность и деструктивную активность

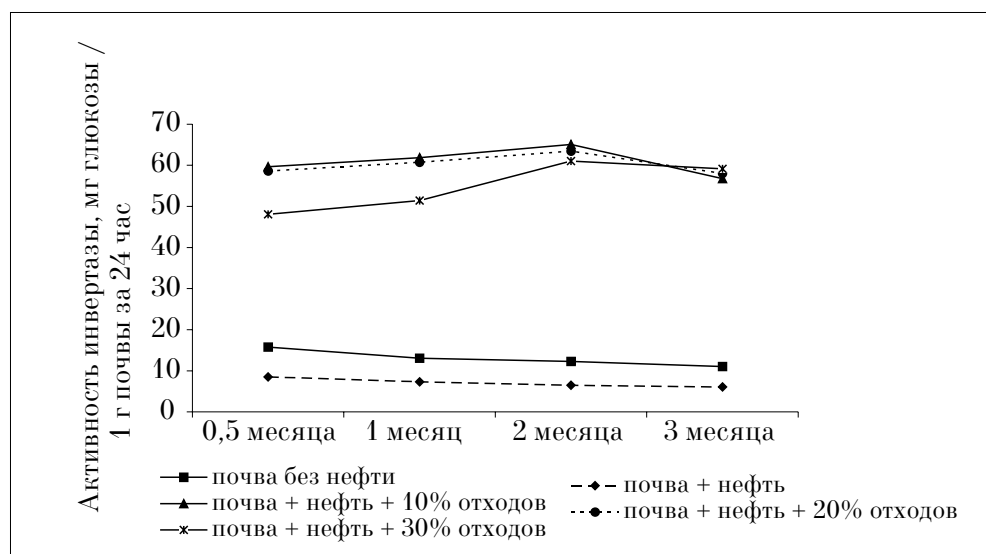


Рис. 2. Изменение инвертазной активности чернозёмной почвы

почвенных микроорганизмов. Это способствует повышению эффективности фитомиелиорации и ускорению процессов очистки почвы [10].

Обогащение почвы органическим веществом значительно уменьшает вредное влияние углеводородов нефти на её ферментативную активность. Поступающие в почву органические вещества являются дополнительным источником углерода и других химических элементов (азота, фосфора и калия), необходимых для жизнедеятельности микроорганизмов, растений и животных почвы. Некоторые авторы отмечают увеличение ферментативной активности после добавления соломы и компоста к почве, загрязнённой полициклическими ароматическими углеводородами [11]. Помимо стимулирующего действия на уровень ферментативной активности почвы и, следовательно, на обмен веществ микроорганизмов вносимые органические вещества могут также участвовать в процессах сорбции загрязняющих веществ органического происхождения [7].

Выводы

1. Внесение пивной дробины и отработанного кизельгура увеличивает ферментативную активность нефтезагрязнённого чернозёма оподзоленного среднесуглинистого.

2. Добавление отходов пивоварения больше влияет на инвертазную, чем на каталазную активность загрязнённого нефтью чернозёма оподзоленного среднесуглинистого.

3. Отходы пивоварения могут применяться для стимуляции биологической активности нефтезагрязнённой чернозёмной почвы.

Литература

1. Вторичные пищевые ресурсы пищевой и перерабатывающей промышленности АПК России и охраны окружающей среды. Справочник / Под ред. Е.И. Сиженко. М.: Пищепромиздат, 1999. 468 с.
2. Schmid N. A. Verbesserung der filtrationstechnischen Eigenschaften von Filterhilfsmitteln durch ein thermisches Verfahren. Dokt.-Ing. Munchen, 2002. 191 s.
3. <http://b2b-drinks.ru/lib/article/4668>.
4. Руденко Е.Ю. Современные тенденции переработки основных побочных продуктов пивоварения // Пиво и напитки. 2007. № 2. С. 66–68.
5. Другов Ю.С., Родин А.А. Экологические анализы при разливах нефти и нефтепродуктов. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007. 270 с.
6. Kiss S., Dragan-Bularda M., Pasca D. Enzymology of the recultivation of technogenic soils // Adv. Agron. 1989. V. 42. P. 229–278.
7. Baran S., Bielińska J.E., Oleszczuk P. Enzymatic activity in an airfield soil polluted with polycyclic aromatic hydrocarbons // Geoderma. 2004. V. 118. P. 221–232.
8. Хазиев Ф.Х. Методы почвенной энзимологии. М.: Наука, 1990. 189 с.
9. Арчегова И.Б., Маркарова М.Ю., Громова О.В. Переработка гидролизного лигнина и получение на его основе материала для рекультивации техногенно-нарушенных территорий Крайнего Севера // Химия в интересах устойчивого развития. 1998. № 4. С. 303–309.
10. Терещенко Н.Н., Лушников С.В., Митрофанова Н.А., Пилипенко С.В. Особенности биологической рекультивации нефтезагрязнённых и техногенно засоленных почв // Экология и промышленность России. 2005. № 6. С. 33–36.
11. Kucharski J., Jastrzębska E., Wyszowska J., Hlasko A. Effect of pollution with diesel oil and leaded petrol on enzymatic activity of the soil // Zesz. Probl. Postep. Nauk Rol. 2000. V. 472. P. 457–464.