

вые черви и и плодородие почвы: первая междунар. практ. конф. – Владимир, 2002. – С. 187-188

4. Sviklas, A.M. Specialiu skystuju trasu gamybos teorija, technologija, efektyvumas / A.M Sviklas // Technologija. – Kaunas, 1993. – P. 15 – 27.

5. Калинин, Ф.Л. Регуляторы роста растений / Ф.Л. Калинин. Ю.Г. Мережинский – Киев: Наукова думка, 1964. – 405 с.

6. Деева, В.П. Регуляторы роста и урожай / В.П. Деева, З.И. Шелег. – Минск: Наука и техника, 1985. – 58 с.

7. Методика определения агрономической и экономической эффективности минеральных и органических удобрений / Богдевич И.М. [и др.]; Институт почвоведения и агрохимии. – Минск, 2010. – 24 с.

8. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Колос, 1979. – 416 с.

EFFICIENCY OF APPLICATION OF COMPLEX MICRO FERTILIZERS AND GROWTH REGULATORS FOR GROWING POTATOES

S.G. Aliev, I.R. Vildflush

Summary

Application of growth regulator Ekosil, complex micro fertilizers Basfoliar 36 Extra and Vitamar for growing potatoes on sward-podzolic soil, in comparison with the background of $N_{100}P_{60}K_{130}$ increased the yield of tubers by 10.6 c/ha, 24.8 and 21.3 c/ha, and the output of starch – by 3.5 c/ha, 6.5, and 9.6 c/ha.

Поступила 15 апреля 2011 г.

УДК 631.461:631.445.24:631.416.2

БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ СУПЕСЧАНОЙ ПОЧВЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ ПОДВИЖНЫМ ФОСФОРОМ

Н.А. Михайловская, И.М. Богдевич, О.В. Василевская, Т.В. Погирницкая
Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

Биологическое состояние почвы является одним из основных критериев оценки уровня антропогенной нагрузки. В настоящее время экологическая актуальность диагностики биологического состояния почв возрастает, в особенности на дерново-подзолистых супесчаных почвах, которые отличаются сравнительно высоким уровнем биологической активности. Наиболее значимым антропогенным фактором, влияющим на биологическую активность почв, являются удобрения. Для сохранения плодородия и поддержания биологического равновесия дерно-

во-подзолистых супесчаных почв необходимо регулировать уровень нагрузки по минеральным удобрениям, в том числе по фосфорным. Несбалансированное применение удобрений может негативно воздействовать на интенсивность и направленность биохимической трансформации органического вещества [1].

Необходимость биологического тестирования диктуется с одной стороны экологическими соображениями, чтобы оценить сбалансированность запаса элементов минерального питания в почве. С другой стороны, возрастающая стоимость фосфорных удобрений требует более строгой оценки избыточного накопления подвижных фосфатов в почве, чтобы избежать нерациональных экономических затрат. Как недостаток, так и избыток фосфора неблагоприятны для растений [2-4].

Несмотря на значимость биологических показателей в качестве критериев изменений, вызываемых антропогенной деятельностью, они практически не используются в системе экологического мониторинга почв. К настоящему времени недостаточно научной информации по влиянию обеспеченности дерново-подзолистых супесчаных почв подвижным фосфором на ее биологическую активность [5]. Для надежной оценки необходимо проведение исследований по расширенному спектру показателей биологической активности почвы.

Цель исследований – установить влияние обеспеченности дерново-подзолистой супесчаной почвы подвижным фосфором на ее биологический статус по следующим параметрам – микробной биомассе, дегидрогеназной, протеолитической, целлюлозолитической, инвертазной и фосфатазной активности.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проведены в многолетнем стационарном опыте на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве с мощной прослойкой песка (60-80 см) на контакте с размытой мореной (Узденский район Минская область) в 2008-2010 гг. Пахотный горизонт почвы характеризовался следующими агрохимическими показателями: рН (КСИ) 6,0-6,2, содержание подвижного калия (по Кирсанову) 300-350 мг/кг, гумус 2,64-2,71%, обменный кальций (СаО) 800-850 мг/кг, обменный магний (MgO) 140-150 мг/кг. В эксперименте созданы четыре уровня обеспеченности почвы подвижными формами фосфора, в период исследований содержание подвижного фосфора (P_2O_5) составило: первый уровень – 207 мг/кг, второй – 244 мг/кг, третий – 286 мг/кг и четвертый – 394 мг/кг. На каждом уровне насыщения подвижным фосфором изучены следующие варианты удобрения в четырех повторениях: Контроль (без удобрений), НК, NK_{10} , NK_{30} , NK_{60} . Дозы азотных удобрений дифференцируются в зависимости от возделываемой культуры. Доза калийных удобрений – K_{90} . Общая площадь делянок – 45 м², учетная площадь – 24 м².

Чередование культур в севообороте: кукуруза, яровая пшеница, однолетние травы на зеленую массу, озимая рожь, яровая пшеница, горох, озимое тритикале. Под кукурузу внесен навоз – 60 т/га.

В почвенных образцах определяли содержание углерода в микробной биомассе, используя фумигационно-экстракционный метод [6]. Для определения протеолитической активности применяли методику А.Ш. Галстяна, активность фермента выражали в мг глицина/кг почвы [7, стр. 95]. Целлюлазную активность оценивали аппликационным методом в модификации А.Ф. Захарченко, по убыли

массы фильтровальной бумаги (%), помещенной в почву на 14 дней [7, стр. 73-74]. Активность инвертазы определяли по методу, предложенному Т.А. Щербаковой, и выражали в мг глюкозы/кг почвы [8]. Активность фосфатазы оценивали по методу Табатабая и Бремнера (1969), активность фермента рассчитывали в мг *p*-нитрофенола (ПНФ)/кг почвы [7, стр. 137]. Для оценки дегидрогеназной активности почвы использовали модифицированный метод А.Ш. Галстяна [7, стр. 34-35], активность фермента выражали в мг трифенилформазана (ТФФ)/кг почвы. Отбор почвенных образцов для биологических исследований проводили весной до внесения удобрений [9].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Биологические исследования проведены на автоморфных дерново-подзолистых супесчаных почвах, подстилаемых моренными суглинками, которые широко распространены на территории Беларуси и занимают в составе пашни 48,5%. В длительном модельном эксперименте с искусственно сформированной дифференциацией по содержанию подвижных форм фосфора в диапазоне 207-394 мг/кг (P_2O_5) получены данные по биологической активности почвы, сопоставление которых с показателями продуктивности сельскохозяйственных культур позволило определить биологически обоснованные уровни обеспеченности фосфором.

Для оценки общей численности микроорганизмов в почве определены содержание углерода в микробной биомассе ($C_{\text{биомассы}}$) и дегидрогеназная активность. Указанные показатели используются для установления общего уровня биогенности почв. Дегидрогеназная активность дает представление о живом микробном населении почвы, так как процессы дегидрирования органического субстрата происходят при участии дегидрогеназ живых клеток почвенных микроорганизмов, которые восстанавливают субстрат во время эксперимента.

Отмечено повышение численности микробных сообществ почвы по мере насыщения почвы подвижным фосфором от 207 до 286 мг/кг. Наиболее благоприятные показатели содержания углерода в микробной биомассе, в пределах 2,9-4,6 г/кг, и продуктивности сельскохозяйственных культур, 46,7-54,1 ц/га к.ед., отмечены при насыщении почвы P_2O_5 в пределах 244-286 мг/кг и внесении фосфорных удобрений в дозах P_{10} , P_{30} и P_{60} (рис. 1, 2). Насыщение подвижным фосфором до 394 мг/кг неблагоприятно воздействовало на развитие и жизнедеятельность микробных сообществ почвы, отмечено снижение их численности.

Аналогичные закономерности установлены при определении дегидрогеназной активности почвы. В соответствии с экспериментальными данными возрастание обеспеченности фосфором повышало заселенность почвы микроорганизмами, наиболее высокая биогенность отмечена при содержании фосфора в почве на уровне 286 мг/кг, повышение обеспеченности фосфором до 394 мг/кг вызывало снижение численности микробных сообществ почвы (рис. 3). На основании анализа продуктивности культур и дегидрогеназной активности почвы установлен наиболее оптимальный диапазон активности фермента – 300-350 мг ТФФ/кг, что соответствует и наиболее высокой продуктивности севооборота. Внесение P_{10} - P_{60} при содержании фосфора в почве 286 мг/кг и P_{60} при содержании фосфора 244 мг/кг поддерживает оптимальный уровень дегидрогеназной активности – 300-350 мг ТФФ/кг, и обеспечивает продуктивность севооборота 50,2-54,1 ц/га к.ед.

на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве (рис. 2, 3). Насыщение почвы фосфором до 394 мг/кг угнетало развитие микробных сообществ, их численность при этом была соизмерима с биогенностью почвы с содержанием P_2O_5 на уровне 207 мг/кг.

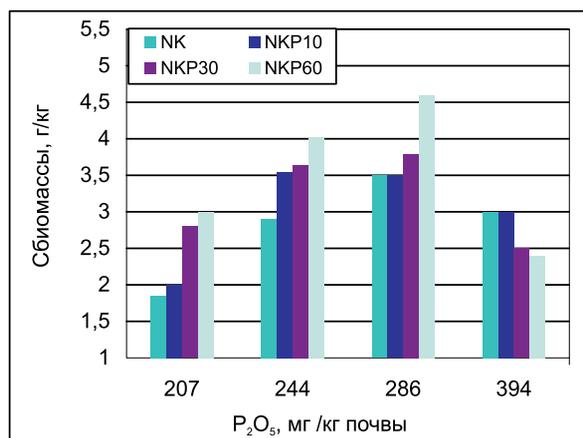


Рис. 1. $C_{\text{биомассы}}$ в дерново-подзолистой супесчаной почве с разным содержанием P_2O_5

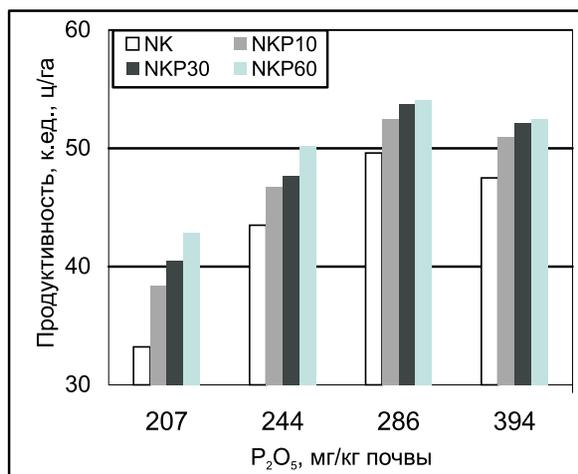


Рис. 2. Продуктивность севооборота на дерново-подзолистой супесчаной почве (2001-2008 гг.)

Анализ данных по микробной биомассе и по дегидрогеназной активности показывает, что содержание P_2O_5 в дерново-подзолистой супесчаной почве на уровне 394 мг/кг неблагоприятно воздействует на микробные сообщества и является избыточным. На четвертом уровне обеспеченности почвы фосфором отмечается также стабилизация или снижение продуктивности сельскохозяйственных культур.

Одной из задач исследований была оценка целлюлозолитической активности почвы. Целлюлазы представляют собой группу гидролитических ферментов, ко-

торые осуществляют разложение целлюлозы, составляющей около 50% сухого вещества растительных остатков и являющейся наиболее значимым полисахаридом, поступающим в почву [7, 10, 12]. В цикле углерода почвы целлюлазы играют существенную роль, так как целлюлоза представляет один из наиболее существенных источников углеродсодержащих соединений.

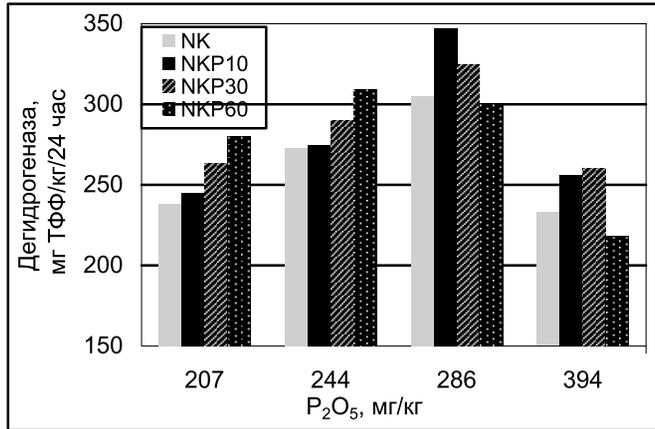


Рис. 3. Дегидрогеназная активность дерново-подзолистой супесчаной почвы в зависимости от содержания подвижного фосфора и доз фосфорных удобрений

На рис. 4 представлены данные по активности фермента при содержании подвижного фосфора в диапазоне 207-394 мг/кг (P_2O_5) и внесении возрастающих доз фосфорных удобрений P_{10} , P_{30} и P_{60} . Установлено, что при насыщении почвы фосфором до 244-286 мг/кг и внесении P_{10} - P_{60} поддерживается наиболее высокий в опыте уровень активности целлюлазы – 21-33%, что соответствует наиболее высокой продуктивности севооборота – 46,7-54,1 ц/га к.ед. (рис. 2). Депрессия активности целлюлазы отмечается при содержании P_2O_5 в почве около 300 мг/кг и дозах P_{30} - P_{60} и усиливается при содержании около 400 мг/кг подвижного фосфора (рис. 4).

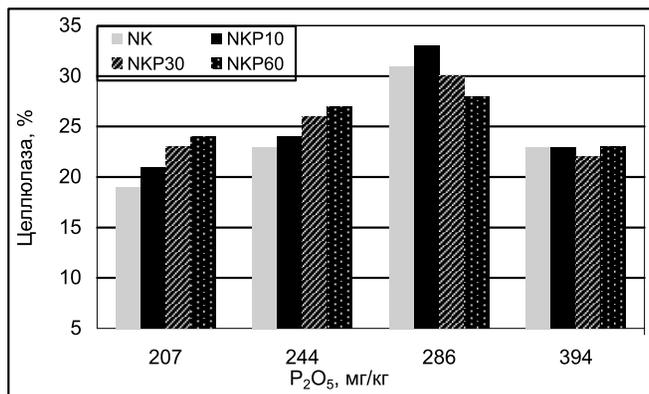


Рис. 4. Целлюлозолитическая активность дерново-подзолистой супесчаной почвы при разной обеспеченности подвижным фосфором

Изучена зависимость инвертазной активности дерново-подзолистой супесчаной почвы от содержания подвижного фосфора. Инвертазы осуществляют гидролитическое разложение сахарозы, их активность является показателем скорости накопления глюкозы и фруктозы в почве. В цикле углерода почвы инвертазы также играют важную роль, высвобождая легко растворимые низкомолекулярные сахара, которые представляют источник питания для микроорганизмов [7, 10, 11]. Высокий уровень активности инвертаз способствует развитию микробной биомассы и поддерживает определенный уровень биогенности почвы.

Установлено, что на первом и втором уровнях при содержании фосфора 207-244 мг/кг все изученные дозы удобрений $P_{10}-P_{60}$ повышали активность инвертазы. Ее существенная депрессия отмечена на третьем уровне при содержании P_2O_5 в почве 286 мг/кг под действием дозы P_{60} фосфорных удобрений. Инвертазная активность при высокой обеспеченности почвы фосфором (394 мг/кг) сопоставима с активностью фермента на первом и втором уровнях (рис. 5).

На основании биохимических тестов и оценки их связи с продуктивностью культур установлено, что наиболее оптимальный диапазон активности инвертазы для дерново-подзолистой супесчаной почвы составляет 2425-2752 мг глюкозы/кг, который соответствует наиболее высокой продуктивности севооборота (рис. 5, 2).

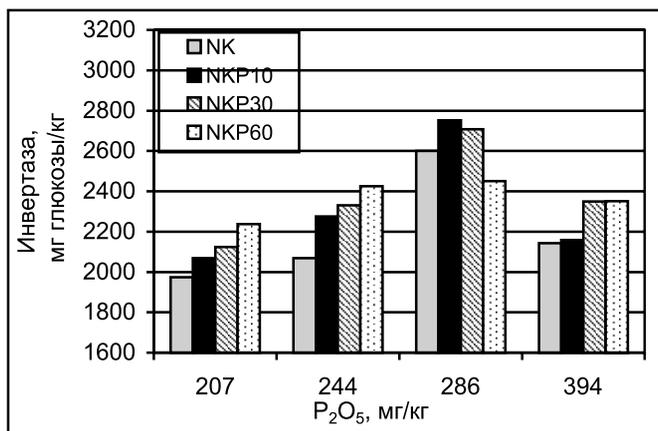


Рис. 5. Инвертазная активность дерново-подзолистой супесчаной почвы в зависимости обеспеченности P_2O_5 и доз фосфорных удобрений

Изучена активность биохимических процессов трансформации азотсодержащих органических соединений. Известно, что основная часть азота (94-95%) представлена в почве сложными органическими соединениями. Ключевым процессом, в результате которого азот, входящий в состав белков и их производных, становится доступным для растений является аммонификация. На разных ступенях аммонификации действуют специфические группы гидролитических ферментов. В результате последовательного протеолитического разложения до полипептидов и аминокислот, и далее под действием амидогидролаз и дезаминаз, азот органических соединений переходит в минеральную форму. Таким образом, действие гидролитических ферментов – протеаз, пептидаз, дезаминаз и амидогидролаз определяет динамику азота в почве.

Установлено, что при повышении содержания фосфора в почве от 207 до 286 мг/кг и дозах фосфорных удобрений P_{10} , P_{30} и P_{60} наблюдается постепенное возрастание протеолитической активности почвы. Ингибирование протеолитических процессов наблюдается на уровне насыщения почвы P_2O_5 около 300 мг/кг при внесении P_{30} и P_{60} , при более высоком содержании P_2O_5 , около 400 мг/кг, отмечено снижение активности фермента (рис. 6).

Таким образом, при содержании подвижного фосфора в почве в пределах 250-300 мг/кг и внесении P_{10} - P_{60} поддерживается оптимальный уровень протеолитической активности – 75-101 мг глицина/кг в дерново-подзолистой супесчаной почве, обеспечивающий активное протекание процессов аммонификации с образованием неорганического азота. При этом отмечается высокая продуктивность севооборота (рис. 2).

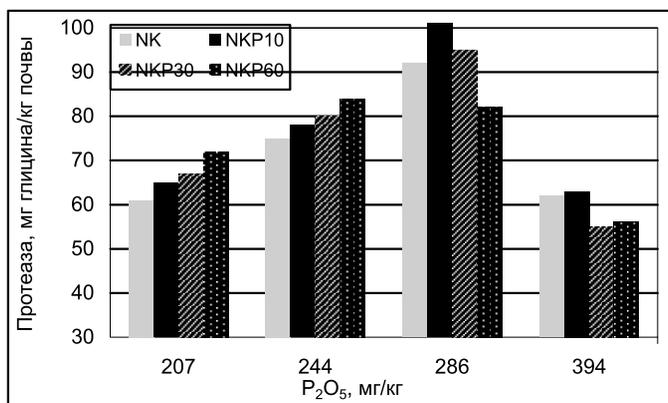


Рис. 6. Протеазная активность дерново-подзолистой супесчаной почвы при разной обеспеченности P_2O_5

При оценке биологического состояния дерново-подзолистой супесчаной почвы с разной обеспеченностью подвижными фосфатами целесообразно проводить определение показателей фосфатазной активности. Актуальность изучения фосфатаз обусловлена их участием в регулировании процессов гидролитического разложения моноэфиров фосфорной кислоты с высвобождением фосфат-ионов, доступных для питания растений и микроорганизмов.

Установлена зависимость фосфатазной активности от содержания подвижного фосфора в почве. Наиболее высокой в опыте фосфатазной активностью характеризуется почва с содержанием P_2O_5 на уровне 207 мг/кг. При повышении содержания подвижного фосфора до 244 и 286 мг/кг почвы фосфатазная активность снижалась, достигая минимума при наиболее высокой в опыте обеспеченности почвы фосфатами – 394 мг/кг (рис. 7). Корреляционно-регрессионный анализ также свидетельствует о тесной обратной зависимости активности фосфатазы от содержания P_2O_5 в дерново-подзолистой супесчаной почве, коэффициент детерминации составил 0,97 (рис. 8).

Внесение фосфорных удобрений в дозах P_{10} - P_{60} при содержании фосфора в почве 244 и 286 мг/кг поддерживает оптимальный уровень фосфатазной активности дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почвы, а также обеспечивает продуктивность севооборота 50,2-54,1 ц/га к.ед. (рис. 7, 2).

На основании биохимических тестов и оценки их связи с продуктивностью культур установлено, что наиболее оптимальный диапазон активности фосфатазы для дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почвы составляет 70-140 мг ПНФ/кг, который соответствует наиболее высокой продуктивности севооборота.

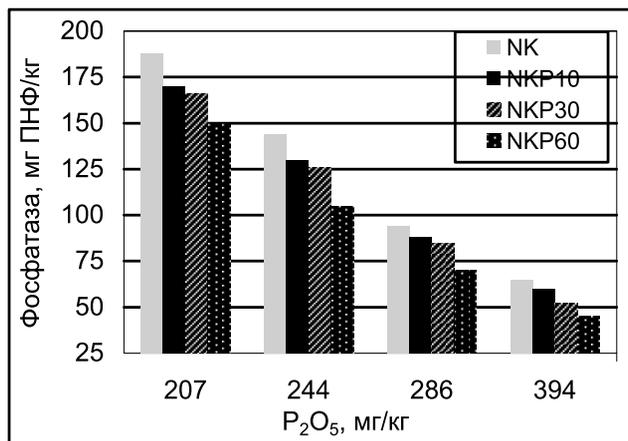


Рис. 7. Фосфатазная активность при разной обеспеченности дерново-подзолистой супесчаной почвы P₂O₅

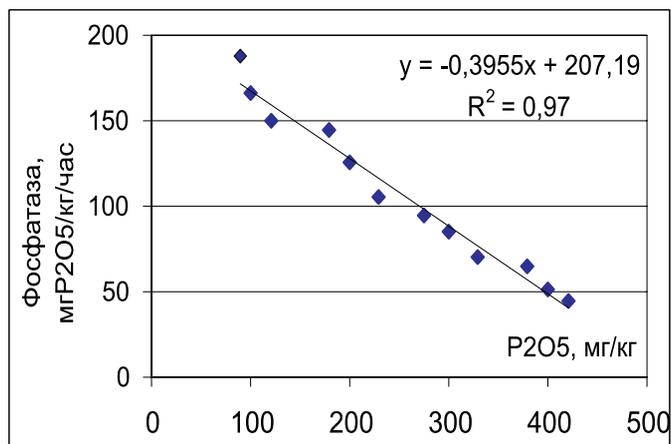


Рис. 8. Связь фосфатазной активности с уровнем обеспеченности дерново-подзолистой супесчаной почвы P₂O₅

ВЫВОДЫ

Таким образом, установлены количественные изменения микробиологического и биохимического статуса дерново-подзолистой супесчаной почвы в зависимости от содержания P₂O₅ в почве и возрастающих доз фосфорных удобрений. Насыщение почвы P₂O₅ и внесение фосфорных удобрений приводит к повышению заселенности почвы микроорганизмами, интенсификации процессов аммонификации органических азотсодержащих соединений с выделением неорганического азота,

повышению скорости минерализации целлюлозы и сахарозы в почве. Наиболее оптимальные показатели по микробной биомассе – 2,9-4,6 г/кг; дегидрогеназной активности – 300-350 мг ТФФ/кг, целлюлозолитической активности – 21-33%; инвертазной – 2425-2752 мг глюкозы/кг, протеолитической активности – 75-100 мг глицина/кг и фосфатазной активности – 70-140 мг ПНФ/кг, а также высокая продуктивность сельскохозяйственных культур – 46,7-54 ц/га к.ед. отмечаются при насыщении дерново-подзолистой супесчаной почвы фосфором в пределах 250-300 мг/кг и внесении фосфорных удобрений в дозах P_{10-60} . При содержании фосфора около 400 мг/кг и более отмечается существенное снижение биологической активности, а также стабилизация или снижение продуктивности сельскохозяйственных культур.

ЛИТЕРАТУРА

1. Туев, Н.А. Экологические проблемы интенсивного земледелия / Н.А. Туев // Вестн. с.-х. науки. – 1988. – С. 91-95.
2. Богдевич, И.М. Фосфорные удобрения в сельском хозяйстве важны и незаменимы / И.М. Богдевич, В.В. Лапа // Земляробства і ахова раслін. – 2004. – №2. – С. 24-25.
3. Синягин, И.И. Превращения фосфорных и калийных удобрений в почве и повышение их усвояемости / И.И. Синягин. – М.: МСХ СССР, ВНИИНТИ. – 1969. – С. 6-24.
4. Агрохимия: учеб. издание / И.Р. Вильдфлуш [и др.]. – Минск: Ураджай, 1995. – 480 с.
5. Михайловская, Н.А. Влияние возрастающей обеспеченности дерново-подзолистой супесчаной почвы подвижными формами фосфора и калия на биологические показатели плодородия / Н.А. Михайловская, Г.В. Мороз // Почвы, их эволюция, охрана и повышение производительной способности в современных социально-экономических условиях: материалы I съезда Белорусского общества почвоведов. – Минск-Гомель, 1995. – С. 206.
6. Vance, E.D. An extraction method for measuring soil microbial biomass / E.D. Vance, P.C. Brookes, D.S. Jenkinson // C. Soil Biol. Biochem. – 1987. – V.19. – P. 703-707.
7. Хазиев, Ф.Х. Методы почвенной энзимологии / Ф.Х. Хазиев. – М.: Наука, 1990. – 189 с.
8. Щербакова, Т.А. К методике определения активности инвертазы и амилазы в почве / Т.А. Щербакова // Сборник докладов по ферментам почвы. – Минск, 1968. – С. 453-455.
9. Михайловская, Н.А. Влияние системы удобрения на ферментативную активность дерново-подзолистой супесчаной почвы / Н.А. Михайловская, О. Миканова, О.В. Рудько // Почвоведение и агрохимия. – 2007. – №2(39). – С. 186-195.
10. Звягинцев, Д.Г. Почва и микроорганизмы / Д.Г. Звягинцев. – М.: МГУ, 1987. – 256 с.
11. Карягина, Л.А. Микробиологические основы повышения плодородия почв / Л.А. Карягина. – Минск: Наука и техника, 1983. – 182 с.
12. Deng, S.P. Cellulase activity of soils / S.P. Deng, M.A. Tabatabai // Soil Biology and Biochemistry. – 1994. – V. 26. – P. 1347-1354.

BIOLOGICAL ACTIVITY OF LUVISOL LOAMY SAND SOIL UNDER THE INFLUENCE OF PHOSPHORUS SUPPLY

N.A. Mikhailovskaya, I.M. Bogdevitch, O.V. Vasilevskaya, T.V. Pogirnitskaya

Summary

It was found that optimal parameters of soil microbial biomass, dehydrogenase, cellulase, invertase, protease and phosphatase activities as well as high crop productivity were observed under Luvisol loamy sand soil supply by mobile phosphorus in diapason of 250-300 mg kg⁻¹ and P₁₀₋₆₀ application. Excess of mobile phosphates content in soil resulted in reliable depression of soil biological activity.

Поступила 23 февраля 2011 г.

УДК 633.6:631.847

ВЛИЯНИЕ АЗОТФИКСИРУЮЩИХ, ФОСФАТМОБИЛИЗУЮЩИХ БАКТЕРИЙ И ПРЕПАРАТА БИОЛИНУМ НА РОСТ И РАЗВИТИЕ ЛЬНА-ДОЛГУНЦА

О.А. Ермолович

Институт льна, Витебская обл., д. Устье, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

Для получения высоких урожаев льнопродукции в условиях республики необходимо применение научно-обоснованных, эффективных и экономически выгодных приемов интенсификации в технологиях возделывания льна-долгунца. Опыт указывает на необходимость более широкого применения средств защиты и новых форм биологических удобрений при возделывании льна.

Одним из решающих факторов повышения урожайности льна-долгунца и улучшения его качества является применение удобрений. Азот, как правило, играет ведущую роль в повышении урожайности этой культуры. Однако даже при небольшом избытке азота в почве ухудшается качество льнопродукции, снижается выход волокна и его качество [1].

Потенциальным резервом улучшения азотного питания льна-долгунца является применение препаратов ассоциативных diaзотрофов, активных не только в отношении биологической азотфиксации, но и способных синтезировать вещества фитогормональной природы и оказывать ростостимулирующее влияние на рост и развитие надземных органов и корневой системы, повышать устойчивость к инфекциям и неблагоприятным экологическим воздействиям [2].

Растения льна очень чувствительны к недостатку фосфора в начальный период их развития. Даже на почвах с высоким содержанием фосфатов (250-300 мг/кг почвы) растения льна не могут интенсивно усваивать фосфор из почвы. Установлено, что из вносимых в почву удобрений фосфор используется только на 12-15%. В связи с этим инокуляция растений льна биопрепаратами на осно-