

УДК 631.411.42, 631.454.44

ВЛИЯНИЕ СИСТЕМ УДОБРЕНИЙ НА СТРУКТУРУ И ИЗМЕНЕНИЕ ОТДЕЛЬНЫХ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ГРУПП МИКРООРГАНИЗМОВ В СЕРОЙ ЛЕСНОЙ ПОЧВЕ ВЛАДИМИРСКОГО ОПОЛЬЯ

Зинченко М.К., Бибик Т.С., Стоянова Л.Г.

Владимирский НИИСХ, п. Новый, e-mail: zinchenkosergei@mail.ru

Исследования проводили в третьей ротации шестипольного севооборота на стационарном полевом опыте Владимирского НИИСХ (г. Суздаль) в 2011–2013 гг. Образцы серой лесной среднесуглинистой почвы отбирали в мае, июле и сентябре из слоя почвы 0–20 см. Схема эксперимента включает: многолетнюю залежь, более 20 лет не используемую как пашню, и 6 уровней интенсификации применения удобрений. Действие удобрений изучалось на двух приемах основной обработки – отвальной вспашке на 20–22 см и плоскорезной обработке на 10–12 см. Количественный учет микроорганизмов проводили в свежих почвенных образцах методом посева на стандартные питательные среды. Установлено положительное влияние применяемых систем удобрений на численность ФГМ, трансформирующих соединения азота в пашне серой лесной почвы по сравнению с залежью. Значительное увеличение суммы протеолитической и амилитической микрофлоры (МПА + КАА) на изучаемых фонах наблюдалось после внесения навоза в дозе 60 и 80 т/га на органо-минеральных фонах. Сумма гетеротрофной и автотрофной микрофлоры в год внесения составила соответственно 20,0 и 16,4 млн. КОЕ/1г почвы, что более чем в 2 раза больше по сравнению с другими вариантами опыта. В последующие годы также сохраняется высокая биогенность этих агрофонов, особенно по безотвальной обработке. Следствием этих процессов стало активное накопление минерального азота в серой лесной почве.

Ключевые слова: минеральные удобрения, физиологические группы почвенных микроорганизмов, серая лесная почва, биогенность, биодинамика микрофлоры

INFLUENCE OF SYSTEMS OF FERTILIZERS ON STRUCTURE AND CHANGE OF SEPARATE PHYSIOLOGICAL GROUPS OF MICROORGANISMS IN GREY FOREST POCHVE VLADIMIRSKY OPOLYA

Zinchenko M.K., Bibik T.S., Stoyanova L.G.

Vladimir Agricultural Research Institute, Noviy, e-mail: zinchenkosergei@mail.ru

Researches were conducted in the third rotation of a shestipolny crop rotation on a stationary field experiment of the Vladimir NIISH (Suzdal) in 2011–2013. Samples of the gray forest srednesuglinisty soil selected in May, July and September from a layer of earth of 0–20 cm. The scheme of experiment includes: the long-term deposit, more than 20 years which isn't used as an arable land and 6 levels of an intensification of use of fertilizers. Effect of fertilizers was studied on two methods of the main processing – dump plowing on 20–22 cm and plaskorezny processing on 10–12 cm. The quantitative accounting of microorganisms was carried out in fresh soil samples by a crops method on standard nutrient mediums. Positive influence of the applied systems of fertilizers on the number of FGM transforming compounds of nitrogen in an arable land of the gray forest soil in comparison with a deposit Significant increase in the sum of proteolytic and amilolichesky microflora (MPA + KAA) on the studied backgrounds is established was observed after introduction of manure in a dose 60 and 80 t/hectare on the organomineralnykh backgrounds. The sum of geterotrofnoy and autotrophic microflora in a year of introduction made respectively 20,0 and 16,4 million. Which / 1g soils that more than twice is more in comparison with other options of experience. In the next years the vysokayabiogennost of these agrobackgrounds, especially on bezotvalny processing also remains. Active accumulation of mineral nitrogen in the gray forest soil turned out to be consequence of these processes.

Keywords: mineral fertilizers, physiological groups of soil microorganisms, gray forest soil, biogennost, microflorabiodynamics

Сельскохозяйственное использование серой лесной почвы зоны Ополья меняет ее свойства. Наряду с основными агрохимическими и водно-физическими показателями плодородия почв [3] меняется и их общая биологическая активность, которая в основном обусловлена деятельностью почвенной микрофлоры. Агротехническое воздействие на почву привело к снижению общей биомассы микрофлоры по сравнению с природными биотопами. Так, исследования ряда авторов (Полянская, 2006; Свешникова, 2001; Зинченко, 2009, 2012) на серой лесной почве Владимирской области выявили уменьшение общей биомассы микроорганизмов в агроэкосистемах в 4–5 раз по сравнению с целинными аналогами. Однако

известно, что активизация биологических процессов в почве под действием различных систем удобрения, обработок почвы, севооборотов приводит к интенсификации мобилизационных процессов и повышению эффективного плодородия почвы. Внесение удобрений усиливает жизнедеятельность отдельных групп почвенного микробного населения и повышает его численность.

Внесение в почву органических удобрений усиливает интенсивность микробиологических процессов, в результате чего сопряженно увеличивается трансформация органического и минерального вещества (Мишустин, 1976). Навоз оказывает благоприятное действие на все группы сапрофитного микронаселения почвы и служит пря-

мым источником образования гумуса. При благоприятных условиях (наличие тепла, влаги и др.) количество микроорганизмов и их активность возрастают, значительно улучшается азотное питание растений в первые годы.

Чтобы определить специфику протекания этих процессов в агроценозах серой лесной почвы были проведены исследования, **целью** которых стало изучение влияния различных систем удобрений на количественный состав микрофлоры, трансформирующей азотные соединения почвы при различных приемах основной обработки. В **задачу исследования** входило: выявить количественные изменения в структуре основных физиологических групп почвенных микроорганизмов агроценозов; определить степень направленности биохимических процессов трансформации азота в агроэкосистемах.

Материалы и методы исследования

Исследования проводили в третьей ротации шестипольного севооборота на стационарном полевом опыте Владимирского НИИСХ (г. Суздаль) в 2011–2013 гг. Образцы серой лесной среднесуглинистой почвы отбирали в мае, июле и сентябре из слоя почвы 0–20 см. Схема эксперимента включает многолетнюю залежь, более 20 лет не используемую как пашню, и 6 уровней интенсификации применения удобрений (табл. 1). Действие удобрений изучалось на двух при-

емах основной обработки – отвальной вспашке (ОВ) на 20–22 см и плоскорезной обработке (ПО) на 10–12 см. Количественный учет микроорганизмов проводили в свежих почвенных образцах методом посева на стандартные питательные среды (Теппер, 2005).

Агрометеорологические условия лет исследования были типичными для зоны по температурному режиму и количеству осадков. Недостаточное увлажнение пахотного слоя (W = 15–17%) отмечалось в июле, что влияло на метаболическую активность микробного пула серой лесной почвы, снижая численность основных физиологических групп микроорганизмов. В осенне-весенний период влажность слоя 0–20 была благоприятна для развития микрофлоры – на уровне 24–26%. Аналогичные закономерности гидродинамического режима серой лесной почвы наблюдались на фонах, расположенных как по вспашке, так и по плоскорезной обработке.

Характерной особенностью периода исследований было применение органических удобрений раз за ротацию шестипольного севооборота. Навоз в дозе 60 и 80 т/га вносился на интенсивном и высокоинтенсивном органо-минеральных фонах осенью 2012 г. под зяблевую обработку, после укоса вико-овсяной смеси. В предшествующие годы на четырех изучаемых фонах (1, 2, 3, 4 вариант) выращивался клевер. В 2011 году после его заделки в почву перед посевом озимой пшеницы вносили лишь азот в дозе N₃₀ на интенсивном минеральном и высокоинтенсивном минеральном фоне. На органо-минеральных фонах, согласно схеме опыта, возделывалась яровая пшеница и использовалось полное минеральное удобрение в дозах NPK-60 и NPK-90.

Таблица 1

Изучаемые варианты опыта

| Количество удобрений кг д.в. | Уровень интенсификации | | | | | |
|-----------------------------------|------------------------|--|---|---|--|--|
| | Нулевой | Интенсивный | Интенсивный минеральный | Высокоинтенсивный-минеральный | Интенсивный органо-минеральный | Высокоинтенсивный органо-мин. |
| за ротацию 6-польного севооборота | N 40 т/га | N ₁₀₀ P ₈₀ K ₁₆₀ + N 40 т/га | N ₃₅₀ P ₂₂₀ K ₃₉₀ | N ₄₈₀ P ₂₈₀ K ₅₇₅ | N ₃₁₀ P ₁₅₀ K ₃₁₀ + N 60 т/га | N ₄₃₀ P ₁₆₀ K ₃₆₀ + N 80 т/га |
| 2011 г. | – клевер 2-го года | клевер 2-го года | клевер 2-го года N ₃₀ (перед посевом озимой пшеницы) | клевер 2-го года N ₃₀ (перед посевом озимой пшеницы) | N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ яровая пшеница | N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀ яровая пшеница |
| 2012 г. | – ячмень | N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ яровая пшеница | N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀ озимая пшеница | N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ озимая пшеница | N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀ вико-овес, после укоса навоз 60 т/га | N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅ вико-овес, после укоса навоз 80 т/га |
| 2013 г. | – пар черный | N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀ вико – овес | N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀ картофель | N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ картофель | N ₆₀ озимая пшеница | N ₉₀ озимая пшеница |

Результаты исследований и их обсуждение

Анализ численности агрономически ценной микрофлоры, участвующей в трансформации азотных соединений почвы и органических остатков свидетельствует, что их количество в почве пашни в 2,5–3 раза выше, чем в почве залежи (табл. 2).

Существенных различий в численности аминокетотрофов и аминокетотрофов по фонам интенсификации и приемам основной обработки в вегетационный период 2011 года выявлено не было. Стабилизации пула изучаемых ФГМ способствовало возделывание многолетних трав.

Значительное увеличение суммы протеолитической и амилитической микрофлоры

(МПА+КАА) на изучаемых фонах наблюдается только после внесения навоза на органо-минеральных фонах (август 2012 г.). Численность микрофлоры, трансформирующей азотные соединения почвы в сентябре увеличилась в 3–4 раза по сравнению с их

численностью в июле и более чем в 2 раза по сравнению с другими вариантами опыта в этот период. Сумма гетеротрофной и автотрофной микрофлоры на органо-минеральных фонах составила соответственно 20,0 и 16,4 млн. КОЕ/1 г почвы (рис. 1).

Таблица 2

Численность микрофлоры, трансформирующей азот почвы, среднее за сезон 2011 г.

| Фон интенсификации | Доза удобрений, кгд.в./га | Культура | МПА + КАА, тыс. КОЕ/1г почвы | |
|--------------------------------------|---|------------------|------------------------------|------------------------|
| | | | Отвальная вспашка | Плоскорезная обработка |
| Нулевой | - | клевер 2-го года | 7493 | 5141 |
| Интенсивный | - | клевер 2-го года | 7788 | 4776 |
| Интенсивный минеральный | N ₃₀ | клевер 2-го года | 5515 | 4625 |
| Высокоинтенсивный минеральный | N ₃₀ | клевер 2-го года | 5098 | 7053 |
| Интенсивный органо-минеральный | N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ | яровая пшеница | 5328 | 7477 |
| Высокоинтенсивный органо-минеральный | N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀ | яровая пшеница | 6252 | 6181 |
| Залежь | - | - | 2234 | - |



Рис. 1. Влияние комплекса удобрений на динамику численности микрофлоры в агроценозах серой лесной почвы (2012 г.)

Под действием навоза на органо-минеральных фонах наблюдался рост, как аминогетеротрофных, так и аминокислототрофных микроорганизмов. Увеличение численности микрофлоры, иммобилизующей азот, свидетельствует о благоприятной перестройке микробиоценоза серой лесной почвы. Почвы, богатые этими микроорганизмами, пополняются и органическим азотом, ас-

симилированным в микробную плазму, что способствует увеличению общих ресурсов азота в почве.

Положительное влияние от применения навоза на развитие основных групп микроорганизмов азотного цикла сохраняется и в течение вегетационного периода 2013 году. На органо-минеральных фонах отмечен статистически достоверный рост

бактериального комплекса, трансформирующего азотные соединения почвы. Сумма бактерий растущих на МПА + КАА, более чем в 2 раза выше, чем на минеральных вариантах (рис. 2). Особенно положительная динамика отмечена на органо-минеральных фонах, расположенных по плоскорезной обработке. Численность микрофлоры находится в пределах 13,5–15,5 млн. КОЕ/1 г почвы. Различные дозы минеральных удобрений (2, 3, 4 вариант) существенно не изменили количественный состав этих ФГМ (4,2–6,6 млн. КОЕ/1 г почвы). На этих вариантах также наблюдается преимущество безотвальной обработки в распространении микрофлоры.

Активная работа микроорганизмов в почве под зерновыми культурами, по мнению

авторов, объясняется их биологическими особенностями и, в частности, развитой мочковатой корневой системой, снабженной огромным количеством корневых волосков. В процессе онтогенеза растения выделяют в почву через корни органические кислоты, сахара, витамины, аминокислоты, служащие питательным субстратом для почвенных микроорганизмов и, главным образом, для бактерий, перерабатывающих азотсодержащие соединения. Возделывание картофеля на интенсивном и высокоинтенсивном минеральном фоне в период вегетации 2013 г. сопровождалось уменьшением объема ризосферы, что могло вызвать снижение численности бактериально-го пула серой лесной почвы.



Рис. 2. Численность бактерий, трансформирующих азотные соединения почвы (среднее за сезон 2013 г.)

Логическим продолжением исследований биодинамики почвенной микрофлоры под влиянием различных уровней применения удобрений является наблюдение за способностью почвы накапливать минеральный азот. Наибольшая обеспеченность минеральными формами азота отмечалась в весенне-летний период 2013 г. на интенсивном и высокоинтенсивном органо-минеральном фоне по двум приемам основной обработки почвы. Обеспеченность минеральным азотом на этих вариантах варьировалась в пределах от 60 до 70 мг/1 кг почвы, что в 2–3 раза выше, чем на других вариантах опыта (рис. 3). Органо-минеральные удобрения способствовали максимальному накоплению доступного азота в почве, что коррелирует с наибольшей численностью бактериального комплекса на этих вариан-

тах. Сумма нитратного и аммиачного азота на фонах использования минеральных удобрений была на уровне контроля и определялась значениями 26–38 мг/1 кг почвы.

Показателем степени минерализации органического вещества в почве служит соотношение численности микроорганизмов, развивающихся на конечных стадиях минерализационного процесса к численности микроорганизмов, разрушающих свежие растительные и животные остатки. Об интенсивности процессов минерализации в первую очередь свидетельствует коэффициент минерализации и иммобилизации (Кмин.).

Изучаемые системы удобрений в опыте значительно видоизменили структуру микробного населения почвы по сравнению с залежью, усилив степень минерализации (табл. 3). В 2012 году значения

коэффициентов минерализации (Кмин.) на всех изучаемых вариантах были выше 1. Увеличению общей численности агроно-

мически ценной почвенной микрофлоры, оптимизации структуры микробного ценоза способствовало применение навоза.



Рис. 3. Влияние уровней интенсификации применения удобрений на накопление минерального азота в серой лесной почве

Таблица 3

Коэффициенты минерализации (КАА/МПА) на агрофонах серой лесной почвы

| Фон интенсификации | Отвальная вспашка | | Плоскорезная обработка | |
|--------------------------------------|-------------------|---------|------------------------|---------|
| | 2012 г. | 2013 г. | 2012 г. | 2013 г. |
| Нулевой | 1,41 | 1,45 | 1,22 | 1,08 |
| Интенсивный | 1,06 | 1,26 | 1,24 | 0,82 |
| Интенсивный минеральный | 1,32 | 1,56 | 1,68 | 1,15 |
| Высокоинтенсивный минеральный | 1,41 | 1,68 | 1,38 | 1,27 |
| Интенсивный органо-минеральный | 1,34 | 0,53 | 1,25 | 0,69 |
| Высокоинтенсивный органо-минеральный | 1,33 | 0,55 | 1,29 | 0,55 |
| Залежь | 0,43 | 0,61 | — | |

При этом возросло количество микрофлоры, утилизирующей свежие органические остатки, и понизилась доля микроорганизмов минерализующих органическое вещество самой почвы. Показатели интенсивности минерализации в сравнении с минеральными фонами уменьшились в 2,5–3 раза. На фонах с внесением 60 и 80 т/га навоза коэффициенты минерализации в среднем за сезон составили 0,55–0,69. Во все сроки отбора значения их были ≤ 1 , что характеризует низкую степень минерализации азота органического вещества почвы на этих вариантах. На фонах интенсивного и высокоинтенсивного использования ми-

неральных удобрений по отвальной вспашке средние значения возросли до 1,56 и 1,68. Особенно это проявилось в июле, когда коэффициенты минерализации были на уровне 2–3-х. Это свидетельствует о тенденции усиления активности почвенной микрофлоры, направленной на минерализацию соединений азота. В 2013 году этому способствовало не только ежегодное применение минеральных удобрений, но и возделывание на этих фонах картофеля. Выращивание пропашной культуры предусматривает дополнительные обработки почвы, что сопровождается усилением минерализационных процессов. Снижение активности

минерализации почвенного азота отмечено в сентябре. В этих условиях активнее развиваются микроорганизмы, использующие свежие органические остатки, поступающие в почву после уборки возделываемых культур и осенней зяблевой обработки.

На нулевых фонах, где не используются минеральные удобрения, наблюдается также перегруппировка ФГМ в сторону увеличения бактерий, использующих минеральные формы азота, что обусловило возрастание коэффициентов минерализации, особенно по вспашке. Это можно принять как свидетельство того, что не только минеральная система удобрений инициирует минерализационные процессы в серой лесной почве, а длительное возделывание сельскохозяйственных культур и без минеральных удобрений активизирует процессы минерализации органического азота почвы.

Заключение

Таким образом, в исследованиях на серой лесной почве Владимирского ополья установлено, что используемые системы удобрений значительно изменили численность и структуру микробного населения почвы в сторону увеличения ее биогенности по сравнению с залежными участками. Длительное применение минеральных удобрений и органо-минерального комплекса в изучаемых дозах увеличило численность агрономически ценной микрофлоры, трансформирующей азотные соединения почвы. Внесение навоза в дозе 60 и 80 т/га не только максимально увеличивало численность полезной почвенной микрофлоры, но и активизировало ее деятельность по накоплению минеральных форм азота в почве во все сроки исследования. Органо-минеральные фоны после внесения навоза, обусловили интенсивность минерализационных процессов на уровне природных биотопов – $K_{\text{мин}} = 0,53-0,69$. На интенсивных и высокоинтенсивных минеральных фонах активизируются процессы минерализации почвенного азота, особенно по отвальной вспашке.

Список литературы

1. Берестецкий О.А. Биологические основы плодородия почвы. – М.: Колос, 1984. – 287с.
2. Зинченко М.К. Оценка почвенно-биологического комплекса агроценозов Владимирского ополья / М.К. Зинченко, Л.Г. Стоянова, Л.М. Полянская, А.А. Корчагин // Методическое пособие. – Владимир, 2010. – 55с.
3. Зинченко С.И., Ильин Л.И., Безменко А.А. Агроэкологические особенности формирования объемной массы

серой лесной почвы в зависимости от уровня агрогенной нагрузки. Международная конференция: Тенденции развития агрофизически в условиях изменяющегося климата. Агрофизический НИИСХ, 20-21 сентября 2012г., Санкт-Петербург. – С. 265–269.

4. Лукьяненко П.П. Возделывание озимой пшеницы на Кубани. – Краснодар, 1957. – С. 30.
5. Минеев В.Г., Ремпе Е.Х. Агрохимия, биология и экология почвы. – М.: Росагропромиздат, 1990. – 201 с.
6. Мишустин Е.Н. Удобрения и почвенно-микробиологические процессы // Агрономическая микробиология. – Л., 1976. – С. 191–204.
7. Полянская Л.М., Звягинцев Д.Г. Содержание и структура микробной биомассы как показатель экологического состояния почв // Почвоведение. – 2005. – №6. – С. 706–714.
8. Свешникова А.А., Полянская Л.М., Лукин С.М. Влияние окультуривания и мезорельефа на структуру микробной биомассы дерново-подзолистой и серой лесной почвы // Микробиология. – 2001. – Т. 70, № 4. – С. 558–566.
9. Теппер Е.З., Шильникова В.К., Переверзева Г.И. Практикум по микробиологии. – М., 2004. – 238 с.

References

1. Berestetsky O.A. Biological bases of fertility of the soil. – M.: Ear, 1984. 287 p.
2. Zinchenko M.K. Ekologicheskoye of sostoyaniyeagrot-senoz of gray forest soils // Agrochemical messenger. 2009. no. 4. pp. 15–19.
3. Zinchenko S.I., Ilyin L.I., Bezmenko A.A. Agroecological features of formation of volume mass of the gray forest soil depending on the level of agrogene loading. International conference: Tendencies of development of an agrofizicheska in the conditions of the changing climate. Agrophysical NIISH, on September 20–21, 2012, St. Petersburg. pp. 265–269.
4. Lukyanenko P.P. Cultivation of winter wheat in Kuban. – Krasnodar, 1957. P. 30.
5. Mineev V.G., Rempe E.H. Agrokhiimiya, biology and ecology of the soil. – M.: Rosagropromizdat, 1990. 201 p.
6. Mishustin E.N. Fertilizers and soil and microbiological processes//Agronomical microbiology. – L., 1976. pp. 191–204.
7. Polyanskaya L.M., Zvyagintsev D.G. Contents and structure of microbic biomass as indicator of an ecological condition of soils//Soil science. 2005. no. 6. pp. 706–714.
8. Sveshnikova A.A., Polyanskaya L.M., Lukin M. Influence of an okulturivaniye and mesorelief on structure of microbic biomass of the cespitose and podsolic and gray forest soil// Microbiology. 2001. T. 70. No. 4. pp. 558–566.
9. Tepper E.Z., Shilnikovav K., Pereverzeva I. Workshop on microbiology. – M, 2004. 238 p.

Рецензенты:

Мищенко Н.В., д.б.н., профессор кафедры биологии и экологии Государственного ОУВПО «Владимирский ГУ им. Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», г. Владимир;

Мазиров М.А., д.б.н., профессор, заведующий кафедрой агрохимии и почвоведения Государственного ОУВПО «Владимирский ГУ им. Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», г. Владимир.

Работа поступила в редакцию 16.12.2014.