

Агрохимическое состояние и биологическая активность почвы в последствии длительного применения минеральных удобрений

Н.Н. Шаповалова, зав. лабораторией, Е.А. Менькина, к.с.-х.н., ФГБНУ Северо-Кавказский ФНАЦ

В России и за рубежом проведены многочисленные агрохимические исследования, в которых установлено положительное влияние умеренных доз минеральных удобрений на питательный режим почвы, её агрохимические свойства, урожай и качество продукции возделываемых культур, на биологическую активность, увеличение численности различных групп почвенных микроорганизмов. Меньше данных о последствии длительного применения различных доз минеральных удобрений на агрохимические показатели и активность отдельных эколого-трофических групп микроорганизмов.

Географическая сеть опытов позволяет оценивать результаты многолетнего воздействия различных систем удобрения на плодородие почв, изменение численности эколого-трофических групп микроорганизмов. Вынос питательных веществ из почвы превышает их возврат с вносимым объёмом минеральных и органических удобрений в 5 раз. Нарушение баланса питательных веществ в земледелии приводит к снижению плодородия почвы и урожайности сельскохозяйственных культур [1, 2]. Установлено, что при длительном систематическом применении фосфорсодержащих удобрений происходит повышение содержания всех форм фосфорных соединений в почве [3, 4]. Одни авторы указывают, что фосфор удобрений в силу

своей малоподвижности практически не теряется из почвы [5], другие говорят о кратковременном действии минеральных удобрений, поскольку внесённый фосфор быстро переходит в устойчивые малоподвижные соединения [6].

Целью нашего исследования являлось изучение агрохимических показателей и численности эколого-трофических групп микроорганизмов в последствии длительного применения минеральных удобрений.

Материал и методы исследования. Исследования проведены в длительном опыте № 077, заложенном Л.Н. Петровой на экспериментальном поле ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ» в зоне неустойчивого увлажнения Ставропольского края в 1975 г.

Постановка полевого опыта и обобщение результатов исследования выполнены в соответствии с методическими указаниями Б.А. Доспехова [7].

Почва опытного участка – чернозём обыкновенный мощный малогумусный тяжелосуглинистый. Агрохимические свойства почвы в слое 0–20 см при закладке опыта были следующие: содержание гумуса по Тюрину – 4,3%, подвижного фосфора по Мачигину – 10,4–15,7 мг/кг почвы, обменного калия в 1-процентной углеаммонийной вытяжке по Мачигину – 174–190 мг/кг, рН водной суспензии – 7,3, валового азота – 0,25%, валового фосфора – 0,12%, валового калия – 2,13%, общих карбонатов по Павлову – 1,17%. Годовое количество осадков находилось в пределах 550–570 мм, за вегетационный период выпадало 350–400 мм, ГТК – 0,9–1,1. Сумма эффективных температур составляла 3000–3200°C, продолжительность безморозного периода – 180 дней. Летний период достаточно жаркий, со среднемесячной температурой в июле 22–24°C, максимальная температура может достигать +40°C.

Исследования включали в себя полевой (стационарный), лабораторный и математико-

статистический методы. Стационарный метод предусматривал отбор почвенных образцов в трёхкратной повторности из слоя 0–20 см, в осенний период на паровом поле, перед посевом озимой пшеницы. В лабораторных условиях в отобранных образцах определяли: общий гумус по методу И.В. Тюрина [8], содержание нитратного азота колориметрическим методом дисульфифеноловой кислотой, содержание подвижного фосфора по Мачигину, содержание обменного калия по Мачигину в 1-процентной углеаммонийной вытяжке. Микроорганизмы, использующие органические формы азота, выявляли методом подсчёта колоний на плотной питательной среде на мясопептонном агаре (МПА); микроорганизмы (в том числе актиномицеты), способные использовать минеральные формы азота, изучали на среде Чапека по общепринятым методикам [9]. Экспериментальные данные были обработаны статистическими методами математического анализа [7].

Площадь опытной делянки составляет 75 м², уборочная площадь – 22 м². Повторность вариантов на каждом поле четырёхкратная.

Схема опыта включала следующие уровни минерального питания: контроль (без удобрений); N₃₀; N₉₀; N₁₅₀; N₃₀P₁₂₀K₁₂₀; N₉₀P₁₂₀K₁₂₀; N₁₅₀P₁₂₀K₁₂₀; P₃₀; P₉₀; P₁₅₀; N₁₂₀P₃₀K₁₂₀; N₁₂₀P₉₀K₁₂₀; N₁₂₀P₁₅₀K₁₂₀.

Последствие удобрений изучается с 2006 г.

Во время проведения исследования среднегодовая температура воздуха была близкой к средне-многолетнему значению – 9,6°C. Дефицит осадков (50% от нормы) отмечался при подготовке почвы к посеву и в период сева.

Результаты исследования. Особенности изменения плодородия почв под влиянием систематического применения удобрений в севооборотах, степень проявления нежелательных последствий интенсивной химизации земледелия могут быть изучены только в длительном опыте [10]. Важными показателями плодородия почвы являются содержание азота, подвижного фосфора и обменного калия.

1. Последствие длительного применения минеральных удобрений на агрохимические показатели почвы

Вариант минерального питания	Нитратный азот, мг/кг	Подвижный фосфор, мг/кг	Обменный калий, мг/кг	Гумус, %	рН среды
Контроль (без удобрений)	33,8	17	216	2,97	7,07
N ₃₀	33,0	20	212	3,22	6,86
N ₉₀	36,3	27	221	3,08	6,66
N ₁₅₀	43,9	24	212	3,06	6,61
N ₃₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	36,7	48	253	3,54	6,98
N ₉₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	31,3	46	254	3,37	6,80
N ₁₅₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	29,4	40	267	3,36	6,75
P ₃₀	34,5	26	203	3,09	7,04
P ₉₀	42,2	50	218	3,07	7,01
P ₁₅₀	38,5	60	219	2,92	7,00
N ₁₂₀ P ₃₀ K ₁₂₀	30,5	24	259	2,88	7,01
N ₁₂₀ P ₉₀ K ₁₂₀	27,3	37	249	2,80	6,82
N ₁₂₀ P ₁₅₀ K ₁₂₀	39,4	48	244	2,85	6,75
Коэффициент вариации	7,1	2,6	10,7	13,8	44,6

Показатели влияния длительного применения минеральных удобрений на агрохимические свойства почвы представлены в таблице 1.

По таблице 1 видно, что систематическое внесение возрастающих доз минеральных удобрений привело к увеличению содержания в почве NO_3 ; P_2O_5 ; K_2O , но одновременно при этом происходило незначительное увеличение кислотности (на 0,23 – на контрольном варианте и на 0,69 – на варианте с максимальной дозой азотного удобрения N_{150}) и уменьшение содержания гумуса на 18–35% по сравнению с исходными данными. Одна из причин отрицательного воздействия длительного систематического внесения минеральных удобрений – это повышение концентрации питательных веществ в почвенном растворе, влияющих на сосущую силу и регуляторную способность корней, а также на соединение в них аминокислот.

По обеспеченности нитратным азотом почвы характеризуются как среднеобеспеченные. Наиболее высокий этот показатель был на вариантах с внесением P_{90} и N_{150} и превышал контрольный вариант без внесения удобрений на 25 и 30% соответственно.

Фосфор, в отличие от азота и калия, в силу своей малоподвижности практически не теряется из почвы, накапливаясь в ней в больших количествах [11]. Было установлено, что при внесении только азотных удобрений содержание подвижного фосфора среднее и не превышает 27 мг/кг. Высокая обеспеченность фосфором отмечалась на вариантах комплексного внесения удобрений с повышенным содержанием этого элемента (P_{120}) и возростала по сравнению с контрольным вариантом в среднем в 2,5 раза. Самые высокие показатели были получены на вариантах с внесением высоких доз только фосфорных удобрений – превышает контрольный вариант на 38 мг/кг.

Калий – один из важнейших элементов в питании растений. Почвы характеризуются средней обеспеченностью калием. Внесение высоких доз калия K_{120} увеличивает его содержание в почве в среднем на 18%.

Гумус также относится к важнейшим органическим соединениям, встречающимся в почвенной среде. От него зависят пищевой и водный режим, физико-химические свойства почвы. Наши исследования показали (табл. 1), что содержание общего гумуса не превышало 3,54%. Причём на вариантах с высоким содержанием азотных и калийных удобрений произошло его снижение в среднем на 5% по сравнению с контрольным вариантом. По нашим данным видно, что влияние возрастающих доз полного минерального удобрения приводит к подкислению почв, особенно на вариантах с применением высоких доз азотных удобрений. При внесении N_{150} кислотность увеличивается на 7%.

Зачастую агрохимические свойства почвы изучают в отрыве от её биологической активности,

которая в основном определяется деятельностью микрофлоры почвы. С ней связаны процессы синтеза и распада гумуса, минерализация пожнивнокорневых остатков возделываемых культур, перевод труднодоступных для растений элементов питания в доступную форму, трансформация вносимых в почву минеральных, в первую очередь азотных удобрений [12]. Формирование и аккумуляция минеральных форм азота обуславливается рядом сложных процессов и потреблением его растениями [13]. Изучение численности отдельных групп микроорганизмов продемонстрировало низкие показатели их активности, что, по-видимому, связано с отсутствием осадков в осенний период отбора образцов (табл. 2). Самые низкие показатели были получены при изучении влияния последствия только азотных и только фосфорных удобрений на эколого-трофические группы микроорганизмов.

На вариантах, где вносились полные дозы удобрений с большим содержанием основных элементов минерального питания, наблюдалось увеличение численности изучаемых групп микроорганизмов в 16 раз. Максимальная численность микроорганизмов, использующих минеральные формы азота, была на варианте с максимальной дозой азотного удобрения N_{150} на фоне $\text{P}_{120}\text{K}_{120}$ и превысила его содержание на контрольном варианте в 20 раз. Также выявлена большая численность микроорганизмов, использующих минеральный азот, по сравнению с численностью микроорганизмов, использующих органический азот, что является показателем интенсификации мобилизационных процессов в данной почве [13, 14]. Проведённый корреляционный анализ между агрохимическими показателями и численностью данных групп микроорганизмов показал наличие положительной взаимосвязи. Тесная корреляция была установлена между численностью изучаемых групп микроорганизмов и содержанием обменного калия 0,83.

Выводы. Последствие систематического внесения возрастающих доз минеральных удобрений привело к значительному снижению гумуса по сравнению с показателями перед закладкой опыта. Внесение азотных удобрений совместно с высокими дозами $\text{P}_{120}\text{K}_{120}$, увеличивает содержание гумуса в среднем на 6%.

Варианты, на которых вносились высокие дозы азотных удобрений, превышали контрольный вариант в среднем на 11%. По обеспеченности этим элементом питания почвы являются среднеобеспеченными. Фосфорные удобрения в 2–3,5 раза повысили содержание P_2O_5 . При систематическом внесении калийных удобрений максимальные положительные изменения отмечены в содержании обменной формы почвенного калия. Содержание обменного калия в почве увеличивается в среднем на 17% на фоне контрольного варианта без внесения удобрений.

2. Численность эколого-трофических групп микроорганизмов, тыс. КОЕ в 1 г АСП

Вариант минерального питания	Микроорганизмы, использующие минеральные формы азота, (аминоавтотрофные микроорганизмы)	Микроорганизмы, использующие органические формы азота (аммонифицирующие микроорганизмы)
Контроль (без удобрений)	828	621
N ₃₀	957	600
N ₉₀	1237	660
N ₁₅₀	1205	1368
N ₃₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	6500	6900
N ₉₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	9523	9753
N ₁₅₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	17270	14228
P ₃₀	1350	1113
P ₉₀	1061	795
P ₁₅₀	1413	970
N ₁₂₀ P ₃₀ K ₁₂₀	6525	4158
N ₁₂₀ P ₉₀ K ₁₂₀	11702	9041
N ₁₂₀ P ₁₅₀ K ₁₂₀	14568	12977
Коэффициент вариации	0,98	0,95

Численность микроорганизмов, использующих органический и минеральный азот, низкая. Последствие отдельного внесения азота и фосфора незначительно повышает количество микроорганизмов, тогда как внесение комплексных минеральных удобрений значительно увеличивает активность эколого-трофических групп микроорганизмов – в среднем в 14 раз.

Литература

- Минеев В.Г. Актуальные проблемы агрохимии в современном земледелии // Состояние и перспективы агрохимических исследований в географической сети опытов с удобрениями. М., 2010. С. 7–10.
- Косолапова А.И. Эффективность длительного применения удобрений на дерново-подзолистых почвах Предуралья / А.И. Косолапова, Н.Е. Завьялова, Е.М. Митрофанова [и др.] // Агрохимия. 2018. № 2. С. 42–55.
- Хлыстовский А.Д. Плодородие почвы при длительном применении удобрений и известии. М.: Наука, 1992. 192 с.
- Никитишен В.И. Эколого-агрохимические основы сбалансированного применения удобрений в адаптивном земледелии. М.: Наука, 2003. 183 с.
- Никитишен В.И., Личко В.И. Эффективность прямого действия и последствие длительного применения удобрений на серой лесной почве // Агрохимия. 2011. № 1. С. 11–19.
- Гинзбург К.Е. Фосфор основных типов почв СССР. М.: Наука, 1981. 244 с.
- Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). Изд. 5-е доп. и перераб. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
- Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. М.: МГУ, 1970. 487 с.
- Методы почвенной микробиологии и биохимии / Под ред. Д.Г. Звягинцева. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1991. 304 с.
- Шустикова Е.П., Шаповалова Н.Н., Петров Н.Л. Эффективность минеральных удобрений в полевом севообороте в зависимости от доз и длительности применения: методич. рекомендации. Михайловск, 2005.
- Завьялова Н.Е., Сторожева А.Н. Влияние длительного применения минеральных удобрений на фосфатный режим дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почвы // Агрохимия. 2015. № 9. С. 33–40.
- Волосенкова И.А. Влияние длительного применения минеральных удобрений на продуктивность культур агроэкологическое состояние светло-серой лесной почвы: автореф. дисс. ... канд. с.-х. наук. Нижний Новгород, 2004. 12 с.
- Минеев В.Г., Ремпе Е.Х. Агрохимия, биология и экология почвы. М.: Росагропромиздат, 1990. 206 с.
- Науменко А.В. Свойства луговой чернозёмовидной почвы и продуктивность культур зерносоевого севооборотов в зависимости от известкования и длительного применения удобрений в условиях Приуралья: автореф. дисс. ... канд. с.-х. наук. Барнаул, 2011.