

БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ПОЧВЫ И УРОЖАЙНОСТЬ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ОРГАНИЧЕСКИХ И МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

В.Г. Сычев, акад. РАН, Г.Е. Мерзлая, д.с.-х.н., С.П. Волошин, ВНИИА, И.В. Понкратенкова, Смоленский НИИСХ

Рассмотрены на основании исследований в длительном полевом опыте на окультуренной дерново-подзолистой легкосуглинистой почве закономерности действия органических и минеральных удобрений на биологические свойства почвы и урожайность яровой пшеницы, возделываемой в севообороте.

Ключевые слова: органические и минеральные удобрения, почва, биологическая активность, урожайность.

В обеспечении продовольственной безопасности страны важное значение имеют устойчивое развитие земледелия, сохранение плодородия почв и повышение урожайности сельскохозяйственных культур. Одно из необходимых условий при этом - научно обоснованное применение органических и минеральных удобрений. Согласно работам отечественных ученых [1-5], наиболее эффективно их совместное внесение под сельскохозяйственные культуры. Однако многие вопросы, в том числе связанные с биологическими свойствами почв при различном уровне применения удобрений, мало изучены.

Цель исследований - установить при выращивании яровой пшеницы в полевом севообороте эффективные дозы и сочетания подстилочного навоза и минеральных удобрений. Это обеспечит повышение биологической активности почвы, сохранение биоразнообразия микробиоценоза и получение высокой урожайности зерна.

Методика. Исследования проводили на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве в длительном полевом опыте, который был заложен в 1978 г. в Смоленской области по сокращенной факториальной схеме, представляющей выборку 1/27 (6 x 6 x 6 x 6). Изучали четыре фактора: навоз крупного рогатого скота, азотные, фосфорные, калийные минеральные удобрения в шести дозах. Всего в опыте 48 вариантов. Закладку и проведение опыта осуществляли в соответствии с Программой и методикой исследований в Географической сети опытов по комплексному применению средств химизации в земледелии (1990).

Единичные дозы навоза в 1-й ротации севооборота под картофель и озимую пшеницу составляли 20 и 15 т/га соответственно, во 2-й и 3-й ротациях - 20 т/га под картофель и в 4-й ротации - 15 т/га под озимую рожь. Перед первой и второй ротациями севооборота осуществляли известкование почвы по полной гидролитической кислотности.

Исследования проводили в четвертой ротации севооборота (2002 - 2008 гг.) с чередованием культур: 1 - однолетние травы (овес на зеленый корм); 2 - озимая рожь; 3 - ячмень; 4 и 5 - многолетние травы 1- и 2-го годов пользования; 6 - яровая пшеница; 7 - овес.

Почва опытного участка дерново-подзолистая легкосуглинистая, подстилаемая карбонатной мореной, окультуренная. Перед закладкой опыта в 1978 г. в слое 0-20 см (в среднем по двум полям) почва имела следующие агрохимические показатели: pH_{KCl} 5,5, содержание органического углерода - 1,3%, подвижного фосфора (P_2O_5) (по Кирсанову) - 156, калия (K_2O) - 138 мг/кг почвы.

Повторность в опыте трехкратная. Площадь делянки - 112 м² (7 x 16 м), учетная площадь делянки - 48 м² (4 x 12 м).

Навоз в 4-й ротации вносили под озимую рожь. Он поступал с фермы крупного рогатого скота с небольшим количеством подстилки. Имел влажность 70% и содержал в среднем 0,46% общего азота, 0,08 аммонийного азота, 0,21 P_2O_5 и 0,66

% K_2O . Содержание органического вещества (на сухую массу) составляло 59%, отношение C : N равно 19. Валовое содержание тяжелых металлов (мг/кг сухой массы) было невысоким: Cd - 0,1, Cr - 1, Ni - 1, Cu - 0,6, Zn - 7.

С единичной ежегодной дозой навоза, равной в среднем за 30 лет 3,2 т/га, в почву вносилось в расчете на 1 га 580 кг органического вещества, 14,5 N, 6,6 P_2O_5 , 20,7 кг K_2O . За 4 ротации севооборота с единичной дозой органического удобрения 96 т/га в почву поступило 17,4 т/га органического вещества, 435 кг/га N, 198 P_2O_5 , 621 кг/га K_2O . Единичные дозы азота, фосфора и калия составляли по 25,5 кг д.в./га. За 30 лет опыта в почву поступило с минеральными удобрениями по 765 кг/га азота, фосфора (P_2O_5) и калия (K_2O).

Обработку опытных данных проводили по Перегудову (1987), дисперсионный анализ - по Доспехову (1965) с использованием компьютерной программы STRAZ.

Результаты и их обсуждение. В исследованиях, выполненных совместно с кафедрой агрохимии и биохимии растений МГУ имени М.В. Ломоносова [6], изучали биологическую активность почвы, которая является индикаторным показателем её экологического состояния. Установлено (рис. 1), что, по данным за 2010 г., общая численность микроорганизмов в почве на контроле составляла 46,8 кл/г·10⁶. Влияние навоза в тройной дозе повышало этот показатель до 66,4 кл/г·10⁶, в то время как при применении одних минеральных удобрений он был даже ниже контроля и составлял 38,1 кл/г·10⁶. В вариантах органоминеральных систем удобрения общая численность микроорганизмов колебалась от 43,6 до 82,5 кл/г·10⁶, причём с ростом доз удобрений, но только до 4-кратных, она возрастала.

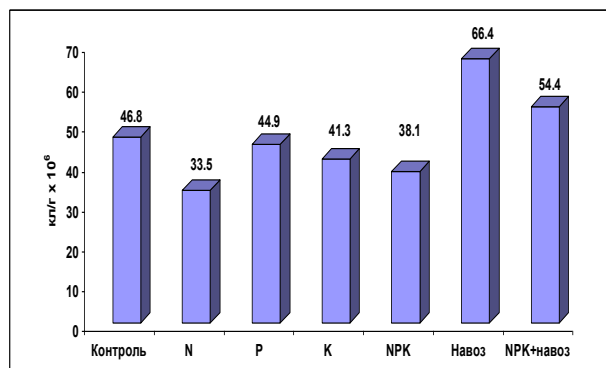


Рис. 1. Общая численность микроорганизмов в почве

Микробное разнообразие почвы во всех вариантах опыта характеризовалось высокими показателями (рис. 2). Индекс биоразнообразия при этом равен 4,6-5,0. Исключение составлял только вариант с внесением одного фосфорного удобрения, где индекс биоразнообразия снижался до 4,0, в основном за счёт анаэробных видов бактерий.

При изучении целлюлозоразлагающей активности почвы установлено, что на контроле без удобрений в 2010 г. за период экспозиции в течение 55 сут разложилось 3,74 г ткани, или 49,9%. Высоким этот показатель был в вариантах последовательного внесения калийных удобрений и пятикратных доз сочетания минеральных и органических удобрений, составивший, соответственно, 52,5 и 61,7%. При одностороннем применении

тройной дозы навоза разложение ткани находилось на уровне 4,37 г, или 58,3%. Меньшее влияние на целлюлозоразлагающую способность микроорганизмов оказывали в последствии азотные удобрения при одностороннем применении, а большее – калийные. Это, связано, очевидно, с увеличением запасов подвижного калия в почве и возможным поглощением его глинистыми минералами, улучшением калийного и в целом питательного режима почв, оптимизирующего в итоге условия деятельности микроорганизмов и способствующего повышению урожайности.

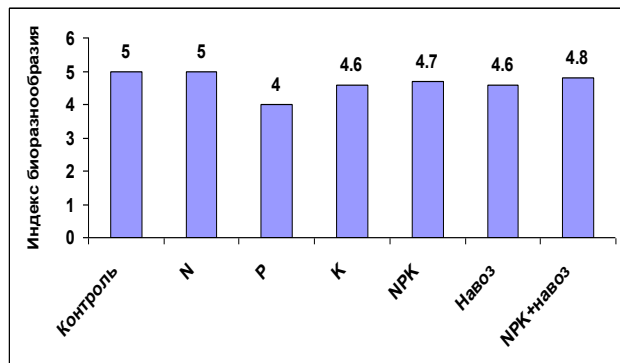


Рис. 2. Индекс биоразнообразия микробиоценоза почвы

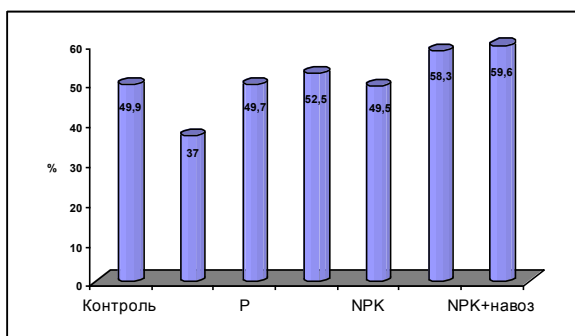


Рис. 3. Целлюлозоразрушающая способность микробных сообществ в почве

Важно отметить, что с ростом доз удобрений в органоминеральных вариантах наблюдалась тенденция к увеличению разложения ткани с 49,9 (на контроле) до 61,7 % при максимальных дозах навоза и минеральных удобрений.

При этом удобрения в соответствии со схемой опыта вносили в течение четырех ротаций севооборота, а в год исследований испытывали их последствие. Весной в качестве поддерживающего удобрения был внесен фон во всех вариантах минеральный азот в дозе 45 кг/га.

Целлюлозоразлагающая способность микробных сообществ в почве в условиях засушливого лета 2011 г. была значительно слабее, чем в 2010 г. Тем не менее и в данном случае установлено большее воздействие на этот показатель органической системы удобрения. Несмотря на последствие органических удобрений, разложение льняной ткани составило 16,9%, что на 5% выше контроля. В то же время в вариантах одностороннего внесения азотных, фосфорных и калийных минеральных удобрений, а также полного минерального удобрения разложение ткани было меньшим, чем на контроле. Более высокая целлюлозоразлагающая способность микроорганизмов, хотя и на уровне тенденции, отмечалась в органоминеральных вариантах с двойными, четырёх- и пятикратными дозами.

Сравнительное изучение урожайности зерна яровой пшеницы сорта МИС в различных вариантах удобрений выявило преимущество органоминеральной системы в дозах $N_{60}P_{60}K_{60}$ на фоне последствия 6,6 т/га подстильного навоза (табл.). Урожайность зерна при этом в среднем по двум полям за 2007-2008 гг. составила 33,4 ц/га, или была на 74% выше контроля при окупаемости 1 кг NPK 7,9 кг. Продуктивность звена севооборота многолетние травы – яровая пшеница находи-

лась на уровне 34,8 ц з.е/га, что на 45% выше контроля без внесения удобрений.

Органическая система удобрения с использованием подстильного навоза в дозе 9,9 т/га севооборотной площади в последствии обеспечивала урожайность зерна яровой пшеницы 30,2 ц/га, что на 57% превышало контроль. Она уступала по данному показателю органоминеральной системе с двойными дозами удобрений.

Влияние органических и минеральных удобрений на урожайность яровой пшеницы (в среднем за 2007-2008 гг.)

Вариант опыта	Урожайность, ц/га	Прибавка	
		ц/га	%
Контроль (без удобрений)	19,2	-	-
N_{90}	30,5	11,3	59
P_{90}	30,6	11,4	59
K_{90}	27,6	8,4	44
$P_{90}K_{90}$	31,5	12,3	64
$N_{90}K_{90}$	31,9	12,7	66
$N_{90}P_{90}$	31,8	12,6	66
$N_{90}P_{90}K_{90}$	34,5	15,3	79
Навоз, 9,9 т/га	30,2	11,0	57
K_{90} +навоз, 9,9 т/га	34,4	15,2	79
P_{90} +навоз, 9,9 т/га	31,3	12,1	63
$P_{90}K_{90}$ +навоз, 9,9 т/га	34,5	15,3	80
N_{90} +навоз, 9,9 т/га	41,2	22,0	114
$N_{90}K_{90}$ +навоз, 9,9 т/га	36,8	17,6	91
$N_{90}P_{90}$ +навоз, 9,9 т/га	38,6	19,4	101
$N_{90}P_{90}K_{90}$ +навоз, 9,9 т/га	35,3	16,1	84
$N_{30}P_{30}K_{30}$ +навоз, 3,3 т/га	28,5	9,3	48
$N_{30}P_{120}K_{30}$ +навоз, 3,3 т/га	28,4	9,2	48
$N_{30}P_{120}K_{30}$ +навоз, 3,3 т/га	34,0	14,8	77
$N_{30}P_{120}K_{120}$ +навоз, 3,3 т/га	35,2	16,0	83
$N_{120}P_{30}K_{30}$ +навоз, 3,3 т/га	38,1	18,9	98
$N_{120}P_{30}K_{120}$ +навоз, 3,3 т/га	29,4	10,2	53
$N_{120}P_{120}K_{30}$ +навоз, 3,3 т/га	31,1	11,9	62
$N_{120}P_{120}K_{120}$ +навоз, 3,3 т/га	38,2	19,0	99
$N_{30}P_{30}K_{30}$ +навоз, 13,2 т/га	32,6	13,4	70
$N_{30}P_{30}K_{120}$ +навоз, 13,2 т/га	29,3	10,1	52
$N_{30}P_{120}K_{30}$ +навоз, 13,2 т/га	30,6	11,4	59
$N_{30}P_{120}K_{120}$ +навоз, 13,2 т/га	33,2	14,0	73
$N_{120}P_{30}K_{30}$ +навоз, 13,2 т/га	34,0	14,8	77
$N_{120}P_{30}K_{120}$ +навоз, 13,2 т/га	31,5	12,3	64
$N_{120}P_{120}K_{30}$ +навоз, 13,2 т/га	30,1	10,9	57
$N_{120}P_{120}K_{120}$ +навоз, 13,2 т/га	32,3	13,1	68
$N_{60}P_{60}K_{60}$ +навоз, 6,6 т/га	33,4	14,2	74
$N_{60}P_{60}K_{150}$ +навоз, 6,6 т/га	33,1	13,9	72
$N_{60}P_{150}K_{60}$ +навоз, 6,6 т/га	34,0	14,8	77
$N_{60}P_{150}K_{150}$ +навоз, 6,6 т/га	34,5	15,3	80
$N_{150}P_{60}K_{60}$ +навоз, 6,6 т/га	34,4	15,2	79
$N_{150}P_{60}K_{150}$ +навоз, 6,6 т/га	36,6	17,4	91
$N_{150}P_{150}K_{60}$ +навоз, 6,6 т/га	32,1	12,9	67
$N_{150}P_{150}K_{150}$ +навоз, 6,6 т/га	38,1	18,9	98
$N_{60}P_{60}K_{50}$ +навоз, 16,5 т/га	29,9	10,7	55
$N_{60}P_{60}K_{150}$ +навоз, 16,5 т/га	35,1	15,9	83
$N_{60}P_{150}K_{60}$ +навоз, 16,5 т/га	37,8	18,6	97
$N_{60}P_{150}K_{150}$ +навоз, 16,5 т/га	34,1	14,9	77
$N_{150}P_{60}K_{60}$ +навоз, 16,5 т/га	34,4	15,2	79
$N_{150}P_{60}K_{150}$ +навоз, 16,5 т/га	29,6	10,4	54
$N_{150}P_{150}K_{60}$ +навоз, 16,5 т/га	37,7	18,5	96
$N_{150}P_{150}K_{150}$ +навоз, 16,5 т/га	39,6	20,4	106
HSP_{05}	5,7		

Минеральная система в дозах $N_{90}P_{90}K_{90}$ позволяла получать урожайность яровой пшеницы в среднем 34,5 ц/га, или на 80% выше контроля, однако с более низкой, чем при использовании органоминеральной системы в двукратных дозах, окупаемостью 1 кг питательных веществ вносимых удобрений зерном – 5,6 кг по сравнению с 7,9 кг.

Наибольшая урожайность яровой пшеницы – 41,2 ц/га была достигнута в варианте последствия 9,9 т/га навоза с

азотными минеральными удобрениями в дозе 90 кг/га N. Однако при этом по содержанию белка в зерне, равному 9,9 %, данный вариант значительно (на 2,1 %) уступал органоминеральному варианту с двойными дозами удобрений, т.е. N₆₀P₆₀K₆₀ на фоне 6,6 т/га навоза.

Таким образом, анализ данных стационарного полевого опыта показал, что на окультуренной дерново-подзолистой легкосуглинистой почве в условиях западной части Нечернозёмной зоны России применение органических и минеральных удобрений под яровую пшеницу при оптимизации доз и сочетаний является агрономически эффективным и экологически безопасным приемом, обеспечивающим рост урожайности зерна яровой пшеницы, повышение биологической активности почвы и сохранение микробного биоразнообразия.

Литература

1. Прянишников Д.Н. Избранные сочинения. Т.1. Агрохимия. - М.: Колос, 1965. - 767 с.
2. Бодрова Е.М., Озолина З.А. Совместное применение органических и минеральных удобрений. - М.: Россельхозиздат, 1965. - 140 с.
3. Влияние длительного применения удобрений на органическое вещество почв /Под ред. В.Г. Сычева, Л.К. Шевцовой. - М.: ВНИИА, 2010. - 352 с.
4. Минеев В.Г., Дебрецени Б., Мазур Т. Биологическое земледелие и минеральные удобрения. - М.: Колос, 1993. - 415 с.
5. Паников В.Д., Кореньков Д.А., Ладонин В.Ф., Мамченков И.П. и др. Органические удобрения. - М.: ВАСХНИЛ, ВИУА, 1972. - 352 с.
6. Мерзлая Г.Е., Верховцева Н.В., Селиверстова О.М., Макишкова О.В., Волошин С.П. Взаимосвязь микробиологических и агрохимических показателей дерново-подзолистой почвы при длительном применении удобрений // Проблемы агрохимии и экологии. - 2012. - № 2. - С. 18-25.

BIOLOGICAL ACTIVITY OF SOIL AND THE YIELD OF SPRING WHEAT AT THE USE OF ORGANIC AND MINERAL FERTILIZERS

V.G. Sychev¹, G.E. Merzlaya¹, S.P. Voloshin¹, I.V. Ponkratenkova²

¹*Pryanishnikov All-Russian Scientific Research Institute of Agrochemistry, Russian Academy of Sciences, ul. Pryanishnikova 31a, Moscow, 127550 Russia,* ²*Smolensk Research Institute of Agriculture, ul. Nakhimova 21, Smolensk, 214025 Russia*

The effect of the long-term application of fertilizers on the parameters of soil biological activity and the yield of spring wheat was studied.

Keywords: organic and mineral fertilizers, soil, biological activity, crop yield