

ФОСФАТНЫЙ РЕЖИМ СЕРОЙ ЛЕСНОЙ ПОЧВЫ В СЕВООБОРОТАХ С ЛЮПИНОМ

Г.Л. Яговенко, к.б.н., e-mail: yagovenko@bk.ru

Комитет по сельскому хозяйству и продовольствию Брянской области

В стационарном полевом опыте изучено влияние сидерата люпина и его пожнивно-корневых остатков на запасы и трансформацию фосфорных соединений, а также продуктивность севооборотов на серой лесной почве.

Ключевые слова: доступность фосфора, трансформация, серые лесные почвы, севооборот, люпин, корневая система.

PHOSPHATIC CONDITIONS OF GREY FOREST SOIL IN CROP ROTATION WITH LUPINE

G.L. Yagovenko

There has been studied the effect of green manure of lupine and its root-crop residues on stocks and transformation of phosphorus compounds, as well as the productivity of crop rotations on grey forest soil in the stationary field experiment.

Keywords: availability of phosphorous, transformation, grey forest soils, crop rotation, lupine, root system

Проблема оптимизации фосфатного питания растений, несмотря на некоторое улучшение обеспеченности почв фосфором под влиянием интенсивной химизации в 70-80-х годах XX века, продолжает оставаться одной из основных задач земледелия. В настоящее время уровень внесения фосфорных удобрений крайне низок в ЦФО не превышает 5 кг P₂O₅ на 1 га [1].

Превышение выноса фосфора над поступлением и его дефицитный баланс приводит к снижению содержания подвижного фосфора в пахотных землях. Между тем, напряженность в восполнении дефицита фосфора существенно может быть ослаблена с помощью культур, способных к биологической мобилизации фосфатов почвы, как люпин.

Общезвестны данные, полученные академиком Д.Н. Прянишниковым, характеризующие доступность труднорастворимых фосфатов для люпина. Позднее в ряде исследований было подтверждено, что люпин может удовлетворять свою потребность в фосфоре благодаря растворяющей способности корневой системы. При этом он не только улучшает собственное питание, но и обогащает пахотный слой доступными для других культур соединениями фосфора [2, 3]. Однако исследований по установлению этого факта в длительных опытах и севооборотах с различным долевым участием люпина немного.

Цель работы – изучить влияние севооборота, способа использования люпина и фона удобрений на фосфатный режим и продуктивность севооборотов.

Исследования выполнены в стационарном полевом двухфакторном опыте (А – севооборот; Б – фон удобрения) на серой лесной легкосуглинистой почве. Опыт развернут в трех полях, которые открывали последовательно, начиная с 1988 г. Пахотный слой почвы до закладки опыта содержал 2,86% гумуса, 310 мг/кг P₂O₅ и 172 мг/кг K₂O, рН_{KCl} 5,9. Севообороты отличались долей люпина от 20 до 100%, способом его использования (семена, зеленая масса на корм и запарку) и имели сходную систему удобрения под отдельные культуры. Под озимую пшеницу и ячмень вносили N₉₀P₆₀K₉₀, под яровую пшеницу – N₆₀P₆₀K₉₀, под овес – N₆₀P₆₀K₆₀, люпин не удобряли.

Фосфатный режим почвы изучали в образцах, отобранных до закладки опыта и после окончания 14-

летнего цикла из слоя 0-20 см в севооборотах с 50 и 20% люпина (1 поле люпина на семена), 28% (2 поля люпина на семена и зеленую массу на корм) и 40% (2 поля люпина на семена и сидерацию).

Валовой фосфор определяли по методу Гинзбург, групповой состав – по Мета (вариант Гинзбург), фракционный состав фосфатов – по Гинзбург-Лебедевой, степень подвижности фосфатов – в 0,01 М CaCl₂, подвижный фосфор – по Кирсанову (ГОСТ 26207-91) с последующим окрашиванием по методу Труога-Майера.

По данным таблицы 1, в севооборотах с меньшей долей люпина и большим разнообразием культур (20-28%) продуктивность в контроле (по сравнению с бессменным посевом) увеличилась в 1,9 раза, в двупольном (50%) – в 1,3 раза, на фоне НРК соответственно в 2 и 1,4 раза. Оптимальным по продуктивности был фон РК, так как на фоне НРК от полегания ячменя и овса отмечали снижение урожая и, вследствие падения урожайности семян люпина, на фонах с азотом под предшественник. Полученные прибавки на фоне РК достоверны. Продуктивность севооборота с сидеральным паром (40%) ниже на 17,7-20,3%, чем в аналогичном пятипольном без пара. Это объясняется наличием поля, в котором выращивали не товарную продукцию, а зеленое удобрение для запарки.

Вынос фосфора с урожаями не компенсировался поступлением его с удобрениями. Интенсивность баланса не была оптимальной и на лучших вариантах составила 86-91%. Наиболее высокий (от 22 до 38 кг/га ежегодно) дефицит фосфора наблюдался в контроле.

Результаты хозяйственного баланса фосфора и продуктивность севооборотов согласуются с динамикой содержания подвижного фосфора и степенью его подвижности. Применение удобрений в дозах, не обеспечивающих потребности растений, обусловило расход легкодоступных соединений фосфора почвы. Так, по сравнению с исходным, содержание подвижного P₂O₅ в контроле уменьшилось по севооборотам на 4,6-7,2 мг, на фоне РК – на 3,7-6,3 мг и на фоне НРК – на 3,3-7,4 мг/100 г почвы. По обеспеченности подвижным фосфором почва перешла из VI в V группу. Одновременно снижалась и концентрация фосфора в 0,01 М вытяжке CaCl₂. При этом

1. Содержание подвижных фосфатов и баланс фосфора в севооборотах

Доля люпина в структуре севооборота, %	Фон удобрения	В среднем за 1988-2003 гг.			Подвижный P_2O_5 в 0,2 НСl, мг/100 г	Степень подвижности фосфатов в 0,01 М $CaCl_2$, мг/л
		продуктивность севооборота, ц зерн.ед/га	баланс P_2O_5 , кг/га	интенсивность баланса, %		
До закладки опыта		-	-	-	31,0	0,148
50	Б/у	29,8	-31,0	-	26,4	0,090
	РК	31,6	-5,0	86,0	26,1	0,096
	НРК	31,9	-6,0	84,0	23,6	0,096
20	ББу	41,8	-37,0	-	25,8	0,101
	РК	45,3	-8,0	82,0	25,7	0,103
	НРК	44,3	-7,0	84,0	27,0	0,113
28	Б/у	42,3	-38,0	-	25,7	0,111
	РК	46,1	-7,0	84,0	27,3	0,129
	НРК	44,9	-7,0	84,0	27,7	0,136
40	Б/у	34,4	-22,0	-	23,8	0,102
	РК	32,4	-9,0	83,0	24,7	0,107
	НРК	35,3	-3,0	91,0	26,9	0,124
Бессменный люпин		22,4	-20,0	33,0	24,9	0,089
НСР ₀₅		2,6	-	-	4,9	0,05

2. Изменение группового состава фосфатов в севооборотах в слое почвы 0-20 см

Доля люпина в структуре севооборота, %	Фон удобрения	P_2O_5 валовой, %	P_2O_5 , мг/100 г почвы			P_2O_5 , % к валовому		P_2O_5 в гумусе, %
			минеральный	органический	сумма	минеральный	органический	
До закладки опыта		0,130	73,7	48,8	122,5	56,7	37,5	2,95
50	Б/у	0,129	69,0	51,0	120,0	53,5	39,5	3,17
	НРК	0,132	72,9	52,1	125,0	55,2	39,5	3,17
20	Б/у	0,126	68,8	50,4	119,2	54,6	40,0	3,07
	НРК	0,134	76,4	50,4	126,8	57,0	37,6	3,02
28	Б/у	0,129	69,8	50,6	120,4	54,1	39,2	3,05
	НРК	0,138	77,0	51,4	128,4	55,8	37,2	3,02
40	Б/у	0,130	73,2	49,9	123,1	56,3	38,4	2,88
	НРК	0,142	82,3	52,9	135,2	58,0	37,2	2,99
НСР ₀₅		$F_\phi < F_m$	7,1	$F_\phi < F_m$	8,0	-	-	-

достоверное уменьшение активности P_2O_5 наблюдается в почве севооборота с 50% люпина, в остальных отмечается лишь тенденция. Однако, благодаря наличию в севооборотах люпина, процесс снижения доступных фосфатов в пахотном слое существенно замедлялся. Так, при ежегодном дефиците в контроле в размере 22-38 кг/га содержание фосфора уменьшилось за 14 лет на 4,6-5,3 мг/100 г P_2O_5 , что составило 0,36 мг/100 г ежегодно.

Таким образом, несмотря на отрицательный баланс фосфора и снижение уровня обеспеченности почвы подвижными фосфатами, продуктивность севооборотов в среднем за 14 лет опыта оставалась достаточно высокой. По-видимому, участие в питании растений биологического азота люпина, особенно на фонах без внесения азота минерального (последствие азота биологического в наших исследованиях прослеживалось в течение 2-3 лет), стимулирует рост и развитие растений и способствует мобилизации фосфатов самой почвы.

Содержание валового фосфора в почве севооборотов поддерживалось примерно на одном уровне (табл. 2). За 14 лет почвенные фосфаты не претерпели заметного перераспределения и по группам. В то же время групповой состав фосфатов в зависимости от фона удобрения и доли люпина в севообороте различался. До начала опыта в составе валового фосфора содержалось 57% минеральных и 37,5% органических фосфатов. Через 14 лет в кон-

трольных вариантах севооборотов количество $P_{мин.}$ уменьшилось на 3,9-5,7 мг, $P_{орг.}$ увеличилось на 1,1-4,1 мг/100 г почвы. На фонах НРК группа минеральных фосфатов увеличилась в тех севооборотах, где интенсивность баланса приближалась к 100%. В севообороте с 50% люпина при интенсивности баланса 85% минеральные фосфаты остались на исходном уровне. В то же время в севообороте с люпином на сидерацию (40%) произошло достоверное увеличение группы $P_{мин.}$ на фоне НРК с 73,7 до 82,3 мг/100 г почвы. Группа органических фосфатов имела тенденцию к росту на всех вариантах в абсолютных величинах (на 1,1-4,1 мг/100 г) и в относительном выражении (с 37,5 до 40%).

Из литературы [4, 5] известно, что длительное использование пашни без применения удобрений вызывает заметное уменьшение органического фосфора в пахотном слое, а остаточный фосфор удобрений накапливается преимущественно в форме минеральных соединений. В то же время ряд авторов [6, 7] считают, что накопление органических фосфатов в почве имеет биогенную природу и может отмечаться при внесении как минеральных, так и органических удобрений. По-видимому, тенденция к увеличению органического фосфора связана с ролью люпина в севооборотах как культуры с большой массой корневых остатков, обогащенных фосфором.

3. Фракционный состав минеральных фосфатов серой лесной почвы в севооборотах с люпином (слой 0-20 см)

Доля люпина в структуре севооборота, %	Фон удобрения	P ₂ O ₅ мг/100 г почвы						Ca-P _{1,2,3} Al-P + Fe-P
		Ca-P ₁	Ca-P ₂	Al-P	Fe-P	Ca-P ₃	сумма	
До закладки опыта		5,0	9,7	11,0	14,1	19,5	59,3	1,36
50	Б/у	4,5	8,2	11,6	13,0	22,3	59,6	1,42
	PK	4,8	8,0	11,0	12,3	21,8	57,9	1,48
	NPK	4,6	7,0	10,5	13,2	22,4	57,7	1,43
20	Б/у	4,7	9,0	11,0	13,2	21,0	58,9	1,43
	PK	5,0	8,6	11,5	13,0	21,7	59,8	1,44
	NPK	4,3	8,8	10,6	13,6	22,0	59,3	1,45
28	Б/у	4,7	9,8	11,6	13,6	22,3	62,0	1,46
	PK	4,3	8,9	12,0	13,1	21,6	59,9	1,39
	NPK	5,1	9,4	12,4	13,0	22,5	62,4	1,46
40	Б/у	4,0	8,1	10,5	13,2	23,2	59,0	1,49
	PK	4,2	8,8	11,3	13,2	22,6	60,1	1,45
	NPK	4,3	8,6	10,9	14,0	25,0	62,8	1,52
HCP ₀₅		0,6	1,5	1,5	1,6	1,8	3,6	-

Перестройка фосфатного фонда почвы очевидна при анализе фракционного состава минеральных фосфатов. В серой лесной почве преобладают фосфаты кальция (табл. 3). Их содержание в пахотном слое до начала опыта достигает 58% от суммы всех извлекаемых фосфатов. Однако фракция Ca-P₁, наиболее доступная растениям, составляет лишь 17% от суммы Ca-P. Среди фосфатов полуторных оксидов преобладают фосфаты железа.

Использование растениями фосфора из почвы контрольных и удобренных делянок шло преимущественно за счет фракций фосфатов Ca + Mg первой и второй группы, принимающих непосредственное участие в питании растений. Их относительное содержание снизилось с 24,7 до 20,5-21,2% (севообороты с 40-50% люпина) и до 22,7% в севооборотах с 20-28% люпина. Количество железо- и алюмофосфатов по вариантам опыта изменилось незначительно. При этом содержание Al-P относительно повышалось, а Fe-P снижалось.

В пахотных землях при недостаточном внесении фосфорных удобрений, как правило, происходит мобилизация высокоосновных фосфатов кальция.

Однако содержание Ca-P₃ в опыте заметно увеличилось – на 1,5-5,5 мг/100 г почвы, или от 33 до 40%. Более высокие показатели прироста отмечаются в севооборотах с большим (40-50%) удельным весом люпина в структуре. Тенденция к накоплению труднодоступных фосфатов Ca заметна в изменении соотношения между группами фосфатов Ca-P и Al-P + Fe-P (табл. 3). Установленный факт увеличения фракции Ca-P₃ в пахотном слое севооборотов с люпином предположительно связан с фосфатмобилизующей деятельностью корневой системы люпина.

Таким образом, внесение фосфорных удобрений в дозах, не покрывающих вынос, в севооборотах с запаркой биомассы люпина и его пожнивно-корневых остатков позволяет предотвратить быстрое ухудшение фосфатного режима серой лесной почвы за счет позитивных трансформационных изменений в групповом и фракционном составе почвенных фосфатов, биологическим агентом которых выступает корневая система люпина.

Литература

1. Шафран С.А. Прогноз содержания фосфора и калия в почвах Центрального района Нечерноземной зоны // Агрохимия. – 2006, № 9. – С. 5-12.
2. Франковский Е.С. Люпин на зеленое удобрение. – М.: Огиз – Сельхозгиз, 1948. – 72 с.
3. Асаров Х.К. О доступности фосфора труднорастворимых фосфатов некоторым бобовым растениям // Изв. ТСХА, 1981. – Вып. 1. – С. 17-18.
4. Городецкая С.П. Длительное воздействие растений и удобрений на фосфатный режим серой лесной оподзоленной почвы // Агрохимия. – 1976, № 12. – С. 29-36.
5. Гинзбург К.Е. Фосфор основных типов почв СССР. – М.: Наука, 1981. – 244 с.
6. Носко Б.С. Регулирование фосфатного режима основных типов почв УССР // Агрохимия. – 1981, № 10. – С. 32-40.
7. Хмелинин И.Н. Фосфор в подзолистых почвах и процессы трансформации его соединений. – Л.: Изд-во Наука, 1984. – 151 с.