

УДК 631.445.4: 631.874 (571.14)

**ПИТАТЕЛЬНЫЙ РЕЖИМ ЧЕРНОЗЁМОВ ВЫЩЕЛОЧЕННЫХ
НОВОСИБИРСКОГО ПРИОБЬЯ ПРИ СИДЕРАЦИИ**

Л. П. Галеева, доктор сельскохозяйственных наук
Новосибирский государственный аграрный университет
E-mail: liub.galeeva @yandex.ru

Ключевые слова: питательный режим, сидераты, сидеральный пар, горохоовсяная смесь, фацелия, смесь рапс+горчица, элементы питания, баланс, нитратный азот, легкодоступный и подвижный фосфор, доля легкодоступного фосфора, фракционный состав фосфатов, обменный калий, севооборот, урожайность

Реферат. В условиях полевого опыта установлено, что фацелия больше других сидеральных культур накапливала в зелёной массе азота, калия и кальция. С зелёной массой сидератов в пахотный слой поступало 70–80 кг/га азота, баланс которого в 5–7 раз превышал таковой в чистом пару. Сидераты накапливали всего 12–15 кг/га фосфора, создавая его дефицит в почве в количестве 50–80 кг/га. С сидератами в почву поступало 60–140 кг/га калия, но его положительный баланс обеспечивал только сидеральный пар с фацелией. Наибольшее количество легкодоступного фосфора (I) содержалось в сидеральном пару с горохоовсяной смесью, а подвижного фосфора (Q) – в чистом пару и сидеральном со смесью рапса и горчицы. Доля легкодоступного фосфора в сидеральных парах низкая, поэтому при возделывании на них зерновых культур необходимо вносить фосфорные удобрения. В сидеральных парах с фацелией и смесью рапса и горчицы повышалась подвижность фосфатов Ca-P₃ и увеличивалось количество фосфатов активных фракций. Содержание обменного калия в сидеральных парах такое же высокое, как в чистом пару. Наибольшая прибавка урожайности яровой пшеницы и овса получена при возделывании их по сидеральному пару с фацелией – 31 и 13% соответственно, или в среднем 25% за ротацию севооборота.

Применение органических и минеральных удобрений в земледелии России и Западной Сибири за последние годы резко сократилось [1]. В Новосибирской области, по данным на 2009 г., на каждый гектар посевной площади было внесено с минеральными удобрениями N – 3,3; P₂O₅ – 0,58; K₂O – 0,10 кг д.в., с органическими – 0,30; 0,13 и 0,27 кг соответственно, а дефицит элементов питания в почве при этом составил: N – 48,7; P₂O₅ – 16,9; K₂O – 39,3 кг д.в./га [2].

В условиях экономической неустойчивости развития сельскохозяйственного производства для получения высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур и сохранения имеющегося уровня плодородия почв необходимо проводить мероприятия, требующие минимальных затрат. Одним из них в северной лесостепи является использование сидеральных паров [3, 4].

Различают два способа использования зелёного удобрения: полное – запахивание всей зелёной массы и корней в почву; отавное – основной

урожаи зелёной массы используют на корм, а корневые остатки и отросшую отаву используют как удобрение, запахивая в почву.

Установлено, что запашка 12 т/га фитомассы донникового пара и 8 т/га пожнивно-корневых остатков люцерны в чернозёмы Средней Сибири приводит к положительному балансу углерода и азота в агроэкосистемах [5].

Зелёная масса сидератов, запаханная в почву, приводит к улучшению её агрохимических, водно-физических и биологических свойств [6]. Например, каждые 100 ц зелёной массы люпина увеличивают запасы азота в почве на 45, фосфора – на 10 и калия – на 17 кг. Кроме того, азот зелёных удобрений почти в 2 раза доступнее для растений, чем азот навоза [7].

Цель данного исследования – изучить влияние сидерации чернозёмов выщелоченных Новосибирского Приобья на их питательный режим и урожайность культур севооборота.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Влияние чистого и сидеральных паров на питательный режим чернозёма выщелоченного и урожайность культур севооборота изучали в полевом опыте (2008–2011 гг.) на учебно-опытном поле НГАУ учхоза «Тулинское» (северная лесостепь Новосибирского Приобья). В качестве сидеральных культур выращивали горохоовсяную смесь, фацелию и смесь рапса и горчицы, зелёную массу которых в фазу цветения растений измельчали и заделывали в почву культиватором на глубину 25 см (2008 г.).

Почва опытного поля – чернозём выщелоченный среднемощный среднесуглинистый, который более 50 лет используется в пашне зернопропашного севооборота. Варианты опыта: 1. Пар чистый. 2. Пар сидеральный (горох+овёс). 3. Пар сидеральный (фацелия). 4. Пар сидеральный (рапс+горчица). Повторность опыта – четырёхкратная; учётная площадь делянки 40 м² (4х10). Нормы высева смеси гороха с овсом – в соотношении 1:2,5, или 32 и 82 кг/га соответственно; фацелии – 20, рапса – 13 и горчицы – 15 кг/га. Почвенные образцы отбирали до глубины 100 см по слоям через 20 см весной – перед посевом сидеральных культур, летом – перед их заделкой в почву, осенью – через 1,5 месяца после заделки в почву (осень 2008 г.) и весной следующего года. Весной 2009 г. по всем видам пара был развёрнут севооборот: пар – пшеница – пшеница – овёс (2009–2011 гг.). Отбор почвенных образцов проводили ежегодно весной – до посева зерновых и осенью – после их уборки.

Содержание валовых азота, фосфора, калия, кальция и магния в зелёной массе сидератов определяли по Пиневиц [8]; количество нитратного азота в почве – по Грандваль-Ляжу [9], легкодоступного фосфора (степень подвижности I) – по Карпинскому, Замятиной [10], подвижного фосфора (фосфатная ёмкость Q) – по Чирикову [9]; фракционный состав минеральных фосфатов – по Гинзбург, Лебедевой [11]. Статистическая обработка данных выполнена дисперсионным анализом с помощью пакета программ «Снедекор» [12].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Урожайность сидеральных культур, учтённая в фазу их цветения, составила 140–156 ц/га и не имела достоверных различий (НСР₀₅ 22 ц/га).

Анализ содержания элементов питания в зелёной массе сидеральных культур показал, что фацелия больше других культур поглощала из почвы калия, азота и кальция – 142; 78 и 10 кг/га соответственно. При этом калия фацелия потребляла в 1,6–2,5 раза больше по сравнению с другими сидеральными культурами. Горохоовсяная смесь, благодаря симбиотической фиксации азота горохом, накапливала в зелёной массе 71 кг/га азота, который стимулировал поглощение ею фосфора и магния из почвы. Смесь рапса и горчицы меньше других сидеральных культур потребляла все перечисленные элементы питания.

С зелёной массой сидеральных культур в пахотный слой почвы поступало 70–80 кг/га азота, баланс которого в сидеральных парах в 5–7 раз превышал таковой в чистом пару (табл. 1). Накопление фосфора зелёной массой сидератов составило всего 12–15 кг/га, поэтому его баланс во всех сидеральных парах был отрицательным, а дефицит в почве составил 50–80 кг. Больше всего зелёная масса сидератов, и особенно фацелии, накапливала калия – 60–140 кг/га. Поэтому только в сидеральном пару с фацелией создавался положительный баланс калия.

Интенсивность процессов минерализации и гумификации в почве определяет устойчивость её плодородия. Отношение C:N в пахотном слое чернозёма выщелоченного учхоза составляло 15 и свидетельствовало о прочной связи органического вещества с азотом. В нижележащих слоях из-за уменьшения гумуса это отношение снижалось.

Исходная обеспеченность чернозёма выщелоченного нитратным азотом – средняя (рис. 1). При запашке и разложении сидератов (весна 2009 г.) содержание нитратного азота в слое 0–20 и 0–40 см уменьшалось в ряду: пар чистый > пар сидеральный (рапс+горчица) = пар сидеральный (горох+овёс) > пар сидеральный (фацелия). Высокая обеспеченность почвы нитратным азотом отмечена в чистом пару и сидеральном со смесью рапса и горчицы и средняя – в остальных. Наибольшие запасы нитратного азота в слое 0–40 см чернозёма выщелоченного накапливались в чистом пару и сидеральном пару со смесью рапса и горчицы – 38 и 34 кг/га, а в метровой толще – в сидеральном пару с горохоовсяной смесью и фацелией – 55 и 48 кг/га.

Следовательно, на чернозёмах выщелоченных в качестве сидератов, улучшающих азотное питание сельскохозяйственных культур, в первую очередь можно использовать горохоовсяную смесь и смесь рапса и горчицы, но во втором слу-

Таблица 1

Баланс элементов питания в чернозёме выщелоченном при сидерации, кг/га

Вариант	Вынос	Урожайность, ц/га	Внесено в почву с сидератами	Содержание в почве		Баланс (±)
				исходное	после заправки сидератов	
<i>Азот</i>						
Пар чистый	-	-	-	12,6	22,6	+10,0
Горох + овёс	0,45	156,0	71	2,8	17,8	+56,0
Фацелия	0,55	140,2	78	3,2	13,8	+67,4
Рапс + горчица	0,44	146,5	65	3,0	18,4	+49,6
<i>Фосфор</i>						
Пар чистый	-	-	-	186	302	+116
Горох + овёс	0,09	156,0	15	181	242	- 46
Фацелия	0,09	140,2	12	158	233	- 63
Рапс + горчица	0,08	146,5	12	189	278	-77
<i>Калий</i>						
Пар чистый	-	-	-	271	307	+36
Горох + овёс	0,57	156,0	89	190	313	-34
Фацелия	1,01	140,2	142	243	301	+84
Рапс + горчица	0,39	146,5	57	190	331	-84

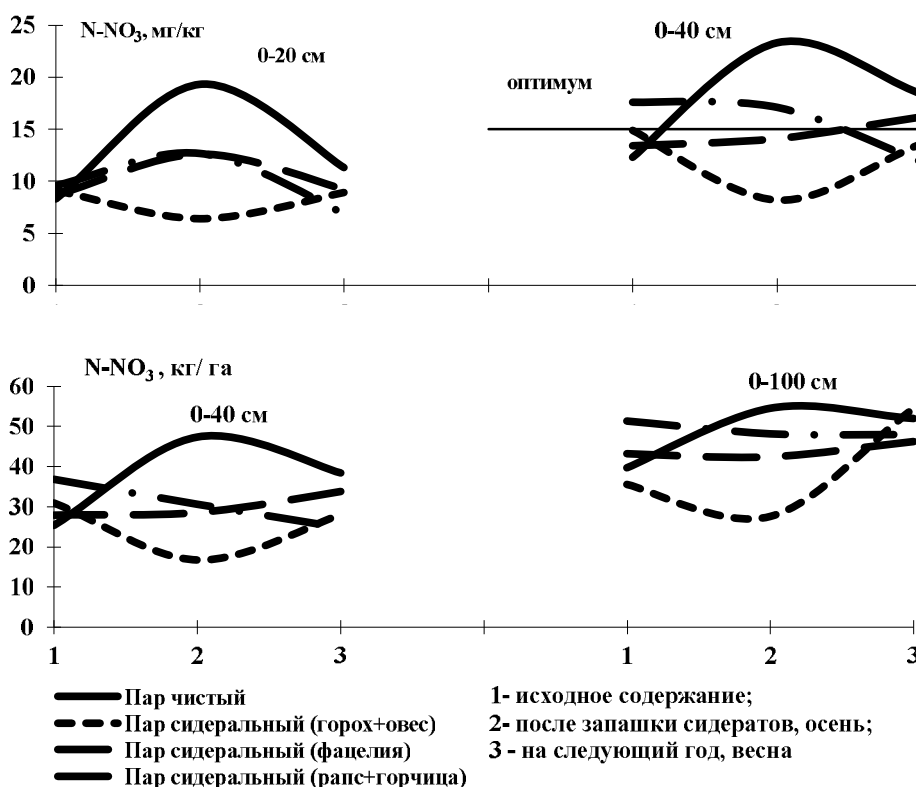


Рис. 1. Влияние сидеральных паров на содержание и запасы нитратного азота в чернозёме выщелоченном

чае посевы сильно повреждаются крестоцветной блошкой и требуют дополнительных затрат на химическую обработку. Поэтому с экономической и экологической точек зрения в качестве сидеральных культур, положительно влияющих

на нитратный режим чернозёмов выщелоченных, целесообразно возделывать горохоовсяную смесь и фацелию.

Обогащённость фосфором (С:Р) органического вещества чернозёма выщелоченного низ-

кая – 19. Исходная обеспеченность чернозёма выщелоченного легкодоступным фосфором (степень подвижности, фосфатный уровень I) очень низкая (0,10 мг/кг). Больше всего легкодоступного фосфора в слое 0–20 см накапливалось при запашке в почву горохоовсяной смеси и фацелии, обеспеченность фосфором была средней и в 2 и 3 раза меньше оптимальной (рис. 2).

Содержание подвижного фосфора в почве (по Чирикову) определяет её фосфатную ёмкость (Q) – ближайший резерв фосфора, который длительное время снабжает растения. Содержание подвижного фосфора в пахотном слое черно-

зёма выщелоченного варьировало в пределах 92–123 мг/кг – средняя и повышенная обеспеченность (см. рис. 2). Многократная культивация чистого пара в течение лета усиливала микробиологическую деятельность, которая повышала минерализацию органического вещества и фосфора почвы и способствовала накоплению его подвижной формы. Сидераты, запаханные в почву, не влияли на содержание фосфора в слое 0–20 см осенью, а весной следующего года (2009 г.) они увеличивали его в 1,3 раза. Наибольшим оно было в чистом и сидеральном пару со смесью рапса и горчицы.

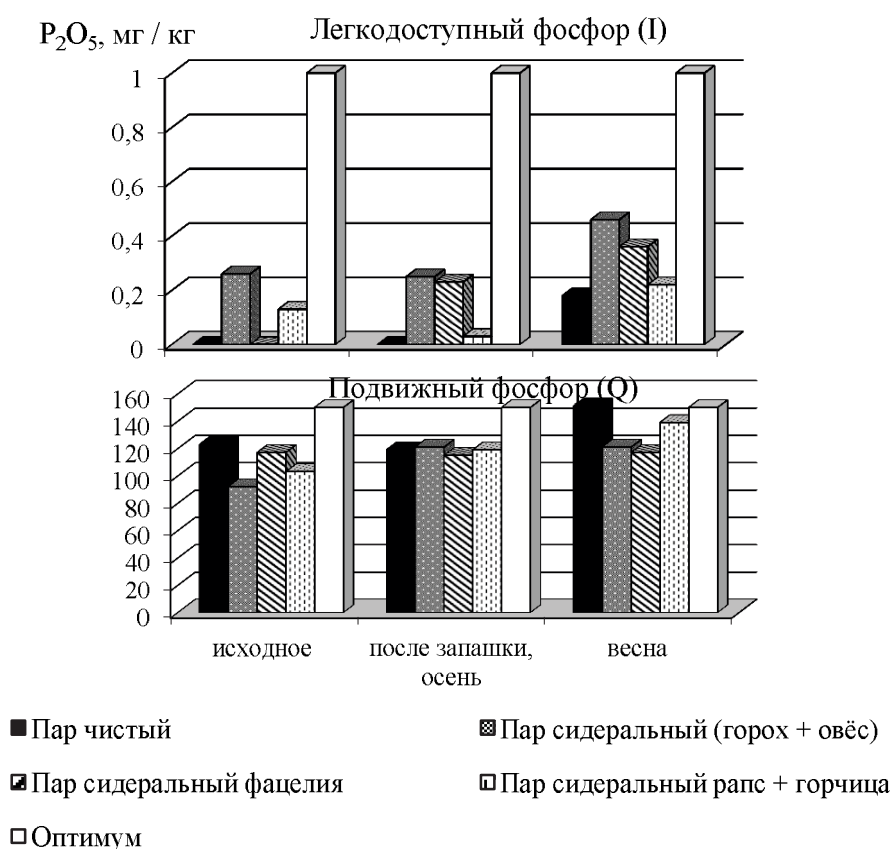


Рис. 2. Действие сидеральных паров на содержание легкодоступного (I) и подвижного фосфора (Q) в слое 0–20 см чернозёма выщелоченного

Сидеральный пар с горохоовсяной смесью повышал долю легкодоступного фосфора в чернозёме выщелоченном, но при этом она оставалась низкой (рис. 3). Значит, чернозёмы выщелоченные, используемые для выращивания сельскохозяйственных культур по сидеральным парам, нуждаются в легкодоступном фосфоре, который необходимо вносить с фосфорными удобрениями.

Сидеральные пары на чернозёме выщелоченном не оказывали существенного влияния на количество минеральных фосфатов и их активных

фракций. В сидеральных парах с фацелией и смесью рапса и горчицы повышалась подвижность фосфатов Ca-P₃ и за их счёт увеличивалось содержание фосфатов активных фракций, улучшающих фосфатный режим (рис. 4).

Исходное содержание обменного калия в пахотном слое чернозёма выщелоченного варьировало в пределах повышенного – высокого (рис. 5). В почве под всеми сидеральными парами оно было примерно одинаковым и таким же высоким, как в чистом пару – 150–165 мг/кг K₂O.

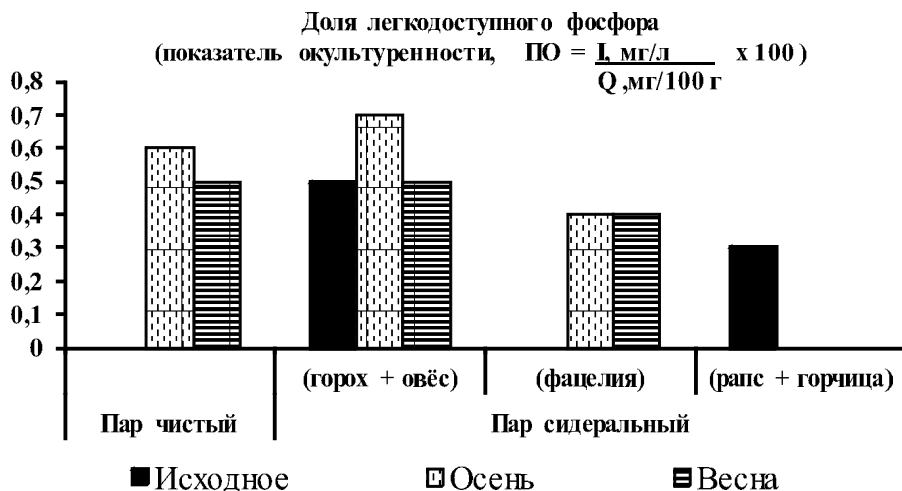


Рис. 3. Доля легкодоступного фосфора (показатель окультуренности) чернозёма выщелоченного в сидеральных парах

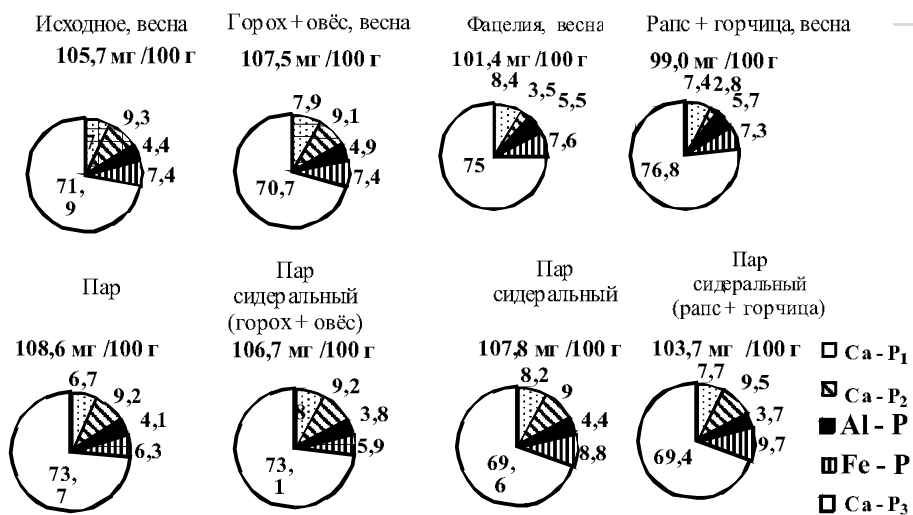


Рис. 4. Влияние сидератов на содержание (мг/100 г) и соотношение (%) групп минеральных фосфатов в слое 0–20 см чернозёма выщелоченного

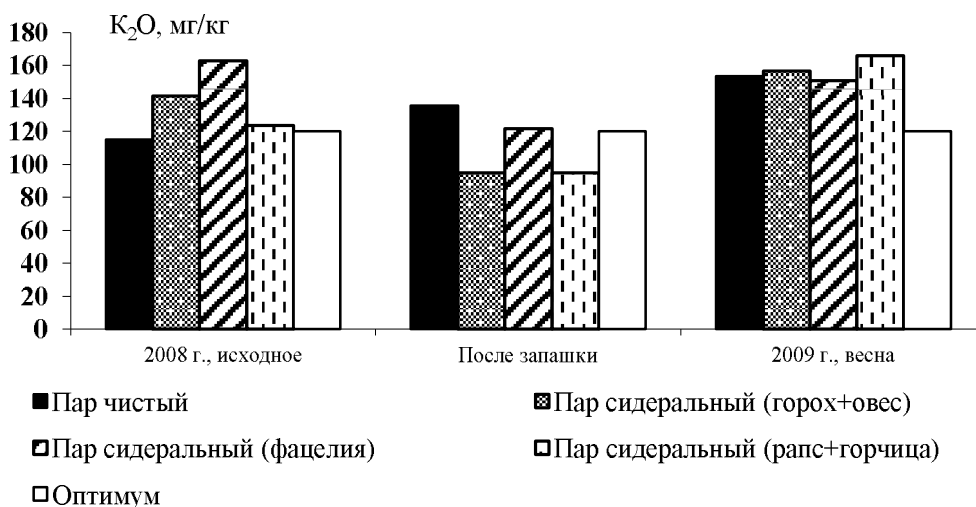


Рис. 5. Влияние сидеральных паров на содержание обменного калия в слое 0–20 см чернозёма выщелоченного

Таблица 2

Влияние сидеральных паров на урожайность зерновых культур на чернозёме выщелоченном, ц/га

Год (В)	Пар (А)				Пшеница по пшенице
	чистый	сидеральный			
		горох + овёс	фацелия	рапс + горчица	
2009, пшеница	24,9	<u>26,0</u> 1,1 (4) *	<u>28,3</u> 3,4 (14)	<u>27,4</u> 2,5 (10)	<u>23,2</u> - 1,7 (7)
2010, пшеница	17,0	<u>19,1</u> 2,1 (12)	<u>26,5</u> 9,5 (56)	<u>22,0</u> 5,0 (29)	<u>15,7</u> -1,3 (8)
Средняя за 2 года	20,9	<u>22,5</u> 1,6 (8)	<u>27,4</u> 6,5 (31)	<u>24,7</u> 3,8 (18)	<u>19,4</u> - 1,5 (7)
2011, овёс	18,9	<u>21,0</u> 2,1 (11)	<u>21,3</u> 2,4 (13)	<u>22,0</u> 3,1 (16)	<u>18,0</u> - 0,9 (5)
Средняя за 3 года	20,3	<u>22,0</u> 1,7 (8)	<u>25,4</u> 5,1 (25)	<u>23,8</u> 3,5 (17)	<u>19,0</u> - 1,3 (6)
НСР ₀₅ А = 2,6; НСР ₀₅ В = 2,0					

* *Примечание.* В числителе – урожайность, ц/га; в знаменателе – прибавка (уменьшение) к чистому пару, ц/га (%).

Наибольшая прибавка урожайности яровой пшеницы и овса получена при возделывании их по сидеральному пару с фацелией – 31 и 13% соответственно, или в среднем 25% за ротацию севооборота (табл. 2).

Следовательно, для поддержания плодородия чернозёмов выщелоченных и получения высоких и устойчивых урожаев зерновых культур в качестве сидератов можно, прежде всего, использовать фацелию.

ВЫВОДЫ

1. В пахотном слое чернозёма выщелоченного под сидеральными парами накапливается 70–80 кг/га азота, баланс которого в 5–7 раз превышает таковой в чистом пару.
2. Наибольшее количество легкодоступного фосфора (I) содержит сидеральный пар с горохоовсяной смесью, а подвижного фосфора (Q) – чистый пар и сидеральный со смесью рапса и горчицы. Запасы подвижного фосфора в почве под сидеральными парами составили всего 12–15 кг/га, а его баланс был отрицательным – минус 50–80 кг/га. Доля

легкодоступного фосфора в чернозёме выщелоченном под сидеральными парами низкая, поэтому при возделывании зерновых культур необходимо вносить фосфорные удобрения. В сидеральных парах с фацелией и смесью рапса и горчицы повышается подвижность фосфатов Са-Р₃ и за их счёт увеличивается содержание фосфатов активных фракций, улучшающих фосфатный режим чернозёмов выщелоченных.

3. Содержание обменного калия в почве всех сидеральных паров примерно одинаковое и такое же высокое, как в чистом пару, – 150–165 мг/кг К₂О.
4. Наибольшая прибавка урожайности яровой пшеницы и овса получена при возделывании их по сидеральному пару с фацелией – 31 и 13% соответственно, или в среднем 25% за ротацию севооборота.
5. Для поддержания плодородия чернозёмов выщелоченных и получения высоких и устойчивых урожаев зерновых культур в качестве сидератов можно, прежде всего, рекомендовать фацелию.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Завалин А.А.* Биологический азот в земледелии России // Ресурсосберегающее земледелие на рубеже XXI века: сб. материалов III Междунар. науч.-практ. конф. – М., 2009. – С. 87–91.
2. *Кириллов С.Л., Завальнюк А.В.* Методика определения эффективности использования пашни // Вестн. НГАУ. – 2011. – № 2 (18). – С. 123–128.
3. *Иванов А.Л.* Воспроизводство плодородия почв в адаптивно- ландшафтном земледелии // Земледелие. – 2002. – № 2. – С. 14–15.
4. *Управление плодородием почв: агроэкосистемный подход / Б.М. Миркин, Ф.Х. Хазиев, Я.Т. Суяндукоев, Р.М. Хазиахметов // Почвоведение. – 2002. – № 2. – С. 228–234.*

5. Дедов А. В., Придворев Н. И., Верзилин В. В. Трансформация послеуборочных остатков и содержание водорастворимого гумуса в чернозёме выщелоченном // *Агрохимия*. – 2004. – № 2. – С. 13–22.
6. Галеева Л. П. Физико-химические свойства и фосфатный режим чернозёмов выщелоченных Приобья при внесении сидератов // *Агрохимия*. – 2009. – № 5. – С. 22–28.
7. Чупрова В. В. Биологический круговорот углерода и азота в агроэкосистемах Средней Сибири: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. – Новосибирск, 1994. – 35 с.
8. *Практикум по агрохимии* / под ред. В. Г. Минеева. – М.: Изд-во МГУ, 2001. – 687 с.
9. *Агрохимические методы исследования почв* / отв. ред. А. В. Соколов. – М.: Наука, 1975. – 656 с.
10. Карпинский Н. П., Замятина В. Б. Фосфатный уровень почвы // *Почвоведение*. – 1958. – № 11. – С. 27.
11. Гинзбург К. Е., Лебедева Л. С. Методика определения минеральных форм фосфора в почвах // *Агрохимия*. – 1971. – № 1. – С. 125–135.
12. Сорокин О. Д. Прикладная статистика на компьютере. – Изд. 2-е. – Новосибирск: ГУП РПО СО РАСХН, 2009. – 222 с

NUTRITION REGIME OF LEACHED BLACK SOILS IN NOVOSIBIRSK PREOBYE WHEN GREEN FALLOWING

L. P. Galeeva

Key words: nutrition regime, lea, ley fallow, pea+oat mixture, phacelia, rape+mustard mixture, nutritive elements, balance, nitrate nitrogen, easy available and mobile phosphorus, the portion of easy available phosphorus, fraction composition of phosphates, metabolic potassium, rotation, productivity

Summary. Under the conditions of field experiment it was established that phacelia accumulated nitrogen, potassium and calcium in its green mass more than any other lea crop. Nitrogen incorporated in lea green mass entered the soil plow layer in the amount of 70–80 kg/ha and the nitrogen balance 5–7 times exceeded the one in the bare fallow. Lea accumulated as little as 12–15 kg/ha of phosphorus making the phosphorus soil deficient with its amount of 50–80 kg/ha. 60–140 kg/ha of potassium combined with lea entered the soil, but the positive balance was provided solely by phacelia green-manured fallow. The highest amount of easy available phosphorus (I) was contained in the pea + oat mixed green-manured fallow, but that of mobile phosphorus (Q) was in the bare fallow and rape + mustard mixed green manured fallow. The portion of easy available phosphorus is small in green-manured fallow hence it is necessary to apply phosphorus fertilizers there when cultivating grain crops. In phacelia green fallows and rape + mustard mixed green-manured fallows, the mobility of phosphates Ca-P3 went up, so did the number of phosphates of active fractions. The content of metabolic potassium in green-manured fallows is as high as it is in the bare fallow. The highest gain in the productivity of spring wheat and oat was obtained when cultivating them in phacelia green fallow, it was 31 and 13%, respectively, or 25% averaged over crop rotation.