

дуктивной влаги, особенно в верхней части пахотного слоя почвы.

Глубокая отвальная вспашка на 30 см приводит к уменьшению запасов продуктивной влаги в начале вегетационного периода как в верхнем, так и в метровом слоях почвы. Однако, согласно принятой шкале, накопление запасов продуктивной влаги в метровом слое почвы в начале вегетации полевых культур на мелиорированных землях Верхневолжья при всех изученных приемах основной обработки соответствовало оптимальному уровню.

Выводы. На основании многолетних исследований по влиянию различных приемов основной обработки на агрофизические показатели плодородия мелиорированной почвы Верхневолжья при возделывании ячменя в трёх ротациях плодосменного севооборота установлено:

- отвальная вспашка на 30 см и безотвальное глубокое рыхление с помощью чизелевания приводят к увеличению плотности пахотного слоя и разуплотнению подпахотного, в то время как дисковая обработка на глубину 8-10 см снижает плотность только верхнего (0-10 см) слоя, заметно уплотняя все последующие более глубокие;
- общая пористость существенно не изменялась при различных приемах обработки почвы в слое 0-20 см, однако глубокое чизелевание положительно влияло на данный показатель подпахотного слоя 20-40 см;
- пористость аэрации пахотного слоя при всех приемах обработки соответствовала оптимальным значениям и составила в среднем 22,3-24,4%, в то время как твердость почвы данного слоя заметно снижалась по

отношению к исходному значению. Достоверное снижение твердости почвы отмечено в слое 0-10 см при поверхностной обработке дисковыми орудиями;

- применение ресурсосберегающих безотвальных приемов обработки (чизелевание и дискование) способствует оптимизации структурного состояния в пахотном слое почвы значительно сильнее, чем при использовании отвальной вспашки;

- все способы основной обработки почвы обеспечивают в начале вегетации ячменя оптимальные запасы продуктивной влаги на мелиорированных землях Верхневолжья в слоях 0-30 и 0-100 см, однако безотвальные приемы способствуют достоверному увеличению запасов влаги, особенно в посевном слое.

Литература

1. Доспехов Б.А. Минимализация обработки почвы: направления исследований и перспективы внедрения в производства // Земледелие. – 1978. - № 9. - С. 26-31.
2. Пупонин А.Н. Чизельная обработка дерново-подзолистых почв // Земледелие. – 1988. - №12. - С. 34-36.
3. Сдобников С.С. Обработка и плодородие пашни: пахать или не пахать. – М., 2000. - 28 с.
4. Матюк Н.С. Баланс азота, фосфора и калия в зернопропашном севообороте / Матюк Н.С., Шевченко В.А. / Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. - 2003. - № 6. - С. 19-22.
5. Беленков А.И. Научно-практические основы совершенствования обработки почвы в современных адаптивно-ландшафтных системах земледелия: Монография/Беленков А.А., Шевченко В.А., Трофимова Т.А., Шачнев В.П. - М., 2015. -500 с.
6. Мальцев В.Ф., Торилов В.Е., Белоус Н.М. Словарь агрономических терминов. – Брянск: Брянская ГСХА, 2006. -366 с.
7. Шатилов И.С. Фотосинтетический потенциал, интенсивность фотосинтеза и роль отдельных органов растений в формировании биологического урожая озимой пшеницы на разных агрофонах // Сельскохозяйственная биология. – 1978. – Т. 13. - С. 48-53.

INFLUENCE OF SOIL CULTIVATION PRACTICES ON THE AGROPHYSICAL PARAMETERS OF SOIL FERTILITY DURING THE BARLEY CULTIVATION ON THE IRRIGATED SOILS OF UPPER VOLGA

V.A. Shevchenko, A.M. Solovyov, A.L. Buber

VNIIGiM named by A.N. Kostyakov, Bolshaya Akademicheskaya ul. 44 bldg. 2, 127550 Moscow, Russia

The results of long-term studies on the influence of traditional and resource-saving methods of basic tillage on agrophysical indicators of the fertility of the reclaimed lands of the Upper Volga region during the cultivation of barley in adaptive landscape farming are analyzed.

Key words: barley, tillage, chiseling, disc soil cultivation, crop rotation, soil density, porosity, aeration porosity, soil hardness, structure of soil aggregates, productive moisture.

ФОСФАТНОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЛОДОРОДИЕ МЕРЗЛОТНЫХ ПОЧВ ЮЖНОЙ ЯКУТИИ

А.П. Чевычелов, д.б.н., О.Г. Захарова, к.б.н.,

Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН

677980, г. Якутск, пр. Ленина, 41, chev.soil@list.ru

Представлены результаты исследований агрохимических свойств и фосфатного состояния 10 различных типов и подтипов мерзлотных почв Южной Якутии. Показано, что большинство исследуемых почв характеризуется низким содержанием рыхлосвязанных фосфатов и фосфатов кальция. Основную часть минеральных фосфатов, определяемых по методу Чанга-Джесксона, здесь составляют фосфаты алюминия и железа. Отмечена высокая эффективность применения минеральных фосфорных удобрений на почвах Южной Якутии, при этом ряд эффективности элементов минерального питания имеет вид: P > N > K.

Ключевые слова: почвы, агрохимические свойства, фосфатное состояние, урожайность, плодородие.

DOI: 10.25680/S19948603.2018.103.14

Фосфор - важнейший элемент-биофил, играющий огромную роль в жизни растений. Данный элемент входит в состав нуклеиновых кислот, фосфолипидов, мембран, а также макроэргических соединений. При

недостатке фосфора в растениях падает активность фотосинтеза, дыхания и нарушается синтез хлорофилла [1]. В отличие от азота, основная часть фосфора поступает в растения из почв в усвояемых формах. При этом

содержание подвижных или доступных фосфатов в почвах определяется их свойствами и ландшафтно-климатическими условиями. Однако, фосфатное состояние мерзлотных почв Якутии до последнего времени практически не изучено.

Цель исследований - оценить фосфатное состояние и плодородие основных типов (подтипов) почв Южной Якутии.

Методика. Пробы почв для изучения их физико-химических и агрохимических свойств отбирали из поверхностного (0-20 см) слоя. Определение физико-химических и агрохимических показателей проводили по стандартным методикам, принятым в почвоведении и агрохимии [2, 3, 6]. При этом легкогидролизуемые соединения N определяли по Тюрину и Кононовой, подвижные фосфаты – по Гинзбург-Артамоновой, минеральные формы фосфатов – по Чанга-Джексона, доступный калий – по Масловой.

В процессе проведения работ изучали свойства следующих типов (подтипов) и разновидностей почв Южной Якутии: 1 – подзолистая типичная песчаная; 2 – мерзлотно-таежная оподзоленная супесчаная; 3 – мерзлотно-таежная типичная супесчаная; 4 – мерзлотно-таежная типичная тяжелосуглинистая; 5 – пойменная дерновая легкосуглинистая; 6 – палевая выщелоченная легкосуглинистая; 7 – дерново-карбонатная оподзоленная легкоглинистая; 8 – дерново-карбонатная типичная легкоглинистая; 9 – торфяно-болотная верховая; 10 – торфяно-болотная низинная.

Вегетационные опыты с растениями овса на данных почвах закладывали по общепринятой методике [2] в сосудах емкостью 3 л площадью 0,024 м², в 3-кратной повторности. Схема опыта: 1. Контроль, без удобрений; 2. NP; 3. NK; 4. PK; 5. NPK; 6. NPK + навоз, 60 т/га. При этом вносили: N - 0,75, P₂O₅ - 0,5 и K₂O - 0,5 г/сосуд. Влажность почв в сосудах в течение всего вегетационного периода поддерживали на уровне 0,7 НВ. Растения овса срезали в фазе колошения, определяли влажность весовым методом, окончательный учет урожая производили на абсолютно сухую навеску (АСН).

При обработке данных вегетационного опыта, а также установлении связей между урожайностью растений овса и содержанием различных форм фосфатов почв использовали дисперсионный и корреляционный методы анализа [4].

Результаты и их обсуждение. Как указывалось ранее [8], исследуемые почвы характеризуются разным уровнем плодородия, их физико-химические и агрохимические свойства значительно различаются. При этом почвы южной Якутии главным образом низко обеспечены (80%) подвижными фосфатами.

Низкое количество подвижных фосфатов в исследованных почвах также подтверждается анализом содержания их форм, определяемых по методу Мера-Джексона (табл. 1). Так валовое содержание фосфатов в минеральных почвах Южной Якутии изменяется от 80 до 230, а в торфяно-болотных от 110 до 400 мг/100 г почвы. Минимальное валовое содержание фосфатов отмечается в подзолистой песчаной почве (1), а максимальное – в торфяно-болотной низинной почве (10).

Общее количество рыхлосвязанных фосфатов в исследуемых минеральных и болотных почвах изменяется. Причем большая часть данных минеральных почв (75%) характеризуется низким содержанием рыхлосвязанных, наиболее доступных для растений форм мине-

ральных фосфатов. Также подавляющее большинство изучаемых почв Южной Якутии (80%) отличается низким содержанием фосфатов кальция (Са-Р) и только в палевой (6) и болотной низинной (10) почвах количество этой фракции минеральных фосфатов повышается (табл. 2).

1. Формы минеральных фосфатов в почвах Южной Якутии (в слое 0-20 см)

Почва	Формы минеральных фосфатов							P ₂ O ₅ вал., мг/100 г почвы
	Рыхлосв. (1)	Al-P (2)	Fe-P (3)	Са-Р (4)	Оккл. Al-P (5)	Оккл. Al(Fe)-P (6)	Сумма	
1	<u>2,6*</u> 11,0	<u>7,8</u> 33,0	<u>6,4</u> 27,1	<u>0,3</u> 1,3	<u>0,8</u> 3,4	<u>5,7</u> 24,2	<u>23,6</u> 100	80
2	<u>1,3</u> 4,3	<u>7,2</u> 23,4	<u>19,4</u> 63,0	<u>0,6</u> 1,9	<u>0,6</u> 1,9	<u>1,7</u> 5,5	<u>30,8</u> 100	90
3	<u>2,2</u> 4,4	<u>10,8</u> 21,9	<u>31,0</u> 62,7	<u>1,6</u> 3,2	<u>1,1</u> 2,2	<u>2,7</u> 5,6	<u>49,4</u> 100	100
4	<u>2,9</u> 9,9	<u>2,9</u> 9,9	<u>8,1</u> 27,6	<u>1,1</u> 3,8	<u>0,3</u> 1,0	<u>14,0</u> 47,8	<u>29,3</u> 100	140
5	<u>9,0</u> 19,4	<u>22,3</u> 48,2	<u>8,8</u> 19,0	<u>3,2</u> 6,9	<u>1,8</u> 3,9	<u>1,2</u> 2,6	<u>46,3</u> 100	230
6	<u>9,2</u> 17,8	<u>9,8</u> 18,9	<u>15,0</u> 28,9	<u>14,2</u> 27,4	<u>3,3</u> 6,4	<u>0,3</u> 0,6	<u>51,8</u> 100	120
7	<u>3,1</u> 12,9	<u>0,5</u> 2,1	<u>6,9</u> 28,6	<u>1,3</u> 5,4	<u>0,6</u> 2,5	<u>11,7</u> 48,5	<u>24,1</u> 100	100
8	<u>3,1</u> 10,8	<u>9,5</u> 33,0	<u>2,9</u> 10,1	<u>2,3</u> 8,0	<u>0,9</u> 3,1	<u>10,1</u> 35,0	<u>28,8</u> 100	120
9	<u>16,5</u> 42,3	<u>15,0</u> 38,5	<u>3,4</u> 8,7	<u>0,5</u> 1,3	<u>1,1</u> 2,8	<u>2,5</u> 6,4	<u>39,0</u> 100	110
10	<u>21,8</u> 12,4	<u>116,0</u> 65,9	<u>9,6</u> 5,5	<u>23,5</u> 13,3	<u>0,5</u> 0,3	<u>4,6</u> 2,6	<u>176,0</u> 100	400

Примечание. *Над чертой – содержание, мг P₂O₅/100 г почвы, под чертой – % от суммы.

2. Коэффициенты корреляции между урожайностью и содержанием различных форм минеральных фосфатов в почвах

Вариант опыта	Минеральные фосфаты				Подвижные фосфаты
	Рыхлосвязанные	Al-P	Fe-P	Са-Р	
Контроль, без удобрений	0,828	0,924	-0,301	0,808	0,877
NPK	0,773	0,626	-0,418	0,501	0,678

Основную часть минеральных фосфатов в исследованных почвах составляют фосфаты алюминия (Al-P) и железа (Fe-P), общая доля которых составляет минимально 31%, а максимально – 86% от их суммы. Содержание Al-P в данных минеральных и болотных почвах изменяется.

Общее количество фосфатов железа в данных почвах менее вариабельно, чем фосфатов алюминия, и составляет 10-63% от суммы. При этом их минимальное количество содержится в дерново-карбонатной типичной легкоглинистой (8), а максимальное – в мерзлотно-таежной оподзоленной (2) почвах. Общая доля прочно-закрепленных окклюзированных фосфатов Al и Fe относительно возрастает в тяжелых по гранулометрическому составу минеральных почвах, т. е. в легкоглинистых дерново-карбонатных (7, 8) и тяжелосуглинистой мерзлотно-таежной почве (4) и составляет 35-48% от суммы.

При оценке коррелятивных связей между содержанием подвижных фосфатов и формами минеральных фосфатов, а именно рыхлосвязанных фосфатов, Са-Р, Al-P и Fe-P, получены следующие значения коэффициентов корреляции, которые составляли, соответственно, 0,860; 0,810; 0,890 и – 0,399. Таким образом, наличие статистически достоверных (n=10 p=0,95) коэффициентов корреляции, указывает на то, что общее количество

подвижных фосфатов в исследованных почвах формируется посредством 1-, 2- и 4-й фракций минеральных фосфатов.

Также была оценена корреляционная зависимость между урожайностью растений овса, полученной в наших предыдущих вегетационных опытах [8], и содержанием различных форм фосфатов в исследуемых почвах Южной Якутии (см. табл. 2).

Полученные значения коэффициентов корреляции оказались статистически достоверными ($n=10$ $p=0,95$) для связей между урожайностью в контрольных вариантах опыта и содержанием подвижных и рыхлосвязанных фосфатов, фосфатов кальция и алюминия. В варианте NPK статистически достоверные связи обнаружены между урожайностью и общим количеством рыхлосвязанных и подвижных фосфатов (см. табл. 2).

Результаты наших работ по изучению фосфатного состояния почв Южной Якутии согласуются с данными, полученными для мерзлотных почв Забайкалья. Так особенностью фосфатов мерзлотных почв Забайкалья является низкая степень подвижности их природных соединений. При этом низкое содержание легкодоступных растениям фосфатов определяет высокую эффективность применения фосфорных удобрений [7]. Последнее положение целиком применимо к мерзлотным почвам Южной Якутии и полностью подтверждается результатами вегетационного опыта, поставленного на двух типах почв – слабощелочной перегнойно-карбонатной тяжелосуглинистой и кислой мерзлотно-таежной оподзоленной супесчаной. Обе исследованные почвы характеризуются низким содержанием подвижных фосфатов.

Как следует из схемы поставленного опыта (табл. 3), в нем оценивали эффективность применения минеральных азотных, фосфорных и калийных удобрений, а также навоза КРС на фоне NPK на данных почвах.

3. Урожайность растений овса на абсолютно сухую навеску

Вариант опыта	Средняя уро- жайность	Прибавка
	г/сосуд	
<i>Перегнойно-карбонатная тяжелосуглинистая почва</i>		
1. Контроль, без удоб- рений	2,1	-
2. NP	4,9	2,8
3. NK	2,9	0,8
4. PK	4,0	1,9
5. NPK	5,1	3,0
6. NPK + навоз, 60 т/га	21,9	19,8
HCP ₀₅	0,7	
<i>Мерзлотно-таежная оподзоленная супесчаная почва</i>		
1. Контроль, без удоб- рений	0,6	-
2. NP	10,2	9,6
3. NK	0,9	0,3
4. PK	1,5	0,9
5. NPK	11,0	10,4
6. NPK + навоз, 60 т/га	18,2	17,6
HCP ₀₅	0,2	

По методу разности урожайности между вариантом NPK и вариантами двойных сочетаний элементов четко выявляется минимум обеспеченности фосфором как перегнойно-карбонатной, так и мерзлотно-таежной оподзоленной почв. Таким образом, на обеих изучаемых почвах, с совершенно различными свойствами, в первом минимуме выступает фосфор, а во втором – азот. При этом ряд эффективности элементов минерального питания имеет вид: $P > N > K$. В заключении нужно отметить, что к аналогичным выводам по оценке эффективности макроудобрений на вновь освоенных кислых подзолистой и торфяной почвах Южной Якутии пришел в свое время А.К. Коноровский [5]. В обеих изучаемых почвах фосфор также выступал в первом минимуме.

Выводы. 1. Валовое содержание фосфатов в минеральных почвах Южной Якутии изменяется от 80 до 230, а в торфяно-болотных – от 110 до 400 мг/100 г почвы. Абсолютное большинство данных почв характеризуется низким содержанием рыхлосвязанных фосфатов (75%) и фосфатов Ca (80%), составляющих, соответственно, 1,3-3,1 и 0,3-3,2 мг P_2O_5 /100 г почвы. Основную часть минеральных фосфатов в исследованных почвах составляют фосфаты Al и Fe, относительное содержание которых изменяется от 31 до 86%.

2. Изучение зависимостей между урожайностью растений овса, полученной в вегетационных опытах, и количеством подвижных, а также форм минеральных фосфатов, показало наличие статистически достоверных корреляционных связей между урожайностью и содержанием подвижных, рыхлосвязанных фосфатов Ca и Al.

3. В вегетационных опытах на низкообеспеченных подвижными фосфатами перегнойно-карбонатной и мерзлотно-таежной почвах Южной Якутии получена высокая эффективность применения фосфорных удобрений. На данных почвах ряд эффективности элементов минерального питания имеет вид: $P > N > K$.

Литература

1. *Агрохимия* / Под ред. Б.Я. Ягодина. – М.: Колос, 1982. – 574 с.
2. *Агрохимические методы исследования почв*. – М.: Наука, 1975. – 656 с.
3. *Ариушкина Е.В.* Руководство по химическому анализу почв. – М.: Изд-во МГУ, 1970. – 487 с.
4. *Дмитриев Е.А.* Математическая статистика в почвоведении. – М.: ЛИБРОКОМ, 2009. – 328 с.
5. *Коноровский А.К.* Почвы Севера зоны Малого БАМа. – Новосибирск: Наука СО, 1984. – 120 с.
6. *Мякина Н.Б., Ариушкина Е.В.* Методическое пособие для чтения результатов химических анализов почв. – М.: Изд-во МГУ, 1979. – 62 с.
7. *Пигарева Н.Н.* Особенности фосфатного фонда почв криолитозоны Забайкалья // *Агрохимия*. – 2010. – № 6. – С. 3-12.
8. *Чевычелов А.П., Захарова О.Г.* Оценка плодородия различных типов почв Южной Якутии // *Плодородие*. – 2017. – № 5. – С. 42-44.

PHOSPHATE STATUS AND FERTILITY OF CRYOGENIC SOILS OF SOUTH YAKUTIA

A.P. Chevychelov, O.G. Zaharova

Institute for Biological Problems of Cryolithozone Siberian Branch of RAS, Lenina pr. 41, 677980 Yakutsk, Russia,

e-mail: chev.soil@list.ru

The results of investigations of agrochemical properties and phosphate status of 10 different types and subtypes of cryogenic soils of Southern Yakutia are presented. It is shown that most of the studied soils are characterized by a low content of loosely bound phosphates and calcium phosphates. The main part of mineral phosphates, determined by the Chang-Jackson method, here are aluminum phosphates and iron phosphates. High efficiency of application of mineral phosphoric fertilizers on soils of Southern Yakutia is noted, thus the efficiency of elements of mineral nutrition looks like: $P > N > K$.

Key words: soil, agrochemical properties, phosphate status, yield, fertility.