

6. Metodicheskie ukazaniya po seleksii lukovykh kultur. – M., 1997. – 24 s.
7. Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya selskokhozyaystvennykh kultur. – M., 1975. – 50 s.
8. Dospekhov B.A Metodika polevogo opyta. – M., 1985. – 335 s
9. Peterburgskiy A.V. Metody biokhimicheskogo issledovaniya rasteniy. – M., 1959. – 388 s.
10. Sergeeva D.P. Otsenka khozyaystvenno-tsennyykh priznakov chesnoka v zavisimosti ot sposobov vyrashchivaniya // Molodoy uchenyy. – № 6.5 (110.5). – S. 40-43.



УДК 631.6:631.445.53:631.445.25(571.15)

С.В. Макарычев
S.V. Makarychev

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИДЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ ТЕПЛООВОГО РЕЖИМА МЕЛИОРИРОВАННЫХ СОЛОНЦОВ

THE USE OF GREEN MANURE TO IMPROVE THE THERMAL REGIME OF RECLAIMED SOLONETZ SOILS

Ключевые слова: почва, пар черный и сидеральный, плотность, влажность, сидеральное удобрение, сидераты, температура, теплоемкость, тепло- и температуропроводность.

Плодородие мелиорированных солонцов может быть улучшено различными агроприемами. Одним из таких приемов является использование сидерального удобрения из донника, ломкоколосника или суданской травы, которое, с одной стороны, приводит к увеличению гумусированности и росту элементов питания, а с другой, – оптимизирует общие физические и теплофизические свойства солонцов. Показано, что под воздействием сидератов улучшилась структура почвы. Появившиеся гуминовые кислоты способствовали созданию водопрочных агрегатов. При этом изменение почвенной структуры, обогащение горизонтов почвы органикой повлияли на теплофизические свойства почвы. Так, объемная теплоемкость гумусово-аккумулятивного горизонта по черному пару оказалась выше, а температуропроводность ниже, чем по сидеральному. Под ломкоколосником с мощной корневой системой мочковатого типа, оказывающей уплотняющее действие на почву, теплоемкость была в полтора раза выше, чем под суданской травой как по черному, так и по сидеральному парам. Установлено, что динамика теплофизических свойств почв в течение вегетации определялась влажностью почвенных горизонтов. Во всех вариантах опыта максимальное значение тепло- и температуропроводности было отмечено при 20%-ной почвенной влажности. В то же время максимальное количество тепла за сутки поступало в почву

по сидеральному пару с поверхностной заделкой растительных остатков, что в начале вегетационного периода способствовало ускоренному прогреванию почвенного профиля и созданию в нем благоприятного теплофизического состояния.

Keywords: soil, bare fallow, green-manured fallow, density, moisture content, green manure, green manure crops, temperature, thermal capacity, thermal conductivity, thermal diffusivity.

The fertility of reclaimed solonetz soils may be improved by various agricultural practices. One of these practices is the use of green manure fertilizers of melilot, Russian wildrye (*Psathyrostachys juncea*) or Sudan grass; on the one hand they increase humus content and nutrient content, and on the other hand – optimize the general physical and thermo-physical properties of solonetz soils. It is shown that under the influence of green manure the soil structure improved. The associated humic acids contributed to the creation of water-stable aggregates. At the same time, the changes in soil structure and enrichment of soil horizons with organic matter affected soil thermo-physical properties. Thus, the volumetric thermal capacity of the humus-accumulative horizon after bare fallow was higher, and the temperature conductivity was lower than after green-manured fallow. Under Russian wildrye with its strong root system of fibrous type providing a compacting effect on the soil, thermal capacity was one and a half times higher than under Sudan grass both after bare fallows and green-manured fallows. It was found that the dynamics of soil thermal properties during the growing

season was determined by soil moisture of the horizons. In all variants of the experiment, the maximum value of thermal conductivity and thermal diffusivity was observed at the soil moisture level of 20%. At the same time, the maximum heat amount per day entered the soil after

green-manured fallow with surface plant residue burial; at the beginning of the growing season that contributed to accelerated heat penetration into the soil profile and the creation of favorable thermo-physical condition there.

Макарычев Сергей Владимирович, д.б.н., проф., зав. каф. физики, Алтайский государственный аграрный университет. E-mail: phys_asau@rambler.ru.

Makarychev Sergey Vladimirovich, Dr. Bio. Sci., Prof., Head, Physics Dept., Altai State Agricultural University. E-mail: phys_asau@rambler.ru.

Введение

Плодородие мелиорированных солонцов, как известно, может быть улучшено различными агроприемами. Одним из таких приемов является использование сидерального удобрения из донника, ломкоколосника или суданской травы, которое, с одной стороны, приводит к увеличению гумусированности и росту элементов питания, а с другой, – оптимизирует общие физические и теплофизические свойства солонцов.

Кроме того, климат почв в условиях Сибири является основной причиной сокращенного вегетационного периода. Имеющиеся здесь ресурсы тепла не всегда обеспечивают полное вызревание районированных сортов зерновых культур, особенно в годы с повышенным атмосферным и почвенным увлажнением [1-4]. В этом плане необходимо улучшать и регулировать не только водный, но и тепловой режим пахотных почв Сибири.

Объекты и методы

В связи с этим совместно с И.Т. Трофимовым [5] в подзоне черноземов южных на стационаре лаборатории солонцов совхоза «Гуселетовский» Романовского района Алтайского края в 1987-1989 гг. были изучены особенности теплофизического состояния солонцов луговых хлоридно-сульфатного засоления и лугово-черноземной почвы в севооборотах с сидеральными и черными парами. При этом использовались общепринятые в почвоведении методы. Для определения тепловых показателей применялись электронные термометры, а также полевые приборы на основе зондового метода [6].

Результаты исследований

Нами исследовались участки, засеянные суданской травой, а также ломкоколосником ситниковым. В качестве контрольного участка был выделен черный пар. Отмеченные солонцы были сформированы на карбонатных лессовых суглинках, по гранулометрическому составу среднесуглинистых. Глинистый материал профиля солонцов представлен унаследованными от почвообразующей породы гидрослюдами, каолинитом, хлопритом и т.д. Содержание гумуса в элювиальном горизонте составляло 5-6%. До глубины 90 см имело место расслоение почвенного профиля под действием проведенной ранее мелиорации [7].

Ломкоколосник на сидеральное удобрение высеивался под покров ячменя. Урожайность наземной сухой массы донника перед запашкой в период цветения составила 7,4 т/га, а корневая масса вместе с растительными остатками прошлых лет – 14,5 т/га. Заделка донника была проведена тяжелой дисковой бороной БДТ-2,5 А в три следа на глубину до 15 см. Затем с целью создания благоприятных условий для последующего образования гумуса участки прикатывались кольчатыми катками в два следа. В сентябре 1987 г. была проведена безотвальная обработка пара на глубину 25-27 см.

Было определено, что под воздействием сидератов в первую очередь улучшилась структура почв. Появившиеся гуминовые кислоты способствовали созданию водопрочных агрегатов. Количество не распавшихся агрегатов по сидеральному пару оказалось равно 74%, а по черному пару (контроль) – только 32%.

Трансформация почвенной структуры, обогащение горизонтов почвы органикой определенным образом воздействовали на теплофизические свойства. Так, объемная теплоемкость гумусово-аккумулятивного горизонта по черному пару была равна $0,814 \times 10^6$ Дж/(м³ К), а температуропроводность – $0,480 \times 10^{-6}$ м²с, по сидеральному пару эти показатели составили $0,736 \times 10^6$ Дж/(м³ К) и $0,528 \times 10^{-6}$ м²с (табл. 1).

Изменения теплоемкости и температуропроводности почвы оказались связаны с разрыхляющим действием корневой системы ломкоколосника и запаханной надземной массы. В иллювиальном горизонте мелиорированного солонца различия в тепловых характеристиках под парами невелико. Отмечено лишь незначительное снижение теплоемкости и увеличение теплопроводности вследствие того, что запаханная органика сосредоточена в основном в пахотном слое, а ее влияние на нижерасположенные горизонты довольно слабо.

Под ломкоколосником с мощной корневой системой мочковатого типа, оказывающей уплотняющее действие на почву, теплоемкость оказалась в полтора раза выше, чем под суданской травой как по черному, так и по сидеральному парам.

Знание теплофизических коэффициентов необходимо для прогнозирования сезонной динамики термических режимов и теплоточков в связи со способом использования и содержанием влаги в почвенном профиле в течение вегетационного периода [8]. При этом нужно отметить, что в пахотном и подпахотном слоях колебания теплофизических коэффициентов следуют за изменениями влажности почвы.

За предшествующий период (осень – зима) в почве накопилось значительное количество влаги, что отразилось на величинах термических показателей, особенно весной. В это время наибольшие значения теплоемкости и теплопроводности были отмечены под ломкоколосником в гумусовом горизонте. К концу вегетационного периода 1987 г. вследствие засушливого лета пахотный слой на солонце оказался сильно иссушенным.

Температуропроводность ранней весной при высокой влажности имела более низкие значения, чем осенью. Теплопроводность солонца по сидеральному пару была несколько выше, чем по черному, что способствовало лучшему прогреванию почвы.

Таблица 1

Теплофизические свойства солонца на различных агрофонах

Глубина, см	Плотность, кг/м ³	Объемная теплоемкость, 10^6 Дж/(м ³ К)	Температуропроводность, 10^{-6} м ² с	Теплопроводность, Вт/(м К)
Суданская трава по черному пару				
0-20	1240	0,814	0,480	0,391
20-40	1360	0,924	0,411	0,380
Суданская трава по сидеральному пару				
0-20	1210	0,736	0,528	0,389
20-40	1330	0,837	0,412	0,345
Ломкоколосник ситниковый				
0-20	1360	1,285	0,269	0,346
20-40	1420	1,369	0,213	0,192

В ходе исследований было установлено, что в течение вегетации наиболее резко варьировала объемная теплоемкость пахотного слоя. Особенно четко это выразилось в солонце под суданской травой по черному пару. При этом максимум изменения теплоемкости составил 41%, а теплопроводности – 45%. Температуропроводность почвы варьировала менее заметно и ее относительные колебания не превышали 25%. Под суданской травой по сидеральному пару и под ломкоколосником на солонце изменения теплофизических коэффициентов оказались более сглаженными, что способствовало установлению более равномерного теплового режима.

Таким образом, динамика теплофизических свойств солонца определялась, прежде всего, влажностью почвенных горизонтов. Во всех вариантах опыта максимальное значение тепло- и температуропроводности было отмечено при 20%-ном почвенном увлажнении.

Вследствие более благоприятных теплового, водного, пищевого и других режимов в солонце по сидеральному пару урожайность суданской травы в 1987 г. составила 28,9 ц/га, а по черному – 19,4 ц/га.

Летом 1988 г. было проведено дополнительное наблюдение за динамикой объемной теплоемкости в черноземно-луговом малонатриевом солонце на различных агрофонах, имеющих специфические особенности, которые способствовали формированию своих теплофизических коэффициентов. Так, весной теплоемкость верхнего (20 см) слоя оказалась максимальной под ломко-

колосником, несмотря на низкую влажность (плотность 1180 кг/м³) (табл. 2).

По черному, более увлажненному, пару ($\rho = 955^3$ кг/м) теплоемкость была выше, чем по сидеральному ($\rho = 910^3$ кг/м). Такое распределение теплоемкости сохранялось в течение всего вегетационного периода вплоть до 15 сентября. Пониженные значения объемной теплоемкости в сидеральном пару объясняются как более рыхлым сложением, так и наличием полуразложившихся растительных остатков, способствующих увеличению воздухоудержания в пахотном слое почвы.

С целью более полной характеристики теплового режима, складывающегося на разных агрофонах, нами были проведены наблюдения за суточной динамикой температуры в верхнем 20-сантиметровом слое через каждые 5 см и рассчитаны теплопотоки. Время наблюдений 3-4 июня 1988 г. (табл. 3).

Оказалось, что максимальное поступление тепла в почву приходится на промежуток между 10:00 и 13:00 ч дня на всех исследованных участках, тогда как обратный процесс охлаждения наблюдается в 23:00 ч. Из данных таблицы 3 также видно, что среднесуточные теплопотоки в севообороте различны. Максимальное количество тепла за сутки поступило в почву по сидеральному пару с поверхностной заделкой растительных остатков и под ломкоколосником. Меньшие потоки наблюдались по сидеральному пару с отвальной обработкой и по черному пару.

Таблица 2

Объемная теплоемкость (10^6 Дж/(м³ К)) – числитель и влажность (U, % – знаменатель) пахотного слоя солонца летом 1988 г.

Агрофон	Срок наблюдения		
	17.05	3.06	15.09
Ломкоколосник	$\frac{2,436}{19,6}$	$\frac{2,206}{9,0}$	$\frac{1,842}{7,5}$
Пар черный	$\frac{2,232}{27,4}$	$\frac{1,950}{19,6}$	$\frac{1,643}{11,1}$
Пар сидеральный (поверх. обработка)	$\frac{2,067}{25,6}$	$\frac{1,911}{21,5}$	$\frac{1,532}{11,6}$
Пар сидеральный (отвальная обработка)	$\frac{1,982}{24,5}$	$\frac{1,921}{23,0}$	$\frac{1,408}{10,6}$

Тепловые потоки в солонце на различных агрофонах, (Р, Вт/м²)

Агрофон	Время суток						
	7.00	10.00	13.00	16.00	19.00	23.00	Рср
Ломкоколосник	40,6	88,9	93,8	81,9	-30,1	-65,8	116,2
Пар черный	55,3	132,3	109,2	35,7	-53,9	-60,2	102,2
Пар сидеральный (поверх. обработка)	50,4	127,4	116,2	49,0	-53,9	-63,7	118,3
Пар сидеральный (отвальная обработка)	58,1	130,9	115,5	46,2	-60,2	-63,7	106,4

Таким образом, сидеральный пар обеспечил наибольший тепловой поток в почву, что в начале вегетации способствовало ускоренному прогреванию почвенного профиля и созданию в нем благоприятного теплофизического состояния.

Выводы

1. Под воздействием сидератов улучшилась структура почвы. Появившиеся гуминовые кислоты способствовали созданию водопрочных агрегатов. Количество нераспавшихся агрегатов по сидеральному пару оказалось равно 74%, а по черному пару (контроль) – только 32%.

2. Трансформация почвенной структуры, обогащение горизонтов почвы органикой повлияли на теплофизические свойства почвы. Так, объемная теплоемкость гумусово-аккумулятивного горизонта по черному пару оказалась выше, а теплопроводность ниже, чем по сидеральному.

3. Под ломкоколосником с мощной корневой системой мочковатого типа, оказывающей уплотняющее действие на почву, теплоемкость в полтора раза выше, чем под суданской травой как по черному, так и по сидеральному парам.

4. Изменения теплофизических свойств солонца в течение вегетации определялись, прежде всего, влажностью почвенных горизонтов. Во всех вариантах опыта максимальное значение тепло- и теплопроводности было отмечено при 20%-ной почвенной влажности.

5. Максимальное количество тепла за сутки поступал в почву по сидеральному пару с поверхностной заделкой растительных остатков, что в

начале вегетационного периода способствовало ускоренному прогреванию почвенного профиля и созданию в нем благоприятного теплофизического состояния.

Библиографический список

1. Панфилов В.П. Физические свойства и водный режим почв Кулундинской степи. – Новосибирск: Наука, 1973. – 258 с.
2. Панфилов В.П. Пути регулирования теплового режима почв Сибири // Комплексные мелиорации. – М.: Наука, 1980. – С. 225-230.
3. Мазиров М.А., Макарычев С.В. Теплофизика почв: антропогенный фактор. – Суздаль: ГУ КПК, 1997. – 186 с.
4. Макарычев С.В., Мазиров М.А. Физические основы экологии: учебное пособие. – Владимир: Изд-во ВлНИИСХ, 2000. – 243 с.
5. Трофимов И.Т., Вялкова Д.И. Опыт мелиорации солонцов сухостепной зоны Алтайского края // Эффективность удобрений в севооборотах Алтайского края. – Барнаул: АСХИ, 1988. – С. 98-110.
6. Болотов А.Г. Измерение температуры почв в полевых условиях // Антропогенное воздействие на лесные экосистемы: сб. матер. II Междунар. науч.-практ. конф. – Барнаул, 2002. – С. 148-150.
7. Шейн Е.В., Болотов А.Г., Мазиров М.А., Мартынов А.И. Определение профильного распределения температуры почвы на основании температуры ее поверхности // Земледелие. – 2018. – № 7. – С. 26-29. DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10707.

8. Макарычев С.В. Особенности теплофизического состояния пахотных выщелоченных черноземов Приобья // Почвоведение. – 2007. – № 8. – С. 949-953.

References

1. Panfilov V.P. Fizicheskie svoystva i vodnyy rezhim pochv Kulundinskoj stepi. – Novosibirsk; Nauka, 1973. – 258 s.

2. Panfilov V.P. Puti regulirovaniya teplovogo rezhima pochv Sibiri // Kompleksnyye melioratsii. – M: Nauka, 1980. – S. 225-230.

3. Mazirov M.A., Makarychev S.V. Teplofizika pochv: antropogennyy faktor. – Suzdal: GU KPK, 1997. – 186 s.

4. Makarychev S.V., Mazirov M.A. Fizicheskie osnovy ekologii: uchebnoe posobie. – Vladimir: Izd-vo VINIISKh, 2000. – 243 s.

5. Trofimov I.T., Vyalkova D.I. Opyt melioratsii solontsov sukhostepnoy zony Altayskogo kraja // Effektivnost udobreniy v sevooborotakh Altayskogo kraja. – Barnaul: Izd-vo ASKhl, 1988. – S. 98-110.

6. Bolotov A.G. Izmerenie temperatury pochv v polevykh usloviyakh // Sb. materialov II mezhd. nauch.-prak. konf. Antropogennoe vozdeystvie na lesnye ekosistemy. – Barnaul, 2002. – S. 148-150.

7. Shein Ye.V., Bolotov A.G., Mazirov M.A., Martynov A.I. Opredelenie profilnogo raspredeleniya temperatury pochvy na osnovanii temperatury ee poverkhnosti // Zemledelie. – 2018. – No. 7. – S. 26-29. DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10707.

8. Makarychev S.V. Osobennosti teplofizicheskogo sostoyaniya pakhotnykh vyshchelochennykh chernozemov Priobya // Pochvovedenie. – 2007. – No. 8. – S. 949-953.



УДК 630.181

Ю.В. Беховых
Yu.V. Bekhovykh

ГИДРОТЕРМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ ЧЕРНОЗЕМА ЮЖНОГО ПРИОБСКОГО ПЛАТО В ХВОЙНЫХ ПОЛЕЗАЩИТНЫХ ЛЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЯХ И НА ПРИЛЕГАЮЩЕМ АГРОФОНЕ

HYDROTHERMAL REGIME OF SOUTHERN CHERNOZEM OF THE PRIOBSKOYE PLATEAU IN CONIFEROUS SHELTER-BELT FORESTS AND IN THE ADJACENT AGRICULTURAL BACKGROUND

Ключевые слова: чернозём южный, гидротермический режим почвы, температура почвы, влажность почвы, полезащитные лесонасаждения.

В публикации рассматривается исследование гидротермического режима чернозёма южного Приобского плато в хвойных полезащитных лесных насаждениях и на прилегающем к ним агрофоне пшеницы. Было выявлено, что в летнее время прогревание почвенного профиля на агрофоне пшеницы происходит интенсивнее, чем под деревьями. Летом за счёт затенения и теплоизолирующего воздействия лесной подстилки под деревьями величина теплопотока, проникающего в почву, значительно меньше, чем на агрофоне пшеницы. В начале октября среднесуточные почвенные теплопотоки становятся отрицательными. Распределение теплопотоков в почвенном профиле способствовало появлению в начале октября в пахотном слое участков под листовенницей и на агрофоне пше-

ницы слоя менее прогретой почвы, чем в выше- и нижележащих слоях. В начале августа из-за защитного воздействия деревьев и лесной подстилки увлажнение поверхностного слоя в лесонасаждениях было заметно ниже, чем на прилегающем агрофоне. Увлажнение в остальных почвенных слоях под лесонасаждениями и на агрофоне было практически одинаковым. В начале октября увлажнение почвенных слоёв на всех участках наблюдения уменьшилось по отношению к летнему в несколько раз.

Keywords: southern chernozem, soil hydrothermal regime, soil temperature, soil moisture, shelter-belt forest plantations.

The paper deals with the study of the hydrothermal regime of the southern chernozem of the Priobskoye Plateau in shelter-belt forest plantations and in the adjacent wheat agricultural background. It was found that in the