

lesakh yugo-vostoka Zapadnoy Sibiri: avtoref. dis. ... dokt. s.-kh. nauk. – Barnaul, 2006. – 32 s.

5. Vadyunina A.F., Korchagina Z.A. Metody issledovaniya fizicheskikh svoystv pochv. – M.: Agropromizdat, 1986. – 416 s.

6. Lunin A.I. Impulsnyy metod opredeleniya teplofizicheskikh kharakteristik vlahzhnykh materialov: dis. ... kand. tekhn. nauk. – M., 1972. – 139 s.

7. Bolotov A.G., Bekhovykh Yu.V., Semenov G.A. Opredelenie teplofizicheskikh svoystv kapillyarno-poristykh tel impulsnym

metodom s ispolzovaniem tekhnologii vizualnogo programmirovaniya // Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2010. – № 6. – S. 37-40.

8. Makarychev S.V., Bekhovykh Yu.V., Bolotov A.G. Sistema termostatirovaniya dlya issledovaniya teplofizicheskikh svoystv pochv // Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2010. – № 6. – S. 23-27.

9. Chudnovskiy A.F. Fizika teploobmenov v pochve. – M.-L.: Gostekhizdat, 1948. – 220 s.



УДК 631.436:631.445.4

М.А. Мазиров, С.В. Макарычев
M.A. Mazirov, S.V. Makarychev

АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ БОГАРНЫХ И ОРОШАЕМЫХ ПОЧВ СЕРОЗЕМНОГО ПОЯСА ЗАПАДНОГО ТЯНЬ-ШАНЯ

AGROECOLOGICAL FEATURES OF THERMOPHYSICAL PROPERTIES OF BOGHARIC AND IRRIGATED SOILS OF THE SIEROZEM BELT OF THE WESTERN TIEN SHAN

Ключевые слов: богарные почвы, орошение, наименьшая влагоемкость, влажность завядания, объемная теплоемкость, теплопроводность, теплоусвояемость.

Одним из обязательных условий повышения почвенного плодородия является создание оптимальных агроэкологических режимов в почвенном профиле. В то же время обширные гидромелиорации приводят к деградации почв, ухудшая их физико-механические и водно-физические показатели. Это оказывает негативное влияние на комплекс теплофизических свойств сероземов. Длительное орошение приводит к уплотнению отдельных генетических горизонтов, особенно иллювиальных. На глубине 30-50 см формируется также более тяжелый гранулометрический состав, что является результатом вымывания илстой фракции и органического вещества из верхнего гумусового слоя. Все это обусловило неоднозначное распределение в профиле орошаемых почв теплофизических характеристик. Так, теплоемкость и теплопроводность растут с глубиной при одновременном снижении теплопроводности. Характерной особенностью орошаемых сероземов является практическое отсутствие

дифференцированности их профиля в отношении температуропроводности. В то же время каждый генетический горизонт орошаемых луговых почв резко отличается один от другого по теплопроводности. В результате граница между слоями является своеобразным тепловым барьером, что замедляет теплообмен в почвенном профиле.

Keywords: bogharic soils, irrigation, field moisture capacity, wilting point, volumetric thermal capacity, thermal diffusivity, thermal conductivity, thermal accessibility.

One of the prerequisites for increasing soil fertility is to create optimal agro-ecological conditions in the soil profile. At the same time, extensive hydrotechnical reclamation leads to soil degradation deteriorating their physical and mechanical, and hydrophysical parameters. This exerts negative effect on the thermophysical properties of sierozems. Long-term irrigation leads to compaction of individual genetic horizons, particularly illuvial ones. Heavier particle-size distribution is formed at a depth of 30-50 cm; this is a result of the clay fraction and organic matter outwashing from the upper humus layer. All this leads to ambiguous distribution of thermophysical curves in

the profiles of irrigated soils. Thermal capacity and thermal conductivity increase with depth along with thermal diffusivity decrease. A characteristic feature of the irrigated sierozems is virtual absence of differentiation of their profiles in terms of thermal diffusivi-

ty. At the same time, genetic horizons of irrigated meadow soils differ greatly from each other in terms of thermal conductivity. As a result, the boundary between the layers is a kind of thermal barrier that slows the heat transfer in the soil profile.

Мазиров Михаил Арнольдович, д.б.н., проф., зав. каф. земледелия и опытного дела, Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева. E-mail: mazirov@mail.ru.

Макарычев Сергей Владимирович, д.б.н., проф., зав. каф. физики, Алтайский государственный аграрный университет. Тел.: (3852) 62-83-53. E-mail: phys_asau@rambler.ru.

Mazirov Mikhail Arnoldovich, Dr. Bio. Sci., Prof., Head, Chair of Agriculture and Experimentation, Russian State Agricultural University – Timiryazev Moscow Agricultural Academy. E-mail: mazirov@mail.ru.

Makarychev Sergey Vladimirovich, Dr. Bio. Sci., Prof., Head, Physics Dept., Altai State Agricultural University. Ph.: (3852) 62-83-53. E-mail: phys_asau@rambler.ru.

Введение

Одним из обязательных условий повышения почвенного плодородия и получения высоких и устойчивых урожаев является создание оптимальных агрофизических и теплофизических режимов в почвенном профиле [1, 2]. В то же время урожайность сельскохозяйственных культур на сероземных почвах Узбекистана в последние десятилетия снижается. Ухудшились техническое состояние оросительных систем и их оснащённость средствами водоучета и управления поливными нормами. Тем не менее имеющийся практический опыт показывает, что в условиях Средней Азии реальный уровень продуктивности орошаемых земель свидетельствует о больших потенциальных возможностях в обеспечении населения продуктами растениеводства.

Следует отметить, что антропогенное воздействие в виде обширных гидромелиораций привело к изменению физико-механических и водно-физических параметров сероземов и тем самым оказало негативное влияние на коэффициенты теплоаккумуляции и теплопередачи их генетических горизонтов.

Объекты и методы

Объектами исследования явились богарные и орошаемые почвы сероземного пояса Западного Тянь-Шаня. **Цель** – экспериментальное изучение влияния гидромелиораций на теплофизические свойства сероземов. В этой связи для определения физико-механических и водно-физических

свойств почв использовались **общепринятые** в почвоведении **методы** [3-5]. Теплофизические показатели измерялись в лаборатории **импульсным методом** плоского нагревателя, а в полевых условиях – **цилиндрическим зондом** [6].

Результаты исследований

Слабое уплотнение пахотного слоя темных и типичных богарных сероземов обусловило невысокие значения их объемной теплоемкости (Р. 121-125 и 128-132). Так, в абсолютно сухом состоянии плотность верхнего (20 см) слоя составила только 1,17-1,20 г/см³ (табл.), в результате теплоемкость – только 0,486x10⁶ Дж/м³ К (Р. 123), а в ряде других профилей она варьировала в пределах от 0,833 до 1,405x10⁶ Дж/м³К.

Распределение объемной теплоемкости с глубиной претерпевает определенные изменения в соответствии с особенностями физико-механических показателей соответствующих разрезов. В темных сероземах (Р. 121, 122, 124) она имеет ярко выраженный максимум на глубинах – 100-150 см, в силу повышенной плотности сложения.

Пахотный горизонт типичных богарных сероземов более теплоемкий (Р. 128-132) из-за повышенной плотности гумусово-аккумулятивного горизонта. Характер распределения объемной теплоемкости в них несколько отличен от темных сероземов: в разрезах 128, 129, 132 она почти неизменна, и только в Р. 130 на глубине 100 см отмечен ее резкий рост.

Температуропроводность (α , м²/с), теплопроводность (λ , Вт/(м К)),
объемная теплоемкость (C_p , Дж/(м³ К)) и теплоусвояемость (β , Дж/(м² К с^{0,5})
темного серозема при различной влажности (Р. 122)

Теплофизические коэффициенты	Глубина, см				
	20	40	100	140	200
При абсолютно сухом состоянии					
α , 10 ⁻⁶	0,32	0,31	0,30	0,28	0,32
λ	0,42	0,45	0,51	0,63	0,47
C_p , 10 ⁶	1,32	1,44	1,72	1,85	1,53
β , 10 ³	0,74	0,80	0,94	1,08	0,85
При влажности завядания					
α , 10 ⁻⁶	0,47	0,46	0,43	0,42	0,43
λ	0,82	0,85	1,05	1,12	0,93
C_p , 10 ⁶	1,61	1,82	2,13	2,25	1,85
β , 10 ³	1,15	1,24	1,50	1,59	1,31
При наименьшей влагоемкости					
α , 10 ⁻⁶	0,42	0,45	0,41	0,40	0,44
λ	1,12	1,31	1,26	1,32	1,40
C_p , 10 ⁶	2,51	2,55	3,23	3,36	2,68
β , 10 ³	1,68	1,82	2,01	2,11	1,94

Коэффициенты температуропроводности обезвоженных пахотных горизонтов отличаются более высокими значениями как в темных, так и в типичных сероземах, а именно $(0,284-0,323) \times 10^{-6}$ м²/с. Вниз по профилю температуропроводность в подпахотном уплотненном слое снижается, а затем практически перестает изменяться во всех исследованных профилях. При этом на обрабатываемых глубинах большее влияние на температуропроводность оказывают падение плотности сложения, увеличение порозности, но не утяжеление гранулометрического состава, подверженного менее значительным изменениям.

В то же время воздействие отмеченных факторов на коэффициент теплопроводности носит иной характер. Следует отметить, что в абсолютно сухом состоянии теплопроводность более тяжелых темных сероземов оказывается ниже, чем типичных легких, по гранулометрическим показателям. Так, верхний слой темных сероземов имеет теплопроводность 0,364-0,441, в то время как типичных – 0,496-0,552 Вт/м К.

Увлажнение значительно увеличивает все теплофизические характеристики, оставляя характер их распределения в генетических горизонтах неизменным как в богарных, так и орошаемых сероземах (Р. 122-134).

Во всем диапазоне увлажнения (от 0 до ПВ) объемная теплоемкость почвенных профилей линейно увеличивается, оставаясь минимальной в менее плотных горизонтах.

Высокой степенью однородности по отношению к теплоаккумуляционным особенностям обладают некоторые профили как темных (Р. 121, 122), так и типичных (Р. 128-132) сероземов, в которых объемная теплоемкость отдельных горизонтов мало отличается. В то же время высокую степень дифференциации имеют профили темных сероземов (Р. 123-125). Это определяет формирование в почвенных профилях напряженных термических условий. Малотеплоемкие горизонты легко пропускают тепловой поток в нижележащие слои почвенного профиля, а горизонты с высокой теплоемкостью способны задерживать и тем самым снижать теплообмен в почвенной

толще. В этом отношении более благоприятны однородные профили, способствующие равномерному прогреванию или охлаждению (в зависимости от сезона) отдельных горизонтов.

Генетической особенностью почв сероземного пояса является также слабая дифференцированность их профиля по отношению к теплопроводности. Анализ показывает, что коэффициент теплопроводности «вырождается» в большинстве изученных сероземных профилей во всем диапазоне почвенных влажностей. Для этих разрезов вполне можно использовать полученные нами ранее уравнения регрессии, те же что и для целинных сероземов с достаточной степенью корреляции. Максимальные значения теплопроводности сероземов не превышают $0,6 \times 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$.

В то же время теплопроводность генетических горизонтов как темных, так и типичных сероземов при увлажнении может значительно отличаться. В этом плане особенно выделяются разрезы 123-125, в которых минимальной теплопроводностью обладают пахотные гумусовые горизонты, наименее уплотненные и более тяжелые по гранулометрическому составу.

С глубиной теплопроводность почвы при различных гидрологических константах закономерно увеличивается. При этом наиболее значительные различия отмечаются при высокой степени почвенного увлажнения. Так, при НВ в иллювиальных горизонтах и почвообразующей породе теплопроводность более чем в два раза отличается от пахотного слоя.

Аналогичное распределение теплопроводности характерно также и для разрезов 130 и 133 типичного серозема. Однако другие профили сероземов, более однородные по плотности сложения и гранулометрическому составу (Р. 121, 122, 128, 129, 132), обладают практически равными значениями теплопроводности во всем диапазоне естественного или искусственного увлажнения.

Следует отметить, что максимальные значения теплопроводности и точки резкого перегиба кривой теп-

лопроводности в тяжелосуглинистых горизонтах отмечены влажности завядания, в то время как в среднесуглинистых – при ВРК.

По гранулометрическому составу староорошаемые сероземные почвы относятся к средним и тяжелым суглинкам. Профиль сероземно-оазисных почв (Р. 31) среднесуглинистый и достаточно однородный как по количеству глинистой, так и илистой фракции. Лугово-иллювиальная почва до глубины 80 см тяжелосуглинистая, ниже – легкосуглинистая и со 100 см – песчаная.

Аналогичен этому профиль болотно-луговой почвы (Р. 37). Тяжелый суглинок орошаемой луговой (Р. 134) почвы с 90 см сменяется легким. Наибольшей неоднородностью отличаются генетические горизонты орошаемой сероземно-луговой почвы (Р. 53). Так, до глубины 60 см она среднесуглинистая, затем до 80 см идет тяжелый суглинок, а слой 120-150 см супесчаный. Ниже расположены глинистые почвообразующие породы.

Как правило, во всех разрезах подпахотный горизонт на глубине 30-50 см имеет более тяжелый гранулометрический состав. Здесь же отмечена максимальная концентрация илистой фракции, что является результатом длительного орошения и вымывания легких дисперсных частиц из верхнего гумусового слоя.

Количество органического вещества с глубиной постепенно снижается. При этом степень гумусированности пахотного горизонта не велика и лежит в пределах 2% за исключением болотно-луговой почвы, в которой она составляет 5,44%.

Постоянное орошение в течение длительного времени сказалось и на формировании плотности сложения генетических горизонтов изученных почвенных профилей. Они, как правило, уплотненные. Верхний слой имеет плотность не ниже $1,27 \text{ г/см}^3$ (Р. 31, 53). В орошаемой луговой почве (Р. 134) она равна $1,38 \text{ г/см}^3$ и только в болотно-луговой почве – лишь $0,99 \text{ г/см}^3$. Подпахотный горизонт уплотнен до $1,46-1,57 \text{ г/см}^3$. Ниже 50-60 см плотность опять снижается.

Гидрологические константы также имеют свои особенности. Максимальная гигроскопичность не превышает 4,5%, хотя в орошаемой луговой почве (Р. 134) она составляет 9-11% из-за повышенного содержания илистой фракции. В то же время НВ оказывается наибольшей в орошаемой болотно-луговой почве – 28-30%.

Эти особенности обусловили неоднородное распределение в профиле орошаемых почв теплофизических коэффициентов. В абсолютно сухом состоянии они являются в основном функцией плотности. Особенно наглядно этот результат можно наблюдать на профилях с однородным гранулометрическим составом. При этом объемная теплоемкость и теплопроводность с глубиной возрастают по мере уплотнения, в то время как температуропроводность падает. Наиболее сильно варьируют тепловые характеристики в орошаемой болотно-луговой почве. Теплоемкость здесь увеличивается в 4 раза по сравнению с пахотным слоем, а температуропроводность снижается в 1,5 раза. Наличие слабо уплотненных прослоек приводит к уменьшению теплоемкости и теплопроводности, но к возрастанию температуропроводности (Р. 53). Увлажнение практически не меняет закономерности изменения теплофизических характеристик в почвенном профиле, но диапазоны их варьирования значительно расширяются.

Рост влагосодержания линейно увеличивает объемную теплоемкость.

При одинаковой степени увлажнения генетических горизонтов объемная теплоемкость и теплопроводность имеют наименьшие значения в верхнем, гумусовом слое, а с глубиной они возрастают. При этом с повышением влажности почвы объемная теплоемкость наиболее существенно изменяется в наименее плотном высокопористом слое. В диапазоне влажности от 0 до 40% от веса абсолютно сухой карбонатной, выщелоченной и типичной сероземной почвы она увеличивается на 72-73%.

Одинаковый характер изменения теплоемкости является следствием практиче-

ски равной плотности сложения гумусового горизонта. В более плотном слое 1,52-1,58 г/см³ эти изменения составляют 64-65%. Вместе с тем скорость возрастания объемной теплоемкости с ростом влажности почвы становится с глубиной все более выраженной. Поэтому при переходе от гумусового горизонта к более плотным слоям угол наклона графиков теплоемкости увеличивается. Все три почвенных подтипа горных коричневых почв в целом характеризуются невысокой теплоемкостью гумусово-аккумулятивных слоев.

Теплопроводность генетических горизонтов горных коричневых почв при увлажнении закономерно увеличивается. Следует отметить, что характер зависимости везде одинаков: до определенной влажности (15-17% от веса абсолютно сухой почвы) теплопроводность резко растет. Дальнейшее увлажнение вызывает замедление роста теплопроводности горизонтов почвенных подтипов.

Качественный характер изменения температуропроводности почвенных подтипов в зависимости от степени их увлажнения также одинаков. Общим является то, что коэффициент температуропроводности почвенных горизонтов исследованных почв при определенном увлажнении имеет максимальное значение.

Если плотность сложения генетических горизонтов почв меняется слабо, то графики теплоемкости близки или накладываются друг на друга, т. е. «вырождаются».

Характерной особенностью исследованных орошаемых почв сероземного пояса является слабая дифференцированность их горизонтов по температуропроводности. Исключение представляет Р. 37 орошаемый болотно-луговой почвы, в которой наименее уплотнен пахотный горизонт. Общим для кривых температуропроводности в различных подтипах орошаемых почв является их незначительное относительное увеличение. Максимум температуропроводности отмечается в пределах 12-16% от веса почвы, что близко к ВРК [7].

Иную картину представляют собой зависимость теплопроводности от степени почвенного увлажнения. Каждый генетический горизонт орошаемых луговых почв по скорости теплопереноса обособлен (Р. 35, 37, 53). Поэтому граница между ними создает своеобразный тепловой барьер, что замедляет теплообмен между почвенными слоями. При этом наименьшими значениями теплопроводности характеризуется профиль орошаемой сероземно-оазисной почвы. Это подтверждается данными исследования термических полей в профилях указанных почв. Так, после полива на пятый день изменение температуры на глубинах 5, 10, и 20 см по сравнению с предполивным днем на орошаемой сероземно-оазисной почве ниже, чем на других разрезах. То есть поток тепла в ней распространяется быстрее, что обусловило повышенное прогревание деятельного слоя почвы. Эти изменения составили, соответственно, 5; 4,5 и 2,5°C. На лугово-аллювиальных почвах они равны 9,5; 5,6 и 1,8°C. Таким образом, в более теплоемких почвенных профилях, дифференцированных по теплопроводности, прогревание почвы задерживается, делая их «холодными». Поэтому поливные нормы здесь, если требуется быстрое прогревание, должны быть уменьшены чтобы поддерживать влажность на уровне 0,75 НВ. Для этого необходимо снижать поливные нормы на фоне увеличения их количества.

Заключение

По гранулометрическому составу староорошаемые сероземные почвы относятся к средним и тяжелым суглинкам. Как правило, подпахотный горизонт более дисперсный, обогащенный илистой фракцией, что является результатом вымывания легких частиц ила из гумусово-аккумулятивного слоя. Длительное орошение приводит к уплотнению генетических горизонтов, особенно иллювиального, в котором плотность сложения почвы достигает 1,46-1,57 г/см³.

Это обусловило неоднозначное распределение теплофизических свойств сероземов в почвенном профиле. Так, с

глубиной теплоемкость и теплопроводность возрастают по мере уплотнения, в то время как температуропроводность снижается. Характерной особенностью исследованных орошаемых почв сероземного пояса является слабая дифференцированность их горизонтов по температуропроводности.

Кроме того, в более теплоемких почвенных профилях, дифференцированных по теплопроводности, прогревание почвы весной задерживается. Поэтому для его ускорения необходимо поддерживать влажность пахотных горизонтов на уровне 0,75 НВ, уменьшая поливные нормы, но увеличивая их количество.

Библиографический список

1. Бурлакова Л.М. Плодородие алтайских черноземов в системе агроценоза. – Новосибирск: Наука, 1984. – 297 с.
2. Мазиров М.А., Макарычев С.В. Теплофизика почв: антропогенный фактор. – Суздаль: Изд-во Владимирского НИИСХ, 1997. – Т. 2 – 186 с.
3. Шеин Е.В. Курс физики почв. – М.: Изд-во МГУ, 2005. – 432 с.
4. Шеин Е.В., Гончаров В.М. Агрофизика. – Ростов н/Д: Феникс, 2006. – 400 с.
5. Агрофизические методы исследования почв. – М.: Наука, 1966. – 257 с.
6. Макарычев С.В. Теплофизический мониторинг орошаемых почв Юго-Западной Сибири // Проблемы экологии Томской области. – Томск, 1992. – Т. 2. – С. 101-103.
7. Макарычев С.В., Мазиров М.А. Физические основы экологии: учебное пособие. – Владимир: Изд-во Вл. НИИСХ, 2000. – 244 с.

References

1. Burlakova L.M. Plodorodie altayskikh chernozemov v sisteme agrotsenoza. – Novosibirsk: Nauka, 1984. – 297 s.
2. Mazirov M.A., Makarychev S.V. Teplofizika pochv: antropogennyy faktor. Tom 2. – Suzdal: Izd-vo Vladimirskogo NIISKh, 1997. – 186 s.
3. Shein E.V. Kurs fiziki pochv. – M.: Izd-vo MGU, 2005. – 432 s.

4. Shein E.V., Goncharov V.M. Agrofizika. – Rostov-na-Donu: Feniks, 2006. – 400 s.
5. Agrofizicheskie metody issledovaniya pochv. – M.: Nauka, 1966. – 257 s.
6. Makarychev S.V. Teplofizicheskiy monitoring oroshaemykh pochv Yugo-Zapadnoy Sibiri // Problemy ekologii Tomskoy oblasti. – Tomsk, 1992. – T. 2. – S. 101-103.
7. Makarychev S.V., Mazirov M.A. Fizicheskie osnovy ekologii: uchebnoe posobie. – Vladimir: Izd-vo Vl. NIISKh, 2000. – 244 s.



УДК 633.412:631.67:631.445.4:53(571.15)

**С.В. Макарычев,
Н.И. Зайкова, В.Ю. Патрушев
S.V. Makarychev,
N.I. Zaykova, V.Yu. Patrushev**

РЕГУЛИРОВАНИЕ ВОДНОГО РЕЖИМА ЧЕРНОЗЕМА ПРИ ОРОШЕНИИ ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР

REGULATION OF CHERNOZEM WATER REGIME UNDER IRRIGATION OF VEGETABLE CROPS

Ключевые слова: водный режим, режим орошения, поливная норма, оросительная норма, предполивная влажность, наименьшая влагоемкость.

Любое регулирование водного режима основывается на учете климатических и почвенных условий, а также потребностей выращиваемых культур в воде. При этом восполнение дефицитов влаги в почве проводят путем периодических поливов. Для возделывания столовой свёклы рекомендуется различный нижний предел влажности почвы в пределах от 60 до 85% НВ. При поддержании предполивной влажности 65-75% НВ в 2011 г. были проведены 4 полива с нормами 250-450 м³/га, а при 75-85% НВ – 5 поливов с нормами 200-400 м³/га. В засушливом 2012 г. потребовалось 6 и 7 поливов соответственно. При различных уровнях предполивной влажности почвы оросительный период для столовой свёклы неодинаков. В 2011 г. при поддержании предполивной влажности 65-75% НВ он длился с 17 июня по 15 августа, а при 75-85% НВ – с 13 июня по 22 августа, т.к. потребовалось большее количество поливов. В 2012 г. май был беден на осадки, поэтому первый полив проведен уже 1 июня. Завершился оросительный период 20 августа. При этом столовая свёкла поливалась 6 и 7 раз соот-

ветственно в зависимости от предполивной влажности.

Keywords: water regime, irrigation regime, irrigation rate, pre-irrigation moisture, field moisture capacity.

Any water regulation is based on the account of the climatic and soil conditions as well as the crop water requirements. At the same time, soil moisture deficit is compensated by periodic irrigation. Red beet cultivation requires varying lower limit of soil moisture from 60% to 85% of field moisture capacity (FMC). To maintain pre-irrigation moisture of 65-75% of FMC in 2011, we applied 4 irrigations of 250-450 sq. m per ha; at 75-85% of FMC – 5 irrigations of 200-400 sq. m per ha. Under the drought of 2012, it took 6 and 7 irrigations, respectively. Irrigation periods for red beet are not the same at different levels of pre-irrigation soil moisture. In 2011, to maintain the pre-irrigation moisture of 65-75% of FMC, it lasted from June 17 to August 15, and 75-85% of FMC – from June 13 to August 22, since more irrigation was required. In 2012, rainfall was poor in May, so the first irrigation was applied on the 1st of June. The irrigation period was completed on the 20th of August. Red beet was irrigated 6 and 7 times, respectively, depending on the pre-irrigation moisture.

Макарычев Сергей Владимирович, д.б.н., проф., зав. каф. физики, Алтайский государственный аграрный университет. Тел.: (3852) 62-83-53. E-mail: phys_asau@rambler.ru.

Makarychev Sergey Vladimirovich, Dr. Bio. Sci., Prof., Head, Physics Dept., Altai State Agricultural University. Ph.: (3852) 62-83-53. E-mail: phys_asau@rambler.ru.