

fimov, S.V. Makarychev, A.N. Ivanov // Plodorodie. – 2006. – No. 4 (31). – S. 15-16.

4. Konyaev N.F. Luk repchatyy / N.F. Konyaev. – Sverdlovsk, 1959. – 67 s.

5. Kruzhilin I.P. Biologicheskoe zemledelie, problemy i puti osvoeniya na Altae / I.P. Kruzhilin, V.P. Chasovskikh. – Barnaul: Altay, 2002. – 234 s.

6. Kruzhilin A.S. Biologiya i oroshenie luka / A.S. Kruzhilin // Kartofel i ovoshchi. – 1979. – No. 6. – S. 33-34.

7. Vadyunina A.F. Metody issledovaniya fizicheskikh svoystv pochvy / A.F. Vadyunina, Z.A. Korchagina. – Moskva: Agropromizdat, 1986. – 416 s.

8. Bolotov A.G. Elektronnyy izmeritel temperatury pochvy / A.G. Bolotov, S.V. Makarychev, Yu.V. Bekhovykh // Problemy prirodopolzovaniya na Altae. – Sb. nauch. tr. molodykh uchenykh. – Barnaul: Izd-vo AGAU, 2001. – S. 55-57.

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

10. Bolotov A.G. Metod opredeleniya temperaturoprovodnosti pochvy // Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2015. – No. 7 (129). – S. 74-79.

11. Shein E.V. Modelirovanie teplovogo rezhima pochvy po amplitude temperatury prizemnogo vozdukha / E.V. Shein, A.G. Bolotov, M.A. Mazirov, A.I. Martynov // Zemledelie. – 2017. – No. 7. – S. 24-28.

12. Reger A.I. Resursy tepla i vlagi v chernozemakh Altayskogo Priobya pod ovoshchnymi kulturami // Sb. materialov VI konf. studentov. – Kemerovo: Izd. KemGSKhI, 2007. – S. 85-86.

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

14. Kaurichev I.S. Pochvovedenie / I.S. Kaurichev, L.N. Aleksandrova, N.P. Panov i dr. – Moskva: Kolos, 1982. – 496 s.

15. Bolotov A.G., Shein E.V., Makarychev S.V. (2019). Water retention capacity of soils in the Altai Region. *Eurasian Soil Sci.* 52 (2): 187-192.



УДК 631.445.4:635.2(571.15)

А.А. Левин, С.В. Макарычев, А.А. Томаровский
A.A. Levin, S.V. Makarychev, A.A. Tomarovskiy

ВОДНЫЙ РЕЖИМ ПОЧВЕННОГО ПРОФИЛЯ ПОД ЯГОДНЫМИ КУЛЬТУРАМИ И ПАРАМЕТРЫ ЕГО РЕГУЛИРОВАНИЯ

THE WATER REGIME OF A SOIL PROFILE UNDER BERRY CROPS AND THE PARAMETERS OF ITS REGULATION

Ключевые слова: чернозем, земляника, жимолость, плотность, наименьшая влагоемкость, запасы влаги, дефицит влаги, поливная норма.

Фруктово-ягодные культуры требуют высокого почвенного плодородия, а также соответствующих режимов тепла и влаги, поскольку именно они являются лимитирующими факторами. В этой связи создание оптимальных агрофизических условий необходимо для увеличения ягодной продукции, что требует регулирования степени увлажнения корнеобитаемого слоя почвы. Исследования показали, что продуктивные запасы влаги в черноземе под земляникой в 2001 г. в пахотном слое составляли 12 и 14 мм соответственно, поэтому дефицит почвенной влаги оказался равен 35-37 мм, а расте-

ния земляники находились в угнетенном состоянии. Для получения высокого урожая ягод необходимо было поддерживать почвенное увлажнение орошением. В июне поливные нормы в слое 0-20 см достигали 370 т/га на земляничных участках и 240 т/га под жимолостью. В сентябре перед уходом в зиму также возникла необходимость проведения влагозарядки в объеме от 300 до 400 м³/га для обеспечения комфортных условий перезимовки ягодных культур. Летом 2002 г. в июле-августе под жимолостью влажность чернозема в верхнем 20-сантиметровом слое варьировала в пределах ВЗ-ВРК. Другими словами, продуктивные запасы влаги под земляникой в июне и августе были неудовлетворительными. Особенно в августе, когда дефицит воды составил 47,3 мм, а ПЗВ оказались равны 1,4 мм. Поэтому полив-

ная норма в июне достигла 340 т/га, что потребовало двукратного полива по 170 т/га. В августе дефицит доступной влаги превысил 47 мм, что обусловило необходимость полива в 470 т/га. Под насаждениями жимолости дефицит доступной влаги в почве в июле вырос до 25 мм. В августе условия увлажнения ухудшились до неудовлетворительного состояния. В результате полив нужно было проводить нормой 510 т/га.

Keywords: *chernozem, strawberries, honeysuckle, density, lowest moisture capacity, soil moisture storage, moisture deficit, irrigation rate.*

Fruit and berry crops require high soil fertility as well as appropriate heat and moisture regimes since they are these are the limiting factors. In this regard, the creation of optimal agrophysical conditions is required to increase berry production, and this requires the regulation of the moisture content in the root layer of the soil. The studies determined that the available moisture storage in the chernozem under strawberries in 2001 in the arable layer were 12 and 14 mm, respectively, so the soil moisture deficit was 35-37 mm, and strawberry plants were in a depressed

state. To obtain a high yield of berries, soil moisture had to be maintained by irrigation. In June, irrigation rates in the 0-20 cm layer reached 370 t ha on strawberry plots and 240 t ha on honeysuckle plots. In September, before overwintering, fall irrigation was required in the amount of 300 to 400 m³ ha to ensure comfortable conditions for berry crop overwintering. In the summer of 2002, in July and August, under honeysuckle, the moisture content of chernozem in the upper 20 cm layer varied within the wilting moisture and discontinuous capillary moisture. It means that the available moisture storage under the strawberries in June and August was unsatisfactory especially in August when the water deficit was 47.3 mm, and the available moisture was equal to 1.4 mm. Therefore, the irrigation rate in June reached 340 t ha which required two irrigations of 170 t ha. In August, the deficit of available moisture exceeded 47 mm which required irrigation of 470 t ha. Under honeysuckle plantations, the deficit of available moisture in the soil in July increased to 25 mm. In August, the moisture conditions deteriorated to an unsatisfactory state. As a result, the irrigation with a rate of 510 t ha was required.

Левин Алексей Анатольевич, к.с.-х.н., доцент каф. геодезии, физики и инженерных сооружений, Алтайский государственный аграрный университет. E-mail: phys_asau@rambler.ru.

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

Томаровский Алексей Анатольевич, к.с.-х.н., доцент, декан фак-та природообустройства, Алтайский государственный аграрный университет. E-mail: phys_asau@rambler.ru.

Levin Aleksey Anatolyevich, Cand. Agr. Sci., Assoc. Prof., Chair of Geodesy, Physics and Engineering Structures, Altai State Agricultural University. E-mail: Phys_asau@rambler.ru.

Makarychev Sergey Vladimirovich, Dr. Bio. Sci., Prof., Chair of Geodesy, Physics and Engineering Structures, Altai State Agricultural University. E-mail: phys_asau@rambler.ru.

Tomarovskiy Aleksey Anatolyevich, Cand. Agr. Sci., Assoc. Prof., Dean, Environmental Engineering Dept., Altai State Agricultural University. E-mail: phys_asau@rambler.ru.

Введение

Фрукты и ягоды являются обязательной компонентой пищевого рациона человека. Они позволяют нашему организму получать важные вещества и микроэлементы, такие как углеводы, органические кислоты, ароматические и минеральные соединения и витамины. Ягодная продукция обладает также лечебными свойствами, что укрепляет здоровье и повышает трудоспособность человека [1].

Фруктово-ягодные культуры в то же время требуют оптимальных условий произрастания и высокого почвенного плодородия [2-4], т.е. обеспечения питательными элементами, а также соответствующих агрофизических свойств почвы. К ним относятся режимы тепла и влаги, плотность сложения, дисперсность и др.

Гидротермический режим является основным фактором, который отвечает за интенсивность окисления и восстановления, за усвоение элементов питания, жизнедеятельность почвенной микрофлоры, за рост и развитие корневой системы и, в итоге, за урожай. С другой стороны, потоки тепла и движение влаги в почвенном профиле определяются градиентами температуры и влажности в его генетических горизонтах. В садоводствах Алтая в настоящее время недостаточно сведений о процессах водно-теплового состояния почв. Поэтому изучение гидротермических режимов во взаимодействии с агрометеорологическими приемами для выращивания ягодных культур остается актуальным и сейчас.

Знание законов формирования водного режима в почвенных горизонтах с учетом динами-

ки их агрофизических свойств, особенностей растительного покрова очень важно в связи с разработкой мероприятий по управлению процессами аккумуляции и распространения влаги в профиле черноземов в течение вегетации [5].

Объекты и методы

Цель исследований – изучение водно-физического состояния в почве и приемов его регулирования. Объектом изучения выбран чернозем выщелоченный, расположенный на территории НИИСС им. М.А. Лисавенко, а также растения земляники и жимолости. При этом использованы термометры и зонды для определения температуры и тепловых свойств черноземов [6-8]. Влажность измерена с помощью весового метода [9, 10].

Результаты исследований

В Алтайском крае наиболее распространены ягодными культурами являются земляника, жимолость, смородина черная и красная, облепиха, малина и др. Земляника представляет род *Fragaria Juss* семейства *Rosaceae Juss*. В плодах земляники имеются сухие вещества (8-11%), сахара (4-8%), кислоты (0,4-1,3%) и витамины.

Земляника образует кусты, состоящие из разветвленных стеблей, усов, цветоносов и листвы. Практически вся ее корневая система (до 80%) распространяется до глубины не более 30 см. Земляника зимостойка, но в бесснежную осень погибает, так как для корней критической температурой будет -8°C . Она светолюбива. Из-за поверхностной корневой системы и значительного количества листьев рост и развитие культуры зависит в первую очередь от ее обеспеченности водой. При этом даже короткие периоды засухи приводят к низким урожаям. Но излишек влаги негативно отражается на состоянии растений [1].

Широко распространена в Алтайском крае жимолость съедобная, относящаяся к роду *Lonicera L.*, семейству *Caprifoliaceae Vent.* Она имеет высокую зимостойкость и раннее созревание ягод, что удлиняет сроки употребления свежих плодов. Ягоды содержат сахара, кисло-

ты, сухие вещества, пектины. Их применяют в качестве укрепляющих сосудов средств, а также при язвах и болезнях печени. Кусты жимолости растут до 1-1,5 м. Раннее плодоношение способствует хорошей перезимовке культуры. Корневая система располагается в горизонте до 50 см, но может осваивать и более глубокие слои почвы. Жимолость светолюбива. В тени она плодоносит слабо. Переувлажнение за счет грунтовых вод негативно сказывается на состоянии культуры.

Изученный нами чернозем выщелоченный обладает суглинистым гранулометрическим составом. Содержание глинистой фракции в пахотном слое близко к 36%. Много крупной пыли (до 45%). В результате чернозем обладает слабой водопроницаемостью (не более 18 мм/ч). Общеземные параметры показаны в таблице 1.

Данные таблицы 1 свидетельствуют о том, что плотность сложения почвы до глубины 60 см возрастает в малых пределах. Соответственно, порозность снижается при этом только на 2,5%, а содержание гумуса изменяется с 3,8 до 1,6%.

В таблице 2 содержатся данные по водно-физическим характеристикам чернозема, таким как влажность завядания (ВЗ), наименьшая влагоемкость (НВ) и полная влагоемкость (ПВ), которые важны при рассмотрении вопроса об оросительных мероприятиях.

Ягодные культуры в годы исследований были хорошо обеспечены теплом. Сумма суточных температур воздуха в среднем в 2001 г. составила 2570°C , и в 2002 г. – 2445°C . Количество осадков за вегетацию соответствовало 191 и 229 мм. Абсолютный минимум температуры поверхности почвы (на бесснежном участке) достигал -50°C в январе 2001 г., летом значение абсолютного максимума доходило до $+52,5^{\circ}\text{C}$, в мае того же года.

Зимой 2001-2002 гг. сумма температур с декабря по февраль оказалась равной -966°C , а зимой 2002-2003 гг. достигла -1275°C . Сравнение месячных температур в течение вегетационного периода показало, что наиболее жарким оказался август 2001 г. с суммой температур 600°C . Снег, как правило, ложился к концу ок-

тября – началу ноября, а полностью стаивал во второй половине апреля.

Агротехнические приемы по уходу за земляникой заключались в поддержании рыхлого состояния почвы, в поливах, внесении удобрений, а также в удалении молодых побегов (усов). Влагосодержание чернозема необходимо было поддерживать в пределах, близких к 0,75 НВ, особенно в пахотном горизонте. Поэтому по мере иссушения почвенного профиля проводились поливы определенной нормой. Она должна соответствовать величине влажности, при которой не наблюдается заплывания почвы и ее смыва. Распределение запасов влаги и ее дефицит на различной глубине почвы под ягодными культурами в период вегетации 2001 г. отражено в таблице 3.

Прежде всего следует отметить, что максимум увлажнения чернозема 01.06 составлял в пахотном горизонте 25,6% от массы почвы под жимолостью. Минимум влажности при этом наблюдался под земляникой из-за интенсивной транспирации. В почвенном профиле на глубине 1 м влагосодержание на исследованных вариантах составило около 19%. А 12-13 июля наблюдалось иссушение гумусового горизонта под земляникой до 10,7%, что равно ВЗ. Под кустами жимолости влажность верхнего 10-сантиметрового слоя составила 17% от массы сухой почвы. Однако на глубине 50 см увлажнение почвы упало до 9%.

Анализ данных таблицы 3 дает представление о распределении влаги по глубине и во времени. Так, продуктивные запасы влаги в черноземе под земляникой в начале лета и осенью в пахотном слое (0-20 см) практически не измени-

лись и составляли 12 и 14 мм соответственно. За счет прошедших ранее дождей на глубине 20-60 см второго июня недостаток доступной влаги оказался незначительным (до 6 мм). Но в гумусовом горизонте в указанные сроки имел место большой дефицит увлажнения, который составлял 35-37 мм. Таким образом, растения земляники испытывали хронический недобор влаги и находились в угнетенном состоянии. Под жимолостью недостаток влаги в отмеченный срок в июне оказался также малым (1-5 мм). Но в сентябре эта культура испытывала острый дефицит продуктивной влаги (до 43 мм). По шкале, разработанной А.Ф. Вадюниной и З.А. Корчагиной, продуктивные влагозапасы меньше 20 мм в слое 0-20 см (как в сентябре) являются неудовлетворительными. Следовательно, для получения высокого урожая ягод необходимо было поддерживать почвенное увлажнение, применяя оросительные мелиорации. В июне поливные нормы составляли около 370 т/га на земляничных участках и 240 т/га под жимолостью. При этом на землянике необходимо было провести два полива по 200 и 170 т/га для исключения заплывания почвы.

В сентябре перед уходом в зиму также возникла необходимость проведения влагозарядки в объеме от 300 до 400 м³/га для обеспечения комфортных условий перезимовки ягодных культур. Для почвенной толщи мощностью 60 см в сентябре с целью ликвидации дефицита влаги под земляникой потребовалось бы 900 т/га воды четырехкратной поливной нормой по 220 т/га, а на участках с жимолостью – 1100 т/га.

Данные таблицы 4 дают представление о запасах влаги летом 2002 г.

Таблица 1

Плотность сложения (кг/м³), общая порозность (% от объема) и содержание гумуса (%) в черноземе

Слой, см	Плотность, кг/м ³	Порозность, %	Гумус, %
0-20	1230	51,7	3,8
20-40	1230	50,4	2,9
40-60	1330	49,2	1,6

Таблица 2

Гидрологические константы чернозема выщелоченного, мм

Слой, см	ВЗ	НВ	ПВ
0-20	21,2	64,9	99,9
20-40	19,4	58,1	89,5
40-60	20,2	59,8	93,1

Таблица 3

Запасы влаги в черноземе под ягодными культурами на разной глубине и дефицит почвенной влаги (мм) в июне и сентябре 2001 г.

Срок	2 июня 2001 г.			19 сентября 2001 г.		
	0-20	20-40	40-60	0-20	20-40	40-60
Земляника						
ОЗВ	33,2	56,6	64,6	35,2	30,0	43,1
ПЗВ	12,0	37,2	44,4	14,0	10,6	22,9
Дефицит	36,7	6,4	0,5	34,7	33,0	22,0
Жимолость						
ОЗВ	45,5	61,5	59,8	30,8	31,2	22,6
ПЗВ	24,3	42,1	39,6	9,6	11,8	2,4
Дефицит	24,4	1,5	5,3	39,1	31,8	42,5

Таблица 4

Запасы влаги в черноземе под ягодными культурами на разной глубине и дефицит почвенной влаги (мм) летом 2002 г.

Срок	12 июня 2002 г.			12 июля 2002 г.			19 августа 2002 г.		
	0-20	20-40	40-60	0-20	20-40	40-60	0-20	20-40	40-60
Земляника									
ОЗВ	35,7	44,3	46,0	54,1	47,2	47,9	22,6	38,4	29,3
ПЗВ	14,5	24,9	25,8	32,9	27,8	27,7	1,4	19,0	9,1
Δ	34,2	18,7	19,1	15,8	15,8	17,2	47,3	24,6	35,8
Жимолость									
ОЗВ	52,9	56,6	41,2	45,3	38,1	35,4	19,2	29,5	29,8
ПЗВ	31,7	37,2	21,0	24,1	18,7	15,2	-2,0	10,1	9,6
Δ	17,0	6,4	23,9	24,6	24,9	29,7	50,7	33,5	35,3

Летом 2002 г. наблюдения за режимом влажности в черноземе, занятом земляникой и жимолостью, продолжались. Подчеркнем, что в формировании влагосодержания в почвенном профиле под влиянием погодных условий произошли определенные изменения. Так, в июле под жимолостью влажность чернозема в верхнем 20-сантиметровом слое оказалась ниже влажности разрыва капиллярных связей (ВРК), а под земляникой превысила ее. В августе на всех вариантах влажность почвы в этом горизонте варьировала в пределах ВЗ-ВРК.

Анализ результатов исследований, представленных в таблице 4, позволяет сделать вывод о том, что летом 2002 г. продуктивные запасы влаги в пахотном слое чернозема под земляникой в июне и августе были неудовлетворительными. Особенно в последнем случае, когда дефицит воды составил 47,3 мм, а ПЗВ оказались равны 1,4 мм. В результате возникли крайне неблагоприятные условия для растений. Поэтому потребовалось орошение. При этом поливная норма в июне для слоя 0-20 см составила 340 т/га, что потребовало двукратного полива по 170 т/га. В августе дефицит доступной влаги превысил 47 мм, что обусловило необходимость полива в 470 т/га. Для промачивания всего 60-сантиметрового слоя потребовалось бы более 1000 т/га.

Под насаждениями жимолости дефицит доступной влаги в почве был небольшим только в июне. Но уже в июле он вырос в пахотном слое до 25 мм, а во всей почвенной толще – даже до 790 т/га. В августе условия увлажнения чернозема еще более ухудшились до неудовлетворительного состояния, а в верхнем 20-сантиметровом слое доступной влаги не оказалось вовсе. Именно в нем поливная норма достигла максимума в 510 т/га, что обусловило ее деление на три полива по 170 т/га.

Таким образом, 2001 г. по условиям увлажнения оказался более благоприятным, особенно для земляники в период плодоношения. В то же время почва под насаждениями жимолости испытывала острый дефицит почвенной влаги,

особенно в августе во все годы наблюдений за водным режимом.

Выводы

1. Ягодные культуры в годы исследований были хорошо обеспечены теплом. Сумма суточных температур воздуха в среднем в 2001 г. составила 2570°C, и в 2002 г. – 2445°C. Количество осадков за вегетацию соответствовало 191 и 229 мм.

2. Продуктивные запасы влаги в черноземе под земляникой в начале лета и осенью 2001 г. в пахотном слое (0-20 см) составляли только 12 и 14 мм соответственно. Для обеспечения растений доступной влагой необходимы были поливные нормы, равные 370 т/га на земляничных участках и 240 т/га под жимолостью. При этом на землянике необходимо было провести два полива по 200 и 170 т/га для исключения заплывания почвы.

3. Летом 2002 г. продуктивные запасы влаги в пахотном слое чернозема под земляникой в июне и августе были неудовлетворительными. Особенно в последнем случае, когда дефицит воды составил 47,3 мм, а ПЗВ оказались равны 1,4 мм. Для его ликвидации поливная норма в июне для слоя 0-20 см достигла 340 т/га, что потребовало двукратного полива по 170 т/га. В августе дефицит доступной влаги превысил 47 мм, что обусловило необходимость полива в 470 т/га.

4. Под насаждениями жимолости дефицит доступной влаги в почве был незначительным только в июне. Но уже в июле он вырос в пахотном слое до 25 мм. В августе условия увлажнения чернозема еще более ухудшились до неудовлетворительного состояния, а в верхнем 20-сантиметровом слое доступной влаги не оказалось вовсе. Поэтому поливная норма достигла максимума в 510 т/га, что обусловило ее деление на три полива по 170 т/га.

Библиографический список

1. Рыжков, А. П. Сибирское плодоводство. Часть II: учебное пособие / А. П. Рыжков;

ОМСХИ. – Омск, 1993. – 200 с. – Текст: непосредственный.

2. Бурлакова Л. М. Плодородие алтайских черноземов в системе агроценоза / Л. М. Бурлакова. – Новосибирск: Наука, СО, 1984. – 198 с. – Текст: непосредственный.

3. Трофимов, И. Т. Использование дефеката для известкования почв Западной Сибири / И. Т. Трофимов, С. В. Макарычев, А. Н. Иванов. – Текст: непосредственный // Плодородие. – 2006. – № 4 (31). – С. 15-16.

4. Зинченко, С. И. Почвы и растения / С. И. Зинченко, М. А. Мазиров, М. К. Зинченко. – Москва: ВлНИИСХ РАСХН, 2008. – 284 с. – Текст: непосредственный.

5. Bolotov A.G., Shein E.V., Makarychev S.V. (2019). Water retention capacity of soils in the Altai Region. *Eurasian Soil Sci.* 52 (2): 187-192.

6. Болотов, А. Г. Электронный измеритель температуры почвы / А. Г. Болотов, С. В. Макарычев, Ю. В. Беховых. – Текст: непосредственный // Проблемы природопользования на Алтае: сборник научных трудов молодых ученых. – Барнаул: Изд-во АГАУ, 2001. – С. 55-57. – Текст: непосредственный.

7. Шеин, Е. В. Определение профильного распределения температуры почвы на основании температуры ее поверхности / Е. В. Шеин, А. Г. Болотов, М. А. Мазиров, А. И. Мартынов. – Текст: непосредственный // Земледелие. – 2018. – № 7. – С. 26-29.

8. Болотов, А. Г. Метод определения теплопроводности почвы / А. Г. Болотов. – Текст: непосредственный // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2015. – № 7 (129). – С. 74-79.

9. Вадюнина, А. Ф. Методы исследования физических свойств почвы / А. Ф. Вадюнина, З. А. Корчагина. – Москва: Агропромиздат, 1986. – 416 с. – Текст: непосредственный.

10. Почвоведение / И. С. Кауричев, Л. Н. Александрова, Н. П. Панов [и др.]. –

Москва: Колос, 1982. – 496 с. – Текст: непосредственный.

References

1. Ryzhkov A.P. Sibirskoe plodovodstvo. Chast II. Ucheb. posobie / OmSKhI. – Омск, 1993. – 200 s.

2. Burlakova L.M. Plodorodie Altayskikh chernozemov v sisteme agrotsenoza. – Novosibirsk: Nauka SO, 1984. – 198 s.

3. Trofimov I.T. Ispolzovanie defekata dlya izvestkovaniya pochv Zapadnoy Sibiri / I.T. Trofimov, S.V. Makarychev, A.N. Ivanov // Plodorodie. – 2006. – No. 4 (31). – S. 15-16.

4. Zinchenko S.I. Pochvy i rasteniya / S.I. Zinchenko, M.A. Mazirov, M.K. Zinchenko. – Moskva: VINIISKh RASKhN, 2008. – 284 s.

5. Bolotov A.G., Shein E.V., Makarychev S.V. (2019). Water retention capacity of soils in the Altai Region. *Eurasian Soil Sci.* 52 (2): 187-192.

6. Bolotov A.G. Elektronnyy izmeritel temperatury pochvy / A.G. Bolotov, S.V. Makarychev, Yu.V. Bekhovykh // Problemy prirodopolzovaniya na Altae. – Sb. nauch. tr. molodykh uchenykh. – Barnaul: Izd-vo AGAU, 2001. – S. 55-57.

7. Shein E.V. Opredelenie profilnogo raspredeleniya temperatury pochvy na osnovanii temperatury ee poverkhnosti / E.V. Shein, A.G. Bolotov, M.A. Mazirov, A.I. Martynov // Zemledelie. – 2018. – No. 7. – S. 26-29.

8. Bolotov A.G. Metod opredeleniya temperaturoprovodnosti pochvy // Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2015. – No. 7 (129). – S. 74-79.

9. Vadyunina A.F. Metody issledovaniya fizicheskikh svoystv pochvy / A.F. Vadyunina, Z.A. Korchagina. – Moskva: Agropromizdat, 1986. – 416 s.

10. Kaurichev I.S. Pochvovedenie / I.S. Kaurichev, L.N. Aleksandrova, N.P. Panov i dr. – Moskva: Kolos, 1982. – 496 s.

