

6. Методика государственного испытания сельскохозяйственных культур. Декоративные культуры. – Москва: Колос, 1968. – Вып. 6. – 223 с. – Текст: непосредственный.

7. Iris encyclopedia. The American Iris Society. <https://wiki.irises.org/Main/Spix>.

References

1. Rodionenko G.I. Postigaia tainy prirody (Sudba moia – irisy). – Sankt-Peterburg: RIO GBOU SPO «SPbIPT», 2013. – 260 s.

2. Rodionenko, G.I., Tikhonova M.E. Irisy (naibolee prigodnye dlia severnykh raionov i dlia oformleniia vodoemov povsiudu) / G.I. Rodionenko, M.E. Tikhonova. – Tver: Informservis Ltd, 1994. – 112 s.

3. Alekseeva N.B. Novyi vid roda Iris L. (Iridaceae) iz Mongolii // Turczaninowia. – 2018. – Т. 21. – No. 4. – S. 145-149. DOI: 10.14258/turczaninowia.21.4.14.

4. Baikov K., Doronkin V. (2020). Towards on the conservation of rare species Iris glaucescens (Iridaceae) in Novosibirsk oblast: ecoinformative multimodal analysis of the area. *BIO Web Conf.* 24 00007 (2020). DOI: 10.1051/bioconf/20202400007.

5. Agroklimaticheskie resursy Altaiskogo kraia. – Leningrad: Gidrometeoizdat, 1971. – 154 s.

6. Metodika gosudarstvennogo ispytaniia selskokhoziaistvennykh kultur. Dekorativnye kultury. – Moskva: Kolos, 1968. – Вып. 6. – 223 с.

7. Iris encyclopedia. The American Iris Society. <https://wiki.irises.org/Main/Spix>.



УДК 631.436:631.674:634.11

DOI: 10.53083/1996-4277-2022-215-9-41-47

Е.П. Чугузов, И.В. Гефке, С.В. Макарычев

E.P. Chuguzov, I.V. Gefke, S.V. Makarychev

ОСОБЕННОСТИ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВЫЩЕЛОЧЕННЫХ ЧЕРНОЗЕМОВ И ПОЛИВНЫЕ НОРМЫ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ СЕЯНЦЕВ ЯБЛОНИ ИЗ СЕМЯН

FEATURES OF THERMOPHYSICAL STATE OF LEACHED CHERNOZEMS AND IRRIGATION RATES WHEN GROWING APPLE-TREE SEEDLINGS FROM SEEDS

Ключевые слова: чернозем, теплофизическое состояние, теплоемкость, теплопроводность, яблоня, сеянцы, дефицит влаги, поливные нормы.

В настоящее время перспективное развитие садоводства в России становится одним из важнейших факторов ее дальнейшего процветания. Наличие высоко-развитой базы питомников плодово-ягодных культур является обязательным условием повышения продуктивности отрасли. Поэтому в каждом регионе, в каждой агроклиматической зоне необходимо создание такого сортимента плодов и ягод, который бы соответствовал особенностям климата той или иной территории. Кроме того, задача плодовых питомников заключается не только в выращивании большого количества посадочного материала, но и в его высоком качестве. В связи с этим необходим постоянный контроль качественных агрофизических почвенных параметров, особенно в плодopитомниках, которые составляют основное звено в системе мероприятий по выращиванию плодовых деревьев. Исследованный чернозем среднесуглинистый, малогумусный, хорошо структурированный. Плотность гумусового слоя 1,16 г/см³, с глубиной увеличивается до 1,32 г/см³. Влажность завядания составляет 7,5-8,5%, наименьшая влагоемкость – 32,6-20,0%. Наименьшее значение объемной теплоемкости имеет

слабо уплотненный гумусовый горизонт, а наибольшее – почвообразующая порода. Возрастает с глубиной и теплопроводность, но температуропроводность снижается. Повышенное влагосодержание в черноземе влечет за собой изменение теплофизических коэффициентов: линейное увеличение объемной теплоемкости (до 2,5 раз), теплопроводности – по закону «насыщения» (до 3 раз) и параболическое изменение температуропроводности в 2 раза. Влажность чернозема в течение вегетации под сеянцами плодовых культур определяется поливами и осадками. В течение всех лет исследований растения в течение вегетации испытывали определенный дефицит влаги, особенно в конце лета и начале сентября, что компенсировалось орошением с подбором поливных норм.

Keywords: chernozem, thermophysical state, thermal capacity, thermal conductivity, apple-tree, seedlings, moisture deficit, irrigation rates.

At present, the promising development of fruit-growing in Russia becomes one of the most important factors for its further prosperity. The presence of a highly developed base of fruit and berry crop nurseries is a prerequisite for increasing the productivity of the industry. Therefore, in each region, in each agro-climatic zone, it is necessary to

create such an assortment of fruits and berries that would correspond to the climate characteristics of a particular territory. In addition, the task of fruit nurseries is not only to grow a large amount of planting material, but also in its high quality. In this regard, it is necessary to constantly monitor the qualitative agrophysical soil indices, especially in fruit nurseries which constitute the main link in the system of measures for growing fruit trees. The chernozem under study is medium loamy, low in humus and well structured. The density of the humus layer amounts to 1.16 g cm³ increasing with depth to 1.32 g cm³. Wilting moisture is 7.5-8.5%, and the lowest moisture capacity is 32.6-20.0%. The weakly compacted humus horizon has the lowest value of the volumetric thermal capacity, and the parent rock

has the highest value. The thermal conductivity also increases with depth, but the thermal diffusivity decreases. The increased moisture content in chernozem entails a change in thermophysical coefficients: a linear increase in volumetric thermal capacity (up to 2.5 times), thermal conductivity - according to the "saturation" law (up to 3 times) and a parabolic change in thermal diffusivity - by a factor of two. The moisture content of chernozem throughout the growing season under seedlings of fruit crops is determined by irrigation and precipitation. During all the years of research, plants experienced a certain moisture deficit during the growing season, especially in late summer and early September which was compensated by irrigation with the selection of irrigation rates.

Чугузов Евгений Павлович, ст. преподаватель, ФГБОУ ВО Алтайский ГАУ, г. Барнаул, Российская Федерация, e-mail: chuguzov@mail.ru.

Гефке Ирина Валентиновна, к.с.-х.н., доцент, ФГБОУ ВО Алтайский ГАУ, г. Барнаул, Российская Федерация, e-mail: ivgefke@mail.ru.

Макарычев Сергей Владимирович, д.б.н., профессор, ФГБОУ ВО Алтайский ГАУ, г. Барнаул, Российская Федерация, e-mail: Makarychev1949@mail.ru.

Chuguzov Evgeniy Pavlovich, Asst. Prof., Altai State Agricultural University, Barnaul, Russian Federation, e-mail: chuguzov@mail.ru.

Gefke Irina Valentinovna, Cand. Agr. Sci., Assoc. Prof., Altai State Agricultural University, Barnaul, Russian Federation, e-mail: ivgefke@mail.ru.

Makarychev Sergey Vladimirovich, Dr. Bio. Sci., Prof., Altai State Agricultural University, Barnaul, Russian Federation, e-mail: Makarychev1949@mail.ru.

Введение

В настоящее время перспективное развитие садоводства в России становится одним из важнейших факторов ее дальнейшего процветания. Наличие высокоразвитой базы питомников плодово-ягодных культур является обязательным условием повышения продуктивности отрасли [1]. Поэтому в каждом регионе, в каждой агроклиматической зоне необходимо создание такого сортимента плодов и ягод, который бы соответствовал особенностям климата той или иной территории. Кроме того, в плодопитомниках необходимо не только вырастить саженцы, но и обеспечить их высокое качество [2-4]. Для их обустройства требуется выделение земель, используемых в сельском хозяйстве региона для того, чтобы плодово-ягодные культуры были районированы в соответствии с климатом данной территории. Для этого требуется контроль за оптимальными агрофизическими показателями почвенного покрова, используемого в питомниках.

Целью исследований явилось экспериментальное измерение составляющих теплофизического состояния, а именно теплопроводности, теплоемкости и температуропроводности, а также влагозапасы, их дефицит и расчет поливных норм сеянцев яблони, выращиваемых на выщелоченных черноземах Приобья в плодопитомнике.

Объекты и методы исследований

Объектом исследований явился чернозем выщелоченный, сформированный на землях ОАО «Агрофирма «Цветы Алтая»». Для нахождения теплофизических свойств почвы применялась методика, разработанная С. В. Макарычевым [5], а ее температура измерялась с помощью полевого измерителя температуры [6]. Влагосодержание определялось весовым методом [7].

Результаты исследований

Лабораторные и полевые исследования дали возможность получить весь комплекс элементов теплофизического состояния почвенного профиля чернозема в течение нескольких лет, а также оценить влияние сеянцев на режимы тепла и влаги в его генетических горизонтах и определить поливные при дефиците влаги.

Выше было отмечено, что плодопитомники должны обеспечивать население посадочным материалом требуемых сортов соответствующего качества, которое способствует созданию высокопродуктивных плодовых насаждений [8]. Плодовые растения размножаются чаще всего при помощи прививки (трансплантации). Привитое растение является комбинацией двух составных частей: нижней, образующей корневую систему (подвой), и верхней, формирующей крону дерева (привой). Семена яблонь высеваются в грунт осенью, где они созревают в есте-

ственных условиях, а весной большинство из них дает всходы. При хорошем уходе уже к августу они пригодны к окулировке. Выращивают саженцы на участках размножения, формирования и маточных растений. Привитые плодовые культуры начинают плодоносить гораздо раньше.

Продуктивность плодовых деревьев зависит от погодных (осадки, температура) и почвенных условий региона. Это потребовало проведения исследований температурного и влажностного режимов в почве, а также влияния на них оросительных мелиораций, что и было реализовано с 2017 по 2019 г. Наблюдения были организованы на участках под насаждениями сеянцев яблони с уклоном до 2°.

Почвенный покров на участках, занятых саженцами, представлен черноземом выщелоченным среднемоющим малогумусным тяжелосуглинистым. Морфологическая характеристика чернозема потребовала закладки почвенного

разреза в поле, на котором выращиваются сеянцы (подвой) яблони [9-11]. Междуядья представлены чистым паром. Вскипание с глубины 70 см. Мощность гумусово-аккумулятивного горизонта **A** – 28 см, гранулометрический состав тяжелосуглинистый, темно-серый, плотный. Переходный слой **AB** с 28 до 51 см, ближе к среднему суглинку, уплотнен. Иллювиальный горизонт занимает глубины от 51 до 68 см. Он более плотный, тяжелосуглинистый. Карбонатный горизонт **Bк** соответствует глубине 68-106 см, представлен тяжелым суглинком, плотный. С глубины 106 см расположен переходный слой **Вск** среднесуглинистого состава. Поскольку корневая система сеянцев не проникает ниже 50 см, то мы исследовали только три верхних горизонта.

В таблице 1 представлены общезфизические свойства и степень дисперсности чернозема.

Таблица 1

Общие физические свойства, гумус и дисперсность чернозема выщелоченного (разрез № 2, 14.06.2017 г.)

Гор-т	h, см	ρ , г/см ³	d, г/см ³	П, %	Г, %	Д, %
A	0-28	1,16	2,60	53,9	3,9	47,7
AB	28-51	1,26	2,72	53,7	1,3	42,0
B	51-68	1,32	2,72	51,5	0,8	44,7

Примечание. h – глубина; ρ – плотность сложения почвы; d – плотность твердой фазы; П – порозность; Г – содержание гумуса; Д – дисперсность менее 0,01 мм.

Выше было отмечено, что три наиболее важных горизонта почвенного профиля характеризуются тяжелосуглинистым гранулометрическим составом (табл. 1). Гумусово-аккумулятивный горизонт содержит значительное количество крупной пыли (33%) и илистых частиц (29%). В элювиальном горизонте преобладает крупнопылевая фракция (38%), а в иллювиальном ее

значение не превышает 26%. В верхнем гумусовом слое аккумуляровано максимальное количество илистых частиц (29%), которое резко снижается с глубины 106 см [12].

Таблица 2 содержит значения гидрологических постоянных и порозность аэрации чернозема при наименьшей влагоемкости (НВ).

Таблица 2

Гидроконстанты и порозность аэрации чернозема выщелоченного в условиях плодопитомника (в процентах от массы сухой почвы)

Горизонт	Глубина	МГ	ВЗ	ВРК	НВ	Паэ
A	0-28	6,3	8,5	22,8	32,6	26,3
AB	28-51	5,7	7,7	18,8	26,8	29,9
B	51-68	5,5	7,5	14,8	21,2	32,8

По данным таблицы 2 профиль чернозема характеризуется весьма высокими значениями гидрологических констант, особенно в гумусовом горизонте, где влажность завядания (ВЗ) со-

ставляет 8,5%, а НВ равна 32,6%. Влажность разрыва капиллярных связей достигает 22,8%, но с глубиной, как и все константы, постепенно уменьшается.

В таблице 3 показана динамика почвенного влагосодержания и значения теплоемкости, тепло- и температуропроводности в профиле

чернозема в течение вегетационного периода 2017 г.

Таблица 3

Влажность ($U, \%$), объемная теплоемкость ($C_p, 10^6 \text{ Дж/м}^3\text{К}$), температуропроводность ($a, 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$) и теплопроводность ($\lambda, \text{ Вт}/(\text{м К})$) генетических горизонтов чернозема под сеянцами плодовых культур (2017 г.)

Значения/сроки	24.05	31.05	14.06	10.07	25.07	25.08	11.10
Горизонт А, h = (0-28) см							
U	29,2	25,4	28,3	19,4	36,9	25,4	27,8
C_p	2,65	2,88	2,67	2,19	3,18	2,51	2,63
a	0,45	0,49	0,47	0,17	0,32	0,49	0,47
λ	1,02	1,43	1,33	1,03	1,02	1,25	1,25
Горизонт АВ, h = (28-51) см							
U	21,3	22,2	21,2	20,8	23,4	20,9	25,1
C_p	2,60	2,60	2,59	2,57	2,71	2,58	2,80
a	0,45	0,47	0,45	0,21	0,49	0,44	0,50
λ	1,18	1,25	1,16	1,13	1,33	1,14	1,40
Горизонт В, h = (51-68) см							
U	17,8	19,9	19,8	15,9	21,6	19,2	22,5
C_p	2,57	2,57	2,68	2,46	2,78	2,64	2,83
a	0,34	0,41	0,41	0,72	0,45	0,39	0,47
λ	0,89	1,12	1,05	1,78	1,27	1,03	1,35

Известно, что влагосодержание в почвенном профиле является наиболее значимым фактором, определяющим степень влияния на комплекс теплофизических коэффициентов в течение вегетационного периода. В этой связи данные таблицы 3 показывают, что влажность гумусового горизонта с конца мая и до середины июня весьма высока, достигая величины, близкой НВ. Но к 10.07 увлажнение опустилось ниже ВРК, что свидетельствовало о значительной транспирации влаги из почвы за счет подрастающих растений, поскольку ряды посадок были мульчированы опилками, которые уменьшили физическое испарение. Ненормированное орошение, проведенное 25.07, повысило влагосодержание в верхнем слое почвы, а затем имела место стабилизация. В переходном горизонте степень почвенного увлажнения в течение лета колебалась около 20% от массы сухой почвы. В то же время влагосодержание в иллювиальном слое оставалось низким, опускаясь до ВРК.

Следует отметить, что изменения влажности наиболее сильно воздействовали на объемную теплоемкость и теплопроводность чернозема. Первая варьировала прямо пропорционально увлажнению, а вторая достигала максимума при наименьшей влагоемкости, оставаясь затем

неизменной. Температуропроводность в генетических горизонтах чернозема, имея параболическую зависимость от влагосодержания, была наибольшей при НВ, а при влажности меньшей или большей сингулярной точки испытывала падение.

Наблюдения за гидрофизическим режимом, складывающимся в почвенном профиле чернозема, проводились и в 2018 г. При этом нужно отметить, что по техническим причинам оросительные мелиорации отсутствовали. Данные таблицы 4 отражают распределение влаги по генетическим горизонтам чернозема и значения теплофизических коэффициентов за вегетационный период.

В конце мая в гумусово-аккумулятивном горизонте влажность составляла 30,8%, что соответствовало НВ. Затем она оставалась практически постоянной под воздействием выпадающих осадков, но не превышала ВРК, но уже к середине июля снизилась до 17,6%, а к осени даже до 13,2%, что соответствовало по А.Ф. Вадюниной [7] неудовлетворительному уровню и требовало орошения. В горизонте АВ увлажнение почти в течение всей вегетации оставалось близкой к ВРК, а в иллювиальном слое не превышало 22%. В середине июля и в августе сни-

жалось до 18%, что для укоренения саженцев было явно мало и требовало полива.

Соответственно, теплофизические коэффициенты в 2018 г. оказались меньше, чем в предыдущем (табл. 4). Особенно это относится как к теплопроводности, так и температуропроводности.

В таблице 5 представлены общие и продуктивные запасы влаги (ОЗВ и ПЗВ) в слое почвы 0-20 см и 0-60 см за 2017-2018 гг. под сеянцами плодовых культур. Поскольку для оптимального развития корневой системы сеянцев требуется повышенное увлажнение, близкое к НВ, то очевидно, что они нуждались в дополнительном поливе определенной нормой.

Таблица 4

Влажность (U, %), объемная теплоемкость (C_p, 10⁶ Дж/м³К), температуропроводность (a, 10⁻⁶ м²/с) и теплопроводность (λ, Вт/(м К) в профиле чернозема под сеянцами плодовых культур (2018 г.)

Значения/сроки	14.05	13.06	25.06	18.07	28.08
Горизонт А, h = (0-28) см					
U	30,8	22,2	26,9	17,6	13,2
C _p	2,78	2,31	2,59	2,12	1,91
a	0,42	0,47	0,48	0,34	0,25
λ	1,19	1,09	1,26	0,73	0,49
Горизонт АВ, h = (28-51) см					
U	24,4	22,7	22,7	25,2	17,2
C _p	2,87	2,52	2,67	2,80	2,38
a	0,49	0,41	0,48	0,49	0,33
λ	1,41	1,04	1,29	1,40	0,79
Горизонт В, h = 51-68) см					
U	23,5	18,0	22,1	21,4	18,3
C _p	2,88	2,58	2,81	2,77	2,60
a	0,49	0,35	0,47	0,45	0,36
λ	1,42	0,92	1,32	1,26	0,95

Таблица 5

Общие (числитель) и продуктивные (знаменатель) запасы влаги (мм) в черноземе выщелоченном в гумусовом горизонте (0-28 см), 2017-2018 гг.

2017 г.						
24.05	31.05	14.06	10.07	25.07	25.08	11.10
<u>94,9</u>	<u>82,6</u>	<u>92,0</u>	<u>63,1</u>	<u>119,3</u>	<u>82,6</u>	<u>89,5</u>
67,3	55,0	64,4	35,5	91,7	55,0	61,9
11,1	23,4	14,0	42,9	>НВ	23,4	16,5
2018 г.						
14.05	13.06	25.06	18.07	28.08		
<u>100,0</u>	<u>72,2</u>	<u>87,4</u>	<u>57,2</u>	<u>42,9</u>		
72,4	44,6	59,8	29,6	15,3		
6,0	33,6	18,6	48,6	63,1		

Примечание. Третья строка: дефицит влаги или поливная норма, т.е. разность влагосодержания при НВ и при естественном увлажнении в данный момент времени.

Следует отметить, что по шкале продуктивных запасов влаги, предложенной А. Ф. Вадюниной, их величина, равная для 28 см почвы 56 мм считается хорошей, поэтому только 10 июля 2017 г. они оказались удовлетворительными. Тем не менее по отношению к НВ в

течение всей вегетации в указанном году сохранялся дефицит продуктивной влаги, за исключением 25 июля, когда они превысили наименьшую влагоемкость. Так, в начале июля возникла необходимость орошения саженцев поливной нормой 42,9 мм, или 429 т/га (4,3 л/м³). В

остальные сроки она колебалась в пределах от 1,1 до 2,3 л/м³, т.е. была довольно низкой.

В 2018 г. ситуация несколько изменилась. При этом в середине мая ПЗВ составили 72,4 мм, но уже в июне упали до 44,6 мм, а в июле и августе снизились, соответственно, до 29,6 и 15,3 мм. Таким образом, норма полива увеличилась до 4,9 л/м³ и в конце августа – до 6,3 л/м³. Подчеркнем, что по техническим причинам оросительная система в этом году не работала, поэтому растения испытывали водное голодание.

Таким образом, знание водного и теплового состояния в генетических горизонтах выщелоченного чернозема позволяет оценить и прогнозировать распространение и аккумуляцию ресурсов влаги и тепла, а также целенаправленно создавать благоприятные условия для произрастания сеянцев плодовых культур в условиях Алтайского Приобья.

Выводы

1. Чернозем выщелоченный является среднесуглинистым, малогумусным, хорошо структурированным. Плотность сложения пахотного слоя 1,16 г/см³, с глубиной она возрастает до 1,32 г/см³. Влажность завядания (ВЗ) колеблется в пределах 7,5-8,5%, наименьшая влагоемкость (НВ) – от 32,6 до 20,0%.

2. Минимумом объемной теплоемкости характеризуется рыхлый гумусовый горизонт, а максимумом – почвообразующая порода. С глубиной увеличивается также теплопроводность, но температуропроводность снижается.

3. Увеличение степени почвенного увлажнения чернозема приводит к росту объемной теплоемкости (до 2,5 раз), теплопроводности (до 3 раз) и параболическому изменению температуропроводности в два раза.

4. Влажность чернозема в течение вегетации под сеянцами яблони напрямую зависит от орошения и атмосферных осадков. В течение всех лет исследований растения в течение вегетации испытывали определенный дефицит влаги, особенно в конце лета и начале сентября, что компенсировалось орошением с подбором поливных норм.

Библиографический список

1. Парахин, Н. В. Современное садоводство России и перспективы развития отрасли /

Н. В. Парахин. – Текст: непосредственный // Современное садоводство. – 2013. – № 2. – С. 1-9.

2. Гончарова, Л. А. Сибирские яблони / Л. А. Гончарова. – Новосибирск: Изд-во НГАУ, 2002. – 158 с. – Текст: непосредственный.

3. Кудрявец, Р. П. Продуктивность яблони / Р. П. Кудрявец. – Москва: Агропромиздат, 1987. – 301 с. – Текст: непосредственный.

4. Рыжков, А. П. Корневая система плодовых и ягодных культур в Западной Сибири / А. П. Рыжков. – Омск, 1981. – 163 с. – Текст: непосредственный.

5. Макарычев, С. В. Теплофизические основы мелиорации почв / С. В. Макарычев. – Барнаул: Изд-во АГАУ, 2005. – 279 с. – Текст: непосредственный.

6. Болотов, А. Г. Измерение температуры почвы с помощью технологии 1-WIRE / А. Г. Болотов. – Текст: непосредственный // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2012. – № 11. – С. 29-30.

7. Вадюнина, А. Ф. Методы исследования физических свойств почв и грунтов / А. В. Вадюнина, З. А. Корчагина. – Москва: Высшая школа, 1984. – 399 с. – Текст: непосредственный.

8. Северин В. Ф. Питомниководство: учебное пособие / В. Ф. Северин. – Барнаул: Изд-во АГАУ, 2008. – 239 с. – Текст: непосредственный.

9. Бурлакова Л.М. Плодородие почв Алтайского края: учебное пособие / Л. М. Бурлакова, В. А. Рассыпнов; АСХИ. – Барнаул, 1990. – 81 с. – Текст: непосредственный.

10. Макарычев, С. В. Теплофизическое состояние черноземов плодовых садов Алтайского Приобья / С. В. Макарычев, И. В. Гефке, А. В. Шишкин. – Барнаул: Изд-во АГАУ, 2008. – 190 с. – Текст: непосредственный.

11. Чугузов, Е. П. Морфологическая характеристика и физические свойства чернозема в плодopитомниках Алтайского Приобья / Е. П. Чугузов, И. В. Гефке. – Текст непосредственный // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2019. – № 5 (175). – С. 76-79.

12. Гефке, И. В. Морфология и физические свойства почв разного генезиса в условиях дендрария / И. В. Гефке, Л. В. Лебедева. – Текст непосредственный // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2016. – № 3 (137). – С. 58-63.

References

1. Parakhin N.V. Sovremennoe sadovodstvo Rossii i perspektivy razvitiia otrasli / N.V. Parakhin // Sovremennoe sadovodstvo. – 2013. – No. 2. – S. 1-9.
2. Goncharova L.A. Sibirskie iablони. – Novosibirsk: Izd-vo NGAU, 2002. – 158 s.
3. Kudriavets R.P. Produktivnost iablони / R.P. Kudriavets. – Moskva: Agropromizdat, 1987. – 301 s.
4. Ryzhkov A.P. Kornevaia sistema plodovykh i iagodnykh kultur v Zapadnoi Sibiri. – Omsk, 1981. – 163 s.
5. Makarychev S.V. Teplofizicheskie osnovy melioratsii pochv. – Barnaul: Izd-vo AGAU, 2005. – 279 s.
6. Bolotov A.G. Izmerenie temperatury pochvy s pomoshchiu tekhnologii 1-WIRE // Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2012. – No. 11. – S. 29-30.
7. Vadiunina A. F. Metody issledovaniia fizicheskikh svoistv pochv i gruntov / A. V. Vadiunina, Z. A. Korchagina. – Moskva: Vysshiaia shkola, 1984. – 399 s.
8. Severin V.F. Pitomnikovodstvo: uchebnoe posobie. – Barnaul: Izd-vo AGAU, 2008. – 239 s.
9. Burlakova L.M. Plodorodie pochv Altaiskogo kraia: ucheb. posob. / AltSKhI; L.M. Burlakova, V.A. Rassypnov. – Barnaul, 1990. – 81 s.
10. Makarychev S. V. Teplofizicheskoe sostoiianie chernozemov plodovykh sadov Altaiskogo Priobia / S. V. Makarychev, I. V. Gefke, A. V. Shishkin. – Barnaul Izd-vo AGAU, 2008. – 190 s.
11. Chuguzov E.P. Morfologicheskaiia kharakteristika i fizicheskie svoistva chernozema v plodopitomnikakh Altaiskogo Priobia / E.P. Chuguzov, I.V. Gefke // Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2019. – No. 5 (175). – S. 76-79.
12. Gefke I.V. Morfologiiia i fizicheskie svoistva pochv raznogo genezisa v usloviakh dendrariiia / I.V. Gefke, L.V. Lebedeva // Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2016. – No. 3 (137). – S. 58-63.

