

References

1. Makarychev S. V. Teplofizika pochv: metody i svoystva / S. V. Makarychev, M. A. Mazirov. – Suzdal: Izd-vo VINIISKh, 1996. – T. 1. – S. 232.
2. Makarychev S. V. Teplofizicheskoe sostoyanie pochv Altaia v usloviakh antropogeneza / S. V. Makarychev, A. G. Bolotov, Iu. V. Bekhovyykh, I. T. Trofimov i dr. – Barnaul: Izd-vo AGAU, 2006. – 362 s.
3. Bekhovyykh Iu. V. Dinamika zapasov tepla i vlagi v dernovo-podzolistykh pochvakh iugozapadnoi chasti lentochnykh borov Altaiskogo kraia, podverghshikhsia pirogenomu vozdeistviu / Bekhovyykh Iu. V., Makarychev S. V. // Problemy ratsionalnogo prirodopolzovaniia v Altaiskom krae: sb. nauch. trudov. – Barnaul: Izd-vo AGAU, 2005. – S. 146-153.
4. Makarychev S. V. Teplofizicheskoe sostoyanie chernozemov plodovykh sadov Altaiskogo Priobia / S. V. Makarychev, I. V. Gefke, A. V. Shishkin. – Barnaul: Izd-vo AGAU, 2008. – 190 s.
5. Bitsoshvili I. A. Vliianie tsvetochnykh kultur na teplofizicheskie i agrokhimicheskie svoystva chernozema vyshchelochennogo v usloviakh Altaiskogo Priobia / I. A. Bitsoshvili, A. A. Levin // Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2010. – No. 6 (68). – S. 27-31.
6. Shein E. V., Bolotov A. G., Mazirov M. A., Martynov A. I. Modelirovanie teplovogo rezhima pochvy po amplitude temperatury prizemnogo vozdukh // Zemledelie. – 2017. – No. 7. – S. 26-28.
7. Shein E. V., Bolotov A. G., Mazirov M. A., Martynov A. I. Opredelenie profilnogo raspredeleniia temperatury pochvy na osnovanii temperatury ee poverkhnosti // Zemledelie. – 2018. – No. 7. – S. 26-29. DOI:10.24411/0044-3913-2018-10707.
8. Bolotov A. G. Izmerenie temperatury pochv v polevykh usloviakh // Antropogennoe vozdeistvie na lesnye ekosistemy: materialy II mezhd. konf. – Barnaul: Izd-vo AGAU, 2002. – S. 148-150.
9. Bolotov A. G. Opredelenie teplofizicheskikh svoystv pochv s ispolzovaniem sistem izmereniia ZETLAB // Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2012. – No. 12 (98). – S. 48-50.
10. Vadiunina A. F. Metody issledovaniia fizicheskikh svoystv pochvy / A. F. Vadiunina, Z. A. Korchagina. – Moskva: Agropromizdat, 1986. – 416 s.
11. Gefke I. V. Raschet potoka tepla v pochve: uchebno-metodicheskoe posobie. – Barnaul: Izd-vo AGAU, 2008. – 57 s.
12. Tserling V. V. Agrokhimicheskie osnovy diagnostiki mineralnogo pitaniia selskokhoziaistvennykh kultur. – Moskva: Agropromizdat, 1978. – S. 7-31.
13. Burlakova L.M. Plodorodie Altaiskikh chernozemov v sisteme agrotsenoza. – Novosibirsk: Nauka SO, 1984. – 1988 s.



УДК 630*114:631.436:630(571.15)
DOI: 10.53083/1996-4277-2023-223-5-35-40

С.В. Макарычев
S.V. Makarychev

ВОДНО-ТЕПЛОВОЙ РЕЖИМ ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО И ЕГО РЕГУЛИРОВАНИЕ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ЛУКА РЕПЧАТОГО

WATER AND THERMAL REGIME OF LEACHED CHERNOZEM AND ITS REGULATION IN ONION GROWING

Ключевые слова: чернозем, лук репчатый, влажность, теплоемкость, запасы влаги, водный дефицит, поливная норма.

Лук репчатый является влаголюбивой культурой. Особенно много влаги ему нужно в первую половину вегетации. В то же время само строение луковых перьев указывает на адаптацию растения к засушливой погоде. Оптимальной температурой для развития лука

является 22-25°C. Изучение закономерностей формирования гидротермического режима на территории Западно-Сибирской овощной опытной станции (ЗСОС) обусловлено необходимостью разработки приемов по целенаправленному регулированию водно-теплого состояния чернозема выщелоченного при возделывании лука репчатого. В 2005 г. величина влагосодержания в исследованном горизонте соответствовала рангу «неудовлетворительных» ПЗВ и только в июле превы-

сила 20 мм. В июне доступная влага составила 15,3 мм при дефиците 15,5 мм. В связи с этим орошение было проведено поливной нормой, равной разности НВ и ОЗВ. При этом величина теплоаккумуляции достигала максимума. 2006 год был обделен влагой в первой половине вегетации. В конце июня влагозапасы упали до 13,7 мм при дефиците 17,1 мм. Поэтому был произведен полив объемом, равным 350 м³/га. В последующие месяцы недостаток влагосодержания снизился и ПЗВ соответствовали удовлетворительному уровню при наибольшей теплоемкости чернозема. В 2007 г. продуктивные влагозапасы в мае-июне имели ранг «удовлетворительных». Но во 2-й половине вегетации водная обстановка изменилась за счет иссушения пахотного слоя чернозема, поэтому в начале 2-й декады июля было организовано орошение нормой 300 м³/га. Поскольку в начале августа лук был убран, то полив более не проводился.

Keywords: *chernozem, bulb onion, moisture content, thermal capacity, moisture storage, water deficit, irrigation rate.*

Bulb onion is a moisture-loving crop. Particularly, it needs a lot of moisture in the first half of the growing season. At the same time, the very structure of onion leaves indicates the adaptation of the plant to dry weather.

The optimum temperature for onion development is 22-25°C. The study of the patterns of the hydrothermal regime formation in the territory of the West Siberian Vegetable Experimental Station is due to the need to develop methods for targeted regulation of the water-thermal state of leached chernozem during onion growing. In 2005, the moisture content in the studied horizon corresponded to the rank of “unsatisfactory” available moisture storage and only in July exceeded 20 mm. In June, available moisture was 15.3 mm with a deficit of 15.5 mm. In this regard, irrigation was carried out with the irrigation rate equal to the difference between the minimum moisture capacity and total moisture. The value of heat accumulation reached its maximum. The year of 2006 was deprived of moisture in the first half of the growing season. At the end of June, moisture storage dropped to 13.7 mm with a deficit of 17.1 mm. Therefore, irrigation with a volume of 350 m³ ha was carried out. On the following months, the moisture shortage decreased, and the available moisture corresponded to a satisfactory level with the highest thermal capacity of chernozem. In 2007, available moisture storage in May and June had the rank of “satisfactory”. But in the second half of the growing season, the water situation changed due to the drying of the arable layer of chernozem, therefore, at the beginning of the second ten-days of July, irrigation was performed at a rate of 300 m³ ha. Since the onion was harvested in early August, no more irrigation was performed.

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

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

Введение

Лук репчатый является влаголюбивой культурой. Особенно много влаги ему нужно в первую половину вегетации. В то же время само строение луковых перьев указывает на адаптацию растения к засушливой погоде, а слабая корневая система свидетельствует о высокой требовательности его к воде [1, 2]. Оптимальной температурой для развития лука является 22-25°C. Кроме того, с начала и до конца созревания луковиц влагосодержание в корнеобитаемом слое (0-20 см) должно составлять 73-75% НВ [3, 4]. При дефиците почвенной влаги созревание луковиц происходит быстрее, а при ее увеличении в конце вегетации тормозит созревание. В то же время повышение урожайности луковой культуры и качество продукции зависят от оросительных мелиораций. Все сорта лука требовательны к почвенному плодородию. Оптимальными для растений оказываются богатые гумусом суглинистые и супесчаные почвы. Отсутствие новых листьев у луковой культуры обусловлено сроком формирования и интенсивностью роста луковицы, которые определяются

густотой стояния листьев, температурой, влагообеспеченностью, плодородием почвы и продолжительностью инсоляции.

Изучение закономерностей формирования гидротермического режима на территории Западно-Сибирской овощной опытной станции (ЗСООС) обусловлено необходимостью разработки приемов по целенаправленному регулированию водно-теплого состояния чернозема выщелоченного при возделывании лука репчатого [5, 6]. Кроме того, изучение динамики температуры, влагосодержания и теплофизических коэффициентов в почвенном профиле в естественных условиях под овощными культурами дает возможность прогнозирования их урожайности во взаимосвязи с природными и антропогенными факторами.

Объекты и методы

Цель работы – изучение особенностей формирования гидрофизического режима и динамики коэффициентов теплоаккумуляции в корнеобитаемом горизонте чернозема, являющегося объектом изучения, под насаждениями лука

репчатого сорта Сибирский. Для ее достижения были проведены измерения относительной влажности почвы весовым методом, рассчитаны общие (ОЗВ) и продуктивные (ПЗВ) запасы влаги по А.Ф. Вадюниной [7], определен ее дефицит в течение вегетации и получены экспериментальные значения объемной теплоемкости почвы с использованием импульсного метода плоского нагревателя [8, 9].

Результаты исследований

Лучшим материалом для посадки лука является севок, имеющий диаметр до 2 см. Перед посадкой его прогревают в течение недели при температуре около 35⁰С. Для быстрого прорастания севок замачивают и высаживают при прогревании почвы до 7-8⁰С. После этого почву поддерживают в рыхлом состоянии, своевременно внося подкормку и проводя борьбу с вредителями. Обязательно проводят рыхление после полива или дождя. Для получения высокого урожая дают первую подкормку через 10-12 дней после появления всходов, а через две недели после первой проводят вторую. При полегании листьев лук убирают, оставляя лежать на земле для просушки. У высушенного лука удаляют корни и сухие листья. Подготовка почвы к дальнейшему использованию предполагает осеннюю вспашку, весеннее боронование, планирование участка, предпосевную культивацию на 10-15 см, нарезку борозд и гряд комбинатором КМ-5,4. В течение вегетации растения подкармливают, обрабатывают гербицидами, проводят 2-3 прополки, 3-4 полива при норме до 300 м³ воды на 1 га. Уборку однолетней культуры начинают в конце июля. После дозаривания лук убирают на хранение.

Погодные условия. В мае 2005 г. было тепло и сухо. В течение месяца среднесуточная температура воздуха равнялась 11,8⁰С, а количество выпавших осадков составило только 2,9 мм. Ощущался значительный дефицит влаги в корнеобитаемом слое почвы. Июнь оказался теплым и влажным. Среднемесячная температура превышала 20⁰С, а количество осадков составило 42 мм. В июле погода была жаркой и дождливой. Средняя температура воздуха достигала 25⁰С при 119,0 мм атмосферных осадков. Август теплый и влажный при среднесуточной температуре 18⁰С и 69,3 мм осадков.

Май в 2006 г. оказался холоднее и суше многолетней нормы. Среднесуточная температура

воздуха едва достигала 10⁰С, а осадки составили только 5,2 мм. В июне воздух прогревался до 30⁰С, а количество дождевой влаги превысило 5,0 мм. В июле было тепло и дождливо (137,0 мм), а в августе – тепло и сухо (34,4 мм).

В 2007 г. май очень теплый и дождливый. Количество осадков превысило норму в два раза (55 мм), а температура воздуха составила 13⁰С. В июне выпало 10,0 мм дождевой влаги при среднемесячной температуре, равной 20,5⁰С. В июле осадки равнялись 33,5 мм при 21,2⁰С. В августе имели место дожди (37,6 мм).

Некоторые сведения о черноземе. Нужно отметить, что разновидность чернозема в гумусово-аккумулятивных горизонтах относится к среднему суглинку. Для него характерно содержание большого количества крупной пыли. В то же время довольно много илистой фракции (до 20% в 20-сантиметровом слое). Чернозем имеет хорошую структуру, в которой число макроагрегатов достигает 90%. Плотность сложения гумусовых горизонтов составляет от 1,12 до 1,23 г/см³. Общая порозность значительна. В целом чернозем малогумусный.

В таблице 1 приведены результаты определения гидрофизических постоянных в корнеобитаемом пахотном горизонте и подстилающем переходном слое.

Таблица 1
Важность завядания растений (ВЗ),
влажность разрыва капиллярных связей (ВРК)
и наименьшая влагоемкость чернозема (НВ)
(числитель – % от массы, знаменатель – мм)

Горизонт	Слой, см	ВЗ	ВРК	НВ
А	0-20	<u>11,1</u>	<u>21,0</u>	<u>30,0</u>
		24,8	47,0	74,1
АВ	33-44	<u>10,8</u>	<u>18,4</u>	<u>26,3</u>
		14,9	25,3	36,2

Подчеркнем, что их значения довольно высоки. Так, влажность завядания (ВЗ) в пахотном горизонте равна 11,1% от массы почвы, или 24,8 мм, а наименьшая влагоемкость (НВ) – соответственно, 30,0% и 74,1 мм. Показано также значение влажности разрыва капиллярной влаги (ВРК), при которой нарушается связность водного тела и влага начинает распадаться на отдельные элементы. При этом резко меняются теплофизические свойства, такие как тепло- и температуропроводность. Первая при дальнейшем увлажнении перестает увеличиваться, а

вторая снижается на 100-150% в зависимости от степени дисперсности.

Результаты

Нами в 2005-2007 гг. проведены наблюдения за формированием водного режима в черноземе выщелоченном под луковыми насаждениями, определен дефицит влаги и с помощью импульсного метода измерена объемная теплоемкость или теплоаккумуляция пахотного почвенного слоя, в котором расположена корневая система растений.

Таблица 2

Относительная влажность (U), общие (ОЗВ) и продуктивные (ПЗВ) запасы влаги, дефицит влаги (Д) и объемная теплоемкость (Ср) под луковой культурой в корнеобитаемом слое в течение вегетации 2005 г.

Показатели	Сроки наблюдений			
	30.05	27.06	29.07	12.08
U, %	18,3	16,4	20,5	20,3
ОЗВ/ПЗВ, мм	40,1/15,3	36,7/11,9	45,9/21,1	45,5/20,7
Д, мм	15,5	18,9	9,7	10,1
Ср, 10 ⁶ Дж/(м ³ К)	1,86	1,83	2,02	1,94

Величина влагосодержания в исследованном горизонте в течение первой половины вегетационного периода соответствовала рангу «неудовлетворительной» и только в июле превысила 20 мм, став по А.Ф. Вадюниной «удовлетворительной». В июне ПЗВ составила только 15,3 мм, что по соотношению влагозапасов создавало дефицит доступной влаги в размере 15,5 мм (табл. 2). В связи с этим орошение было проведено поливной нормой, равной разности НВ и ОЗВ, т.е. 35,0 л/м², или 350 т/га. При этом величина теплоаккумуляции достигала максимума при повышенном увлажнении (29 июля), когда достигла 2,02·10⁶ Дж/(м³ К), что на 20% больше, чем в мае.

Аналогичные наблюдения были организованы и в 2006 г. (табл. 3).

2006 г. также был обделен влагой в первой половине вегетации, поскольку ПЗВ 31 мая были равны 17,3 мм, т.е. относились к рангу «неудовлетворительных». В конце июня они снизились до уровня 13,7 мм при дефиците доступной влаги в 17,1 мм, поэтому был произведен полив

объемом, равным 350 м³/га. В последующие месяцы дефицит влагосодержания снизился до 2,1 мм в июле и до 11,0 мм в августе. В этом случае орошение не требовалось, поскольку урожай был собран и проходил дозаривание. В это время объемная теплоемкость имела максимальные значения (табл. 3).

Таблица 3

Относительная влажность (U), общие (ОЗВ) и продуктивные (ПЗВ) запасы влаги, дефицит влаги (Д) и объемная теплоемкость (Ср) под луковой культурой в корнеобитаемом слое в течение вегетации 2006 г.

Показатели	Сроки наблюдений			
	31.05	27.06	25.07	8.08
U, %	18,8	17,2	23,9	19,9
ОЗВ/ПЗВ, мм	42,1/17,3	38,5/13,7	53,5/28,3	44,6/19,8
Д, мм	13,1	17,1	2,1	11,0
Ср, 10 ⁶ Дж/(м ³ К)	1,85	1,93	2,21	1,95

В 2007 г. погодные условия до середины лета оказались довольно благоприятными при малом дефиците продуктивной влаги за счет дождливого мая (табл. 4).

Таблица 4

Относительная влажность (U), общие (ОЗВ) и продуктивные (ПЗВ) запасы влаги, дефицит влаги (Д) и объемная теплоемкость (Ср) под луковой культурой в корнеобитаемом слое в течение вегетации 2007 г.

Показатели	Сроки наблюдений			
	28.05	16.06	21.07	8.08
U, %/мм	20,0	22,3	15,7	13,7
ОЗВ/ПЗВ, мм	44,8/20,0	50,0/25,2	35,2/11,0	30,7/5,8
Д, мм	10,8	5,6	20,4	24,9
Ср, 10 ⁶ Дж/(м ³ К)	1,85	2,12	1,81	1,64

Так, продуктивные влагозапасы в мае-июне имели ранг «удовлетворительных» при дефиците доступной влаги, равной лишь 5,6 мм. Во второй половине вегетации водная обстановка изменилась за счет иссушения пахотного слоя чернозема, поэтому в начале второй декады июля было организовано орошение нормой 300 т/га. Поскольку в начале августа лук был убранный, то полив в августе отсутствовал.

С целью определения доли влияния различных природных факторов на коэффициент теплоаккумуляции или, другими словами, на объемную теплоемкость мы воспользовались информационно-логическим анализом [10]. Для этого были проведены наблюдения за плотностью сложения почвенного профиля, влажностью и гидротермическим коэффициентом (ГТК) за вегетацию лука с мая по август. Информационный анализ показал, что доля влияния на теплоемкость вышеперечисленных факторов достаточно высока, а информативность данного процесса характеризовалась высоким коэффициентом эффективности канала связи между названными показателями.

Зависимость величины теплоаккумуляции от степени почвенного увлажнения имела параболический характер. При повышении относительной влажности в 20-сантиметровом слое почвы на 5% имело место увеличение теплоемкости на 1 ранг. Изменения ее по отношению к ГТК характеризовались криволинейной зависимостью. При этом минимальное значение ГТК соответствовало первому рангу теплоемкости ($1,0 \cdot 10^6$), а максимальное значение равнялось $2,51 \cdot 10^6$ Дж/(м³·К). С увеличением плотности чернозема наблюдался линейный рост объемной теплоемкости, но при достижении 1,4 г/см³ ее величина практически не изменялась, поскольку всё поровое пространство было заполнено водой. Таким образом, наиболее существенный фактор влияния достигал своего максимума.

В результате коэффициент эффективности канала связи с объемной теплоемкостью почвы показал, что изученные факторы располагались за период исследований по-разному, но в соответствии с погодными условиями. Доля участия того или иного фактора в величине объемной теплоемкости в течение всего периода наблюдений представлена в таблице 5.

Таблица 5

Доля участия исследованных факторов на величину объемной теплоемкости, %

Показатели	2005 г.	2006 г.	2007 г.
Влагосодержание	28	37	21
ГТК	25	29	17
Плотность	26	27	28
Прочие	21	7	34

Так, в 2005 г. максимальное влияние оказало почвенное увлажнение, но различия между фак-

торами не превышали 10%. В 2006 г. превалировало влагосодержание, а в 2007 г. – плотность сложения почвы. Таким образом, доля того или иного фактора зависела от погодных условий и формирующегося в профиле чернозема гидротермического состояния.

Выводы

1. В 2005 г. величина влагосодержания в исследованном горизонте чернозема соответствовала рангу «неудовлетворительных» ПЗВ и только в июле превысила 20 мм. В июне доступная влага составила только 15,3 мм при дефиците 15,5 мм. В связи с этим орошение было проведено поливной нормой, равной разности НВ и ОЗВ, при которой величина теплоаккумуляции достигала максимума.

2. 2006 г. был обделен влагой в первой половине вегетации. В конце июня влагозапасы упали до 13,7 мм при дефиците 17,1 мм. Поэтому был произведен полив объемом, равным 350 м³/га. В последующие месяцы недостаток влагосодержания снизился, и ПЗВ соответствовали удовлетворительному уровню при максимальной теплоаккумуляции.

3. В 2007 г. продуктивные влагозапасы в мае-июне имели ранг «удовлетворительных» при дефиците доступной влаги, равной лишь 5,6 мм. Во второй половине вегетации водная обстановка изменилась за счет иссушения пахотного слоя чернозема, поэтому в начале второй декады июля было организовано орошение нормой 300 м³/га. Поскольку в начале августа лук был убран, то полив более не проводился.

4. Факторы влияния на коэффициент теплоаккумуляции в течение трех лет меняли свое значение. Так, в 2005 г. доля влияния влажности, плотности сложения и ГТК оказались практически одинаковы. В 2006 г. превалировало влагосодержание, а в 2007 г. – плотность сложения почвы.

Библиографический список

1. Беляков, М. А. Однолетняя культура лука репчатого в Алтайском крае / М. А. Беляков, С. В. Жаркова. – Текст: непосредственный // Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 75-летию создания ГНУ ЗСОС ВНИИО. – Барнаул: Изд-во ВНИИО, 2007. – С. 306-310.

2. Шуин, К. А. Производство овощей в Нечерноземье / К. А. Шуин, И. Т. Дудоров, П. С. Миран-

цов. – Ленинград: Изд-во ЛСХИ, 1982. – С. 165-180. – Текст: непосредственный.

3. Гринберг, Е. Г. Корнеплоды, лук репчатый / Е. Г. Гринберг. – Новосибирск: Изд-во НГАУ, 1992. – 215 с. – Текст: непосредственный.

4. Демина, Р. Ж. Режим орошения лука в дельте Волги / Р. Ж. Демина. – Текст: непосредственный // Картофель, овощные и бахчевые культуры. – 1983. – № 9. – С. 50-56.

5. Макарычев, С. В. Гидротермический режим чернозема выщелоченного при возделывании лука в условиях Алтайского Приобья / С. В. Макарычев, И. В. Гэфке, А. И. Регер. – Текст: непосредственный // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2009. – № 1. – С. 29-32.

6. Болотов, А. Г. Гидрофизическое состояние почв юго-востока Западной Сибири: диссертация на соискание ученой степени доктора биологических наук / Болотов Андрей Геннадьевич. – Москва: МГУ им. М. В. Ломоносова, 2017. – 351 с. – Текст: непосредственный.

7. Вадюнина, А. Ф. Методы исследования физических свойств почв и грунтов / А. Ф. Вадюнина, З. А. Корчагина. – Москва: Высшая школа, 1984. – 398 с. – Текст: непосредственный.

8. 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. – Барнаул: Изд-во АГАУ, 2001. – С. 87-91.

9. Макарычев, С. В. Теплофизика почв: методы и свойства / С. В. Макарычев, М. А. Мазиров. – Суздаль: Изд-во ВНИИСС, 1996. – 231 с. – Текст: непосредственный.

10. Пузаченко, Ю. Г. Возможности применения информационно-логического анализа при изучении почвы на примере ее влажности / Ю. Г. Пузаченко, Л. О. Карпачевский, Н. А. Взнуздаев. – Текст: непосредственный // Закономерности пространственного варьирования свойств почвы и информационно-статистические методы их изучения. – Москва: Наука, 1970. – С. 103-121.

References

1. Beliakov M. A. Odnoletniaia kultura luka repchatogo v Altaiskom krae / M. A. Beliakov, S. V. Zharkova // Materialy mezhd. nauch.-prakt. konf., posviashchennoi 75-letiiu sozdaniia GNU ZSOOS VNIIO. – Barnaul, Izd-vo VNIIO, 2007. – S. 306-310.

2. Shuin K. A. Proizvodstvo ovoshchei v Nechernozeme / K. A. Shuin, I. T. Dudorov, P. S. Mirantsov. – Leningrad, Izd-vo LSKhI, 1982. – S. 165-180.

3. Grinberg E. G. Korneplody, luk repchatyi. – Novosibirsk, Izd-vo NGAU, 1992. – 215 s.

4. Demina R. Zh. Rezhim orosheniia luka v delte Volgi // Kartofel, ovoshchnye i bakhchevye kultury. – 1983. – No. 9. – S. 50-56.

5. Makarychev S. V. Gidrotermicheskiy rezhim chernozema vyshchelochennogo pri vzdelyvanii luka v usloviakh Altaiskogo Priobia / S. V. Makarychev, I. V. Gefke, A. I. Reger // Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2009. – No. 1. – S. 29-32.

6. Bolotov A.G. Gidrofizicheskoe sostoianie pochv iugo-vostoka Zapadnoi Sibiri: diss. ... doktora biol. nauk. – Moskva, MGU im. M. V. Lomonosova, 2017. – 351 s.

7. Vadiunina A. F. Metody issledovaniia fizicheskikh svoistv pochv i gruntov /A. F. Vadiunina, Z. A. Korchagina. – M.: Vysshaia shkola, 1984. – 398 s.

8. Bolotov A. G. Elektronnyi izmeritel temperatury pochvy / A. G. Bolotov, S. V. Makarychev, Iu. V. Bekhovyykh // Problemy prirodnopolzovaniia na Altae: sb. nauch. tr. AGAU. – Barnaul, Izd-vo AGAU, 2001. – S. 87-91.

9. Makarychev S. V. Teplofizika pochv: metody i svoistva / S. V. Makarychev, M. A. Mazirov. – Suzdal, Izd-vo VNISS, 1996. – 231 s.

10. Puzachenko Iu. G. Vozmozhnosti primeni-niia informatsionno-logicheskogo analiza pri izuchenii pochvy na primere ee vlazhnosti / Iu. G. Puzachenko, L. O. Karpachevskii, N. A. Vznuzdaev // Zakonomernosti prostranstvennogo varirovaniia svoistv pochvy i informatsionno-statisticheskie metody ikh izucheniia. – Moskva: Nauka, 1970. – S. 103-121.

