

Kamennoi Stepi. – M.: Pochv. in-t im. V.V. Dokuchaeva, 2009. – S. 72-91.

4. Kliment'ev A.I. Eroziionnaya degradatsiya chernozemov Zavolzhsko-Ural'skogo regiona // Stepi severnoi Evrazii: Materialy 6 Mezhdunarodnogo simpoziuma i 8 mezhdunarodnoi shkoly-seminara molodykh uchenykh «Geoekologicheskie problemy stepnykh regionov». – Orenburg, 2012. – S. 391-396.

5. Ivanov A.L., Lebedeva I.I., Grebennikov A.M. Faktory i usloviya antropogennoi transformatsii chernozemov, metodologiya izucheniya evolyutsii pochvoobrazovaniya // Byul. Pochv. in-ta im. V.V. Dokuchaeva. – 2013. – № 72. – S. 26-46.

6. Dobrotvorskaya N.I., Pogulenko A.A. Izmenenie svoistv pochv v erozionnom agrolandshafte pri agrogenom vozdeistvii // Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2010. – № 4. – S. 23-26.

7. Burlakova L.M., Morkovkin G.G. Problemy ratsional'nogo ispol'zovaniya agrochernozemov v usloviyakh Altaiskogo kraia // Vestnik altaiskoi nauki. – 2009. – № 1. – S. 106-110.

8. Pochvy Altaiskogo kraia. – M.: Izd-vo AN SSSR, 1959. – 382 s.

9. Kopusov G.F., Valeeva A.A., Aleksandrova A.B. Kolichestvennyi podkhod k klassi-

fikatsii serykh lesnykh pochv Volzhsko-Kamskoi lesostepi // Pochvovedenie. – 2014. – № 10. – S. 1177-1183.

10. Klassifikatsiya i diagnostika pochv Rossii / pod red. G.V. Dobrovolskogo. – Smolensk: Oikumena, 2004. – 342 s.

11. Samofalova I.A. Korrelyatsiya faktornogeneticheskoi i substantivno-profil'noi klassifikatsii dlya dernovo-gleevykh pochv // Mater. dokl. 6 s'ezda Obshchestva pochvovedov im. V.V. Dokuchaeva. Vserossiiskaya s mezhdunarodnym uchastiem nauchnaya konferentsiya «Pochvy Rossii: sovremennoe sostoyanie, perspektivy izucheniya i ispol'zovaniya». (Petrozavodsk – Moskva, 13-18 avg., 2012.). – Petrozavodsk: Karel'skii nauchnyi tsentr RAN, 2012. – S. 96-98.

12. Zaidel'man F.R., Nikiforova A.S., Stepanova L.V., Krasina T.V., Krasin V.N. Konkretionnye novoobrazovaniya chernozema tipichnogo, chernozemovidnykh solontsevatykh pochv yuga Tambovskoi nizmennosti // Pochvovedenie. – 2014. – № 6. – S. 654-669.

13. Klassifikatsiya i diagnostika pochv SSSR. – M.: Kolos, 1977. – 221 s.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №14-04-98010.



УДК 631.445.4:631.423.2:634.7(571.15)

С.В. Макарычев, А.Г. Болотов, И.В. Гефке
S.V. Makarychev, A.G. Bolotov, I.V. Gefke

ИЗМЕНЕНИЕ КАПИЛЛЯРНО-СОРБЦИОННОГО ДАВЛЕНИЯ В ЧЕРНОЗЕМЕ ВЫЩЕЛОЧЕННОМ ПОД ЯГОДНЫМИ КУЛЬТУРАМИ

THE CHANGE OF CAPILLARY-SORPTION PRESSURE IN LEACHED CHERNOZEM UNDER BERRY CROPS

Ключевые слова: гранулометрический состав, микроагрегатный состав, плотность, водообеспеченность, основная гидрофизическая константа (ОГХ), капиллярно-сорбционное давление (КСД).

Капиллярно-сорбционное давление значительным образом определяется гидрофизическими свойствами почвы, которые в свою очередь зависят от гранулометрического состава, плотности, температуры, порозности, содержания органического вещества. Исследованный чернозем имеет среднесуглинистый иловато-крупнопылеватый гранулометрический состав. Величина фактора дисперсности в гумусово-аккумулятивном горизонте составляет 6-8%, что указывает на его высокую микрооструктуренность. Почвообразующая порода менее агрегирована. Плотность сложения с

глубиной возрастает с 1,0 до 1,4 г/см³. Содержание гумуса в верхнем горизонте близко к 5%, а в иллювиальном уменьшается до 1,6%. Отмеченные особенности почвенно-физических факторов предопределили характер дифференциации гидрофизических характеристик и динамику капиллярно-сорбционного давления в профиле чернозема. Результаты исследований показывают, что изменение капиллярно-сорбционного давления влаги в почве под ягодными культурами обусловлено условиями поступления воды в почву на границе раздела ее с атмосферой. При этом значения давления почвенной влаги, как правило, ниже критического уровня, соответствующего наименьшей влагоемкости, поэтому полная реализация потенциала продуктивности облепихи и жимолости возможна только при наличии оросительных мелиораций.

Keywords: *particle size composition, microaggregate composition, density, available water supply, water retention curve (WRC), capillary-sorption pressure.*

Capillary-sorption pressure is largely determined by soil hydrophysical properties which in turn depend on soil particle size composition, density, temperature, porosity and organic matter content. The chernozem under study is of medium loamy coarse silt particle size composition. The dispersion index in the humus-accumulative horizon makes 6.8% which is indicative of its high micro-aggregation. The parent rock is less aggregated. The consistence density increases with depth from 1.0 to 1.4 g cm³. The hu-

mus content in the top horizon is close to 5% and it decreases to 1.6% in the illuvial horizon. The revealed features of soil-physical factors determined the pattern of hydro-physical feature differentiation and the dynamics of capillary-sorption pressure in the chernozem profile. The research results show that the change in moisture capillary-sorption pressure in the soil under berry crops is determined by the conditions of water entry into the soil at the soil-atmosphere interface. The values of soil moisture pressure are usually below the critical level corresponding to the minimum moisture-holding capacity, so full realization of sea buckthorn and honeysuckle potential productivity is possible with irrigation amelioration only.

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.

Болотов Андрей Геннадьевич, к.с.-х.н., доцент, каф. физики, Алтайский государственный аграрный университет. Тел.: (3852) 62-83-53. E-mail: agbolotov@gmail.com.

Гефке Ирина Валентиновна, к.с.-х.н., доцент, каф. физики, Алтайский государственный аграрный университет. Тел.: (3852) 62-83-53. E-mail: ivgefke@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.

Bolotov Andrey Gennadyevich, Cand. Agr. Sci., Assoc. Prof., Physics Dept., Altai State Agricultural University. Ph.: (3852) 62-83-53. E-mail: agbolotov@gmail.com.

Gefke Irina Valentinovna, Cand. Agr. Sci., Assoc. Prof., Physics Dept., Altai State Agricultural University. Ph.: (3852) 62-83-53. E-mail: ivgefke@mail.ru.

Введение

Почвенно-физические факторы оказывают довольно значительное влияние на гидрофизические свойства почвы: капиллярно-сорбционное давление (матричный потенциал) почвенной влаги и коэффициент влагопроводности. С влагой связаны важнейшие биологические и абиотические процессы, протекающие в почве и определяющие развитие почвообразования и плодородия. По данным Л.М. Бурлаковой черноземы Приобского плато Алтайского края в связи с резкой континентальностью климатических условий отличаются небольшой мощностью, сравнительно невысокой гумусностью, слабой водопроходной структурой [1].

Закономерности формирования режима влажности почвы в значительной мере определяются ее гидрофизическими свойствами, которые, в свою очередь, зависят от гранулометрического состава, плотности, температуры, порозности, содержания органического вещества [2, 3]. Это предопределяет, с одной стороны, неоднородность почв по гидрофизическим параметрам, а с другой, – большие практические возможности для моделирования и прогнозирования гидромелиоративных эффектов, различных агромероприятий и обоснования наиболее рациональных мелиоративных технологий.

Результаты исследований

Объект исследования – чернозем выщелоченный среднемощный малогумусный

среднесуглинистый. **Целью** работы явилось изучение динамики капиллярно-сорбционного давления в почвенном профиле. При этом решалась **задача** измерения влажности почвы **весовым методом**, основной гидрофизической константы – **методом центрифугирования**.

Исследования проводились на производственных участках НИИСС им. М.А. Лисавенко под облепихой, жимолостью и парующемся поле.

В таблице 1 приведено процентное содержание разных фракций почвенных частиц в определенных слоях почвенного профиля.

Данные таблицы 1 показывают, что чернозем выщелоченный имеет среднесуглинистый, близкий к тяжелосуглинистому иловато-крупнопылеватый гранулометрический состав. Этот состав в почвенном профиле чернозема достаточно однороден по всем фракциям. Содержание глинистых частиц в горизонте А составляет 39%, песчаной фракции – 23%. Довольно значительна доля крупной пыли (37%), что говорит о преобладании данной фракции над остальными. Это связано с тем, что почвообразующие породы представлены лессовидными суглинками, для которых характерно высокое содержание данной фракции. Максимальное ее количество отмечается в горизонте В. В составе крупных фракций (0,01-1,00 мм) преобладают кварц (39%) и полевые шпаты (26%). Исследованный чернозем содержит значительное количество илистых частиц (от 21 до 27%), состо-

ящих из гидрослюды и монтмориллонита. Значительное содержание крупной пыли определяет слабую водопроницаемость (18 мм за 1 ч) чернозема на опытном участке [4]. Почвообразующая порода несколько отличается от других почвенных горизонтов и относится к тяжелосуглинистой по гранулометрическому составу, в основном за счет меньшего содержания фракции мелкого песка и повышенного – мелкой пыли.

Водопрочная пористая микроструктура с наиболее ценными микроагрегатами (0,25-0,01 мм) оказывает благоприятное влияние на водно-физические свойства почв. В таблице 2 приведены результаты микроагрегатного анализа чернозема выщелоченного по генетическим горизонтам.

Микроагрегаты размером 0,010-0,005 мм затрудняют водо- и воздухопроницаемость, способствуют повышению испаряющей способности почв. Основная доля представлена наиболее ценными в агрономическом отношении микроагрегатами, при этом большее содержание зафиксировано для размеров 0,05-0,01 мм (табл. 2). С глубиной наблюдается перераспределение этих фракций. Так, в горизонте АВ отмечено увеличение фракций 0,05-0,01 мм, по сравнению с пахотным горизонтом. Количество менее ценных частиц в черноземах незначительно (от 4 до 8%), они представлены размером 0,010-0,001 мм. Результаты микроагрегатного анализа свидетельствуют о высокой степени агрегирования изучаемого чернозема выщелоченного.

Величина фактора дисперсности в гумусовом горизонте чернозема выщелоченного

составляет 6-8%, что указывает на его высокую микроструктурность. В то время как горизонт С_к менее агрегирован (микроструктура менее прочная), коэффициент дисперсности достигает 10%. Л.М. Бурлакова отмечала, что хорошая способность к микроагрегированию черноземов выщелоченных определяется значительным количеством ила [5].

Плотность сложения чернозема с глубиной постепенно возрастает с 1,0 г/см³ в пахотном горизонте до 1,4 г/см³ в почвообразующей породе. По содержанию гумуса в верхнем гумусово-аккумулятивном горизонте исследуемый чернозем относится к малогумусным. Гумусовый горизонт (А+АВ) простирается до глубины 50 см. Содержание гумуса в гумусово-аккумулятивном горизонте находится в пределах 5%, затем убывает до 1,9% в иллювиальном горизонте, с дальнейшим уменьшением до 0,6%.

Реакция почвенного раствора для верхних горизонтов составляет 6,3-6,7, что говорит о его нейтральности; с увеличением глубины наблюдаются изменения и реакция становится слабощелочной: рН = 7,6-8,0. В составе поглощенных катионов преобладает кальций во всем почвенном профиле [6].

Отмеченные особенности распределения гранулометрических элементов, количества гумуса и плотности по почвенным горизонтам предопределяют характер дифференциации гидрофизических характеристик и динамику капиллярно-сорбционного давления в почвенном профиле.

Таблица 1

Гранулометрический состав чернозема выщелоченного (по Н.А. Качинскому)

Горизонт	Глубина взятия образца, см	Содержание фракций от абсолютно-сухой почвы, %						сумма фракций < 0,01
		1-0,25	0,25-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	< 0,001	
А	0-20	0,49	22,60	37,51	7,56	10,92	20,92	39,40
АВ	20-50	0,55	26,38	35,90	6,85	9,21	21,11	37,17
В	50-97	0,51	14,64	43,91	5,84	7,85	27,25	40,94
С _к	> 97	0,34	29,80	25,96	6,45	12,14	25,31	43,90

Таблица 2

Микроагрегатный состав чернозема выщелоченного (по Н.А. Качинскому)

Горизонт	Глубина взятия образца, см	Содержание фракций от абсолютно-сухой почвы, %						фактор дисперсности, %
		1-0,25	0,25-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	< 0,001	
А	0-20	1,26	25,13	65,01	4,36	2,42	1,79	8,6
АВ	20-50	1,14	21,27	71,82	2,17	2,36	1,24	5,9
В	50-97	1,85	34,12	57,31	3,53	2,01	1,16	4,3
С _к	> 97	2,01	22,16	64,84	4,15	4,26	2,58	10,2

Поскольку водообеспеченность растений, в конечном счете, зависит от давления влаги в почве, то становится актуальным вопрос об изучении динамики давления почвенной влаги в течение вегетационного периода под различными ягодными культурами в условиях плодового сада. Для этого можно использовать не полное давление влаги, а капиллярно-сорбционное, так как именно от него зависят влагопроводность почвы и подток влаги к корням.

В области оптимальной обеспеченности растений почвенной влагой устьица растений максимально открыты, растение способно активно регулировать свой водообмен на высоком уровне, повышая давление влаги в листьях и, соответственно, в корнях до уровня «критического» давления влаги в почве ($P_{кр}$).

При достижении «критического» давления прикрываются устьица, и растение вынуждено перестроить свой физиологический механизм на экономию влаги, не наращивая активно вегетативную массу. Поэтому при наступлении в почве указанной величины следует производить полив растений. Для большинства растений-мезофитов $P_{кр}$ колеблется от -300 до -600 см водн. ст. [7].

Рассмотрим особенности сезонной динамики капиллярно-сорбционного давления влаги в черноземе под ягодными культурами в течение вегетации 2012-2014 гг. (рис. 1-6). Капиллярно-сорбционное давление влаги получали из основной гидрофизической характеристики для определенной влажности почвы. $P_{кр}$ определили как среднее из диапазона 30-60 кПа по Е.В. Шеину.

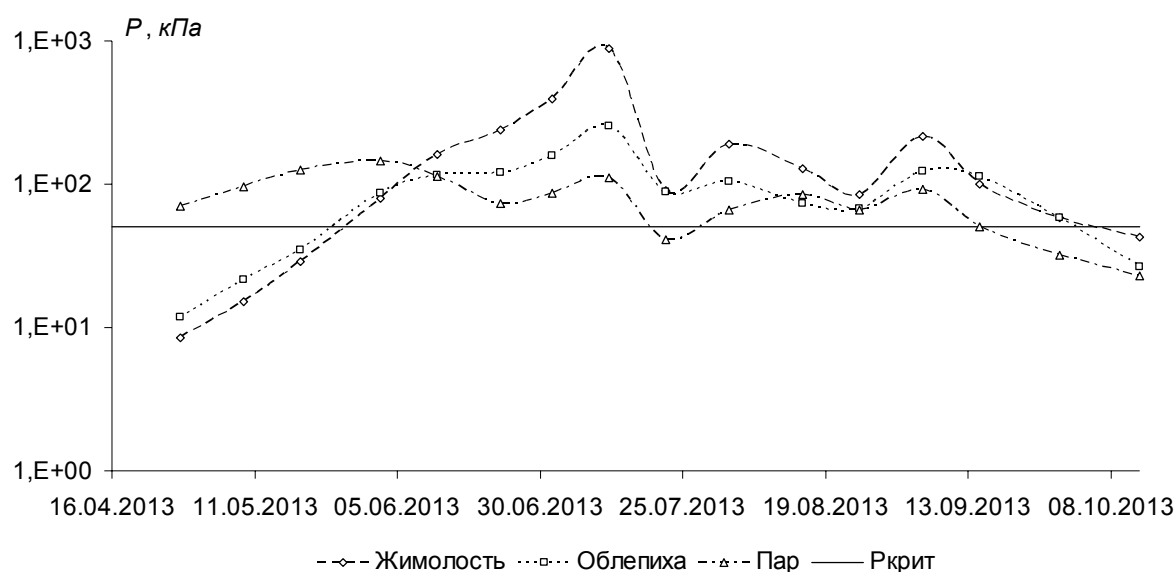


Рис. 1. Изменение капиллярно-сорбционного давления влаги в черноземе под ягодными культурами в течение вегетации 2013 г. в гор. Ап

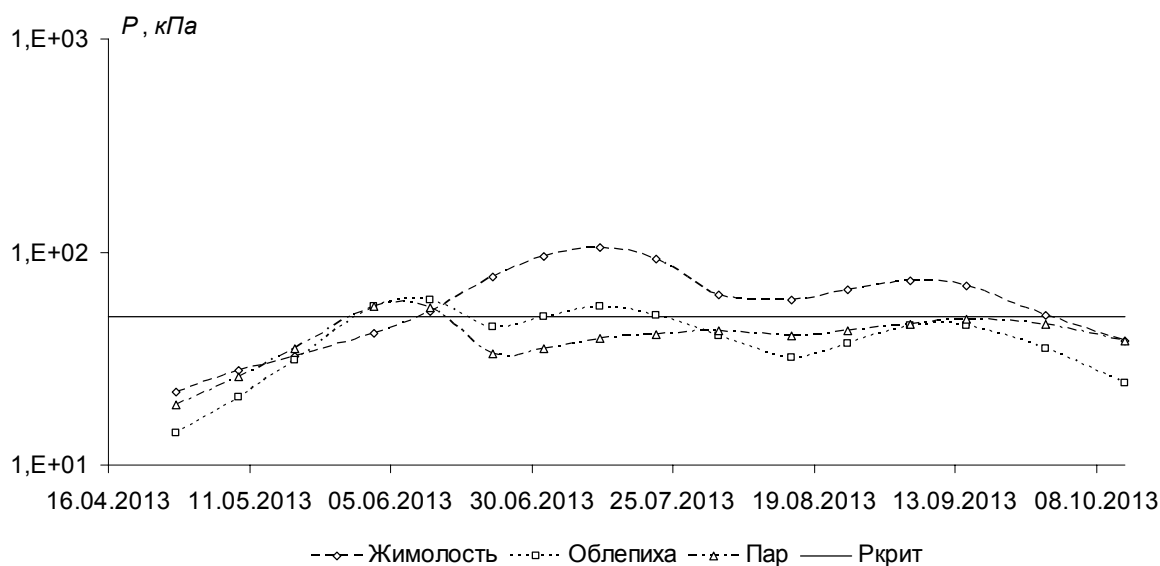


Рис. 2. Изменение капиллярно-сорбционного давления влаги в черноземе под ягодными культурами в течение вегетации 2013 г. в гор. В

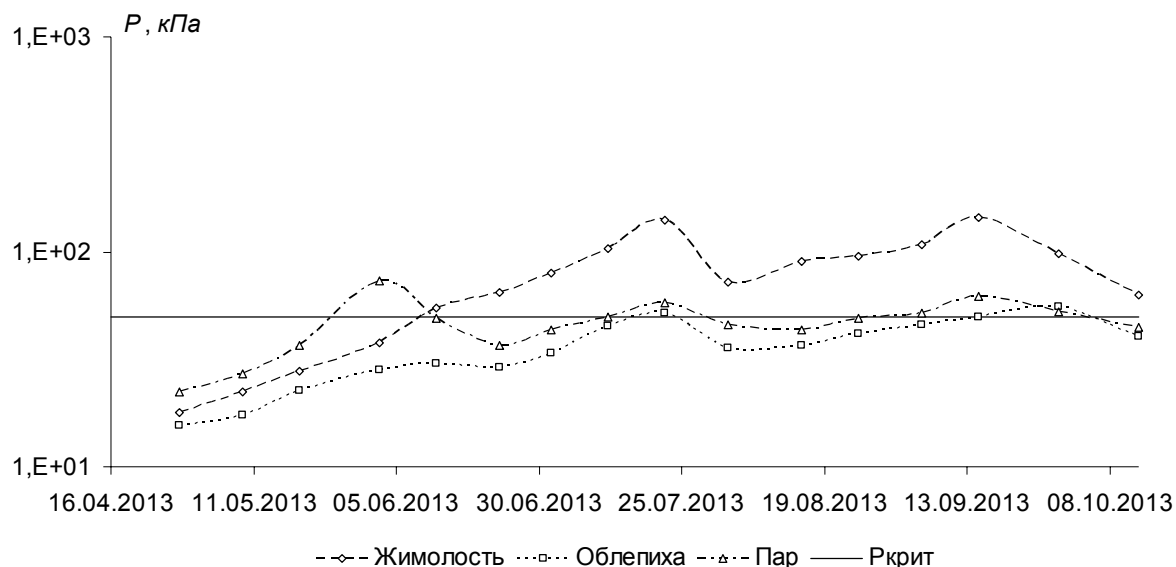


Рис. 3. Изменение капиллярно-сорбционного давления влаги в черноземе под ягодными культурами в течение вегетации 2013 г. в гор. Ск

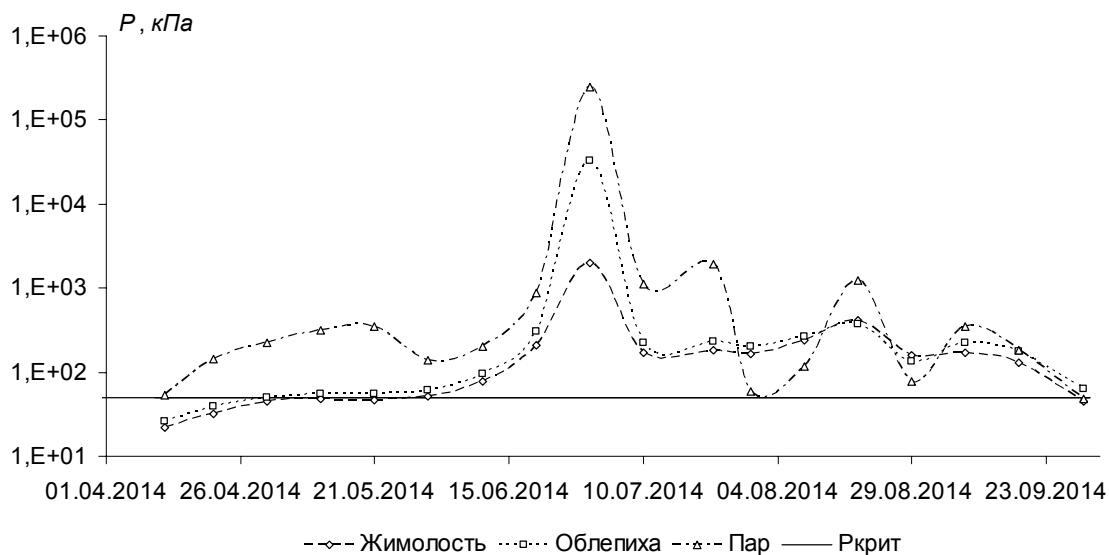


Рис. 4. Изменение капиллярно-сорбционного давления влаги в черноземе под ягодными культурами в течение вегетации 2014 г. в гор. Ап

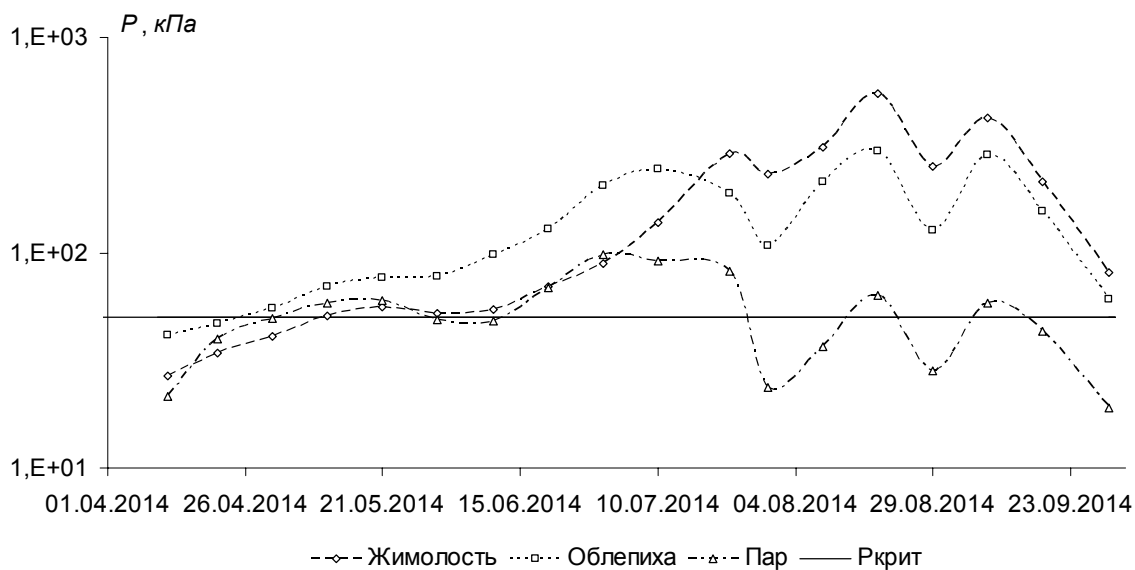


Рис. 5. Изменение капиллярно-сорбционного давления влаги в черноземе под ягодными культурами в течение вегетации 2014 г. в гор. В

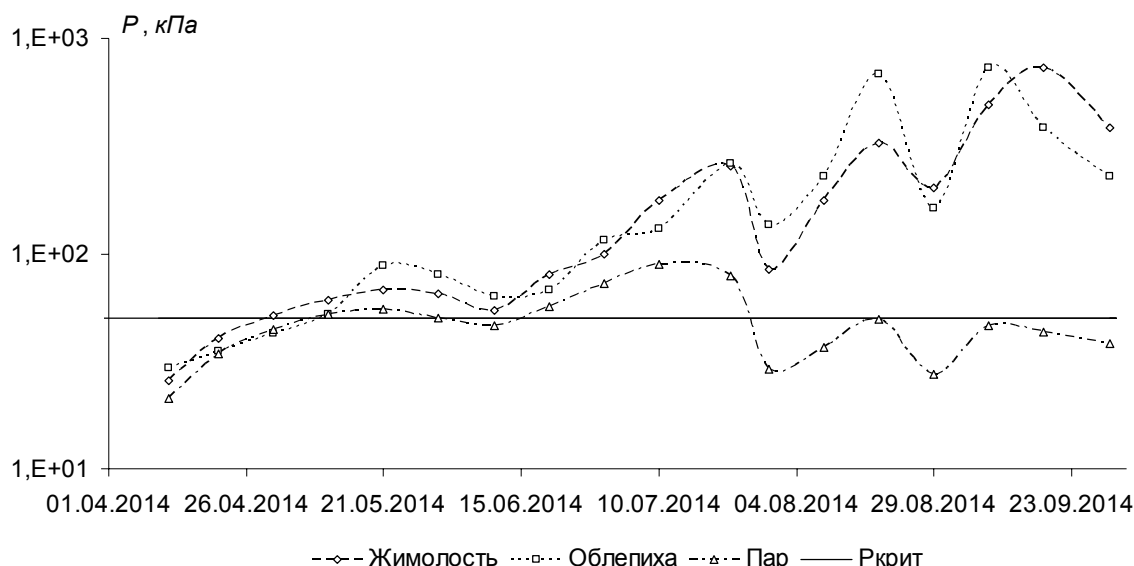


Рис. 6. Изменение капиллярно-сорбционного давления влаги в черноземе под ягодными культурами в течение вегетации 2014 г. в гор. Ск

В 2012 г. значения капиллярно-сорбционного давления влаги в черноземе под ягодными культурами были ниже критического, поэтому наращивание вегетативной массы было весьма ограниченным, и полная реализация потенциала продуктивности возможна только при наличии полива.

Вегетационный период 2013 г. был более благоприятным, чем 2012 г., по обеспеченности культур влагой. Значения капиллярно-сорбционного давления почвенной влаги опускались значительно ниже критического уровня только во время летнего периода в верхнем слое почвы. Особенно это проявилось под жимолостью, где значения давления почвенной влаги достигали -1000 кПа.

В 2014 г. значения капиллярно-сорбционного давления влаги в черноземе под ягодными культурами снижались гораздо ниже критического уровня. Так, под облепихой и жимолостью они составляли -50000 и -2000 кПа соответственно, при $P_{крит} = -50$ кПа.

Заключение

По результатам данных исследований можно заключить, что изменение капиллярно-сорбционного давления влаги в почве под ягодными культурами определяется, прежде всего, гидрофизическими свойствами почвы и условиями поступления воды на верхней границе, при этом отмечаются различия во влиянии той или иной культуры. За годы исследования в условиях Алтайского Приобья значения давления почвенной влаги под ягодными культурами были ниже критического уровня, поэтому полная реализация потенциала продуктивности облепихи и жимолости возможна только при наличии полива.

Библиографический список

1. Бурлакова Л.М. Плодородие Алтайских черноземов в системе агроценоза. – Новосибирск: Наука СО, 1984. – 198 с.
2. Макарычев С.В., Мазиров М.А. Теплофизика почв: методы и свойства. – Суздаль, 1996. – Т. 1. – 231 с.
3. Мазиров М.А., Макарычев С.В. Теплофизика почв: антропогенный фактор. – Суздаль, 1997. – Т. 2. – 201 с.
4. Михайлова Н.В. Прогрессивные способы возделывания облепихи на юге Западной Сибири. – Барнаул: Азбука, 2005. – 168 с.
5. Бурлакова Л.М., Татаринцев Л.М., Рассыпнов В.А. Почвы Алтайского края: учебное пособие. – Барнаул: АСХИ, 1988. – 72 с.
6. Гефке И.В., Гефке И.В., Шишкин А.В. Теплофизическое состояние черноземов плодовых садов Алтайского Приобья. – Барнаул: Изд-во АГАУ, 2008. – С. 48-79.
7. Шейн Е.В. Курс физики почв. – М.: Изд-во МГУ, 2005. – 432 с.

References

1. Burlakova L.M. Plodorodie Altaiskikh chernozemov v sisteme agrotsenoza. – Novosibirsk: Nauka SO, 1984. – 198 s.
2. Makarychev S.V., Mazirov M.A. Teplofizika pochv: metody i svoistva. – Suzdal', 1996. – T. 1. – 231 s.
3. Mazirov M.A., Makarychev S.V. Teplofizika pochv: antropogennyi faktor. – Suzdal', 1997. – T. 2. – 201 s.
4. Mikhailova N.V. Progressivnye sposoby vozdelevaniya oblepikhi na yuge Zapadnoi Sibiri. – Barnaul: Azbuka, 2005. – 168 s.
5. Burlakova L.M., Tatarintsev L.M., Rassypnov V.A. Pochvy Altaiskogo kraja:

учебное пособие. – Barnaul: Altaiskii SKhI, 1988. – 72 с.

6. Makarychev S.V., Gefke I.V., Shishkin A.V. Teplofizicheskoe sostoyanie cherno-

zemov plodovyykh sadov Altaiskogo Priob'ya. – Barnaul: Izd-vo AGAU, 2008. – S. 48-79.

7. Shein E.V. Kurs fiziki pochv. – M.: Izd-vo MGU, 2005. – 432 с.



УДК 631.445.4:631.412:631.174

Н.А. Замотаева, М.В. Давыдов
N.A. Zamotayeva, M.V. Davydov

**ВЛИЯНИЕ ДЛИТЕЛЬНОГО ПРИМЕНЕНИЯ СРЕДСТВ ХИМИЗАЦИИ
НА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И ПРОДУКТИВНОСТЬ
ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО В УСЛОВИЯХ ЛИЗИМЕТРИЧЕСКОГО ОПЫТА**

**THE EFFECT OF LONG-TERM USE OF CHEMICALS ON PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES
AND PRODUCTIVITY OF LEACHED CHERNOZEM IN A LYSIMETER EXPERIMENT**

Ключевые слова: чернозем выщелоченный, лизиметр, картофель, Леди Клер, минеральные удобрения, средства защиты растений, урожайность, кальций, магний, гумус, плодородие, кислотность.

Изучено влияние длительного применения средств химизации на физико-химические свойства чернозема выщелоченного Республики Мордовия в условиях лизиметрического опыта. Применение минеральных удобрений способствовало уменьшению содержания в почве катионов кальция и магния. При этом произошло возрастание кислотности, что указывает на негативное влияние высоких доз удобрений на физико-химические свойства чернозема выщелоченного. Обработка посадок и семян комплексом средств защиты растений на фоне применения высокой дозы удобрений способствовала повышению урожайности картофеля на 23,6 т/га. Наиболее экономически выгодным был вариант с внесением уме-

ренной дозы и комплексом химических препаратов (уровень рентабельности составил 89%).

Keywords: leached chernozem, lysimeter, potato, Lady Claire potato variety, mineral fertilizers, plant protection products, yielding capacity, calcium, magnesium, humus, fertility, acidity.

The effect of long-term use of chemicals on physicochemical properties of leached chernozem in the Republic of Mordovia was studied in a lysimeter experiment. The application of mineral fertilizers decreased the content of calcium and magnesium cations in the soil. At the same time there was acidity increase; that was indicative of a negative effect of high rates of fertilizers on the physicochemical properties of leached chernozem. The treatment of seeds and crops with plant protection products along with high fertilizer rates increased potatoe yield by 23.6 t ha. The variant with average rates of fertilizers and plant protection products was the most cost-effective one (the economic efficiency made 89%).

Замотаева Надежда Александровна, к.с.-х.н., доцент, каф. почвоведения, агрохимии и земледелия, Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва, г. Саранск. Тел.: (8342) 25-41-11. E-mail: zamotaeva_nadya@mail.ru.

Давыдов Максим Вячеславович, аспирант, каф. почвоведения, агрохимии и земледелия, Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва, г. Саранск. Тел.: (8342) 25-41-11. E-mail: davidovmaks2014@mail.ru.

Zamotayeva Nadezhda Aleksandrovna, Cand. Agr. Sci., Assoc. Prof., Chair of Soil Science, Agro-Chemistry and Agriculture, Natl. Research Mordovia State University named after N.P. Ogarev. Ph.: (8342) 25-41-11. E-mail: zamotaeva_nadya@mail.ru.

Davydov Maksim Vyacheslavovich, post-graduate student, Chair of Soil Science, Agro-Chemistry and Agriculture, Natl. Research Mordovia State University named after N.P. Ogarev. E-mail: davidovmaks2014@mail.ru.