

Romania. *Plants*. 11. 1975. DOI: 10.3390/plants11151975.

6. Sokolova, G.G. Vliianie vysoty mestnosti, ekspozitsii i krutizny sklona na osobennosti prostranstvennogo raspredeleniia rastenii / G.G. Sokolova // *Acta Biologica Sibirica*. – 2016. – No. 2 (3). – S. 34-45.

7. Sambyla, Ch.N. Izmenenie struktury fitomassy vysokogornoj rastitelnosti Tuvy v sviazi s osobennostiami relefa / Ch.N. Sambyla // *Izvestiia vysshikh uchebnykh zavedenii. Severo-Kavkazskii region. Estestvennye nauki*. – 2016. – No. 4 (192). – S. 51-56.

8. Craine, J., Dybzinski, R. (2013). Mechanisms of plant competition for nutrients, water and light. *Functional Ecology*. 27. 833-840. DOI: 10.2307/23480992.

9. Robakidze, E.A. Elementnyi sostav dominiruiushchikh vidov rastenii v srednetaezhnykh sosniakakh raznogo vozrasta (na primere Respubliki Komi) / E.A. Robakidze, K.S. Bobkova, S.I. Naimushina // *Rastitelnye resursy*. – 2020. – T. 56. – No. 1. – S. 53-65.

10. Balamirzoev, M.A. Pochvy Dagestana. Ekologicheskie aspekty ikh ratsionalnogo ispolzovaniia / E. M-R. Mirzoev, A.M. Adzhiev, K.G. Mufaradzhev. – Makhachkala, 2008. – 336 s.

11. Iagodin, B.A. Praktikum po agrokhemii / B.A. Iagodin, I.P. Deriugin, Iu.P. Zhukov. – Moskva, 1987. – 512 s.

12. Titlianova, A.A. Biologicheskaiia produktivnost travianykh ekosistem. Geograficheskie zakonomernosti i ekologicheskie osobennosti / A.A. Titlianova, N.I. Bazilevich, V.A. Snytko. – Novosibirsk, 2018. – 110 s.



УДК 630.114:631.436:630 (571.15)

DOI: 10.53083/1996-4277-2023-219-1-25-30

С.В. Макарычев

S.V. Makarychev

ФОРМИРОВАНИЕ РЕЖИМОВ ТЕПЛА И ВЛАГИ В ЧЕРНОЗЕМЕ ВЫЩЕЛОЧЕННОМ СРЕДНЕСУГЛИНИСТОМ ПОД НАСАЖДЕНИЯМИ ТУИ В ДЕНДРАРИИ

FORMATION OF THERMAL AND MOISTURE REGIMES IN LEACHED MEDIUM LOAMY CHERNOZEM UNDER THUJA PLANTATIONS IN THE ARBORETUM

Ключевые слова: дерново-подзолистая почва, туя Даника, температура, сумма температур, термический режим, влагосодержание, влагозапасы, дефицит влаги, орошение.

Известно, что гидротермический режим почвы в значительной степени определяет рост и развитие корневой системы растений. Изучение закономерностей формирования температурных и водных условий с целью их регулирования в почвенном профиле под насаждениями декоративных культур весьма важно в связи с разработкой научно обоснованных приемов, направленных на оптимизацию тепло- и гидрофизического состояния чернозема. Полученные данные показывают, что охлаждение верхнего 5-сантиметрового

слоя почвы к середине декабря 2020 г. прекратилось, и установилась нулевая температура вплоть до конца февраля. Подстилающие почвенные слои постепенно остывали, и на глубине 20 см к концу зимы температура составила 1,5°C. В целом под снежным покровом, достигшим в феврале метрового значения, исследованный почвенный профиль имел положительные температуры и оставался таковым длительное время. С 1 марта до середины апреля на глубине 20 см температура не превышала 1,5°C. Начало ее повышения имело место 1 мая. В начале июня температура почвенной толщи резко выросла с 29°C у поверхности до 9°C на глубине 40 см. При этом с марта до начала мая прогревания в этом горизонте не наблюдалось, но затем оно ускорилося, и суммы температур возросли до

48°C днем и 40°C ночью. В мае и начале июня гидрофизическое состояние исследованного почвенного профиля оставалось вполне удовлетворительным. Поэтому в июле 2021 г. был проведен полив дождеванием, который помог освежить крону туи и очистить ее от пыли, но в другие сроки орошение не использовалось.

Keywords: *sod-podzol soil, white cedar (Thuja occidentalis 'Danica'), temperature, accumulated temperature, thermal regime, moisture content, moisture holding, moisture deficit, irrigation.*

It is known that soil hydrothermal regime largely determines the growth and development of plant root system. The study of the patterns of formation of temperature and water conditions in order to regulate them in the soil profile under plantations of ornamental crops is very important in connection with the development of scientifically based methods aimed at optimizing the thermal and hydrophysical state of chernozem. The data obtained show that the

cooling of the upper five-centimeter soil layer stopped by mid-December 2020, and zero temperature was established until the end of February. The underlying soil layers gradually cooled, and at a depth of 20 cm, by the end of winter, the temperature was 1.5°C. In general, under the snow cover which reached one meter depth in February, the studied soil profile had positive temperatures and remained so for a long time. From March 1 to mid-April, at a depth of 20 cm, the temperature did not exceed 1.5°C. Temperature increase took place on May 1. In early June, the temperature of the soil layer increased dramatically from 29°C at the surface to 9°C at a depth of 40 cm. At the same time, from March to early May, no warming was observed in this horizon, but then it accelerated, and the accumulated temperature increased to 48°C during the day and 40°C at night. In May and early June, the hydrophysical state of the studied soil profile remained quite satisfactory. Therefore, in July 2021, sprinkling irrigation was carried out which helped to refresh the crown of the thuja and clean it of dust, but irrigation was not used at other times.

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

В дендрарии г. Барнаула, расположенного на территории НИИ садоводства Сибири им. М.А. Лисавенко, произрастает большое количество декоративных и цветочных культур, одной из которых является туя Даника. У значительной части декоративных растений листва живет в теплое время года, но при наступлении осени опадает. У туи этого не происходит, поскольку она относится к вечнозеленым хвойным культурам. Известно, что температурный режим почвы определяет рост и развитие растения и, прежде всего, корневой системы. Познание законов аккумуляции и распространения тепла в генетических горизонтах почвенного профиля под насаждениями декоративных культур направлено на разработку приемов регулирования гидротермического режима, т. е. на форматирование оптимального теплофизического состояния в почве [1, 2]. Подчеркнем, что исследований, направленных на изучение термического режима почвенного покрова под различными декора-

тивными культурами в Алтайском крае, практически нет [3, 4]. При этом процессы распространения и накопления тепла в почвах под насаждениями туи Даника при ее содержании в условиях дендрария весьма интересны, поэтому нами были организованы наблюдения за температурным режимом в почвенном профиле с октября 2020 по август 2021 гг.

Объекты и методы

Цель исследований – наблюдение за формированием термического режима в почвенном профиле под насаждениями туи Даника. Объект изучения – чернозем выщелоченный среднесуглинистый. Измерения проведены в 2020-2021 гг. в дендрарии НИИ садоводства Сибири им. М.А. Лисавенко. Температура фиксировалась программируемыми электротермометрами каждые 3 ч на глубинах 0,5; 20 и 40 см в течение всего периода наблюдений. Влажность определена методом сушки и последующего взвешивания [5, 6].

Результаты исследований

Все биологические процессы, формирующиеся в профиле почвы, определяются ее микроклиматом или гидротермическим состоянием [7]. Алтайское Приобье расположено на Приобском плато в центре резко континентального климатического пояса, в котором зимняя температура составляет -35°C и ниже. В июне-июле воздух зачастую нагревается до 35-40°C. В мае и начале июня имеет место засушливый период, который снижает урожайность сельскохозяйственных культур и негативно влияет на декоративную и цветочную флору. Длительность вегетативного периода лежит в пределах от 155 до 165 сут., а время без морозов составляет 110-130 сут. с возвратными заморозками [8]. Элементы климата региона показаны в таблице 1.

Осадков в виде летних дождей в 2020-2021 гг. выпало 587 и 208 мм соответственно, а гидротермический коэффициент был равен 1,3 и 0,8. В течение вегетации 2020 г. стояла теплая погода с температурами 30°C и выше. В июле на паровом поле поверхность почвы прогревалась

до 40-45°C. Наибольшее количество дождей прошло в июне-июле, что было благоприятно для туи. В третьей декаде октября температура понижалась до -0,5°C, а в середине ноября снизилась до -15°C.

Зимой среднемесячная температура падала ниже 20°C, а в начале января превышала 25°C. Снега выпало много, его высота к концу февраля достигала на территории дендрария под декоративными насаждениями 1 м. В 2021 г. уже 17 апреля земля освободилась от снега, и температура перешла через ноль 05.04, а через 10°C – 27 апреля. В мае и начале июня она составляла 16-18°C. В конце мая температура достигла 30°C, в июне – 32°C, а в июле – 33°C.

В таблице 2 приведены температурные данные за осенне-зимний период (с 1 октября 2020 г. по 1 марта 2021 г.). Отсюда следует, что на 1 октября профиль чернозема прогрет до 20-25°C, но уже к середине месяца температура у поверхности почвы упала до 15°C в 13:00 ч, а в 01:00 ч ночи до 08:00 ч и в течение суток практически не менялась.

Таблица 1

Тепло- и влагообеспеченность за вегетацию 2020-2021 гг.

Год	Осадки за год, мм	Сумма температур > +10°C	Сумма осадков при T >+10°C	ГТК
2020	590	2360	315	1,3
2021	209	2380	130	0,8

Таблица 2

Формирование термического режима в профиле чернозема под насаждениями туи (числитель – в 13:00 ч; знаменатель – в 1:00 ч)

01.10	15.10	01.11	15.11	01.12	15.12	01.01	15.01	01.02	15.02	01.03
0,5 см										
<u>24,0</u> 24,5	<u>15,5</u> 8,0	<u>12,5</u> 5,0	<u>-0,5</u> -1,0	<u>-0,5</u> -0,5	<u>0,0</u> 0,0	<u>0,0</u> 0,0	<u>0,0</u> 0,0	<u>0,0</u> 0,0	<u>0,0</u> 0,0	<u>0,0</u> 0,0
20,0 см										
<u>23,0</u> 23,0	<u>16,0</u> 8,0	<u>10,0</u> 5,5	<u>4,0</u> 4,0	<u>3,0</u> 3,0	<u>2,5</u> 2,5	<u>2,0</u> 2,0	<u>2,0</u> 2,0	<u>2,0</u> 2,0	<u>1,5</u> 1,5	<u>1,5</u> 1,5
40,0 см										
<u>20,5</u> 21,0	<u>15,5</u> 8,0	<u>13,0</u> 4,5	<u>6,5</u> 6,0	<u>5,0</u> 5,0	<u>4,0</u> 4,0	<u>3,5</u> 3,5	<u>3,0</u> 3,0	<u>3,0</u> 3,0	<u>2,5</u> 2,5	<u>2,5</u> 2,5
Сумма (0,5-40,0) см										
<u>67,5</u> 68,5	<u>47,0</u> 24,0	<u>35,5</u> 15,0	<u>10,0</u> 9,0	<u>7,5</u> 7,5	<u>6,5</u> 6,5	<u>5,5</u> 5,5	<u>5,0</u> 5,0	<u>5,0</u> 5,0	<u>4,0</u> 4,0	<u>4,0</u> 4,0

Дальнейшее охлаждение воздушных масс привело к постепенному падению количества тепла, поступающего в почву, и в середине ноября ее поверхность приобрела отрицательную температуру. Тем не менее, на глубине 20 см она оставалась равной 4°C, а на 40 см – 6°C. При этом изменения температуры в течение суток уже не наблюдались. По мере увеличения толщины снежного покрова в середине декабря до 45 см дальнейшее охлаждение верхнего пятисантиметрового слоя чернозема прекратилось, и установилась нулевая температура вплоть до конца февраля. Подстилающие почвенные слои постепенно остывали, на 20 см к указанному сроку достигали до 1,5°C. На глубине 40 см чернозем сохранил более высокую температуру, которая снизилась на 1 марта до 2,5°C. В таблице 2 представлена также сумма температур на глубинах 0,5; 20 и 40 см, которая на 01.10.20 была равна 68°C как днем, так и ночью. Но 15 октября ситуация изменилась. Ночная температура вплоть до начала ноября в ночное время была ниже более чем в два раза на всех почвенных глубинах. В то же время под снежным покровом, достигшим в феврале метрового значения, исследованный почвенный профиль имел положительные температуры и оставался таковым в течение зимних месяцев.

Данные таблицы 3 характеризуют температурный режим весной и в начале лета 2021 г.

Весной 2021 г. до третьей декады апреля сохранялись остатки снежного покрова, но уже к 1 мая температура поверхности почвы превысила 11°C. Далее прогревание почвы шло быстро, и температура под насаждениями туи к 15.05 достигла 20°C. С 1 марта до середины апреля на глубине 20 см она не изменялась, оставаясь в пределах 1,5°C в течение суток. Начало повышения температуры наблюдалось 1 мая, когда она достигла 7,5°C, а на глубине 40 см – 4,5°C. Первого июня температура всего профиля чернозема резко выросла с 29°C у поверхности до 9°C на глубине 40 см. Но если разница в дневной и ночной температуре в первом случае достигала 7-10°C, то в нижележащих горизонтах она была практически одинаковой в течение 24 ч. При этом с марта до начала мая прогревания здесь не фиксировалось, но затем резко возросла сумма температур и в середине июня составила 48°C днем и 40°C в 01:00 ч ночи.

Рассмотреть особенности водного режима в профиле чернозема под насаждениями туи Даника летом позволяют данные таблицы 4, характеризующие запасы влаги и ее дефицит в гумусово-аккумулятивном горизонте в течение вегетации 2021 г.

Таблица 3

Термический режим чернозема под насаждениями туи Даника за весенне-летний период 2021 г. в условиях дендрария (числитель – в 13:00 ч; знаменатель – в 1:00 ч)

01.03	15.03	01.04	15.04	01.05	15.05	01.06	15.06
0,5 см							
<u>0,0</u> 0,0	<u>0,0</u> 0,0	<u>0,0</u> 0,0	<u>0,0</u> 0,0	<u>11,0</u> 9,0	<u>19,5</u> 18,5	<u>28,5</u> 18,5	<u>26,5</u> 19,0
20,0 см							
<u>1,5</u> 1,5	<u>1,5</u> 1,5	<u>1,5</u> 1,5	<u>1,5</u> 1,0	<u>7,5</u> 7,5	<u>9,5</u> 9,5	<u>11,0</u> 11,0	<u>11,5</u> 11,5
40,0 см							
<u>2,5</u> 2,5	<u>2,5</u> 2,5	<u>2,0</u> 2,0	<u>1,5</u> 1,5	<u>4,5</u> 4,5	<u>6,5</u> 6,5	<u>9,0</u> 9,0	<u>9,5</u> 9,5
Сумма (0,5-40,0) см							
<u>4,0</u> 4,0	<u>4,0</u> 4,0	<u>3,5</u> 3,5	<u>2,5</u> 2,5	<u>23,0</u> 21,0	<u>35,5</u> 34,5	<u>48,5</u> 38,5	<u>47,5</u> 40,5

Относительная влажность (%), общие (ОЗВ, мм) и продуктивные запасы влаги (ПЗВ, мм) и ее дефицит в гумусово-аккумулятивном горизонте чернозема выщелоченного под насаждениями туи летом 2021 г.

Срок	10.05	27.05	12.06	27.06	15.07	30.07	12.08	29.08
Гор. А, 0-40 см, $\rho = 1200 \text{ кг/м}^3$, НВ = 107,0 мм; ВЗ = 41,8 мм								
У	24,9	23,3	28,0	15,3	14,0	26,3	15,0	13,6
ОЗВ	119,5	111,8	134,4	73,4	67,2	126,2	70,1	65,3
ПЗВ	77,7	70,0	92,6	31,6	25,4	84,4	28,3	23,5
Д	нет	нет	нет	6,9	13,1	нет	10,2	15,0

Как следует из данных таблицы 4, в гумусово-аккумулятивном горизонте чернозема после снеготаяния было аккумулировано значительное количество влаги, которое по классификации А.Ф. Вадюниной являлось очень хорошим. В течение лета влагосодержание в почве постепенно снижалось, и в конце июня ПЗВ составили только 31,6 мм при дефиците 6,9 мм. Эти значения 15.07 оказались равны 25,4 и 13,1 мм соответственно. Выпавшие в третьей декаде осадки увеличили почвенное увлажнение, при котором дефицит влаги исчез, но в течение августа иссушение продолжилось и достигло 15,0 мм при поливной норме 150 т/га, или 15 л/м². Тем не менее большую часть теплого времени года гидрофизическое состояние оставалось удовлетворительным, поэтому был проведен только один полив дождеванием, который помог освежить крону туи и очистить ее от пыли.

Выводы

1. В середине декабря 2020 г. охлаждение верхнего пятисантиметрового слоя чернозема прекратилось, и установилась нулевая температура вплоть до конца февраля. Подстилающие почвенные слои постепенно остывали, и на глубине 20 см к концу зимы температура составила 1,5°C. В целом под снежным покровом, достигшим в феврале метрового значения, исследованный почвенный профиль имел положительные температуры и оставался таковым длительное время.

2. С 1 марта до середины апреля на глубине 20 см температура не превышала 1,5°C. Начало ее увеличения имело место 1 мая. В начале

июня температура почвенной толщи резко выросла с 29°C у поверхности до 9°C на глубине 40 см. При этом с марта до начала мая прогревания в этом горизонте не наблюдалось, но затем оно ускорилося, и суммы температур выросли до 48°C днем и 40°C ночью.

3. В мае и начале июня гидрофизическое состояние исследованного почвенного профиля оставалось вполне удовлетворительным. Поэтому 15.07.21 был проведен полив дождеванием, который помог освежить крону туи и очистить ее от пыли, но в другие сроки орошение не использовалось.

Библиографический список

1. Абаимов, В. Ф. Дендрология / В. Ф. Абаимов. – Москва: Академия, 2009. – 363 с. – Текст: непосредственный.
2. Булыгин, Н. Е. Дендрология / Н. Е. Булыгин. – Москва: Агропромиздат, 1985. – 280 с. – Текст: непосредственный.
3. 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.
4. Макарычев, С. В. Агрофизические свойства чернозема выщелоченного (на примере производственного участка НИИСС им. М. А. Лисавенко) / С. В. Макарычев, И. А. Бицшвили, Л. В. Лебедева. – Текст: непосредственный // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2014. – № 5 (115). – С. 48-52.

5. Болотов, А. Г. Измерение температуры почв в полевых условиях / А. Г. Болотов. – Текст: непосредственный // Антропогенное воздействие на лесные экосистемы: материалы II Международной конференции. – Барнаул: Изд-во АГАУ, 2002. – С. 148-150.

6. Болотов, А. Г. Электронный измеритель температуры почвы / А. Г. Болотов, Ю. В. Беховых, С. В. Макарычев. – Текст: непосредственный // Проблемы природопользования на Алтае: сборник научных трудов. – Барнаул: Изд-во АГАУ, 2001. – С. 87-91.

7. Макарычев, С. В. Коэффициенты аккумуляции и переноса тепла выщелоченных черноземов Алтайского Приобья / С. В. Макарычев, И. В. Гэфке. – Текст: непосредственный // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2006. – № 3. – С. 33-38.

8. Агроклиматические ресурсы Алтайского края. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1971. – 363 с. – Текст: непосредственный.

References

1. Abaimov V.F. Dendrologiia. – Moskva: Akademiia, 2009. – 363 s.

2. Bulygin N.E. Dendrologiia. – Moskva: Agropromizdat, 1985. – 280 s.

3. Gefke I.V. Morfologiya i fizicheskie svoystva pochv raznogo genezisa v usloviakh dendrariia /



I.V. Gefke, L.V. Lebedeva // Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2016. – No. 3 (137). – S. 58-63.

4. Makarychev S.V. Agrofizicheskie svoystva chernozema vyshchelochennogo (na primere proizvodstvennogo uchastka NIISS im. M.A. Lisavenko) / S.V. Makarychev, I.A. Bitsoshvili, L.V. Lebedeva // Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2014. – No. 5 (115). – S. 48-52.

5. Bolotov A. G. Izmerenie temperatury pochv v polevykh usloviakh / A.G. Bolotov // Antropogennoe vozdeistvie na lesnye ekosistemy: materialy II mezhd. konf. – Barnaul: Izd-vo AGAU, 2002. – S. 148-150.

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

7. Makarychev S.V. Koeffitsienty akumulatsii i perenosa tepla vyshchelochennykh chernozemov Altaiskogo Priobia / S.V. Makarychev, I.V. Gefke // Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2006. – No. 3. – S.33-38.

8. Агроклиматические ресурсы Алтайского краия. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1971. – 363 с.

УДК 631.6:631.4(57115)

DOI: 10.53083/1996-4277-2023-219-1-30-37

И.В. Шорина, С.В. Макарычев

I.V. Shorina, S.V. Makarychev

ВЛИЯНИЕ ЭКСПОЗИЦИИ СКЛОНА НА ГИДРОТЕРМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ И ТЕПЛОВЫЕ СВОЙСТВА ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО В УСЛОВИЯХ АЛТАЙСКОГО ПРИОБЬЯ

INFLUENCE OF SLOPE EXPOSURE ON HYDROTHERMAL REGIME AND THERMAL PROPERTIES OF LEACHED CHERNOZEM UNDER THE CONDITIONS OF THE ALTAI REGION'S OB RIVER AREA

Ключевые слова: склон, экспозиция, чернозем, температура, влагосодержание, теплоемкость, тепло- и температуропроводность, факторы влияния.

Keywords: slope, exposure, chernozem, temperature, moisture content, thermal capacity, thermal conductivity, thermal diffusivity, influence factors.