

СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА ТЕМПЕРАТУРЫ В ПРОФИЛЕ ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО ПОД НАСАЖДЕНИЯМИ ИРИСОВ

SEASONAL TEMPERATURE DYNAMICS IN THE PROFILE OF LEACHED CHERNOZEM UNDER IRIS PLANTATIONS

Ключевые слова: чернозем, ирис мохнатый, температура, сумма температур, теплопроводность, влажность, тепловой поток.

В годовом цикле каждая особь ириса развивается посредством таких фаз, как отрастание листвы, бутонизация и цветение. Главным образом на длительность цветения ириса воздействуют температуры воздуха и почвенное влагосодержание во время бутонизации. В благоприятных условиях процесс цветения может продолжаться до 22 дней. Но при засушливой и жаркой погоде этот период сокращается. 20 октября вследствие теплой осени профиль чернозема под насаждениями ирисов оказался хорошо прогретым. В результате резкого похолодания в конце месяца температура почвы резко снизилась. В 3-й декаде ноября начался процесс промерзания, а с глубины 25 см наблюдались положительные температуры. Сумма температур уменьшалась. Теплоток 20 октября оказался равным нулю, что свидетельствовало о прекращении поступления тепла в почву. Наличие сформировавшегося снежного покрова в декабре снизило скорость поступления холода в нижние горизонты почвы, температура которой в течение 3 мес. не опускалась ниже 1,5°C. На глубине 25 см она варьировала в незначительных пределах. Отрицательные температуры проникли на 50-сантиметровую глубину только в 3-й декаде февраля. Температурный профиль в почвенной толще с начала марта и до середины апреля оставался в стационарном состоянии, сохраняя температуру, равную нулю вплоть до глубины 50 см. Сумма температур и теплоток также не менялись. В третьей декаде апреля снег растаял, и почва стала интенсивно прогреваться. Температура здесь в течение мая возросла до 21°C. Соответственно, увеличилась сумма температур. Теплоток в слое 0-25 см в конце апреля – начале мая достиг 20 Вт/м², после чего снизился до нуля.

Keywords: chernozem, bearded iris, temperature, accumulated temperature, thermal conductivity, moisture content, heat flow.

Throughout the annual cycle, each individual iris plant develops through the stages as foliage growth, budding and flowering. The duration of iris flowering is mainly affected by air temperatures and soil moisture content during budding. Under favorable conditions, the flowering may last up to 22 days. But in dry and hot weather this period is shortened. On October 20, due to the warm autumn, the chernozem profile under the iris plantations turned out to be well warmed up. As a result of the cold snap at the end of the month, the soil temperature dropped quickly. In the third ten-days of November, the freezing began, and positive temperatures were observed from a depth of 25 cm. The accumulated temperature decreased. The heat flow on October 20 turned out to be zero which indicated the termination of heat flow into the soil. The presence of formed snow cover in December reduced the rate of cold entry into the lower horizons of the soil which temperature did not fall below 1.5°C for three months. At a depth of 25 cm it varied within insignificant limits. Negative temperatures penetrated to a depth of 50 cm only in the third ten-days of February. The temperature profile in the soil from the beginning of March until mid-April remained in a stationary state, keeping the temperature equal to zero down to a depth of 50 cm. The accumulated temperature and heat flow also did not change. In the third ten-days of April, the snow melted and the soil began to warm up intensively. The temperature here during May rose to 21°C. The accumulated temperature increased accordingly. The heat flow in the 0-25 cm layer at the end of April to the beginning of May reached 20 W m², and then it decreased to zero.

Томаровский Алексей Анатольевич, к.с.-х.н., доцент, ФГБОУ ВО Алтайский ГАУ, г. Барнаул, Российская Федерация, e-mail: fpo@mail.ru.

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

Тихонова Татьяна Владимировна, статистик, ФГБОУ ВО Алтайский ГАУ, г. Барнаул, Российская Федерация, e-mail: fpo.s@yandex.ru.

Tomarovskiy Aleksey Anatolevich, Cand. Agr. Sci., Assoc. Prof., Altai State Agricultural University, Barnaul, Russian Federation, e-mail: fpo@mail.ru.

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

Tikhonova Tatyana Vladimirovna, Statistician, Altai State Agricultural University, Barnaul, Russian Federation, e-mail: fpo.s@yandex.ru.

Введение

Комплекс озеленительных ресурсов цветочных растений НИИСС имени М.А. Лисавенко состоит из более 500 сортов ирисов (*Iris*), которые представляют собой травянистое растение [1, 2]. Оно имеет многолетние подземные корневища и мочковатые придаточные корни, из верхних и боковых почек которого ежегодно вырастают новые побеги. Бородатым ирисам присуще выпирание корневой системы на поверхность почвы [3]. В годичном измерении каждый ирис развивается посредством таких фаз, как отрастание листвы, бутонизация и цветение. Главным образом на длительность цветения ириса воздействуют температуры воздуха и почвенное влагосодержание во время бутонизации [4]. В благоприятных условиях процесс цветения может продолжаться более 20 дней. Но при засушливой и жаркой погоде этот период сокращается. Кроме вышеназванных фаз выделяют также закладку цветочных почек, активный рост корневой системы в августе и заглубление корневища осенью. Поскольку температура воздуха и почвы является главным фактором оптимального произрастания ирисов, то ее изучение стало целью и предметом наших исследований в течение осенне-зимне-весеннего периода в 2022-2023 гг.

Объекты и методы

Объект исследований – чернозем выщелоченный легкосуглинистый под насаждениями цветочных культур (ирисов бородатых) в течение осеннего, зимнего и весеннего сезонов. Предмет исследований – температура в генетических горизонтах почвенного профиля в течение нескольких сезонов 2022-2023 гг. Измерение температуры проводилось электронными зондами, выполненными на основе программируемых датчиков, расположенных на поверхности чернозема и на глубинах 25, 50 и 100 см [5-7]. Кроме того, были рассчитаны тепловые потоки в верхнем корнеобитаемом слое почвы [8]. Влажность определена взвешиванием образцов почвы, а гранулометрический состав – методом Н.А. Качинского [9].

Результаты исследований

Ирисы бородатые в первую очередь активно реагируют на температурный режим, формирующийся в почвенном профиле. Известно, что все сорта ирисов получены на основе их предков, имеющих южное происхождение, которое в значительной степени снижает их морозостойкость [10]. В то же время корневища при пониженных температурах (2-5°C) устойчивы к довольно длительному затоплению талой водой. Но при увеличении температуры в них возможно отмирание тканей. Зимой при слабом снежном покрове и сильных морозах корневая система погибает или, в лучшем случае, наблюдается ее подмерзание. Бородатые ирисы не являются гидрофитами, поэтому хорошо переносят недостаток почвенной влаги. Тем не менее в процессе развития у них могут возникать периоды повышенной потребности в воде, особенно во время цветения [10].

Основным показателем почвенного плодородия является его бонитет, который позволяет качественно оценить продуктивность почвы [11]. При этом ее определяющим свойством оказывается способность обеспечивать растение элементами питания, теплом, водой и воздухом для получения высоких урожаев [12]. Все это обеспечивается процессами трансформации и обмена веществом и энергетическими ресурсами, происходящими в почвенном профиле, которые определяются его тепловыми, водными и воздушными характеристиками. К ним относятся температура, влажность и состав почвенного воздуха. В этой связи нами была поставлена задача, связанная с изучением динамики термического режима в профиле чернозема под цветочными культурами во время охлаждения и промерзания почвенного профиля, а также при его оттаивании и прогревании, т. е. в течение осенне-зимне-весеннего периода. В целях более полного представления об изучаемом черноземе нами был изучен его гранулометрический состав, представленный в таблице 1, а также другие агрофизические показатели.

Таблица 1

Состав гранулометрических фракций дерново-подзолистой почвы на различной глубине (h, см)

h, см	Фракции почвы (% от массы), мм						
	1,0-0,25	0,25-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	ил <0,001	глина <0,01
10	21,0	12,1	40,5	6,4	8,7	11,4	26,5
35	20,7	16,1	38,6	6,6	7,3	10,7	24,6
55	22,4	17,1	34,2	5,3	5,6	15,3	26,2

Данные таблицы 1 показывают, что профиль чернозема выщелоченного относится к легкосуглинистому гранулометрическому составу. В то же время почвообразующая порода представлена супесью. Почвенная толща содержит значительное количество среднего песка и крупной пыли. В верхнем пахотном слое отмечается достаточно много илистой фракции, но в иллювиальном горизонте имеет место ее максимум (15,3%), что свидетельствует о переносе или нисходящим потоком влаги при использовании регулярных поливов.

Открытый почвенный разрез указывает на то, что исследованная почва относится к чернозему выщелоченному без признаков присутствия карбонатов вплоть до 1 м. Степень гумусированности чернозема составляет 5,5%. Кроме того, его верхний слой имеет плотность сложения, равную 1,25 г/см³, в иллювиальном горизонте она увеличивается до 1,45, а в подстилающей породе, содержащей мелкий песок, – до 1,61 г/см³.

Перед уходом в зиму нами была измерена относительная влажность чернозема до глубины

100 см и теплопроводность его пахотного горизонта (табл. 2).

Анализ данных таблицы 2 показывает высокую степень увлажнения генетических горизонтов чернозема, который характеризуется влажностью завядания и наименьшей влагоемкостью, равными, соответственно, 5,2 и 17,3% от массы почвы. Таким образом, в профиле осенью было накоплено значительное количество влаги, которая при наступлении зимы оказалась изолированной сверху замерзшей коркой. Кроме того, при охлаждении почвенной толщи, по данным В.Е. Горяева [13], наблюдается подтягивание грунтовых вод снизу, что свидетельствует о сохранении высокого влагосодержания в генетических горизонтах чернозема. Это позволяет оценить тепловые потоки в верхнем 25-сантиметровом слое почвы при коэффициенте теплопроводности, равном 1,42 Вт/(м К). Результаты исследований температурного режима и теплотоков осенью 2022 г. представлены в таблице 3.

Таблица 2

Относительная влажность (U, % от массы почвы) генетических горизонтов в профиле дерново-подзолистой почвы. 20.10.2023 г.

Горизонт	Ап		АВ	В		ВС		С
h, см	0-10	10-25	25-35	35-45	45-55	55-70	70-85	85-100
U, %	19,1	19,3	20,0	19,0	18,2	17,9	15,3	13,5

Таблица 3

Температура, сумма температур (°С) и тепловой поток (P, Вт/м²) в профиле дерново-подзолистой почвы осенью 2022 г. в 13:00 ч

h, см	20.10	30.10	10.11	20.11	30.11
0	26,0	0,0	0,5	0,0	-2,5
25	26,0	2,5	1,5	1,5	0,5
50	25,0	5,0	3,0	2,0	1,5
100	21,0	8,0	6,0	5,0	4,0
Σ	98	15,5	11,0	8,5	3,5
P	0,0	-14,0	-5,6	-8,4	-16,8

Следует отметить, что на 20 октября вследствие теплой осени профиль чернозема под насаждениями ирисов оказался хорошо прогретым от 26°С на поверхности почвы в 13:00 ч до 21°С на глубине 1 м. В результате резкого похолодания в конце месяца температура почвы резко снизилась, соответственно, до нуля в верхнем слое и до 8°С в подстилающей породе. С течением времени охлаждение почвы продолжалось, а в третьей декаде ноября начался

процесс промерзания. В то же время с глубины 25 см наблюдались положительные температуры. Сумма температур на исследованных глубинах также постепенно уменьшалась с 98°С в октябре до 4°С 30 ноября. Теплоток 20 октября оказался равным нулю, что свидетельствовало о прекращении поступления тепла в почву. Но уже 30.10 он ушел в область отрицательных значений, упав до -14 Вт/м². В зависимости от температурных колебаний в верхней части поч-

венного профиля поступление или излучение тепла в атмосферу из верхнего 25-сантиметрового слоя почвы также варьировало от -6 до -17 Вт/м² в течение ноября.

Таблица 4 содержит значения зимней температуры в черноземе (декабрь-февраль).

Измерения температуры в почвенном профиле чернозема в течение зимних месяцев показали процесс его дальнейшего охлаждения. Наличие сформировавшегося снежного покрова (40-50 см в декабре) снизило скорость поступления холода в нижние горизонты почвы. Кроме того, снег экранировал от морозов ее поверхность, температура которой в течение трех месяцев не опускалась ниже 1,5°C, за исключением октября, когда высота снега не достигала и

5 см. На глубине 25 см она варьировала в незначительных пределах (от 0 до -0,5°C). Отрицательные температуры проникли на 50-сантиметровую глубину только в третьей декаде февраля, а на метровой глубине почва сохраняла положительные температуры, остыв до 1,5°C. Отметим, что сумма температур в почвенной толще оставалась практически постоянной. Тепловой поток также изменялся в малой степени, не опускаясь ниже -5,6 и не поднимаясь выше -2,8 Вт/м².

В таблице 5 показана динамика температур на различной глубине профиля чернозема в течение весенних месяцев в период прогревания почвы.

Таблица 4

Температура, сумма температур (°C) и тепловой поток (P, Вт/м²) в профиле дерново-подзолистой почвы осенью 2022 г. в 13:00 ч зимой 2022-2023 гг.

h, см	Дни наблюдений								
	10.12	20.12	30.12	10.01	20.01	30.01	10.02	20.02	28.02
0	-3,0	-1,5	-1,0	-0,5	-1,0	-1,0	-1,0	-1,5	-0,5
25	-0,5	-0,5	-0,5	0,0	0,0	0,0	-0,5	-0,5	0,0
50	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,5	-0,5
100	3,0	2,5	2,0	2,0	2,0	1,5	1,5	1,5	1,5
Σ	0,0	0,5	0,5	1,5	1,0	0,5	0,0	-1,0	0,5
P	-19,6	-5,8	-2,8	-2,8	-5,6	-5,6	-2,8	-5,6	-2,8

Таблица 5

Температура, сумма температур (°C) и тепловой поток (P, Вт/м²) в профиле дерново-подзолистой почвы осенью 2022 г. в 13:00 ч весной 2023 г.

h, см	Дни наблюдений								
	10.03	20.03	30.03	10.04	20.04	30.04	10.05	20.05	30.05
0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,5	16,5	19,0	21,0
25	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,0	13,0	19,0	21,0
50	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	6,0	10,0	18,5	21,0
100	1,5	1,5	1,5	1,5	2,0	4,0	6,5	14,5	16,0
Σ	1,5	1,5	1,5	1,5	3,0	29,5	46,0	75,0	84,0
P	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	+19,6	+19,6	0,0	0,0

Прежде всего отметим, что температурный профиль в почвенной толще с начала марта и до середины апреля оставался в стационарном состоянии, сохраняя температуру, равную нулю вплоть до глубины 50 см. В то же время температура на 100 см стагнировала, оставаясь положительной и постоянной (1,5°C). Сумма температур и теплоток также не менялись в этот промежуток времени. В конце апреля началось прогревание почвы снизу. В третьей декаде апреля снег растаял под действием солнечной

инсоляции и теплого атмосферного воздуха, и почва стала интенсивно прогреваться с поверхности. Температура здесь в течение мая возросла до 21°C, а на метровой глубине – до 16°C. Соответственно, увеличилась сумма температур с 29 до 84°C, а тепловой поток в слое 0-25 см характеризовался в конце апреля – начале мая резким всплеском до 20 Вт/м², а затем приобрел нулевое значение, когда тепло, поступающее в почву, сравнялось с теплом, исходящим из нее.

Выводы

1. Вследствие теплой осени 20 октября профиль чернозема под насаждениями ирисов оказался хорошо прогретым. В результате резкого похолодания в конце месяца температура почвы резко снизилась. В третьей декаде ноября начался процесс промерзания. В то же время ниже 25 см наблюдались положительные температуры. Сумма температур постепенно уменьшалась. Теплоток 20 октября оказался равным нулю, что свидетельствовало о прекращении поступления тепла в почву, но уже 30.10 снизился до -14 Вт/м^2 .

2. Наличие сформировавшегося снежного покрова в декабре уменьшило скорость поступления холода в нижние горизонты почвы, температура которой в течение трех месяцев не опускалась ниже $1,5^\circ\text{C}$. На глубине 25 см она варьировала в незначительных пределах. Отрицательные температуры проникли на 50-сантиметровую глубину только в третьей декаде февраля, а сумма температур и поток тепла в почвенной толще оставались постоянными.

3. Температурный профиль в почвенной толще с начала марта и до середины апреля оставался в стационарном состоянии, сохраняя температуру, равную нулю вплоть до глубины 50 см. Сумма температур и теплоток также не менялись. В третьей декаде апреля снег растаял, и почва стала интенсивно прогреваться. Температура здесь в течение мая возросла до 21°C . Соответственно, увеличилась сумма температур. Теплоток в слое 0-25 см в конце апреля – начале мая достиг 20 Вт/м^2 , а затем снизился до нуля.

Библиографический список

1. Долганова, З. В. Биология и интродукция цветочно-декоративных корневищных многолетников в Западной Сибири / З. В. Долганова. Новосибирск: НГАУ, 2002. – 232 с. – Текст: непосредственный.

2. Долганова, З. В. Ассортимент ириса карликового (*I. hybrida hort.*) для использования в озеленении Алтайского края / З. В. Долганова. – Текст: непосредственный // Декоративное садоводство Сибири проблемы и перспективы. – Барнаул: АГАУ, 2010. – С. 46-50.

3. Клементьева, Л. А. Сортоизучение карликовых бородатых ирисов на Алтае / Л. А. Клементьева. – Текст: непосредственный // Аграрная наука – сельскому хозяйству: сборник мате-

риалов: в 2 кн. / XVI Международная научно-практическая конференция (9-10 февраля 2021 г.). – Барнаул: РИО Алтайского ГАУ, 2021. – Кн. 1. – С. 256-258.

4. Шевченко, И. В. Цветение ириса на юго-западе Черноземья / И. В. Шевченко, О. А. Сорокопудова. – Текст: непосредственный // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2010. – № 8. – С. 20-24.

5. Макарычев, С. В. Гидротермический режим чернозема под цветочными культурами в условиях Алтайского Приобья / С. В. Макарычев, И. А. Бицошвили. – Барнаул: Изд-во АГАУ, 2013. – 104 с.

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

8. Макарычев, С. В. Физические свойства, гидротермические режимы почв и методы их исследования: учебное пособие / С. В. Макарычев. – Барнаул: РИО Алтайского ГАУ, 2020. – 57 с. – Текст: непосредственный.

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

10. Родионенко, Г. И. Ирисы / Г. И. Родионенко. – Санкт-Петербург: ООО «Диамант», «Агропроиздат», 2002. – 192 с. – Текст: непосредственный.

11. Бурлакова, Л. М. Плодородие Алтайских черноземов в системе агроценоза / Л. М. Бурлакова. – Новосибирск: Наука СО, 1984. – 88 с. – Текст: непосредственный.

12. Гончаров, Н. Ф. Плодородие почвы и урожайность основных промежуточных культур / Н. Ф. Гончаров. – Текст: непосредственный // Вопросы современного земледелия. – Курск: КГСХИ, 1997. – Ч. 1. – С. 54-55.

13. Горяев, В. Е. Агрофизические основы и методы регулирования гидротермического режима почв / В. Е. Горяев. – Новосибирск: СО РАН, 2003. – 135 с. – Текст: непосредственный.

References

1. Dolganova Z.V. Biologiya i introduktsiya tsvetochno-dekorativnykh kornevischnykh mnogoletnikov v Zapadnoi Sibiri. – Novosibirsk: NGAU, 2002. – S. 232.
2. Dolganova Z.V. Assortiment irisa karlikovogo (I. hibrida hort.) dlia ispolzovaniia v ozelenenii Altaiskogo kraia // Dekorativnoe sadovodstvo Sibiri problemy i perspektivy. – Barnaul: AGAU, 2010. – S. 46-50.
3. Klementeva L.A. Sortoizuchenie karlikovykh borodatykh irisov na Altae // Agrarnaia nauka – selskomu khoziaistvu: sbornik materialov: v 2 kn. / XVI Mezhdunarodnaia nauchno-prakticheskaia konferentsiia (9-10 fevralia 2021 g.). – Barnaul: RIO Altaiskogo GAU, 2021. – Kn. 1. – S. 256-258.
4. Shevchenko I.V. Tsvetenie irisa na iugozapade Chernozemia / I.V. Shevchenko, O.A. Sorokopudova // Vestnik KrasGAU. – 2010. – No. 8. – S. 20-24.
5. Makarychev S.V. Gidrotermicheskii rezhim chernozema pod tsvetochnymi kulturami v usloviakh Altaiskogo Priobia / S.V. Makarychev, I.A. Bitsoshvili. – Barnaul: Izd-vo AGAU, 2013. – 104 s.
6. Bolotov A.G. Elektronnyi izmeritel temperatury pochvy / A.G. Bolotov, Iu.V. Bekhovykh, S.V. Makarychev // Problemy prirodnopolzovaniia na Altae: sb. nauch. tr. – Barnaul: Izd-vo AGAU, 2001. – S. 87-91.
7. Bolotov A.G. Opredelenie profilnogo raspredeleniia temperatury pochvy na osnovanii temperatury ee poverkhnosti / A.G. Bolotov, E.V. Shein, M.A. Mazirov, A.I. Martynov // Zemledelie. – 2018. – No. 7. – S. 26-29.
8. Makarychev S.V. Fizicheskie svoystva, gidrotermicheskie rezhimy pochv i metody ikh issledovaniia: uchebnoe posobie. – Barnaul: Izd-vo AGAU, 2020. – 57 s.
9. Vadiunina A.F. Metody issledovaniia fizicheskikh svoystv pochvy / A.F. Vadiunina, Z.A. Korchagina. – Moskva: Agropromizdat, 1986. – 416 s.
10. Rodionenko G.I. Irisy – Sankt-Peterburg: OOO «Diamant», «Agroproizdat», 2011.
11. Burlakova L.M. Plodorodie Altaiskikh chernozemov v sisteme agrotsenoza. – Novosibirsk: Nauka SO, 1984. – 88 s.
12. Goncharov N.F. Plodorodie pochvy i urozhainost osnovnykh promezhutochnykh kultur // Voprosy sovremennogo zemledeliia. – Kursk: KGSKhI, 1997. – Ch. 1. – S. 54-55.
13. Gorjaev V.E. Agrofizicheskie osnovy i metody regulirovaniia gidrotermicheskogo rezhima pochv. – Novosibirsk: SO RAN, 2003. – 135 s.

