Тема 3. Температурный режим почвы

*Цель занятия*: получить представление о температурном режиме почв, приборах, используемых для измерения температуры почвы.

*Задание 1.* Ознакомиться с теплофизическими характеристиками почвы.

*Задание 2.* Изучить принцип действия термометров для измерения температуры почвы.

**Теоретические сведения**

Температурный режим почвы обусловлен, в основном, радиационным балансом, то есть зависит от прихода солнечной радиации, величины альбедо и эффективного излучения. Определенное значение имеют процессы испарения и конденсации водяного пара на поверхности почвы, а также теплоемкость и теплопроводность почвы.

*Теплоемкость почвы* бывает объёмная и весовая. *Объёмной теплоёмкостью* *Cоб* называют количество тепла, необходимое для нагревания 1 м3  почвы на 1°С, её выражают в Дж/(м3 ·°С). *Весовой, или удельной, теплоемкостью Cуд* называют количество тепла, которое необходимо для нагревания 1 г почвы на 1°С, её выражают в Дж/(кг·°С).

Между объёмной и весовой теплоёмкостями существует соотношение:

Соб = Суд · d,

где d — плотность почвы.

Теплоёмкость почвы зависит от минерального состава почв, но более всего — от соотношения воздуха и воды, находящихся в почвенных порах. Поэтому теплоёмкость почвы, у которой поры заполнены водой, значительно больше теплоёмкости сухой почвы. При одинаковом притоке и отдаче тепла сухие почвы нагреваются или охлаждаются больше, чем влажные.

*Теплопроводность почвы*. Способность почвы передавать тепло от слоя к слою называется *теплопроводностью*. Коэффициент теплопроводности равен количеству тепла, проходящему за 1 с через сечение слоя в 1 см2 толщиной 1 см при разности температур на границах слоя в 1°С. Теплопроводность зависит от минерального состава почвы, её влажности и содержания воздуха в порах почвы.

Теплофизические характеристики почвы зависят также от цвета, её плотности и структуры. Темные почвы нагреваются сильнее, чем светлые. С увеличением плотности теплоёмкость и теплопроводность сухих почв увеличивается. Рыхлые почвы в пахотном слое днем теплее, чем плотные, а ночью холоднее, так как первые имеют меньшую теплопроводность. Кроме того, рыхлая почва имеет большую удельную поверхность, чем плотная, и поэтому днем поглощает больше радиации, а ночью интенсивнее излучает тепло. Полив и осадки, увеличивая теплоёмкость почвы и вызывая затраты тепла на испарение, охлаждают её.

Виды термометров для измерения температуры почвы

*Жидкостные термометры*основаны на свойстве жидкости изменять свой объём при изменении температуры. В качестве жидкости используют спирт или ртуть. Жидкостный термометр состоит из небольшого стеклянного резервуара, к которому припаяна капиллярная трубка. Резервуар и часть трубки заполнены жидкостью. За капиллярной трубкой прочно крепится шкала, и всё это размещается внутри стеклянной оболочки. Инерция жидкостных термометров — 3‑7 мин., у вытяжных термометров и термометра-щупа — до 15-20 мин. Погрешность измерения 0,2-0,5°С. В показания жидкостных термометров необходимо вводить шкаловые поправки, которые указаны в поверочном свидетельстве каждого термометра.

*Термоэлектрические термометры* основаны на изменении электродвижущей силы термоэлементов, возникающей вследствие разности температур спаев. Термоэлементы часто изготавливают из меди и константана. Преимущество этих термометров по сравнению с жидкостными термометрами состоит в том, что ими можно производить измерения во всем диапазоне температур, учитывающихся в метеорологии. Инерция их составляет 30-100 с, а погрешность измерения — 0,5-1,0°С.

*Электротермометры сопротивления* основаны на принципе изменения электрического сопротивления материалов. Датчики термометров сопротивления могут быть металлическими, проволочными и полупроводниковыми. Термометры сопротивления широко применяются для дистанционных измерений. Инерция их мала — около 1 с, погрешность измерения — 0,2°С.

*Деформационные термометры* основаны на принципе изменения линейных размеров твердых тел с изменением температуры. Приемником таких термометров является биметаллическая пластинка или пружина из инвара и стали. Инерция деформационных термометров — 3-10 мин., а погрешность измерения не менее 0,5°С.

Измерение температуры поверхности почвы

Для измерения температуры поверхности почвы используются жидкостные термометры: срочный, максимальный и минимальный.

*Срочный термометр ТМ-3* применяется для измерения температуры поверхности почвы в данный момент (срок). Это ртутный термометр с цилиндрическим резервуаром. Деления на шкале нанесены через 0,5°С.

*Максимальный термометр ТМ-1* служит для измерения максимальной температуры за период между сроками наблюдений. Это ртутный термометр с ценой деления 0,5°С. Рабочее положение термометра горизонтальное. Максимальные показания термометра сохраняются, благодаря сужению при выходе из резервуара в капилляр. При повышении температуры ртуть, расширяясь, выходит из резервуара, так как сила расширения ртути больше силы трения в месте сужения. При понижении температуры ртуть из капилляра не может вернуться в резервуар, так как сила трения в месте сужения превосходит силу молекулярного сцепления, поэтому в месте сужения происходит разрыв ртути, и, таким образом, фиксируется максимальная температура.

*Минимальный термометр ТМ-2* применяют для измерения минимальной температуры за период между сроками наблюдений. Это спиртовой термометр с ценой деления 0,5°С. Рабочее положение термометра горизонтальное. Минимальные показания термометра определяют по концу штифтика, противоположному резервуару, находящемуся в капилляре внутри спирта. Штифтик подобран так, что силы трения его о стенки капилляра больше сил расширения спирта и меньше сил поверхностного натяжения пленки. При повышении температуры спирт, расширяясь, свободно обтекает штифт, а при понижении температуры, после соприкосновения с поверхностной пленкой, штифтик перемещается вместе со спиртом в сторону резервуара. Он движется до тех пор, пока температура понижается. Летом, при высоких температурах, минимальный термометр может выйти из строя, поэтому на день его убирают.

Измерение температуры почвы на глубинах

*Коленчатые термометры (Савинова) ТМ-5* предназначены для измерения температуры почвы в теплый период на глубинах 5, 10, 15, 20 см (пахотного слоя). В комплект входят четыре термометра, отличающиеся по длине нижней части. Коленчатые термометры ртутные с ценой деления 0,5°С. Несколько выше резервуара термометры изогнуты под углом 135°.

*Термометр-щуп АМ-6* служит для измерения температуры почвы в полевых условиях на глубине от 3 до 40 см. Термометрическая жидкость в термометре — толуол. Термометр с ценой деления 1,0°С помещается в металлическую оправу, нижний конец которой заострен в виде конусообразного наконечника.

*Транзисторный электротермометр ТЭТ-2* так же, как термометр-щуп АМ-6, применяют для измерения температуры почвы пахотного слоя в теплый период. Его можно использовать и для измерения температуры в буртах корнеклубнеплодов.

*Вытяжные термометры ТПВ-50* предназначены для измерений температуры почвы на глубинах 20, 40, 60, 80, 120, 160, 240 и 320 см. Это ртутные термометры с ценой деления 0,2°С. Термометры помещают в специальную оправу с металлическим колпачком. Оправа с термометром крепится на деревянном шесте, длина которого зависит от глубины установки термометра. Шест заканчивается колпачком с кольцом.

Установка М-54-2 для измерения температуры почвы на глубинах

Для дистанционного измерения температуры почвы на глубинах от 2 до 320 см применяют установку М-54-2. Принцип работы установки основан на зависимости изменения электрического сопротивления термометра от его температуры.

Измерение температуры почвы на глубине узла кущения

Состояние озимых культур и условия перезимовки их во многом зависят от температуры почвы на глубине узла кущения. Средняя глубина залегания узла кущения около 3 см. Для измерения температуры почвы на глубине узла кущения в полевых условиях применяют дистанционные термометры.

*Максимально-минимальный термометр АМ-17* служит для измерения экстремальных и срочной температур на глубине узла кущения озимых.

Принцип действия термометра основан на термическом изменении объема рабочей жидкости — толуола, заключенного в замкнутую манометрическую систему, и на преобразовании этого изменения в показания стрелки прибора.

*Электротермометр АМ-2М-1* применяют для срочных измерений температуры почвы на глубине узла кущения. Это термометр сопротивления, принцип действия которого основан на свойстве металлов менять свое электрическое сопротивление в зависимости от изменения температуры.

Измерение глубины промерзания почвы

*Мерзлотомер АМ-21* состоит из резиновой трубки длиной 150 или 300 см, заполненной дистиллированной водой, с обоих концов закрытой капроновыми пробками, и водонепроницаемой защитной трубы, закрытой с нижнего конца. Отсчеты по мерзлотомеру начинают с момента наступления отрицательных температур и продолжают до полного оттаивания почвы. Для измерения глубины промерзания почвы резиновую трубку вытягивают и двумя пальцами прощупывают ее сверху вниз, определяя границы столбика льда. По делениям на трубке (цена деления 1 см) отсчитывают глубину промерзания и толщину мерзлого слоя почвы с точностью до 1 см.

Измерение температуры воздуха

*Психрометрический термометр ТМ-4* ртутный, цена деления 0,2°С. Психрометрические термометры применяются в паре и составляют психрометр, который служит для измерения температуры и влажности воздуха.

При температуре воздуха ниже 35°С используют низкоградусный спиртовой термометр ТМ-9 с цилиндрическим резервуаром.

*Термограф М-16А* служит для непрерывной записи изменений температуры воздуха во времени. Приемником термографа является биметаллическая пластинка, изготовленная из металлов с различным термическим коэффициентом линейного расширения (инвар, сталь). Передача изменений положения приемника осуществляется системой рычагов. Перо самописца постоянно фиксирует изменения температуры на бумажной ленте, закрепленной лентодержателем на барабане, с часовым механизмом внутри. В зависимости от скорости вращения барабана, термографы делятся на суточные и недельные. Термографы применяются для записи изменений температур от –45 до +55°С.

*Контрольные вопросы*

1. Какие виды термометров вы знаете?

2. На чем основан принцип действия жидкостных термометров? Что используют в качестве жидкости?

3. Для чего предназначены срочный, максимальный и минимальный термометры? Как они действуют?

4. В какое время года используют термометры Савинова?

5. На каких глубинах измеряется температура почвы вытяжными термометрами, термометром-щупом АМ-6?

6. Для чего служит установка М-54-2, на каких глубинах и в каком диапазоне температур она применяется?

7. Какой прибор служит для измерения температуры на глубине узла кущения?

8. Какими агротехническими мероприятиями можно изменить тепловые свойства пахотного слоя почвы?