Атмосфера и ее основные свойства

Теоретическое занятие

Специальность: 35.02.05 Агрономия

МДК.01.01 Метеорологическое обслуживание сельскохозяйственного производства

Тема 1.1. Атмосфера и ее основные свойства

Преподаватель: Мартыненко Н.П.

2023

Атмосфера и ее основные свойства

Предмет и задачи агрометеорологии

Атмосфера – газовая оболочка (геосфера), окружающая планету Земля. Внутренняя её поверхность покрывает гидросферу и частично кору, внешняя граничит с околоземной частью космического пространства.

Погода – это физическое состояние атмосферы в данный момент времени в данном месте. Она характеризуется температурой, влажностью, облачностью, скоростью и направлением ветра, атмосферным давлением, а также различными метеорологическими явлениями.

Климат – это средний многолетний режим погоды на данной территории. Для его характеристики используются средние многолетние данные о температуре, осадках, влажности воздуха и почвы, повторяемости тех или иных явлений и т.д.

Предмет и задачи агрометеорологии

Агрометеорологией называется наука, изучающая метеорологические, климатические, гидрологические и почвенные условия в их взаимодействии с объектами и процессами с/х производства. Она сформировалась в конце Х1Х века, как прикладная отрасль метеорологии - науки о земной атмосфере и физических процессах, происходящих в атмосфере. Родиной агрометеорологии явилась Россия, а ее основоположниками были крупные русские ученые А.И. Воейков[1] и П.И. Броунов[2]. Они разработали принципы и программы агрометеорологических наблюдений, организовали первую в мире сеть агрометеорологических станций, провели ряд важных агрометеорологических и агроклиматических исследований. И только потом аналогичная сеть была организована в других странах.

---

[1] Александр Иванович Воейков (8 [20] мая 1842, Москва – 27 января [9 февраля] или 1916, Петроград) – русский метеоролог, климатолог и географ, создатель сельскохозяйственной метеорологии, активный пропагандист вегетарианства

[2] Пётр Иванович Броунов (1852/1853—1927) – русский географ и метеоролог, профессор Киевского и Санкт-Петербургского университетов, член-корреспондент Петербургской Академии наук (1916). Разработчик методов предсказания движения циклонов по изменению атмосферного давления, понятия «наружной оболочки Земли».

Объектами изучения агрометеорологии являются погода, климат, водный и тепловой режим почвы, с/х культуры и процессы с/х производства.

Метеорологические и гидрологические показатели, определяющие состояние и продуктивность с/х культур, называются **агрометеорологическими факторами**. Их сочетания в определенный период времени называют агрометеорологическими условиями, а их многолетний режим – **агроклиматическими условиями**.

Значение агрометеорологических факторов в с/х производстве. Среди агрометеорологических факторов выделяют основные и второстепенные факторы жизни растений. К числу основных факторов относятся факторы, без которых растение не может жить, расти и развиваться.

Солнечная радиация обеспечивает растения энергией, которую они используют в процессе фотосинтеза для создания органического вещества, влияет на химический состав и качество продукции.

Температура окружающей среды регулирует процессы роста и развития растений, фотосинтеза, дыхания и транспирации. Однако все эти процессы невозможны при отсутствии влаги и воздуха. Поэтому свет, тепло, влагу и воздух называют основными факторами жизни растений. Есть также факторы, не являющиеся необходимыми для жизни растений, но оказывающими на них влияние. Это ветер, облачность, дымовые газы, радиоактивность и т.д. – они называются второстепенными факторами. В комплексе основные и второстепенные факторы составляют среду обитания растений.

Состав и строение атмосферы

Атмосферой называется воздушная оболочка Земли, которая состоит из смеси ряда газов. В нижних слоях атмосферы основными газами, составляющими воздух, являются азот (78%) и кислород (21%), 0.93% - аргон, 0.03% - CO_2 и 0.01% приходится на гелий, неон, криптон, водород, ксенон, озон и др. газы. Также в воздухе содержится водяной пар и аэрозоли - мельчайшие твердые и жидкие частицы во взвешенном состоянии. Из всех газов атмосферы наибольшее значение

для биосферы имеют азот, кислород, CO_2, водяной пар и озон, защищающий живые организмы от излишнего ультрафиолетового излучения.

С высотой состав атмосферного воздуха постепенно изменяется, и на высотах более 1000 км в составе воздуха начинают преобладать легкие газы - сначала гелий, а затем атомарный водород. Давление и плотность атмосферы убывают с высотой; около половины всей массы атмосферы сосредоточено в нижних 5 км, а 99.5% - в нижних 80 км.

Строение атмосферы. В вертикальном направлении атмосферу делят на несколько основных слоев – тропосферу, стратосферу, мезосферу, термосферу и экзосферу. Переходные слои или границы между основными слоями называются тропопауза, стратопауза и мезопауза.

Нижний слой атмосферы до высоты 9-11 км, в котором температура воздуха понижается с высотой (в среднем на 0.6^0/100м) называется тропосферой. В тропосфере содержится около 80% всей массы воздуха и почти весь водяной пар; здесь же происходят важнейшие атмосферные процессы, влияющие на деятельность человека.

Над тропосферой до высоты 50-55 км располагается стратосфера. В нижней части этого слоя температура почти не меняется с высотой, а выше 25 км возрастает, достигая у верхней границы O^0. Этот рост температуры обусловлен интенсивным поглощением солнечной радиации озоном, который содержится в этих слоях в повышенном количестве, в связи, с чем данный слой атмосферы иначе называют озоносферой.

Выше стратосферы, до высоты примерно 80-90 км располагается мезосфера, для которой характерно опять быстрое понижение температуры воздуха с высотой, как в тропосфере. Вблизи верхней границы мезосферы температура составляет $-70 – 90^0$. Над мезосферой до высоты 800 – 1000 км простирается термосфера. Температура воздуха в термосфере повышается с высотой и на верхней границе достигает примерно 2000^0, что связывается с большой скоростью движения молекул в разреженном воздухе (давление в 200 раз меньше, чем у земли). С высоты порядка 1000 км начинаются чрезвычайно разреженные слои внешней

оболочки атмосферы - экзосферы или сферы рассеивания, состоящей из наиболее легких атмосферных газов - гелия и водорода. Ускользающие атомы водорода образуют лёгкую земную корону, простирающуюся примерно до высоты 20 тыс.км.

Атмосферное давление и его изменение с высотой

Атмосферное давление – это сила, с которой давит на единицу земной поверхности столб воздуха, простирающийся от поверхности земли до верхней границы атмосферы. В метеорологии принято выражать атмосферное давление в мм рт. ст., миллибарах или гектопаскалях. В международной системе единиц СИ атмосферное давление выражают в гПа.

Между единицами измерения давления существует определенное соотношение: 1 мб = 1 гПа = 0.75 мм рт.ст., а 1 мм рт.ст. = 1.33 мб.

Нормальным у поверхности Земли принято считать атмосферное давление равное 760 мм рт. ст. или 1013 гПа.

Изменение атмосферного давления с высотой. Барическая ступень.

Согласно основному уравнению статики, атмосферное давление уменьшается с высотой, т.к. уменьшается толщина и плотность вышележащего слоя воздуха. В линейном приближение основное уравнение статики атмосферы можно записать следующим образом: $\Delta p = - \rho g \Delta h$.

Интегралы основного уравнения статики атмосферы, полученные при разных предположениях относительно изменения температуры и плотности воздуха с высотой, носят общее название барометрических формул.

Количественной характеристикой изменения атмосферного давления с высотой является барическая ступень, представляющая собой расстояние по вертикали в метрах, соответствующее изменению давления на 1 единицу. Значение её выражается в м/мб или в м/гПа.

По упрощенной формуле Бабинэ барическая ступень рассчитывается следующим образом:

h = 8000*(1 + 0.004 t),

где p t и p - соответственно температура и давление воздуха в той же точке, для которой вычисляется барическая ступень h; 0,004 - коэффициент объемного расширения воздуха.

Барическая ступень у земной поверхности при температуре воздуха 0^0 и давлении 1000 мб равна 8 м/мб.

Для определения разницы высот двух уровней используют упрощенную барометрическую формулу Лапласа (Бабинэ) в следующем математическом выражении.

$p_0 - p_1$ z = 16000 (1 + 0.004tm), (1.2) $p_0 + p_{1:}$

где z - разность высот в метрах, tm - средняя барометрическая температура

слоя воздуха по шкале Цельсия, p_0 и p_1 - давление на нижнем и верхнем уровнях.

Распределение атмосферного давления по горизонтали. Изобары и барические системы

Вследствие неравномерного нагревания земной поверхности горизонтальное распределение атмосферного давления в один и тот же момент времени в разных точках неодинаково.

Линии, соединяющие точки с одинаковым атмосферным давлением, называются изобарами. С помощью изобар на географических картах выделяют области пониженного и повышенного атмосферного давления, которые принято называть барическими системами.

Основные виды барических систем – это циклоны и антициклоны.

Циклоны представляют собой область замкнутых, концентрических изобар с самым низким давлением в центре, а антициклоны – это области замкнутых, концентрических изобар с самым высоким давлением в центре.

В циклонах горизонтальный градиент давления направлен от периферии к центру, и движение воздуха осуществляется против часовой стрелки. А в антициклонах, наоборот – градиент давления направлен от центра к периферии, и воздух движется по часовой стрелке. Кроме циклонов и антициклонов часто встречаются барические системы с незамкнутыми изобарами, которые называются ложбины и гребни.

Ложбина – это полоса пониженного давления между двумя областями повышенного давления, а гребень – это полоса повышенного давления между двумя областями пониженного давления.

Ветер и воздушные течения в атмосфере

Ветром называется горизонтальное перемещение воздуха относительно земной поверхности. Причиной возникновения ветра является сила горизонтального градиента давления, который всегда направлен от высокого давления к низкому.

Ветер характеризуется скоростью и направлением. Скорость ветра обычно выражается в м/сек и зависит от величины горизонтального градиента давления. Чем больше разность давления, тем больше скорость ветра. Направление ветра определяется географическим румбом той точки горизонта, откуда дует ветер. При измерении его используется 16 румбов (8 основных и 8 промежуточных): С, СВ, В, ЮВ, Ю, ЮЗ, З, СЗ и З. Международные обозначения : N - норд (север), E - ост (восток), S - зюйд (юг), W - вест (запад).

Важнейшими силами, влияющими на движение воздуха, являются сила горизонтального градиента давления (градиентная сила), отклоняющая сила вращения Земли (сила Кориолиса) и сила трения. Взаимодействие этих сил определяет закономерности движения воздуха в данных условиях, в том числе скорость и направление ветра.

Воздушными течениями называются системы ветров над более или менее обширными пространствами, захватывающие значительную толщу атмосферы и обладающие определенной устойчивостью во времени.

К основным воздушным течениям относятся пассаты, муссоны, воздушные течения в циклонах и антициклонах, струйные течения, наблюдающиеся в высоких слоях атмосферы и местные ветры (фёны, бризы, бора, горнодолинные ветры и т.д.).

Сложная и непрерывно меняющаяся во времени и в пространстве система крупномасштабных воздушных течений над земным шаром называется общей циркуляцией атмосферы[3].

Вопросы для закрепления

1. Что изучает агрометеорология и каковы ее основные задачи?
2. Что такое атмосфера? Какова ее высота?
3. Какие газы преобладают в составе атмосферного воздуха?
4. Какова роль водяного пара, озона и углекислого газа?
5. Что такое атмосферное давление? Как оно изменяется с высотой?
6. Что такое изобары и барические системы?
7. Что такое ветер и воздушные течения в атмосфере?
8. Что называется общей циркуляцией атмосферы?

Солнечная радиация – это тепловое излучение Солнца, нагретого до 5600 К (5326, 8501 °С).

Тепловое излучение – это электромагнитное излучение нагретых тел, за счет которого они сбрасывают избыток своей внутренней энергии.

Альбедо – это количественный показатель, характеризующий отражательную способность данного вида деятельной поверхности земли по отношению к солнечной радиации.

Солнце и спектральный состав солнечной радиации

Солнце является основным источником энергии для всех процессов, происходящих на земной поверхности и в атмосфере. Оно обеспечивает растения

[3] Панфилова О.Ф., Пильщикова Н.В. Физиология растений с основами микробиологии: учебник и практикум для среднего профессионального образования. – М.: Издательство Юрайт, 2022.

энергией, которую они используют в процессе фотосинтеза для создания органического вещества. Солнечная радиация влияет на процессы роста и развития, общую продуктивность растений, питательную ценность и качество продукции.

Солнце излучает энергию как абсолютно черное тело с температурой излучающей поверхности около 6000^0. В центре Солнца температура достигает

$40\ 000\ 000^0$, поэтому оно излучает огромное количество энергии ($3{,}71*10^{26}$ Вт), но до Земли доходит менее, чем одна двухмиллиардная ее доля, что в пересчете на 1 км^2 поверхности Земли соответствует мощности 330 тыс. кВт.

Солнечной радиацией называется часть лучистой энергии Солнца, проникающая в земную атмосферу в виде электромагнитных волн со скоростью почти 300 000 км/сек.

Солнечный свет, достигший поверхности земли, качественно неодинаков. Его спектр обычно подразделяют на три части: невидимые ультрафиолетовые лучи с длиной волны <0,40 мкм, видимые лучи (0,40-0,76 мкм) и невидимые инфракрасные лучи с длиной волны> 0,76 мкм. На интервал длин волн от 0,1 до 4 мкм приходится 99% всей излучаемой энергии, что позволяет считать солнечную радиацию практически полностью коротковолновой.

Закон ослабления солнечной радиации при прохождении через атмосферу (Закон Буге)

Проходя через атмосферу, солнечные лучи частично поглощаются, отражаются и рассеиваются атмосферой, которая тем самым изменяет количество и качество солнечной радиации, поступающей к поверхности земли.

Количественная оценка ослабления потока прямой солнечной радиации атмосферой дается **законом Буге.**

По формуле Буге интенсивность прямой солнечной радиации у поверхности

Земли можно вычислить следующим образом: **$S_{пр.} = S_0 * P^v$,** где Sпр.- интенсивность прямой солнечной радиации у земной поверхности; S_0 - солнечная постоянная; р - коэффициент прозрачности атмосферы, показывающий, какая часть солнечной радиации достигает земной поверхности

при положении Солнца в зените; m - условная оптическая масса атмосферы, зависящая от высоты Солнца. m = 1/sin h. При массе m=1, т.е. при солнце в зените S=S0*p, а p = S/S0.

Коэффициент прозрачности атмосферы зависит от влажности и запыленности воздуха. Ослабление солнечной радиации пропорционально потоку радиации, входящему в атмосферу, и количеству поглощающих и рассеивающих частиц на всем пути луча через атмосферу.

Спектральный состав солнечной радиации при прохождении атмосферы также, как и интенсивность не остается постоянным. Степень рассеяния и поглощения зависит от длины волны. При этом, чем короче волна, тем сильнее рассеиваются и поглощаются солнечные лучи. Например, ультрафиолетовые лучи рассеиваются атмосферой в 15-30 раз сильнее, чем инфракрасные. Поэтому при низком стоянии солнца, когда лучи должны пройти более длинный путь через атмосферу, коротковолновые лучи почти полностью поглощаются атмосферой, а по мере увеличения высоты солнца доля ультрафиолетовой радиации значительно возрастает.

Таким образом, растения, произрастающие в южных районах, получают более интенсивный и богатый коротковолновой радиацией солнечный свет, поэтому они отличаются более интенсивной окраской листьев и цветов, ростом и развитием.

Виды потоков солнечной радиации. Понятие альбедо, эффективного излучения и фотосинтетически активной радиации (ФАР)

До земной поверхности солнечная радиация доходит в виде потоков прямой и рассеянной радиации.

Прямой солнечной радиацией (S) называется поток параллельных лучей, поступающих непосредственно от видимого диска солнца на поверхность перпендикулярную падающим лучам. Её интенсивность зависит от высоты солнца, состояния атмосферы (наличия облачности, пыли, водяного пара и др.) и времени года.

Прямая солнечная радиация, падающая на горизонтальную поверхность, называется инсоляцией (S′).

Интенсивность инсоляции вычисляется по формуле **S′ = S*sin h,** где S′ - количество тепла в Вт/м^2, получаемое горизонтальной поверхностью; S - количество тепла в Вт/м^2, получаемое перпендикулярной к лучу поверхностью; sin h - синус высоты солнца. При положении солнца в зените: S′ = S.

Рассеянной радиацией (D) называется часть солнечной радиации, дошедшая до поверхности земли после рассеивания атмосферой и отражения от облаков.

Общий приход прямой и рассеянной радиаций, поступающих на горизонтальную поверхность, называется суммарной радиацией: Q = S′ + D, где Q – суммарная радиация, S′ - инсоляция, D – рассеянная радиация.

До восхода, после захода солнца и днем при сплошной облачности суммарная радиация полностью состоит из рассеянной радиации.

Часть суммарной радиации, отраженная от земной поверхности, называется отраженной радиацией (Rк).

Величина отражения солнечной радиации земной поверхностью зависит от характера этой поверхности. Количественно отражательную способность поверхности характеризует величина альбедо. Формула альбедо представляет собой отношение количества отраженной радиации к общему потоку суммарной радиации, падающей на данную поверхность Ак = Rк / Q.

Величина альбедо выражается в долях единицы или в процентах и зависит от цвета и шероховатости поверхностей. Темные и шероховатые поверхности имеют меньшее альбедо, чем светлые и гладкие. Например, поверхность свежевыпавшего снега отражает до 90%, а черноземной почвы 7-10%. Альбедо водных поверхностей в среднем меньше, чем альбедо поверхности суши, и оно очень сильно зависит от высоты Солнца. Так при отвесном падении солнечных лучей оно составляет 2-5%, а при малых высотах Солнца достигает 50-70%.

Земная поверхность и атмосфера, нагреваясь за счет поглощения солнечной радиации и процессов нерадиационного теплообмена, сами также излучают энергию. Это излучение называется собственным излучением земли ($E_з$)

и встречным излучением атмосферы (E_a). Поскольку температура земной поверхности и нижних слоев атмосферы сравнительно невелика (средняя температура земной поверхности около 15^0), то излучаемая ими радиация приходится на невидимый инфракрасный участок спектра и относится к длинноволновой радиации.

В среднем в умеренных широтах излучение земной поверхности вполне сопоставимо со значениями потока суммарной радиации. Но в отличие от суммарной радиации, которая поступает только в светлое время суток, излучение земной поверхности происходит круглосуточно, и суточные его суммы могут значительно превышать соответствующие суммы поглощенной коротковолновой радиации. Если бы такая большая отдача энергии не компенсировалась длинноволновым излучением атмосферы, это привело бы к быстрому охлаждению земной поверхности.

Разность между излучением земной поверхности и встречным излучением атмосферы называется **эффективным излучением: Еэф = Ез – Еа.**

Эффективное излучение деятельного слоя зависит от его температуры, от влажности и прозрачности воздуха и от облачности. С повышением температуры поверхности Еэф увеличивается, а с повышением температуры и влажности воздуха - уменьшается. Особенно влияют на эффективное излучение облака, т.к. капли облаков излучают почти также как и деятельный слой Земли. Если облака плотные и температура их близка к температуре деятельного слоя, то Ез = Еа и тогда Еэф = 0.

Атмосфера сильно ослабляет излучение земной поверхности, т.к. оно поглощается водяным паром и углекислым газом, содержащимися в воздухе. Это свойство атмосферы называется «оранжерейным эффектом», поскольку атмосфера при этом действует подобно стеклам в теплицах: хорошо пропускает солнечные лучи, нагревающие почву и растения, но плохо пропускает во внешнее пространство тепловое излучение нагревшейся почвы.

В процессе фотосинтеза растения используют не весь спектр солнечной радиации, а только его часть, находящуюся в интервале длин волн 0.38-0.71 мкм. Она называется фотосинтетически активной радиацией (ФАР).

В потоке суммарной радиации доля ФАР составляет в среднем за год около 52%, т.е. $\Sigma Q_{ФАР} = 0{,}52\ \Sigma Q$. Более точно количество ФАР можно рассчитать по следующей формуле Х.Т. Тооминга: $\Sigma\ Q_{ФАР} = 0.43\ \Sigma\ S' + 0.57\ \Sigma\ D$, где $\Sigma\ Q_{ФАР}$ - суммарная фотосинтетически активная радиация (Дж/м^2); $\Sigma\ S'$ – сумма прямой солнечной радиации на горизонтальную поверхность (Дж/м^2); $\Sigma\ D$ – сумма рассеянной солнечной радиации (Дж/м^2).

$КПД_{ФАР}$ зависит от срока, способа и густоты посева, от обеспеченности влагой, количества внесенных удобрений, уровня агротехники, погодных условий и т.д. Другими словами, КПД характеризует эффективность агротехники и качества эксплуатации земли.

Радиационный баланс земной поверхности

Радиационным балансом земной поверхности (В) называется разность между всеми потоками радиации, приходящими к земной поверхности и уходящими от нее.

Приходная часть радиационного баланса состоит из прямой (S`), рассеянной радиации (D) и встречного излучения атмосферы Еа.

Расходная часть слагается из отраженной радиации (Rк) и собственного излучения земли (Ез).

Уравнение радиационного баланса земной поверхности можно записать в следующем виде: $B = S` + D + Ea - Rк - Eз$.

Используя значение суммарной радиации $Q = S` + D$ и эффективного излучения, это выражение можно написать короче следующим образом $B = Q - Rк - Eэф$.

В этой формуле разность (Q – Rк) представляет коротковолновую радиацию, поглощенную поверхностью земли. Величину этого коротковолнового остатка радиации можно также определить путем умножения суммарной радиации на

величину поглощательной способности, т.е. на разность между единицей и альбедо для коротких волн, тогда уравнение радиационного баланса запишется:

$B = Q (1 - Ак) - Еэф.$

Радиационный баланс днем обычно положителен, а ночью - отрицателен.

Радиационный баланс земной поверхности является важнейшим климато-образующим фактором, т.к. от его значения прямо или косвенно зависят тепловой режим почв, водоемов, растительности и взаимодействующих с ними слоев атмосферы; ход процессов испарения; свойства формирующихся в данном районе воздушных масс; циркуляция атмосферы и т.д. Практически все процессы на земной поверхности, в атмосфере и в самих растениях протекают за счет энергии радиационного баланса. Распределение его по земной поверхности в значительной мере определяет зональность климатов, географическое распределение растительности, ее продуктивность и приемы ведения сельского хозяйства.

Пути более полного использования солнечной радиации в сельском хозяйстве

Для получения высоких и стабильных урожаев необходимо выводить такие сорта, которые в ограниченных условиях среды (например, недостатка влаги) имели бы, прежде всего активный фотосинтетический аппарат, позволяющий им в неблагоприятных условиях создавать высокопродуктивные посевы. Кроме того, учитывая, что в посевах в зависимости от времени дня, фазы развития, высоты и густоты растений, облачности и других факторов меняются условия освещенности, необходимо создавать такие сорта, которые позволили бы листовому аппарату работать с высоким КПД при различной освещенности. Под КПД посевов понимают отношение части ФАР, затраченной на фотосинтез и образование биомассы, к общей ФАР, поглощенной растительным покровом.

В настоящее время ученые стремятся создавать такие конструкции посевов, которые обеспечивали бы максимальную освещенность листовой поверхности, а следовательно, максимальную их продуктивность: посевы с определенной шириной междурядий, на террасах, по горизонталям склонов, на склонах

различной ориентации и т.д. В плодоводстве стремятся создавать типы крон (пальметта, веретено), способствующие оптимальному радиационному режиму в кроне дерева, что повышает урожай и товарные качества плодов.

На основе так называемого «оранжерейного эффекта» (солнечный обогрев) действуют теплицы и парники, где выращиваются овощные и бахчевые культуры, ускоряется выход продукции овощей и фруктов.

Создаются различные виды солнечных батарей, которые в южных районах страны используются для сушки плодов и овощей, подогрева и опреснения воды и др.

Для четкого планирования и научно обоснованного ведения сельского хозяйства необходимо знать характеристики радиационного режима данной местности и уметь регулировать его в посевах, насаждениях и теплицах.

Вопросы для закрепления:

1. Что такое солнечная радиация? Каков ее спектральный состав?
2. Что такое прямая, рассеянная и отраженная радиация?
3. Что называется фотосинтетически активной радиацией (ФАР)?
4. Что такое альбедо и от чего зависит его величина?
5. Что такое эффективное излучение?
6. Что называется радиационным балансом земной поверхности?
7. Каковы пути повышения эффективности использования ФАР?

Понятие активной и эффективной температуры

Температура воздуха и почвы являются важнейшими факторами жизнедеятельности растений, которые могут развиваться только в определенном диапазоне температур. Каждое растение имеет свой температурный минимум, ниже которого оно перестает вегетировать, температурный оптимум, соответствующий максимальной продуктивности растений и температурный максимум, за пределами которого растение существовать не может.

Для большинства с/х культур биологическим нулем является $+5^0$, для более теплолюбивых культур (сорго, рис, фасоль, хлопчатник) +100. Температурный максимум для большинства культур составляет $30\text{-}35^0$.

Активной называют температуру выше биологического нуля.

Эффективной называют температуру за вычетом биологического нуля, т.е. tэф = tср – tб.о.

Повышение температуры обусловливает ускорение роста и развития растений, однако это наблюдается до определенных пределов. Например, в умеренных широтах ускорение роста растений наблюдается только до температуры равной 20^0, затем темпы замедляются, причем, чем выше температура, тем быстрее замедляется скорость развития растений. Температура воздуха равная 30^0 угнетает растения, а порой способствует их гибели.

Жаркая сухая погода в период налива зерна вызывает так называемый запал и захват зерна, в результате чего зерно становится щуплым, что резко снижает урожай и качество семян. В период цветения высокая температура обусловливает стерильность пыльцы, что приводит к череззернице и резкому снижению урожая.

Температура почвы особенно сильно влияет на развитие растений в начальные этапы их жизни – в период формирования всходов, корневой системы и кущения растений. Чем выше температура (до определенных пределов) тем быстрее прорастают семена и формируются всходы (при достаточной влагообеспеченности). Температура почвы выше оптимума замедляет развитие семян, ухудшает условия укоренения и т.д.

Изучение воздействия температурного фактора на жизнедеятельность растений позволяет агрометеорологам своевременно рекомендовать те или иные приемы регулирования и оптимизации температурного режима в сельском хозяйстве с помощью соответствующих агротехнических приемов (мульчирование, рыхление, прикатывание и т.д.).

Температурный режим почвы. Законы Фурье

К числу основных факторов, влияющих на тепловой режим почвы, относятся объемная теплоемкость и теплопроводность почвы, цвет почвы, влажность, плотность, растительный и снежный покров, экспозиция склона.

Поскольку теплоемкость и теплопроводность воды во много раз выше, чем воздуха, то влажные почвы медленнее нагреваются и медленнее остывают по сравнению с сухими.

Растительный покров уменьшает нагрев почвы днем и потерю тепла ночью. Снежный покров предохраняет почву от излишнего выхолаживания. Совместное влияние растительного покрова летом и снежного покрова зимой уменьшает годовую амплитуду температуры поверхности почвы на 100 по сравнению с оголенной почвой. Южные склоны прогреваются сильнее северных.

В суточном и годовом ходе температура поверхности почвы обычно имеет один минимум и один максимум. В суточном ходе максимум наблюдается в 1314 ч., минимум – за час до восхода солнца. В годовом ходе в умеренных широтах максимум наблюдается в июне-июле, минимум в январе-феврале.

Вследствие теплопроводности почвы суточные и годовые колебания температуры поверхности передаются в более глубокие слои. Законы распространения тепла в глубь почвы носят название законов Фурье.

Первый закон Фурье гласит о том, что независимо от типа почвы период колебаний температуры не изменяется с глубиной. При этом суточные колебания температуры прослеживаются до глубины 1м, а годовые – до глубины 15-20 м, ниже находится слой постоянной температуры.

Второй закон Фурье гласит, что амплитуда колебаний температуры уменьшается с глубиной, причем увеличение глубины в арифметической прогрессии ведет к уменьшению амплитуды в геометрической прогрессии.

Третий закон Фурье указывает, что время наступления минимальных и максимальных значений температуры запаздывает с глубиной: в суточном ходе – на 2,5-3,5 ч на каждые 10 см, в годовом ходе – на 20-30 суток – на каждый метр.

Температурный режим почвы удобно представлять с помощью графика термоизоплет, на котором по оси абсцисс откладывают время в сутках или месяцах, а по си ординат – глубину почвы. В поле графика наносят средние значения температуры в разные месяцы на разных глубинах, а затем проводят изолинии, соединяя точки с равными значениями температуры. В итоге на графике получается семейство термоизоплет, по которым можно для любого времени и любой глубины определить значение температуры.

Замерзание и оттаивание почвы. Замерзание почвы начинается при температуре -1 – $1,5^0$ сверху. Глубина промерзания будет зависеть от влажности почвы, высоты снежного покрова, наличия растительности и т.д.

Тепловой режим атмосферы

Тепловой режим атмосферы определяется, прежде всего, теплообменом между атмосферным воздухом и окружающей средой.

Теплообмен осуществляется следующими путями:

- радиационным путем за счет поглощения солнечной радиации, излучения земной поверхности и других слоев атмосферы;
- путем теплопроводности: молекулярной между воздухом и земной
- поверхностью и турбулентной внутри атмосферы;
- в результате процессов конвекции и испарения;
- в результате адвекции;
- адиабатически – при изменении атмосферного давления.

В основном воздух нагревается от земной поверхности. Поэтому, чем дальше от источника тепла, тем воздух холоднее, т.е. с высотой температура воздуха уменьшается. Если вверх поднимается сухой воздух, то температура его уменьшается с сухоадиабатическим градиентом $\gamma = 1^0/100$м, если влажный, то с влажноадиабатическим $\gamma = 0,7^0/100$м.

Явление обратного хода температуры воздуха с высотой называется инверсией. Инверсионные слои могут наблюдаться как у поверхности земли, так

и быть приподнятыми. Они называются «запирающими слоями» и играют отрицательную роль в экологии крупных городов.

Суточный и годовой ход температуры воздуха в приземном слое обусловлен соответствующим ходом температуры деятельной поверхности. Особенности хода температуры воздуха определяются его экстремумами, т.е. наибольшими и наименьшими значениями температуры (максимум и минимум). Разность между этими значениями называют амплитудой хода температуры воздуха.

Большое влияние на амплитуду оказывает рельеф. В вогнутых формах рельефа экстремумы температуры выражены более резко по сравнению с равниной.

Особенности суточного хода температуры воздуха необходимо учитывать при размещении культурных растений, выбирая для наиболее теплолюбивых растений те формы рельефа, которые обусловливают меньшую амплитуду хода температуры воздуха и почвы и, следовательно, менее морозоопасны.

В годовом ходе температуры, в зависимости от величины амплитуды и времени наступления экстремальных температур выделяют 4 типа годового хода температуры воздуха: экваториальный тип (А над сушей 5-100), тропический (А над сушей 10-200), тип умеренного пояса (А над сушей 50-600) и полярный (А над сушей больше 650).

Влияние температуры на растения

Температура почвы является одним из важнейших факторов жизни растений и почвенных организмов. Прорастание семян растений начинается только при прогревании почвы до определенных пределов. С ростом температуры скорость прорастания семян увеличивается, сокращается продолжительность межфазных периодов. Пониженные температуры, наоборот, задерживают рост подземных органов.

Зимой понижение температуры почвы на глубине узла кущения озимых ниже критических значений (-16-18^0 для большинства сортов озимой пшеницы, -22-24^0 для ржи) вызывает их вымерзание.

Отрицательно действует на растения и высокая температура почвы. С температурным режимом почвы тесно связано распространение и вредоносность болезней и вредителей с/х культур. Например, при невысокой температуре проволочники поднимаются в верхние слои почвы и повреждают семена, молодые побеги и корни кукурузы. При повышении температуры они уходят в более глубокие слои почвы.

Большое влияние температура почвы оказывает на процесс поглощения растениями элементов минерального питания, т.е. на эффективность удобрений.

Так, поступление в растения азота и фосфора при температуре почвы 5^0 почти в 3 раза меньше, чем при температуре 20^0. С повышением температуры усиливается жизнедеятельность микроорганизмов, использование азота и фосфора.

Для выражения потребности растений в тепле применяются суммы эффективных температур. Это суммы среднесуточных температур, отсчитанных от биологического минимума, при котором развиваются те или иные растения.

Температуры, не ускоряющие развитие растений, были названы балластными. Так при температуре выше 30^0 скорость развития и прироста быстро замедляется, а затем наступает их угнетение и гибель. При жаркой сухой погоде в фазе налива происходят запал растений и захват зерна. Зерно получается щуплое, что резко снижает урожай и качество семян. Поэтому при подсчетах сумм эффективных температур необходимо вводить поправку на балластные температуры.

Температурные условия в значительной степени определяют состояние, поведение и продуктивность с/х животных.

Температурные пределы необходимо знать для размещения новых сортов и гибридов с/х культур[4].

Вопросы для закрепления:

1. Что называется активной и эффективной температурой?
2. Какие факторы влияют на тепловой режим почвы?

[4] Васильева Н.В. Основы землепользования и землеустройства: учебник и практикум для среднего профессионального образования. – М.: Издательство Юрайт, 2022.

3. Каковы закономерности распространения тепла в глубь почвы?
4. Каковы способы оптимизации температурного режима почвы?
5. Какие процессы влияют на изменение температуры воздуха?
6. Как изменяется температура воздуха с высотой? Что такое инверсия температуры?
7. Что такое биологический минимум, максимум и оптимум растений?
8. Как влияет температура на рост, развитие и формирование продуктивности растений?

Список использованной литературы

1. Васильева Н.В. Основы землепользования и землеустройства: учебник и практикум для среднего профессионального образования. – М.: Издательство Юрайт, 2022. – 411 с.

2. Верещагин Н.И. Организация и технология механизированных работ в растениеводстве: учебное пособие для студентов учреждений среднего профессионального образования – М.: Издательский центр «Академия», 2018. – 416 с.

3. Корягин Ю.В., Корягина Н.В., Арефьев А.Н., Куликова Е.Г. Биология почв: учебное пособие для среднего профессионального образования. – М.: Издательство Юрайт, 2022. – 415 с.

4. Левшин А.Г., Скороходов А.Н., Киселев С.Н. Технологии механизированных работ в растениеводстве: учебник для студентов учреждений среднего профессионального образования. – М.: Издательский центр «Академия», 2018. – 332 с.

5. Панфилова О.Ф., Пильщикова Н.В. Физиология растений с основами микробиологии: учебник и практикум для среднего профессионального образования. – М.: Издательство Юрайт, 2022. – 183 с.