بسمه تعالی

رابطهٔ آب خاک و گیاه پیشرفته

Advanced

plant & soil – water relationship

اهمیت شناخت دقیق رابطه آب خاک وگیاه:

- ✓ – کمبودآب مناسب و قابل استفاده بشر
- ✓ نقش اساسی آب در اکولوژی و محیط زیست
- ✓ نقش فیزیولوژیکی آب درگیاهان و سایر موجودات زنده
- ✓ افزایش جمعیت ونیاز بیش از پیش به تولید مایحتاج زندگی وتامین امنیت غذایی جامعه بشری
- ✓ وابستگی روزافزون کلیه ابعاد زندگی بشر به آب ، خاک ، گیاه ، وکشاورزی
- ✓ نیاز به استفاده بهینه از آب و افزایش راندمان مصرف آن
- ✓ نیاز به استفاده از آب های نامناسب(شور و . . . .)درکشاورزی

از چهار فاکتور فیزیکی خاک (ممانعت مکانیکی،آب، تهویه و دما)که بر روی رشد گیاه موثر است (Shaw, 1952; Kirkham,1973) آب مهمترین آنها ست. خشکی باعث اتلاف ۴۰/۸ درصد، زیادی آب ۱۶/۴، حشرات و بیماریها در حدود ۷/۲ درصد از محصولات در ایالات متحده آمریکا می گردد(Boyer, 1982) .

ما نیازمند گیاهان جهت فراهم آوردن غذای مورد نیازمان هستیم و بخاطر اینکه آب مهمترین فاکتور محیطی محدود کننده رشد گیاه است بنابراین نیازمند مطالعه رابطه آب، خاک و گیاه هستیم تا غذای جمعیت در حال رشد را فراهم بیاوریم.

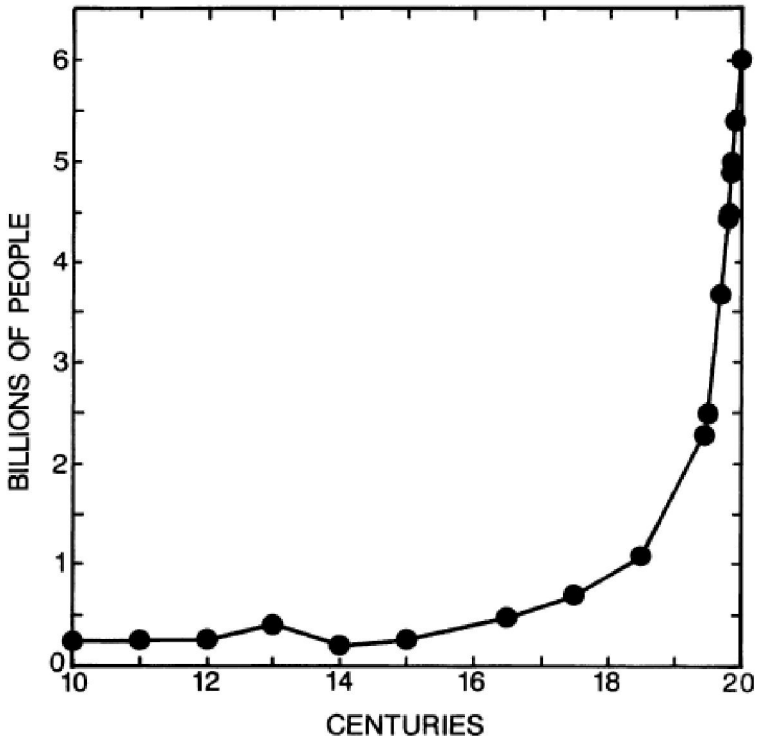


FIG. 1.1 The human population growth curve. (Drawn by author from data found in literature.)

قابل ذکر است که بیش از شش میایون سال طول کشید تا جمعیت جهان به یک میلیارد برسد این در حالی است که : در طول

۱۲۰ سال به دو میایارد و

۳۲ سال تا به سه میایارد و

۱۵ سال تا به ۴ میلیارد و (*New York Times,* 1980)

جمعیت جهان در طول ۱۲ سال (۱۹۸۷– ۱۹۹۹) از ۵ میلیارد به ۶ میلیارد رسید

فضای محدودی برای جمعیت وجود دارد فضای دو یارد مربع برای هر شخص وجود دارد.

غذای و انرژری حیات ما از انرژی خورشید تامین می گردد و تابش انرژی خورشید بر روی خاک و گیاهان اساسی است. ما می خواهیم گیاهان زیادی را در دو یارد مربعی که برای هر شخص وجود دارد رشد بدهیم تا مطمئن شویم که غذای کافی برای خوردن داریم.

با یک محاسبه ساده می خواهیم بدانیم که چقدر غذا از این دو یارد مربع حاصل می گردد:

1. Two square yards is 3 feet by 6 feet or 91 cm by 183 cm.
91 cm × 183 cm = *16,653 cm2 or, rounding, 16,700 cm2.*

2. The solar constant is 2.00 cal cm−2 min−1

3. 16,700 cm2 × 2.00 cal cm−2 min−1 = 33,400 cal min−1.

4. 33,400 cal min−1 × 60 min h−1 × 12 h d−1 = 24,048,000 cal d−1, or, rounding, 24,000,000 cal d−1

There is 6% conversion of absorbed solar energy into chemical energy in plants (Kok, 1967).

24,000,000 cal d−1 × 0.06 = 1,440,000 cal d−1

The food "calories" we see listed in calorie charts are in kilocalories. So, dividing 1,440,000 cal d−1 by 1,000, we get 1,440 kcal d−1, which is not very much.

The following list gives examples of calories consumed per day in different countries (Peck, 2003):

Location	Kilocalories d−1
USA, France	>3,500
Argentina	3,000–3,500
Morocco	2,500–2,999
India	2,000–2,499
Tanzania	<2,000

منحنی های رشد گیاه

منحنی رشد جمعیت منحنی نمایی است.
چون آب مهمترین فاکتور فیزیکی موثر بر رشد گیاه است کمی نمودن رشد گیاه جهت تعیین نمودن اثرات تنش آبی مهم می باشد. هر آزمایشی که با روابط آبی گیاه سر و کار دارد برخی از معیارهای رشد (برای نمونه ارتفاع و بیوماس و...) بایستی بدست بیاید.
منحنی های رشد گیاه، روابط کمی که ما به دنبال درک اصول اساسی روابط آبی گیاه هستیم را با مثال نشان می دهند.
در صورتیکه ما قادر باشیم معادلاتی جهت نشان دادن این روابط ایجاد نماییم پس ما خواهیم توانست آنچه را که قرار است رخ بدهد پیش بینی کنیم.
معادلات توصیف کننده منحنی های رشد گیاه نشان می دهند که چگونه ما رشد گیاه را کمی نموده و تخمین بزنیم.

منحنی های رشد گیاه

در اوایل قرن نوزدهم باکتریها جزء سلسله گیاهان طبقه بندی شدند اگرچه باکتری نه گیاه و نه جانور هست ما می توانیم جهت فهم منحنی رویشی گیاه، رشد آن را در نظر بگیریم.
در شرایط ایده آل باکتری **Escherichia coli** هر ۲۰ دقیقه به دو سلول تقسیم می شود هدف ما پیدا کردن رابطه بین تعداد سلولها در هر لحظه یا زمان بعدی که سپری می گردد است.
در زمان شروع یعنی صفر دقیقه یک سلول وجود دلرد با سپری شدن ۲۰ دقیقه دو سلول وجود خواهد داشت و موقعی که ۴۰ دقیقه سپری شد ۴ سلول و موقعی که ۶۰ دقیقه سپری شود ۸ تا سلول وجود خواهد داشت
موقعی که سه فاصله زمانی ۲۰ دقیقه ای سپری گردید تعداد سلول 2^3 گردید
when *m time intervals each of 20 min have passed, at the time* $t = 20m$ *min, there are* $2^m = 2^{t/20}$

منحنی های رشد گیاه

چنانچه **N** نشان دهنده تعداد سلول در هر لحظه باشد بنابراین

$$N = 2^{t/20}$$

Sigmoid Growth Curve

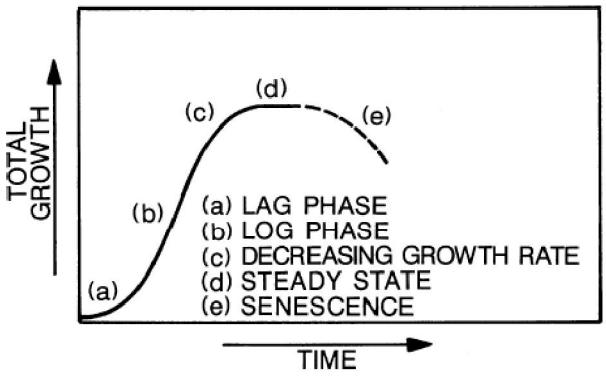


FIG. 1.2 Five phases in the sigmoid growth curve. (From Mitchell R.L., 1970, p. 95. Reprinted by permission of Roger L. Mitchell.)

منحنی **S** شکل یا سیگموئیدی منحنی معمول از الگوی رشد اندام های فردی، کل گیاه و جمعیت گیاهی است. که دارای ۵ قسمت است:

- ❖دوره تاخیر اولیه که در طی آن تغییرات داخلی رخ می دهد تا آماده رشد گردد
- ❖دروه روند روبه رشد

این دوره بخاطر اینکه لگاریتم سرعت رشد در مقابل زمان خط راست را خواهد داشت این دوره یا فاز به نام فاز لگاریتمی رشد نامگذاری می گردد.

- ❖فاز ی که در آن نرخ یا سرعت رشد به تدریج کاهش می یابد
- ❖نقطه ای که ارگانیسم به بلوغ رسیده و رشد متوقف می گردد

چنانچه منحنی طولانی تر شود زمانی خواهد رسید که

- ❖پیری و مرگ ارگانیسم را در پی خواهد داشت و این فاز بوجود خواهد آمد

یکی از تئوریهای مشهور بیان کننده رشد گیاه قانون بهره مرکب بلک من ۱۹۹۱ است ایشان رشد گیاه را به پول یا سپرده گذاری در بانک ارتباط داد. موقعی که پول در بانک با سود، سپرده گذاری می گردد مبلغ نهایی بستگی دارد به :

- ❖اصل سپرده (مقدار آن)
- ❖نرخ بهره یا سود
- ❖مدت زمان سپرده گذاری

- ❑وزن دانه
- ❑سرعتی که در آن مواد موجود در دانه جهت تولید مواد جدید بکار گرفته می شود
- ❑مدت زمانی که وزن گیاه افزایش می یابد

بلک من از طریق رابطه نمایی زیر سه فاکتور بالا را به هم مرتبط ساخت:

$$W_1 = W_o e^{rt},$$

where

W_1 = the final weight
W_o = the initial weight
r = the rate of interest
t = time
e = the base of natural logarithms (2.718 . . .).

معادله بلک من برای فازهای اولیه رشد بهتر جواب می دهد (فاز لگاریتمی رشد در منحنی رشد سیگموئیدی) اما در مراحل بعدی رشد، کاهش یافتن نرخ یا سرعت رشد نسبی کاربرد این تئوری را برای کل منحنی رشد غیر ممکن می سازد.

نامبرده تلاش نمود تا با گنجاندن میانگین مقادیر سرعت رشد نسبی در تمام مراحل، در ۲ معادله این ایراد را برطرف نماید.

او این اصطلاح را شاخص کارایی رشد گیاه نام گذاری نمود.

هاموند وکیرخام منحنی های رشد (وزن خشک در مقابل زمان)سویا و ذرت را توسط یک سری از عبارات نمایی متمایز ساختند که مرتبط با مراحل رشد گیاهان بود

معادله نمایی تمام بخش ها بصورت زیر بود:

$$w = w_o\, e^{r(t-to)},$$

where

w = weight of the plant at time t
w_o = weight of the plant at an arbitrary time t_o
r = relative growth rate
e = base of natural logarithms (2.718 . . .).

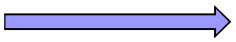
Taking the natural logarithm of each side, we get

$$\ln w = \ln w_o + \ln e^{r(t-to)}$$
$$\ln w_o + [r(t-to)] \times 1]$$
$$\ln w_o + r(t-to).$$

Converting to common logarithms by dividing each term by 2.303, we get

$$\log w = \log w_o + [r(t-to)]/ 2.303.$$

$y = \log w$
a = $\log w_o$
b = $r/2.303$
$x = t-to.$



$y = a + bx.$

خصوصیات آب

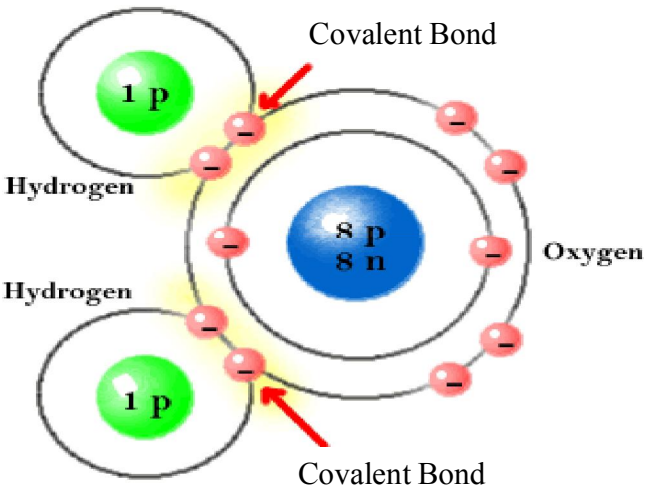
برای درک بهتر وظایف وعملکردهای آب در خاک وگیاه، آشنایی اجمالی با ساختمان و ویژگی های آن ضروری است.

آب یک ماده حیاتی با ویژگیهای منحصر به فرد الکترو-فیزیکی و الکترو-شیمیایی است.

ویژگیهای آب ناشی از آرایش اتمی خاص و نامتقارن آن است . یک اتم بزرگ اکسیژن با دو اتم خیلی کوچکتر هیدروژن یک ملکول آب را تشکیل می دهند.

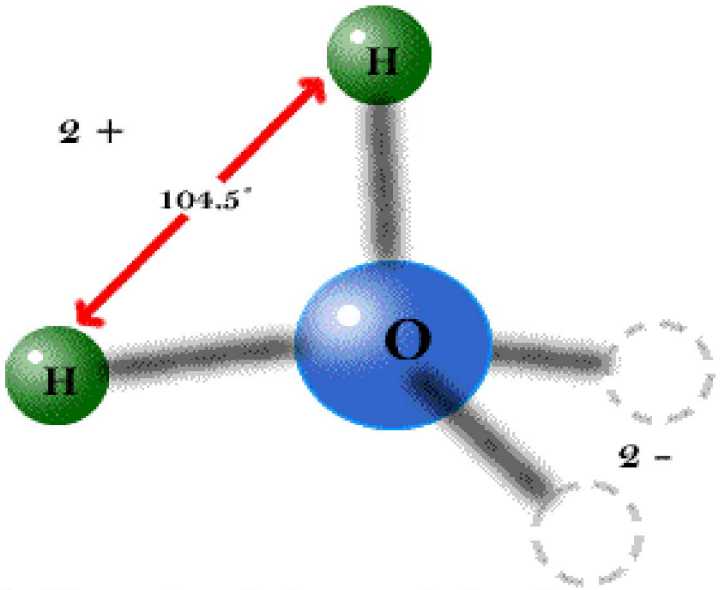
هر اتم هیدروژن تنها الکترون خود را با یک الکترون اکسیژن بصورت پیوند کووالانسی به مشارکت می گذارد.

پیوندهای کووالانسی بسیار قوی هستند و باعث ثبات خیلی زیاد ملکولهای آب می گردند.

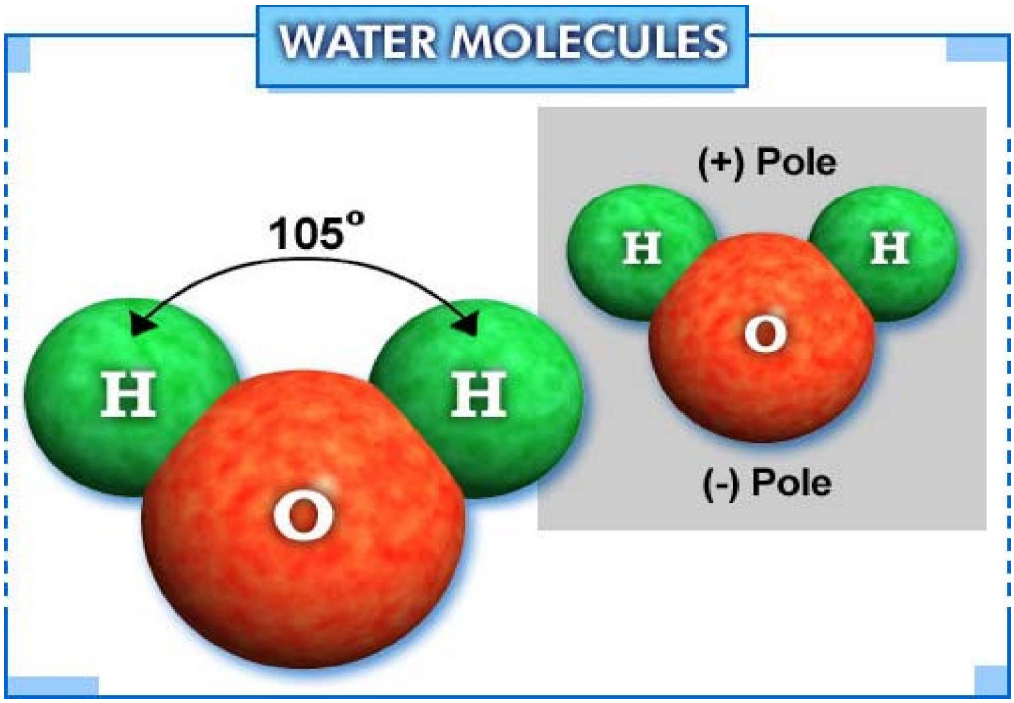


Bohr Model of H_2O

زاویه بین خطوطی که دو اتم هیدروژن را به اکسیژن متصل می نماید ۱۰۴/۵ درجه می باشد(در H_2S و HCl ،این زاویه ۱۸۰ درجه است).



Ball and stick model of water.

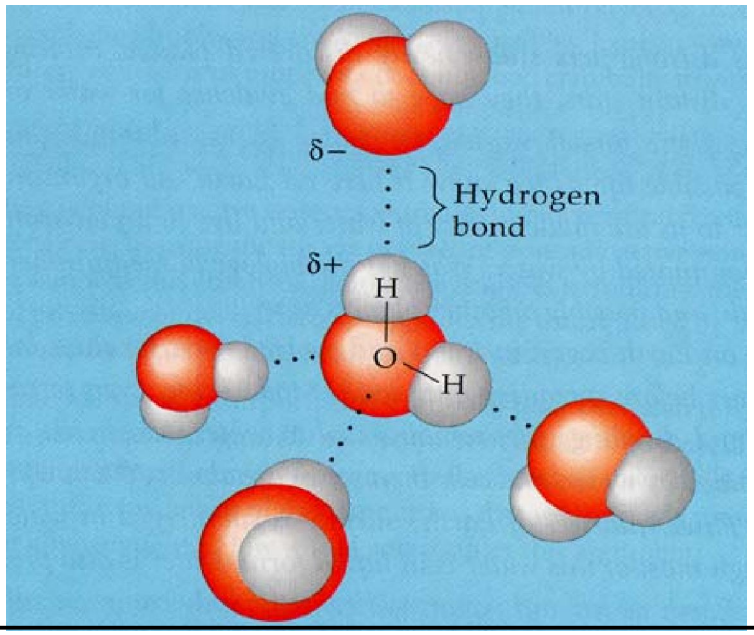


ملکول آب یک چهار وجهی را تشکیل میدهد که به حالت دوقطبی بوده و در طرف هیدروژن دارای بار مثبت و در طرف اکسیژن دارای بار منفی می باشد .

بدین ترتیب آب با وزن مولکولی کم خود (۱۸) در شرایط دمایی فیزیولوژیکی، بصورت مایع است در حالی که ملکولهای مشابه مانند H_2S با وزن مولکولی ۳۴، در این شرایط بصورت گاز هستند و اگر آب در این دماها بصورت گاز درمی آمد، وجود حیات در کره زمین امکان ناپذیر می گردید.

ملکولهای آب توسط پیوندهای هیدروژنی به یکدیگر وصل می گردند (اتصال هیدروژنهای یک ملکول به اتم اکسیژن مولکولهای دیگر).

پیوندهای هیدروژنی اگرچه از کووالانسی ضعیف تر هستند ولی برای اتصال کامل ملکولهای آب به یکدیگر مناسب می باشند.



پیوند هیدروژنی در اتصال مولکولهای آب به همدیگر مهم می باشند. این پیوندها دارای تقریباً نیروی ۱/۳ تا ۴/۵ کیلو کالری در هر مول آب هستند. تنها بخشی از پیوندهای هیدروژنی ساختمان آب در اثر حرارت دادن از بین می روند و در حدود ۷۰ درصد پیوندهای هیدروژنی موجود در ساختمان یخ در آب ۱۰۰ درجه سانتیگراد وجود خواهند داشت (کرامر ۱۹۸۳). پوستورینو و همکارانش (۱۹۹۳) دریافتند که در ۴۰۰ درجه سانتیگراد تقریباً همه پیوندهای هیدروژنی شکسته می شوند.

در یخ ، ۱۰۰٪ ملکولهای آب توسط پیوندهای هیدروژنی به یکدیگر وصل شده اند.

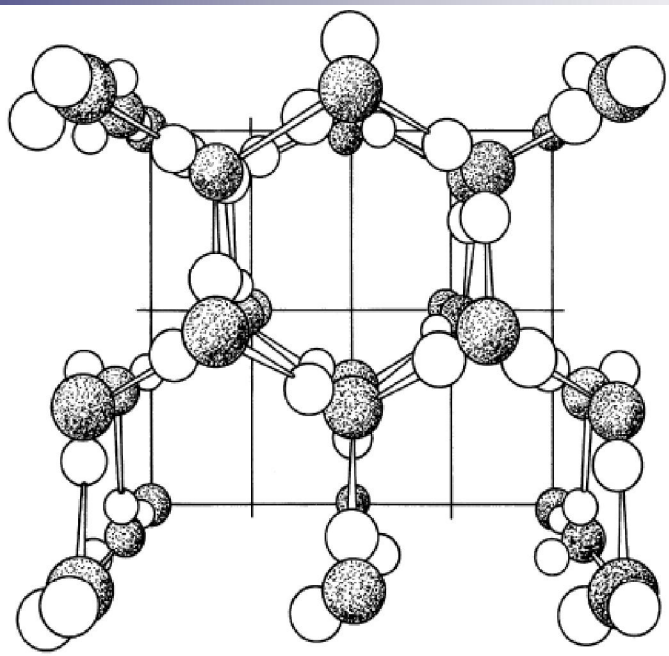
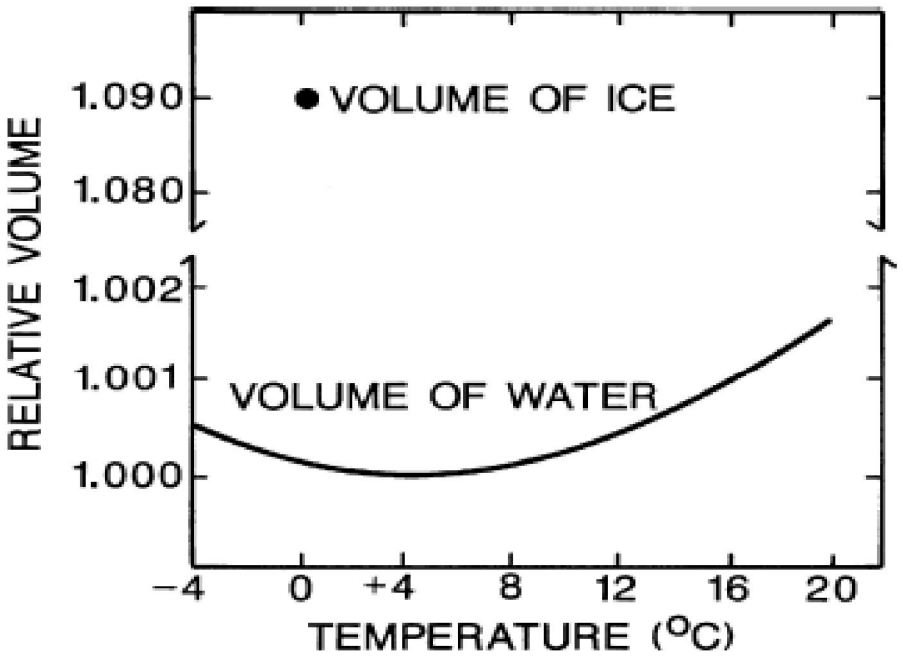


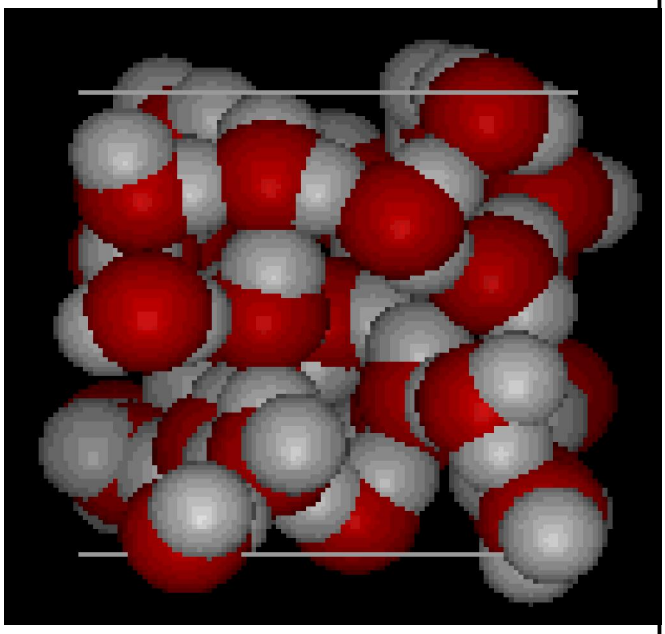
FIG. 3.2 Diagram showing approximately how water molecules are bound together in a lattice structure in ice by hydrogen bonds. The dark spheres are oxygen atoms, and the light spheres are hydrogen atoms. (From *Water Relations of Plants* by Kramer P.J., p. 10, ©1983, Academic Press, New York. Reprinted by permission of Academic Press.)

آب در ۴ درجه سانتیگراد کم ترین حجم (بیشترین وزن مخصوص)را دارا می باشد و با افزایش یا کاهش دما حجم آن افزایش می یابد این وضعیت توضیح می دهد که چرا یخ روی آب شناور می ماند و لوله ها ترکیده می شوند موقعی که آب یخ می زند.

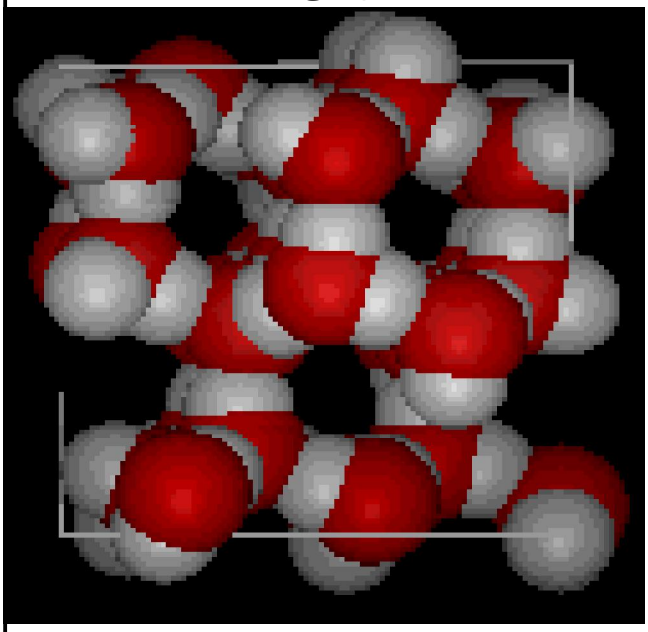


Temperature (°C)	Density (g cm⁻³)
−10	0.99794
−5	0.99918
0	0.99987
4	1.00000
5	0.99999
10	0.99973
15	0.99913
20	0.99823
25	0.99708
30	0.99568
35	0.99406
40	0.99225
45	0.99024
50	0.98807

در یخ هر ملکول آب به چهار ملکول دیگر (به صورت هگزاگونال) وصل می‌شود و باعث ایجاد حفره‌هایی در داخل ساختمان آن می‌گردد که حجم را افزایش می‌دهد.



ملکول های آب



ملکول های یخ

گرمای ویژه آب

گرمای ویژه عبارت است ازگرمای لازم برای افزایش دمای یک گرم از یک ماده به اندازه یک درجه سانتی گراد. ($1Cal\ ^{o}C^{-1}\ g^{-1}$)
آب بالاترین گرمای ویژه را در بین مواد شناخته شده به غیر از آمونیوم مایع را دارد که گرمای ویژه آن بیشتر از آب است.
این خصوصیت آب باعث می گردد که در نوسانات شدید دمای هوا، دمای درونی خاک و بویژه گیاه درمحدوده دمای فیزیولوژیکی ثابت بماند.

بالا بودن گرمای ویژه آب از تغییرات زیاد دمای سطح زمین جلوگیری می‌کند. حجم عظیم آب در اقیانوسها و دریاها گرمای خورشید را در طول روز جذب کرده و بدون تغییر دمای قابل ملاحظه‌ای آن را شب به اتمسفر بر می‌گردانند. در روی کره ماه که آب وجود ندارد و سطح آن صخره‌هایی با گرمای ویژه پایین (یک پنجم گرمای ویژه آب) تشکیل شده است گستره دمایی می‌تواند از ۱۲۰ درجه تا ۱۵۰درجه تغییر کند.

Temperature (°C)	Specific heat (cal $g^{-1}°C^{-1}$)
−10	1.02
−5	. . .
0	1.0074
4	. . .
5	1.0037
10	1.0013
15	0.9998
20	0.9988
25	0.9983
30	0.9980
35	0.9979
40	0.9980
45	0.9982
50	0.9985

با افزایش دما تا ۳۵ درجه سانتیگراد گرمای ویژه کاهش می یابد و از ۳۵ درجه سانتیگراد به بعد با افزایش دما مقدار آن افزایش می یابد.

گرمای تبخیر، مقدار گرمای مورد نیاز برای تبدیل یک گرم از مایع به بخار آن بدون ایجاد تغییر در دمای مایع.
گرمای تبخیر آب بسیار زیاد و معادل ۵۸۰ کالری بر گرم است.

این گرما را گرمای نهان تبخیر Latent Heat of Vaporation نیز می گویند زیرا بدون تغییر دما باعث تغییر حالت آب از مایع به گاز می گردد .

بنابراین تبخیر آب یک فرایند گرما گیر است و باعث خنک شدن خاک ، گیاه ، و . . . می گردد.