

学校的理想装备

电子图书·学校专集

校园网上的最佳资源

物候


eBOOK
内网资源 免费下载

序言

人类生活于大气之中，为了自身的生存和发展，一直在和大自然作种种斗争。自古以来，观测和研究大气现象，趋利避害，发展生产，一直是人类的一项重要工作。

十七世纪以前，人们依靠肉眼观察，对天气和气候现象积累了丰富的经验，但那时基本上还是处在定性的认识阶段。

自从温度表、气压表、风向风速仪以及毛发湿度表等测量仪器出现之后，气象的观测和研究开始进入了定量的阶段。近三、四十年来，随着科学技术的迅速发展，尤其是人造卫星和电子计算机引入气象学领域，使这门学科出现了飞跃。

气象科学的应用性很强。随着科学技术的发展，人们对大气现象的认识越来越深刻，对它的利用也越来越广泛，目前几乎已深入到国民经济的各行各业。

现代化农业的发展，除有关农业技术等学科外，离不开长、中、短期天气预报，现代化的农业区划也离不开对大气候的研究。

大型工业等产生着大量对人类有害的气体和微粒。如何把这些气体排放在无害或危害最小的地方，就得有效地利用气象条件。许多工业、建筑、交通都需要利用气象参数进行设计，例如工厂车间的采暖通风，建筑物的风雪荷载，以及水库、大坝、铁路、公路、桥梁的建筑规模等等。

各种军事活动通常要有一定的气象条件作保障。航海、航空与气象条件的关系更为密切。

综上所述，气象科学对生产、生活十分重要、可以预料，随着我国四化建设的发展，各行各业将对气象科学提出越来越高的要求。

气象出版社和中国气象学会共同组织编辑出版的《气象知识丛书》，系统地介绍了气象科学各分支的基本理论和基础知识。有助于满足广大读者在四化建设中对气象知识的需求。

当然，这套丛书不可能涉及到气象学的所有分支，还只能着重介绍对我国当前四化建设急需的气象知识。我相信，这套丛书的出版，对具有初中以上文化程度的青年、业余气象爱好者、中小学教师、农村和工厂的干部和技术人员，将会有所帮助。我希望，今后能继续出版更多的气象科普书籍，为广大读者，特别是为青年们，提供更为丰富的精神食粮。

叶笃正

一九八三年五月七日

物候

一 物候——大自然的语言

“物候”这个名词也许大家有点陌生，但是物候及其应用的事例是每个人都接触过的。下面两个例子就可证实这一点。

竺可桢的一篇论文

竺可桢同志是我国近代地理科学和气象科学的奠基人，他写的一篇论文，《中国近五千年来气候变迁的初步研究》考证了我国近五千年来气候变化。论文指出，在最初两千年，即从仰韶文化到安阳殷墟，大部分时间的年平均温度比现在高出 2 左右，1 月份的温度大约比现在高 3—5 。从公元前一千年的周代初期以后，则有一系列冷暖波动，其最低温度时期分别在公元前 1000 年（周初）；公元 400 年（东晋）；公元 1200 年（南宋）和公元 1700 年（清），温度摆动范围为 1—2 。在每一个 400—800 年的期间里，又可分出 50—100 年为周期的较小波动，温度变化范围为 0.5—1 。这种变化与挪威的雪线高度变化，以及丹麦丹斯加尔德教授用 O^{18} （同位素）测得的格陵兰岛的温度变化，是基本一致的，这证明了竺可桢所作结论的正确性（见图 1）。

竺可桢这篇在气候变迁领域里富于创造性的科研成果于 1973 年发表时，曾在国内外引起强烈的反响。值得一提的是这篇论文还引起周总理的重视。有一次他陪同周总理接见外宾时，总理告诉他：“《中国近五千年来气候变迁的初步研究》一文，我看到了”。由于当时世界上对会不会出现小冰期的讨论很热烈，总理还建议他对气候变迁问题作些通俗解释。

那么，我国近五千年来气候变迁是怎么推算出来的呢？竺可桢用的主要是物候学方法。他在那篇论文里干脆把公元前 1100 至公元 1400 年，长约 2500 年的时期称为物候时期。所谓物候学方法，就是根据古物候资料 and 现代记录分析对比的推算方法。现举几例说明：

（1）根据古时候候鸟来去的早晚，确定当时季节的早晚。据史书《左传》记载，郟国（现在山东郟城地区）国君到鲁国时曾对鲁昭公说过，他的祖先少皞在夏、殷时代，以鸟类的名称给官员定名，称玄鸟为“分”点之主，以示尊重家燕。由此可知，三、四千年前，家燕是在春分时节来到郟国。根据近代的物候观测，家燕在春分时节只到上海，十至十二天之后才到山东泰安。郟城居于上海与泰安之间。把这两地同一时期的温度对比分析，可以推测到三、四千年前的年平均温度高于现在 1—2 ，一月份温度大约比现在高 3—5 。又如，元朝蒙古族诗人迺贤（1309—1352 年）诗集中有首关于家燕的诗，说北京的家燕“三月尽（阳历 4 月末）方至，甫立秋（阳历 8 月 6、7 日）即去”。与现在记录比较，家燕在北京的停留时间较短，来去各短一周，这表明十四世纪时比现在冷。

（2）以植物展叶、开花的早晚确定某历史时期的冷暖。北魏的著名农书

《左传》昭公十七年“秋，郟子来朝，公与之宴。昭子问焉，曰少皞氏鸟名官，何故也？郟子曰，吾祖也。……我高祖少皞，摯之立也，凤鸟适至，故纪于鸟，为鸟师而鸟名。凤鸟氏历正也，玄鸟氏司分者也，伯赵氏司至者也。”见《春秋左传正义》。

《齐民要术》中，有许多关于当时华北的物候记载，如阴历三月（阳历4月中旬）杏花盛开，阴历四月上旬（约阳历5月上旬）枣树开始展叶，桑花凋谢。把这些与现在黄河下游的物候资料比较一下，可知道公元六世纪的杏花盛开和枣树展叶比现在迟了2—4周，与现今北京的物候期大致相似，说明当时较冷。

（3）根据河湖结冰解冻的早晚、厚薄和初雪、初霜的日期推测历史上气候的寒暖。竺可桢考证，南北朝（公元420—589年）期间，南朝曾在南京覆舟山建立冰房，以供宫廷保鲜食物之用。如果南京冬季温度象今天一样，南京的河湖结冰时间就不会长，冰块不够厚，不能储藏。据分析，在1906—1961年期间，南京一月份平均温度为2.3℃，只有三年降到0℃以下。由此可推测南京当时的冬天比现在大约冷2℃，年平均温度比现在低1℃。初终霜日期也是说明气候变迁的好指标：二十四节气是战国时代，根据当时黄河中下游的气候状况而定下来的，那时把霜降定在阳历十月二十四日，雨水节定在二月二十一日，而现在开封、洛阳秋天初霜在十一月三至五日，终霜期在三月廿二日左右。这样看来，现在的生长季要比战国时代长三、四十天。

（4）根据一些植物，如柑桔、荔枝、梅树、竹子的分布和冻害状况推测气候变迁。这些都是亚热带植物，如果是暖期，其分布北界就北推，如该时期冷，其分布北界就南退。汉武帝时代的《史记》上曾记载，当时经济作物的地理分布是“蜀汉江陵千树桔……陈夏千亩漆；齐鲁千亩桑麻；渭川千亩竹”当时的主要产地都在这类植物现今分布区的北界或超过北界。在东汉，天文学家张衡（公元78—139年）在《南都赋》中曾有“穰橙邓桔”的句子，表明河南省南部桔和柑尚十分普遍，直到三国时代，曹操还在铜雀台（河北临漳）种桔，不过是只开花而不结果，这说明东汉和三国时的气候较汉武帝时（西汉）冷了。而到唐朝时，桔树的种植北界又大大推向北方了，杜甫的《病桔》诗中曾提到唐玄宗（公元712—756年）种桔于长安（现在西安）蓬莱殿。天宝十年（公元751年）秋，宫内有几株桔树还结实150个，味与江南蜀道进贡的桔子一样。唐武宗时（公元841—847年），宫中仍种植着桔树，有一次桔树结果，武宗叫太监赏赐大臣每人三个。桔树只能抗-8℃的低温，在1931—1950年期间，西安的年绝对最低温度每年都在-8℃以下，二十年之中有三年降到-14℃以下，连梅树都要冻死，更不用说桔树了，足见唐朝要比现在温暖多了。

荔枝来源于热带，比柑桔更不耐寒，只能抗-4℃的低温。如果荔枝遭受冻害或不能生长，就说明该地冬天的最低气温降到了-4℃以下，因此荔枝的分布界限的变动也是气候变迁的重要证据。历史上荔枝的分布界限有过多南北变动：在唐朝，张籍（公元765—约830年）的诗中有“锦江近西烟水绿，新雨山头荔枝熟”的句子，说明当时成都有荔枝。又根据苏轼和陆游的诗词可知，到北宋荔枝只能生于成都以南60公里的眉山和更南60公里的乐山；在南宋时眉山已不生荔枝，到乐山才作为经济作物。现在眉山还能生长荔枝，然非作为经济作物。由此也证明唐朝时是很温暖的，今天的气候条件更象北宋时代，而比南宋时代温暖。

在这篇论文中，竺可桢把公元前3000—1100年期间叫考古时期，把公元1400—1900年叫做方志时期。前者主要根据考古发掘的古物、动植物化石、甲骨文等来推测当时的气候；后者主要是根据方志上的河湖结冰及降雪记载和私人日记、笔记上的物候记录来推测当时的气候状况的。这两部分也涉及

不少物候学内容。所以说这篇论文是用物候学方法研究中国气候变迁的经典性文献。

妇孺皆知的“九九歌”

一九二九不出手，
三九四九冰上走，
五九六九沿河看柳，
七九河开，八九雁来，
九九加一九，耕牛遍地走。

九九歌流行于我国各地，内容因地各不相同，上面是一首流行于黄河中下游地区反映冬季、早春物候与农事的九九歌，可称得上是一首物候歌。这里的“不出手、冰上走、沿河看柳、河开、雁来”等都是物候现象。数九，就是从冬至算起，每九天为一九，用物候现象来表征这九九八十一天季节节奏。“耕牛遍地走”是指春耕普遍开始，其用意是以物候来掌握春耕季节。

大自然的许多现象是很有节奏的，周而复始、充满诗情画意。严冬过后，大自然开始苏醒了，河流化冻、冰雪消融、草木萌动，春天的信使——迎春花开出金黄色的花朵，向人们报告春天来了。接着树木花草相继发叶、开花、蜜蜂开始采蜜，燕子翩然飞来，自然界出现一片欣欣向荣的气象。不久布谷鸟飞来，唱着“阿公阿婆、割麦插禾”，麦子也开始黄熟，于是进入炎热的夏季，果树挂花座果。秋天到了，野菊开花，各种水果成熟了，农民们忙着种麦了，树叶枯黄、秋风簌簌、万木落叶，大雁匆匆南飞，活跃在田间的各种昆虫也消声匿迹了。经过几次强寒潮以后，河流封冻、大雪纷飞，大自然又沉睡过去进入严冬。下一年又是如此。这些都是物候现象，而九九歌中提到的只是一年中冬春季的部分物候现象而已。

什么是物候

现在可以总结一下了。什么是物候？以上那些受环境（气候、水文、土壤）影响而出现的以年为周期的自然现象，都是物候现象。它包括三个方面：（1）各种植物的发芽、展叶、开花、叶变色、落叶等现象；（2）候鸟、昆虫以及其他动物的飞来、初鸣、终鸣、离去、冬眠等；（3）一些水文气象现象，如初霜、终霜、结冰、消融、初雪、终雪等。

有时又根据生物种类分为植物物候、动物物候。动物物候有时又细分为鸟类物候，昆虫物候等。有时还把农作物的生育期称为作物物候，而把其他的统称为自然物候。本书介绍的主要是自然物候。

几千年来农民是很关心物候的，在他们看来，暑去寒来、鸟语花香、秋天红叶都是大自然的语言。杏花开了，就好象大自然在召唤农民赶快春耕；桃花开了，又好象在暗示农民赶快下种；春末夏初，布谷鸟开始唱歌，在农民耳里，它是在唱什么“阿公阿婆、割麦插禾”。很多地方的农民历来是以物候来定季节和农时的。现代研究物候的主要目的，也还是认识自然季节现象的变化规律，服务于农业生产和科学研究。

那么，物候学和气候学有什么不同呢？物候学和气候学有一定的相似之处，它们都是观测一年里各个地方、各个区域季节变化的，都是带地方性的科学；所不同的是，气候学是观测、记录并研究某地的冷暖晴雨、风云变化等现象和变化规律的。物候学则是记录植物的生长荣枯、动物的季节活动，从而了解气候变化对动植物的影响以及自然季节的变化规律的。物候所反映的是过去一段时间里气候条件的积累对生物的综合影响，因而物候学也有人把它归在生物气候学中。

物候虽然由气候所决定，但气候的观测代替不了物候观测。因为农作物都是活生生的生物，影响它生长的因素很多，不是用单因子或几个因子的资料就能说清楚的。而生物之间有着内在的联系，对环境条件的要求有着一定的相似之处，因此以某些野生动植物的物候来定农时有其优越性。贵阳的农谚说：“穷人不听富人哄，阎王刺开花撒谷种（稻种）”，以阎王刺开花来指示和预报水稻的播种期，比其他任何方法都简单可靠。更何况我国丘陵山区占全国的三分之二以上，一个气象站的记录在山区所能代表的范围有限，而野生动植物各处皆有，只要注意观测，就能对季节和农时提供可靠的信息。可以说，物候是大自然告诉我们季节变化的最直接的语言。

二 物候学的产生和发展

人类社会是不断进步的，由原始公社到奴隶社会，再发展到封建社会和资本主义社会。随着社会的进步，人类的生产水平逐渐提高，由最初靠采集野生果实和渔猎为生，发展到养畜、种地，进入农牧时代。为了适时播种、收获和掌握放牧、渔猎的季节，人们在生产实践中逐步认识到，植物的生长枯荣和动物的来去休眠等，与气候的年周期变化以及各种农事活动有着一定的联系，并将其掌握的规律用于生产，这就是古代物候知识的萌芽。

我国自古以来以农立国，为了掌握农时，最早编制了物候历。在古农书和古医书中物候知识的内容十分丰富。近代经竺可桢的大力提倡，物候学的观测和研究又有新的发展。因此，我国不仅是世界上利用物候知识最早的国家，而且目前的物候学水平在世界上也是名列前茅的。

在国外，物候知识的产生也很早，可追溯到罗马帝国时代。欧洲有组织的物候观测开始于十八世纪中叶。现代，国外物候研究开展较多的是德、美、日、苏等国，他们的一些经验也是值得我们借鉴的。

从《夏小正》到《天历》

《夏小正》是我国三千年前有关物候的专著，尔后的历代都有有关物候的著作或文献，《天历》是太平天国的历书。我国这近三千年间物候历的不断发展和日趋完善，从一个侧面反映出了我国古代物候学的水平。

根据书中的天象推算，《夏小正》大约产生于西周初期。其中提到当地的梅、杏和山桃在正月（阳历二月）开花，又提到淮河、大海、扬子鳄和鲟鱼等，所以它反映的主要是当时淮河、长江下游沿海一带的物候情况。

《夏小正》全书虽不到四百字，但内容十分丰富。它按一年十二个月（夏历，即阴历）的顺序分别记载物候、气象、天象和重要的政事农事（如农耕、养蚕、养马等），其中最突出的部分就是物候，可以说它是我国古代的一本物候历。现以正月、九月为例把有关内容列表说明如下（见表1）：

表1 《夏小正》中部分内容的分类

月份	物 候	气 象	天 象	农事政事
正月	启蛰，雁北乡，雉震， 鱼陟负冰，囿有见韭，田鼠出， 獭祭鱼，鹰则为鸠，柳，梅 杏 桃则华，缙缃，鸡桴粥	时有俊风，寒 日涂涂涂	鞠则见，初 昏参中斗柄悬 在下	农 率 均 田采芸
九月	鸿雁，陟玄鸟，熊罴豹 貉（音斯，一种鼠的名字） 鼯则穴，荣鞠，雀入于海为蛤		内火，辰系 于日	树麦，王 始裘

表中的正月相当于现在阳历二月，翻译成现在的话是：

物候：冬眠的虫苏醒了；大雁北飞；野鸡振翅鸣叫（是求偶的表示）；水温上升，鱼从水下向水面游动，这时水面还有薄冰；园子里种的韭菜发芽了；田鼠开始出洞活动；水獭开始捕食鱼类，鱼多得吃不了，弃置水边，好象祭祀似的；鹰去鸠来（鹰化为鸠是一种误解，鹰和鸠都是候鸟，来去有一定时期，所以应解释为鹰去鸠来）；柳树生出柔荑花序；梅、杏、山桃都开花了；缙（一种莎草）已经结实（记结实是观察上的错误，应该是已经生出花序，缙草的花序和果实相似）；鸡又开始下蛋了。

气象：常有和风吹来，虽然还有寒意，却能消融冻土。

天象：天空又看到鞠星了；黄昏的时候参宿在南方上空；北斗七星的斗柄指向下方。

农事活动：修理农具耒耜；整理疆界，规定一个奴隶要为奴隶主耕种多少田地；采摘供祭祀用的芸菜。

表中的九月相当于现在阳历十月。这时天气转冷，大雁南飞；燕子也高飞远走；熊、罴、豹、貉、鼯等哺乳动物住在洞穴里；黄色的野菊花开了；麻雀飞入海中变为蛤（因为蛤壳上的花纹很象麻雀的羽毛，古人误认为蛤是麻雀变来的）。天象的特点是太阳靠近大火（心宿二），大火隐而不见。随后大火和太阳同时出没，好象是联系在一起似的。农事上要抓紧冬小麦的播种；最高统治者开始制作冬季服装了。

以上列举的虽然只是《夏小正》全书的一部分，但足以说明，远在三千年前我国的物候知识已相当丰富。对草本、木本植物都进行了观察，对鸟、兽、家禽和鱼类的活动也都注意到了，而且把物候和农事并列，有指示农时

之意。

《诗经》是我国最早的一部诗歌集，它收集了上起西周初年（公元前 1100 年），下至春秋前期（公元前 600 年左右）的 305 篇诗歌作品，其中也有不少物候方面的内容。《豳风·七月》是比较重要的一篇，如文中“四月秀萋”（秀萋即狗尾草抽穗），“五月鸣蜩”（蜩指蝉），“六月莎鸡振羽”，“十月蟋蟀入我床下”，就是当时各月物候的生动描述。还有一些用物候指示农事活动的诗句，如：

“春日载阳（春天里来好太阳呀），
有鸣仓庚（黄莺儿叫得忙）；
女执懿筐（姑娘们拿起高箩筐），
遵彼微行（急急忙忙穿小道），
爰求柔桑（一心为着采嫩桑）。”

这里的“黄莺叫”，就是采桑活动的时宜标志。

《夏小正》和《豳风·七月》对后世影响很大，它们开创了农事历（或物候历）的体例，对后来的月令和农家历起了启示作用。

战国末期的《吕氏春秋·十二纪》，基本上沿袭了《夏小正》的体例，按春夏秋冬四季的孟、仲、季，也就是以十二个月来记载天象、物候和政事。《吕氏春秋·十二纪》也有物候方面的记载，但内容比较庞杂，增加了许多与物候无关的东西。其中物候方面的内容，主要来自《夏小正》，不过也增加了一些气象方面的材料。

汉代的《礼记·月令》和《淮南子·时则训》等都是有大量物候内容的书籍，不过它们和《吕氏春秋·十二纪》记载的物候几乎完全相同，没有什么发展。这个时期比较重要的著作是《逸周书》，其中有两篇是记物候的：一篇是《月令解》，基本上和《礼记·月令》等相同；另一篇是《时训解》。《时训解》所记物候虽没超过《夏小正》和《吕氏春秋·十二纪》的内容，但它是按二十四节气和七十二候（五天为一候）记述的，记述较细。书中实际上采用的是阳历，如“立春之日，东风解冻，又五日，蛰虫始振，又五日，鱼上冰；雨水之日，獭祭鱼，又五日，鸿雁来，又五日，草木萌动……”。这是我国物候历的一个很大进步。

到了北魏（公元五世纪），把具有七十二候的物候历载入了国家历法。至此，物候历的基本形式固定下来了。但物候随地区而异，南北寒暑不同，同一物候现象的出现期可以相差很远，为了使国家历法中的物候与那个朝代京城周围的情况一致起来，往往把以前的物候历推迟或提前一至几候。如《魏书》载，“立春三候，鸡始乳，东风解冻，蛰虫始振；雨水三候，鱼上冰，獭祭鱼，鸿雁来；惊蛰三候，始雨水、桃始花，仓庚鸣……等”，时令较《夏小正》、《逸周书》迟一候或数候。以桃始花而论，《逸周书》为惊蛰初候，《魏书》则为惊蛰次候，而《夏小正》为孟春之月。这是因为汉朝的京城在西安、洛阳，而北魏的京城在平城（今大同）的缘故。平城的纬度在西安、洛阳以北 4 度多，海拔又高出前者几百米，所以物候实际相差不止一候。以后历代大多是这样，内容也大致和《逸周书·时训解》的候应相同。

到元代王桢《农书》中，又进一步制成“授时指掌活法之图”（见图 4），将月份、物候、星象、二十四节气、农事活动等归纳于一图。这是对物候历、农事历表达形式的一种革新。该图主要适用于洛阳地区，对其他地区实用性不大，但它的设计，却又进一步推动了各地的农事历的制定。后世的很多农

书，又根据“授时指掌活法之图”，加以修正和补充，或扩大农业生产的范围，或结合具体地区和庄园，制成“农家历”“逐月事宜”“每月栽树书”等。

历代历法中与农业生产联系最紧密的，要算十九世纪中叶太平天国颁布的《天历》了。它在历法和物候历的编制上都有所创新。《天历》分一年为十二个月，定 366 天为一年，单月

大 31 天，双月小 30 天，以立春、雨水为一月，惊蛰、春分为二月，清明、谷雨为三月。称正月初一为立春一，二月初一为惊蛰一，二月十六为春分一，等等。当时，在南京观测物候，并将上年的物候记录颁布于下年的历书中，称物候为萌芽月令。如太平天国辛酉十一年（公元 1861 年）就附有庚申十年的萌芽月令（见图 5），相应的有春分一野草生、木茵青，春分十桃花开瓜粟种，春分十三玄鸟至五谷萌芽等。太平天国为农民革命政权，能关心农民的疾苦。原计划用四十年的物候记录平均起来作一个标准的物候历，颁布于天下。要是真能实现，那确是一件大好事，可惜不久革命失败了，《天

二月建 辛荣井宿

初一辛酉轸惊蛰 初二壬戌角 初三癸开亢 初四甲子氏 初五乙好房礼
拜 初六丙寅心 初七丁荣尾 初八戊辰箕 初九己巳斗 初十庚午牛 十一
辛未女 十二壬申虚礼拜 十三癸酉危 十四甲戌室 十五乙开壁 十六丙子
奎春分 十七丁好娄 十八戊寅胃 十九己荣昴礼拜 二十庚辰毕 二十一辛
巳觜 二十二壬午参 二十三癸未井 二十四甲申魁 二十五乙酉柳 二十六
丙戌星礼拜 二十七丁开张 二十八戊子翼 二十九己好轸 三十庚寅角

庚申拾年二月萌芽月令

惊蛰一真圣主诏天雨降惊蛰二百草萌芽落雪惊蛰六天晴惊蛰八南方地暖
种青苧惊蛰十南方地暖种油茶惊蛰十一南方地暖种食茶惊蛰十三雷鸣下雨惊
蛰十四落雪珠下雨惊蛰十五下雨春分一真圣主诏野草生木茵青春分二落雪下
雨南方地暖落谷种种包栗春分三栽杉竹春分四南方地暖种蔗春分六下雨春分
七发风落雪春分八落雪春分九晴暖春分十真圣主诏桃花开瓜粟种春分十三玄
鸟至五谷萌芽春分十五铁根海棠花开

图 5 太平天国辛酉十一年二月的历和庚申拾年二月的萌芽月令，取自《太平天国印书》第 724 页历》如昙花一现，至今知者已经很少了。

物候知识的宝库

我国的古农书古医书有大量的物候记载，是物候知识的宝库。《吕氏春秋·审时》篇开头就说：“凡农之道，候之为宝”。全篇几乎都是讨论种庄稼如果不适时，将会产生什么不良后果的。在播种环节上，气温是种子萌发的首要因子。古代在没有测温仪器的情况下，单凭人的感觉，也是不足为据的，农民通过反复地观察和实践，发现作物播种最适宜的时间，和某些物候现象的出现期一致，于是以物候作为农时的标志，也就成为古农书的重要特点和内容之一。

西汉的农书名著《汜胜之书》在介绍陕西关中地区农业生产的时候说，对“轻土弱土”（轻松的土地）要在“杏始华荣”（杏花开始盛开）的时候耕一遍，看到“杏花落”的时候再耕一遍；记豆类的播种时期说，大豆在“三月榆莢时”（榆树结翅果的时候），有雨可在高地上种，小豆应该在“椹黑时”（桑椹熟到发黑的时候）雨后种下。

东汉崔实的《四民月令》也有类似的论述，如“是月也（指阴历三月）春花盛可耕沙白轻土之田……时雨降，可种秔（粳）稻……桑椹赤，可种大豆，榆莢落，可种蓝……”又说“布谷（鸟）鸣，收小蒜。”

北魏著名农学家贾思勰写的《齐民要术》，是历史上最著名的农书之一，用物候指示农时的内容，比《汜胜之书》更为丰富。如谈到种谷时说：二月上旬，杨树出叶生花的时候下种，是最好的时令；三月上旬到清明节桃始花时，是中等时令；四月上旬赶上枣叶生、桑花落时，是最迟的时令了。并指出：“顺天时，量地利”才能“用力少而成功多”，如果违反自然规律，就会“劳而无获”了（见图6）。

明代徐光启在《农政全书》中，说到长江下游植棉时，主张调节播种期，避免风灾。又通过整理分析历史资料，指出蝗虫多发生在湖水涨落幅度大的地方；蝗灾主要出现在阴

历五、六、七三个月。可以说这是用统计物候学方法来指导扑灭蝗虫。

以上耕作经验，无不合现代物候学原理。

明代医学家李时珍写的《本草纲目》，是一部记载了近两千种药物的传世巨著。于1596年（明万历二十四年）在南京出版后，已在国内辗转翻刻三十余次；并于1606年传入日本，不到一百年，便被译成日文；后来又传播到欧洲，被译成拉丁文、德文、法文、英文、俄文等。这部书之所以被世界学者珍视，是因为书中包含了极丰富的药物学和植物学资料。单从物候学的角度来看，这部书也是十分宝贵的。如卷十八对金银花的开花特征有段逼真的描述：“三四月开花，长寸许，一蒂两花，二瓣一大一小，初开时蕊瓣俱色白，二三日则色变黄，黄白相映故呼金银花，气甚芬芳。”又如卷四十八、四十九谈到我国的鸟类时，对布谷鸟、杜鹃等候鸟的地理分布、鸣声、音节和出现时期，都交待得清清楚楚，即使今天的鸟类专家看了，也会受益不浅。

此外，宋代的“二十四番花信风”，吕祖谦的个人物候观测记录，明代徐霞客、清代刘献廷等对物候的论述，都是代表性的物候学文献。

我们祖先在长期观察中认识到，时节的迟早与自然界各种花卉的开放有比较明显的关系，故有“风不信，则花不成”之说。根据这个意思，宋代及

蓝是一种一年生草本植物，秋季开花，花落后结三棱形果实。从叶子中提制的靛青可做染料。

以后的一些士大夫，把一年中从小寒至谷雨的四个月八个节气中的二十四候，每候以一花应之，编成二十四番花信风：

小寒	一候梅花	二候山茶	三候水仙
大寒	一候瑞香	二候兰花	三候山矾
立春	一候迎春	二候樱桃	三候望春
雨水	一候菜花	二候杏花	三候李花
惊蛰	一候桃花	二候棠梨	三候蔷薇
春分	一候海棠	二候梨花	三候木兰
清明	一候桐花	二候麦花	三候柳花
谷雨	一候牡丹	二候荼靡	三候楝花

它也有物候历的形式，但由于它脱离生产实际，所以后人对它的评价不太高。

唐宋以来，记日记、写游记之风盛行，一些文人学士对物候和天气有了较细致的观察，并记入日记，于是有了物候观察的原始记录。最早的实测记录见于南宋文学家吕祖谦的日记，他是浙江金华人，逝世前两年在家养病期间，每天记日记和观测物候，留有南宋淳熙七年和八年（公元 1180，1181 年）的腊梅、桃、李、梅、杏、紫荆、海棠、兰、竹、豆蓼、芙蓉、莲、菊、蜀葵、萱草等二十四种植物开花结果的物候，和春莺初到、秋虫初鸣的时间，这也是世界现存最早的项目较多的实测记录。

宋代以后，一些人注意观察并讨论了物候的地区差异和原因。如沈括在《梦溪笔谈》中说，由于“地势高下之不同”，在平原地区“三月花者”，到了山区“则四月花”，又说南岭地方的草“凌冬不雕”，而汾河流域的树木“望秋先陨”，这是因为“地气不同”。明代地理学家徐霞客，在《徐霞客游记》中谈到，物候南北差异的原因是“盖愈北而愈寒也”，比沈括说得更清楚明确了。清初地理学家刘献廷也很注意各地的物候，并批评当时历书中记载的七十二候是抄袭古代月令的，早因时间地点不同而不适用了，他说七十二候“各地不同”，“如岭南之梅，十月已开；湖南桃李，十二月已烂漫……”，因此他建议各地都要详记物候，传给后世还可从中了解气候变迁的情况呢！这些看法都是十分正确的。

我国现代物候学发展的推动者——竺可桢

竺可桢是我国现代卓越的科学家（图7）。他一生在气象学、气候学、地理学、自然科学史等方面的造诣都很高，而物候学也是他呕心沥血，作出了重要贡献的领域之一。我国现代物候学的每一成就都是和他的工作分不开的。

他是我国现代物候观测网的倡导者和组织者。组织起统一的、严格的物候观测网，是现代物候学发展的重要标志。早在1931年的《论新月令》一文里，竺可桢在总结了我国古代物候方面的成就后，就倡议应用新方法开展物候观测。在他的推动下，从1934年起，前中央研究院气象研究所便选定了21种植物、9种动物、几种水文气象现象和差不多全部农

作物，委托各地的农事试验场进行观测，这是我国最早的有组织的物候观测。现在保留有1934—1940年的7年记录，由于抗战期间不少地方停测，其中仅有1934—1936年的记录比较完整。比较正规和连续的观测是从解放后开始的。1953年开始冬小麦的物候观测工作，继而又进行了棉花、水稻的物候观测。1957年起把农作物物候的观测工作推向了全国。1961年在竺可桢的指导下，由中国科学院地理研究所主持建立了全国物候观测网，制定了物候观测方法（草案），确定国内共同物候观测种类：木本植物33种、草本植物2种、动物11种。可惜1966—1971年中，多数单位中断了观测，直至1972年才得以恢复。近年，国家气象局所属的各农业气象试验站也开始了物候观测。观测资料已陆续出版，第一期年报的命名和内容，都是竺可桢亲自审定过的。

他还带头撰写物候专著，普及物候知识。1963年出版，1973年增订重印的《物候学》一书，是竺可桢多年研究物候的结晶。他结合我国的实际，系统地介绍了物候学的基本原理，我国古代的物候知识，世界各国物候学的发展，物候学的基本定律，利用物候预告农时的方法等。1973年重印本中增加的“一年中生物物候推移的原动力”一章中，他应用唯物辩证法，阐释了物候变化的内外因素及其联系；由于物候变化原因的复杂性，他提出应从生理学、遗传学等方面探索其奥秘。他还认为，物候工作是群众性的工作，希望能在农村广泛开展起来。全书深入浅出、通俗易懂，具有较高的科学性、知识性。他的《中国五千年气候变迁的初步研究》一文，大量引用了古物候资料和采用了物候学分析方法。日本气候学家吉野正敏评介该文时说：“在气候学的历史中，竺可桢起了巨大的作用……经过半个世纪到今天，他所发表的论文，仍然走在学术界的前面。”竺可桢在一生中，勇攀高峰，不仅为祖国争得了荣誉，也为我国物候学增添了光彩。他的功绩和孜孜不倦的精神是永远值得我们怀念和学习的。

国外物候学的研究

国外物候知识的起源也较早，两千多年以前，雅典人就已试制了包括一年中物候推移的农历，至罗马凯撒时代，还颁发了物候历以供应用。

以后各国就有个别人或部门观测和保存物候记录。如日本自公元 812 年开始，即有断断续续的樱花开花记录，至今已达 1170 多年之久，这无疑是世界最长的单项物候记录，分析这些记录可以知道，11, 12, 14, 16 世纪的春季来得较迟。个人观测记录最长的要算英国的马绍姆家族。在诺尔福克地方的罗伯脱·马绍姆，从 1736 年起就观测当地的 13 种乔木的抽青，4 种树木的开花，8 种候鸟的来去，以及蝴蝶初见，蛙初鸣等 27 种物候。罗伯脱过世后，其家族有五代人连续观测，直到本世纪三十年代，其间只缺 1811—1835 年的 25 年记录。英国皇家气象学会对这些观测资料已做了分析总结。

世界上有组织地观测物候开始于十八世纪中叶。当时植物分类学的创始人瑞典人林内(1707—1778)，在瑞典组织了 18 个点的观测网，观测植物的发青、开花、结果和落叶的时期。这一观测网虽只维持了 3 年(1750—1752)，但在欧美起了组织物候观测网的示范作用。

目前物候工作开展较好的国家是日本、德国、美国和苏联。

日本的现代物候观测开始于 1886 年，最初只有 50—60 个观测点，以后逐年增加。从本世纪三十年代起，物候观测网归中央气象台管辖，观测对象为植物、候鸟和昆虫等共 50 种。比较重要的物候著作有大和美保和铃木合著的《日本物候学》(1947)，百濑成夫编绘的《日本动植物物候图集》(1974)。他们的物候观测主要应用于三个方面：(1) 预报季节到来的早晚；(2) 在无气象记录的地方，采用物候学方法进行小气候的调查和推算；(3) 用于气候变迁研究。

如今，物候学在日本的农作物播种收获时间的决定，植物发芽、开花、结实时间的预报，气象灾害波及程度的推定中，都发挥了很大作用。他们的物候观测内容和方法，以及应用方面与我国的情况颇为接近。

德国从十九世纪九十年代起，霍夫曼花了四十年工夫做物候的观测和组织工作，选择了 34 种标准植物作为欧洲大陆中部的物候观测对象，并每年出版欧洲物候图。在 1883—1941 年的六十年中，霍夫曼的学生 E·伊纳也是欧洲物候学的主要倡导者之一，第一次世界大战期间，德国粮食不足，他从谷物收获期图上，选出谷物早熟地区开垦种植，这一工作对德国得到较充分的粮食供应作出了贡献；他还收集、整编和出版了 100 个点 59 年的物候观测资料，他死后，人们在他的墓碑的碑文上写道：“他的毕生事业是物候学”。1939 年全德国有一万名物候观测员，大约每 50 平方公里有一人。第二次世界大战后，西德重新组织了物候观测网，现有 2700 个观测点，大约每 90 平方公里有一个点。

美国从十九世纪后半期开始，逐步建立起物候观测网。二十世纪初霍普金司提出了物候学定律(详见本书第四部分)。美国农业部把物候学用于引种驯化：他们曾派人在我国各农业试验场及农业学校搜集移植品种的物候和气象资料，分析其生长、开花、结果时期，以及对温度、湿度和日照的需要，然后移植到美国适当地区，如移植到加利福尼亚的柑桔、移植到佛罗里达的油桐和移植到中西诸州的大豆等，都是相当成功的。本世纪五十年代物候学在美国又被重视起来，表现在观测网的建立和扩大，仅西部 12 个州的测站总

数就达 2500 个。美国还在国际生物学计划下，成立了一个国际生物学计划物候委员会，在该组织的推动下，1972 年召开了名为“物候学与季节模式”的讨论会，并出了专著。

俄国在十月革命以前，气象学家沃耶可夫就提倡把气象观测和物候观测联合进行，这发展成后来农业气象中的平行观测法。米丘林在培育果树新品种中，利用了物候资料。植物生理学家季米里亚捷夫认为物候学很重要，甚至说：“气象条件只有在我们同时熟悉植物的要求时，才是有用的。没有对于植物要求的了解，气象记录的无限数字，将只不过是一堆徒劳无功的废物而已。”十月革命以后，物候学在苏联得到很大发展。现在苏联的物候观测由国家统一组织。水文气象局还利用物候和气象资料来估计全国各地耕作情况和编制物候（开花和收获期）预报。

建立国际性的物候观测网工作也有进展，世界气象组织（1950 年才取此名）曾决定在农业气象委员会下设立一个物候学专门委员会（1932 年），1953 年还决定把物候观测列入农业气象工作大纲，并建议各国进行贯彻。目前欧洲已建立了“国际物候观测园网”，在观测园内种上共同观测的植物，按统一的规范进行物候、气候的平行观测，现有 20 个国家参加，有 71 个点。观测对象包括针叶树 3 种、落叶树 9 种、灌木 7 种。他们希望通过这样的物候观测，以研究农、林、牧以及植物生理生态等方面的问题。

三 物候的观测

进行物候观测和积累较长时期的观测资料，是进行物候规律研究和应用的基础。物候观测中，正确掌握观测方法和植物的外部形态特征，对保证物候观测质量具有重要意义。每个物候观测人员应事先进行一些物候观测知识的学习和实践，这样可取得事半功倍的效果。

观测地点及观测对象的选定

观测地点的选定 物候观测点的选择一定要有长远性、代表性，并要考虑能方便工作的原则。一个地方的观测资料，其年代越长越有价值，所以观测点要固定，选定的点要能进行多年观测，不应轻易变动；所选的观测点还要能代表那个地方的地形、土壤、植被情况，尽可能是在平坦开阔的地方；为了工作方便，观测点还须选在观测员住地附近，或是上下班经过的地方，对业余观测者来说，则可达到工作观测两不误。观测点选定以后，务必将地名、生态环境、海拔高度、地形、位置、土壤状况等详细地记录下来，长期保存，以备必要时查考。

观测种类和目标的选定 在一个地方进行物候观测，不能漫无目的什么都观测，也不能有什么就观测什么，而是要选择那些最能反映当地季节早晚，以及与农业生产关系密切的物候现象。应按以下三个原则确定观测种类和项目：

(1) 选择常见的、自然生长的植物、动物，各地按统一的方法同时进行观测。

观测的动植物中，有一部分是作为季节和农时指示物的，也叫指标植物。指标植物不论是木本的或草本的，都应尽可能选用野生的；如是人工栽培的，但须是不经常施肥浇水的植株。这是因为在人工管理下，植物发育速度会加快，不能准确地反映当地的气候变化。例如，同一年里，一些在城市公园里精心管理下的美人蕉，比郊区农民宅前无专门管理的植株，始花要早十多天。使用盆栽植株则更不适宜。植物有光周期现象，如在诱蛾灯下的水稻贪青，成熟期较晚，所以观测植物不应选路灯下的。

(2) 所选指标植物种类的多少，应结合观测目的和任务来全面考虑。指标植物的形态和变化，必须容易识别，同名异种，同种异名的，必须分辨清楚。

为了编制自然历，应有相对多的植物种类，使每一、二候至少有一种物候现象。物候历中所包含的物候现象愈多，自然物候季节的划分则愈细，在一个季节中用来指示气候变化的物候指标也愈多，那么季节和农时的预报则愈可靠；为了研究区域气候变化规律，要尽量选用分布广的植物种作为观测对象，因为广布种愈多，不同地方有相同指标植物的机会也愈多，相互参考的作用愈高，对绘制区域性物候图便有利。

还必须严格鉴别观测植物的种类。对于业余观测者来说，这是容易被忽略的。在一些物候书上，有关的动植物名称都注有拉丁文学名，这就是为了区别种类。日常生活中，植物同名异物的现象是很多的。如叫酸枣的有两种：北方的酸枣是鼠李科枣属植物，为灌木或小灌木，果可食，果仁可入药；而在长江流域及其以南地区产的一种酸枣，是属于漆树科的，为大乔木，果实亦可食，果形和味道均似北方酸枣，但两者是不同的东西。又如木瓜，广东的水果番木瓜也叫木瓜，属番瓜树科；另外蔷薇科有一种中药叫木瓜；在北京昌平地区，习惯把文冠果（一种油料植物）叫做木瓜，文冠果为无患子科植物，只不过其果实有点象蔷薇科的木瓜而已。植物同物异名的情况也很普遍。如国家气象局规定作物候观测的益母草（也是中草药），在东北叫坤草或益母蒿，江苏叫野麻或田芝麻，浙江叫三角胡麻，四川叫青蒿，福建叫野故草，广东叫红花艾，广西叫益母菜，青海叫千层塔，云南叫透骨草，可谓

五花八门。所以确定作为观测对象的植物，都必须请植物学行家鉴定学名，这是一项影响深远的基础性工作。

(3) 根据应用对象确定观测植物种类。为研究气候变化，要进行古今物候对比，为了引种要进行中外物候对比，所以古代已有物候记载的种类，如杏，桃等要列为观测对象；世界多数国家进行观测的植物，如紫丁香、刺槐等也应选入；如是为了养蜂则主要选蜜源植物；如是为了牧场管理，则主要选牧草，等等。

根据以上原则，我国的全国物候观测组织，指定了若干种动、植物，农作物，以及水文气象现象作为共同观测项目（见附录一）。

各地除选择一定数量的全国共同观测项目外，还可选择一些对季节和农事有指示意义的地方性种类，作为当地的观测对象。

观测要求 应定人、定株地进行观测。物候观测采用目测法，因此要观测准确必须经过一段时间的摸索和锻炼，具有一定的观测经验，所以观测人员应当尽可能的稳定。各植株之间，由于遗传因素等原因，物候期会有一定差异，定株观测可减少这类非气候影响造成的误差。由于动物活动的范围较大，所以鸟类和昆虫的观测不应限于固定观测地点，在观测点附近看见的虫、鸟或听见其叫声，均应记载。

春、夏、秋三季可以两、三天观测一次，冬季在植物休眠期，也可停止观测。观测时间一般可在下午，但还应随季节和观测对象灵活掌握，某些只在早晨开花的植物最好是上午观测。如鸟类习惯在早晨或晚间啼叫，就宜在早晨或晚间听其鸣声；秋、冬、春季霜的观测只能在早上进行。

物候观测应随看随记。观测要仔细，切不可在远处粗粗一看即过，如果高处看不清的，也可用望远镜。

观测项目及各物候期出现时的特征

木本植物

(1) 芽膨大开始期。裸芽植物主要是看芽的大小来判断，鳞芽植物是当芽的鳞片开始膨大，芽的侧面露出淡绿色的线形或角形时为芽膨大开始期。但不同植物又有些差异，其特征是：侧柏叶芽膨大是鳞片张开，中间露出紫褐色的芽，雄花芽膨大是褐色的雄花芽出现浅色的条纹；松属是当顶芽的鳞片开裂反卷，出现黄褐色的线缝；榆树是芽的鳞片边缘有绒毛出现；玉兰是春天绒毛状外鳞片顶部开裂；刺槐是在春季旧叶痕上有突起，出现人字形裂口；槐树是带绒毛的褐色隐闭芽露出绿色；枣树是冬芽上出现新鲜的棕黄色绒毛；栎树是芽中出现黄色的毛；木槿是当芽突起，出现白色的毛……

花芽或叶芽的膨大宜分别记载，如人力不足，也可不分花芽、叶芽，只记最早出现的芽的发育期。芽膨大期的变化比较缓慢，不太显著，若记载不及时，可有半月左右的误差。

(2) 芽开放期。其特征是：芽的鳞片裂开，芽的顶端出现新鲜颜色的尖端（如榆树）；或是明显看见长出了绿色叶芽（如槐树）；或是带有锈毛的冬芽出现黄棕色的线缝（如枫杨）；有些植物的花芽开放，也就是花蕾出现（如玉兰）。芽膨大与芽开放期不易分辨的，就记为芽开放期。

(3) 展叶期。观测植株上第一片叶子完全展开时为展叶始期；树上半数枝条上的小叶完全展开时为展叶盛期。针叶树，当幼针叶从叶鞘中开始出现时，就是展叶始期；当新针叶的长度达到老针叶长度的一半时，就是展叶盛期。

(4) 花蕾或花序出现期。在叶腋或花芽中开始出现花蕾或花序的时候。

(5) 开花期。应分别记始期、盛期和末期。当树上开始出现完全开放的花时是开花始期。对于风媒传粉的树（如松、柏、落叶松、杨、柳、胡桃、榆、桑、白蜡等属），当摇动树枝而散出花粉时，为开花始期；当树上半数以上的花开放或花序散出花粉，或半数以上柔荑花序松散下垂时（如加拿大杨），为开花盛期（针叶树不记开花盛期）；当树上只留有极少数花，和柔荑花序停止散出花粉或柔荑花序大部分脱落时，为开花末期。多次开花是种特殊现象，往往是某些环境因子异常而引起的，也应该记载并在备注中加以说明。

(6) 果熟期。分别记录果实或种子成熟期、脱落始期、脱落末期。果实或种子的成熟主要根据果实的颜色来确定：如松树是种子的球果变成黄褐色；侧柏是果实变成黄绿色；桧柏是果实变成紫褐色；刺槐和紫藤是荚果发褐色；榆属和白蜡属是翅果由绿色变为黄色或黄褐色；水果是达到采摘的果色。果实和种子脱落期：松属为种子散布，柏属为果实脱落，杨属和柳属为飞絮等。

(7) 秋季叶变色期。树木秋季第一批叶子开始变为黄色或红色的时候为变色期。分别记录开始变色期、全部变色期。但应注意与干旱、炎热、病虫害等原因引起的非季节性叶变色分开。

(8) 落叶期。当观测的树木秋季开始落叶时为落叶始期；树上的叶子几乎全部脱落为落叶末期。

草本植物

草本植物单株间物候期的差异较大，为避免偶然性，最好选择 40 株作为

观测对象。当有 10% 的植株达到某发育期时，记为始期；当有 50% 植株出现某发育期时，记为盛期；花瓣凋谢，植株上只留有少数花时，记为开花末期。

(1) 萌动期。地下芽出土或地面芽变成绿色的日期。

(2) 展叶期。分别记载展叶始期和展叶盛期。

(3) 开花期。记载花序或花蕾出现期、开花始期、开花盛期、开花末期、第二次开花期等。

(4) 果实或种子成熟期。分别记载果实开始成熟期、果实全熟期、果实脱落期、种子散布期。果实或种子成熟主要根据颜色决定。

(5) 黄枯期。记载开始黄枯期、普遍黄枯期、完全黄枯期。以下部基生叶是否黄枯为准。

动物 (1) 家燕。春季始见日期、秋季离去日期。

(2) 金腰燕。春季始见日期、秋季离去日期。

(3) 楼燕。春季始见日期、秋季离去日期。

(4) 黄鹂。始见及绝见日期。

(5) 杜鹃。春季始鸣及夏季终鸣日期。

(6) 布谷鸟。春季始鸣及夏季终鸣日期。

(7) 豆雁。春季开始北飞或鸣叫日期、秋季开始南飞或鸣叫日期。

(8) 蜜蜂。春季开始群飞日期。

(9) 蚱蝉。始鸣和终鸣日期。

(10) 蟋蟀。始鸣和终鸣日期。

(11) 蛙。始鸣及终鸣日期。

农作物

禾本科粮食作物观测以下的物候期：播种、出苗、三叶、分蘖、拔节、抽穗、开花、乳熟、腊熟、收获等日期。

棉花观测播种、出苗、三叶、五叶、现蕾、开花、吐絮、停止生长等物候期。

田间工作观察以下的物候期：耕地、耙地、施肥、灌水、中耕、培土、间苗、除草、收获等日期。

气象水文现象

(1) 霜。秋冬初霜日期、春季终霜日期。如植物遭受霜冻，记植物名称、受害日期、受害程度（以%表示）以及在植物哪个发育期。

(2) 雪。冬季初雪日期、春季终雪日期、冬季初次雪覆盖（观测点附近地面一半为雪掩盖，即为雪覆盖）日期。

(3) 严寒开始。阴暗处开始结冰日期。

(4) 土壤表面冻结。土壤表面开始冻结日期。

(5) 水面（池塘、湖泊）结冰。岸边有薄冰、水面全部结冰日期。

(6) 河上薄冰出现。第一次结薄冰日期。

(7) 河流封冻。完全封冻日期。

(8) 土壤表面解冻日期。

(9) 水面（池塘、湖泊）春季解冻。开始解冻日期、完全解冻日期。

(10) 河流春季解冻。开始解冻日期、完全解冻日期。

(11) 河流春季流冰。流冰开始日期、流冰终了日期。

(12) 雷声。春季初雷日期、秋季或冬季最后闻雷日期。

(13) 闪电。春季初见闪电日期、秋冬季最后见闪电日期。

(14) 虹。在一年里第一次见虹日期、最后见虹日期。

(15) 植物遭受自然灾害。植物遭受严寒(春季解冻以后的低温)、干旱、洪涝、大风、冰雹等的严重损失情况,记录受害植物的名称、受害日期、损害程度(以%表示)以及在植物的哪个发育期。

以上列出的观测种类和项目,不一定都要观测,其中较重要的是植物。观测种类应根据需要,坚持少而精的原则。

图 8,9 是桧柏和毛白杨的各物候期出现标准图,其他植物物候期的出现可参照这些确定。

大杜鹃和布谷鸟(四声杜鹃)的鸣声有些相似;家燕、楼燕、金腰燕形体上容易混淆。它们都是重要的物候观测对象,现将区别方法介绍如下:

大杜鹃和布谷鸟都是候鸟(见图 10),在叫声的音节上有不同,大杜鹃的叫声是二声一度,二度间稍有停顿,叫声为“ke-gu, ke-gu”;布谷鸟的叫声宏亮,为四声一度,即

“ke-ke-ke-gu”,以此作为区分的依据。

家燕、楼燕、金腰燕(见图 11),都是指定的全国共同观测项目,这三种燕子北京地区都有。现将它们各自的特征列表对比如表 2。

物候观测资料的整理

积累的多年物候观测资料，为了方便应用，还需要进行整理。可以将观测资料分类抄写，作成统计表。表 3 就是用竺可桢在北京的观测记录做成的。据此，还可以求出多年平均日期，最早、最晚日期及其出现年份，表 4 就是用表 3 的

表 2 三种燕子的对比

	家燕	楼燕	金腰燕
形体	<p>上体黑褐色，前部稍紫有亮光，颈后有白斑，下体自颈至胸纯栗色，胸部有曲折不整齐的黑色横纹，胸以下均为白色或污黄色</p>	<p>似家燕而稍大，身体几乎是黑褐色，头顶、上背和腹部颜色很深，前额稍淡；颈和喉部是白色；喉周围和翼边缘也是白色羽毛，眼暗褐色；嘴全黑色；脚和趾是暗紫褐色</p>	<p>象家燕，形体比较大，尾分叉也阔些，腰是锈赤色，尾部羽毛没有白斑</p>
飞鸣	<p>飞的时候嘴张开，尾分开成剪刀形状，现出一列白斑，并成“ ”字形</p>	<p>两翅窄而长，飞的时候一直向前，翅向后弯曲成镰刀状，叫声宏亮，有尖锐的颤音</p>	<p>没有家燕飞行迅速，往往在空中停留一会儿，叫声比家燕宏亮</p>
窝形	<p>巢筑于屋梁上或廊檐下，由泥筑成，呈半碗形</p>	<p>在旧城楼、庙宇、高塔墙壁的窟窿里做巢，以涎混着羽毛、干草和杂屑等筑成</p>	<p>巢筑于屋檐下，或墙壁上，以泥和草混合筑成，巢为曲颈壶状，由侧面开口进出</p>
主要分布地区	<p>全国绝大部分地区</p>	<p>秦岭、淮河以北及西北地区</p>	<p>我国云南、四川、甘肃以东广大地区</p>

表 3 北京城内春季物候表 (1950 — 1973 年)

月 · 日 年份	北 海 冰 融	山 桃 始 花	杏 树 始 花	紫 丁 香 始 花	燕始见	柳絮飞	刺槐 盛花	布谷鸟 初鸣
1950	3.10	3.26	4.1	4.13	4.21	4.29	—	—
1951	3.12	3.28	4.6	4.15	—	5.4	—	—
1952	3.16	4.1	4.4	4.18	4.14	5.6	5.10	5.12
1953	3.10	3.24	4.5	4.15	4.23	4.26	5.9	5.19
1954	3.13	3.29	4.5	4.19	—	4.29	—	5.19
1955	3.15	4.6	4.8	4.20	4.12	5.3	5.6	—
1956	3.29	4.6	4.12	4.25	4.20	5.9	5.14	5.25
1957	3.24	4.6	4.13	4.23	4.23	5.4	5.9	5.22
1958	3.18	4.2	4.6	4.21	—	5.2	5.12	5.27
1959	2.24	3.23	3.27	4.10	4.19	4.24	—	—
1960	2.29	3.24	3.31	4.9	—	4.24	—	5.23
1961	3.3	3.19	3.26	4.6	4.19	4.25	5.3	—
1962	3.2	3.28	4.5	4.17	4.20	5.1	5.7	5.28
1963	3.1	3.18	3.25	4.11	4.20	4.30	5.8	5.27
1964	3.16	4.1	4.10	4.21	4.23	—	—	5.25
1965	3.5	3.22	3.30	4.9	4.25	5.1	5.10	—
1966	3.11	3.24	4.6	4.12	4.22	5.5	5.12	—
1967	3.13	3.26	3.31	4.12	4.22	5.3	5.8	—
1968	3.14	3.27	4.1	4.8	4.18	4.30	5.6	5.23
1969	3.23	4.8	4.12	4.18	4.21	5.8	5.11	5.19
1970	3.18	4.3	4.11	4.17	4.21	5.5	5.10	5.28
1971	3.20	4.4	4.10	4.16	4.21	5.1	5.9	5.24
1972	3.15	3.27	4.3	4.13	4.23	4.27	5.4	5.21
1973	3.7	3.24	3.29	4.4	4.23	4.25	5.3	—

数据统计出的结果。也可以制成多年变化曲线，图 12 就是用表 3 的资料作出的这种类型的曲线图。还可以把多年的平均值按日期排列成表和制成简单、直观的示意图（如图 13），这是自然历的重要内容。下面介绍一下多年平均日期的求法。如果一组记录都出现在同一月份，则将各年出现日期求和再做平均即为平均日

表 4 北京春季物候统计表 (1950 — 1973 年)

物候 现象	平均日期 (月·日)		最早日期 (月·日)		最迟日期 (月·日)	
	观测年数	出现年	出现年	出现年	出现年	出现年
北海冰融	3.13	24	2.24	1959	3.29	1956
山桃始花	3.29	24	3.18	1963	4.8	1969
杏树始花	4.5	24	3.25	1963	4.13	1957
紫丁香始花	4.16	24	4.4	1973	4.25	1956
燕始见	4.21	20	4.12	1955	4.25	1965
柳絮飞	5.1	23	4.24	1959	4.9	1956
				1960		
刺槐盛花	5.9	18	5.3	1961	5.14	1956
				1973		
布谷鸟初鸣	5.23	15	5.12	1952	5.28	1962
						1970

期。如果该物候现象在不同年份不是出现在同一个月份，这时可以先将各年的出现日期化成年顺序累积天数（查附录二），然后求和、做平均，再由平均值从附录二反查出平均值的月、日。例如表 3 所列的北海冰融，1950 年是 3 月 10 日，年顺序累积天数为 69；1951 年是 3 月 12 日，即为 71；1952 年是 3 月 16 日，即为 75……求出 24 年的年顺序累积天数的平均值为 72，再查附录二，得到 3 月 13 日，这就是北海冰融的 24 年平均日期。求出的平均值有小数的，一律把小数舍去，在整数上加一天。

对资料中缺测的个别年份，可以用内插法补足。方法是：在缺测年份前后找一组没有缺测的序列，用它们之间相应的差值来插补。如表 3 中的柳絮飞，1964 年缺测，可用比它出现早的紫丁香始花期序列作标准，求出两者平均间隔日数（这里是 17 天），把它加到 1964 年紫丁香始花日期 4 月 21 日上，得到的 5 月 8 日即为 1964 年柳絮飞的日期。也可以在物候的多年变化曲线或该年该物候现象的地区等候线图上内插求得。

贵在持之以恒

物候资料是很有用的，而且资料年代越长越宝贵。任何人要想做点物候观测是不难的，难就难在能否长期坚持。大多数人的物候观测是业余的，本职工作也很忙，特别是遇到出差，生病等，这时能否坚持下去呢？困难是有的，但只要有持之以恒的精神和采取一些相应措施，这些困难都是不难克服的。

竺可桢同志克服困难，坚持物候观测的可贵精神，便是我们学习的榜样。他一生留下了 34 年的物候观测记录，是全国个人观测年代最长的。其观测较长的固定地点有南京、北京两地。南京为 1921—1931 年（1926—1927 年缺）；北京的为 1950—1973 年，直至他逝世前还一直坚持观测。他在物候观测中有不少感人事迹。

解放后，他虽然担任了中国科学院副院长等多个职务，工作很忙，但是从来没有间断过物候观测。他的观测对象是北海公园的融冰和七种植物的展叶开花。那时，他住在北海东北角的地安门东皇城根，到位于公园西南角的中国科学院院部上班。从 1950 年开始，每天早晨上班，他从北海公园的北门进，步行穿过公园，由南门出；下班则由北海公园的南门进，步行从北门出。长年累月，很少间断，其目的主要是观测物候。

竺可桢的治学精神也是十分严谨的。有次他回家，一眼看到院子里的杏花开了，他走近一数，已有四朵。要是一般人也就记下算了，而他则认为必须要查明第一朵花的开放时间。这时正好有一位邻居妇女领着孩子走过来，竺可桢和蔼地问孩子道：“你知道杏花是哪天开放的吗？”“哪天？今天开的”。孩子答。“我是问，第一朵是哪天开的？”竺可桢补充了一句。小孩虽未回答出来，但却留下了深刻的印象，就主动帮他关心起花来，第二年杏树刚开出第一朵花的时候，她就高兴地嚷着去报告了。

又有一次，他儿子从研究所回来，告诉竺可桢说，他们大楼前的杏树开花了。竺可桢立即追问“哪天开的？”“就是最近两天吧”。他儿子回答。竺可桢批评说：“我们不能使用‘大概’、‘估计’这类字眼，也不能用估计和推断代替观察。”还有一次竺可桢要出差，就叮嘱女儿帮助观测：“这是科学研究的资料，是不能马虎的，你一定要协助我完成这个任务”。晚年，他耳朵不灵了，还请爱人帮助注意一下布谷鸟的初鸣声。

竺可桢出差的机会很多，出差前他总是把物候观测工作认真地交待给别人。出差不仅没影响他观测的连续性，反而为他考察地区间的物候差异提供了方便。他曾于 1964 年 3 月至 5 月去长春、大连、无锡、上海、杭州、广州、从化等地视察，沿途对山桃、连翘、榆叶梅、玉兰、紫丁香、紫荆、苦楝等的开花盛期作了记载，为他比较物候的纬度差异提供了第一手资料。据他分析：苦楝开花盛期，无锡比从化晚 32 天，两地纬度差 8 度，每一纬度差 4 天；但以纬度稍高的北京、上海、杭州三地的玉兰、紫丁香、紫荆的开花盛期相比，则每一纬度相差 3.1 天至 3.6 天；若以纬度较高的北京与长春相比，山桃每一纬度只相差 2.3 天。从而他提出一种看法：在我国由南向北，春季每一纬度的物候期推迟日数是逐渐减少的。

又如 1961 年他去川西北的阿坝州考察，对沿途的物候高下差异作了观察和记载：“6 月 3 日早晨从阿坝县出发，路过海拔 3600 米处，水沟尚结冰。行 244 公里至米亚罗海拔 2700 米处，已入森林带，此处可种小麦，麦高尚未

及腰。更前行 100 公里，在海拔 1530 米处，则小麦已将黄熟。更下行至汶川海拔 1360 米处，则正忙于打麦子。晚间到灌县海拔 780 米处，则小麦早已收割完毕。”他在汽车的一日行程之内，看到了几个季节的农事，以此提出，物候的高下差异与霍普金司定律中确定的递减天数并不符合，在地形复杂地区，唯有实测。

还有一年，他随一个代表团去莫斯科，到那里的第二天他听到了大杜鹃的叫声，便马上记在日记本上。这种走到哪里就观测到哪里的作法大大丰富了他对一些物候规律的认识。

在物候观测和各种科学研究中，我们都要学习竺可桢这种坚韧不拔、持之以恒的精神。如果有了这种精神，不管遇到什么困难都是可以克服的。

从物候观测中，不仅能学到自然知识，而且还可陶冶情操，从大自然中找到乐趣。

四 物候变化的规律性

各地都有许多种植物，每种植物又有萌动、展叶、开花、结果、叶变色、落叶等项目。这么多现象看起来杂乱无章、眼花缭乱，实际上是有规律可循的。在同一地点，各物候现象的出现有顺序性、相关性和同步性；在地理分布上，则表现为随经、纬度的变化，和随高度的变化，并且目前已做出了它的地理分布模式。

顺序性相关性和同步性

顺序性 同一地区、同一植物的各物候期（展叶、开花、叶变色等）的先后是一定的。如榆树、迎春花、山桃、玉兰、杏树等总是先开花后展叶，通常后一个发育期是在前一个发育期的基础上开始的，所以前一物候现象没有发生，后一个物候现象就不能出现。同一地区，不同植物的物候现象的出现次序也是一定的。上述这些就是物候现象的顺序性。现将北京地区由春至秋植物开花的日期和顺序列于表 5。不同年份它们两两的间隔日数会有所不同，但这种顺序是基本不变

表 5 北京地区植物开花的平均日期和顺序

植物名称	开花期(月·日)	植物名称	开花期(月·日)	植物名称	开花期(月·日)
榆树	3.19	色木槭	4.17	柿树	5.16
山桃	3.29	西府海棠	4.18	君迁子	5.19
加拿大杨	4.2	杜梨	4.19	荷花丁香	5.21
连翘	4.2	日本樱花	4.19	太平花	5.22
杏树	4.4	白蜡	4.22	臭椿	5.24
玉兰	4.4	苹果	4.22	枣树	5.27
探春花	4.5	胡桃	4.24	栎树	6.2
小叶杨	4.5	紫藤	4.25	板栗	6.4
碧桃	4.6	牡丹	4.25	合欢	6.11
旱柳	4.6	桑树	4.27	梧桐	6.24
垂柳	4.9	泡桐	4.27	木槿	7.4
辛夷(紫玉兰)	4.10	黄栌	4.28	紫薇	7.13
榆叶梅	4.12	构树	5.3	槐树	7.13
鸭梨	4.12	楸树	5.3	海州常山	7.23
紫丁香	4.15	木香	5.6	野菊	9.27
京白梨	4.16	刺槐	5.9		
紫荆	4.17	芍药	5.15		

的，这也表明，植物物候期出现对气象条件的要求是较稳定的。动物物候也有顺序性，如北京每年春季候鸟的北来，燕子总是在布谷鸟之前。

相关性 一物候现象与另一种或几种物候现象的出现有一定的相关，这就是物候的相关性。一般说，这两个物候现象相隔愈近，相关系数愈大，相隔愈远，相关系数愈小，北京地区就是这样（见表 6）。

同步性 每年的气候条件不同，各年间的同一物候期可以有一、二十天的差异，但是同一年里，不同的物候期只是作相应的提前或推迟，这就是物候变化的同步性。从图 12 可以看到，北京各物候现象的多年变化曲线，在趋势上是一致的，没有交叉的情况。1953，1959，1961，1963，1965 年等山

表 6 北京春季一些物候现象之间的相关系数

	山桃始花	杏始花	紫丁香始花	柳飞絮	刺槐盛花
北海融冰	0.85 ^{**}	0.85 ^{**}	0.76 ^{**}	0.76 ^{**}	0.56 ^{**}
山桃始花		0.90 ^{**}	0.84 ^{**}	0.70 ^{**}	0.47 [*]
杏始花			0.84 ^{**}	0.72 ^{**}	0.56 ^{**}
紫丁香始花				0.67 ^{**}	0.61 ^{**}
柳飞絮					0.72 ^{**}

** 显著性水平 0.01

* 显著性水平 0.05

桃始花早的年份，其他现象的出现也都早些；而 1956，1957，1962，1964，1969 年等山桃始花晚的年份，其他物候现象也都相应的晚些，而且这些现象的出现顺序各年是相同的。

物候现象的顺序性、相关性和同步性，是进行物候预报和延长物候资料的主要依据。

这些只是一般规律。在某些特殊情况下，植物物候的顺序性会遭到破坏，这叫做物候倒置。如我国东北、内蒙、西北地区，紫丁香的开花早于毛桃开花，其他地区则相反。又如毛桃展叶和开花期次序随地区不同而不同，在北纬 35 度以北地区先展叶后开花，而 35 度以南地区则先开花后展叶或几乎同时。在国外也发现有这种现象。例如在南欧、中欧和北欧，紫丁香、欧洲七叶树和花楸的开花顺序是完全不同的（见图 14）；又如刺槐开花在南欧早于展叶，而在中欧则和我国的情况一样，是展叶早于开花。一般地说，在春季发育开始得越早的植物，开花期早于展叶期的情况也越多。这是因为先花后叶植物的花芽在冬季进入休眠期比叶芽早。如果天气不利，开花期会延迟，而叶芽休眠又快结束，一旦当有利天气到来，这两个发育期便会同时来临。但如果不利天气持续很久久的话，植物展叶会超过开花期，并且由于消耗了许多水分

和养料，会使它的开花期落后于开花较晚的植物。

随经纬度的变化

物候期随经、纬度的变化，就是物候的东西差异、南北差异。

在同一时间内，纬度愈高，气温就愈低，春季达到植物生长的界限温度的日期愈晚，秋季达到植物停止生长的日期愈早。对全年来说，则纬度愈高，生长季也愈短。因此，在我国物候的南北差异最为明显。从图 16, 17 可以看出，上半年东部地区的代表性物候现象，如毛桃盛花期、冬小麦收获期，除四川盆地远比同纬度早外，总的趋势是由南向北推迟的；下半年的代表性物候现象，如毛桃落叶末期、冬小麦播

种期（见图 15, 18），总趋势是由北向南推迟的。此外，一些物候现象的间隔日数，也表现出明显的南北差异。如垂柳的芽膨大至落叶期，哈尔滨 201 天，北京 275 天，武昌 301 天，昆明 315 天，由北向南是延长的。芽膨大至落叶期的间隔日期，常作为该植物的生长季长度指标，上述垂柳的生长季长度是由北向南增加的。榆树开花至刺槐开花的间隔日期可反映春季的长短，它基本上是从北向南、从西向东增加的。这些特点与气候分布规律是一致的。

东西差异是重要的，特别在春秋两季。如杭州、武昌差不多在同一纬度上，春季垂柳的芽膨大，杭州比武昌迟 7 天；桂花的芽膨大，杭州则迟 17 天，这是因为杭州比武昌偏东 6 个经度，临近海洋，受海洋影响，初春气温较低的缘故。如

1963 年 2 月中旬平均气温杭州比武昌低 3.1℃，2 月下旬则低 1.2℃。大连比北京略南，但因大连临海，所以春季反比北京冷，致使大连的春季物候都偏迟。沿海地区春季物候的偏迟，对果树生长是有利的。在山东济南一带，苹果开花在 4 月中或谷雨前，常因有寒潮霜冻，使苹果花期受害而不能丰产；烟台因临海，春天来得较晚，苹果开花延迟到立夏以后，这时寒潮已绝迹，所以烟台苹果得以高产稳产。由此可知，物候知识可用于水果增产。

随高度的变化

沈括解古诗之疑能说明物候随高度变化的，莫过于白居易的脍炙人口的游庐山诗《大林寺桃花》了：“人间四月芳菲尽，山寺桃花始盛开，长恨春归无觅处，不知转入此中来。”白居易的诗作于唐元和十二年四月九日（公元817年4月28日），如照他所说，山上大林寺的桃花要比山下晚一个月。后人一方面对诗人高超的艺术手法赞叹不已，另一方面对他所描写的自然现象并不理解，为此留下一段“沈括解古诗之疑”的佳话。

同一时间里山下桃花谢了，又怎么理解山上大林寺的“桃花始盛开”呢？是否有错？为此争论不休，当时谁也断不清这场笔墨官司。到了宋代，大科学家沈括读到这几句诗时，心里也纳闷，并引起他的注意。有一次，沈括登山考察，恰巧也是四月时节，这时山下的桃花已经凋落，而当他健步登上山顶时，繁花似锦的桃花映入了他的眼帘，他恍然大悟，由此想到白居易的诗是对的。他认为这是由于山上、山下的气候不同所引起的，因此，山上桃花比山下开得晚。沈括目睹了这一自然景色，并把它写入自己的书中，了结了这场笔墨官司，传为千古佳话。这件事说明白居易是个现实主义的诗人，而沈括是位实事求是的科学家。

一天行程，四季变化 白居易和沈括的发现已被现代的物候研究所证实。据分析，上半年出现的物候现象（展叶、开花等），越到高处越迟；下半年出现的物候现象（开花、叶变色、落叶等），则越到高处越早。

例如北京与呼和浩特皆位于北纬 40 度附近，因为呼和浩特比北京约高 1000 米，春季的树木发芽呼和浩特皆晚于北京（见表 7），而秋季的叶变色呼和浩特皆早于北京。

表 7 北京与呼和浩特各种树木芽膨大期的对比

地 点	山 桃	杏 树	桑
呼和浩特（月·日）	3.25	3.25	3.27
北京（月·日）	2.22	3.8	3.18
相差日数（日）	31	17	9
每百米的推迟天数（日）	3.1	1.7	0.9

由于物候的高下差异，在我国西南山区里，一天的汽车行程内，甚至可以看到平原上不同季节的物候和农事。笔者有幸于 1980 年 10 月 16 日到川西北考察，走的差不多是竺可桢 1960 年曾走过的同一路线，对这里山上山下明显的物候差异留有深刻印象（图 20）。自成都经汶川、米亚罗到鹧鸪山共 280 公里，由海拔 500 米上升到 4000 多米。在这一天的行程中，有四个方面的明显变化：1. 10 月中成都平原只能穿单、夹衣，往高处渐感凉意，到米亚罗（2700 米）要穿上棉衣，2900 米处早上曾下雪和结薄冰，到 4000 多米处还要穿上皮大衣；2. 景观有较大变化，2400—3000 米处是针阔混交林，3000—3700 米为亚高山针叶林，主要树种为冷杉、云杉，3700—3900 米为森林上界，主要是落叶松，再高处只能长草了；3. 叶色有明显变化，当时成都还是

一片葱绿，到汶川（1360米）渐感秋意，叶色已有变化，到2900米处落叶松完全黄叶了；4. 种植制度上也完全不同，成都平原是一年两熟（稻麦）或三熟

（稻稻麦或稻稻油），而米亚罗是一年一熟，而且只能种土豆、春油菜和春小麦等喜凉作物。四川是著名的柑桔产地，想不到北方的苹果在汶川一、二千米的高度上也长得很好，质量和果色俱佳，在国际市场上颇受欢迎。

山上与平原的物候不同，是由于在对流层（地面至高空9—17公里）中气温是随高度降低而引起的，高度每上升100米，气温大约下降0.6摄氏度。有人会说，太阳是地球上一切能量之源，海拔高就是离太阳更近，应该温度高些，为什么反而低了呢？这是因为对流层中的空气对光线的吸收是有选择的。地面以上的空气不善于吸收短波的太阳光，而善于吸收地面发射的、看不见的红外光，可以说，近地层的空气是靠地面给它加热的，这就是对流层里愈近地面气温愈高的原因。至于海拔高低引起的离太阳远近，和日地距离相比，太微不足道了，由此而产生的气温差异，可忽略不计。既然物候迟早与一地的气温高低有关系，所以平原上的物候在春季总是早于山上。

逆温层是一个例外 那么能否说随着高度的升高，春季物候就一定都晚些呢？不一定，也有例外。如冬、春季的早晨，近地层常存在着一层二、三百米厚的逆温层，在逆温层里，由地面到逆温层顶气温是升高的。在山区有逆温层存在时，山腰近地层的气温反而高于山麓。这使春天的物候，山腰的反比山麓为早。

图21表示的是德国一山坡上物候、气温的实测结果。可以看到，山毛榉在海拔650米的山坡上要等到5月11日才展叶，而在山坡的770米处，则提前到5月7日展叶，但到890米处展叶又推迟到5月9日了。这是因为770米处处于山坡的逆温层内，此处平均最低气温达7℃，而650米处则只有5℃，

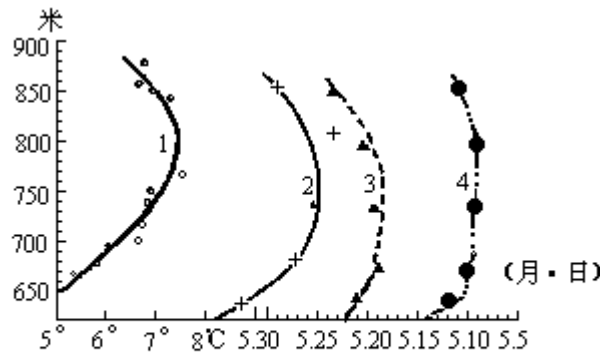


图21 德国大阿尔贝尔山山坡上日最低气温与植物发育的关系
1为平均最低气温；2为欧洲越桔新梢达4厘米长的日期；
3为山毛榉新梢达到4厘米长的日期；4为山毛榉展叶日期

在890米处也只有6.2℃，故山腰植物的物候期来得早些。越桔和山毛榉新梢达到4厘米长度的日期，也是以逆温层高度处最早，原因与前面的类似。

园艺家和农学家常利用这一特点，把不耐寒的果树种在山腰上，达到避寒的目的。如山东胶东的大泽山是一条东东北-西西南走向的丘陵，高不过500—700米。在大泽山的南坡，山麓处因冬季的霜重，不能种水果，但到50米高度，就可种桃树和苹果了，到100米高度还可种怕霜的葡萄呢！长江中下游的柑桔，云南、华南的橡胶，以种在南向中坡的遭受霜冻的机会最少，

也就是这个道理。

我国物候的地理分布模式

霍普金司的有益尝试 从前面的一些分析可以知道，物候的变化是有一定规律性的。为了研究植物物候的地理分布，不少人企图做出一个物候随地理位置分布的普遍模式，根据该模式，只要知道各地的纬度、经度和高度，就能计算出它的物候期。这些人中比较有名的要算美国人霍普金司了，他在总结前人经验的基础上，利用北美的物候资料分析得出：“在其他因素相同的条件下，北美温带内，每向北移动纬度 1 度，向东移动经度 5 度，或上升约 122 米，植物发育期在春天和初夏将各延期 4 天；在秋天则相反，即向北 1 度，向东 5 度，向上 122 米都要提早 4 天。”这就是人们常说的霍普金司生物气候定律，它对人们认识物候分布规律和提出物候分布模式，无疑起了推动作用。过去由于我国缺乏物候资料，也采用这一定律，近年来经分析发现，它并不完全适用于我国。

适用于我国的生物气候定律 实际上物候期的变化不仅因地而异，而且也因季节、月份而有不同。根据我国最新资料，有人做出了考虑经度、纬度、高度的三元回归方程的分布模式，使物候的地理变化模式更符合我国的实际。如毛桃始花期分布的公式是：

$$y = 68.16 + 3.98(\varphi - 30) + 0.71(\lambda - 110) + 1.364h$$

式中 y 为日期的年顺序累积天数， φ 、 λ 、 h 分别为纬度、经度和海拔高度。表 8 是根据上式算出的在我国一些物候现象随地理位置推迟的天数。从表中可看出：(1) 各季节的纬度推移率不是常数，一般说春秋季节推移率较大，而夏季的较小。若以北京地区的物候期为标准，大体上有如下规律：在 2 月底以前，如毛桃、榆树的芽膨大期，纬度每高 1 度，各种物候期推迟 4—5 天；从 3 月上旬至 4 月上旬，如垂柳芽开放期，榆树、山桃、胡桃、紫藤等的始花期，纬度每高 1 度，物候期推迟 3—4 天；从 4 月底到 6 月中旬，如板栗、合欢的始花期，纬度每高 1 度，推迟 2—3 天；从 6 月下旬至 7 月中旬，如梧桐、紫薇等的始花，纬度每高 1 度，物候

表 8 中国物候的地理推移率

物候期	纬度 (日/度)	经度 (日/度)	经度 (日/5 度)	海拔高度 (日/100 米)
毛桃芽膨大	5.61	0.92	4.60	1.25
榆树芽膨大	4.16	0.53	2.65	0.59
垂柳芽开放	3.88	0.78	3.90	0.97
榆树始花	3.55	0.37	1.85	0.90
山桃始花	3.28	0.55	2.75	0.81
侧柏始花	4.73	0.87	4.35	0.36
杏树始花	3.74	0.78	3.90	1.54
毛桃始花	3.98	0.71	3.55	1.36
玉兰始花	3.65	0.38	1.90	1.46
垂柳始花	3.62	0.71	3.55	0.38
桑树始花	3.09	0.36	1.80	0.72
胡桃始花	2.53	0.73	3.65	1.37
紫藤始花	2.40	1.10	5.50	0.73
板栗始花	2.02	0.90	4.50	1.00
合欢始花	2.53	0.07	0.35	0.60
梧桐始花	1.06	0.36	1.80	-0.33
槐树始花	0.72	0.19	0.95	0.32
紫薇始花	0.49	0.25	1.25	0.53
野菊始花	-3.81	-0.08	-0.40	-0.69
桂花始花	-2.39	-0.02	-0.10	-0.06
榆树落叶始期	-3.62	-0.36	-1.80	-0.77
霍普金司定律				
上半年	4.00		4.00	3.28
下半年	-4.00		-4.00	-3.28

表中正值表示纬度向北,或经度向东,海拔向上物候期推迟;负值表示其物候期提前。

期推迟在 1 天以下;从 7 月下旬(即紫薇始花之后)随着纬度的升高,各物候现象反而提前。因此,可把紫薇始花作为一个界限,在此以前的物候现象由南向北推迟,在此以后则出现相反趋势(见图 22)。(2)各物候现象随经度的变化,也不是固定不变的,经度每向东 5 度,上半年推迟 1—5 天不等,下半年每向东 5 度,则是提前 1—2 天。(3)各物候现

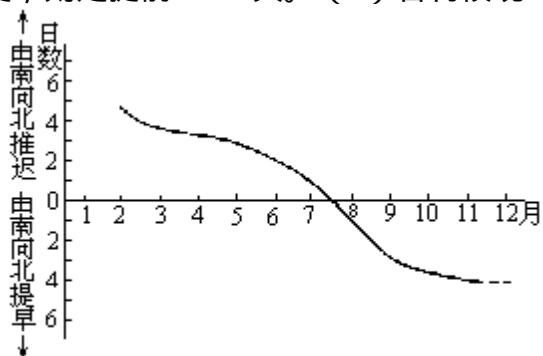


图22 由南向北每移动1个纬度物候期相差的日数

象随高度的变化率,比霍普金司提出的数字小得多。上半年每上升 100 米,

物候期只推迟 1—2 天，下半年每上升 100 米，提前值都在 1 天之内。

当然这些都是大范围内分布的平均状况，对于地形复杂的小区域、小地形引起的物候差异则可能较大。如有一个地方，据实测，初春开花的植物，始花期南坡比北坡早 19 天，在仲春早 11 天，在夏季早 9 天。对于这类的小区域，这个分布规律是不适用的。

有了这些物候期随经、纬、高度的推移率，便可估计出任何没有物候观测地方的物候期，这在科研和生产上有一定的意义。如在历史时期气候变迁的研究中，常遇到这样的情况：查到了古代历史文献中有某一地方的物候记载，但缺乏该地的现代记录，这时可根据物候变化模式，算出相应的物候期，以此作古今对比。又如，根据这些，可预先估计出某一林木、果树或农作物品种，从源地引种到别处时，可能引起的物候期差异。养蜂工作者还可根据每年蜜源植物花期的推移速度来转移蜂箱。

五 控制物候变化的内外因素

控制物候的因素很多，外因有温度、日长、水分等，内因有遗传因子和植物激素等。内外因素又是有联系的，由于外界环境的改变，常引起体内植物激素含量的变化，进而引起物候期的变化。所以说引起物候变化的因素中，环境因素（外因）是变化的条件，植物激素（内因）是变化的根据，环境因素要通过植物激素起作用，这些就是物候变化的本质。它对于物候的应用、物候期的人工控制和调节具有指导意义。

温度的主导作用

温度是决定物候期早迟的主要因素之一，温度高低、积温多少和低温刺激等都有影响。

温度高低 在中高纬地区，一般来说，前半年植物发育的开始期，主要取决定温度临界值的通过，也就是说只有当气温或土温超过某一临界值后，早春的发芽、开花现象才会到来。通常这个临界温度为 6—10℃，但早花植物和山地植物的发芽、开花的临界温度偏低些，在 0℃ 左右，而晚花植物展叶、开花的临界温度要求较高。另外，同种植物的不同发育期对临界温度的要求也不一样。

由于寒潮，春季气温如低于植物始花的临界温度时，那么始花期便会推迟。还有，临界温度的持续期也很重要。如老鹳草在良好天气时，气温通过临界值继续上升，则花朵的持续期很短，仅有一小时；但在坏天气下，气温持续在临界值附近，花朵的开放期会持续 3—4 日。

必须强调的是，植物的发育阶段的到来，不仅要求临界温度出现，还需要达到发育的准备程度，即前一生命阶段完成后，才会引起某发育期的到来。在欧洲，当天气有利时，雪花（一种植物）可以在 12 月开花，因为那时它已结束了休眠期，而西洋接骨木则对 12 月的暖和天气没有反应，因为它的休眠期还没有结束。由此可知，植物发育的准备程度和快速地通过临界温度对物候期的出现有重要意义。

植物在进入落叶和休眠期的过程中，温度也起着重要的促进作用。在温带，果树正常落叶是日平均气温降到 15℃ 以下、日长短于 12 小时的情况下开始准备。如果日夜温差大能促进落叶，而生长后期的高温又会延迟落叶。

积温 植物不仅要求一定的温度强度，而且要满足一定的积温才能完成其生活周期。植物的各个发育期都有一定的积温要求，只有满足了它的要求，该物候期才会出现。同种植物的同一发育阶段所需积温，各年之间有一定的变化幅度，这主要是冬季寒冷程度的不同而引起的。因为寒冷可降低植物的需热量，如雪花（一种植物）在温度偏低的冬季后，开花所需的积温就较少；在温和的冬季之后，开花期早些，但开花所需的积温要求则高些。特别是欧洲七叶树所需的积温，不仅在严冬后要求会低些，而且在上一年度的干旱夏季后要求也会低些。

植物不同的发育期有不同的积温要求，这一规律可以应用到生产中去。根据各栽培植物进入开花期和果熟期需要的积温量，再结合各地的气温资料，就能预知各种植物能够引种或扩种到哪些地区，或某一地区可以引种哪些植物，以加快新品种的推广。

低温刺激的特殊意义 低温的刺激对某些植物的开花有重要意义。如冬小麦必须在秋季播种，出苗后越冬，来年夏季抽穗开花。如果将冬小麦改在春季播种，它虽枝繁叶茂，但不能开花结实。冬性作物在苗期需要经受一段时期的低温，第二年才能和春播的春性作物一样开花结实，这个现象叫春化现象。冬性作物可用人工施加低温处理来促进开花，这种处理称为春化处

积温：在一定时期内，日平均温度对参考温度偏差的总和。积温又有活动积温（参考温度为 0℃）和有效积温（参考温度为其他值）之分。活动积温广泛应用于农业气候分析中；有效积温则主要用于作物气象研究中。积温，如没有特别说明，一般都指活动积温。

理。

需要春化的植物种类很多，计有冬性一年生植物（如冬性谷类作物），大多数二年生植物（如胡萝卜，甜菜等）和有些多年生植物（如很多种牧草）。需春化的植物中，有些表现出对低温的绝对需要，即没有适当的低温便不能形成花原基，如很多二年生植物便是如此。然而，很多冬性一年生植物，对春化只有数量上的反应；延长春化时期可缩短到达开花的日数，这类植物不经过低温春化也能开花，只是需要的时间加长。如冬黑麦完全春化需要长达50天的-2 到 12 之间低温处理，解除春化后大约只需50天就能开花。若不

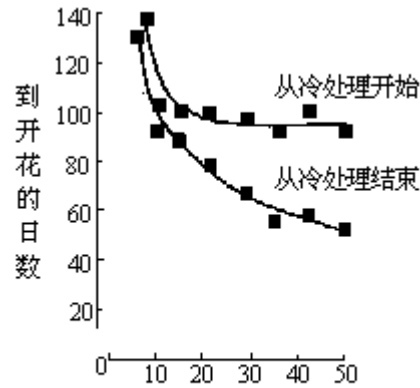


图23 春化处理的日数对冬黑麦开花的影响

经过低温春化或低温春化的时间较短，最终也能开花，只是达到开花的日数较多；若只冷处理10天，在适温下从冷处理结束至开花要100天以上，而且形成的花数也少（见图23）。

在春化过程结束以前，将植物放回到较高温度下，会抵消低温效应，引起所谓解除春化。低温处理的日子越长，越不容易解除春化；春化完成了，即使放在高温中也不会引起解除春化，成为不可逆过程。

低温对木本花卉的花芽形成也有影响。落叶树如果在花芽形成后的某一阶段未遇到低温，不但花芽发育遇到障碍，而且开花后也常表现出异常形态，如碧桃在7—8月形成花芽后，必须经过一定的低温时期才能正常开花。

低温能促进植物解除休眠。休眠是植物适应环境的一种表现，许多起源于冷凉气候区的植物，每年必须经过一个休眠期。在一个时期的旺盛生长后，即使外界条件仍然是有利于生长的，它们也会休眠。通常，这样的休眠只有在温度低于5—8℃时才被打破；短时间的低温效果可以积累起来。如果将植物过远地向高纬移植，植物对低温的要求在冬前已满足，那末，休眠期在霜冻尚未结束时即已完成，它就恢复生长。如果过远的移向赤道，直到冬末还遇不到低温，那末，当温暖天气来临时，休眠芽也不会很快地开放。如桃需要400小时以上低于7℃的时期，越桔大约需要800小时低于7℃的时期，当秋冬气温较高时，它们的休眠期还未结束，仍不能恢复生长。

寒冷对于解除休眠的效应，并不在植物体内传导，而是保留在个别芽中。例如，一株休眠的丁香放在温室中，仅有一根枝条通过墙上的小洞伸到室外。经受过冬季低温的枝条在早春即长叶，而当时在温室内的部分仍保持休眠（见

图 24)。

延长芽的休眠，特别是适当延长果树芽的休眠是重要的。在温带地区，芽开放会使它的抗寒性减弱了，在这样的情况下，再出现严寒会造成冻害，所以适当延长休眠是防止晚霜袭击的措施之一。延长苗木的芽休眠，对苗木的移栽和运输也是有利的。

日长是影响物候期的重要生态因子

前面谈到影响物候的气候因素时，较多的强调了温度条件，但它并不是唯一条件，日长也是一个重要的因素，有时它的影响比温度还重要。

一个重要发现 较早并明确将日长视为控制开花的环境因子的，是两个美国科学家加纳、阿拉德。美国很早就对我国的大豆感兴趣，可是将大豆移到高纬栽培却遇到了困难，因为在那里大豆秋天开花太晚，不能在霜冻前成熟。1918年加纳、阿拉德对大豆作分期播种试验中发现，从春季到整个夏季分期播的大豆，都趋于同期开花。显然这牵涉到一个季节性因子。

他们还注意到一种叫马里兰猛象的烟草，在夏季茂盛生长，但只有在冬季温室内才开花。他们试验了一些可能影响的因素，如温度、移植时的震动、光质等，最后肯定，关键因素是日长。如果在夏季人为地缩短日长，将这种烟草放在暗处，使其受到相当于冬季的日长后，这样它在夏季也开花。相反，在冬季温室内，用人工光照延长日长，它则保持营养状态。显然这种烟草只在短日条件下开花。以后进一步证明，如果日长超过14小时，马里兰猛象烟草便不开花。这就是本世纪初植物生态学上的重大发现之一——光周期现象。

日长对开花的影响 在各种气象要素中，日长是季节变化的最可靠的信号，植物在长期适应过程中，可对日长有不同反应，以致可在一年中的特定时间开花。有许多植物在生长发育过程中，有一段时期每日需要较长的光照时间才能开花，而且光照时间越长，开花越早，如果日长处临界长度以下，则植物不开花，这类植物称为长日照植物或长日性植物。自然界中那些初夏开花的植物多属此类。对这类植物用人工方法延长光照，能提早开花，如大麦、小麦、豌豆、油菜、萝卜以及越桔属的果树。另一类植物在生长发育过程中，有一段时期每天要有一段较长的暗期（长夜）才能开花，在一定范围内，暗期越长，开花越早，如果处在暗期的临界长度以下，则植物不能开花，这类植物称为短日照植物，也叫短日性植物。自然界那些通常在深秋或早春开花的植物多属此类，用人工方法缩短光照能使它们提前开花，如大豆、棉花、烟草以及菊花等。还有一些植物对日长的要求不严格，称为中日照植物，又称中日性植物，如番茄，四季豆、花生等，只要温度适宜，一年四季均能开花。此外，有些植物花芽的发生与开放，往往需要不同的日长，所以又有长短日照植物与短长日照植物之分。前者如翠菊，其花芽在长日照中形成，而开花在短日照中促进；后者如瓜叶菊，其花芽的分化在短日照条件下形成，分化后在长日照条件下促进开花。还有一些其他类型，就不一一列举了。

地球上不同地区一年中的日长是有规律地变化着的。如北半球，每年夏至（6月21—23日）的日长最长，冬至（12月21—23日）的日长最短，春分（3月21—23日）和秋分（9月21—23日）的日长各为12小时。在冬半年，日长都少于12小时，同一天里纬度越高则日长越短；在夏半年，日长都超过12小时，同一天里纬度越高则日长越长。各种植物开花对日长的要求不同，显然与它的地理起源和长期所处的生态环境有很大关系。热带、亚热带终年的日长都接近12小时，在这里起源的植物多半属于短日性的；在温带和寒带，生长季主要限于较长日照的时期，起源于这里的植物多半属于长日性的。不论是长日植物还是短日植物，其临界日长都随植物分布的纬度而不同，生长地区越北，临界日长越长，这也是和长日植物多半分布在高纬地区，短

日植物多半分布在热带或亚热带相一致的。

日长与落叶休眠 日长对植物的落叶、休眠同样有控制作用。落叶植物在光照较长的情况下，可以推迟叶柄基部离层的形成，而在光照缩短时，会加速离层的形成。如鹅掌楸在适宜的温度下，每日给予长光照，可以继续维持生长状态 18 个月之久。若把桦树暴露于人工缩短的光周期下，会产生类似于秋天到来时的结果。苏联列宁格勒一般不能种核桃树，因为 9 月份核桃尚未落叶的时候，严霜已经来临，而使核桃树受冻而死，但若 9 月间下午三时以后，把核桃树用柏油防水布遮盖起来，使它不见阳光，则霜冻以前核桃树已提前落叶，进入休眠状态，提高了耐寒性，核桃树便能在这里生长了。

各种植物的生长发育对日长都有特殊要求，如果把它向较高或较低纬度引种时，由于日长的改变，可使其各物候期以及各物候期之间的日数发生相应变化。如长日性植物北移时，生长期的日长比原产地长些，可较早满足它对长日的需要，发育会提前完成，各物候期间的间隔日数会减少，全生育期也缩短；长日性植物南移时，发育会延迟，有的甚至会赶上早霜冻，不能开花结果。短日性植物北移时，那里夏季日长较长，使发育延迟；短日性植物南移时，则提早开花。

温度和日长影响的相互作用 实验证明：许多长日性植物在温度降低的时候，在比较短的日长下也可以开花；而有的短日性植物，在较长日长条件下，夜温较低时也会开花，同样条件下，而夜温较高时却不开花。例如，马里兰烟草，如果夜温是 18℃，能在 9—10 小时的短光周期下开花，但不能在 16—18 小时的长光周期下开花；可是当夜温保持在 13℃，则在这些光周期下都可以开花了。也有高温使某些植物对日长的敏感性降低的例子。如短日性植物穿心莲，在较高的温度下（夜温加至 25℃），对短日照的要求变得迟钝。在北京自然光照条件下（日长 14—15 小时），夜温加至 25℃ 时，开花时只比同样夜温和 10 小时光照条件下的晚 3 天，比同样夜温及 12 小时光照条件下的植株只晚 1 天，而比不加夜温和 12 小时光照处理的植株早 15 天，比不加夜温和在 10 小时光照处理的植株则早的更多。可见植物对环境条件的要求不是孤立的，而是一个综合的统一体。

水分

干旱会促进植物叶片的脱落，在热带干湿季明显的地方，植物大部分是雨季开花，干季落叶的。植物一般只有一次落叶，但个别也有两次落叶的，即秋冬落叶和旱季落叶，如贺兰山下的小叶杨就有这两次落叶现象。降水过多也会加速落叶。

多雨可推迟植物的发育过程。阴雨天，气温低，可延迟展叶、开花和成熟等物候现象。但即使气温相同时，雨水多，由于光照条件差，也会推迟成熟期，这在谷类作物上表现尤为明显。

有时两株同龄相距不远的树木，由于土壤湿度不同，春季的展叶、开花期也有差别。一般说，生长在过湿土壤上的植株，春季的物候期都迟一些，这主要是由于地温低造成的。土壤湿度还影响开花期，水分少则开花不良，花期变短；水分供过于求则会引起落花、落蕾。如柑桔的落花和山茶花的落蕾，就与土壤水分太多有直接关系。

空气湿度对开花也有影响，湿度太低会使花期变短，花色变淡，湿度过高会引起花瓣霉烂，病虫害蔓延。

植物激素是控制植物物候的灵丹妙药

在植物的生命活动中，你会看到许多奇特的现象。例如，在同一枝条上的芽子，有的芽会长成嫩绿色的枝叶，有的芽会发育成五光十色的鲜花；有的芽会茁壮的成长，有的芽会长眠不动。原来，这些都是植物体内产生的一些微量有机物玩的把戏。这些微量有机物质在植物的一定部位产生，而后输送到其他部位，对植物器官的形成和生理过程起着明显的调节、控制作用，进而影响物候期的早晚。这类微量生理活性物质称为植物激素。

达尔文的有趣实验 植物激素中发现最早的是生长素，它的研究开始于达尔文。1888年他为了研究光照对金丝雀（音 yi，艺）草幼苗胚芽鞘的影响，做了胚芽鞘向光性实验。在实验中发现，当草的胚芽鞘受到单侧光照射时，它就产生向光性弯曲；如切去胚芽鞘的尖端或在尖端套以锡箔小帽时，胚芽鞘就不出现向光性弯曲。草是一种单子叶的草本植物，其幼苗向光线方向弯曲时，感受光刺激的部位是胚芽鞘的顶端，而发生向光性弯曲的部位却是顶端下面的伸长区。根据这一实验，达尔文得出结论：胚芽鞘受到单侧光照射时，某种影响便从胚芽鞘的尖端传递到下面的部分，引起下面部分的弯曲反应。以后的一些研究证实了这种看法。

1928年，荷兰人温特用燕麦试验法首次取得了由胚芽鞘尖端产生的这种促进生长的化学物质。他把切下来的燕麦胚芽鞘尖端放在一块琼胶薄板上，经过几小时后再取走它们，把带有燕麦胚芽鞘尖端扩散物的琼胶板切成小块，放在去顶胚芽鞘的一边，也会引起去顶胚芽鞘向没有放琼胶小块的一边弯曲（如图 25）。

1934年，荷兰的郭葛等人在人尿中分离出一种叫吲哚乙酸的化合物，如将这种物质混入琼胶后，用于温特的燕麦试验法，也能引起去顶胚芽鞘的弯曲。许多人认为，这也就是温特分离出的生长促进物。不久，在植物中也发现了吲哚乙酸这种生长促进物，并称为生长素。从那时起，许多人做了大量研究，又陆续发现了几类植物激素。

到目前为止，已发现天然的植物激素有五大类：生长素类、赤霉素类、细胞分裂素类、脱落酸和乙烯。它们对发芽、开花、成熟、落叶、休眠等物候现象都有调节控制作用。除天然激素外，现在还制造出多种具有天然激素作用的合成化合物，为区别于前者，把它们称为生长调节剂。它们大部分在植物体内是不能合成的，只能通过人为办法强加给植物体，使它对物候现象产生人为影响。

生长素 目前在高等植物体内发现的天然生长素只有吲哚乙酸一种（IAA），而生长素的人工合成物却有萘乙酸甲酯、萘乙酸（NAA）、吲哚丁酸（IBA）、2,4-二氯苯氧乙酸（2,4-D）、增产灵（4-碘苯氧乙酸）等多种。它可抑制窖藏马铃薯的发芽，如把含 1% 的萘乙酸甲酯的粘土粉剂均匀地撒在块茎上，随后放回密闭的窖里，萘乙酸甲酯有挥发性，可以化为气体，进入芽内而起抑制作用。对柿树用 2,4-D 的 100ppm（百万分之一浓度为 1ppm）溶液喷洒，能延迟发芽。对苹果、梨等用 500ppm 的萘乙酸溶液喷洒，也能抑制发芽，可防止春季晚霜危害。

赤霉素 它是从赤霉菌的分泌物中提取出的一种结晶物质，是日本科学家于 1938 年发现的。我国常用的“920”是它的粗制品。现已发现，某些长

日照植物在短日照条件下，以及一些未经低温春化处理就不能开花的植物，是因为这些条件影响了植物赤霉素含量的缘故。如长日照植物菠菜，从短日照条件移入长日照条件，即可提高其赤霉素含量。经过低温春化处理过的植物，其赤霉素含量比未处理的同种植物要高。这些都说明，由于长日照或低温春化处理而引起的花芽形成和开花，是与内源赤霉素的形成有关。

赤霉素有代替低温的作用。有些二年生作物，如甘蓝、甜菜、萝卜等在正常情况下，第一年长出叶球或肉质根，经过冬季低温，第二年才抽苔开花。如果在它们生长的第一年不经过低温，而代之以赤霉素处理，第二年同样可开花结实。对于有些需要长日照才能开花的植物，赤霉素处理也有代替长日照的作用，现已查明有 16 属 39 种长日照植物，可在赤霉素的作用下诱导其花芽形成和开花，图26即为一例。

赤霉素还有打破休眠和促进发芽的作用。如桃树种子需要在 5℃ 左右低温的湿沙里埋 6 周，完成后熟作用后才能萌发。如果不这样，而采用 100ppm 赤霉素水溶液浸种 24 小时，约半个月后也能萌发。

微妙的细胞分裂素 细胞分裂素 对于莴苣、烟草、苍耳等种子的萌发有促进作用（见图 27）；它对休眠芽的萌发也有诱导作用，如葡萄的休眠芽，可在它的作用下加速萌发。它还能促进某些植物的花芽形成和开花，利用它处理短日照植物——紫苏属和黎属，能使它们在长日照条件下开花；反之，长日照植物，如柳叶蒲公英利用它处理，也能在短日照条件下开花。它还有延缓组织衰老的作用，如将一片摘下的烟草叶，一半涂以细胞分裂素，一半涂水作为对照，几天以后，涂水的一半变黄衰老，而涂细胞分裂素的一半则保持鲜绿；如果把细胞分裂素直接施在叶的适当部位，叶的脱落会推迟。

脱落酸——落叶剂和休眠素 脱落酸的纯结晶，最初是

从棉花、槭树、豌豆等植物中提取出来的。植物器官的脱落，是环境条件和植物内部变化引起的，如秋末冬初，日长变短，气温下降，在落叶树的树叶里产生脱落酸，促进离层发生而引起器官脱落，脱落酸运输到芽里，则抑制芽的生长而进入休眠。入春后，休眠芽里的脱落酸逐渐转化，含量显著下降，与此同时生长素含量增多，植物萌发、生长。由于脱落酸的发现，可以人为促进植物落叶，调节植物营养器官和生殖器官的生长，这样处理既提高产量也利于机械收割；或用它诱导植物的休眠，而植物的休眠能提高它的耐寒性，有利于越冬；还可以用它抑制树木的发芽（见图 28），避免晚霜的伤害。

乙烯——成熟激素 我国劳动人民很早就知道，为了促进青而涩的果实成熟，最好把它密封在米缸里。这是因为正在成熟的果实释放出来的乙烯可以加速自身的成熟，而在密封条件下，释放的气体可积累起来，更加强了催熟效果，所以乙烯是一种“成熟激素”。现在知道，它几乎对所有果实，如柑桔、梨、桃、香蕉、柿子、西红柿、辣椒、西瓜等都有催熟作用。乙烯是气体，应用不便，实际使用中是以液体状态的乙烯利作为乙烯的释放剂的。不过，只有果实发育到足够大小时，外施乙烯利才有可能加速成熟过程。

人控花期巧夺天工

牡丹仙子的传说 传说唐朝女皇帝武则天有次巡游御花园时，一时心血来潮，下令要百花同时开放。皇帝的话是所谓“金科玉律”，第二天御花园中果真是百花齐放，但唯有牡丹仙子不屈服于武氏的淫威，就是不放。武则天看了十分生气，盛怒之下，把它贬到洛阳。它在洛阳反而花繁色艳，十分诱人。在当时这只是人们有意编造出来讽刺武则天的神话。然而在科技高度发展的今天，人们掌握了物候变化的规律性，已能控制花卉的开放期，创造出神话般的奇迹来。

看！“十一”的北京，鲜花盛开，万紫千红，人们沉浸在节日的欢乐之中，就连当时不能开放的花卉，也应时盛放，更增添了节日的喜庆色彩。这就是园林工作者经过科学实验创造出的“花期控制”的成果，也是人控花期的一个应用。

人控花期的原理 环境条件是影响植物开花早迟的主要因子。植物一生要经历几个发育阶段，如春化阶段、光照阶段等，只有通过阶段发育才能开花。例如，二年生的花卉在春季播种，因为错过了接受冬季低温的时机，无法再通过春化阶段，即使枝繁叶茂也不能开花。光照阶段也是如此，在春末和夏季长日照条件下，短日照植物（如菊）只是生长而不开花。

温带地区生长的植物，在环境不利的季节都要休眠。一旦环境适宜时，植物就迅速解除休眠而继续生长，如果提前解除休眠就可提前开花。

通过阶段发育或者在解除休眠后，如果要使其正常开花，还需要给予适宜的温度、光照、水分等环境条件，满足有关条件，就能在预期的时间内开花。所谓“花期控制”就是对不同花卉生长发育所需条件，逐次加以分析研究，摸出它开花对各种因素需求的规律，然后通过人工控制方法，改变其自然条件下的生长状态，使它在我们需要的时间开花。现举几例说明：

温度控制巧又当，桂花国庆飘芳香 诗云“八月中秋桂花香”（图 29），这是指桂花的自然花期而言，如何打破常规，使它正好在国庆期间开放呢？经试验证明，影响桂花开花的主要因素是温度。当由炎夏转入秋凉以后，桂花的花芽就萌动、膨大，当日最低气温降低到 17℃ 以下时，桂花就要开放。若要桂花提前开放，可把它放入冷室，用降温法促进桂花花芽的活动和膨大，达到提早开花的效果。若要它推迟开花，就必须提高桂花所处的环境温度，使花前成熟状态受到阻碍，抑制花芽的活动和膨大，达到花期后移。在北京其具体

做法是：8 月上旬当花蕾苞壳裂开时，就将桂花放进温室内，夜间关好门窗，保持气温在 17℃ 以上，并注意浇水。因为桂花的花芽分化需要一定时间才能完成，所以在国庆前 14 天就必须把它搬出温室。由于室外气温低，满足了花蕾萌动对温度的要求，花蕾迅速膨大，两周以后，层层花开，香飘满园，正好迎接国庆。

日照缩短促发育，一品红开迎“十、一” 一品红、菊花等都可以利用短日照控制花期。一品红的花冠是由枝端苞叶组成，每年十二月中旬枝端苞叶开始变为鲜红，色泽美丽，花期可持续至来年 2 月。为了使它提前到国庆开放，应当在二月份以后，选生长健壮的植株，剪去枝条，让老枝重新抽芽，立夏前后用配好的肥土换

盆。5, 6, 7月连续施肥三次, 并整形, 使它正常发育。8月1日开始每天进行短日照处理, 由下午5点起至第二天上午8点止, 每天的日照时间控制在9—10小时。短日照处理约50—56天以后(图30), 花冠则成鲜红; 可赶上节日展出。

强修重剪迟发棵, 千花葵国庆盛开 用管理措施控制生长的办法, 达到控制花期的有千花葵、荷兰菊等。可于每年“五一”前后把去年储藏的千花葵宿根种到配好肥料的盆里, 平时适当浇水, 半个月松一次土。以后进行三次修剪: 第一次6月1日进行, 将10厘米高以上部分全部剪去, 并抹去下部小芽, 使之通风透光; 7月1日进行第二次修剪, 将10—15厘米高以上剪去, 抹去下部小芽和弱枝; 8月1日进行第三次修剪。每次修剪后应辅以肥水管理。8月5日和9月15日还要注意转动花盆, 将盆眼下的根切断。经过这样的管理以后, 千花葵能按时于9月25日开放, 10月1日开齐。

夏季巧用“920”, 二月山茶国庆开 这是首先在上海试验成功的。在上海, 山茶作为盆花栽培, 冬季入低温室, 花期在1—3月, 2月份为盛花期。花后萌发新枝, 5月初即停止伸长, 于枝顶及枝上部的叶腋内形成新芽, 以后顶芽逐

渐分化为花芽。山茶春季停止生长早, 花芽形成也早, 如果使它国庆开放, 可用“920”处理。步骤是: 首先使花后抽生的嫩枝及早充实成熟, 及早停止生长; 第二步是在7月份或8月初用500—1000ppm的“920”涂花蕾, 每3天一次, 花蕾很快膨大。在9月份视花蕾肥大情况, 如预计达不到要求时, 可增加用激素的次数(每日一次), 并伴以喷水、追薄肥, 则花蕾会快速长大, 而提早在9月下旬至11月开花。

通过以上四个例子, 可概括出物候的又一特点——物候期的可调节性。目前物候观测网观测的资料, 主要是用来编自然历和指示季节的, 应有一定的地区代表性和能反映大自然的变化, 这就是观测中要尽量选自然生长和人为影响小的植株的道理。

霜叶红于二月花的奥秘

远上寒山石径斜，
白云生处有人家。
停车坐爱枫林晚，
霜叶红于二月花。

唐·杜牧

这首诗写出秋天的景色，清旷爽朗，非常诱人。诗的最后一句“霜叶红于二月花”，描写了秋天的物候，是脍炙人口的警句。北京的香山，南京栖霞山就有这类名胜（图 32）。深秋季节，层林尽染，漫山红遍，灿如朝霞，令人心旷神怡，流连忘返。当你漫步霜林时，也许会问，为什么秋天有些树叶会变黄，有些树叶会变红呢？

原来在树叶里，除含有绿色的叶绿素外，还有黄色的叶黄素或是能显示红色的花青素。气候暖和的季节，叶绿素大量生成，其它色素生成得少，所以树叶呈绿色。进入秋季，日长变短，气温降低，叶子里合成叶绿素的速度减慢或停止，而叶绿素的破坏作用却在加速进行，当叶绿素消失时，剩下黄的色素——胡萝卜素和叶黄素就变得明显起来，如杨树、白蜡、桦树等就是这样；另一些树种的叶子，如山毛榉显示出金黄色，是因为在它的细胞中除黄的色素外，尚有一种褐的色素存在（一般认为是单宁）的缘故；还有一些树种的叶子，如黄栌（香山红叶为这种叶子）、枫、槭、乌桕呈现红色或紫红色的色彩，这是因为在它们叶细胞中含有较多的花青素。在深秋的低温下，加上晴朗干燥的天气，更有利于花青素的形成，所以深秋的红叶是“霜重色愈浓”。叶变色是秋天的信号。

不仅是树叶，花朵所以呈现五颜六色也是由于细胞液里存在着色素的缘故。红色的花，细胞液里含有花青素，它在酸性时呈红色，碱性时呈蓝色，中性时则呈紫色。黄色和橙色的花，细胞里含有胡萝卜素。白色的花，花瓣里充满了气泡，细胞里没有色素。各种花含有的色素因酸、碱浓度以及温度、养料、水分等条件的不同而发生变化，所以花色有深浅浓淡。有的还会变色，如牡丹中叫“娇容三变”的品种，初开时为青色，后转为粉色，盛开时为淡红，近谢时又变白。根据这些，还可区别开花的始期，盛期和末期。

候鸟何以能千里迢迢识归途

候鸟能不远万里，每年一次的往返于两地，如燕子，每年秋天要跨洋过海去南洋避寒，春天又重返故土。有些候鸟识别方向的能力更是惊人，如极燕鸥（一种体长 35 厘米左右的中型鸟类），要完成从北极到南极的约 17000 公里的飞行、中间有很大距离是茫茫的大洋。又如从阿拉斯加向夏威夷群岛迁徙的鹈类，在海洋上空要飞行 3000 公里以上的路程。还有一种类似鹈类的小鸟，它们在日本营巢，而在澳洲东部越冬，在大洋上空要飞行 5000 公里，并且有很大旅程是夜间飞行的，但它们并未迷失方向。那么候鸟何以能千里迢迢识归途的呢？

一种是按地貌特征定向的，对鸟类迁徙途经的研究表明，飞行的鸟类能够利用地貌特征，如河流、山脉、海岸、湖泊、岛屿和森林等，作为“方向标”。鸟类以其特别发达的“视觉分析器”，视地形的凹凸特征来选择飞行方向，完成定向迁徙。

还有以磁感应定向。早在 1885 年俄国科学家就提出一个所谓“磁性理论”或“地球磁性作用假说”，试图解释鸟类的定向机制。他假定鸟类具有特殊的“磁感应”，这种感应能力使鸟类能循着磁子午线方向飞行。美国物理学家耶格里，把铁片固定在鸟的翅膀上，以便干扰所假想的“磁感应”，结果认为，有些鸟类是由于有磁感应能力而确定飞行方向的。

另外，有些候鸟则是白天以太阳，晚上以星宿位置来导航的。如莺类是进行夜间迁徙的鸟类，把它在有星星的天空映象之天象馆里放出后，莺类很快便选择了“既定”的飞行方向。星位排列的改变，会把它们引入迷途。

现代航空技术的发展，发明了许多复杂的航天仪表，其中有种叫“极化天文罗盘”的仪表，甚至在太阳离开地平线之后，也能根据太阳而自动地测定飞机航向，这是借助于接收太阳偏振光的特殊光电管完成的，于是有人推想，是否鸟类视觉器官也具有接收偏振光的能力。纽约州立大学的艾布尔教授做实验，证实了这个假说：在黄昏时监测具有迁徙定向候鸟的齐足跳动的情况，他把每 10 只为一组的两组白喉雀放在一个圆形笼子里，并在吸墨水纸上，把这些鸟的齐足跳动记录为墨水足印。他让鸟能够看见天空，但地面上任何物体都是不可见的，所有笼子上都安装一个线性二色性选光镜，以便使光偏振。他让这两组鸟受到同一颜色和同一光强度图象的影响，唯一差别是对偏振作 90 度改变。这两组鸟由于偏振光波 90 度的差别而出现相互成直角的齐足跳动。因此证明白喉雀是靠偏振光来定向的。

还有一个重要问题，就是候鸟为什么要每年作长距离迁徙呢？据鸟类专家分析，其主要原因有三个：

历史因素：在第四纪冰川时代，地球上气候转冷了。在北半球，冰川向南方推进，特别是在冬季，气候非常寒冷，所有的昆虫和植物都被冻死了，鸟类无法找到食物和生存条件，被迫远离故土，迁向温暖的南方。到夏天，冰消雪融，许多鸟类仍“留恋”故乡，因而又飞回北方，这样长期迁徙便成为候鸟周期性迁徙的习性。

环境条件：鸟类的迁徙，还受到各种环境条件变化的影响。每当冬季，繁殖地区气温下降，日照缩短，食物减少，对鸟类生活带来不利时，它们就结伴飞往温暖的南方去越冬。但是越冬地区不适于营巢、育雏，于是到翌年春天，它们又迁回故乡繁殖，如燕、雁、野鸭等都是这样。

生理刺激：一些鸟类的迁徙，在很大程度上与鸟类体内分泌腺的活动有关。在春天，由于外界环境条件（如光照、温度）的影响，引起体内分泌腺（如脑垂体、生殖腺等）的活动，分泌出激素，刺激鸟体的有关部分，使鸟类产生了传种的要求，于是它们就北迁进行繁殖。加拿大的洛文教授，曾花费 20 多年工夫证明了这一点。1924 年秋，他把一种乌鸦似的候鸟在秋天南回时，网罗了若干只。把一部分鸦放在寻常环境里，这时冬季将临，昼长一天天变短，而把另一部分鸦用日光灯来延长昼长，人为地把白昼一天天地延长。到了 12 月间，前一部分的鸦类很安静，而后一部分的鸦类，都大有春意，不但歌唱起来，而且内部生殖腺都发展到春天模样。这时把它们放出来，凡是经过日光灯照过的统向西北飞去，好象春天候鸟一样，虽然这时气温在零下 20 度。而未经日光灯照射过的则大部分留在原地。上述事实也说明，引起鸟类迁徙的外因和内因，是有着密切联系和相互影响的。

迁徙是候鸟对外界季节变化的一种适应，所以用候鸟迁飞这种物候现象来指示季节是有一定科学根据的。

六 物候在农时预报中的应用

在农业上，播种、放牧、放蜂、采茶、养蚕、防治作物病虫害等农事活动的时间就是农时。农事活动要适时，我国劳动人民很早就认识这一点，《吕氏春秋·审时》篇开头就说：“凡农之道，候之为宝”，并指出，种庄稼如果不适时，将会产生许多不良后果。“农”字的古体写法𡇗、𡇘、農等的下半部都是个“辰”字，据《说文解字》上解释，“辰”就是“时”的意思。农谚说得好“人误地一时，地误人一年”。这些充分说明，掌握农事是农业成败的关键之一。

以物候报农时，仍是目前农村的主要农时预报方法。根据自然物候现象来指示和预报农事活动，就是物候报农时方法。它有两种形式：

一种是群众经验性的。主要以农谚形式存在，它自古至今经过了几千年的历史考验，目前仍在流传和应用着。如贵阳地区冬小麦播种的农谚是：“过了九月九（阴历），下种要跟菊花走”，黄河下游有“枣芽发，种棉花”，北京地区有“山桃花谢、杏花开，种早棉花”等。其特点是它有群众基础，使用方便。但随着科学种田水平的不断提高，如推广多熟制，变换品种、旱改水等，许多老的经验已不适用，因此需对农谚作进一步的总结和提高。

另一种是物候统计法。它实际上包括两部分，一是把进行某种农事活动的时间或指标与物候资料进行对比分析，找出相应的物候指标；二是对指标物候现象进行预报。预报公式为：

$$D = A_1 + (I - A)$$

式中，D 为要预报物候现象的日期，也就是指示物候现象的出现日期；I 为指示物候现象的多年平均日期；A 为指示物候现象以前某一现象的多年平均日期； A_1 为指示物候现象以前某一物候现象在当年出现日期。

它实际上是根据当年要预报现象的前面一些物候现象出现的早迟来作预报的，是建立在物候现象出现的顺序性和同步性基础上的。如在北京，要预报当年小麦开始拔节的日期：根据过去物候资料知道，小麦拔节的指示物候现象是紫丁香始花，那么可根据它的前一物候现象——杏树始花，报紫丁香始花日期。若已知杏树始花和紫丁香始花的多年平均日期分别为 4 月 4 日和 4 月 15 日，那么它们的平均差值是 11 天。预报年已观测到杏树始花期是 4 月 1 日，可以预报紫丁香始花期是 4 月 12 日（4 月 1 日加 11 天）。

可以看出物候报农时的核心是确定农事活动的指示物候现象。当然对不同的对象有不同的作法和要求，下面将结合一些实际问题作进一步说明。

适时播种和除草的物候指标

适时播种 在作物播种上怎么就叫适时呢？有两个标准：一是在季节紧的地方要求能适当的提早，且还要安全；另一是，在那个时期播种的产量能达最高。

我国地少人多，推广多熟制、提高复种指数仍然是农业发展的方向之一。如原一熟制地区，要尽可能采用晚熟品种；二年三熟区，则要争取一年两熟；单、双季稻过渡区要争取种双季稻。因此各地季节紧的矛盾突出了，秋季有可能遭受秋霜危害而减产。为了改变秋季的被动局面，春季就应当提早，平常说的“秋霜春防”就是这个意思，第一个标准就是针对这些情况说的。

播种一定要达到某界限温度以上，才能保证出苗和安全。如水稻必须日平均气温大于 10℃，棉花必须地温高于 12℃ 等。而春季的一些物候现象能很好地反映某一界限温度的出现，那么就可把这些物候现象作为该作物播种期指标，达到既早且稳。例如，位于黑龙江省小兴安岭西南坡上的襄河农场，种大豆季节较紧，播早了容易烂种，造成缺苗，播晚了又浪费有效积温，使大豆不能正常成熟而减产。试验证明，日平均气温稳定通过 5℃ 开始播种大豆较为适宜。通过与物候资料的对比分析看出，落叶松叶芽开放期相当于气温稳定通过 5℃ 的初日，因此采用落叶松叶芽开放作为大豆的适播期指标。用物候指标比用温度指标简单、直观而且可靠。因为春季气温是波浪式上升的，回暖过程有一定反复，从逐日气温上不容易确定某界限温度是否稳定地通过。如襄河 1978 年 4 月 11 日至 4 月 29 日，一直是气温较高，日平均气温达到 7.8℃，似乎能播了，但是从 4 月 30 日至 5 月 4 日来了一次寒潮，日平均气温降至 2.7℃，还出现了霜冻。而从物候上看，尽管前段时间较暖，但还没有达到一定的累积值，落叶松迟迟不发芽，而过了这次低温过程，经过回暖，当达到一定积温时，于 5 月 7 日落叶松的叶芽开放，以后气温都高于 5℃ 了，此时种下的大豆是安全的。

还可运用前期物候资料，做播种期的预报。例如大豆的播种，由多年物候资料查出，落叶松前一个发育期，即芽膨大期，它到叶芽开放期平均间隔为 10 天；则在前一发育期——芽膨大出现期，加上 10 天，即为要预报的大豆播种期。

对于第二种要求，适用于一般季节要求不是太紧的作物。这里可按不同物候现象做分期播种试验，产量高的播期所对应的物候现象，就是该作物的适播期指标。还是以大豆为例，在牡丹江市东郊，按自然物候现象进行大豆分期播种，在其他条件相同的情况下，不同播期的产量悬殊。在落叶松叶芽开放期播的，平均亩产为 431 斤，而截叶榆叶梅始花期播的为 278 斤，茶条槭始花期播的为 198 斤，早晚相差一个月，亩产相差一半。所以可选定落叶松叶芽开放作为大豆适播期指标。

为什么按这个指标播种的能高产呢？这可从大豆的生物学特性和当地气候特点上找到根据。若大豆播期早于落叶松叶芽开放期，并不会因播种早而提前出苗，相反早了常会遇到低温冷害，出苗率不高，造成缺苗断垄，且后期植株易倒伏，秋季遇雨，豆荚易霉烂变质，使产量、质量下降。大豆萌发的主要条件是水分和温度，萌发期需要吸收相当于自重的 120% 的水分，而落叶松叶芽开放时，土壤含水量高，能满足大豆的这一生理需要，出苗率较高。大豆在落叶松叶芽开放时播下，到杏花落时破土出苗，苗期气候的变化

是日照变长，春风大，空气湿度变小，土壤湿度逐日降低，这有利于蹲苗，扎根深。以后遇雨生长迅速，能提高降水利用率，进入生殖期正值雨季，符合“大豆开花，垄沟摸虾”的特性，到霜前能自然成熟。因此，在落叶松叶芽开放时播种，大豆的全生育期都处在较适宜的条件下，所以能优质高产。如果播期推迟或提前，那么它的各生育期都错过了适宜的温度、水分、光周期条件，故产量低、品质差。

适时除草 除草是一项重要的田间管理措施，要想取得良好效果，也必须适时。

采用人工除草法，最好在杂草种籽散落前进行。如果对主要杂草的结籽期进行观测，做出除草日程表，并及时进行，就能作到斩草除根。

若使用除草剂，就更用得上物候知识了。目前的除草剂有两大类：选择性的和灭生性的。前者的特点是“敌我分明”，只杀杂草，不伤庄稼，如 2,4-D 等；后者的特点是“敌我不分”，没有挑选和鉴别能力，必须在作物出苗前使用，施药后可先杀死杂草，药很快分解，后来出的苗或移栽的作物，也就不会被伤害了。当然这两类型除草剂的界限不是绝对的，例如，原属于灭生性的五氯酚钠，要是使用得当，可变为选择性的；原属选择性的除草剂，如果使用时期不当或者浓度过大，也会变为灭生性的。为了绝对安全，最好都在苗前使用。

我国东北地区的一些国营农场近几年来是采用氟乐灵、拉索、利谷隆、百草枯等作大豆苗前除草剂的。拉索在播种前杂草萌芽后喷药；利谷隆可于大豆播种后出苗前 3—5 天应用；百草枯则在大豆播种后出苗前、野燕麦达到 2—3 叶期间用，此时的除草效果最佳。施药最好的火候如何掌握呢？通过观测发现，蒲公英的始花期比大豆出苗期提前 7 天左右，此时正是大豆苗前施药灭草的好时机，并可有 3—4 天的机动时间供人们掌握（即看天气用药，在喷药前后降雨有利于药效的发挥，而大风天喷药药效差）。这里蒲公英始花只是使用除草剂的一个指标，还可通过对蒲公英始花期预报，进而做出喷药期预报。

养蜂放牧中的物候应用

养蜂业被称为“甜蜜的事业”，它不仅能提供大量的蜂蜜，而且能为作物传粉，后者创造的间接价值要超过直接价值的许多倍。我国是世界上的重要产蜜国，年产量达十一万吨（1981年统计数），成为国家的重要出口物资之一。物候是能为养蜂业的发展作出自己贡献的。

根据养蜂月历，适时采取相应管理措施蜜蜂的生活和活动也有明显的季节变化，这些又和物候现象有着一定的相关性。山东的王春煦同志根据这样的原理，用物候资料以及对意大利蜂的放养实践，参照他对蜂群习性的多年观察资料，制成了养蜂月历，根据指示物候现象的出现，对蜂群采用相应的管理措施：如垂柳芽萌动、枝条发青时，蜜蜂将要飞翔排粪，要进行箱脾消毒；榆树开花吐粉时，是进行奖励饲养的适宜时期；当泡桐开花时，就要准备组织刺槐花期的采蜜群，到了刺槐开花，即组织蜂群采蜜、造脾，开始养王；枣树始花时，组织强壮蜂群转地放蜂，采枣花蜜等。由于蜜蜂的品种不同，其生物学特性也不一样，所以对蜂群管理所用的物候指标也不能千篇一律。

根据蜜源植物的物候规律组织放蜂 花蜜是蜜蜂的粮食，作好蜜源植物开花流蜜期的预报，是蜂蜜高产的重要保证之一。植物开花流蜜期的预报，是根据物候现象变化的顺序性、同步性，由其他物候现象与蜜源植物开花流蜜期的关系做出的。每年北方的蜂群都要到南方越冬，春夏季又由南方向北方追踪蜜源，这称为放蜂（又叫转地饲养）。放蜂可以获得丰富的蜂产品和能更广泛地为农作物授粉。根据蜜源植物的开花分布资料能做出合理的转地饲养计划。

植物的开花流蜜量是多种因素决定的。如，植物的长势决定它的流蜜量，一般长势不良的植物，流蜜量不多；木本植物中的中、壮年树流蜜量多，幼年树流蜜量少；植物的花期又各年有异，干旱高温年花期提前，阴雨低温年花期推迟；瘦弱的植株开花要早些，长势较好的开花要晚些；不同植物历年流蜜情况也有差异，如紫云英、油菜是年年有蜜，荔枝、龙眼、椴树则有大小年；有些植物在南、北方流蜜的情况也不同，如长江以北的荞麦就比长江以南的流蜜好，生长在南方和华北的椴树就不流蜜等。所以只有做好蜜源植物的种类、面积、花期的调查和预测，才能确定恰当的放蜂路线、地点和时间，在放蜂中做到各种蜜源植物的花期互相衔接。对放蜂中各地蜜源植物的花期预报，可以重点做好一地或几地的，其他地方可以根据重点地区的预报，按开花期随经纬度和高度的变化规律外推。蜜源植物是受气候影响的，而气候的年际波动一般是大范围的，所以在放蜂路线上，平常年份花期能衔接上的；在异常年份，花期虽有变化，但由于各地的变化是同步的，花期还是能衔接上的。

我国土地辽阔，蜜源植物的种类繁多，花期交错，四季不断。如华南地区的油菜、紫云英和荔枝；长江中下游地区的油菜、紫云英和苕子；华北地区的刺槐、枣树和荆条，东北地区椴树、油菜、向日葵和荞麦等，这些地区的主要蜜源植物的花期，都可以互相衔接，为转地饲养提供了极为有利的条件。如果根据上述物候原理，进行蜜蜂管理和组织放蜂，可降低成本和大大提高蜂蜜产量。

物候在放牧上的应用也是很广泛的。

根据牧草物候进行牧场管理 牧草，在它的不同物候期中，其营养水平、产量都是不同的。在不同季节放牧（利用牧草），后果也完全不同。利用合理，草场会越来越越好；利用不合理，会引起草场退化。所以放牧的季节性问题，就是牧草的物候问题，在牧区做好牧草的物候观测和资料利用是十分必要的。

牧场从适宜开始放牧到适宜结束放牧的这段时期叫做牧场的放牧时期或放牧季，在这期间放牧，对牧场的损害最少而受益最多。所谓适宜是指草场而言，不是针对家畜来说的。那么什么时间适宜于开始放牧呢？这应该根据各类牧草的物候期来掌握：以禾本科牧草为主的牧场，应在禾本科牧草开始抽茎时放牧；以豆科和杂草为主的牧场，应在腋芽（或侧枝）发生时放牧；以莎草科为主的牧场，应在分蘖停止或叶片生长到成熟大小时放牧。

放牧太早或太晚其害处都很多。放牧过早，降低了牧草的产量，使植被的成分变坏。因为早春的牧草刚萌芽，它还不能自己制造养料，只能利用去年入冬以前贮存于根部的和越冬芽里的养料。如果这时放牧，就会使所贮存的有限养料消耗，影响放牧后牧草的再生性，这就降低了产量。特别是许多萌芽较早的优良牧草，首先被家畜吃掉，这样一年年下去，优良牧草会减少，次的杂草会增多，草场质量会变坏。放牧过迟，则牧草粗老，使适口性和营养价值都降低。

那么什么时间宜结束放牧呢？经试验证明，在生长季结束（黄枯期）前30天停止放牧较为适宜。停止放牧时间也不宜过早或过迟。过早，将造成牧草的浪费；过迟，则多年生牧草没有足够贮藏养料的时间，不利于越冬和明春萌芽、长叶的需要，会影响第二年的牧草产量。

草原的多年生牧草在每次放牧后，依靠根中贮藏的营养物质和残株的光合作用制造营养物质，使生长点未受损伤的残枝、分蘖节和茎上的芽长出新枝，这种能力称为再生力。牧草的再生力在抽穗到开花前和温暖湿润的环境下较强，因而这时可以多次放牧，不过也不宜过度。

我国牧区，家畜多是全年放牧或一年中大部分时间放牧的。在一般条件下，虽然牧民不能按理想的时期来安排放牧，但是如果知道了如何来避免或弥补这些损失，可以为草原的合理利用和培育规划提供依据。

根据牧草物候决定割草期 为了保证天寒草枯的冬、春季有足够的补充牧草，要从草场割草贮藏。割草时间是否适当，对于干草、青贮的品质、产量和以后的牧草生产有很大关系。割草期一般应按牧草的物候期来掌握：对于禾本科牧草占优势的草场，应在抽穗期割；对豆科和其他双子叶牧草占优势的草场，应在开花期割。按上述物候期适时割草，牧草的产量、蛋白质含量和消化率最高。如果迟于这个时期，蛋白质的含量降低，粗纤维增加，牧草的消化率也因此而大大下降。

从牧草的生长发育阶段来看，合适的割草持续时期（即抽穗至开花延续的时间）只有10天左右，因此对割草工作要抓紧。在有些进行两次割草的地方，要保证第二次再生草在寒冷来临前有30天左右的生长时期。

随着人民生活的改善和提高，畜牧业将会有大的发展。据分析，我国畜牧业潜力最大的地方是热带、亚热带的草山、草坡。所以用物候来指示牧草利用季节，不能认为仅是内蒙古、西北各省区草原上的事情，而是有全国意义的重要农时之一。

养蚕栽桑采茶与物候

养蚕 我国的养蚕业已有三千多年的历史，目前仍是世界上的主要产丝国。养蚕还是江、浙、四川、广东等省农村的重要副业。

养蚕中的催青又叫暖种，即把已经活化的蚕卵，保护在适宜的环境条件下，使胚子正常发育，直至孵化。由于蚕卵在孵化前一天颜色发青，因此称为催青。养蚕上的适时催青与种田上的适时播种一样，要不违农时。选择催青时间的原则是使桑叶的老嫩与蚕的生长发育相适应，从而使各龄蚕都能吃到成熟度适当的桑叶。桑叶发芽的迟早因品种而不同，早生桑发芽早，故有早生桑的地区，催青可以适当提早；只有中、晚生桑的地区，催青宜稍迟。一般以湖桑开放2—4叶时为催青适期。催青过早还会由于早采叶而使桑叶的产量降低；催青过迟，又会使蚕茧在五龄期及簇中容易遭受高温袭击和多蝇害，到养蚕后期，往往与农忙发生矛盾，增加了劳力调度的困难。对于桑树，也会因夏伐推迟，影响秋叶及明春桑叶的产量。

栽桑 桑树的播种、移栽期最好根据桑树本身的物候期来掌握。桑树的播种，一般分春播、夏播两种，个别地方还有秋播。春播一般在桑树展叶4—5片时开始；夏播在5—6月进行，这时正是桑椹成熟季节，可以边采种边播种，这样桑子不必贮藏，发芽率也高；广东桑椹一年两熟，8、9月间第二次采种后，可以进行秋播。桑树的移栽，最好在落叶后至明春发芽前进行，桑苗落叶后到土壤封冻前移栽的为秋冬栽，土壤解冻后到桑苗发芽前栽植的称春栽，此时桑苗处于休眠阶段，体内贮藏的养分多，蒸腾少，所以成活率高。

采茶 采茶生产的季节性特别强，农谚说：“茶过一夜粗”，“前三天是宝，后三天是草”，如何根据茶树的物候特点，抓住季节及时采和调节采摘高峰是十分重要的问题。

茶树具有采期长，可以多年、多季和多批采收的特点。每季每批的采收都要环环扣紧，不失时机的抓住季节的生长情况，按标准及时采下，若一批、一季不注意，会影响全局，特别是春季开采的迟早影响更大。新梢萌发后，随着时间的推移渐趋老熟，如不及时采摘，茶叶的品质会明显下降；同时茶树有早采早发的特性，在茶树生长季节，它具有连续不断地形成新梢的能力，及时采下芽叶，就加强了腋芽和潜伏芽的萌发，从而能够促进新梢轮次增加，减少采摘的间隔时间，并能提高全年的芽叶产量和质量。所以做好预报，抓住季节及时采是与时间争产量、争质量的重要一环。

在茶园中，根据茶树发芽的物候期，进行早、中、迟品种搭配，能错开采摘期，避免高峰期过分集中，提高产量、质量和经济效益。

还可以根据茶树的物候期，指导茶园农事的适时进行。例如，茶树的适宜修剪期是在茶树叶芽尚未萌动前；在鱼叶展叶期施用速效氮肥，能提高肥效等。因此，正确掌握茶树发芽长叶的物候期，指导茶叶生产，也是实现茶叶高产稳产的措施之一。

作物害虫防治的物候方法

虫害每年要糟蹋大量粮食，因此大家把与虫害的斗争叫做“从虫口夺粮”。在与虫害的斗争中，物候可以在两方面作出贡献：一是根据物候现象做害虫危害期预报，二是利用作物和虫害的物候规律来进行防治。

利用物候做害虫危害期预报 近年来河南省方城县和江苏省盐城县秦南中学分别根据一些指示物候现象，做了地老虎、水稻二化螟、粘虫等的发生期预报，效果都较好，基本上控制了虫害，并促进了农业生产。现在物候方法已正式成为植保部门预报虫害的一个常规方法。

有些物候现象总是和某些害虫发生期同时出现，因此可把这些物候现象作为害虫发生期的指示物。近年来经进一步分析发现，害虫的出现期与物候现象的对应关系还可细分为两种情况：直接因果关系和间接统计关系。

直接因果关系是指害虫的出现与某种物候现象之间存在着生物学、生理学上的直接联系。例如，第二代棉铃虫的产卵始期总是和棉花的孕蕾始期相吻合，这是因为棉花腺毛分泌物中含有草酸和蚁酸，能引诱棉铃虫来产卵。棉花腺毛只是在孕蕾时才开始活动和分泌草酸和蚁酸，两者在生理上形成了物候联系。又如，梨实蜂成虫的羽化盛期正值梨树的开花盛期，这是因为梨实蜂只能产卵在梨花花萼组织内，两者经过长期的适应，产生了生物学上的联系。上述事实说明，凡是害虫与寄主植物间有直接因果关系的物候联系，都是物种在长期演化过程中，相互适应形成的，具有遗传性。因此以寄主植物的某一物候期为指标来指示害虫的发生期是相当准确的。

间接统计关系是指害虫的出现和其他物候现象之间有统计相关性。因此可以把这些物候现象作为害虫发生期的指标。农村有许多这样的预报虫害的群众经验，如：

指示小地老虎的发生期：“迎春花开，杨柳吐絮，小地老虎成虫出现”，“桃花一片红，发蛾到高峰；榆钱落，幼虫多”。（河南）

指示棉蚜的迁飞期：“花椒发芽，棉蚜孵化；芦苇起锥，向棉田迁飞”，“柳絮遍地扬花，棉蚜长翅搬家”。（河南）

指示粘虫发生期：“迎春花始花，成虫进入发蛾始期；菜花黄，粘虫成虫进入发蛾高峰期，刺槐始花，粘虫进入危害期”。（盐城）

指示螟虫的发育和危害期：“蝌蚪见、桃花开，是二化螟越冬幼虫始蛹期；油桐花开，燕南来，是化蛹盛期；小旋花抽藤是越冬代成虫盛发期，小旋花果熟为第一代成虫盛发期，马齿苋终花为第二代成虫盛发期”。（湘西）

间接的物候联系有一定的偶然性，一定要有多年的物候与虫害的平行观测资料进行对比分析，或把群众经验经过验证后才能应用。另外，由于物种间的物候联系具有严格的地区性，因而不可机械地搬用外地的预报经验。

利用物候知识进行虫害防治 在同一地区，不同品种的寄主植物的物候期，可能有很大差别。同一品种在不同地区，与危害该作物害虫发生期的关系也不完全一样。由于作物生育期与害虫的危害期不相符合或完全不符合的缘故，可以表现出不同的被害程度。因此可以通过改变农作物的播种期、收获期，以及针对害虫的某些生活习性，采用一些技术措施而达到防治目的。例如，在内蒙古的河套地区，适当的提早小麦播种期，可显著减轻麦秆蝇的危害，而且播种愈早，受害愈轻。其原因是小麦苗期易遭受麦秆蝇侵害，而提早播种使苗期避过了成虫的产卵盛期，在生长后期即使受害，其程度也要

轻得多。适当的延迟作物的播种期，对某些害虫来说，也可收到同样的防治效果。如冀东一带适当延迟春麦的播种期，可以避免麦摇蚊幼虫的大量危害。

自然历

如果把一地的自然物候、作物物候、害虫发生期和农事活动的多年观测资料，进行整理，然后按出现日期的先后排列成表，这就是该地的自然历，也有人叫它物候历或农事历的，形式如表 9。它体现了物候现象出现的顺序性和相关性，是进行农时预报的重要工具和基础资料。

制表时要把自然物候与作物、害虫物候分开（果树物候可列入自然物候栏），其原因如下：一是因为自然物候主要受气候影响，而作物生育期等除受气候影响外，还有人为影响，二者有差别；二是作物生育期和农事活动等是要用自然物候来指示和预报的，前者是指示者，后者是被指示者，二者应当分开；三是自然历是要不断修正的，对于自然物候，主要是增加观测资料的年代，重新计算平均值，而作物物候则可能因引进新品种或因耕作制度的改变，需随时作变动，而且同一作物的不同品种的资料是不宜作平均的。所以把作物、害虫的物候以及农事活动单独列成一行，应用起来比较方便。

农、林、牧、副、渔的许多项目都可编入自然历，但应根据需要有所侧重。如在农区，应把各种作物的发育期以及相应的农事活动编详细些；在牧区，对牧草的物候应编详细些；从事于林、茶、蚕、养蜂业的人员可把与自己工作有关的项目和内容编详细些。在资料的年代足够长的情况下，也可把资料年代，最早、最晚出现日期，多年变幅编入自然历，这些能提供更多的物候的季节和年度变化信息。

用自然历可以指导生产。如表 9 上，毛桃始花与早玉米、大豆播种；银杏叶芽开放或木槿开始展叶与早稻播种；牡丹始花与棉花播种；野菊开花与小麦播种等都是相对应的。前者是指示物候现象，后者是农事活动。每年只要观测到这些物候现象时，便可进行相应的农事活动了。

还因为自然历上的各物候现象在年际变化上的同步性，可以用它做农时预报。如预报棉花始播期，由表 9 的自然历上知道，牡丹始花时播种棉花，因此问题就变成为要预报牡丹的始花期了。若某年在 3 月 9 日观测到榆树盛花，与自然历对照比平均值早 6 天（多年平均值为 3 月 16 日），可以预报牡丹始花也比多年平均值早 6 天，即 4 月 13 日出现。对此预报结果还可不断修正，如过了几天又观测到毛桃始花比平均值早 5 天，这时应修正原预报，预报该年棉花播种期应比多年平均值早 5 天，即 4 月 1 日播种。

物候历是物候报农时的重要工具，许多国家都编制过，并行之有效。我国不少省区也编制过，对当地农业生产起了指导作用。如山西省原平县，根据物候历，确定梨树开花盛期和刺槐开花盛期分别为高粱播种的上限和下限日期。四川宜宾市选定李树始花为早稻浸种催芽的物候指标，李树盛花时为早稻播种的适期。山西忻县，1978 年根据物候资料调整了全县高粱的播种时间，适时下种面积由上一年的 48% 增加到 82%，并使高粱黑穗病发生率也降低了 3%。

表 9 盐城自然历

日期	自然物候	作物生育期及虫害	农事活动
初春			
2月20日		冬小麦返青	
25	韭菜发芽		拾稻根, 消灭越冬螟虫幼虫, 粮棉套种田空垄整地
3月1日			油菜地中耕、松土、施肥
5	迎春花始花		三麦地追施拔节肥, 清墒理沟
6		粘虫蛾始见	
7		小地老虎蛾始见	
10	榆树始花, 野蔷薇开始展叶	油菜抽苔	
11	终雪		
仲春			
13	初雷		麦田插草把, 诱杀粘虫蛾
15		冬小麦拔节	
16	榆树盛花		
17	蜜蜂始见		
18	雁始鸣		
19	迎春花盛花		
20	垂柳开始展叶		
22	枫杨叶芽开放		
23	蒲公英始花		
26	野棠梨开始展叶	薄膜育秧水稻(原丰早)播种	麦田换草把, 诱粘虫产卵, 薄膜育秧水稻(原丰早)播种
28	紫藤现蕾, 木槿叶芽开放	木槿上棉蚜卵始孵	查木槿上越冬棉蚜卵孵化情况
29	枫杨开始展叶		
30	迎春花开始展叶		

续表

日期	自然物候	作物生育期及虫害	农事活动
4月1日	燕始见	油菜开花	
2	加拿大杨始花, 刺槐 叶芽开放槐叶芽开放		
3	野棠梨始花, 悬铃木 芽开放	早稻(原丰早)出 苗, 蝼蛄始鸣	
4	毛桃始花, 榆树开始 展叶	木槿上棉蚜卵盛孵	药剂防治木槿上棉 蚜, 早玉米及大豆播种
5	终霜, 枫杨始花		
6	银杏叶芽开放, 木槿 开始展叶	粘虫成虫突发, 蛾 蜂次第出现	早稻播种
8	蛙始鸣		注意秧田上水, 护 秧防晚霜
11	苦楝叶芽开放		
12	加拿大杨、悬铃木、 刺槐开始展叶	处理紫云英, 沤制 草塘泥	
13	银杏开始展叶		
14	桑树、葡萄开始展叶		
15	加拿大杨展叶盛期, 悬铃木、刺槐展叶盛期, 紫薇叶芽开放		
18	葡萄花序出现	小麦秆锈病发生	
19	牡丹、桑树始花, 小 叶女贞花序出现, 野蔷薇 现蕾		
20	紫薇始展叶	早稻(原丰早)三 叶期, 冬小麦抽穗	
21	紫藤始花	一代二化螟化蛹始 期	
22	苦楝现蕾		
23	苦楝开始展叶		
24	榆树翅果成熟	有翅棉蚜发生期, 粘虫幼二令盛期	
28	榆钱散落末期		
30		一代三化螟化蛹始 期, 棉花出苗	

续表

日期	自然物候	作物生育期及虫害	农事活动
5月3日		早稻（原丰早）移栽，早玉米三叶期	
5	布谷鸟初鸣		杂交稻播种
6	刺槐始花		药剂防治粘虫幼虫
9	刺槐盛花		
10	杜鹃始鸣	早稻（原丰早）返青	
13		一代二化螟羽化始期，一代二化螟蛾始见	
14	野蔷薇始花，黄鹂始鸣	一代三化螟羽化始期	
15		一代三化螟蛾始见	
17	苦楝始花		
19	苦楝盛花，桑椹成熟	杂交中稻三叶期	
20		早稻（原丰早）分蘖，冬小麦乳熟	
20			
21	葡萄始花		
22	小叶女贞始花		收割早熟大、元麦
23	葡萄开花盛期	一代二化螟卵始孵	水稻田灌浅水或搁田，降低蚊螟为害部位
24	桑椹开始脱落	棉花三叶期	
25	小叶女贞盛花		
27		一代三化螟蛾盛发	
29	野蔷薇开花末期		油菜收获

续表

日期	自然物候	作物生育期及虫害	农事活动
6月1日		冬小麦收割	
3	南瓜始花		杂交水稻移栽
4		一代二化螟卵孵化盛期	药剂防治螟虫幼虫
8		早玉米抽雄	
10		杂交水稻返青	
12		早玉米抽丝，杂交水稻分蘖	
16	桑椹脱落末期		双季稻后作晚粳播种
20		早稻（原丰早）拔节，棉花现蕾	棉花整公枝
		仲夏	
21	蚱蝉始鸣	一代二化螟蛾始见	芝麻播种，双季稻后作中粳、中糯播种
22	入梅，萱草盛花		
26	紫茉莉始花	棉铃虫在苞叶上产卵，二代三化螟化蛹始期	

续表

日期	自然物候	作物生育期及虫害	农事活动
7月2日		早稻(原丰早)抽穗, 二代三化螟蛾始见	
3	女贞始花		棉田插柳枝把,诱捕棉 铃虫蛾
8		二代三化螟蛾盛发,二 代二化螟化蛹始期	点灯诱螟蛾
10	紫薇始花		
13		棉花盛花	棉田施花铃肥
14	出梅	二代三化螟卵始孵	
		盛夏	
18		二代二化螟羽化始期, 三代三化螟卵始孵	
19	紫薇盛花	早稻(原丰早)乳熟	绿萍越夏,三麦石灰水 浸种
21		二代三化螟卵孵化盛期	药剂防治螟虫幼虫
24		二代二化螟蛾盛发	继续点灯诱螟蛾
25		二代三化螟蛾终见	
26		二代三化螟卵始孵	
30		二代三化螟羽化盛期	早稻(原丰早)收割, 早玉米收获

续表

日期	自然物候	作物生育期及虫害	农事活动
8月1日	木槿始花	杂交水稻拔节	
2		三代三化螟蛾始见	双季稻后作中粳、中 糯移栽
3		三代三化螟化蛹始期	
8		二代二化螟卵孵化盛期	施药治螟虫幼虫
9		三代三化螟羽化始期	
10		三代三化螟蛾盛发	继续点灯诱螟蛾
11	枫杨翅果成熟		
15		杂交水稻抽穗	
17		三代三化螟卵始孵	棉田紫云英开始播种
22	木槿盛花		
26		三代三化螟卵孵化盛期	药剂防治三代三化螟 幼虫
31		棉花开始裂铃	

续表

日期	自然物候	作物生育期及虫害	农事活动
仲秋			
9月5日	石蒜始花		
7	石蒜盛花		
11	侧柏果实成熟	杂交水稻乳熟	
13	枫杨果实脱落	三代三化螟始见	摘除棉花无效花蕾 油菜播种
15			
17	桧柏果实成熟		
24	石蒜开始展叶		
30	紫薇果实成熟		收割杂交水稻, 蚕 豆播种
季秋			
10月9日	终雷		
10	蚱蝉终鸣		
13	雁南飞末期		
14	银杏叶开始变色		
20	苦楝叶开始变色		
22	野菊始花		播种小麦
24	苦楝果实成熟		
28			油菜移栽
29	银杏开始落叶	播种早熟三号大麦	播种早熟三号大麦
30		棉蚜产卵始期	
31	燕终见		双季稻后作中粳、 中糯收割

采用物候报农时的优越性

掌握和预报农时的方法，除物候法外，还有节气法和农业气象预报法。下面不妨把它们作些对比，看看物候报农时方法有哪些可取之处。

以节气定农时方法在民间较流行，有很多这方面的农谚：对于小麦播种，北京地区是“白露早，寒露迟，秋分种麦正当时”，华北南部是“秋分早，霜降迟，只有寒露正当时”，安徽、江苏是“寒露蚕豆霜降麦”，浙江则是“立冬种麦正当时”。节气是根据地球在它绕太阳公转轨道上的位置定下来的，不同地区和年份，节气几乎是同一日期。太阳高度也是随节气而变化的，所以节气能反映气候的多年平均状况，并且便于记忆。

但各地的气候是不同的，节气不能反映这种地区差异；即使是同一地方，气候还会有年际变化，节气定的农时也不能反映这种变化，早的年份会浪费一部分热量，季节晚的年份又会遭受冻害。尤其是气候异常的年份，按节气播种不免要吃亏。例如，北京地区冬小麦的播种，按节气是“秋分种麦正当时”，但据1963年秋季京郊259块样板田分期播种试验结果，均以白露播种的产量最高，秋分播种的减产10%，白露以前或秋分以后播的也有不同程度的减产。所以按节气定的农时缺乏灵活性。

按农业气象指标定的农时有一定灵活性，但较复杂，群众不易掌握。例如，以气温稳定通过12℃作为水稻适播期指标，秋季以日平均气温降至14—17℃作为冬小麦适播期指标。这些指标反映了各年气候条件的变化以及作物对气候的要求，因此比较科学，在农业生产中起了很大作用。但这些指标是无形的，只有事后才能根据过去的气候资料定准确。虽然也可预报，但这不是一般人能够掌握的。还有，任何气象仪器只能测单一的气象要素，如温度、湿度、日照时数等，根据农业气象指标预报的农时，很难反映作物对环境的综合要求。

用物候来指示农时则避免了上述两种方法的不足。物候指标是看得见、摸得着的活指标，每个物候现象的出现，都是气候等环境因素综合影响的结果。它既是当时当地气候状况的指标，也是过去一段时期内气象要素的累积指标，还能反映气候的年际变化和地区差异，所以物候指示的农时是活农时。物候报农时和农业气象法报农时是一致的，特别是现在，一些农时的物候指标可以通过平行的物候资料和农业气象资料对比分析得出。所以物候法也有农业气象法的科学性，是农业气象法的重要补充和科学表现形式。它很直观，一般农民都能掌握。

为此，有关农林部门都应进行物候观测和制定当地的自然历，作为指导当地农林生产的依据。

七 物候在其他方面的应用

物候在气候学研究中的应用

为什么能用物候作小区域气候调查？为什么能根据古物候记载研究气候变迁？为什么可按物候划分季节？这都是因为物候期主要是由气候决定的，所以反过来可把物候期作为气候和气候变化的间接指标。

据说，在斯堪的纳维亚半岛有种叫“三色堇”的树对气温特别敏感，当气温上升到 20℃ 以上时，它的枝叶均向上伸展，气温下降时，其枝叶就向下垂，直到与地面平行，而只有气温在 20℃ 左右时，它的枝叶才呈正常状态，因此得了个“天然温度表”的美称。这并不是物候现象，但它能很好地说明，植物是能反映环境变化的。

其实一些植物可看成是“活仪器”，植物在当地的适应性或物候期的早迟，都不同程度地指示着当地的气候。如荔枝冻死说明最低气温已降到 -4℃ 以下，温州蜜桔发生冻害的温度是 -9℃ 左右，梅树要在 -14℃ 才发生冻害，竹子最低可抗 -17—18℃ 的严寒，因此可分别用这些物候现象来指示某种气候状况。

物候现象指示气候的原理，可分成两类。一类是植物生长的限制性原理。植物生长发育都有它的下限温度，上限温度和最适温度。它对下限温度的反应较敏感，低于这个温度就要发生冷害。我国是个季风国家，冬冷夏热，冬季低温是限制热带、亚热带植物北移的主要障碍，因此这些植物的分布界限、冻害程度和频率是反映这些下限温度的重要指标。另一类是对环境条件的累积性原理。在环境条件适宜的范围内，物候期的到来要经历一定过程，气象条件必须达到一定的累积值，如杏树始花一定要在冬后大于 5℃ 的积温达到 103 小时才能出现。

一年四季都有一些可以反映温度高低的指示物候现象。冬季，根据河、湖的结冰厚度、封冻天数、土壤冻结和翻浆的早晚，柑桔、荔枝、梅树等的受冻状况和分布情况，可以推出当地冬季的极端低温值，还可根据一些植物越冬受害次数，估计出该作物的越冬保证率。春季、植物的芽膨大、芽开放、开花、候鸟来去、农事活动开始日期等，可作为某些界限温度初日出现早晚的指标，积温多少的指标以及春季月份气温高低的指标。夏季的物候现象，一般对温度不敏感。秋季的物候现象有野菊、桂花等的开花，树木果实的成熟和脱落，苹果、梨的采摘，农作物的收获，越冬作物的播种，候鸟南飞等等。但秋季物候现象与温度的关系比较复杂，有三种情况：第一种，物候期主要依赖于前期的温度条件，这里一定的积温起着重要作用，果树果实的成熟期和作物的收获期，都是以它前期温度条件为转移的；第二种，物候现象的出现决定于一定界限温度的短时作用，往往是由于气温降低到一定指标而引起的，前期的积温并无多大意义，如桂花、野菊花要当最低气温降到 17℃ 以下才能开放，因此它们是这些指标温度到来的指示物候现象；第三种是越冬作物开始播种日期，各地的秋播季节有一定的人为影响，但主要是由气候决定的。上述原理和指示物候现象都可以用于气候学研究之中。

用物候做小区域气候调查通过上述指示物候现象的调查和分析，可以推算当地的气候。例如，用指示植物确定冬季低温状况。在我国南方曾用这方法来鉴定橡胶宜林地的气候。橡胶在这里能否种植和生长的好坏，主要决定

于冬季的低温，人们利用一些指示植物在没有任何保护条件下遭受寒害的程度来判断低温强度，进而判断它们越冬的安全性。如冬红薯藤全枯时气温至少下降到-2℃了。木薯茎半枯时，指示的低温是-1—-1.5℃。对低温反应比较敏感的植物还有香蕉、木瓜、凤梨、木菠萝、野牡丹等。

还可以用指示植物作为热量区划的指标。如广西隆林县在开展县级气候调查中，发现小叶榕和木棉的分布上限与大于10℃的积温5800、10—20℃期间积温4700的等值线基本重合。对照双季稻的安全生长期，可确定小叶榕、木棉的分布上限为双季稻高产稳产区的上限。番桃树在该县的分布上限为1000米，与大于10℃的积温5500、10—20℃期间积温4300的等值线相重合，因此以有番桃树而无小叶榕或木棉的区域定为双季稻不稳产区。福建周宁县咸村公社还利用茶树发叶早晚和一年中采叶次数为指标，作出了公社的农业气候区划，分全公社为三个区：炎热区、温区、山地寒冷区。炎热区的特点是回暖早，在清明前4、5天茶开摘，全年可采四次；温区，采茶在清明后8天到谷雨前开始，全年可采三次；山地寒冷区，茶一般在谷雨前后开摘，全年可采两次。

对于小气候推算中需要的物候资料，可用巡回观测法解决。就是在所要调查的区域内，巡回进行物候观测，只要有少数人就能在不长的时间内，将一些物候现象的地理分布调查清楚。我们在1966年春，曾对北京的榆树始花期作过巡回观测，并作了开花始期的等候线图（见图41），发现榆树始花等候线与北京春季气温稳定通过50℃初日等候线的分布形势基本一致，而且一些局地气候差异都有所反映。

我国是个多山国家，山地丘陵占全国总面积的三分之二。山区气候是较复杂的，而现有气象站绝大多数都设置在人烟

稠密的平原和盆地沟谷里，观测结果很难代表山区的气候。因此在作山区气候分析中，必须采取多种非常规方法取得基本气候资料，而物候调查法是其中一种比较实用和简便的方法。

古今物候差异与气候变迁研究 历史物候记载是一种间接的气候资料。古今物候有明显差异，这些是气候变化的有力证据。国内外已找到不少古物候记录，并从中可得到气候变化的信息。

欧美最长的物候记录达190年，是英国的马绍姆家族五代人在诺尔福克观测的。从七种乔木春初抽青记录的分析，得出如下结论：物候期是周期性波动的，其平均周期为12.2年；这7种乔木的抽青早迟与上半年（1—5月）的平均温度的关系较为密切，温度高，抽青就早；物候的迟早与太阳黑子周期有关，一般来说黑子多的年份物候也早。如果把1741—1750年10年平均和1921—1930年10年平均的初春7种乔木抽青，始花日期相比较，后者则比前者早9天。

樱花为日本的国花，在京都广为种植，自古以来日本人民就有观樱的风俗。根据日本史料中散见的观樱记载，已整理成樱花盛花期序列，虽是单项记录，但因年代久远，已成为目前世界上最宝贵的古物候记录之一（见表10）。

表 10 日本京都各世纪樱花盛花的平均日期

世纪	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	1917—1953 年
平均盛花期 (月·日)	4.11	4.12	4.18	4.24	4.15	4.18	4.13	4.18	4.12	—	4.12	4.14
每世纪中的 记录次数	7	14	5	4	8	12	30	31	10	0	5	36

可以看出十一、十二、十四、十六世纪平均樱花盛花期要比九世纪迟一星期左右，由此可知日本京都在我国唐时较北宋及明末时温暖。这些记录中，最早的盛花期出现于 1246 年 3 月 22 日，而最迟的盛花期出现于 1184 年 5 月 15 日，两者相差近 4 个节气。

为了研究气候变化，近年来我国又发现不少历史物候史料，如：

在夏、商、西周时期，即公元前八世纪以前，农作物的生长期要比现在长 1 个月以上。当时河南安阳一带，在阳历 3 月开始种水稻，播种期比现在早 1 个月。在殷墟发现的十万件甲骨文中，有数千件是有关求雨求雪的，说明干旱是影响当时农业生产的主要因子，而对霜冻灾害似乎不太担心，证明当时比现在暖。

春秋时期（公元前 770—476 年），与现在比较起来，春季物候是早的，而秋季的物候是迟的。如黄河中下游，阳历 5 月冬小麦就登场了，比现在早得多，而现在冬小麦登场，在北京郊区是 6 月中、下旬，西安、洛阳一带也要到 6 月上、中旬。在《左传》中，曾两次提到 5 月麦成熟，一次是隐公三年（公元前 720 年）郑公派人到河南温县抢割麦子，另一次是成公十年（公元前 581 年）晋景公在 5 月要尝新麦，把麦子煮熟后还没有来得及吃就死了。说明当时气候也是温和的。

西汉《汜胜之书》记载的冬麦播种时间比现在早。《汜胜之书》中说，种麦要得时，夏至后七十日（9 月上旬），可种冬麦，早种冬前会拔节，易得病虫害，晚种则穗少而小。而现在，关中的小麦以 9 月下旬播种较为适宜。公元二世纪中叶东汉崔实编写的《四民月令》，讲洛阳的冬麦要在秋分播种，在夏至收获，与现在北京的情况差不多。这些说明当时的生长季比现在短。

隋唐时候，长安能种柑桔并能结果，说明当时比较温和。

类似于上面的记载还很多。根据这些记载，得到了我国近几千年来生长季长度的变化图（见图 42）。

竺可桢关于我国五千年来气候变迁的研究，也是这方面的代表作。

按物候划分季节 汉字“秋”从“禾”旁，《说文解字》把秋字当作禾谷熟解释。德文“秋”字和“收获”为同一个字，英文“秋”字的意思是落叶。可见人们把一年分为春夏秋冬四季，主要是为了掌握农时。

划分季节有好几种方法，它们各有优点和不足，但从农业角度考虑，还是以物候划分法更实用些。

天文季节，这是我国古代的季节划分方法之一。就是按 24 节气划分四季，即以立春至立夏为春，立夏至立秋为夏，立秋至立冬为秋，立冬至立春为冬。这样春季为 2 月 4 日至 5 月 5 日，共 91 天；夏季为 5 月 6 日至 8 月 7 日，共 94 天；秋季为 8 月 8 日至 11 月 7 日，共 92 天；冬季为 11 月 8 日至

2月3日，共88天。民间习惯采用阴历，以一、二、三月为春，四、五、六月为夏，七、八、九月为秋，十、十一、十二月为冬，除闰月的年份外，和前一种划季方法相近似。天文方法主要是以太阳高度和地面上接收到的太阳辐射多少为根据的，夏至日中午，太阳直射在北回归线上，从北回归线以北的地方看，太阳在天顶的位置达最高，地表面得到的太阳辐射最多，因此作为夏季的中心日期。冬至日则相反。春分日和秋分日中午，太阳直射在赤道上，北半球的太阳高度和地面接收到的太阳辐射居于夏至日和冬至日的中心位置，所以分别为春、秋季的中心日期。

气候学上，一般把阳历3、4、5月当作春季，6、7、8月当作夏季，9、10、11月当作秋季，12、1、2月当作冬季。由于太阳辐射受地面和海陆影响，热效应要比太阳辐射效应落后一段时间，所以把各季节的开始期比天文分法推迟20—25天，这种分法是反映了气候年变化特点的。

天文季节和气候季节的优点是，四季的始终期固定，季节长短大致相同，便于记忆，在作中小区域气候分析时是方便的。但它没有考虑纬度、经度和高度引起的气候差异，例如，我国海南岛全年温热无冬，青藏高原的不少地方全年寒冷无夏，上述划分方法不能反映这些特点。

还有一种是根据候平均温度划分四季的，其指标是候平均气温低于10的时期为冬，高于22的时期为夏，10—22期间分别为春秋季节。这比较符合人们对四季的理解和冷暖感觉，比上述各法为优。美中不足之处是，气候包括温、压、湿、降水多种要素，仅温度不等于气候。

国外还有以农业指标温度为标准划分季节的，以日平均气温低于0为冬，高于15为夏，0—15为春、秋季。这种划法有比较明确的农业意义，因为日平均气温高于0时，积雪消融，草木萌动，田间活动开始，说明春天到了；高于15是喜温作物旺盛生长期；低于0时期是各种作物休眠期；0—15是作物播种生长的季节；15—0是作物成熟和收获的季节。这样划分又比用候平均气温划分的方法实用些，但它也是单要素的划分方法，不能综合的反映气候。

目前国内外普遍采用物候指标划分季节。如北京的物候季是这么划分的：先根据平均物候期和参考多年日平均气温，划全年为春、夏、秋、冬四季，然后将春、夏、秋三季各再划分为三个季段，冬季分为两个季段，全年共分为11个季段（如图43）。分季指标如表11。

因为全国各地气候差异较大，所以季段的划分不一定各地一样。如北京，冬季较长，因此一般分为初冬和隆冬两个季段，而南方冬季短而且暖和，一般就不必分季段了。还有，植物的分布是地带性和区域性的，因此分季的物候指标也不一定各地一样。

以物候指标划分季节的优点在于：（1）物候季能反映农业

表 11 北京物候季的划分指标

季别	季段	物 候 指 标	日平均气温 ()	平均起止日期 (月·日)	经历天数	
春	初春	野草(羊胡子草)发青	> 3—6	3.8—3.18	11	62
	仲春	榆树始花	> 6—14	3.19—4.16	29	
	季春	紫荆始花	> 14—20	4.17—5.8	22	
夏	初夏	刺槐盛花	20—24	5.9—6.6	29	127
	仲夏	板栗盛花, 栎树盛花	24—26	6.7—7.28	52	
	季夏	槐树盛花	26—21	7.29—9.12	46	
秋	初秋	木槿开花末期	21—16	9.13—9.26	14	43
	仲秋	野菊始花, 桑树开始落叶	16—13	9.27—10.13	17	
	季秋	合欢开始落叶	13—10	10.14—10.25	12	
冬	初冬	色木槭, 黄栌叶完全变	10—5	10.26—11.8	14	133
		色, 土壤开始冻结				
	隆冬	树叶次第落光	5—0	11.9—3.7	119	

季节的特点,能说明每一季中应该做什么,不应该做什么,有什么对农业有利和不利的气候条件;(2)物候季节指标能反映气候对作物的综合影响,能反映气候、生长季的年际变化;(3)能较好地反映地区间的气候、农业气候的差异;(4)指标简单明了,便于记忆和在群众中推广。

用物候做气候预报 利用某些早春物候现象,来预报当年春季气温回暖的早晚,具有良好效果。江苏省建湖县冈东公社合心大队气象组从1967年以来,一直以柳树发芽的早晚来预报当地春季温度的高低,若当年柳树发芽比平常年份早,就报春温回升快,平均气温偏高;反之,报春温回升慢,平均气温偏低。从表12可以看出,这个方法的预报准确率是较高的。

江浙一带有不少关于蝉始鸣与梅雨多少、早晚方面的谚语。如“葭未到,蝉鸣叫,晒得犁头跳”,“蝉鸣雨去,雨在

表 12 柳树发芽的早迟与春季回暖快慢的关系（江苏建湖县）

年份	柳树发芽时间（月·日）	春季回暖快慢		评定
		预报	实况	
1967	2.27—28	快	快	准
1968	2.27—28	快	快	准
1969	3.13—14	慢	慢	准
1970	3.15—16	慢	慢	准
1971	3.16—17	慢	慢	准
1972	3.16	慢	慢	准
1973	2.25—27	快	快	准
1974	3.14—16	慢	快	不准
1975	2.28	快	快	准
1976	2.26—28	快	慢	不准
平均	3.9—10			

蝉不鸣”，“三葑尽，知了（蝉）鸣，西南风，望天晴”等。这些谚语总的意思是，如果葑天未到，蝉叫起来，预兆该年梅雨不多或无大雨；如果梅雨季阴雨连绵，只要听到蝉儿叫起来，则预示着葑梅雨很快就要结束，天气转晴，进入盛夏。

物候在植树造林中的应用

什么时候采种，什么时候造林，都有很强的季节性，必须参照树木的物候规律来决定。

什么时候采种 为了正确地决定采种时期，必须知道种子的成熟过程，成熟期，种子、果实的脱落规律和脱落期。种子如果采早了，未成熟，没有发芽能力，或发芽率低；采晚了，有些树种的种子，颗粒过小，便会被风吹走，而不可能从地面收集（如杨、落叶松等），或降低发芽率，或遭受鸟兽虫害（如红松等）的危害，所以及时采集完全成熟的、品质优良的种子，正确选择采种期是非常重要的。

种子成熟期分生理成熟和收获成熟。当种胚具有发芽能力时叫做生理成熟，这时种子容易发芽，但不能长期贮藏。种子完全成熟时，即完成了种胚的生长发育过程，结束了营养物质的积累，把营养物质转化为脂肪和蛋白质，能长期贮藏，这时叫收获成熟（或形态成熟）。生产上主要是根据果实和种子的形态和颜色来判断成熟程度的。

有些树的种子虽然在采集时未十分成熟（如兴安落叶松），但采集之后只要不立即取种，经过一定时间的堆置以后，种子可以在球果中继续成熟。这种情况在大量采种时，由于时间和劳力关系，适当提前采种有一定的实际意义。

多数树种的种子在生理成熟之后，进入形态成熟，但也有少数树种（如银杏等），虽然形态上成熟了，但种胚还未发育完全，需经过一段时间才具有发芽能力，称为生理后熟。

同一树种，由于地理位置，海拔高度和小地形的不同，成熟期亦有差异：如小叶杨种子在黑龙江南部是6月上、中旬成熟，在北京为5月上、中旬成熟，在杭州为4月成熟。榆树种子在北京约5月初成熟，黑龙江省则迟至5月下旬、6月上旬成熟；同一树种在同一地区，一般在阳坡或低海拔处的种子成熟较早，在阴坡或高海拔处的种子成熟较迟；不同年份，气候有波动，种子成熟期也有差别，一般在气温偏高、降水偏少的年份，种子成熟较早，而偏冷、降水偏多的年份，种子成熟较迟；同一株上，向阳面及树冠上部的比背阴面及树冠下部的种子成熟早，这是由于接收到太阳光的多少而引起的。

综合考虑气候条件和树木的生物学特性，可将采种期分成几类：一类，如杨、桦、落叶松等的种子，很轻，成熟期与脱落期相同，种子成熟后，随风飞散，这种树种的采种期应在种子脱落前及时采集、短期内结束；另一类，如栎类、板栗的果实和种子，很大，采种期可在种子成熟并脱落之后，从地面上收集；第三类是种子成熟后还长期挂在树上，采种期可以延长，但也不应拖延太长，太长了种子容易丧失发芽能力；第四类是包在多汁果内的种子，需在脱落前采集，以免果实脱落后，由于腐烂而影响种子的质量。

为了做好采种工作，可以利用现有物候观测资料或进行短时间的成熟期调查，整理成以下几个材料供应用：（1）同一树种成熟期的地区分布图；（2）同一地区各种树木种子的成熟采种历；（3）各种树木种子成熟期随海拔高度的递减天数表。有了以上材料，不仅可以了解各树种成熟期的地区差异，还可以根据各年气候特点，由自然历做种子成熟期预报。

什么时候造林 造林要掌握季节，但最好根据树木的物候期决定。虽然

一年四季都有某些树种适宜造林，但一般以春季树木萌芽前造林最好，所以把植树节定在春季是有道理的。早春树木发芽前是生根旺盛阶段的初期，气候、土壤条件对生根很有利，树木容易成活。春季造林不宜过迟，栽迟了树苗新根还没有开始生长，而叶片已经展开，苗木地上部分蒸腾的水分和根系吸收的水分不能保持平衡，苗木会枯死，至少也会影响当年生长。如是冬季落叶的树种，造林应在春季土壤解冻到萌动前进行，因为这时树苗的枝茎还处在休眠时期，但根部已开始萌动，栽后先发新根，等1,2周以后地上部分萌芽发叶时，根系已能吸收水分，保证了生长需要，容易成活。因地区、海拔高度不同而造成的冬季休眠期有长短，春季芽萌动的有早晚，春季植树造林期也应略有差异。我国南方大部分地区，冬季土壤冻结时期短，根系活动时期长，许多树木的根系在冬季的休眠期很短，甚至不休眠，因此这些地方从秋末到早春都可进行植树造林。而西北、东北气候寒冷，一般要到4,5月才开始造林。还应根据树木发芽的早晚决定栽植次序，如落叶松发芽早，应先栽，春季回暖快的地方，解冻到芽萌动的时期短，植树造林的时间须尽量缩短，造林开始到结束时间最好不超过芽萌动期。在同一地区造林，也要根据发芽早晚规律，先平川后山地，先低山后高山，先阳坡后阴坡。

秋季造林应在落叶后及早进行，决不能晚于冻结前。因为这时地上部分已进入休眠期，水分蒸腾较少，而移植后根系可以得到恢复生长，成活率较高，在翌年春季发芽早，待晚春干旱期到来时，已恢复生长。

上述最佳造林季节，只适用于水分有一定保证的地区。一些干旱、半干旱地区，水分成为树木成活的限制因子，往往是多雨湿润季节造林成活率最高。如北京西山，据资料分析，春季的阳坡，因干旱、造林最差，成活率只有30%，而雨季和秋季造的林，成活率高达80%以上。背阴山坡上，水分条件好些，各季的造林成活率都高达80%以上，初秋可达90%，因此在一些水分条件差的地方，除考虑物候期外，水分状况也是决定造林季节的另一重要因子。

物候与环境污染监测

环境污染已成为当前世界上引人注目的社会问题。空气受到毒化，垃圾成灾，河流、海洋遭到污染，影响动植物的生长繁殖，阻碍了经济的发展，严重威胁和损害了广大人民的身体健康。

环境污染也引起物候现象的变化。如西南某城市的一般植物，市内比郊区的发芽早，落叶要提前一个月；夹竹桃、大叶黄杨、法国梧桐等的叶形变小（比原来小三分之一到二分之一）；法国梧桐不开花等。还有的化工区，由于污染以致慈竹在这些地方不能成活；葡萄、杏、李、苹果不开花结果等。

物候学主要是研究物候现象的周期变化，以及这些变化与环境因素关系，以达到为农业生产服务的目的。污染造成的物候变化规律的紊乱，这将影响物候资料的准确性和代表性，因此需对污染造成的物候影响进行研究。另一方面，还可从污染造成的物候变化以及植物的损害情况，来掌握污染的程度。所以竺可桢就指出：物候观测可以起到监测环境污染的作用。下面列举一些监测主要大气污染物质的指示植物及其受害时的症状：

二氧化硫 植物叶片受二氧化硫危害的症状是，叶片出现白色“烟斑”而逐渐枯萎和提早落叶，如丁香、玉兰、（图 45, 46）。果树中李、葡萄、桃比较敏感，受害时叶片大多数出现白色或褐色斑点，葡萄在叶片的中部会出现赤褐色斑点。

针叶树中的落叶松，对二氧化硫特别敏感，很容易出现受害症状，而且稍一受害就会落叶。

氟化物 雪松是一种有希望的氟气监测植物，特别是在春季新叶萌发时，如果针叶出现枯黄，说明已发生污染了，刺槐、白蜡树对它也较敏感（图 47, 48）。在果树中的杏、樱桃、李、玫瑰香葡萄对它比较敏感，果树受害表现在叶缘部分，若氟气的侵袭是分阶段相继发生，则坏死部分表现为同心圆圈。通常坏死部分很少脱落，很容易卷曲，坏死部分能逐步蔓延到整个叶面，仅在沿叶片的主脉处留下一小块绿色的组织。

光化学烟雾 其中的二氧化氮、臭氧，过氧酰基硝基盐等对植物都有危害。二氧化氮和臭氧产生的危害症状是叶表面出现斑点和漂白区。过氧酰基硝基盐的危害，会使植物叶片的背面变成古铜色、银白色和透明状。烟草广泛地被用作光化学烟雾的监测植物，特别是用来指示臭氧的污染。在整个生长季节中，烟草能连续长出新叶，不同叶龄的叶子对臭氧的敏感程度不一，新的伤害很容易与旧的伤痕区别开来，人们可以在离污染源不同距离的地点种上烟草，用来监测光化学烟雾的分布、发生次数和危害程度。

氯和氯化氢 植物受其毒害的症状是叶片出现脱绿斑点或叶变成浅黄色、灰白色，成漂白状以至透明。利用植物受害症状监测氯气污染，应观察对氯气伤害最敏感的中龄叶，其次为老叶，幼叶对氯气污染不太敏感。根据工厂附近栽种的法国梧桐、杨树和刺柏的生长状况，也可监测氯气污染情况。长期污染会使枯枝增多，有时仅顶部新叶保持绿色。

虽然利用指示植物作为大气污染的报警器，是比较粗糙的，但是植物监测法简便易行，不化钱物，便于在群众中推广，因此也是受群众欢迎的方法之一。

