

生活 自然文库

森林





森林



期 限 表

下列最后之日期本书必须归还

生活自然文库

森 林



丛书:

航海的人们
第二次世界大战
人类的行为
世界原野奇观
世界各大城市
缝纫的艺术
人类的起源
时代生活园艺百科全书
生活摄影丛书
世界烹饪丛书
时代生活艺术文库
人类的伟大时代
生活科学文库
生活自然文库
家庭实用丛书

专辑:

生活杂志精粹
生活的电影世界
生活在战争中
婴儿是怎样形成的
濒临绝种的动物
摄影的技术

SERIES:

THE SEAFARERS
WORLD WAR II
HUMAN BEHAVIOR
THE WORLD'S WILD PLACES
THE GREAT CITIES
THE ART OF SEWING
THE EMERGENCE OF MAN
THE TIME-LIFE ENCYCLOPEDIA OF GARDENING
LIFE LIBRARY OF PHOTOGRAPHY
FOODS OF THE WORLD
TIME-LIFE LIBRARY OF ART
GREAT AGES OF MAN
LIFE SCIENCE LIBRARY
LIFE NATURE LIBRARY
FAMILY LIBRARY

SINGLE TITLES:

BEST OF LIFE
LIFE GOES TO THE MOVIES
LIFE AT WAR
HOW BABIES ARE MADE
VANISHING SPECIES
THE TECHNIQUES OF PHOTOGRAPHY

生活自然文库

森林

彼得·法布

与时代 - 生活丛书编辑合著

原出版者：时 代 公 司

特辑版出版者：科学出版社

时 代 公 司

目 录

1	森林中的一年	9
2	古代自然景观	39
3	寰球的绿色图案	57
4	湿润的天然林	73
5	树木工程	93
6	森林生命之网	113
7	土壤中的隐蔽世界	131
8	森林的兴衰	151
9	未来的森林	169
	参考书目	182
	附录	183
	志谢	189
	索引	190

时代 - 生活丛书

中文版

编辑：李如桐

生活自然文库特辑版

校订者：吴中伦

编辑：王龙华

本书译者：田景明 萧刚柔 黄秉端 刘东来

Authorized Chinese language edition

©1981 Time Inc.

Original U.S. English language edition

©1980 Time-Life Books Inc. All rights reserved.

作者

彼得·法布（Peter Farb）是著名的作家和博物学家，写过好几本畅销书，其中有《北美面貌》、《从北美印第安人看人类怎样进入文明》（经过全面修订的第二版于1978年问世）以及《人类》等。此外，他还为“生活自然文库”撰写过《生态学》、《昆虫》、《北美洲的土地和野生动物》这三本书。他在童年时期就开始对生物之间的相互关系发生兴趣，以后又在长期的写作和旅行生活中始终以饱满的热情继续进行敏锐的观察和研究。他是生态学会会员、纽约昆虫学会前任秘书、美国科学促进学会会员和探索者俱乐部成员。他平素发表科学论著甚多，并担任史密森博物院的顾问。



阳光从这些巨人般高耸的美洲红杉的树干间，透射到湿润松软的林地上，生动地反映出仲夏盛暑时大森林中的庄严肃穆。

1

森林中的 一年

乍看起来，一片林地同另外一片林地似乎十分相象。其实不然：森林景观中树木的安排方式是很明确的，并且遵守错综复杂的规则。可以说，每片森林都是气候变迁、地壳演变、土壤发育以及许多其他因素中一连串事物相互交织而成的结果——既形成了景观，也决定了其中树木的种类和数量。在一定的温带地区中，虽然各处可以有好几十个相同的树种，但在个别的森林中，它们所占的比重却可以相差悬殊。在某个地方，某些树木同其他一些树木伴生。而在不同的地方，这些树木又同另外一些不同的树木伴生。有些树种仅能在沼泽地中找到；有些树种则主要生长在山顶上，并且它们的根系能扎入岩石缝隙，或者在浅薄的土层中保持一个不稳固的立足点。有些树种偏爱北面的阴坡，而别的一些树种则仅在阳光充足的山坡上旺盛生长。

如果用链锯锯掉一片森林的所有树木，将它夷为平地，那么，在几百年之内新的森林又可能重新出现，同原来那片被锯掉的森林几乎没有什么两样。在曾经生长过铁杉林的地方，铁杉林最终又会生长，并且还要伴生着为铁杉林所独有的植物和动物群落。不过，铁杉林接替铁杉林是不会立刻就发生的。森林

的恢复还必须先经过一连串过渡的阶段——杂草阶段、灌丛阶段、阳性树木阶段等等——其中的每一阶段都使土地更适合于下一阶段的生长。最后，达到一个叫做“顶极森林”的稳定阶段，除开可能发生虫害、病害、火灾、土崩或受到人的干涉之外，以后就很少会发生什么明显的变化。一般说来，只要气候不发生大的变化，这种“顶极森林”似乎会生生不息地延续下去，成为抵抗外界树种入侵的坚固堡垒——即使年年有大量种子从外界别的树种传播进来，它们的这一入侵也会是徒劳的。

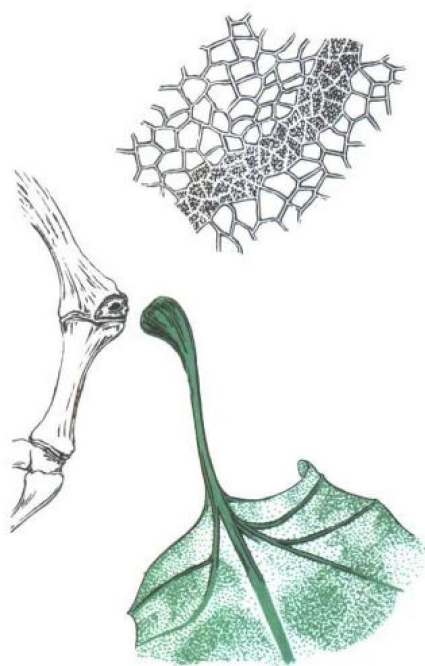
树木只不过是森林生物群落中最引人注目的部分。即使在一小片的林地上，也会有上千种灌木、藤本植物、草本植物、羊齿植物、苔藓植物以及真菌等，和树木共同生活在一起。它们受到树木的庇护，在树荫下成长，并且依靠树冠所保持的高度潮湿来维持生存。此外，森林中到处都有昆虫、哺乳动物、飞禽、爬行动物和两栖动物。在这样的生物群落中，所有成员在数量上达到一种微妙的平衡，同时食物条件、其他生活条件和相互合作等因素还构成无形的线，把它们彼此串连在一起。这些数量繁多的生物本身构成森林，正如树木构成森林一样。森林生命的织锦是如此复杂：如果有一根生命线不知怎样一旦被弄断了，那么，整个织锦上的图案就会松散开来，而最终森林本身也就会遭到破坏。

对许多北美洲人来说，森林中四时分明的季节推移似乎是世界上最自然不过的事情。人所熟知的美国东部的森林和加拿大南部的森林都处于广大温带之中，但这里却苦于气候的极冷和极热，使温带徒有虚名。在夏季，这里可能比眩眼的热带还要热；在冬季，北风凛冽，还有冰旱，因为积雪和地冻封锁了水分供应。在严峻季节的挑战下，温带的一般森林都有节奏地经历着生长和凋谢、死亡和再生这样明显的过程。

冬季，大部分森林处于黄叶落尽的状态。这时土壤冻得很硬，地面上白毯似的积雪掩住了声息——但是外观上的寂静只是一种幻觉。夏季森林中繁多的生物仍然存在，它们有的躲在雪堆下，有的藏在树皮、树洞、树桩和岩石的缝穴中。在微生物“小人国”中，还有大量的生命蜃居在一个个土粒的表面附近。即使是那些暂时已经离开林间的候鸟，也仍然回忆着它们曾经在那里生齐羽毛的场所，将要在冬天过去之后再回到那里。

经过长期演变，作为森林的主体的树木已有了适应冬旱的本领。它们大多数能把自己封闭起来。作法是把散发大量水分的阔叶片完全脱落，以便在土地上冻之前维持那些储蓄在树根、树干和树枝的细胞中的水分的供应。这样，它们就进入休眠期，正同春来前受旱的仙人掌一样。凡具有这种保护生命机能的植物叫做落叶植物。树叶的脱落为量很大：掉在一英亩（0.4公顷）林地上的树叶可达一千万片之多。

每年秋天，当树木为来年发叶做好准备后，它就关闭它巨大的供水系统。这时，小枝上在同原来叶柄基部相连的每一处，几乎都生长着下个春天的希望



离层（一层纤弱的细胞）形成后（见放大详图），叶柄基部就断裂，从而叶片脱落。叶片脱落后，木栓组织把小枝上暴露的疤痕盖住。

——冬芽。一株大树也许有好几百万个冬芽。每个冬芽是一个完美的锥型，包含着将要形成新的枝、叶或花的各种要素。冬芽中有大量用作养分的糖类，有一群具有迅速分裂能力的细胞，还有胚叶——它们都为—组鳞片所包裹。这组鳞片使这些柔嫩的组织能抵抗冬旱（并非如一般人所料想的那样，以为鳞片的作用是抵抗冬寒）。经常在森林中走动的人仅仅根据冬芽就能辨别出大多数树木，因为每个树种的冬芽都有自己的特征。例如，四照花的花芽有点象毒蕈，它的叶芽却象鸟嘴，山毛榉的冬芽被包围在带有深青铜色的厚鳞片之中。鳞皮山核桃冬芽外层的鳞片则带有细长的尖端。在鳞片里面，新叶紧贴地卷叠着，颇为巧妙，象降落伞一样，一到新春就完整无缺地开放。有些胚叶折叠在一起象是扇子，而另外一些胚叶又紧卷得跟雪茄烟一般，一层紧裹着一层，重重叠叠的。

森林动物也同样有不寻常的本能，使自己能在严酷的冬季和长期缺乏食物的情况下生存下来。有些飞鸟移栖到几千里以外的地方，那里觅食容易。候鸟移栖相对照的另一奇迹是动物的冬眠。森林动物冬眠的程度并不相同：有的仅仅是短时间的蛰伏，体温很少下降；有的是真正的冬眠，这时动物似乎在生存与死亡之间保持着一种危如累卵的平衡。动物冬眠可以达到十分酣熟的程度，怎么也弄不醒它们，有的即使被浸到水里也是如此。对冬眠动物来说，当冬天临近时，它们身体内部平时维持均匀体温的那种机制就会发生奇异的变化。例如土拨鼠在活跃时期，它的心脏每分钟大约跳动80次。一到秋天，当它蜷缩在地穴里并进入休眠以后，它的脉搏就减慢到每分钟只有4次或5次，同时体温也会下降到冰点以上几度。不过，它的体内仍有代谢作用，微弱得好像煤气炉中常燃的小火一样，其程度恰好刚可以维持生命而已。

金花鼠的冬眠显得没这么深沉，它在柔软堆积物下面的洞穴中偶尔苏醒，伸直身体，吃些在秋天搬入洞里的种子。蛇是冷血动物，必须藏在温暖的地洞里，一直到翌春气温上升为止。许多昆虫则暂时停止生活，一般以休眠卵的形式越冬，或藏在茧内越冬。有时成虫也蛰伏起来越冬。还有些昆虫仍停留在幼虫阶段，例如灯蛾科的幼虫，常常躲在倒木底下过冬，到土地解冻时才慢慢爬到林地上来。

印第安人把冬季叫做长眠季节。但是雪地上的足迹表明，并非所有的动物都进行冬眠或离开森林。食物链上的某些捕食动物和被捕食动物仍然不顾冬天的寒冷而竭力谋生。例如鹿，它既不冬眠也不贮藏食物，却在夜晚出来搜寻和啃食没有被雪掩盖的嫩枝和芽苞。鹿适应冬季寒冷的一种办法是全身长满空心的冬毛，来保持一层温暖的空气，包护住躯体。狐狸即使在最冷的天气也追逐野兔。冬天啄木鸟的食物一点也不缺少，它继续往树皮下面钻孔，寻找躲藏在那里的昆虫。在林内水池中，河狸依靠嫩树皮和小树枝生活，这些食物是它在秋天搬到巢穴附近的深水中贮积起来的。

积雪在三月开始融化，阳光开始晒暖大地。这时森林中的生物加快了生命的步伐。丧眼蝶偶然从蛰伏中甦醒过来，在林中空地上展翅飞翔。生长在林中溪流旁边的臭崧增加了热量，它的温度比周围环境要高出几度，有时甚至还在残雪中就伸展出它那散发臭味的叶子。当芽苞准备放开绿叶时，树木体内发生一些看不见的变化。洒满阳光的枯枝落叶层覆盖着地面，就象温室的顶棚一样，提高了土壤的温度。这时，农民们给糖槭树挂上盛接树液的小桶，蓝鸟也回到林中小树洞里做窝——春天来到了。

春潮般的生命象喷泉似地自下向上涌流——土壤解冻，林地转青，千千万万的树叶破芽而出，直到林冠变成一片翠绿。这时，蚯蚓开始向上穿洞，慢慢探出身来。蚯蚓粪堆的出现同蓝鸟的来到一样，都是报春的先兆。同时，金花鼠把洞门敞开，癞蛤蟆也在挨冻后无恙地从它们的地下室里钻出来。水池旁边一寸来长的小青蛙的嘹亮求偶声，有些象鸟儿的歌唱。在肥沃的森林土壤中，生命的活动更是惊人的频繁：在一平方英尺（0.09平方米）和一英寸（2.5cm）厚的体积中，可以找到多达1,350个能用肉眼或放大镜看清楚的小生物，而这还不包括任何一小把泥土中都含有的几十亿微生物。这些土壤中的寄住者在摄食时，就把枯枝落叶分解成能被植物吸收的养料。如果不是这样，短短几年之内森林自身排出的废物就会使森林受到窒息。

六个月以前飘落在林床上的耀眼的秋叶，到雪化时变成了枯燥单调的一片黑褐色物体。但是这枯萎了的落叶层很快又被开花的植物点缀起来——獐耳细辛、延龄草、堇菜和春美人等，在林中到处涂抹上各种各样的色彩。这是因为小小的植物必须趁林冠遮住天空以前在早春开花，以便得到阳光照射。

复杂的变化引起生命在一小颗种子内甦醒：有一种生长激素开始活动起来，一些酶在有效地调整和诱导植物体的发育。种子内贮藏的脂肪和淀粉变成类糖化合物，同时大量蛋白质也分解成约20种化合物。它们再被转移到幼茎、幼根的生长点，借助其他酶的作用进一步变成能直接被吸收的养分。怪的是虽然有这些活动，林地上的种子却常常发芽迟缓。原来，这是因为许多种子都具备一种特意地推迟发芽的机制。例如一些种子外面有一层能够防水的种皮，需要一段长时间（有时甚至需要多年）水分才能将它浸软和渗透到种子内部。或者是种子需要经过长时间的冷冻才能出芽（有时种子需要经过两个一冻一化的周期才能出芽）。对生长在气候骤然发生变化的地方的植物来说，种子延迟发芽对其生存具有重大意义。如果没有这种机能的话，那么，在晴暖宜人的晚秋或者在早春二月，种子会很快发芽，等到以后天气乍冷或寒冷回潮时又很容易冻死。

在林地上，植物每年开花的时间表是可靠的，甚至是准确到了不可思议的地步。臭崧在三月开花，獐耳细辛在四月开花，鸟脚堇则在五月开花。为什么堇菜要在五月开花？为什么它不同翠菊一样，到秋天才开花？植物学家曾长时间找不到答案。但是，现已知道，随着季节的推移，白昼同黑夜对比关系的持续改变正是刺激植物开花的因素。植物对春季夜晚逐渐缩短的反应，或者对秋

季夜晚逐渐变长的反应，一般叫做光周期现象。几乎每种植物体内都有这样的机能：当适当的光周期讯号来到后，它的细胞就停止生长茎和叶，而开始生长花和种子。有一种激素，人们还从来没见过它，不过已名之为成花激素，它在植物体内移动，并诱导增殖的细胞构成花朵。光周期现象在很大程度上支配着森林生命的变化与节奏。随着春天气温上升而开放的芽苞（一般按照植物种类而各有准确的开放时间），都是在前一个夏季和秋季、应和着黑夜的延长形成的，并在冬季保持休眠。光周期现象在植物根部的形成和茎、叶的生长方面也有重要作用。它还影响到鸟类。移栖的北美麻雀、北美野鸽、鸣禽和其他森林鸟类都是光周期现象的俘虏，而不是森林中自由来往的客人（过去人们曾这样误解它们）。它们回到北方是对北方春季白昼变长的一种反应，因为这促进了它们体内生殖腺的功能。当白天变得相当长的时候，它们就一定飞回北方，在北方进行繁殖。

鸟类可以说是最引人注目的森林动物，春天它们使森林充满歌声。它们放声歌唱并非如诗人经常描写的那样，是赞美新春的快乐，而是在交配季节里显示它们的好斗性和占有欲。雄鸟一回到森林之后，就立即标志出它们占领的活动范围。这些范围大小不一，根据季节、食物供应条件、鸟的身躯大小等因素来决定。每种鸟似乎都知道自己到底需要占领多大的范围来养大雏鸟。一旦占领之后，它就全力加以保卫，制止同种的鸟前来侵犯。为让其他鸟知道自己已占有一块地方，鸟沿着占有范围的边界选择有利的据点不断歌唱，标明自家疆界所在，同时显示出保卫的决心。鸟的歌声变化极多：北美红雀可以有28种不同的唱法，而北美麻雀则有884种音调。那些不会唱歌的鸟也用别的方法来标明自己活动范围的边界。例如啄木鸟在枯死的大树枝上用力啄出声来；雄的流苏山鸡在倒木或树桩上用翅膀猛力扇动空气，发出劈啪的声响。

每英亩（0.4公顷）森林大约可以养活两对或三对在林中筑巢的鸟，一只雏鸟一天的食量等于它自身的体重。森林中的谋生方式是如此之多，使得每一种鸟同作为邻居的另一种鸟很少发生竞争，仅是彼此窝巢的位置不同而已。五类不同的啄木鸟（1.生有短茸毛的；2.生有长细毛的；3.生有柔绒羽的；4.腹部呈红色的；5.穴居的）可以在同一树林中筑巢。尽管它们都啄食树皮下面的昆虫，但是每种啄木鸟在树上觅食的部位却不相同，这就避免了冲突。在同一片森林中和在同一个时间内，京燕只捕食正在飞翔的昆虫，北美红雀、炉巢鸟、金翅雀等只在地上寻找食物，而黄柳雀则在树林的上层猎食，因而它们同啄木鸟很少有冲突。在春天森林的立体世界中，每种生物都各自找到自己的住所，正如人类社会中严格限定了人们各自住在自己的住宅内一样。

春深叶茂的时候，一片浓淡交映的碧绿罩住整个森林。树叶是个了不起的食物制造厂。它从空气中吸收二氧化碳，从土壤里得到水分，由太阳得到光，再利

用这些东西来制造糖类和淀粉——这个过程叫做光合作用。树根吸收的水量是惊人的。一株长满叶子的大树一天可从地下吸上近一吨水分，并通过一个复杂的输导系统把它输送到每片叶子中去。在制成的全部食物中，约有一半送到树干、树枝和伸得很远的树根的各个生长部位。其余一半则用于开动制造食物的机器，补充枯落了的部分叶片和修补树木受到损伤的部分。

栎树在秋天落叶最晚，在春天发叶也最迟。等到它们最后发叶并且郁闭起来遮住天空时，夏季就来到了。早夏是象征满足、平静和丰盛的沉默季节。这时郁闭的林冠带来深暗的阴影，高度的潮湿带来孵卵器里那样的闷热。树叶是这样稠密，以至在起风时就能听到它们彼此相擦的声响，例如松针的刷刷、榆叶的飒飒和杨叶的沙沙声。树林的声音几乎同它的景色一样，总会引起游人的兴趣。两千年前罗马诗人弗吉尔（Virgil）曾把欧洲南部的一株栎树喻为“风中的簧片”。另外，每一种树叶在风中似乎都表演出它自己独特的动作，这决定于树叶的形状及其着生于枝条的方式，甚至枝条的韧性也起作用。白杨的叶片在微风中颤动，好象成千的绿色蝴蝶停歇在枝条上，一开一合地在扇动翅膀。白杨的叶梗扁平，能象风帆一样捕捉最弱的微风。栎树的叶梗有的象弹簧，它的动作是上下跳动。柳叶着生在鞭状的枝条上，它们象摆锤一样来回摆动。

游人走进夏季的森林，总会感到动物变得多么沉静。水池那里春天的合唱已无声息，几个月前还在汨汨流着的溪水现在已变成一股无声的细流，狐狸的叫声不再能听见；唱歌的鸟也只有很少几种，其中主要是不知疲倦的炉巢鸟。这时，许多动物都进入类似冬蛰的状态。在炎热的日子里，金花鼠几乎不吃东西，由于代谢作用已减弱，它的身体还保持相当凉爽。癞蛤蟆则扒出浅洞，身体紧贴住树荫下潮湿的泥土。爬行动物也进入不活跃时期，只在下雨天或日落后才爬出洞外。可是这时夜晚反而变得热闹起来。日落后，负鼠慢慢出来寻找食物，它凭借长而无毛的尾巴，能从一条大树枝上跳到另一条大树枝上。这种尾巴简直象第五条腿一样，这是森林动物对森林生活的一种适应。在夜间，豪猪要花费好多时间吃树皮和树叶。鸟儿们这时也从外面田野里飞进森林，来寻找安全的栖息场所。然而浣熊、狐狸、臭鼬和鹿则朝着同鸟儿相反的方向进发。它们跑到森林边缘附近的地方去觅取食物。

夏季是昆虫的季节，因而树叶受害不少。数月前完整地发放的叶片到这时有的残破得象暴风雨过后的旗帜一般。植物组织的每一平方英寸（6平方厘米）都很少能逃避这种或那种昆虫的注意，它们蚕食树叶的边缘或者吮吸树干、树叶和树根的汁液，甚至还在叶片的小细胞当中开凿通道。但这也就是森林中所有生物的一种相互依赖关系；在夏天吃过树叶的毛虫到翌春会变成一只蝴蝶，它回过来又给受过毛虫之害的树木传播花粉。

昆虫在温暖的天气里生殖旺盛，它们需要的水分很少。在干燥而炎热的七月和八月，昆虫的活动达到顶峰。直到秋霜横扫森林时为止，树顶总有昆虫管弦乐队演奏的乐曲声。白色的雄性树蟋蟀在一个翅鞘上长有许多翅脊，它的作

用象小提琴上的琴弦，同时在另一翅鞘上又长有厚的翅脉，它的作用象琴弓。当翅脉在翅脊上来回拉动时，就产生一种吱吱嘎嘎的琴声。只有雄虫才有这种功能，并且也只有雄虫才有接收这种琴声的听觉。雌虫不会拉出这种琴声，同时又是聋的。树蟋蟀拉出的这种琴声也被认为是标示活动范围的讯号，和前面所说的春天鸟儿唱歌的作用相同。螽斯伪装得象一片树叶，它的翅膀却拉出另外一种不同的琴声。在一个夏天，一只螽斯翅鞘上的翅脉同翅脊相擦可达三千万次到五千万次。在白天，蝉在林间的树梢上狂鸣，鸣声简直盖过了一切，好似夏日昆虫管弦乐队的鼓手。早在两千年前，弗吉尔就写道：“蝉的噪声充满了整个灌丛。”

没有受过虫害的树叶在干风吹拂下枯萎，由于真菌的侵蚀而变色。一到夏末，在树上很少能找到完整的树叶。此时，只要微风一起，就会有树叶开始飘落到地上，因而阳光又再度穿过树隙。这样，树冠日渐稀疏，居住在树林间的许多生物也日渐减少。鸟儿们脱掉吸引异性的漂亮羽衣而换上颜色单调的冬装时，它们准备退隐。哺乳动物在长出厚实的冬毛之前，也将旧毛脱掉。松鼠的尾巴缩到只剩下几根短的硬毛，这使尾巴几乎失去了它稳定身体的功能。在新的密毛丛生的尾巴长出以前，松鼠不敢再那么冒失，它不敢再从一株树上跳到另一株树上，来越过树冠之间的“峡谷”。

两百年前，马萨诸塞（现为美国一州）清教徒殖民地总督写信回英国介绍美洲落叶林的风景时写道：“如果我要劝说画家用逼真和严密的手法来画出这里秋天树林的景色，就要求他一定要把彩虹上所有的颜色都揉合在画布上，否则就无从描绘出秋叶所具备的各种颜色。”毫无疑问，新英格兰的林中秋色一定会震动那些早期的定居者，树冠和林地上鲜艳夺目的锦绣般色彩（金色、红色和朱红）在世界上其他地方是很难看到的。这不是说温带落叶林在其他各大洲都不存在，而是说它们没有如此美丽的色彩。这里，红槭红得象火焰一样，似乎点燃了整个树林。同时人们也看到糖槭染成红色，衬托着漆树烁烁的闪光和杨树披上的暗金色秋衣。

同人们料想的相反，引起树叶变色的并不是秋霜。可以说，树叶变色乃是它内部发生微妙化学变化的表征。秋季天气凉爽和干燥这一因素在树木体内引起一连串复杂的反应，这包括巨大供水系统的关闭。早在夏季，叶片就开始为自己的脱落做好准备，即在叶柄基部形成一层薄薄的细胞，有时还可以用肉眼看出这些细胞在叶柄基部周围形成一条颜色浅淡的带状物或浅沟。紧靠在这层细胞的下面还有另外一层细胞。它的作用是：当以后叶片脱落时，它就产生封闭伤痕的愈合组织。这两层细胞生长时，逐渐将导管堵塞。这时叶片中的叶绿素也很快分解和消失，并且不再得到更新和补充。这样，叶片就呈现出黄色、金色和橙红色等等。叶片在夏季本来就有这些颜色，只是被叶绿素完全遮盖住了。此外，叶片还产生一些原来没有的颜色，如鲜红、猩红和紫色等。



图中显示的齿毛猫头鹰对寒冷的适应性在许多种鸟中具有代表性。光滑的羽毛（上图）可以抖松（下图），来储存空气，用以保持体温。