

WOW! 原來如此，你應該知道的大小事！

圖解版



為延續生命而努力的種子如何發芽？
了解祕藏在種子裡的驚人生命力

種子的 不可思議



晨星出版

01

在小學裡所學到的「發芽三大條件」

想要種子發芽，必須具備三項重要條件。當春天氣溫回暖後，許多植物種子就會開始陸續發芽。但如果持續停留在冬天酷寒氣候裡，就不會發芽。另外，在溫暖房裡會萌芽的種子，到了冰箱般的低溫環境中，同樣不會發芽。因此，發芽的必要條件之一就是溫暖的氣溫，也就是**適當的溫度**。

此外，乾燥的種子也不會發芽。要讓種子發芽，就絕對不可欠缺水分。因此，可以了解發芽的另一項要素就是種子所吸收的**水分**。

那麼，剩下最後一項條件又是什麼呢？這個東西即使未曾多加留意，平時也充斥於生活周遭。因此我們打算讓種子發芽，也毋須特意準備，所以很難讓人想到這也是發芽的條件。

第三項條件就是**空氣**。當種子發芽時，空氣也是必備條件之一。因為種子和我們一樣都會呼吸。當種子處於乾燥狀態下，僅有些微呼吸，一旦吸收水分開始發芽時，就會變得激烈。

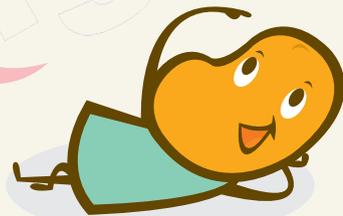
因此，種子在發芽時就必須有大量的空氣。而呼吸真正需要的，其實是空氣中所含的氧氣。所以，提到種子發芽條件時，有些書會寫「空氣」，有些則是寫「空氣（氧氣）」。

如果有人問：「種子發芽真的需要空氣嗎？」這時就必須讓大家看看種子在缺乏空氣情況下，不會發芽的證據。像是把種子泡水使其不能呼吸而無法發芽；或是將種子放在沒有空氣的真空中證明不會發芽等。不過，極少人會特地進行這些實驗，所以空氣這項發芽條件就常常被忽略。

因此，如果被問到「請回答發芽的三大條件」時，有許多人根本不會想起「空氣（氧氣）」這項要素。而且因為必須在「溫度」與「水」兩項條件後，舉出第三項，所以不少人都會說是「光線」。不過，光線並不在發芽三大條件之中。所謂的發芽三大條件，正是「適當溫度、水、空氣（氧氣）」。

圖●發芽三大條件

適當溫度、水、空氣（氧氣）只要缺少其中一項，種子就不會發芽噢！



所以才會稱為「發芽三大條件」啊！



02 「光線」是否為發芽的必要條件？

「光線」常被許多人誤認為是發芽三項條件之一，但它對於發芽來說是否真的必要呢？在小學自然課程的「種子發芽」單元中，我們也會學到這些相關知識。所以這裡就提出下列實驗進行討論。

在兩個相同的小容器底部放置含有適量水分的棉花，撒上黃豆或是四季豆（*Phaseolus vulgaris L.*）的種子，並讓種子保持在能夠吸收空氣的狀態。溫度則維持在適切的 20°C 左右。在這個實驗裡，已經具備了「發芽三大條件」的「適當溫度、水、空氣」。

將兩個容器的其中之一置於光線充足的明亮場所；另一個則放入黑暗的箱子裡，使其維持在沒有光線照射的狀態。

將這些材料準備好之後，我們也就可以提出問題：「接下來，這兩個容器中的種子是否會順利發芽？」放置在這兩個容器中的種子，其條件只差別在於是否有光線照射。因此，這個問題的重點只是要研究種子發芽時是否一定需要光線。

事實上，進行這項實驗後發現，種子不論是有照射光線，或是放置於全黑箱子中，均會發芽。因此正確答案就是：「不論是有照射到光線的種子，或是放置在全黑箱子中的種子，兩者均會順利發芽」。

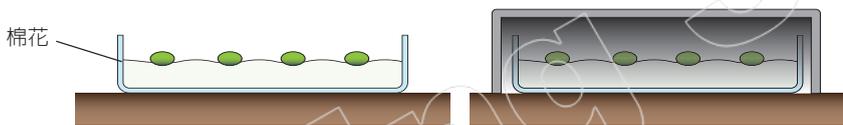
接著，要問的是「從這項實驗結果能了解什麼？」由於不論是有照射到光線的種子，或是放置在全黑箱子中的種子，兩者均能順利發芽，所以我們可以了解：「種子即使沒有照射光線，同樣也會發芽」。因此，這個問題的正確答案就是：「光線並非發

芽的必要條件」。

藉由這項實驗，我們可以得到：「只要具備適當溫度、水、空氣（氧氣）等三大條件，種子就會發芽。」這項結論，同時也明確顯示了「光線並非種子發芽的必要條件」。

所以，「光線」並不在發芽的三大條件之中。

圖●光線對於發芽是否必要？



在兩個相同容器中放入含水棉花，撒上四季豆種子。將溫度維持在 20°C 左右。讓其中一個容器接受光線照射，另一個則放入黑暗的箱子當中。

問題一 實驗的結果為何？

問題二 從實驗結果可以了解什麼呢？

從這個實驗可以了解「光線並非種子發芽的必要條件」。



問題一的答案 兩邊容器內的種子都會發芽。

問題二的答案 即使沒有照射光線，種子仍會發芽。



03

具備「發芽三大條件」 種子就會發芽嗎？

在日本的高中生物課本裡會介紹以下實驗。這裡會使用特定品種的高苣（*Lactuca sativa L.*）或是車前草（*Plantago asiatica L.*）等雜草種子進行實驗。

準備兩個培養皿，並各自放入含有水分的棉花或是面紙，撒上相同數量的幾十顆種子然蓋上蓋子。

將一個培養皿讓放入箱子或是罐子裡頭，並保持在全黑的狀態。然後把另一個培養皿放置於光線照射之處。溫度同樣保持在25°C左右，滿足「適當溫度、水、空氣（氧氣）」等種子發芽三大條件。這兩個撒上種子的培養皿除了是否照射光線外，幾乎處於完全相同的狀態。

經過幾天後，看看有光線照射的培養皿，發現種子已經發芽。確認過結果後，即可取出另一個放置於全黑箱子或罐子當中的培養皿，會發現此培養皿的種子並未發芽。

從以上的實驗可以得知，這些種子「發芽時是需要光線」的。也就是說，在此實驗裡，除了是否照射光線以外，其餘狀態幾乎相同，所以我們能歸納出「種子發芽時需要光線」這項結論。

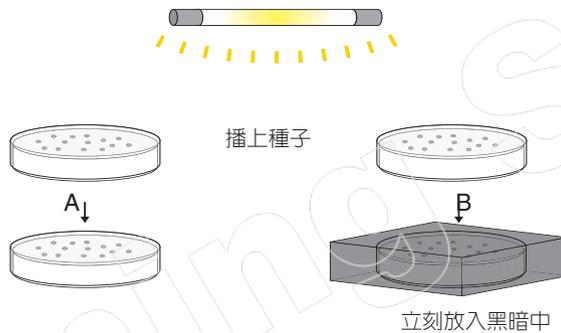
相較於證明光線對於種子發芽並非必要的實驗，這個證明「種子發芽時需要光線」的實驗結果實在讓人容易產生疑慮。究竟，種子發芽時光線是否為必要條件呢？

對於這個問題，只能回答「根據植物種類而有所差異」了。因為植物種類的不同，才會決定其種子發芽時是否需要光線。

因為有些植物種子發芽時並不需要光線，所以光線就不會列

入任何植物都需要的「發芽三大條件」中。被視為發芽三大條件的「適當溫度、水、空氣（氧氣）」，即表示是所有植物種子發芽時都必須具備的條件。

圖●車前草發芽時是否需要光線？



表●如果撒上30顆種子

	發芽的種子數量
A的種子	30
B的種子	0

從這個實驗即可歸納出「車前草種子發芽時需要光線」的結論。





04

植物的成長需要「光線」

所有的生物都需要能量來維繫生命並持持成長。動物會藉由食用食物獲得這些能量，而同樣具有生命的植物也如同動物般不斷生長，所以植物當然也需要能量。

不過，我們平常根本看不到植物食用食物的模樣。植物是以根部吸收的水分及空氣中的二氧化碳做為材料，並利用太陽光，在葉子的部位製造出葡萄糖與澱粉。這個作用稱之為「光合作用」。

在光合作用中製造出的葡萄糖與澱粉，正是植物維繫生命與持續生長的能量重要來源。因為植物能夠自行製造這些物質，所以就不用像人類那樣攝取食物。

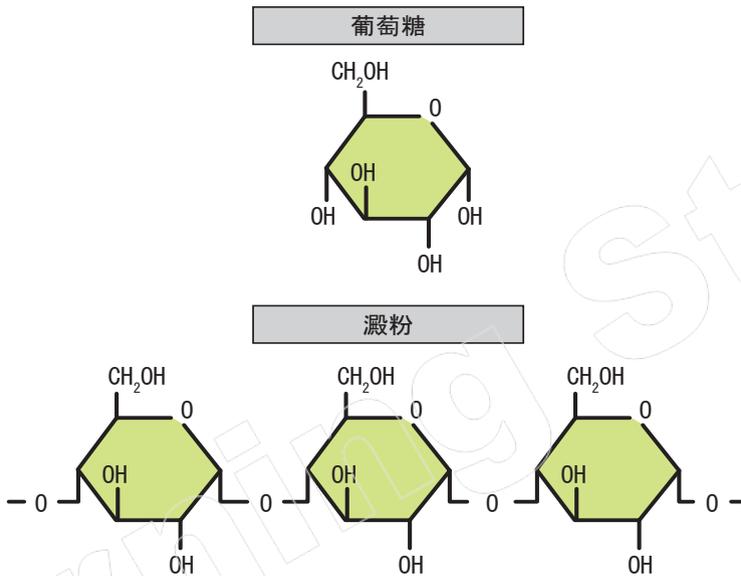
在光合作用的反應裡，光線是必要的條件。因此，在沒有光線照射之處發芽的種子，其命運的發展也不難想像。大家不妨思考看看：「種子一旦在沒有光線照射的場所發芽……」

發芽後的新芽能暫時依賴種子中儲存的養分成長，但之後就必須靠新芽本身進行光合作用來製造葡萄糖與澱粉。

已經發芽的嫩芽如果「沒有獲得光線的照射」，由於無法自行移動至有光線照射的場所。若植物持續照不到光線，就無法進行光合作用，當然也無法靠自己製造出養分，所以這株新芽不久後就會枯萎。因此，種子必須在有光線照射之處才能發芽。

在大自然中，必須依賴一己之力生存的植物，除了發芽三大條件外，也必須慎重確認種子發芽後能否成長。至少在發芽之時，就必須自行確認所在之處是否有光線照射。

圖 ● 葡萄糖與澱粉的構造



澱粉是由葡萄糖鏈結組成的。在英語中，葡萄糖被稱為「Glucose」。





05

多數的植物種子 在發芽時需要「光線」

種子如果在沒有光線的地方發芽，新芽就無法存活下去。因此有些人會認為「植物應該沒有笨到在無法生存的場所裡隨意發芽」，同時也對「光線對於種子發芽是否真的必要？」抱持疑問。從古至今，幾位有著上述想法的研究者，針對這項問題進行實際研究。

西元 1907 年，德國的金最爾（Kinzel）針對德國境內的 965 種野生植物，調查光線對於種子發芽是否必要。根據他所提出的調查報告結果顯示：「在 965 種植物中，有 35 種植物的種子，發芽時不會受到光線影響；但有 672 種植物的種子在缺少光線照射情況下即無法發芽」。在金最爾調查的植物當中，亦顯示「965 種植物中，有 258 種植物種子在照射光線後，種子的發芽反而受到抑制」。不過，這些植物是在強烈光線與長時間光線的照射下才導致發芽受到抑制，所以具有「在黑暗場所更容易發芽」的特性。因此這也表示，這些植物含有許多適當光線照射後可促進發芽生長的物質。

在日本，同樣也有「116 種植物中有 62% 的植物種子在發芽時需要光線照射」的報告，以及「145 種植物中有 55 種植物種子發芽時需要有光線」的調查結果。

大多數植物必須在大自然中依靠一己之力生存，所以除了發芽時必要的三項條件之外，也必須自行了解，發芽後是否能夠獲得新芽成長所需的光線照射。大多數植物的種子都會像這樣發展出「沒有光線照射就不發芽，受到光線照射就發芽」的謹慎特性。

我們身邊發芽時需要光線的植物有四翅月見草 (*Oenothera tetraptera. Cav.*)、紫蘇 (*Perilla frutescens var. crispa*)、鴨兒芹 (*Cryptotaenia canadensis subsp. japonica*)、萵苣、車前草等。這些植物的種子因為發芽時需要光線，所以被稱為「需光發芽種子」。

相較於這些植物，當光線照射卻會出現發芽受到抑制的種子，即稱之為「需暗發芽種子」。像是南瓜、青葙 (*Celosia argentea L.*)、番茄等就是這類植物的代表。

表1●金最爾的調查結果

照射光線即可促進發芽的種類	672
照射光線會使發芽受到壓抑的種類	258
不受光線照射與否影響的種類	35
合計	965

(金最爾 1907)

表2●需光發芽種子與需暗發芽種子

需光發芽種子…受到光線照射後可促進發芽
像是月見草、紫蘇、鴨兒芹、萵苣、車前草、菸草等等。

需暗發芽種子…受到光線照射會使發芽受到抑制
像是南瓜、青葙、番茄、胡瓜、仙客來 (*Cyclamen persicum Mill.*)、寶蓋草 (*Lamium amplexicaule L.*) 等等。



06

休眠的種子

黃豆、四季豆、白蘿蔔芽（かいわれ大根，又稱為蘿蔔嬰）等由人類所栽培的植物種子，並不需擔心發芽之後是否需要照射光線。

為什麼呢？其原因在於這些植物種子發芽後若需要光線，人類就會直接給予適當強度的光線。因此只要齊備發芽三大要件，就能隨時發芽。

不過，必須在大自然中憑藉一己之力生存的植物，即使具備「發芽三大條件」，也不能任意發芽。

如果種子在無法照到光線的場所發芽，新生的嫩芽就會枯死，但若種子保持在沒有發芽的狀態，植物即可承受惡劣生長環境而繼續存活下去。因此，一旦自己處於發芽後也無法生存的狀況，種子不要發芽是比較好的。在適合發芽後成長的環境條件到訪之前，種子最好一直維持原狀以持續等待發芽的機會。

因此，若發芽時需要光線的種子處於光線無法照射到的黑暗中，即使擁有了發芽三大條件，還是不會發芽。像這樣，即使具備發芽能力，但因未能滿足三大條件以外的要素，就算種子具備發芽三大要件也不會發芽的狀態，稱為「休眠」。

種子休眠的原因並非只受到光線影響，其他還有各式各樣的因素。舉例來說，有些種子在獲得發芽所需適當溫度前必須置於低溫環境中。這些種子若未能暫置於低溫當中，就算具備發芽三大條件也仍舊保持休眠狀態，並不會發芽。這項特性，我們將會在第 28 頁的內文中詳細介紹。

圖●豆芽是纖弱的象徵？



雖然日文中的「豆芽子」指的是身體虛弱的小孩，亦是羸弱的象徵，但豆芽本身可不脆弱啊！其實豆芽所擁有的，是那極力尋求光線且拚命伸長身體的堅毅姿態呢！





07

種子能否感受到光線？

種子在沒有光線照射的黑暗場所就不會發芽，這種植物的種類非常多。這些植物種子在接觸光線後就會發芽。其原因就在於種子會自行辨識是否有光線照射。因此，我們也可以說「種子能感受到光線」。不過，就算聽到「種子能感受到光線」，大多數人還是很難接受這種說法。

如果不提種子，而是說「葉子能感受到光線」，多數人都能接受這種說法。應該是因為葉子受到陽光照射時，綠意盎然的模樣印象相當深刻。另外，這也與大家熟知「植物在光線充足之處可生長良好，置於光線微弱之處即會失去活力，且不久就會枯萎」的道理有關。

這裡也有項實驗，能讓難以相信種子可感受到光線的人加以接受。選擇一處地面開始挖洞，將地底深處的土壤翻掘出來。這些土壤只要獲得水分與照射光線，就會有許多植物的種子出乎意料地開始發芽。

如果覺得特地挖洞翻土相當麻煩，也可以反覆翻掘農地或是田野土壤。不需幾天，就可看到許多雜草種子開始發芽。當看到種類繁多的雜草發芽時，真會讓人大感不可思議歎道：「這麼多種子到底是從哪裡飛來的？」

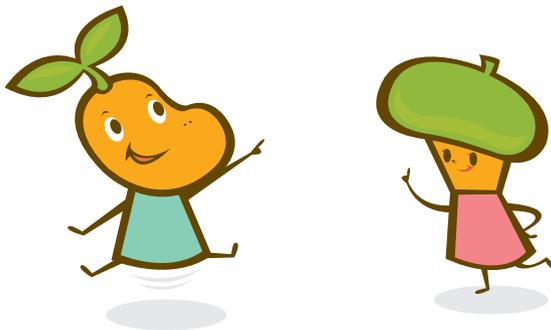
在這項實驗中，發芽的種子並非從何處飛來，而是原本就埋在土壤深處。因為藏在土中無法獲得陽光照射，所以才沒有發芽。

若把土壤翻起挖出，原本深埋地底黑暗處的種子便移往了土壤表面，所以也開始能夠獲得光線照射。種子一旦察覺到「發芽

的機會已經到來」，就會努力萌發嫩芽了。

在大自然當中，有許多種子都是沉睡在地底深處的黑暗土壤中，持續等待光線照射後能夠發芽的機會。

圖●沉眠於土壤當中的種子





08

消滅雜草的祕訣

雜草不管再怎麼清理拔除，還是會馬上冒出來。尤其是農田和花圃等，更不希望看到雜草生長。一般人很容易誤以為，若要打造雜草無法生長的田地或花圃，就得「仔細耕犁土壤，並將挖掘出的雜草連根拔除」。

日文中有「連根拔起」或是「斬草除根」等說法，給人只要連根刨起即可徹底消滅雜草的印象。所以才會採取「連根拔除」的方法。

也因為這樣，「仔細耕犁土壤，並挖出根部」，被認為是根除雜草的最佳方法，但事實上這並不是什麼好方法。

在田野、農地、花圃等的土壤裡，因為照不到光線，所以有許多種子都是保持在未發芽的狀態深埋其中。那些需要光線才能發芽的雜草種子，以未發芽的姿態持續等待光線照射。

土壤一旦耕耘翻起，雖然能將活著的雜草連根拔除，但那些至目前為止未曾受到光線照射的種子，卻會因為土壤的翻掘而曝露在陽光下。這麼一來，雜草的種子可就會開開心心地萌發新芽了。即使沒有翻土的動作，但只要除草後根上附著土壤，這些土壤中的種子同樣也會立刻冒出新芽。

消滅雜草的祕訣就是讓種子不要發芽，所以最重要的是不要讓種子照射到陽光。也就是說，如果不希望田地和花圃土壤的表面雜草叢生，就要避免光線照射。

當遇到這類情況時，可使用農用黑色塑膠膜（Mulch Film）覆蓋土壤，或是在土壤表面鋪設稻草等方法。雖然這些方法同時

具有保持土壤溫度等目的，但也有著不讓土壤表面種子照射到陽光的效果。另外，以不含雜草種子的栽培用土壤覆蓋田地表面也很有效果。

除了田地與花圃，如果不想讓通道雜草叢生，緊密鋪設小石塊，同樣也有良好效果。一般住家庭院通道如果長出雜草，不易除草，同樣可以藉由在通道上鋪排小石頭，大幅減少雜草生長。

圖●農業用黑色塑膠膜覆蓋土壤的效果



鋪設黑色塑膠布具有以下效果：

- 讓土地表面保持較高溫度。
- 避免雜草種子接受陽光照射。
- 因為已發芽的雜草新芽不會接觸到光線，所以也不會繼續成長。
- 防止乾燥。
- 防止土壤潑濺至葉子上，植物較不容易生病。



09

溫度對於發芽的影響

時序進入春天，許多雜草的種子陸續發芽。在嚴冬期間看不到雜草身影的土地上，出現了許多的新芽。不論是原野或是田埂，都能見到各式各樣的雜草冒出嫩芽。

這些種子在冬季期間應該都是位於同樣場所，之所以沒有發芽，是因為並未具備發芽三大條件之一的「適當溫度」。也就是說，只要試著想像「冬天的低溫並不適合發芽」，就很容易理解這個現象了。

當春天來訪，氣候變暖後，許多雜草開始發芽。所以我們才會產生「雜草種子在暖和後，就會受到溫暖氣候影響而發芽」的印象。

因此，如果問說「雜草種子為何到了春天就會發芽」，就會立刻得到「天氣變暖了」的回答。而且回答的人還會出現「這種理所當然的事情還要特地來問」的表情。

種子在天氣變暖後冒出新芽的確是事實。這個回答也並沒有錯。不過，這個答案似乎有所不足。為什麼這麼說呢？那是因為這項說法並未提及種子為了在春天發芽所忍受的辛苦。

如果種子是因為春天的溫暖而發芽，那麼在秋天結果時立即發芽應該也不足為奇。因為春天與秋天的溫度幾乎是相同的。不過種子若是在秋天發芽，其新生的嫩芽就會因為馬上到來的寒冷嚴冬而無法成長。因此，種子若是沒有確認已經度過寒冬，就不會確實冒出新芽。

為了確認已經度過寒冬，種子就必須實際感受到冬天的寒冷。

在大自然中於春天發芽的種子，進入冬天後會在土中感受溫度，一邊抵抗著冬天的寒冷，一邊持續等待著發芽季節的到來。對於種子來說，爲了發出新芽就必須辛苦忍耐。

圖●發芽時會尋求低溫的植物

為了發芽，有些種子必須置留在寒冬中一至三個月。

例如桃、蘋果、日本櫻草 (*Primula sieboldii*，亦稱報春花)、四照花 (*Benthamidia florida*，亦稱花水木)、野燕麥 (*Avena fatua* L.)、糖楓 (*Acer saccharum* Marsh.) 等。

所謂的寒冷冬天，到底是幾度呢？大約是五度左右的溫度是最剛好的噢！



種子不會隨意發芽

植物並不是不會移動，而是沒有移動的必要，其原因就在於植物具備各式各樣的功能。不過，若是種子弄錯了發芽的「時間」與「場所」，剛剛萌發的新綠嫩芽就會在未能充分發揮功能的情況下枯萎。

植物之所以能不移動而存活下來，是因為先選好能夠充分發揮植物機能的「時間」與「場所」之後，才讓種子發芽。



10

種子會藉由冬天的寒冷而甦醒

之前已經介紹「春天發芽的種子，會在感受冬天寒冷後發芽」。不過大家對於「春天發芽種子，真的能在感測冬天寒冷後發芽」還是有所懷疑吧！

為了解開這個疑問，我們只要採下秋天結實後的種子並立刻播種就能得到答案了。先給予這些種子「適當溫度、水、空氣（氧氣）」等發芽三大條件，並將含水面紙鋪置在培養皿中，然後把種子播撒於上。這個培養皿即使放進了溫暖室內，種子也幾乎不會發芽。

另外，再準備一個培養皿進行實驗，但須短暫置於冰箱一段時間，然後放回一般發芽的室溫，就可看到種子開始發芽。

放在冰箱中的時間愈長，種子的發芽率就會愈高。若置入冰箱中使種子感受到冬天般的寒冷，種子到了溫暖場所就會發出新芽。這項實驗證明了「種子在感受冬天寒冷後而發芽」。

秋天結實取出的種子外表雖然看似毫無發芽的能力，但其中卻被設定成體驗到冬天寒冷後就會開始發芽。因此，這些種子在冬天的自然環境裡可不是只會忍耐寒冷而已。

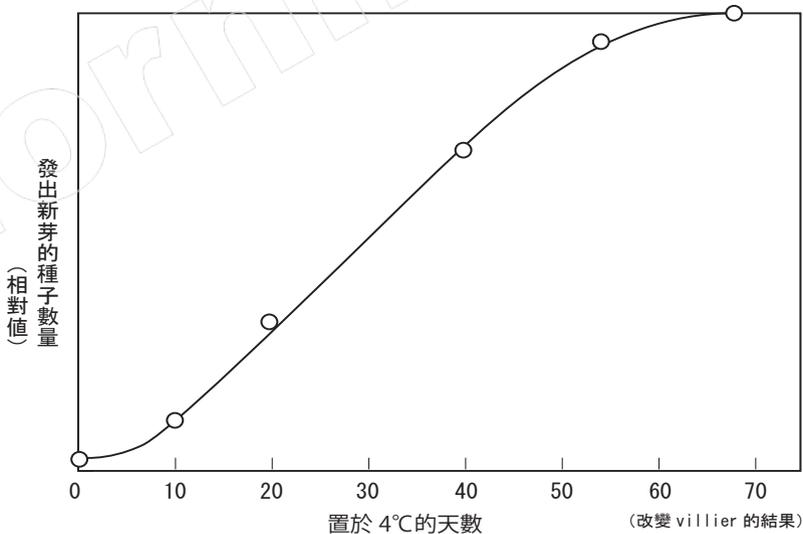
藉由感受寒冷來確認已經度過冬天，並且進行發芽準備。為了發芽，這些種子所等待的，與其說是「春天的溫暖」，不如說是「冬天的寒冷」才對。

如果在不穩定的溫暖秋天隨意發芽，到了冬天就會枯萎。所以種子會避免這種「不智的行爲」，全力學習能夠了解發芽時機的技能。

以上都是種子除了發芽三大條件外，也必須實際感受冬天寒冷條件的例子。那些沒有歷經冬天般寒冷溫度的種子，則是持續處於休眠狀態。我們也已經在 20 頁內文中介紹過這個例子了。

秋天結實的種子沒有感受低溫就不會發芽的特性，對於在大自然中確認已經度過冬天非常有幫助。因此，赤藜 (*Chenopodium album var. centrorubrum*)、狗尾草 (*Setaria viridis*)、豬草 (*Ambrosia artemisiifolia L.*) 等雜草的種子，以及椴樹 (*Fraxinus japonica*)、楓樹、鵝掌楸 (*Liriodendron tulipifera L.*)、胡桃、蘋果、桃等許多植物的種子同樣有著這樣的特性。對於一旦發芽，就無法移動以逃離冬季嚴寒的植物來說，這就是爲了能將生命延續至新世代所發展出的技能。

圖●處於低溫的蘋果種子的發芽



11

在寒冬中，種子發生了什麼事？

在人類體內，有著各式各樣的**荷爾蒙**發揮作用。像是促進生長的**成長荷爾蒙**（growth hormone，亦稱生長激素）、降低血液中糖分濃度的**胰島素**（insulin）、還有反而會造成血糖升高的**腎上腺素**（adrenaline）與**升糖素**（glucagon，亦稱胰高血糖素）等。

所謂的荷爾蒙，是由特定組織與器官所製造，會在身體內部移動，並於其他場所以極為微少份量發揮作用物質的總稱。人類就是藉由這些荷爾蒙來進行調節，使得身體能夠維持在正常狀態而持續生長。

植物體內也有著被稱為**植物荷爾蒙**（Plant hormone，亦稱植物激素）的物質。像是生長素（auxin）、赤黴素（gibberellin，亦稱吉貝素）、乙烯（ethylene）、離層酸（abscisic acid，亦稱脫落酸）、細胞分裂素（cytokinin）等。其中，**離層酸**及**赤黴素**與種子發芽有著強烈關聯。離層酸會阻礙發芽，而赤黴素則會促進發芽。

種子在經歷冬天的低溫後就會甦醒，接著因溫暖而產生反應，開始發芽。秋天時，雖然氣溫變暖也不會發芽，但只要種子感受到冬天低溫，就會因溫暖誘發反應而冒出新芽。其原因就在於種子感受到冬天低溫後，內部發生了某些變化。那麼，種子身上究竟發生了什麼事情呢？

目前我們已經知道，在接觸低溫前的未發芽種子裡含有許多離層酸這種阻礙發芽的物質。此外，這種物質的含量還會隨著種子承受低溫程度而逐漸下降。藉由感受低溫，可分解離層酸。另