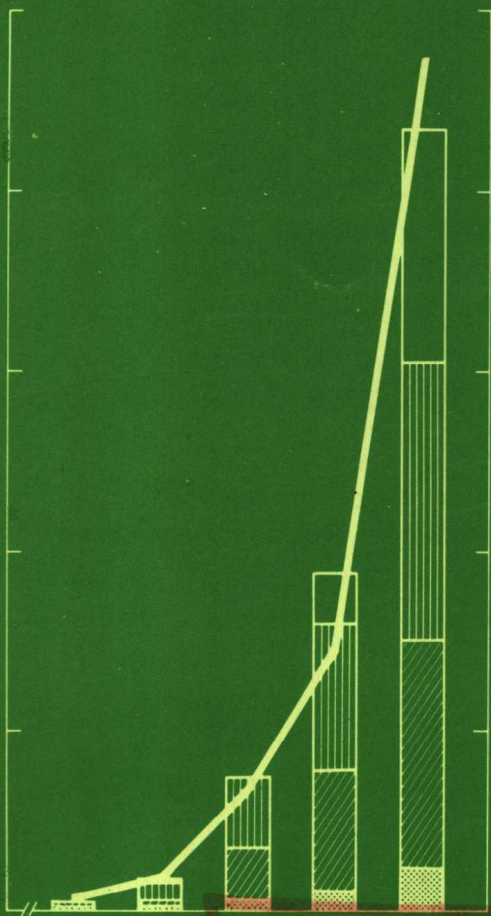


作物生理學簡要

徐是雄著

13.72/72



商 務 印 書 館

庫 存 書



作物生理學簡要

CROP PHYSIOLOGY

徐是雄 著

(香港大學植物學系)

商 務 印 書 館

BCF221

作物生理學簡要

徐是雄著

出版者 商務印書館香港分館
香港皇后大道中三五號

印刷者 商務印書館香港印刷廠
香港英皇道芬尼街二號D

* 版權所有 *

1976年7月初版

目 錄

前 言	1
一、作物的生長規律與人工調節	3
二、作物的營養與肥料	10
三、作物對太陽能的利用	18
四、光合作用、光呼吸與高效率植物	25
五、溫度對作物生長的影響	30
六、水與作物生長的關係	37
七、開花的機理與人工控制開花	42
八、影響作物生長的赤霉素和矮壯素	48
九、限制麥、稻作物高產的生理結構機制	57
十、瓜果的成熟機理與人工保鮮	62

附 錄：

(一)計量單位	69
(二)化肥、農藥計算方法	69
(三)t 試驗法	71
(四)正交試驗法	74
(五)參考書目	79

前 言

作物生理學是一門從生理的角度研究怎樣使作物高產更高產的專業科。它所涉及的範圍很廣，與農學、園藝學、植物學、林學都有密切的關係。但它主要是為科學種田、改造耕作制、改善農業生產措施、培育良種等各方面，提供一些必要的基礎資料、生產實踐經驗和理論根據。

香港的可耕之地雖然極有限，但農業對香港來說還是有一定的重要性，因此學習這一科是有其一定的實用價值的。

另一方面，本人有鑑在香港大學教授這一門課程時，因為用的是英語，所以，學生們對許多中文的專門名詞和術語，都不太熟悉，故特別寫作此書，希望為加強學生對作物生理學的理解和使用中文的能力，提供一些補助性的參考資料，以利學生閱讀。但由於作者的業務水平不高，生產實踐的經驗又有限，在論述中必定存在着許多缺點和錯誤，殷切地希望讀者和朋友們批評指正，

以利改進。

作者

一九七五年十二月

一、作物的生長規律與人工調節

作物的生長可以被劃分成幾個階段：種子期、營養生長期、生殖生長期和衰老期。種子的萌發象徵一棵植物的生命的開始。一粒種子如要正常地萌發成苗，得有適宜的外界環境條件的配合（充足的水分、足夠的氧氣、適當的溫度等）。但有時雖然具備了適宜的外界萌發條件，有些種子也仍然會遲遲不出芽的。這種現象叫做種子的休眠期(seed dormancy)。一般說來，栽培植物的種子的休眠期比野生植物和木本植物的為短，如稻、麥種子幾乎不休眠，一收割下來便馬上可以萌發。造成種子休眠的原因很多，如種子本身的生理和成熟情況、種子所含的抑制萌發物質（如脫落酸abscisic acid）的存在、種子外皮阻礙水分滲入的能力等。如要解除種子的自然休眠狀況，有時可以採用以下的措施：如晒種、除去種子的外皮、用赤霉素(gibberellic acid)或激動素(kinetin)等生長調節物質來浸種等。

有時有些種子雖然並不呈現明顯的休眠期，但由於

種子的生命力的強弱不同，種子的水分含量的高低，收穫時的成熟程度，貯存時間的長短，貯存的環境條件的好壞等都會引起發芽率低和出苗不齊的現象的。但總的來說，只要讓種子充分成熟後收穫，收穫後又得到及時乾燥和被保持在“乾、冷、淨”的貯藏環境條件下，種子的一般發芽年限（3—4年）和使用年限（1—2年）是可以延長一些的。但姑勿論收集或貯藏的情況如何，在播種時一定得預先測知種子的萌發率（即在適宜種子發芽的條件下，一百粒種子在一定時間內能有多少粒發芽）才能保證苗質，避免浪費種子。

種子發芽後（水稻十天，小麥七天，棉花九天），如外界環境條件適宜，很快便能成苗，由苗期開始，植物便進入一個頗長的生長期——通稱營養生長期。在這期間，植物的主要功能是長根、長莖、長葉。這些植物部分的生長速度起初比較緩慢，呈線性生長（linear growth）。用數學公式來表達即 $L_t = L_0 + rt$ （公式中的 L_t = 生長一段時間（ t ）之後的高度或長度； L_0 = 生長開始時的高度或長度； r = 生長率（growth rate）。大多數的植物在線性生長的時間都不會很久，跟着植株的生長速率便加快，進入指數生長（exponential growth）。用數學公式來表示即 $L_t = L_0 e^{rt}$ （ e = 歐拉常數）。

但單單知道植物的增長速率的進行，從生產實踐方面來講是無多大意義的，重要的是必須明瞭植物的生物學產量 (biological yield) 的增長狀況。因為只有植物的生物學產量才直接反映了植物的光合作用產物（即乾物質）的增長和積累的情況。

一般來說，植物的乾物質的增長主要取決於兩個因素：（一）光合作用的效率 (photosynthetic efficiency) 和（二）光合作用的能力 (photosynthetic capacity)。光合作用的效率主要是指葉子的光合作用的效率；光合作用的能力則是指葉子內的葉綠素的含量和葉面積的多少。因此如要增產可以依下面三條途徑來進行：（一）提高作物的光合作用的機制的效率。從羣體結構的角度來看，便是增進作物羣體的淨同化率 (net assimilation rate 簡稱 NAR)；（二）增加葉子的葉綠素含量；（三）利用農業栽培措施來增進植株的個體與羣體的光能利用率。

這三條途徑，以第一條途徑實行起來困難最大，因為現今我們對光合作用的機理知道的很少，只能停留在理論的層次來加以考慮而已。增加葉子的葉綠素含量，實行起來則比較容易，現時大多是用選育的方法來加以改進，但可惜效果還不大。效果最大的則是用農業栽培

措施使羣體的光能利用率增高。下面就用一個實例來說明一下：

最近北京市農業科學院農業氣象研究室光能利用研究組的一份報道指出，北京地區小麥對光能的利用率一般在1.17—1.89%左右，而一些高產的小麥羣體的光能利用率則可達到5.09%。在同一報告中他們進一步指出如要提高小麥對光能的利用率，就得採取以下幾種方法：

（一）實行合理密植，適當地控制葉面積指數（即葉面積與土地面積的比）（leaf area index 簡稱 LAI）譬如小麥最好能保持生長期葉面積指數平均在4左右）使羣體的內部保持通風透光良好，避免植株因過密而引起下部鬱閉和通風透光不良的情況發生。

（二）選用適合密植、抗倒伏和抗病的品種，提高羣體光能利用率。

（三）加強肥水促控，結合栽培管理措施，保持不同生育期的合理羣體結構，提高和延長光合器官功能。

（四）應用化學藥劑（如矮壯素、磷酸二氫鉀等）控制旺長，防止倒伏(lodging)和提高光能利用率。

（五）適當調節主莖分蘗(tiller)生長和有效分蘗生長與無效分蘗生長的矛盾。

除了穀類作物之外，其它如果樹等則應採用疏枝(即

適當減低枝葉的密度)的方法來提高樹葉的光能利用率；而像桑樹這類植物則可用單枝密植的方法來提高光能利用率，從而達到增產的目的。

上面簡略地談了怎樣抓好植物的營養期對增產的重要性。但是增產單靠營養期的長勢好也是不夠的。我們必須同時掌握植物的生殖期的生長狀況。因為生殖期對產量（尤其是經濟產量economic yield）有決定性的作用。拿糧、棉、油作物來說吧，這些作物的產量的高低主要是取決於單位面積上的花、穗的多少，穗、鈴的大小和籽粒的輕重。但單單抓生殖生長期也是不能保證增產的，因為生殖生長期和營養生長期是有着相輔相承、互為因果和相互矛盾着的複雜關係的。如果營養期生長不良，當然會影響生殖期的生長；但如果營養期生長過旺，同樣也會影響生殖生長期的。譬如水稻，營養生長期植株生長過旺（如過多施用氮肥），便會推遲生殖生長期的到來造成貪青、晚熟、減產。又因營養生長期葉子生長過多，容易造成葉與葉之間互相蔭蔽，使羣體的光照利用率降低，同時還會使營養生長期內不能為生殖生長期積累足夠的養料，造成脫力的現象。故此，如要保證產量的高水平，就一定得採取有效措施（如追肥和灌水）使營養生長和生殖生長兩個時期保持平衡。

但是有時有些植物在剛踏入生殖生長期便出現衰老的現象。譬如穀類作物就容易在生殖生長期出現葉子發黃的現象。防止的方法是注意在生殖生長期植株的肥水情況，務使葉子的壽命和功能 (leaf area duration) 延長。又如許多果樹在進入生殖生長期往往容易產生提早落花、落果的現象。這一向是一個在生產實踐中的老大難問題，但現今已發現可以利用生長調節素來加以防止。譬如蘋果就可以用百萬分之幾的萘乙酸 (naphthyl acetic acid, NAA) 或 alar (succinic acid 2, 2-dimethyl-hydrazide, SADH) 噴施在將要落果的樹上，制止蘋果的脫落。另外 2-4-D 也可以有效地防止蕃茄等果疏類的落果。

上面扼要地談了一些有關植物的生長規律和人工控制生長的方法。下面讓我們來看看植物控制生長的機理。對於這個問題我們實際上知的並不多。但有兩點是比較清楚的，那就是植物的生長的調節機理與（一）植物的營養狀況以及（二）植物體內的生長調節素的作用是分不開的。下面就這兩點說明一下：

（一）熟悉果樹生長的人都知道，許多果樹（如蘋果、梨、桃樹等）都有所謂大小年之分：即一年產量比較高，而跟着一年就會降低。果樹的產量所以一年高一年低，主要的原因是因為營養問題帶來的矛盾。因為在

大年，果樹結果多，消耗養料多，故積累到第二年的養料就相應減少了，不足供應下一年之用，形成了小年。現時解決大小年之間的矛盾，通常用的方法是進行適當施肥，保證樹木足夠的營養料供應，其次是採取剪枝、疏花、疏果措施，使大年不致於產生太大量的果實。

(二)就現今所知，調節植物生長的生長調節物質種類很多：如吲哚乙酸、赤霉素、細胞分裂素、脫落酸、乙烯等。這些物質同時存在植物體內，它們之間的關係相當複雜。下面就它們的主要功能論述一下：

吲哚乙酸 (indolacetic acid) 是一種促進細胞壁延長的生長素，在植物的莖頂端部產生，能流入其它的組織，對光照有一定的敏感性。根據其濃度的情況可以催促或抑制生長——通常濃度低的能促進生長，濃度過高會抑制生長。

赤霉素 (gibberellic acid) 主要來自赤霉菌，但在高等植物體內同樣也有赤霉素的存在。它的最顯著作用是能使矮生的植物增長，同時還能催促許多植物快速開花、結果。對穀類植物的增產也有一定的作用 (見第八章)。

細胞分裂素 (cytokinins) 能增進細胞快速分裂，但在農業上的用途還不廣，有待進一步研究和探討。

脫落酸 (abscisic acid) 能促進葉子和果實脫落母體，同時還能抑制種子發芽和延長種子的休眠期。

乙烯 (ethylene) 對植物生長的影響是多方面的，它對植物細胞的分裂、擴大、營養生長、休眠、萌發、開花、性別分化、果實成熟、器官衰老脫落以及排泌乳液等都起着重大的調節作用。

二、作物的營養與肥料

作物需要從空氣中吸收二氧化碳，進行光合作用，以及利用根部從土壤中吸收大量水分和各類的礦物質元素，才能生長發育和開花結果。空氣中的二氧化碳當然是用之不竭的；但在土壤中的營養料則是有限的；尤其在農田裏營養料的不足更是突出，因為通常一畝地一年至少得供一至二熟的農作物的生長，所以在種植農作物時，必須經常替土壤補充營養料藏量（即增加肥沃度或地力）。那麼應補充些什麼營養料呢？又怎樣去補充呢？在回答這兩個問題之前，先讓我們來了解一下植物生長時到底需要些什麼營養料這一個問題。

據實驗顯示，植物生長所需要的主要營養料大約有十幾種。但在這十幾種營養料裏，植物需要較多的（所謂大量元素）有：氮、磷、鉀、硫、鈣、鎂。需要量比較少的有：鐵、銅、鋅、錳、鉬、硼、氯、鈉、鈷、鈺等（統稱微量元素）。在大量元素中，植物對其中的三種元素的需求尤其突出，那就是氮、磷、鉀，統稱三要素；同時這三種元素在土壤裏的藏量也不多，這就是為什麼我們加入土壤的肥料，基本上只局限於氮、磷、鉀。不過，在這三種主要元素之中，植物對氮的需求量比磷和鉀又來的大，這是因為：（一）土壤的含氮量一般都很低；（二）大多數的氮化合物都可溶解在水裏，因此就容易被水沖走和流失；（三）許多氮化合物質則容易形成有機物存在土壤中，不能被植物直接利用。氮素除了能促使植物正常生長以外，它還是導使植物增產的有效元素。譬如就水稻來說，如果每畝平均施用氮素10斤，可以使稻穀的產量上升100斤左右，可見氮肥對糧食增產的重要性。又如小麥，每生產100斤籽粒，就需從土壤中吸取氮素3斤，磷（折合 P_2O_5 ）1.5斤，鉀（折合 K_2O ）3斤左右。

我們除了可以用化學肥料（或稱無機肥料）來補充土壤中的礦物質含量以外，另一種常用的肥料是有機肥。

有機肥料種類相當多，有：人糞尿、油餅（例如豆餅、菜籽餅、棉籽餅、花生餅等）、家禽糞和海鳥糞、厩肥和土糞（都是以家畜糞尿為基礎，摻上一些褥草、殘餘飼料、廢水等，經過發酵分解而製成的肥料）、堆肥（以植物的秸稈為主，經過發酵分解而成的肥料，可以含有糞尿，也可以不含糞尿）、雜肥（如骨粉、魚粉、炕土、熏肥、塘泥、泥炭、海洋動植物肥、城市和工廠排出的廢料等）。這些有機肥料有一個共通之點（一些雜肥除外），那就是它們需要經過一段時期的發酵（即漚肥）

表 一

名 稱	符號	離 子
鉬 Molybdenum	Mo	MoO_4^-
銅 Copper	Cu	$\text{Cu}^+, \text{Cu}^{++}$
鋅 Zinc	Zn	Zn^{++}
錳 Manganese	Mn	Mn^{++}
鐵 Iron	Fe	$\text{Fe}^{+++}, \text{Fe}^{++}$
硼 Boron	B	$\text{BO}_3^-, \text{B}_4\text{O}_7^-$
氯 Chlorine	Cl	Cl^-
硫 Sulfur	S	SO_4^-
磷 Phosphorus	P	$\text{H}_2\text{PO}_4^-, \text{HPO}_4^-$
鎂 Magnesium	Mg	Mg^{++}
鈣 Calcium	Ca	Ca^{++}
鉀 Potassium	K	K^+
氮 Nitrogen	N	$\text{NO}_3^-, \text{NH}_4^+$
氧 Oxygen	O	$\text{O}_2, \text{H}_2\text{O}$
碳 Carbon	C	CO_2
氫 Hydrogen	H	H_2O

腐熟方能被作物利用。這主要是因爲，天然的有機物質所含的礦物質元素如氮、磷、鉀等與有機分子結合，都不易溶於水，難被作物吸收。故有機物質必須讓微生物把有機物質化解成可被作物吸收的營養料（即表一中所示的元素），才能成爲肥料。

但在大田種植的情況下，每收割一次後，就必定會有相當多的葉、稈、根等植物部分遺留在農田裏的（簡稱茬子）。如讓這些茬子留在田裏，秋天耕地就會頂犁鏟，春天下種會拌耬腿，並且還會造成土壤空隙，跑墒漏水。所以爲了克服田地的留茬，我們通常就把茬子鏟碎耕翻到土裏，讓它們在自然的環境條件下漚爛、腐熟，形成有機肥料（即鏟茬肥田）。

茬子的有機物質需要多少時間才能漚成有機肥料呢？這就要看茬子的有機物質的碳和氮的含量（即碳與氮的含量比例，C/N ratio）而定了。因爲當有機物質漚爛時，有機物質裏的碳素會引起大量微菌的繁殖，但微菌在繁殖旺盛時，不但需要大量的碳素，並且還需要消耗大量的氮元素。因此，假如我們在這段微菌大量繁殖的時期，種上農作物的話，那麼農作物就得和微菌爭奪氮素，這對農作物來說是吃虧的，因爲在這一段時間內，田裏的氮素比較缺乏（都給微菌消耗掉了）——故被稱