

大學叢書

作物學通論

作物與環境

朱 鈞 著

臺灣商務印書館發行

中華民國七十三年八月初版

版權所有
翻印必究

大學叢書
作物學通論 一册

作物與環境

基本定價四元二角正

著者 朱 鈞

發行人 朱 建 民

印刷及發行所

臺灣商務印書館股份有限公司

臺北市重慶南路一段三十七號
登記證：局版臺業字第〇八三六號

校對人：張樹怡 蔡淑貞

八五三一

自序

一顆作物的種子，孕育着生命的源泉，當它撒入泥土中，經過水分之滋潤，就會萌芽而生長，再經過陽光照射，養分滋養，適當之溫度和灌溉之配合，再加上農友們辛苦的耕耘和管理，幼苗就慢慢的生長茁壯而開花結果，豐碩的收穫是由一點一滴聚積起來的，而作物是否能發揮其優良的遺傳特質，達到豐產、高品質的栽培目的，受環境和管理措施等因素影響甚巨。作物是人類馴化和利用的植物，其基本特質和對環境的生理反應是作物生產首先應該瞭解而最爲主要的一門科學，而研究之範圍則更包羅極廣，從最基本的植物學、遺傳學、生理學、生態學、解剖學而進一步應該瞭解的作物與水分、光線、土壤、肥料、溫度等環境的關係。由基本的理論到實際的應用，融會貫通則作物之改良和經營則可達事半功倍之效。

本書編撰的目的，則是針對作物與環境關係爲重點，增進讀者對作物與環境的關係能在深入淺出和有限時間內有所瞭解，而更進一步對作物資源作有效的栽培、管理、改進。因此本書不但可供給主修作物學的大專二、三年級同學做爲教科書，更適合一般非主修作物學科之農科科系同學參考之用。至於各種作物之特性以及栽培技術，則不在本書論述之範圍，可參閱作物學各論等專書。

一般適合農科學生瞭解作物生理特性和環境關係的作物學通論專書，中外皆不多見，而國內出版刊印之中文該類教科書更是不易求得。Janick, J., Schery, R. W., Woods, F. W. 和 Ruttan, V. W. 合著之 *Plant Science - an Introduction to World Crops*，出版後，其書內容完全符合上述的旨趣，爲一本非常暢銷和卓越的名著。1974年經修正後第二版問世，更爲完備，爲難得一見的好書。因此本書除第一章入口、糧食與作物，第十章作物種子，第十一章植

物生長調節素與作物生產，第十二章雜草防除，以及第十三章收穫與貯藏外，其他章節皆依據此書為藍本，再參閱較新的中外有關文獻和資料編撰而成。作者希望不但能達到原著的可讀和權威性，更希望能貼切地表達出原書的精神和內涵。這是理想，而作者之能力和學識都極有限，勢難達到盡善盡美；還望讀者及有關學者專家多多指正，以後有機會能夠修正，筆者先致最懇切的謝意。一門學問，知道固然重要，更重要的是瞭解後如何加以有效而靈活的應用。望此書對每位讀者有一點小小的貢獻。

此書在開始以及撰寫期間承蒙 盧守耕教授、畢中本教授二位老師的愛護和鼓勵，尤其盧師親自賜正得以完稿，提攜後進之精神，銘感尤深。部份章節由筆者敦請國內有關學者專家撰寫，使其更為完美。第五章作物與水，由嘉義農專農藝科主任侯清利博士撰寫，第六章作物與土壤由台灣大學農化系教授張則周博士，第十章作物種子由台大農藝系郭華仁博士，第十二章雜草防除由台大農藝系張新軒副教授負責撰寫，第九章作物之改良由台大農藝系博士班研究生劉孔生先生協助撰寫，該系教授陳成博士、黃懿秦講師親自校正，他們都是有關學科的專家，得到他們的熱心協助，使本書更為完美、生色。其他各章亦分別由台大植病系主任何鑑光博士、園藝系教授張喜寧博士、農藝系教授林安秋博士細心校閱指正。各位好友專家之協助，使本書得以如期付梓，謹此同申謝忱。中英文索引由楊綺霞小姐細心協助編寫，亦深深感謝。

朱 鈞

民國七十三年七月

台灣大學農藝學系作物生理研究室

目 錄

第一章 人口、糧食與作物	1
一、緒言	1
二、人口危機	1
三、人口與糧食	3
四、作物增產之措施與展望	5
1 農業研究機構之功能與發揮	5
2 作物增產之潛力	6
3 化學肥料與優良品種之充分配合	8
4 政府政策和財力之支持	8
5 地球資源有效之利用和農業科技研究之方向	10
第二章 作物之構造與機能	13
一、植物細胞	13
二、組織及組織系統	22
1 分生組織	23
2 永久組織	23
(1)簡單組織	23
(2)複合組織	25
三、植物主要器官	29
1 根	30
2 枝梢	33
(1)莖	33
(2)葉	36

(3)花器·····	42
(4)果實·····	43
(5)種子·····	47
第三章 作物之生殖與繁殖·····	51
一、生殖 (Reproduction)·····	51
1 生命系統之重複·····	51
2 DNA 之複製與蛋白質合成·····	52
3 基因與染色體·····	55
4 細胞分裂·····	57
5 作物生活史·····	63
二、繁殖 (Propagation)·····	65
1 種子繁殖·····	65
2 營養繁殖·····	68
第四章 作物與光·····	76
一、太陽輻射·····	76
二、輻射能量之計算·····	78
三、光對作物生理之影響·····	80
1 光與植物生長·····	80
2 光合作用·····	83
3 光周感應·····	87
四、作物如何有效利用光能·····	91
五、穀實產量與營養器官光合成產物之關係·····	96
六、補助光之應用·····	98
第五章 作物與水·····	101
一、水對作物之重要性與功能·····	101

二、作物細胞之水分生理	102
三、作物之吸水器官—根部	113
四、水分在作物體內之運輸	115
五、作物體內水分之散失	116
六、作物之需水量	121
七、土壤中可被作物吸收利用之水及最適含水量	122
八、旱害與作物抗旱性	123
九、濕害與作物抗濕性	124
第六章 作物與土壤	129
一、土壤系統	129
1. 無機礦物	130
(1) 土壤質地	130
(2) 土壤構造	135
(3) 交換能量	136
2. 土壤有機質	138
3. 土壤生物	140
4. 土壤空氣	143
5. 土壤水分	144
二、土壤之形成	144
1. 土壤之風化作用	145
(1) 物理的風化作用	145
(2) 化學的風化作用	145
(3) 生物的風化作用	146
2. 成土因子	146
(1) 氣候	146
(2) 生物	148
(3) 母質	148

(4)地形·····	148
(5)時間·····	150
3. 土壤剖面·····	150
三、土壤分類·····	154
1 根據化育及形態分類·····	154
2 依據土地可利用限度分級·····	161
四、土壤保育·····	163
第七章 作物與溫度—極端溫度對作物之影響·····	167
一、溫度的計算·····	167
二、作物生長所需之熱量單位·····	168
三、氣候與溫度·····	168
四、極端溫度對作物生長之影響·····	171
1 高溫的傷害·····	171
2 高溫傷害的生理·····	173
3 低溫之爲害·····	177
(1)寒害·····	178
(2)寒害之生理·····	178
(3)凍害·····	181
(4)凍害之生理·····	181
五、溫度之控制·····	183
1 栽培地點之選擇·····	183
2 土壤覆蓋物之利用·····	184
3 灌溉·····	185
4 防寒設備·····	185
5 風扇之應用·····	185
第八章 作物營養與肥料·····	188

一、影響土壤肥力之因素	188
1 植物養分	188
2 土壤反應	189
3 有機物	192
二、肥料與施肥	193
三、必要元素在作物營養上之作用	195
第九章 作物之改良	202
一、作物育種的遺傳基礎	202
1 變異	202
2 突變	203
3 遺傳	206
(1)連鎖	209
(2)量的遺傳	212
(3)雜種優勢	214
二、育種方法	218
1 引種	220
2 選種	223
(1)自交作物之選拔	226
(2)異交作物之選拔	227
(3)無性繁殖作物之選拔	228
3 回交法	229
4 雜交育種	231
(1)生產同型接合系統	231
(2)自交系組合	232
(3)自交系內與系間的選拔	236
5 多元體育種	237
6 誘變育種	242

7. 育種技術	242
(1) 雜交	242
(2) 試驗	243
第十章 作物種子	246
一、種子的物理特性	246
二、種子的構造	248
1 種皮	248
2 胚乳	248
3 胚	249
三、種子的化學組成	251
1 蛋白質	252
2 澱粉	253
3 油脂	254
4 其他成分	255
四、種子的充實	256
五、種子的發芽	258
1 發芽的條件	258
2 發芽的過程	260
3 貯藏物質的分解代謝	262
六、種子的休眠	265
七、種子的劣變及其貯藏	268
第十一章 植物生長調節素與作物生產	274
一、生長激素(Auxin)	274
1 主要性質	275
2 生長激素對植物生長發育及生理之主要影響	277
3 農業上重要用途	279

二、激勃素(Gibberellin)	280
1. 主要性質	280
2. 植物對 GAs之生理反應	281
3. GAs在作物生產上主要用途	287
三、細胞分裂素(Cytokinins)	289
1. 主要性質	289
2. 細胞分裂素之生理效應	291
3. 細胞分裂素農業上主要用途	292
四、生長抑制劑(Growth inhibitor)	292
1. 主要性質	293
(1)天然生長抑制劑	293
(2)人工合成生長抑制劑	295
2. 生長抑制劑在作物栽培上主要用途	296
五、乙烯(Ethylene)	297
1. 主要性質	298
2. 乙烯在農業上之用途	298
第十二章 雜草防除	301
一、雜草與雜草防除	301
1. 雜草之定義	301
2. 雜草之危害	301
3. 雜草防除之發展	302
4. 減少雜草損失的方法	303
二、雜草的分類、繁殖及傳播	303
1. 雜草的分類	304
2. 雜草的繁殖和傳播	304
三、物理防除法	309
1. 手拔法	310

2. 手鋤法.....	310
3. 刈割法.....	310
4. 淹沒法.....	310
5. 高熱法.....	311
6. 覆蓋法.....	311
7. 耕地措施.....	311
四、化學防除法.....	312
1. 化學防除法之優點.....	313
2. 殺草劑之選擇性.....	314
3. 殺草劑之配製方式.....	315
4. 殺草劑之施用時期.....	317
5. 殺草劑之施用方法.....	317
6. 殺草劑之種類與特性.....	318
7. 主要作物殺草劑使用方法簡介.....	327
8. 使用殺草劑時應注意事項.....	333
第十三章 收穫與貯藏.....	335
一、作物之收穫.....	335
二、作物之貯藏.....	336
1. 乾燥法.....	336
2. 低溫貯藏法.....	339
3. 藥劑防治法.....	341
(1) 殺菌劑.....	341
(2) 殺蟲劑.....	341
(3) 燻蒸劑.....	342
4. 輻射處理保存法.....	342
三、黴菌毒素.....	348
中文索引.....	353
英文索引.....	381

第一章 人口、糧食與作物

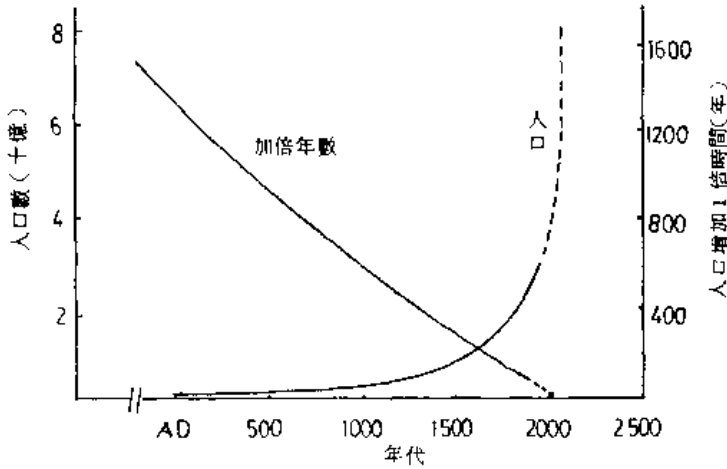
一、緒 言

大約有百萬種以上的動物和植物棲息在吾人類賴以生存的地球上。其中唯有人類得天獨厚，具有聰明的頭腦和智慧，能夠控制和改進生長之環境。由於人類在此萬物相依的地球上衍生的漫長歲月中，從未遭遇強勁的對手，驕縱之氣，油然而生，危機漸漸滋長而尚不自知。人類如同其他動物一樣，在演化過程中，爲了繁衍後代皆具有優異的生殖能力。此種生殖能力，如未善加控制，只要短短的幾個世代，地球上就“物”滿爲患，生機耗盡，無一能免。所幸萬物初創時，已有妥善安排，由於疾病、食物之限制以及物種互相生存空間之競爭而能維持一適當之平衡。地球上無任何物種能夠避免此種生物自我調解之法則，在一段特定的時間內維持超量的個體生存。人類當然亦無法逃出此自然法則，如果人類不善加珍惜地球資源，人口的膨脹壓力與糧食之供給平衡將會達到非常危險階段。吾人實應抱着杞人憂天的心情，樂觀知命的態度，檢討此間不容髮，關係吾人類全民福祉的問題，以謀萬全之對策。

二、人口危機

人類在地球上生生息息，已達百萬年之久，而人口的數目亦因環境之改善、科技之進步而大量繁衍且遽增。十七世紀中期時，全世界人口約爲5億，約需200年之久人口方增加1倍。到了20世紀初期，只需45年左右，人口即增加1倍。目前全球人口已超過45億大關，只

要35年即增1倍。估計2010年，人口即達80億之多，而每年全球人口約增加1億之多（圖1-1）。



年 代	人口數(十億)	增加一倍時間(年)
1	0.25(?)	1,650(?)
1650	0.50	200
1750	1.1	80
1930	2.0	45
1975	4.0	35
2010	8.0	?

圖 1-1 世界人口增加趨勢圖

最近數十年，世界人口之急速增加，人口爆炸的威脅，使社會學家對人類福祉和前途有了二派完全對立的不同學說。新馬爾薩斯人口論派(Neo-Malthusians)，抱着較悲觀的論調將現今人口快速之增加謂之人口爆炸(population bomb)。認為人口政策和危機，將是最近數十年來人類所難對付的最嚴重問題。另一派則抱着較樂觀的看法，稱謂科技政策派(technocrats)，彼等確認憑着今日人類在科學和技術上之優異成就，當可提高作物和糧食產量，以供人類所需，不論現在和將來都可維持吾人相當的生活水準。當然亦必須漸漸降低人口出生率來相互密切配合，方能解決嚴重的人口問題。

馬爾薩斯學派一直強調人口增加是按着自然法則，成幾何級數增

加，而糧食增加的有限無法滿足人口增加的所需。唯一達到平衡的法則是由於饑餓和疫病而自然降低人口數目，他們雖然亦注意生育控制遲婚，以及娼妓制度可限制人口之增加，但彼等不認為這些因素在實際上有何重要性，當然更不重視由於科技的進步和發展，人類有很大的潛力提高糧食的生產。

其他倡議自然法則人口論者尚有巴西生物學家 Josué de Castro，他強調人口密度之負影響及生育能力之複雜性，他覺得人類在改進食物品質後，如攝取高含量之蛋白質，可能減低生育能力，因此他認為饑餓是人口增加的原因而並不是結果，此學說當然尚有爭論之處。例如營養較佳地區如美國、英國、北歐地區的婦女，如在不控制生育的狀況下，其受孕率比低收入國家婦女的受孕率並無顯著之差異。

由於今日科技之進步神速和很多傑出成功的例證，吾人可預言目前或預見的數十年，作物和糧食的增產是可維持人類適當之需求。當然這不意味着人口政策是不重要的。假如認為科技是萬能，可以圓滿解決人類將來糧食、能源等問題，而不需要人口政策之配合，將是一種可怕的誤解。

三、人口與糧食

依照馬爾薩斯經濟原則，人口之增加和糧食的生產二者的關係相當單純。糧食生產之增加率限制了人口的增加。戰爭、流行疫病或新生土地資源之開發可能使糧食增加於一時，但人口增加終究因為糧食無法增加而受到限制。因此糧食增加是獨立變值，而人口增加是依變數（dependent variable）。

世界上某些國家經過數個所謂人口統計學上的遷變時期。人口增加和糧食增加的關係複雜的多，絕不似上述那樣單純。當一個國家由高出生率和高死亡率進入低出生率和低死亡率時，國家資源或個人之收入用於糧食之消費率，隨之降低。當開發初期國家 75 % 或更高的

個人收入用於糊口；而相對的已開發國家其消費在食物上的比例僅佔個人總收入的 25 % 左右。

假如一切順利的話，此種人口統計學上的轉捩，將從人口增加率依賴糧食生產增加率之情況，進入糧食生產增加率依賴人口增加率的狀況。這種情況的性質是“人口對糧食供給的壓力”而成爲“糧食供給對人口的壓力”。例如印度之經濟狀況，人口增加完全依賴糧食生產之增加（包含進口之糧食），而在美國糧食的生產卻受限於人口的增加（包含出口之糧食）。當然在轉變期之中間過程，人口與糧食的關係要比上述的情形更爲複雜。當轉變初期，人口死亡率比人口出生率減少快的多，因此對糧食之需求亦隨之增加。假如個人收入亦增加，則更進一步對食物之需要，例如每年每人的收入從美金 50 元增加到 100 元，則增加的收入大部份都花費在對糧食質與量之改進上，結果導致糧食需要之升高大於人口的增加。

實際上在人口死亡率穩定地降低以前，人口增加率和糧食之需求量增加有限，每年大約增加 1 ~ 1.5 % 左右，而在死亡率繼續降低而出生率維持不變時，則人口增加率將會升高到每年增加 3 % 左右，再加上個人收入每年增加 2.0 ~ 3.0 % 時，則對糧食的需求會隨之提高到每年增加 5.0 ~ 6.0 % 左右。

已開發國家對糧食需要之增加趨勢則完全是另外一種型態，這些國家死亡率降低已漸漸緩慢，而出生率在死亡率尚相當高時已開始降低，因此人口增加率較低，糧食之生產增加率不會因人口過度之膨脹而減低個人生產額，所以二者成平行關係。但在開發中國家雖然糧食生產有很高之增加率，但由於人口增加率較高反使個人生產額成滯留狀態。（圖 1-2）

尙未完全開發之國家，國內糧食之增產遠低於對需要之增加，這些國家爲了避免馬爾薩斯人口論所強調之不幸遭遇，而應大量增加糧食生產同時減低人口之增殖率。大多數尙在開發中之國家已漸漸體認事態之嚴重，莫不雙管齊下，以解除人口壓力和糧食短少的危機。我

國二十年前早已洞察先機，人口控制及農業增產都有很好之績效，奠下良好而堅固之基礎，有今日將躋身已開發國家之成果，而主要糧食作物水稻的連連增產，更是國家繁榮安定的基石。綠色革命（green revolution）亦使很多國家如墨西哥、巴基斯坦、菲律賓作物產量大增，使短缺糧食的趨勢得以緩和。

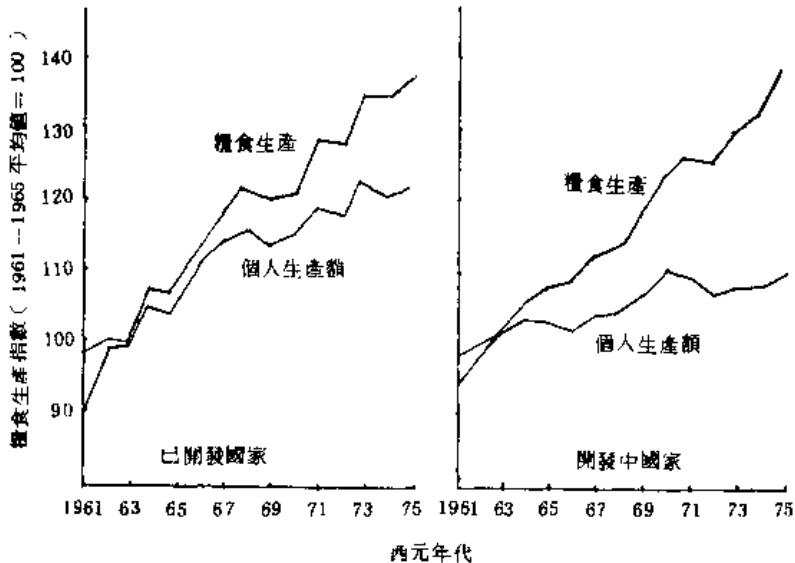


圖 1-2 已開發國家和開發中國家糧食生產與個人生產額之關係

四、作物增產之措施與展望

回顧一下世人在解決糧食問題上過去做了些什麼，科技發展在作物增產上確實已有很好的成績，瞻望將來，吾人應該做些什麼，廿世紀的科技進步已為世人解決了很多問題，科技在解決糧食問題上不但成績卓越，將來亦是充滿了光明的遠景。

1. 農業研究機構之功能與發揮

生物科技本身深奧而複雜，而其在農業上的研究更是多元化具有