

科學圖書大庫

土壤與肥料學

譯者 張仲民

徐氏基金會出版

科學圖書大庫

土壤與肥料學

譯者 張仲民

徐氏基金會出版

徐氏基金會科學圖書編譯委員會

監修人 徐銘信 發行人 陳俊安

科學圖書大庫

版權所有



不許翻印

中華民國七十一年四月十七日三版

土壤與肥料學

—基本定價 3.20

譯者 張仲民 國立台灣大學農化系教授

本書如發現裝訂錯誤或缺頁情形時，敬請「刷掛」寄回調換。 謝謝惠顧

局版臺業字第1810號

出版者	負責人 臺北市徐氏基金會	臺北市郵政信箱 13-306 號	電話 9221763
發行者	負責人 臺北市徐氏基金會	郵政劃撥帳戶第 15795 號	電話 9271575 9271576
承印者	大興圖書印製有限公司 三重市三和路四段一五一號		電話 9719739

譯 序

承徐氏基金會之邀，擔任翻譯貝爾（Firman E. Bear）教授所著之土壤與肥料（Soils and Fertilizers）一書，該會工作目標為“引介科學新知，協助科學發展，加速國家建設與促進國家富強”，故欣然接受。

該書之內容重點，在依作物生產而考慮土壤，應用科學事實與原理至管理土壤之計畫結構體系中與增加生產能力上。編著設計，以大學之農學院初習土壤學課程之學生為對象，故對甚多新近發展之土壤學理論性問題，僅作甚簡敘述，對於偏重實用方面問題，則多所申論。

我國與美國之氣候相若，幅員大小亦在伯仲間，書中資料雖盡屬美國情形，然原理無異，觸類當可旁通。但土壤肥料問題牽連因素甚多，且常具有區域性色彩，倘欲直接利用書中之數據，亦宜先行考慮作物之品種與其他各種環境因素等之異同，然後引用之。

本書可供作大學之農學院與農業專科學校非以土壤為主修系科之參考用書暨高級農業職業學校之土壤與肥料學輔助教本。譯者誠以書中實例，均曾經原作者審慎精選，所介紹之原理與原則，都已成為定論，可輔導初學者而給予正確之基本觀念。唯在教學時，倘能增列各地區材料，補充以田間與實驗室內試驗實習，藉資對照，當尤為妥善。

譯者不才，在譯述時力求審慎，但因時間匆促，掛一漏萬之處，或所難免，如蒙先進賢達，不吝批評指教，則幸甚焉。

張仲民 識於臺北

目 錄

譯 序

第一章 影響植物生長之因素

- 第一節 氣象因素與作物生長 1
- 第二節 氣象因素與作物分佈 3
- 第三節 生物因素與作物生長 5
- 第四節 土壤因素與作物生長 6

第二章 作物之氮與礦物質需要量

- 第一節 玉米植物之組成分… 11
- 第二節 土壤與植物組成分之關係…………… 12
- 第三節 植物組成分之變異… 14
- 第四節 生長期間植物組成分之改變…………… 15
- 第五節 植物體內必需和非必需之元素…………… 15
- 第六節 礦物說…………… 17
- 第七節 肥料鹽類對作物產量之影響…………… 18
- 第八節 土壤～植物～動物～大氣～土壤循環…… 19

第三章 植物之水分需要量

- 第一節 美國自然植物區…… 21
- 第二節 降雨量與作物產量之關係…………… 21
- 第三節 增施灌溉水之影響… 24
- 第四節 降水～蒸發率…… 24
- 第五節 植物體內之水分…… 26
- 第六節 水為養分轉移之媒質 26
- 第七節 水分流經植物體…… 27
- 第八節 代表性作物之水分需要量…………… 28
- 第九節 土壤與作物管理及水分需要量…………… 29

第四章 土壤來源與分類

- 第一節 岩石及其導源之土壤 32
- 第二節 土壤發育…………… 34
- 第三節 美國之大土類…… 35
- 第四節 土壤剖面…………… 37
- 第五節 土壤調查…………… 39
- 第六節 土壤系…………… 40

第五章 土壤之化學組成分

- 第一節 土壤的礦物組成分… 43
- 第二節 代表性土壤之無機組成分…………… 45
- 第三節 土壤中微量元素…… 48

IV

- 第四節 土壤中有機物…… 49
- 第五節 近代土壤速測法…… 49
- 第六節 土壤速測可作為實用
上之指引…… 51
- ### 第六章 土壤中若干生物作用
- 第一節 若干有關土壤微生物
體之事實…… 55
- 第二節 土壤微生物體之重要
功用…… 56
- 第三節 自有機物釋放之氮
素…… 57
- 第四節 土壤中硝酸生產之速
率…… 57
- 第五節 豆科根瘤菌之氮素固
定…… 59
- 第六節 非共生細菌之氮素固
定…… 61
- 第七節 土壤有機物之礦物質
化…… 62
- 第八節 土壤生物學分析…… 64
- ### 第七章 若干土壤物理性質
- 第一節 土壤之機械分析…… 65
- 第二節 土壤粒級與土壤級…… 66
- 第三節 土壤中膠體物質…… 67
- 第四節 土壤構造…… 69
- 第五節 團粒作用因素…… 71
- 第六節 土壤剖面之變異…… 73
- 第七節 土壤之物理分析…… 75
- ### 第八章 土壤水分
- 第一節 土壤水分之勢能關係 79
- 第二節 土壤之毛細管水分保
持力…… 79
- 第三節 土壤中毛細管水分運
動之速率…… 80
- 第四節 土壤覆蓋…… 81
- 第五節 植物根部穿入之深度 83
- 第六節 土壤之適量水分含量 84
- 第七節 水分滲透作用…… 85
- 第八節 土壤管理與水分管制 86
- ### 第九章 土壤空氣
- 第一節 適量空氣之供給…… 88
- 第二節 培養液之通氣…… 89
- 第三節 土壤空氣之組成分… 91
- 第四節 土壤通氣與植物生長 92
- 第五節 土壤顏色之意義…… 93
- 第六節 雜述土壤與空氣之關
係…… 94
- 第七節 土壤硝酸鹽類…… 94
- 第八節 二氧化碳之影響…… 96
- 第九節 土壤管理與通氣…… 97
- ### 第十章 土壤溶液
- 第一節 鹽土…… 99
- 第二節 鹽度之管制…… 100
- 第三節 酸土…… 101
- 第四節 土壤酸之性質…… 102
- 第五節 土壤酸度中之強烈因
素…… 102
- 第六節 土壤酸之管制…… 104
- 第七節 培養液…… 104
- 第八節 濕潤氣候下之土壤溶
液…… 106

第九節	土壤管理與土壤溶液之關係	108
-----	--------------	-----

第十一章 土壤水分之控制

第一節	濕潤地帶內人工排水	110
第二節	人工排水之若干影響	112
第三節	排水土壤中之有效水分	113
第四節	排水與灌溉	115
第五節	乾燥地帶灌溉	116
第六節	土壤水分之保持	119
第七節	植物根穿鑿之深度	121
第八節	土壤管理與水分控制	121

第十二章 耕犁與耕作

第一節	犁與耕犁	123
第二節	耕犁深度	125
第三節	田間耕作器	126
第四節	土壤粒團之毀滅	128
第五節	曳引機與貨運車	128
第六節	架聚劑	129
第七節	果園中之草皮栽培	130
第八節	土壤保育	130
第九節	土壤之機械管理	131

第十三章 有機物

第一節	土壤中有機物	133
第二節	有機物之物理影響	135
第三節	有機物之聚積	136
第四節	動物肥料與綠肥	137
第五節	供作綠肥利用之豆科植物	138
第六節	其他有機物之關係	140

第七節	有機物問題之解決	143
-----	----------	-----

第十四章 土壤保育

第一節	土地之分類	145
第二節	作物之輪栽	146
第三節	由沖蝕而損失之土壤	148
第四節	水土保持耕作法	150
第五節	水土保持區	153
第六節	生產力的指標	154

第十五章 畜牧農業

第一節	出售牲畜及其產品	158
第二節	自廐肥中回收之土壤元素	160
第三節	自廐肥中損失之土壤元素	161
第四節	廐肥充作作物生產劑	163
第五節	有機肥料之堆積	166
第六節	合成有機肥料	167

第十六章 氮素資源

第一節	土壤有機物	169
第二節	土壤中氮素固定菌	170
第三節	牲畜農業中之氮素	171
第四節	作物缺氮徵狀	173
第五節	商品氮肥	174
第六節	硝酸態氮	176
第七節	銨態氮	177
第八節	銨化過磷酸石灰	178
第九節	氰氨基化鈣與尿素	179
第十節	有機副產氮素	179

第十七章 磷資源

- 第一節 土壤磷素…………… 182
- 第二節 土壤之磷酸固定作用 183
- 第三節 牲畜農業中之磷素… 184
- 第四節 作物缺磷徵狀………… 184
- 第五節 商品磷素…………… 185
- 第六節 磷素與磷酸…………… 185
- 第七節 過磷酸石灰…………… 186
- 第八節 磷酸銨…………… 189
- 第九節 鹼性熔渣與骨粉…… 191
- 第十節 岩質磷礦石…………… 192
- 第十一節 其他磷酸鹽肥料… 194

第十八章 鉀資源

- 第一節 土壤鉀素…………… 196
- 第二節 土壤中可交換態鉀… 198
- 第三節 植物體陽離子當量常數…………… 199
- 第四節 牲畜農業中鉀素…… 201
- 第五節 作物缺鉀之徵狀…… 201
- 第六節 商品鉀素…………… 203
- 第七節 鉀素與氧化鉀………… 205
- 第八節 氯素鉀肥…………… 205
- 第九節 硫酸鉀…………… 205
- 第十節 光鹵石、鉀鹽鎂礬、含鹽鉀鎂礬與雜鹵石 206
- 第十一節 其他鉀鹽…………… 206
- 第十二節 肥料中鉀素之有效性測定…………… 207

第十九章 鈣資源

- 第一節 土壤鈣素…………… 208

- 第二節 土壤中可交換態鈣… 210
- 第三節 植物與鈣供給之關係 210
- 第四節 酸性土之石灰需要量 213
- 第五節 牲畜農業中之鈣…… 213
- 第六節 作物缺鈣之徵狀…… 214
- 第七節 商品鈣素…………… 215
- 第八節 鈣與氧化鈣…………… 216
- 第九節 石灰石…………… 217
- 第十節 其他鹼性形態石灰… 218
- 第十一節 硫酸鈣…………… 219

第二十章 鎂資源

- 第一節 土壤鎂素…………… 221
- 第二節 植物鎂需要量…… 221
- 第三節 植物體中鎂—鉀之關係…………… 222
- 第四節 牲畜農業中之鎂…… 222
- 第五節 作物缺鎂徵狀…… 224
- 第六節 商品鎂素…………… 226
- 第七節 鎂與氧化鎂…………… 227
- 第八節 白雲石…………… 228
- 第九節 水化白雲石質石灰… 229
- 第十節 其他形態之鎂…… 229

第二十一章 鈉資源

- 第一節 土壤鈉素…………… 233
- 第二節 牲畜農業中之鈉…… 235
- 第三節 鈉對作物之影響…… 235
- 第四節 商品鈉素…………… 238
- 第五節 鈉與蘇打(鈉與氧化鈉)…………… 238
- 第六節 硝酸蘇打(硝酸鈉) 238
- 第七節 氯化鈉…………… 239

第八節	鈉處理植物中之陽離子當量常數	240
-----	----------------	-----

第二十二章 硫資源

第一節	植物含硫量	243
第二節	雨水中硫	244
第三節	肥料中硫含量	244
第四節	排水中之硫	245
第五節	牲畜農業中之硫	245
第六節	硫之特別用途	246
第七節	作物缺硫之徵狀	246
第八節	商品硫素	247
第九節	硫與氧化硫	247
第十節	元素硫	248
第十一節	石膏	248
第十二節	硫酸銨	249
第十三節	硫酸鉀	249

第二十三章 微量元素

第一節	硼素	251
第二節	鋁素	253
第三節	錳素	254
第四節	銅素	256
第五節	鋅素	256
第六節	鈷素	257
第七節	其他各種元素	258
第八節	施用微量元素以供植物需要	261
第九節	有機物中微量元素	262

第二十四章 混合肥料

第一節	肥料管制	265
第二節	混合肥料之配製定式	266

第三節	過磷酸石灰之氮飽和作用	266
第四節	流行的肥料品級	267
第五節	高成分肥料	269
第六節	肥料供作特殊利用	270
第七節	液體肥料	272

第二十五章 肥料之選擇與施用

第一節	土壤缺肥之診斷	275
第二節	植物缺肥徵狀診斷	276
第三節	土壤管理計劃之重要	276
第四節	診斷缺肥之速測	277
第五節	若干標準肥料成分	279
第六節	肥料之施用法	280
第七節	若干特殊施肥問題	282
第八節	歐洲的作物生產與美國的作物生產	283

第二十六章 作物之生產之潛能

第一節	報酬遞減律	287
第二節	植物養分之蒲爾值	288
第三節	氮素—乾物質含量間之反比關係	290
第四節	肥料之單區制田間試驗	291
第五節	氮與磷及鉀相較可分列成不同類型	293
第六節	在決定肥料施用量上需行土壤速測	294
第七節	植物組織測定應用在決定氮素需要上	296

VII

- 第八節 砂質土壤所存在之特殊問題…………… 297
- 第九節 美國之肥料施用與作物產量…………… 297

第二十七章 有關肥料製造及利用上若干問題

- 第一節 完全肥料之團粒化… 300
- 第二節 濃縮肥料…………… 301
- 第三節 肥料之大量施用…… 301
- 第四節 無水氮之直接使用… 302
- 第五節 液體肥料…………… 303
- 第六節 小麥氮素追肥………… 305
- 第七節 肥料中之氮素………… 307
- 第八節 氮素肥料之與豆科植物…………… 309
- 第九節 合成有機氮肥………… 309
- 第十節 集約牧草地農業…… 311
- 第十一節 覆蓋作物施肥…… 312
- 第十二節 冬季作物之秋季與春季施肥對比…… 315
- 第十三節 測定植物缺氮現象 316
- 第十四節 重施肥…………… 317
- 第十五節 混合農藥與肥料… 318

第一章 影響植物生長之因素

方便計，可將影響植物生長因素劃分成屬於氣象的、生物的與土壤的等三組。最重要之氣象因素為降水量，日光與溫度。在生物組中，包括和生長環境有關之人類，動物、其他植物以及作物自身。土壤因素中，包括所有土壤物理，化學及生物學性質與在土壤內進行之各種可影響於供給作物生長所必需之水分，氮及礦質養分能力之作用。

依作物生長環境情況，每一此類因素可對作物有正的或負的影響，各因素間在影響上亦皆有相互相關，且絕不可能所有因素同時皆表現適宜於作物生長之狀態。農人之能成功地栽培作物，主要乃決定於其可保持若干因素之影響在其控制下之程度；改善此類影響使適合於作物需要；與選擇最適合於栽培環境之作物。

第一節 氣象因素與作物生長

在影響作物生長方面，各種氣象因素彼此關係之密切程度，達於難能分開考慮。植物之水分供給，有賴於降雨量者，不若有賴於降水～蒸發率者之多。在若干情況下，大氣與作物對水分可發生劇烈競爭，某些作物在冷涼氣候下生長最佳，此者可能由於在該環境下，有較多水分之供給亦如溫度之直接影響。然植物之光合作用有賴於光線，但日光之強度通常超出其需要量甚多，而白晝與作物生長季節之長短實均為光因素中重要一環。

晝長與植物之開花及結果間存在之關係，當將植物自其原產地遷移至距離甚遠之緯度處栽種時，即甚速顯現。若干植物除非日照較長不能開花，若干則僅在短日照時期方能開花，更有其他則開花與日照無關。開花習性僅屬早經建立各種受光控制觀念中之一指標。

在愈北方地區，一年中長日照愈長，短日照愈短，例如美國，在同一天內以北部與加拿大交界處和南部海灣地區相較，則在最長日照時，要長二小時，最短日照時，要短二小時。此外，在較北緯度地區，晨曦和夕輝時間均較長。



D. F. Jones, Connecticut Agr. Exp. Sta.

圖1 田間利用粗棉布 (Cheesecloth) 控制氣象因素情形之外觀 (此法可有效改良某些品種烟草之品質)

由此類光照之關係，至少可部分解釋玉米之栽培有隨緯度之變異而發生產量差異。亦可引以解釋同類作物以與栽培在更南地區相較，為何密歇根州甜菜 (Michigan beets) 有較高糖分含量百分率；緬因州馬鈴薯 (Maine potatoes) 有較高單位面積產量；與蘇格蘭燕麥 (Scotland oats) 有較高單位容積重。

氣象因素與作物生長和分佈間存在之關係，不易作成詳細綱要，但對若干較重要之例應加考慮。總之，任何作物愈遠離其原生產氣候中心，栽培愈難成功，終至一點，試圖栽培該類作物成爲失策。



D. F. Jones

圖2 同圖(1)田地之內觀

在另一方面，當將經濟因素納入此問題中考慮，則一作物自其自然生產中心遠移栽培時，常可允許作大量支出以控制或改善氣象因素，如此，在溫

室中栽培，已知不僅有利於水分和溫度控制，亦可以人工方法調節光照時間長短，與甚至可管制空氣中二氧化碳之供給。

第二節 氣象因素與作物分佈

雖然玉米能生長於甚廣氣候情形下，但其最適宜環境，仍僅在相當限制區域內。美國玉米地帶包括之地區，為夏季平均溫度在 $70^{\circ} \sim 80^{\circ} \text{F}$ (約 $21^{\circ} \sim 26.5^{\circ} \text{C}$)，夜晚平均溫度約 60°F (約 15.5°C)，兩次降霜期間有 140 日以上，年降水量在 25 ~ 50 吋 (約 635 ~ 1270 mm)，其中約有 7 吋 (約 180 mm) 降落在七、八月間。美國玉米地帶中心包括衣阿華，內布拉斯加、堪薩斯、密蘇里、伊利諾、印第安納和俄亥俄諸州，此七州生產玉米佔全國一半以上。值得一提者，為大多數甜玉米皆生產於梅遜和狄克遜線 (Mason and Dixon's line) 以北地區。

凡在秋、冬與早春各月氣候為冷涼，濕潤與以後逐漸轉變為溫暖，晴朗和有乾燥之收穫期處，常皆為冬小麥最佳豐收區。冬小麥最高單位面積產量區有英格蘭、蘇格蘭、比利時、荷蘭、丹麥、法國北部與德國。在美國則以堪薩斯、內布拉斯加和俄克拉荷馬諸州組成了冬小麥生產中心，其他盛產冬小麥各州為華盛頓、密蘇里、伊利諾、印第安納、俄亥俄、賓夕法尼亞及馬里蘭諸州。美國一般冬小麥之低產，可能歸因於天氣陰沈、悶燥、低溫或乾旱等因素之一使然。而在平均冬季溫度 20°F (約 -7°C) 綫以北，則較適宜於春小麥之氣候，美國生產春小麥中心為南、北達科他與明尼蘇達諸州。

良好之冬小麥氣候似顯與前述玉米區不同，但此兩種作物仍可以輪栽方式連續栽培，因冬小麥實際為冬春季作物，而玉米則生長於夏季各月，惟此兩作物生長季節稍有重疊，為此理由，最佳冬小麥生產區，常非完全適合於玉米。春小麥常不適用於栽培在玉米地帶內，因該等地區在春小麥成熟以前，夏季早已來臨。

燕麥需相同氣候條件，因該作物亦以冷涼、濕潤氣候為適合，同時對高溫較之冬小麥有更嚴重影響。在較南緯度處，不僅單位面積產量降低甚多，且單位容積重亦減低甚烈。雖然燕麥皆可栽培於更北如北極圈內，但在歐洲燕麥生產中心，實際上相同於冬小麥單位面積產量最高區。美國最重要之燕麥生產區，為自南、北達科他州橫越玉米地帶之北部以伸延至賓夕法尼亞西部與紐約州。在較溫暖緯度處，燕麥能栽培成功者，僅在當秋季時可以播種，如此則可有大部份生長季節在冬季與春季各月中。選擇耐寒品種已使冬燕麥栽培，原先限制於田納西州南部，可移向甚北地區。大麥為另一短期作

物，其可生長於夏季短而日照時間長之高海拔或較北方地區以及潮濕季節僅有數週之半乾旱地區。

馬鈴薯在濕潤、冷涼氣候下生長最佳。美國產地為在玉米地帶稍北，歐洲為在小麥與燕麥高產地帶。塊莖之品質與產量兩者均以冷涼氣候區為佳。甚多小型生產中心位居於氣候並不理想但近於大都市處，此因可節省運費和運輸危險以抵銷低產之不利。在美國南部諸州，早種馬鈴薯係於十一月和十二月種植，翌年三月中旬開始收穫。紐約市以北緯度區，則馬鈴薯大多數係在九月中旬至十月下旬採掘。甘藷栽培大部分限制在生長季節超過 175 日，平均夏季溫度在 72°F (約 22.2°C) 以上之溫暖區。

甜菜為另一種在冷涼濕潤氣候下生長最佳與含糖量達於最高位之作物。其分佈地區在北緯之南限，為當夏季平均溫度在 72°F (22.2°C) 左右處，但類似燕麥和馬鈴薯，設若於秋季播種並在溫暖夏季開始前收穫，則甜菜亦可成功地栽培在較溫暖之緯度處。在另一方面，甘蔗為在穩定的高溫、陽光強，時有陣雨之氣候情況下生長最佳，在生長季節中倘屬冷涼與多雲氣候，則可減低甘蔗產量與增加纖維百分率。在生長季節之後期，甘蔗需較低之溫度或較少之水分供給，以提高含糖量。在美國以科羅拉多，加利福尼亞和密歇根諸州為甜菜生產中心，而路易斯安那和夏威夷諸州則為甘蔗生產中心。

棉花為美國極重要之溫暖氣候作物，棉花栽培之北限，約當平均夏季溫度為 77°F (約 25°C)，有 200 天無霜期，和年降雨量需超過 23 吋 (約 58.5 公分) 處。在此範圍內之棉花地帶，可發現最佳棉花係生產於自四至八月期間氣候溫暖，中等濕潤與當秋季採摘期屬於乾燥而冷涼區。在另一方面，棉花能成功地抵抗旱期，倘旱期之後轉變為適合其生長時，仍可恢復生長並生產滿意之產量。在近幾年內，美國棉花生產中心向更西發展，著名者在德克薩斯州，利用現代化之種植，耕耘與收穫機械及在加州則在實行大區灌溉制下進行栽培。

水稻有甚高需水量，在能實行灌溉情形下栽培最為有利，其屬熱帶植物，但可在溫帶之較溫暖地區成功地栽培。在美國路易斯安那州，若以水稻平均生產季節為 90 天計，則水稻每天平均需水量約為 1/2 吋 (約 13 公厘)。該區在此期間內，平均降雨量僅約 20 吋 (約 51 公分)，不足之 25 吋 (約 63.5 公分) 水分必需由灌溉供給。水稻生長所必需之溫度，依整個生長季節平均言之，至少需 75°F (約 24°C)。

橄欖與穀實高粱為兩種能耐旱作物之例。橄欖對霜害甚敏感，但能在乾旱地區生長良好，其極淺之根系，能在濛濛細雨後吸收水分，其葉部並且有延

緩蒸散作用之性質。在德克薩斯，俄克拉荷馬和堪薩斯諸州之平均年雨量在 15 - 30 吋 (38 - 76 公分) 地區，有大面積之穀實高粱栽培，在旱季時，此作物可停止生長，當降雨後又重新開始生長。

雖然，倘土壤情況合適，豆科植物中有甚多種可栽培於甚廣氣候區，但有若干種其中每一種均限制栽培在相當固定氣候區域內。苜蓿原先都栽培於美國西部和西南部，隨着採納土壤管理改良方法和引進抗寒力強之品種，已散佈至整個東北乳業地區。豇豆，velvet beans，胡枝子、紫三葉草，kudzu，羽扇豆、太陽麻和落花生等均為南部諸州之重要豆科作物。紅三葉草、大豆、和甜三葉草需要約和玉米相同之氣候條件。拉的羅三葉草，瑞士三葉草，加拿大豌豆與加工用豌豆等在燕麥能生長繁茂之冷涼、濕潤氣候型下，生長最佳。

蔬菜由其自身有甚大適應性，且農人對此類高價作物肯付出多方面之照管，故其可被栽培於甚廣範圍氣候情況下。一般言之，各種販賣園藝中心之生產相當於該地區之人口密度，貿易農場經營需在溫暖氣候處，蓋因可以生產作物以供提早裝運銷售或在某土壤由於物理特性之理由，而特別適宜於蔬菜迅速生長處。已有大面積蔬菜在有全期灌溉或能補充天然雨水之不足的灌溉設施情形下栽培，較多汁型之蔬菜被栽培於溫室內與布幕覆蓋下，藉以對氣象因素作有效控制。

關於果樹，依栽培面積論，美國係以蘋果最為重要，此作物之氣象條件為夏季平均溫度在 79°F (約 26°C) 左右，冬季平均溫度不低於 13°F (約 - 10.5°C) 與年平均降雨量不少於 18 吋 (約 46 公分)。櫻桃約需與蘋果相同之氣候條件。桃李倘在如蘋果區相同之冬季嚴寒溫度下，將不能成活。葡萄不論為供釀酒或製葡萄乾者，大部分皆栽培於溫暖氣候且有相當豐富雨量及秋季收穫期時乾燥地區，美國大湖區有甚大面積葡萄栽培，因該處有天然保護以抵抗氣溫劇烈變化。柑橘類之栽培，僅在某處無嚴重霜害處，因此在美國大部分生產限制在佛羅里達半島、南部加州與大河谷地。

第三節 生物因素與作物生長

溫暖濕潤氣候下，麥類作物受寄生真菌為害，乃因在該情況下，病菌獲得有利之生長環境。潛蠅 (hessian fly) 與黑銹病皆為影響麥類之重要生物因素。相似的，其他作物亦皆受昆蟲、真菌、細菌和其他寄生生物體不同程度之為害，其發生亦皆由於某些氣候情況之有利。惟雖有多種生物因素屬於有害，但亦有若干種對作物為有利的，此類重要之利益，為細菌和真菌中已被

發現有能使有機的，礦質的和空氣中之元素成爲有效於作物利用，故在此方面討論，似需包括隱藏在土壤內之各種有利生物體和所有寄生性生物體。在土壤因素中，唯一控制此類生物體發生之機會，即在藉若干處理以改變土壤之物理，化學或生物學性質。

作物影響於其共同生長之其他作物和後期作物爲值得考慮者。雜草損害於作物之解釋，可能不如自普通陳述所作預期之簡單，即謂完全由於雜草和作物間相互競爭水分，土壤養分和光線。例如酸模遺留有毒殘骸在土壤中，此可對作物發生毒害影響。玉米在三葉草和蘆粟之後栽培時，產量的差異，並非完全由於所知之此類作物對土壤全氮含量有不同影響而造成。又習知小麥栽培於馬鈴薯、煙草和大豆之後，產量均高於栽培在玉米之後，但此點仍未獲有滿意之解釋。甚多與植物社會和作物連栽有關之有趣問題，皆值得多加研究。

人爲最重要之生物因素，因除有能力改變部分土壤性質，控制在土壤中進行之作用，改善氣候因素影響外，尚可控制影響於植物生長之其他生物因素。藉利用育種與選種，人類可以發展植物新品種和品系，而使其能在廣範圍氣候情況下生長繁殖，對病蟲害有較大抵抗力與具有較大能力以自土壤中獲得其必需之元素。

第四節 土壤因素與作物生長

土壤因素對作物生長影響之差異，視氣候與生物因素之影響而定。生產力並非爲土壤固有之性質，但必需考慮爲一與土壤之環境和擬栽培作物所需要之環境有關的性質。

土壤以外，其他因素對作物生長之影響，可顯示於長期連續施肥試區產量之不規則變動中，如賓夕法尼亞州立大學之試驗是其一例，該試區中之四個，經 44 年的連續產量記錄示於表 1 中。輪栽循玉米、燕麥、小麥和三葉草進行，因有四組試區，故每年每種作物均可生長於這些組中之一區或另一區中，表中逐年記錄產量，各試區皆曾施以同量、同種類之完全肥料，理應生產實際上相同之產量，機械作業除非因氣候關係必需改變使用之種類和次數外，所有試區皆屬相同，但氣象與生物因素除小部分外，皆不能控制。該表中足以注意者，爲每種作物歷年之產量，有甚大不規則變動，此者已明示土壤生產力必需考慮之與土壤所遭遇之環境有關，環境因素均爲變動的，其影響在任何兩季節中，絕不可能完全一致，且時常有甚大差異。

表1 由於未控制因素致使產量不規則地變動*(Gardner)

年度	玉米 噸半	玉米粟 噸半	燕麥 噸半	燕麥稈 噸半	小麥 噸半	小麥稈 噸半	秣草 噸半
1882	44	40	42	23	27	31	50
1883	62	40	53	22	33	32	36
1884	79	29	48	15	33	24	16
1885	53	18	48	13	15	14	41
1886	48	27	64	28	11	16	50
1887	62	28	33	13	7	9	32
1888	78	58	41	15	23	13	44
1889	79	35	51	14	19	16	31
1890	57	30	23	10	27	38	36
1891	70	34	56	16	24	30	31
1892	56	34	39	16	22	25	68
1893	51	28	43	30	24	27	67
1894	46	32	26	14	21	30	74
1895	60	27	37	14	26	34	22
1896	43	18	62	21	23	14	45
1897	49	22	44	22	40	52	58
1898	70	37	30	18	33	38	43
1899	43	22	42	17	15	19	20
1900	35	22	40	19	8	7	22
1901	49	22	18	13	18	23	6
1902	42	25	44	9	27	18	21
1903	65	34	29	11	28	22	61
1904	45	24	33	24	9	11	45
1905	67	28	46	20	28	30	42
1906	73	28	24	11	29	26	44
1907	65	32	51	18	22	25	59
1908	51	23	40	21	28	28	53
1909	22	37	32	17	25	31	43
1910	58	30	53	19	23	30	35
1911	62	38	35	13	23	21	39
1912	67	28	51	16	25	28	34
1913	46	24	58	18	24	28	27
1914	57	28	41	11	22	21	24
1915	65	37	64	26	22	17	51
1916	53	24	48	22	24	25	32
1917	50	25	60	29	23	23	32
1918	55	15	52	15	23	20	39
1919	71	31	38	18	26	22	49
1920	66	36	59	21	25	22	32
1921	76	34	44	13	22	23	48
1922	62	24	49	19†	25	30	19
1923	49	33†	42	12	18	19†	40
1924	57	37	63	20†	21	25	36
1925	64	23†	50	13	32	24†	

* 四試區之作物產量記錄，各試區皆以玉米，燕麥，小麥與三葉草輪栽，按此順序排列，旨在每年四種作物皆可出現。†產量可能受石灰之補充處理影響。

半噸 (bushel, Bu) = 8 加侖 (乾量) ; 噸 (hundred weight, Cwt) = 1/20 噸 = 112 磅

縱使產量主要受氣候與生物因素影響，但任何土壤在生產力改善方面，仍可能有甚顯著效果。如表 2 中所載，各試區隨受化學肥料和廐肥處理，各種作物年平均產量均有甚大差異。