

高等学校教学用书

土壤改良与农业给水

上册

A. A. 契尔卡索夫著

高等教育出版社

高等学校教学用书



土壤改良与农业给水

上册

A. A. 契尔卡索夫著
水利部灌溉总局编译组译

高等教育出版社

本書系根据蘇聯國立農業書籍出版社 (Государственное издательство сельскохозяйственной литературы) 出版的契爾卡索夫 (А.А. Черкасов) 教授所著“土壤改良與農業給水” (Мелиорация и сельскохозяйственное водоснабжение) 1950 年增訂第三版譯出的。原書經蘇聯高等教育部審定為農學院系教學參考書。

全書分兩冊出版，上冊包括土壤改良部分的基本知識和灌溉，下冊包括土壤改良部分的防止土壤侵蝕和排水以及農業給水部分。

上冊由水利部灌溉總局編譯組陳益秋、馬志強、王田瑞和傅琳四位同志合譯，並經東北農學院蘇聯教材翻譯室杜淪聰和曾廣驥兩位同志校閱。

土壤改良与農業給水

上 冊

A. A. 契爾卡索夫著

水利部灌溉總局編譯組譯

高等教育出版社出版

北京琉璃廠一七〇號

(北京市書刊出版業營業許可証出字第〇五四號)

新華印刷廠印刷 新華書店總經售

書號 16010·49 開本 850×1168 1/32 印張 11 10/16 字數 311,000

一九五四年七月北京第一版

一九五六年九月北京第二版

一九五七年一月北京第五次印刷

印數 10,001—12,500 定價 (10) ¥ 1.80

第三版序言

蘇聯的土壤改良已進入一個嶄新的發展時代。在國內已開始實行偉大的斯大林改造大自然計劃：在蘇聯歐洲部分草原和森林草原地區，除造林與實行草田輪作外，並利用當地逕流施行灌溉；政府決議在伏爾加河左岸、烏克蘭、克里米亞和土庫曼大運河影響所及的地區內，在總面積達 5,300,000 公頃的土地上施行灌溉，並在裏海沿岸窪地北部、薩爾賓窪地、黑土地帶、諾加依草原、卡拉庫姆沙漠、烏克蘭南部以及克里米亞北部地區內總面積 20,200,000 公頃的土地上，實施供水與重點灌溉。

隨着灌溉面積的大量擴張，以及在新的地區廣泛地施行灌溉，土壤改良的方法與任務都有了很大的改變：現在水利土壤改良須與草田農作制和造林相結合進行；修建具有臨時灌溉渠道的灌溉渠系的新原則；以電力供應伏爾加河左岸、裏海沿岸、烏克蘭、克里米亞以及土庫曼大運河影響所及的地區內的灌溉與供水的土地，從而保證了供給灌溉水的機械化和農業生產操作高度機械化；新近進行土壤改良的地積如此巨大，以致有可能改變氣候；蘇聯科學機關的研究、全蘇列寧農業科學院一九四八年八月會議的決議及其發展、以及農業生產先進工作者的成就，從多方面改進了土壤改良的方法。

土壤改良在數量上與質量上的增長，改變了水利土壤改良中農學家的工作性質。由於必須與農林技術措施有機地結合來施行農田的灌溉與排水，因此水利土壤改良就成為農學家的日常工作。除利用伏爾加河、阿姆河和德涅泊河的水所灌溉的巨大地積外，成千成萬利用當地逕流的水所灌溉的地段，更吸引了大批農學家來參加水利土壤改良工作，而且農學家成為綜合的土壤改良的主要領導者。

本書第三版就是根據這些觀念與原則而進行修改的。

契爾卡索夫

1950 年 9 月於莫斯科

第二版序言

在第二版中，土壤改良部分各章，根據第一版出版後在土壤改良的理論與實踐上的成就，作了許多修正。

農業給水部分，是重新改寫了的。農業生產的給水在用水條件上以及部分設備上與城市和工業中心的給水有很大的不同。農業企業給水的原始設計任務——水量、水質、用水時間、地區內水源的分佈等等，須在農學家的參與下提出，而且也祇有在農學家的參與下才可能提出。農學家還須進行給水建築物的管理，特別是農莊中的給水建築物的管理。然而這些建築物的設計、修建與修繕，須由水利工程師實施之。

由此可見，給水的知識對於農學家是必需的。雖然目前有許多很好的關於城市給水的教科書，然而還需要專門供農學家用的農業給水教科書，其中應主要介紹農業生產的用水和給水建築物管理的知識，而不必敘述有關工程建築部分。

給水部分就是根據這樣的目的而改寫的。按照教學計劃，這部分是很簡單扼要的；有許多地方僅給予基本概念，而省略了詳細情節的介紹。

作者希望讀者對本書，特別是新寫的給水部分，予以嚴格而認真的批評，請在報刊上提出，並按下列地址函知農業出版社：莫斯科奧爾里可夫街 3 號。

第一版序言

土壤改良是農業社會主義改造的組成部分，在蘇聯正迅速地發展起來。土壤改良的面積正以空前的速度增加着，土壤改良方法的合理化正在迅速地增長着。因為土壤改良的目的是力求得到高額與穩定的產量，而這又不能不與其他農業操作相協調，所以很顯然的，農學家就不能將土壤改良置之不理。因此，參與土壤改良工作的農學家的數目也增加起來，農學家在這方面的作用也就加重了。由於農學家在生產中或多或少的加緊注意土壤中水分的調節，因此農業高等學校加強了土壤改良的教學工作，並將土壤改良另立成一門獨立的課程。

然而在植物栽培方面高等學校的土壤改良教學實踐中，發現缺乏適宜於農學家的教材。雖然目前在蘇聯有極好的指導性的著作，特別是考斯加可夫所著的“土壤改良原理”，但這些著作對農學家來說畢竟是很難懂的。這些指導性的著作是為土壤改良工程師而寫的，多着重於土壤改良的水利技術方面，主要是用數學分析和工程計算的方法來講述的，並假定讀者已學過水力學、水文學和其他水利技術課程。

但是農學家既不修建水利技術建築物，也不進行工程計算。農學家的任務是：領導土壤改良操作，精確地計算水分對土壤與植物的直接影響（例如灌溉時的灌水，排水時的調節地下水位的深度），擬定設計的技術任務（例如決定土壤的計劃含水量及其逐時的變化），計算土壤改良的後果等等。然而實現這些任務，需要全面地瞭解整個土壤改良系統的工作原則，並熟悉水力學和水文學的基本知識。

本書乃是作者多年來給農業高等學校學生講授土壤改良課程的結果，內容力求滿足為了順利地進行調節土壤含水量的工作所足夠和必

備的知識。

在土壤改良所涉及的巨大的綜合性的問題中，本書闡述了在生產上提交農學家解決的問題，列述了水力學與農業水文學的基本知識，並給予有關土壤改良系統的水利技術方面的簡略的知識。由於本書篇幅不大，致使僅限於闡述蘇聯人民農業委員部所批准的教學大綱，在許多情形下大大地縮減了說明，並差不多處處都省略了詳細情節的介紹。

本書是編寫適用於農學家的土壤改良教材的初次嘗試，作者希望本書能得到嚴格而認真的批評，並預先向所有能將其有關本書的意見在報刊上發表，並函知農業出版社的讀者致以謝意。農業出版社的地址：莫斯科奧爾里可夫街 3 號。

上册目錄

第三版序言	v
第二版序言	vi
第一版序言	vii

第一部分 土壤改良

I. 基本知識

第一章 緒 論	3
§ 1. 課程內容	3
§ 2. 蘇聯水利土壤改良發展的概況	12
第二章 水文學的簡要知識	16
§ 3. 自然界中水分循環諸要素	16
§ 4. 天然水流和蓄水池	47
§ 5. 地下水分	55
第三章 地下水的形態及其運動	59
§ 6. 土壤的空隙率與顆粒分析特徵	59
§ 7. 土粒的吸着水	61
§ 8. 毛細管水	66
§ 9. 田間的最大持水量	73
§ 10. 重力水	75
§ 11. 土壤中的水汽	77
§ 12. 土壤儲水量的計算	78
第四章 植物對土壤水的消耗	80
§ 13. 對於植物的土壤最大和最小含水量	80
§ 14. 植物的需水量	90
§ 15. 土壤給水層	96

II. 灌 溉

第五章 灌溉的任務	98
§ 16. 灌溉的形式	98
§ 17. 浸漚灌溉對土壤的影響	100
§ 18. 浸潤灌溉對作物產量的影響	105
§ 19. 灌溉水應具備的質量	109
第六章 灌水定額與灌水時間	113

§ 20. 灌水定額與灌水時間的確定.....	113
§ 21. 各別作物的灌溉制度.....	123
§ 22. 輪灌圖表.....	131
§ 23. 水稻灌溉.....	138
§ 24. 水稻的灌水圖表.....	143
第七章 地面灌水技術	146
§ 25. 基本的灌水方法.....	146
§ 26. 地面灌水法的灌水地段.....	147
§ 27. 畦灌法.....	151
§ 28. 溝灌法.....	162
§ 29. 各種作物的溝灌法.....	173
§ 30. 淹灌法.....	177
第八章 人工降雨	180
§ 31. 人工降雨系統的組成部分.....	180
§ 32. 人工降雨機的田間佈置.....	194
§ 33. 在壓力水管內水的運動.....	196
§ 34. 人工降雨機的設計.....	200
§ 35. 灌水定額和灌水時間.....	202
§ 36. 降雨強度及其雨點大小.....	204
§ 37. 人工降雨的優缺點.....	207
第九章 地下灌溉	211
第十章 灌溉渠系	218
§ 38. 水源.....	218
§ 39. 揚水設備.....	259
§ 40. 灌溉渠道的佈置.....	277
§ 41. 灌溉渠道中的流量.....	284
§ 42. 明渠中水的運動.....	294
§ 43. 灌溉渠道斷面的選擇.....	304
§ 44. 灌溉渠道網上的建築物.....	308
§ 45. 灌溉網上的水文測驗儀器.....	312
§ 46. 道路網.....	317
§ 47. 農莊用水計劃.....	320
第十一章 利用污水的施肥灌溉	324
第十二章 防止灌溉時土壤的鹽漬化	334
§ 48. 土壤鹽漬化的基本原因.....	334
§ 49. 防止土壤鹽漬化的措施.....	338
§ 50. 土壤的脫鹽.....	349

第一部分

土壤改良

1. 基本知識

第一章 緒論

§ 1. 課程內容

沒有水就沒有生命——恩格斯

在社會主義農業面前，提出了勞動力花費最少獲得的產量盡可能高而品質優良的農產品的任務。爲此，最重要的條件是改良農業生產主要工具的土壤，以提高土壤的肥力。

在植物所能獲得的光和熱的範圍內，“我們把土壤滿足植物對於生活的土地因素(水分和養料)的需要的能力稱爲土壤肥力^①”。

水分和養料是同等重要且不可相互置換的植物生活因素，兩者不但應該同時存在於土壤中，而且應該有一定的比例。在天然的土壤中，它們是互相制約的。

在未耕作的土壤中，水分和養料狀況在土壤形成過程中不斷地改變着。在土壤形成的草原期，一年生植物佔優勢，在大氣降水量不足和空氣乾熱的情況下，土壤失去了貯存的腐植質和水分，變成了粉狀、乾

① 威廉士：“耕作原理”，國立農業書籍出版社，1929年，第19頁。

燥和貧瘠的土壤。在土壤形成的灰化期和生草期，多年生草類佔優勢，降水量充沛，空氣濕潤而寒冷，土壤含有過多的腐植質和水分，腐植質的礦質化緩慢，養料的貯存量貧瘠。

土壤中水分不足會抑制植物的生長，因此植物遺留在土壤中的有機質和腐植質很少。同時，少量的水分只佔據土壤空隙不大的一部分，所以在乾燥的土壤中含有很多的空氣和氣態氧。因此，土壤中好氣性作用極盛，使腐植質迅速地礦質化，使本來就很少的腐植質的貯存量更加減少。由於缺乏腐植質，極細的礦質微粒不能膠結成團粒，仍然呈分散狀。顆粒間非常窄細的毛細管空隙使大氣降水很難深入土壤中，因而大部分雨水和雪水都沿着地面流入河中，沿途沖刷土壤的表層。另一方面，土壤水沿着毛細管空隙迅速地上升到地面，如果大氣中的空氣乾熱，就會很快被蒸發掉，而土壤水所挾帶的鹽分則使土壤鹽漬化。土壤日益乾燥，渙散，鹽漬化，為水所沖蝕，並為風所吹蝕。

在水分過多的情況下，土壤中空氣和氧氣很少，微生物羣的發展受到抑制，植物的殘餘物礦質化很慢，腐植質積累起來，礦質養料的貯存量日漸減少，土壤含水能力變得很大，水分和空氣就不易流通。土壤表層含水過多而缺乏養料和氧氣，本來的植物逐漸由需要養料較少且較為耐水的植物所代替，土壤轉變為貧瘠的沼澤。

因此，在無結構的土壤中，存在着水分和礦質養料間的矛盾以及水分和空氣間的矛盾，這種矛盾降低了土壤的肥力。

但根據馬克思的理論，肥力決不如同某些人所認為的那樣是土壤的天然性質。肥力是與現代的社會生產關係有很密切聯系的^①。土壤是勞動的產物；土壤肥力是人類在利用土壤的過程中所創造出來的。

在土壤中的水分與養料之間以及水分與空氣之間的矛盾，可藉建立土壤的團粒結構消除之。有結構的土壤由直徑 1 到 10 公厘的團粒所構成。這種團粒是由腐植質膠結起來的礦質土粒的團聚體。在團粒

^① 馬克思與恩格斯全集，第五卷，第 406 頁。

之間，形成相當大的空隙（大空隙），這種大空隙使土壤能充分地吸收雨水，使土壤具有很大的透水性和通氣性，並且很少有毛細管現象。沿着這種空隙的毛細管上昇的高度、毛細管水流的強度以及這種土壤的地面蒸發都是不大的。大空隙在迅速地通過雨水後，就充滿着空氣，這就保證了良好的通氣以及在團粒外圍的植物殘餘物和腐植質旺盛的礦質化。團粒內的腐植質是很能容水的，因而在團粒內能穩定地保持着大量的水分。團粒內部極細小的空隙（小空隙）形成非常窄細而充滿着水分的毛細管。毛細管的末端通入大空隙中，為表面張力的水膜所覆蓋，所以水不能由毛細管流入大空隙中。在團粒內部形成了嫌氣性分解過程，因而團粒內的腐植質分解得很慢。因此在有結構的土壤中，同時而穩定地含有大量的水分、空氣、可給態養料和腐植質。高度的透水性使土壤表層免於過濕，並使多餘的水分易於沿着耕作層底部的坡面流走。

李森科認為：“土壤結構之所以必要，也由於有結構的土壤能使微生物發育所必需的水分和空氣能同時存在於土壤中，微生物藉其本身的生命活動，製造出為植物所需的養料”。

土壤的團粒結構是由許多複雜的綜合措施所建立與保持的。首先在土壤中，必須經常具有足夠的腐植質，以保證團粒的膠結作用和礦質化中腐植質的消耗。長期連栽一年生植物，會使腐植質減少，終於使腐植質完全消失。反之，多年生草類則使腐植質日益積累起來。在長期栽植多年生草類的情形下，會使礦質化停滯，使土壤缺乏養料，使土壤水分過多。所以建立以一定次序輪栽一年生作物和多年生牧草的草田輪作制，是調節土壤中腐植質數量的工具。

護田林帶可以減小風力、減弱土壤水分的蒸發、避免地面逕流、防止土壤的沖蝕、以及防止雪和土壤的吹蝕。根據威廉士的學說，護田林帶具有如此重大的意義：如果不種植林帶，牧草地的農業技術效果就會縮減至不能作為在輪作制中種植牧草的基礎。

其次，在草田農作制中，森林、農田和草地應這樣按區分佈，以便這

三組植物的需水性的區別適合於不同的地形條件下土壤天然濕潤的區別，以便防止土壤的冲刷；應發展畜牧業，因為畜牧業除其基本的任務外，並能保證施大量厩肥於土壤中；應實施正確的土壤耕作制度和植物施肥制度。

上述的農林技術綜合措施，大大地改善了土壤的濕潤情況。進入土壤中的水量 P 基本上取決於大氣降水量 A ，降水量中有 μ 部分滲入土壤中，因此進入土壤的水量 $P = \mu A$ 。無結構的土壤通常僅吸收雨水的 30%，吸收雪水也很少；在這種情況下土壤約吸收年降水量 A 的 25%，即 $P = 0.25A$ 。另一方面，有結構的土壤能夠吸收達年降水量的 100%，即 $P = A$ 。

對植物無益的地面蒸發水量 e ，在無結構的土壤中，按照與土壤中儲水量的比例來說是很大的；在有結構的土壤中則降低到 $0.15A$ 。

因此，在土壤中完全在植物支配下的穩定儲水量，在無結構的土壤中低達 $\mu A - e = \alpha A \leq 0.15A$ ；在有結構的土壤中則達 $\mu A - e = \alpha A = 0.85A$ 。所以有結構的土壤對於植物利用降水量來說，比無結構的土壤優越得多。因此，根據威廉士的意見，除了保證積聚水分的措施（積雪、灌溉）外，還應更多地提供在土壤中保證為植物所需水分的措施。

設 Y 為收穫物的乾物質重量， k 為葉面蒸發係數，則植物在生長期所需要的水量 $R = kY$ 。需水量 R 決定於收穫量的大小（收穫量在社會主義經濟的條件下是不斷地提高的）、作物的種和品種、土壤溶液濃度、臨近地面空氣層的濕度差、作物的管理方法。 R 值的變化是很大的，但無論如何土壤應含有可供植物吸收的儲水量。因此，

$$kY = \alpha A. \quad (1)$$

如果 $\alpha A < kY$ ，則此水分不足以獲得計劃收穫量。如果 $\alpha A > kY$ ，則在土壤中可能有過多的水分，降低了植物殘餘物的礦質化的速度，引起養料的缺乏。

但降水量 A 不是到處都是一樣的。在蘇聯，年降水量由巴統到努

庫斯的變化爲 24,000 立方公尺/公頃——750 立方公尺/公頃。空氣的濕度差也是不同的,夏季的濕度差由雅庫特斯基的 0.2 公厘變化到傑安格里(中亞細亞)的 32.1 公厘。年降水量 A 的按月分佈也很不同,而這種按月分佈是很重要的,因爲在植物生長期的降水量最爲有效。其次,也必須注意到土壤水從高地向低地的移動,由於這種移動,甚至在有結構的情形下,在各種不同的地形上的土壤儲水量的絕對值是不同的。

因此,外界環境的條件(氣候和地形)可能破壞 $kY = \alpha A$ 的平衡,並有必要採用特別的措施來恢復其平衡。在經常乾旱或週期性乾旱的地區(主要是在蘇聯的南部和東南部)和在高地上栽植需水多的作物時,可能要人爲地補充土壤中和空氣中的水分。在氣候潮濕的地區(主要是在蘇聯的西北部和北部)和在低地上可能需要人爲地排除土壤中多餘的水分。在融雪急驟或暴雨很大以及坡度很大的地方必須攔蓄地面逕流以免泛濫成災。

灌溉爲由水源引水到乾燥的土壤和空氣中。排水爲由水分過多的土壤的空隙和表面將水排到承洩區中去。在灌溉、排水以及防止地面逕流的危害時,都藉工程建築物以調節水流。這些辦法都稱爲水利技術措施。

水利技術措施必須與農林技術措施互相聯系。若孤立地採用水利技術措施,則其效果是很小的,甚至可能造成有害的後果(例如土壤的鹽漬化)。同樣,若不實施水利技術措施,農林技術措施往往是無效的,甚至是不能實現的。

因此,上述的農林水利技術措施是互相聯系的,並組成一個完整的綜合體。三者綜合起來組成了以偉大的俄國學者道庫查也夫、考斯賓切夫和威廉士的學說爲基礎的草田農作制。草田農作制是提高土壤肥力和勞動生產率的可靠的工具,同時也就是土壤的土壤改良,亦即長期而牢固地改良作爲社會主義農業生產手段的土壤。

由此可見,土壤改良是一系列各種不同的措施。馬克思說過,持久

的土壤改良能使土壤的物理性質，甚至局部地能使土壤的化學性質發生變化，“總之能使一塊位置確定並有限制的土地，取得別一塊土地（其位置不同但常常在前者的附近）天然具有的特性。例如，一塊土地天然就是平坦的，但別一塊土地必須設法使之變成平坦；一塊土地具有天然的排水溝，但別一塊土地需要人工排水設備；一塊土地天然具有深厚的耕作層，但別一塊土地就需要人爲地加深之；一塊粘土類土壤天然混有適量的砂，但別一塊土地還必須人爲地造成適當的比例；一塊草地天然就有灌溉或覆有淤泥，但別一塊草地必須用勞動力，或者用資產階級的經濟術語來說，用資本來灌溉或施肥^①”。

土壤改良的農林技術措施，在農作學和森林學課程內當有詳細的敘述，這裏我們僅就其與水利技術有關的加以必要的說明。本書的主要內容是土壤改良的水利技術措施。

馬克思列寧主義的創始人，曾不止一次地指出水利土壤改良的重要作用。

馬克思很早就指出：“氣候條件和土壤條件使得利用渠道及水利建築物的人工灌溉渠系成爲東方農業的基礎^②”。

列寧在1921年4月14日致阿捷爾拜疆、格魯吉亞、阿爾明尼亞、達格斯坦、哥里共和國共產黨員同志們的信中指出：“灌溉是最需要的，它最便於改造邊疆，復興邊疆，埋葬一切舊的，而使過渡到社會主義的事業鞏固起來^③”。

斯大林在1924年寫道：“我們已決定運用農民那種爲保障自己將來免遭偶然旱災之害而去作一切可能的事業的日益堅強的決心，並且我們要盡量設法運用這種決心以便進行（和農民一起進行）土壤改良和改進農業栽培等方面的徹底的辦法。我們打算在撒馬拉——薩拉托夫

① 馬克思：“資本論”，第三卷，國立政治書籍出版社，1949年，第759頁。

② 馬克思選集，聯共（布）中央出版局，1938年，第二卷，第101頁。

③ 列寧全集，第二十六卷，第三版，聯共（布）中央出版局，1937年，第192頁。