

高等农业院校試用教材

水利土壤改良

(农学类各专业适用)

南京农学院土壤教研組 編

上海科学技术出版社

高等农业院校試用教材

水利土壤改良

(农学类各专业适用)

南京农学院土壤教研組 編

上海科学技术出版社

说 明

本教材内容主要是讲述田间土壤水分调节的水利技术措施，以共同性问题及一般的基础理论为主；适用于土壤农化专业，兼顾农学等专业的需要。

本教材由徐松龄执笔编写，林心清、李桂兴、方明绘图。

高等农业院校试用教材
水 利 土 壤 改 良
(农学类各专业适用)
南京农学院土壤教研组 编

上海科学技术出版社出版 (上海瑞金二路 450 号)
上海市书刊出版业营业许可证出 093 号

上海洪兴印刷厂印刷 新华书店上海发行所发行

开本 787×1092 1/16 印张 13 10/16 插页 1 排版字数 320,000
1964 年 8 月第 1 版 1964 年 8 月第 1 次印刷
印数 1—2,000

统一书号 16119·520 定价(科五) 1.30 元

目 录

第一章 緒 論

- 第一节 土壤改良的任务和内容1
- 第二节 我国的自然特点与历史上水利土壤改良事业的发展3
- 第三节 新中国水利土壤改良事业的成就及党对水利工作的方针4
- 第四节 水利土壤改良工作的基本形式5

第二章 农业水文学知識

- 第一节 自然界水分的循环与平衡及农业水文学的内容与任务8
- 第二节 降水及径流的变化规律及水文分析计算的方法11
- 第三节 土壤水分的运动及其平衡15
- 第四节 地下水及其运动规律21

第三章 农作物灌溉制度

- 第一节 灌溉的意义及调节土壤水分的要求25
- 第二节 作物的田间需水量27
- 第三节 农作物灌溉制度的制定38
- 第四节 我国主要旱作物的灌溉制度38
- 第五节 灌水图的制定及其修正46

第四章 灌溉系統

- 第一节 灌溉系統的任务及其組成部分50
- 第二节 渠道系統的规划与布置51
- 第三节 渠道的流量設計56
- 第四节 渠道纵横断面的設計60
- 第五节 渠道系統上的建筑物72
- 第六节 利用地下水进行灌溉73
- 第七节 揚水灌溉与抽水机站的布置77

第五章 灌水技术及田间調节网

- 第一节 灌溉方法和灌水技术80
- 第二节 畦灌法81
- 第三节 沟灌法86

第四节	噴灌法——人工降雨·····	91
第五节	地下灌溉·····	94
第六节	污水灌溉及蔬菜的灌水技术·····	97
第七节	田間灌溉調节网·····	102
第六章	农田排水	
第一节	农田水分过多对作物的影响及排水的任务·····	106
第二节	地面排水·····	108
第三节	降低地下水位·····	117
第四节	排水系統·····	120
第五节	平原圩区的河网化·····	127
第七章	水稻田的灌排	
第一节	水稻的需水規律及水分管理·····	130
第二节	水稻的排灌制度·····	133
第三节	水稻的灌水方法与灌水技术·····	138
第四节	水稻的晒田·····	140
第五节	水田的灌排系統·····	141
第八章	計劃用水	
第一节	計劃用水的意义及內容·····	147
第二节	灌溉用水单位用水計劃的編制·····	148
第三节	渠系用水計劃的編制·····	150
第四节	用水計劃的执行及修正·····	156
第五节	量水及量水設備·····	158
第九章	土壤盐漬化的防止与改良	
第一节	我国盐漬土的分布及灌区盐漬化問題·····	167
第二节	盐漬土改良原則及防止灌区土壤盐漬化·····	170
第三节	种稻洗盐改良盐漬土·····	172
第四节	盐漬土的冲洗改良·····	175
第五节	冲洗过程中的排水問題·····	183
第十章	丘陵山区的水利土壤改良	
第一节	我国丘陵山区的自然特点及治理措施·····	189
第二节	丘陵山区的蓄水措施·····	190
第三节	丘陵山区的灌溉系統·····	197
第四节	丘陵山区的土壤侵蝕·····	200
第五节	水土保持的技术措施·····	203
	主要参考书目 ·····	213
	后記	

第一章 緒 論

第一节 土壤改良的任务和内容

农业是国民經济的基础。作为直接为发展农业生产服务的农业科学,更要站在“大办农业,大办粮食”的第一綫。

我国人民偉大的領袖毛澤东同志,总结了农民增产的經驗和解放以来农业技术改革的經驗,系統地提出了农业“八字宪法”。这是党的領導、群众經驗和科学研究相結合的产物。在几年来的生产实践中,农业生产的“八字宪法”得到了丰富与发展。經驗証明了,因地制宜地、不違农时地贯彻“八字宪法”,是农业生产增长的保証条件之一。

农业生产的“八字宪法”是一个不可分割的整体,但“土、肥、水”三者 in 农业生产过程中的变动性最大,因此,在贯彻农业“八字宪法”时,就必須在作物生长发育的整个过程中,灵活地掌握肥、水的变化,而一切肥、水措施,又都要通过土壤才能发挥其作用。农民說:“土是根,肥是勁,水是命”,生动地表明了土、肥、水之间的联系及其在农业生产中的重要性。

就全国范围来看,土壤各有其特性、水、热供应以及其他一系列的差异。就局部地区来说,梯田及坡地,平原及洼地,各有其不同肥力的土壤直接影响作物的生长发育。土壤改良的任务,就是人为定向地改造土壤,克服土壤中一种或多种限制因素,充分释放土壤肥力。对于肥沃的土壤,只要加强耕作及肥、水等各项措施,即可保証丰收,而对那些由于种种因素的影响,限制了土壤肥力的正常释放的所謂“低产土壤”,則必須针对其低产原因,进行改造。例如在水分过多及盐分累积的低湿盐土地上,須采取开沟排水結合平整及深翻土地等措施;在水源充沛的盐碱洼地上可改种水稻;在地下水水质良好、水源充沛的平原圩区,实现蓄、灌、排相結合的河网化;在易于冲刷及缺水的黄土坡地上則应修筑梯田等保土工程。如果土壤中水分不足,将使作物受旱,就必須采用灌溉及防旱保墒等措施;相反地如果土壤中水分过多,形成还原环境抑制根系生长,則就要排水、晒田,促进土壤氧化。其他如土壤过粘、过酸,都必須针对其主要矛盾,“对症下药”进行改良。

影响土壤肥力提高的因素是复杂的,而且各种因素也是彼此联系,相互制約的。調节与管理土壤水分状况,是提高土壤肥力的决定性措施。因为土壤中的养分状况是通过土壤水分来实现的,而土壤中水分状况的变化,又会直接影响到土壤的其他肥力因素,如空气、热量状况的变化,所以对于土壤水分的調节,也就是对土壤肥力的根本性改善。

水分問題对于土壤肥力及农业生产既然是那样的重要,但是到今天为止,虽然我們已經

逐漸認識了它的規律，然而還是沒有能夠完全地控制它，特別是氣候因素，我們目前對它還無能為力。實際上完全符合農業生產要求的風調雨順的年份是很少的，這就需要應用土壤改良等措施來彌補；在鹽鹼土、低洼地、丘陵坡地等地區，“水”也是突出的矛盾；因此通過水利技術措施來調節與管理土壤水分狀況，從而調節了與其相關的營養、通氣與溫熱的狀況，改善了氣候與水文的條件，成為土壤改良的重要手段。

土壤改良工作通常是指改良土壤性質、提高土壤肥力的各種措施而言，它包括營造防護林帶以調節田間氣候狀況的森林土壤改良，也包括施用化學肥料以改良土壤性狀的化學改良在內，甚至也包括了砂土、粘土性質的改良及一些特殊土壤問題的改良措施。水利土壤改良是通過水利技術措施，來調節土壤水分和提高土壤肥力，在土壤改良的工作中應用範圍廣泛，改良比較徹底，因而很多學者例如蘇聯的考斯加可夫院士便將水利土壤改良（гидромелиорация）與土壤改良（Мелиорация）看作是一個含義。

水利土壤改良的任務既然是用水利措施來改良土壤，因此水利土壤改良學也是水利科學中的一部分，它包括着農田水利工作中的一些主要任務和內容。但是水利土壤改良更重要的任務是解決水到田間後，如何使它成為土壤肥力和植物營養要素，並探討更好的方式，爭取最好的經濟效果。水利土壤改良學又是整個土壤科學及農業科學中的一個不可分割的組成部分，並且它將通過自己本身的发展，充實和豐富土壤科學及農業科學的內容。

水利土壤改良學直接研究的對象是土壤水分。研究自然界水分的科學，有研究自然界水分的循環規律的水文學（及與此相關的氣象學中的問題），有研究水流運動的力學性質及其普遍規律的水力學，有研究地下水運動規律的水文地質學，以及研究土壤水分運動規律的土壤水文學。水利土壤改良學就是建築在這幾門學科的理論基礎上，並與作物栽培學、作物生理學結合起來，應用於農業生產，以增加土壤的肥力。

水利土壤改良學是一門技術科學。灌溉、排水以及特殊土壤問題的水利改良，是土壤水分管理上的三個重要問題，也是土壤改良工作的重要內容。為了達到管理與調節土壤水分的目的，就必須研究灌溉、排水等技術，“引水、用水、管水”的原理與方法，以及在一定範圍內的水利系統的規劃與田間渠系的設計等。

將水利土壤改良學純粹看成一個水利技術問題是不妥當的，水利土壤改良學的涵義和農田水利學的涵義有所區別。水利事業伴隨着農業的發生而產生，已有兩三千年的歷史，但是水利土壤改良學成為一門獨立的學科還是最近幾十年的事。蘇聯學者考斯加可夫院士遵循着威廉斯的同等重要律和不可代替律的學說，批判了單純的用水和排水的觀點，綜合地考慮了影響土壤肥力的各種因素，將水分的調節放到恰當的位置上，因而給這門科學奠定了堅實的基础，而使水利土壤改良具有嶄新的內容，成為一門水利、土壤、農業技術與農業生物學等相結合的科學。

隨着農業生產的發展，給水利土壤改良工作提出了很多新的問題，特別是因地制宜、因土制宜及按各種作物生理要求的田間水分管理問題，以及如何將最新的技術科學成就運用到田間調節水分的技術上等，都有待我們去研究解決。我們相信，在黨的領導下，貫徹理論與實踐相結合的原則，水利土壤改良科學必將加快步伐向前發展。

第二节 我国的自然特点与历史上水利土壤改良事业的发展

我国位于亚洲大陆东岸,冬季自大陆吹来寒冷而干燥的冬季风,夏季自海洋吹来温暖潮湿的夏季风,是世界上著名的季风国家。受季风影响的特点,使得全国大部分地区夏季多雨而酷热,冬季干燥而严寒,我国境内各地的平均年雨量的差别,主要与水汽来源的距离有关。

我国绝大部分农业区,均处于季风带内,由于受季风的影响,雨量大部分集中在夏季,因而易于发生春旱、秋旱和夏涝,同时根据历年季风强弱程度的不同,各地降雨量的年变率和季节变率都很大。内陆各地最多一年的雨量往往为最少年份的3倍以上,华北甚至达6倍左右,西北更超过此数。如山西太原二十一年纪录中,最多年份(702毫米)为最少年份(45毫米)的16倍。同时又由于气旋的影响,造成了5、6月份江南一带的梅雨及华北东北一带7、8月间的暴雨。每年夏天和秋天,我国东南沿海,常受到台风侵袭,同时带来大雨(叫做台风雨),有时和气旋雨同时发生,便造成特大暴雨。如1953年9月某日,江苏省某地一日降雨447毫米;再如1960年7月,在苏北某县一日内降雨达900毫米。这都是因为太平洋的暖空气随台风自东至西在我国境内移动,与从我国西北部南下的冷空气遭遇,同时形成台风雨和气旋雨。

在一年之内,雨量分布也是十分不均匀的。南方各地有百分之五十至百分之六十的年份雨量集中在3月至6月,以5月至6月为最大,北方各地百分之七十至百分之八十的年份雨量集中在6月至9月的汛期里,以7月至8月份为最大(见表1)。

表1 南北方代表站平均年雨量各月份的分配

站名	年雨量(毫米)	各月份雨量占年雨量的%											
		1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
桂林	1961	2.4	4.6	6.7	15.2	18.8	19.2	11.9	9.6	4.3	4.2	2.7	2.4
南京	987	3.7	5.1	7.2	8.9	8.7	15.2	18.6	11.5	8.6	4.3	4.2	3.9
北京	639	0.6	0.7	1.3	2.6	5.6	12.5	36.3	24.5	9.2	2.6	1.6	0.4
备注		桂林站: 3~6月占57%, 5、6月最大。 南京站: 5~8月占54%, 6、7月最大。 北京站: 6~9月占84%, 7、8月最大。											

夏季雨量的绝对变率,有些地区更为悬殊,华南夏季最多雨量可至1000毫米左右,最少则仅300毫米,相差3倍多,华中则为1:5至1:10之间,华北达1:10以上,西北地区甚至可达1:20。这样大的变率,对农业生产非常不利。

我国的地形也是比较复杂的。山丘地带,地形起伏比较大,坡度也陡,在水的问题上,就有冲刷、山洪、蓄水抗旱等矛盾;平原地区,面积大而平坦,地面坡度起伏不大或只有微度起伏,有些波状平原,没有固定的倾斜方向,水系特别复杂,这样都使得平原地区的蓄水条件较差,排水也不畅,易旱易涝;还有一些是经常低于湖水、河水及海水的陆地,地表常积水,或是

常被水所包圍,形成最易受澇的地区。

由于气候条件而形成的雨量分布的地区、年份及季节間的不勻,以及地形的复杂,土壤条件的差异,都使得水利土壤改良工作复杂化,也在很大程度上成为我国历史上水旱灾害頻繁的重要原因之一。根据历史上的記載,我国自公元前 206 年到公元 1940 年的两千一百四十六年間,就发生过較大水灾 1032 次,旱灾 1064 次,几乎一年就遇到一次水灾或旱灾;同时解放前由于森林遭受破坏,水利失修和战争的影响,水旱灾害越来越頻繁,范围越来越大,受灾程度也越来越严重,很多从前是土地肥沃、出产丰富的地区,逐渐变成“十年九不收”的灾区,非旱即澇。因此在解放后,兴修水利,消灭水旱灾害,成为发展农业生产的重要措施。不消灭水旱灾害,其他的增产措施,如增施肥料、改良耕作技术、推广良种等等的效果,都会受到影响。

几千年来,我国劳动人民不断地与自然灾害进行艰苦的斗争,在“开发水利,防止水害”方面积累了丰富的經驗。早在四千二百多年前,一本著名的水利著作“禹貢”說明了中国古代水利事业的开端,商周时代广泛地設置了沟洫,春秋战国时代开渠治水工程广泛展开,在四川灌县兴建了聞名全国和全世界的都江堰工程,在关中有郑国渠的开凿,甘肃有秦渠、汉渠等的开凿,这些工程到現在还灌溉着几百万亩农田,其他水利工程,如遍布南方丘陵区的几百万口塘堰,华北各省的水井、水車,西北地区的坎儿井、天車等,都是我国农民和干旱作斗争的工具,也都是水利技术上的重大創造。江苏、浙江两省的太湖地区在远古时代,原是个海湾,四千年前还是个广大澤国,在长江及錢塘江的泥沙堆积以后才形成內陆洼地,二千年来,特别是近五百年,經過太湖地区劳动人民的辛勤劳动,逐渐形成了密如蛛网的河流(河水面积約占太湖地区总面积的百分之十六),成为古老的河网工程,使这块荒凉的洼地,变成了人烟稠密,物产丰富的魚米之乡。这是以水利措施改变自然面貌,改良土壤,发展农业生产的范例。在与水土流失及盐碱荒地斗争方面,我国劳动人民也都积累了不少宝贵的經驗。

在我国历史上,劳动人民对于水利事业有过不少的創造和成就,但是由于长期处在封建制度之下,劳动人民的創造不但沒有得到应有的重視,劳动人民的智慧不但得不到发展,而且,由于殘酷的封建剝削,阻碍和破坏了水利事业的发展。在国民党反动派統治时期,水利及水利土壤改良事业也和其他任何事业一样,不能得到发展,虽有极少数新型灌溉系統出現,例如陕西涇惠渠、洛惠渠及后套的民生渠等,而統治集团却借此向农民进行更殘酷的剝削,加上灌溉方法不合理,部分土地盐碱化,迅速地丧失了肥沃性。所有这些都束縛了水利土壤改良事业的发展。

第三节 新中国水利土壤改良事业的成就及 党对水利工作的方針

“水利是农业的命脉”,解放初期,党就十分重視水利工作,領導着广大人民一面迅速地治好了战争期間被破坏和失修的水利工程,摧毁了地主阶级的水利特权和封建水規,一面开始兴修大量的新的水利工程。在 1949~1951 年間,国家正处于困难情况下,而 1950 年一年所建設的水利工程,就增加灌溉面积一千二百多万亩,1951 年又增加灌溉面积两千八百万

亩。在第一个五年计划期间，我国农田水利事业获得了更大的发展，特别是在1955年冬至1956年春，在波澜壮阔的农业合作化运动的推动下，共扩大了灌溉面积一亿一千万亩。1958年以来，水利事业更得到了空前的大发展，灌溉面积有更大幅度的增长。

解放以来，结合江河治理开展了大规模的改洼治涝工作，使分布在海河、淮河中、下游以及沿江滨湖地区的经常遭受涝灾的土地初步得到了治理并获得初步成效。

山区水利和水土保持工作也取得很大成绩，塘、坝、水库、引水上山渠道和各种水土保持设施的大量兴建，使许多山区基本上改变了原来干旱低产的面貌。

随着灌溉面积的扩大，灌溉管理工作也在迅速地发展，灌水方法和灌水技术得到不断改进。1959年全国实行计划用水的面积已达一点八二亿亩。旱作物的沟灌、畦灌，水稻的合理灌排，也都得到更广泛的发展。部分地区还推广了喷灌及地下灌溉等新技术。

灌区土壤盐渍化的防止和盐渍土的改良工作，也取得了良好的成绩，使许多历史上寸草不生或产量很低的土地，得到了新生；在研究灌溉制度、灌水技术、水土保持及防止土壤盐碱化等方面也都获得了不少成果，对指导生产起了积极的作用。

农田水利建设与土壤改良工作的巨大发展，是农业生产比较稳定的发展条件。1958年，从南到北有不少地区，连续遭受一百多天甚至二百多天的严重干旱，夏季部分地区却又暴雨集中。但由于农田水利建设的发展，增强了抗灾能力，结合其他农业措施，保证了当年粮、棉、油料作物丰收。1959年我国遇到了数十年未有的旱灾，1960年又遭受了百年未有的严重自然灾害，影响了农业生产计划的完成，但是由于人民公社的组织日益完善和日益巩固、农田水利建设的发展和农业技术装备有了一定的改善以及农业“八字宪法”的充实和发展，减轻了自然灾害所造成的损失。

解放后农田水利事业发展的速度，在我国来说是空前的。这反映了我国人民在党的领导下改造自然的伟大气魄。所有这些成绩都是在党的领导下，高举三面红旗，坚持贯彻群众路线、坚持贯彻党的方针政策的結果。

随着整个社会主义建设和农业技术改造的进展，我国水利建设进入了一个巩固和提高——水利工程的进一步系统化和水利设施的进一步机械化与半机械化的新时期。

当前水利建设的重要环节，是如何发挥已有水利工程的潜力。过去几年兴修的水利工程为我国农业生产的持续跃进创造了良好的物质条件，目前迫切需要的是对已有的水利工程的配套、续建、维修，特别是配套。水利工程能否充分发挥作用，主要决定于工程是不是实现了系统化，是不是已经配成了套。水库、干支渠、毛渠、田间土地平整要配套，土石方工程与机械设备排灌工程也要配套；不仅不能缺少任何一个环节，而且各个环节的口径还要相称。这样才能充分发挥水利工程的效用。

为了加速我国社会主义建设，除了发挥现有水利建设、土壤改良等农田基本建设的作用外，还要向水利化的方向发展，争取根本消灭水旱灾害，保证农业丰产。水利土壤改良要求向提高土壤肥力、科学地调节水分、创造尖端技术的方向发展。

第四节 水利土壤改良工作的基本形式

水利土壤改良事业，是以水利技术为手段，结合农业技术措施和植造防风林等，来改造

不利于农业的自然条件。具体的工作可以分做以下几个方面：

1. 灌排的土壤改良 其主要的任务是使水旱作物都能得到足够的水分,使灌溉作物获得稳定的产量,而在易涝地区则要使多余的地表水及时排走及保持适宜的地下水位。

从灌溉的要求来看,按照地区的水分特性,我国大致可划为三个区域:

(1) 干旱地区:位于北緯 32° 以北、东經 105° 以西,包括新疆维吾尔自治区、青海、甘肃等省。本地区属于干旱半荒漠和荒漠草原气候,年降雨量小于 250 毫米,有些地区几乎終年无雨,蒸发量很大,一般超过雨量的数倍,因此絕大部分地区如无灌溉就不能进行农业生产。

(2) 水分不稳定地区:位于北緯 32° 以北、东經 105° 以东,包括河北、山西、山东、河南、辽宁、吉林、黑龙江及内蒙古自治区,这些地区的年降雨量虽然稍大 (350~600 毫米),但分布极不均匀,而且年变差大,因此經常出現干旱年份或干旱季节。

(3) 水分基本充足地区:位于北緯 32° 以南的东部地区,包括江苏、安徽、浙江、福建、台湾、湖北、湖南、江西、广东、广西僮族自治区、貴州、四川、云南各省,农作物以水稻为主,且大部分地区可以一年两熟,平均年降雨量在 750 毫米以上,其中尤以广东、广西僮族自治区、福建、台湾等地雨量丰富,可达 1400~2000 毫米。年雨量的分布,在江南丘陵区以 4 月和 6 月最多,在长江中游平原地区以 6、7 月較多,四川、云貴及西藏地区則集中在 6 月至 9 月。但从年降雨量的分布及作物的需要情况来看,江南丘陵区多患夏旱和春旱,长江中下游多患春旱和秋旱,西南地区則患春旱。因此灌溉措施对农业生产是很必要的。广东、广西僮族自治区、福建等地,虽然雨量充沛,但一般年份在早稻插秧、晚稻成熟时期雨量仍感不足,都需要进行灌溉来补充。

从以上情况来看,几乎全国都有必要进行各种不同程度的灌溉,才能摆脱干旱灾害的影响,保証农业丰收。

在河北、河南、山东、安徽、江苏等省的平原低洼地区,往往在多雨的洪水季节形成内涝。在这些地区要根除水旱灾害,实现河网化是最有效的措施。河网化将蓄水系統、灌溉系統和排水系統結合在一起,这是在我国水利事业上的偉大創造,也是历来我国人民治水經驗的結晶。灌排蓄相結合是水利土壤改良工作的主要形式之一。

2. 作物的田間水分管理与田間水利系統的設置 使水成为土壤的肥力因素,达到提高作物产量的目的,就要直接在田間对作物进行水分管理。这一部分工作必須紧密地和农业技术相結合,并且要和作物栽培与植物生理等学科密切联系。为了达到对作物进行最合理的有效的水分調节的目的,就必須对田間水利系統的布置及調节水分的方式进行研究。随着农业的发展这部分工作更显得重要。

3. 区域性土壤改良工作中的水利技术措施 在不同的地区内,存在着一些特殊的土壤改良問題,例如:盐漬土的改良,沼澤土的改良,洼地的改造,丘陵山区的水土保持等問題。在这些地区性的特殊的土壤改良工作中,共同的問題就是水分状况必須得到改善,也就是必須通过水利技术措施来对这些特殊土壤进行改良,这是水利土壤改良工作的基本內容。但是在这些特殊的土壤改良工作中,水利措施只是其中的一部分,还必須結合农林技术进行綜合的改良。在这些土壤的改良中,按其對調节水分状况的性质来分,盐漬土与沼澤土的改良是地下水的調节問題,洼地的改造則是地表水与地下水的調节問題,山区的水土保持是地表

徑流的調節問題。

从上面这三个方面来看,必須針對不同地区的具体情况,采取合宜的措施,解决水利問題,才有可能根本改善土壤水分状况。

水利土壤改良工作,因地区不同而有其一定的特殊性,但对于調節土壤水分状况,改善土壤肥力因素來說又是共同的,并且不同土壤的改良形式,也必須在这一点上統一起来。

第二章 农业水文学知識

第一节 自然界水分的循环与平衡及农业水文学的内容与任务

水文学中研究的是地球上水的活动状态和过程,自然界中水分的循环,海洋、湖泊、河流的情况,径流的发生过程,及河流流量水位变化的预报等。

自然界水的循环是这样的:水面约占整个地球表面的72%,在温度的影响下,陆地和海洋表面发生蒸发,使水变成气态,被气流从一个位置移送到另一个位置上,水汽凝結成液体或固体状态,而以雨和雪的形态降落到地上。降水一部分蒸发掉,一部分經由溪流和河道流入海中,而一部分則渗入土壤深处形成地下水,一部分降水流入湖泊和其他的内陆河流。

自然界水分循环分为两种,即大循环和小循环。在大循环中,水从海上蒸发起来轉移到陆地上空,而以降水形态降落在陆地上,这些降水除了蒸发部分之外,便都經由河流进入海洋;在小循环中,水从海面蒸发上升,凝結后直接返回海中(这种过程在陆地上也有进行)。自然界中水分循环可以参考下面示意图(图1)。

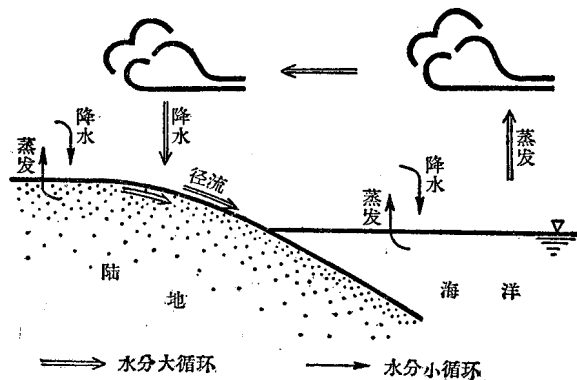


图1 自然界水分循环示意图

整个地球上水分循环的年平衡方程式,可以用等式

$$A = E$$

来表示;而对于陆地来说,则以

$$A = E + S$$

表示之,式中: A 为大气降水量; E 为蒸发量; S 为径流量。

表2中則說明了地球上水分平衡与循环的简单情况。

表2 地球上水分平衡計算

(单位:立方公里)

		降 水 量	蒸 发 量	徑 流 量
海	洋	412,000	449,000	—
陆	地	99,000	62,000	37,000
全	球	511,000	511,000	—

农业水文学是在一定地区范围内研究自然界水分循环规律在农业上的应用。它的特点是在更着重于近地面气象因素的变化对水文变化的影响,而且由于植物的蒸腾作用,土壤中水分运动(蒸发、渗漏等),地表径流,地下径流及地下水补给与储量的变化,人为灌溉排水措施等都参加到水分平衡中,使得农业水文研究的对象,更加复杂一些。一般灌溉地上的水量平衡的因素,在获得的部分,包括:①灌溉水,②大气的降水,③地下水,④大气凝结的水分。在消费的部分,包括:①栽培作物的蒸腾,②杂草的蒸腾,③土壤的蒸发,④稻田淹灌时的水面蒸发,⑤流失的水分(径流及灌溉水流失),⑥渗漏的水分(包括地下径流)。

考斯加可夫院士提出了土壤水分平衡的方程式如下:

$$dW + dV = (P + V - S) + (G + A - O) - E,$$

式中: dW ——该块土地上一定的土层内地下水貯量的增加或减少;

dV ——该块土地上地表水的增多或减少;

P ——降水量;

V ——灌溉水及可以利用的外区径流;

G ——可利用的地下水量;

A ——大气中水分在土壤中的凝结;

S ——流至外区的地表径流;

O ——流出的地下径流;

E ——该土地上的总蒸发量。

农业水文学的任务,则是研究一定农业地区内水分平衡各种因素间相关的规律,并为调节土壤水分状况提供资料,它包括的内容主要有下面几方面:

1. 降雨的发生,降雨量及其变化规律,并特别着重于在作物生育期内的变化情况;
2. 地表径流的发生、变化规律和对它的调节作用;
3. 地下水的来源和它的运动规律以及对它的调节;
4. 土壤水文情况的变化,及土壤水分预报。

通过这几方面工作的研究要求做到:

1. 作为制定合理的灌排系统的依据;
2. 指导对农作物进行合理的灌排,作出灌溉与排水的预报工作;
3. 作为丘陵山区小面积径流调节,保持水土工程的水文计算的依据;

4. 进一步找出通过灌排等水利技术措施及其他农业技术措施以后,土壤水分及径流的变化规律。

为了便于了解水文知识的内容,我们将一些常遇到的有关名词介绍一下:

1. 分水线 沿着地表水流动时流向两相反方向的交界点,即可连成分水线,亦可称为分水岭线。

我们可以在有等高线的地形图上,将分水线描绘出来(图 2-a)。

2. 集水面积及流域 对于河流、湖泊以及蓄水库,它们汇集来水的面积称为集水面积,对河流来说也就是它的流域。集水面积的范围,即是被分水线所包围的,每一个流域的分水线必然是闭合曲线,一条河流的总流域的面积包括干流和各支流的流域面积(图 2-a, 2-b)。

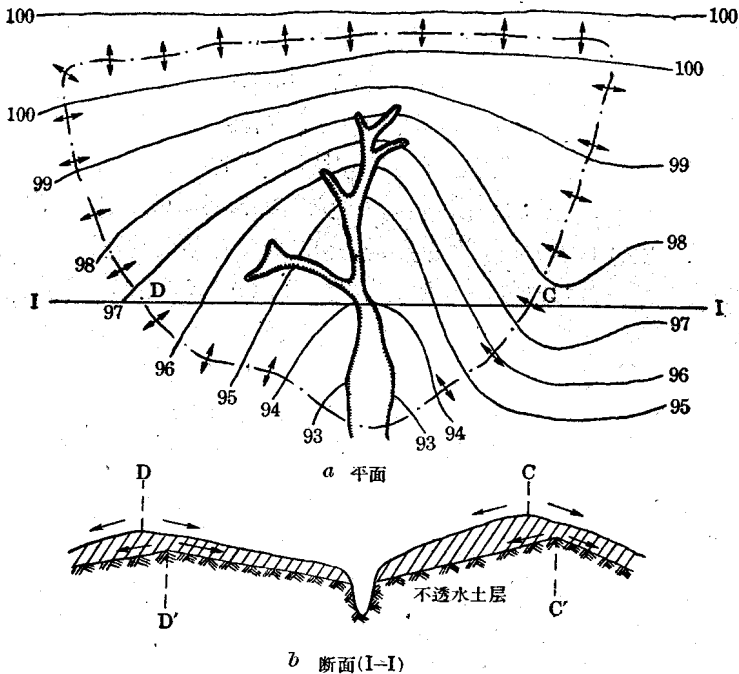


图 2 集水面积及分水线

3. 过水断面、流速与流量 过水断面是河流(水道、渠道)上某处的横断面,是与水流方向相垂直的假想垂直平面,过水断面的面积,通常以 F 来表示,单位为平方米。

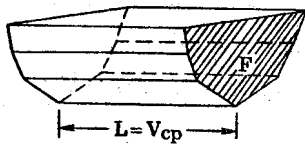


图 3 流量计算示意图

水流速度(流速)是由水流在每一秒钟内所流过的距离来决定的,过水断面的平均流速,以 V_{cp} 表示之。单位为米/秒。

流量是单位时间内水流通过某一过水断面的水的体积或数量,实际上流量就是过水断面沿河流在一秒钟内移动的距离所构成的体积,其移动距离在数值上等于平均流速,象这样的水柱所构成的体积,等于过水断面的面积与这个过水断面上平均流速的乘积(图 3)。

流量以 Q 来表示,单位为立方米/秒或公方/秒,通常以秒公方表示。

它们三者之间的关系如下式:

$$Q = FV_{cp}$$

4. 径流量、径流模数与径流系数 径流量是指河流的流量。比较河流彼此间的径流量是利用径流模数来计算的。径流模数是指单位受水面积的流量，它的代表符号常用 q ，单位用每平方公里的秒公升或秒公方来表示。径流模数又称为径流率。

对于某一河流，有其年平均流量或最大流量等，也同样就有年平均径流模数或年最大径流模数。

径流系数，则是在一定地区内径流水量和降雨量的比值，它和该地区范围的地形特征、植物被复及土壤性质有关。

5. 水位与水深 河流(湖泊、蓄水库)、渠道中的水面，以由一定水准基点起算的标高来表示称为水位，它和水深不同，水深是指水面到河底的距离。

第二节 降水及径流的变化规律及水文分析计算的方法

降水是一个极其重要的农业水文因素，无论年降水量的变化，各月、各旬降水量的分配及降水的强度、历时等，都和作物的生长发育有着密切的关系。降水和一切其他自然现象一样，本身存在着很大程度的变化，这些变化也有着它一定的规律。降水的变化，直接影响到旱涝情况，人们在长时期的生产过程中，已经认识到这种变化规律，例如人们常说：“十年一小旱，廿年一大旱”，就是说明干旱情况的出现有一定的周期或频率，也就是说有它一定的统计规律性。例如根据我国历史文献记载，从1900年起，出现大范围旱灾的有1900年、1913年、1917年、1920~1921年、1928~1930年、1934年、1941~1942年、1959~1960年，约相当于七、八年出现一次。我们为了和自然灾害作斗争，就必须了解这些规律，从而作出相应的措施(例如水利措施)来战胜它。同时在农业生产上为了根据一定的水文年度(干旱年或湿润年)的降水特征来进行合理的灌溉与排水，也就必须从水文资料的分析中找出一定的规律来。

降水量除去一部分渗漏到地下深处、蒸发到大气中去以及一部分停留在凹地表面外，都将经过河道或溪沟排出，这部分水量称为径流。通常指的地表径流，则是降水减去蒸发和渗漏而从地表流出的水量。由于径流直接是由降水而来的，自然界降水的变化规律也直接影响着径流的变化，但是影响径流生成的因素很多，综合起来，则有以下几项：

1. 气候因素 最主要的是降水，如果其他条件相同，降水量越多，径流值也越大，在降水的因素中，降水的强度，历时的长短，降水面积的大小，都和径流直接有关。

蒸发对径流的影响也很大，特别是在内陆的干旱地区，其他的气候因素如温度、湿度和风等对蒸发有着密切的关系，因此对径流也有一定的影响。

2. 地形因素 主要是坡度的大小及集水面积的范围。

3. 植被因素 如森林及其他自然植被的复盖，作物的复盖等。

4. 土壤及地质因素 如土壤的质地、构造、渗水速度等物理性状以及地质构造和地下水的补给情况等。

5. 人为因素 人为破坏自然植被，会加大径流系数，增加径流量，而采取水土保持措施及运用耕作及其他农业措施加大田间蓄水量，就会改变径流的分布；兴修水利工程，如蓄水

庫等都是直接用来控制徑流的,目前在进行中的河网化工程,也大大地改变徑流的特性。

由于徑流所受到的影响因素很复杂,使得天然的徑流量有着多变与不重复的特点。为了水利土壤改良工作的需要,也就要用統計方法預測这种变化規律,这在了解与研究水源情况时是很重要的。

我們知道,降水和徑流都是必然产生的自然現象,但是降水和徑流的形成,在它們出現的过程中,又往往受到很多复杂的要素(例如很多气象上和地理上的因素)的影响。这样在其数量上的出現情况就是偶然的,举个例來說,南京地区每年必然会下若干次雨,但究竟下多少雨,却有其偶然性。

經驗告訴我們,偶然現象的出現也有它一定的規律性。比如說,經過多次的观察后,就能发现河道中历年的水位,特別大的和特別小的都是少数,而一般的情况却常碰到。这样我們就可以根据以往的事实来对未来的形势作出某些估計,运用数理統計法可以研究这种偶然規律性。水文分析計算中就經常应用这种方法来求得各种規律。下面我們簡單地介紹这种数理統計法,但是我們應該注意,在实际应用上必須和产生各种自然現象的物理成因及自然地理特征的因素結合起来,才能得到最有效的結果。

在数理統計中,經常遇到頻率的概念。頻率的定义是这样的,当一組数列,經過整理后,按递减次序排列,并按一定数值作間隔划分为若干組,則各組的出現次数即可統計出来(如表 3 中的第 5 列),該出現次数占整个数列項数的百分数值即为頻率。其累积数值称为累积頻率,通常以 $P(\%)$ 表示之。

表 3 中,所列数据是以某站 1901~1925 年 25 年中的年降水量記錄整理后的結果。如以第 5 項的出現年数及第 7 項的頻率 % 为橫坐标,第 4 項相对应的各組的降水量值作为纵坐标繪制成图象,即为机率(頻率)密度曲綫(图 4)。經驗証明,很多的統計資料的出現次数的分布形状都是成为一种鈴形曲綫,即中間高而兩側漸低,离中間最远的地方出現次数最少。如以第 6 項的累积年数及第 8 項的累积頻率作橫坐标,則可繪成累积頻率曲綫(图 5),在图中我們可以找出一对对应值,如年降水量 300 毫米的累积頻率为 80%,其意义就表示在一百年内有 80 年的降水量,等于 300 毫米,或超过 300 毫米。

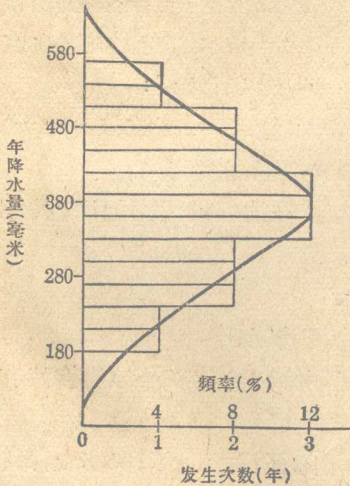


图 4 机率(頻率)密度曲綫

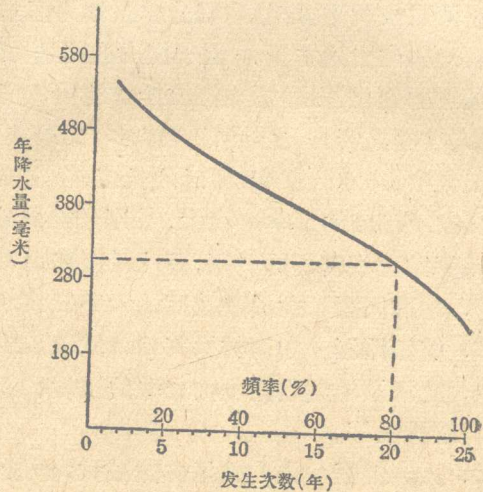


图 5 累积頻率曲綫