

灌 溉

〔苏联〕H.M. 卡尔德夫 著

045

科学 技术 出版 社

前 言

目前,在社会主义农业中,灌溉已具有重要意义。它在集体农庄和国营农场的田地上得到了广泛的利用。灌溉不仅能保证我国干旱地区的农业生产免遭天气变化的影响,并且替培植贵重农作物创造了可能性,因为在有些地区,没有灌溉,它们是完全不能生长或者产量很低。

在苏联各干旱地区,灌溉使得农作物的产量提高了五成到一倍,而在干旱年分则为二倍到三倍以至更大。

在我国任何一个地区,灌水地段上的蔬菜产量比没有灌水地段上的蔬菜产量要高出很多。在我国有着很大的可能来利用灌溉并使其进一步发展。

第十九次党代表大会在农业方面的指示规定要进一步扩大苏联的灌溉面积,并且在开拓新的灌溉土地的事业中向苏联土壤改良工程师提出了重大的任务。

这些任务,在苏维埃学者和社会主义农业实际工作者之间的紧密合作的基础上,将会顺利地完成;因为他们正在不断地改善灌溉技术,并使我国灌溉农业的作物产量日益提高。

在各个五年计划的年代里,在我国干旱地区修建了许多新的大型渠道和灌溉系统,几千个水池和水塘,几十万座各种水工建筑物。1952年以弗·伊·列宁命名的伏尔加-顿河通航运河完工,因而有十万公顷以上土地得到了灌溉。

在为发展畜牧业而向干旱地区引水方面摆着重大任务。

这本小册子是帮助水利和社会主义农业工作人员来了解灌溉和引水的基本方法以及在这方面所常见的各种建筑物。本书也旨在帮助准备选择专业的苏维埃青年能更好地了解土壤改良工程师需解决的巨大和复杂的任务。

目 錄

前言.....	1
緒論.....	1
植物的需水量.....	6
灌溉及引水水源.....	9
利用地面逕流的灌溉和引水.....	14
河流取水的特点.....	20
河流取水的建築物.....	23
利用地下水的設備.....	33
水自灌溉水源流向灌溉田地的路徑.....	37
新式灌溉系統.....	41
人工降雨法灌溉.....	48
地下灌溉.....	51
儲水灌溉.....	52
土壤鹽漬化及沼澤化的防治.....	53

“……当我们还不知道自然规律时，它是在我们的意识以外存在着，作用着，使我们成为《盲目必然》的奴隶。

一旦我们知道了这个不依我们的意志和意识为转移的（正如马克思成千次地所说）规律时，我们便成了自然的主宰”。

（列宁全集第4版，14卷，
177页）俄文版

緒 論

地球大陸表面五分之一以上——約三千万平方公里的陸地是沙漠和半沙漠地帶。在沙漠和半沙漠地帶，有着許多的自然財富，但是作为生命所必需条件之一的水却没有或者感到缺乏。

在南烏克蘭及克里木、伏尔加河下游两岸及里海、中亞細亞、外高加索等广大地区上，伸延着一片草原、沙漠和半沙漠地帶。那里經常感到水分严重不足。因此风暴頻繁，农作物死亡。

沙漠及早灾之形成是由于地球上部分地区的水分平衡遭到破坏。在自然界中不断地进行着水分循环（图1）。自地表面向大气蒸发的全部水分以雨雪形式降落到大地上。随着一年內各時間、气温及空气相对湿度、土壤及植物性能、风力及当地其他气候因素的不同，地面蒸发量經常是在变化的。不同气候地帶的降水量也是不同和不定的。在有些气候地帶，滲入土壤水量大于蒸发；在这种情况下，土地逐渐成为沼澤。在另外一些气候地帶，往往相反，滲入土壤水量常常不足以补偿蒸发消耗。去水

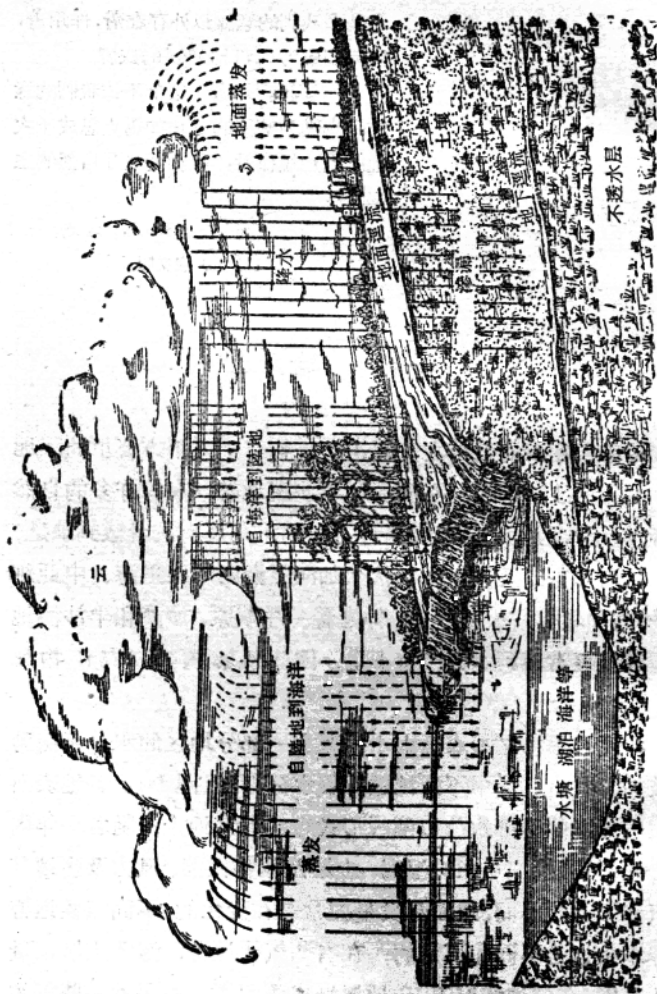


图 1 自然界水分的循环

量大于来水量的情况長此繼續下去,就会导致土壤的干旱,随之而起的是土壤內粘結有机質含量的减少。土壤极易为流水所冲走,为风所刮跑。这样就形成了沙漠和半沙漠。

在“湿润不稳定”地区,土壤水分的积蓄及干涸过程不太剧烈,并且可能是彼此交替的。在很热的干旱气候时,通常是有风的天气,由于它使植物剧烈地蒸发水分,产生了大气干旱。在大气干旱时,植物所蒸发水量大于其根部由土壤所攝取水量,植物的地面以上部分发生“灼烤”。当土壤表层水量長期地并且是急速地降低时,就会产生土壤干旱,它能逐渐地向深层发展。因夏秋时候沒有降雨或降雨不足因而产生的土壤干旱,若是在融雪时大部分溶化的雪水由地面流入河流,而不滲到土壤中去的话,可能会一直繼續到来年春天。

在苏联的伏尔加河沿岸高地及中央黑土帶的草原平原上,常常发生周期性的大气干旱及土壤干旱。最近五十年来,在頓河沿岸,薩尔斯基和瑪耐契斯基的草原上,仅有一年沒有发生旱灾。从1855~1950年在伏尔加河两岸的旱灾共发生了二十次。旱灾必然会帶來歉收,它在不久之前,在我們的祖国曾引起了大灾禍,使成百万人受到挨餓威胁。

先进的俄罗斯学者,傑出的祖国科学家: B. B. 道庫却也夫、П. A. 考斯特巧夫、K. A. 季米梁节夫、A. A. 伊氏瑪伊里斯基、A. И. 伏也伊考夫等,远在上世紀就詳細地研究出了形成干旱的原因。他們指出,旱灾的基本原因——广大地区水分平衡不調节——的产生不仅仅是自然因素作用的结果,而且也是对俄国土地上的自然資源“不合理”經營及掠夺的结果。我国先进的学者認為,实行正确的土壤耕作、良好的农业技术、灌溉以及采用能增加吸收地面水到土壤中的其他各种措施,那么干旱

地区的土壤水分平衡是完全可以改善的。

但是，偉大的俄罗斯学者关于防止旱灾的大部分建議，在当时的沙皇俄国未能实现。

防止旱灾的最有效的方法是田地的灌溉——人工地湿润土壤。但是，在革命前的俄国情况下，广泛地应用灌溉来防止旱灾，仅仅是一个幻想而已。土地的私有，地主对劳动农民的貪得无厌的剝削，俄国整个經濟的落后状况以及在农业中所采用的原始技术，对发展灌溉农业和組織起来防止旱灾及其后果来说，曾是不可克服的困难。

弗·伊·列宁再三指出，大片土地之所以不能使用于农业，与其說是天然因素，“倒不如說是由于俄国的社会經濟性質，是由于使技术停滯不前，使居民处于无知、愚昧的性質所使然”^①。

在偉大十月社会主义革命以前，我国的灌溉基本上仅在中亞細亞及外高加索的地区采用，因为在那里沒有灌溉根本就不会有农业；并且灌溉事业的发展是同农业发展同时开始的。在中亞細亞及外高加索灌溉水一向被看作是生活的基本来源：誰不能得到水和不能澆灌田地，誰也就別想收庄稼。但是許多土地当时却得不到灌溉。以往剝削階級掌握着主要的生产資料及水源，他們不仅不想发展灌溉事业，相反地却利用灌溉水的不足向劳动人民进行殘酷的剝削。农民为了要利用灌溉水，得向地主和沙皇国庫交納自己大半的收成。他們經常受分配灌溉水的官吏支配。

只有在偉大十月社会主义革命以后，替改造自然并使之为人民服务創造了必要的条件。K. A. 季米梁节夫、B. B. 道庫却也夫、П. A. 考斯特巧夫的思想，在苏維埃的学者：И. B. 米

① 列宁全集，第4版，13卷，228頁（俄文版）

丘林、B. R. 威廉士、T. Л. 李森科及其学生的著作中得到了进一步的发展。唯物观点及辩证地研究自然现象的方法是各种新的、重大发现的取之不尽的源泉。根据对自然现象作深刻的研究而制定的防止旱灾、征服沙漠的有效措施，在社会主义制度的条件下已经得到了实现。

共产党自苏维埃政权成立的初期起就开始为发展灌溉事业而进行积极斗争。1919 年第八次党代表大会所通过的俄国共产党(布)的纲领中，曾经指出了对土地进行土壤改良广泛措施的必要性。

获得高额的、稳定的、不取决于自然条件的收成，已经成为最重要的国民经济任务，为了解决这一任务，苏维埃政府并不惜力量和资金。

在各个五年计划的年代里，苏联灌溉土地的面积，同沙皇俄国灌溉土地面积相比，几乎增加了一倍。自第一个五年计划开始，苏联每年在水利土壤改良建设方面的投资，比沙皇俄国自 1867~1917 年这五十年间的投资大一倍。在第二个五年计划中，各年在水利土壤改良方面的投资较之第一个五年计划期间又增加了一倍，往后也得到了不断的增长。伟大的卫国战争胜利以后，我国的灌溉工程得到了巨大的发展。

伟大十月社会主义革命以后，与灌溉发展同时，开始扩大了土地引水，即在缺水地区建立了人工的淡水水源。引水对于村镇和放牧场的给水以及农庄对水的其他需要来说是必需的。为了引水，需要打井，以此来汲取深层的地下水。在草原及半沙漠地区，由于地下水含有盐分，常修建有水塘，当降水及融雪时，流经地面的淡水便集积在这里；在沙漠地区，则开挖渠道，由河里取水。对于整年能够放牧畜群的沙漠地区的放牧场来说，引

水有着特別重要的意义。通常，供牲口飲用的淡水的不足阻碍着这些牧場的利用。依靠引水，把这个缺点克服后，我們將得到新的强大的飼料基地来发展高产的畜牧业。

植物的需水量

許多学者过去和現在都在研究的农业土壤改良中的各个重要和复杂問題之一，是需要多少水量才能滿足植物的需要，并且才能获得高额的产量。

植物在攝取水分的同时，还从土壤中得到其必需的营养物質。在营养物質含量相同时，土壤含水量的增加或减少，必將引起植物所吸取的养料溶液濃度的变化。正如人不能吃过淡或过咸的食物一样，植物正常所吸收的溶液，其无机鹽类的含量也不能过多或过少。植物自土壤所吸收的鹽类溶液的濃度不足或过大，就会死亡。为某种植物发育所必需的及最优的养料溶液的濃度，仅仅在具有相应的土壤含水量时才能得到。

植物器官发生着呼吸及物質代謝作用，此时由空气中吸取二氧化碳这一过程起着重大作用。植物所吸收的二氧化碳的数量，应和植物由土壤中所吸收的水量及无机鹽类数量相适应。植物呼吸时，其所含水分开始蒸发。蒸发調節着植物地面上的器官的溫度，因为水分的蒸发同一定的热量耗費相联系的。天气很热时，蒸发可避免植物过热。植物所蒸发水量，按周圍空气的湿度及溫度而定。通常，蒸发水量比植物为了营养及組織有机質所需水量大好几倍。

为了保証植物发育良好的条件和創造植物的高額产量，除了水分以外，尚需太阳的热、光及养料，即在土壤內需要有为植

物所能吸收的营养物質。已經証明,随着产量增加,种植某种作物的田間总消耗水量也会增加,但同产量增加相比增加得少。这是因为,随着产量提高,單位产量所消耗的水是逐渐减少的。为了获得高额的产量,不仅須澆水,而且要良好地耕耘土壤和施以肥料,改善土壤結構,保証植物最优良的热和光的状况。这样就替植物創造了为其生長所必需的条件,并降低了水分因素的相对意义。改善土壤的結構促使水分蒸发损失减少。

为了确定必需的水量,除了植物的生理特性以外,須要考虑到土壤的水分物理性狀。土壤內所含水量,并不是都能为植物所取得。在粘性土壤中,含水量为10~12%时,植物就开始枯萎,而在輕土壤中,砂土及透水性良好的土壤中,土壤含水量为3%时,植物方开始感到水分不足。

土壤儲藏一定水量的能力有着重要意义。要想不断地湿润土壤,同时使来水量常常适应耗水量,这一点是难以达到的。灌溉通常是通过分次灌水来进行的(灌水次数視气候条件、作物特性及土壤性狀而定)。灌水剛完时,土壤具有最大含水量,往后逐渐减少。土壤內貯水量愈大,則植物的水分供給愈均匀,灌水次数也可較少。各种不同的土壤,其貯水量也不同。当灌水水量增加到超过規定的定額时,水分并不在需要层內停滯,而滲向深层,不能为植物根系所吸收。这种过多水量带来了很大的危害,因为它无益地消耗了水量并引起了地下水水位的上升,导致了灌溉土地的鹽漬化及沼澤化,并且減低了土壤的肥力。

土壤的水分物理性狀,經過适当地耕耘土壤及施以有机肥料,是能够改善的。在正确的农作制下,可以創造最好的土壤水分的物理性狀。因为正确的农作制保証了土壤的細团粒結構,并且配合着灌溉及森林土壤改良措施,使得土壤肥力及农作物

产量不断地提高。

植物在其发育的各个不同阶段中所消耗水量是不同的，可以吸收到营养的所谓**土壤活动层**的厚度也是不一样的。因此，为了植物的正常发育，必须在其生长的各阶段中，在距地面一定的深度内，维持有一定的水量。随着植物根系的发育，这一深度也将增大，而土壤表层含水量的减少对于作物影响也就减小。

上面所指出的植物耗水量的一切特点，在利用灌溉时均应加以考虑。农作物产量的提高取决于各个因素的共同作用。因此，研究各个因素，能针对在各个气候地区及各种土壤上的每一农作物定出较优良的**灌溉制度**。所谓灌溉制度就是指规定的灌水期限及向某一农作物灌水时，一公顷土地上每次所浇的水量（灌溉定额）^①。兹举棉花及谷类作物的灌溉制度作为例子。中亚细亚及外高加索各地区棉花的灌水次数平均在4次到10次，视土壤性状及所采用的农业技术而定。对伏尔加河左岸的冬小麦，仅进行1次播种前（蓄水）灌水，在特别干旱年分于生长期内再浇灌1次。对于伏尔加河左岸南部地区的春小麦，则进行1次播种前灌水以及在特别干旱年分再浇灌1次到2次。

灌溉定额也按气候、土壤和农业技术条件以及农作物的种类的不同而变化。灌溉1公顷的棉花田，平均需水3000到4500立方公尺。在灌水期，灌溉1公顷小麦——需600到2000立方公尺，苜蓿——2500到5500立方公尺。灌溉水稻时耗费水量最大。水稻淹灌时，其灌溉定额可达30000立方公尺/公顷。正因为此，目前对于培养出可以采取定期灌溉、不需耗费如此大量水的新的稻种，予以极大注意。

① 有关农作物的灌溉制度的详细资料可参阅土壤改良、农业试验站及科学机关的著作。

灌溉及引水水源

地面逕流、河流及地下水都可作为灌溉及引水的水源。

凡是沿着地表面流向低窪地段，由低窪地段流入附近的小溪、河流及湖泊的水称为**地面逕流**。多年观测及專門的科学研究能确定我国每一地区一年內及年內各时期的降水量，并且能确定降水量中滲到土壤中去的及形成地面逕流的水量。地面逕流的数值取决于地形、植物复盖层的密度及形狀、土壤的水分物理特性及逕流的受水面积。凡地面坡度愈陡，地表面植物愈少，則大部分降水都变成地面逕流，而滲入土壤的水量就愈少。大顆粒和有結構土壤能增大滲水而减少地面逕流。人們的經濟活动可改变植物复盖及土壤的状态，因而創造了减小或增大地面逕流的条件。森林常常能显著地减少地面逕流，并使其在一年內作較為均匀的分布。正确的耕作土壤、良好的农业技术以及防护林帶，由于减少了成为地面逕流的水分，致使干旱地区的水分得以更好地滲入并保持在土壤內。

为了大致地确定我国各地区地面逕流的平均值，有着專門的等逕流綫图（图2）。等值綫上附有各种数字，表示在該地区一年內自地面流走的平均水层（以公分計）。在各年中逕流的实际数值与其平均值可能有着很大的偏差，因此等值綫图仅仅作大致計算之用。依据气象台的多年的观测資料以及考虑了影响逕流数值的当地条件而作之水文計算来确定逕流，往往較為准确。

地面逕流，由于不进入土壤，因而不能为植物所吸取，但通过水池、水塘及滴漫，可把此部分水量加以收集，用于經濟上的

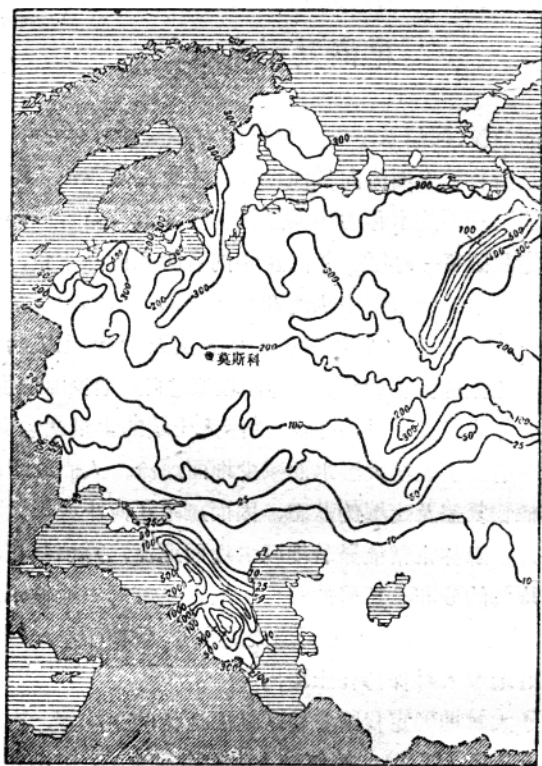


图 2 苏联各地区的等逕流綫图

需要。在苏联欧洲部分草原区及森林草原区，由于灌溉及引水水源缺乏，或者离需水处过远，所以利用当地地面逕流灌溉及引水就有着特别重要的意义。

在干旱地区利用地面逕流仅能灌溉一小部分的集水面积，即为了灌溉而收集水的地区的一小部分。其原因是灌溉一定面积所需水量大于这一面积上的可能的逕流量。例如，在伏尔加河

左岸地区利用当地地面逕流仅能灌溉相应集水面积的4~10%，在卡查赫斯坦——从2.5~5%。可見当地地面逕流仅能灌溉不大的地段。遭受旱灾区內的这些地段上，可保証得到高额和稳定的谷类作物、技术作物以及其他农作物。

在苏联南方，广泛地利用当地地面逕流来蓄水，~~即建立供水用的水池。~~

河流是我国干旱地带、沙漠及半沙漠地区灌溉及引水的主要水源。

在偉大十月社会主义革命以前，由于沙皇俄国技术水平很低，經濟上很落后，故当时主要是利用不大的河流来灌溉和引水，此种取水不須修复杂和昂貴的水工建筑物，河流常位于灌溉及引水地区不远的地方。偉大十月社会主义革命以后，随着国内生产力的增長，开始对大型河流加以利用。利用河水灌溉及引水时常按需要方向开引人工河道——运河，其長度可达一千公里以上。

利用河流作为灌溉及引水水源时，常遇到的阻碍是河水水面低于需水处的地面。此外，在夏季时，灌溉需水量大大地增大，而河水却感到不足。此时，須修建坝及水庫，从而改变河流的天然状况。

在资本主义国家中，在河流上修建坝是非常困难的。土地主們竭力不使河中水位抬高，如果这是要淹沒其农业用地的話。相互竞争的资本主义企业对于水利资源的利用仅仅是为了增加自己的利潤而已。

在我国，水利资源，正如同其他自然财富一样，属于人民所有。我国各河流的水利资源是綜合地加以利用的，使国民經济各个部門都得以发展。通过坝的修建及水庫的形成，改变着河

流的天然狀況。在改变河流的天然狀況时，要考虑到同时滿足水力发电、航运、灌溉、引水的利益，考虑到最充分地、合理地利用每一条河流。

以弗·伊·列宁命名的伏尔加-頓河通航运河是利用頓河水利资源这样一个巨大的水利技術問題得到綜合解决的范例。利用頓河的水来灌溉和引水到頓河两岸的草原，在偉大十月社会主义革命以前沒有得到实现，虽然利用頓河河水来灌溉草原因而能大大地改善农业和畜牧业的条件这样一种可能性，在当时是众所周知的。苏联工程師以新的方式解决了伏尔加-頓河相联接的問題。在以弗·伊·列宁命名的伏尔加-頓河通航运河的建筑物中，包括有齐姆良水力樞紐、齐姆良水庫以及其他水庫，它們不仅保证了运河及頓河上的航运，并且实现了灌溉及引水，得到了大量廉价的电力，替亞速-頓河流域的漁业发展創造了良好的条件。

除了河水及地面逕流以外，如果地下水不是鹽水，并且埋藏不太深的話，地下水也可作为灌溉及引水之用。但是从地下水水源得到大量的水在許多場合下是不可能的。因为其出水量非常小^①。在干旱区及沙漠地帶，地下水因含大量无机鹽类，不能作为灌溉及引水之用。大于 10 公尺深处的地下水溫度較低，由深井及自流井取水时，在灌溉前必須加溫到 7~10°。暖水是依靠太阳热在專門的水池內进行的(或在足够長的渠道內)。淡的地下水在苏联各地区：克里木、烏克蘭南部、土庫曼、外高加索等地都用作灌溉。

由各种水源得到的水，均不应含有过多的鹽分及其他混合物。

① 單位時間內由水源可能得到的水量叫作水源的出水量。

灌溉水允許的总含鹽量不得大于 0.8~4.0 克/公升，碳酸鈉不应超过 1 克/公升，氯酸鈉——2 克/公升，硫酸鈉——5 克/公升。凡土壤透水性愈小，灌溉水允許含鹽量就愈小。若含鹽量大于 4 克/公升，則土壤会鹽漬化，其肥力必然会降低。

河水常能滿足允許含鹽量的要求。河水中各种鹽类之含量平均为 0.2~0.7 克/公升。在确定湖水及水塘之水能否用于灌溉时，可視水源中是否有淡水魚、青蛙以及其他水草，象金蓮花(Жерухи)，因为这是水中鹽分沒有达到有害濃度的証明。

地下水常含有大量的各种鹽类，所以在确定能否使用时，須作化学分析。

除了各种鹽类以外，灌溉水还把泥沙——土壤的細顆粒帶到灌溉土地上。按照泥沙顆粒大小及矿物成分，它們可能是有益的，也可能是有害的。

大顆粒泥沙(直徑大于 0.15~0.20 公厘)极易沉在灌溉渠道內，使渠道淤积。灌溉水中含有大量此种泥沙时，往往要花費許多資金和劳动来清洗灌溉渠道。例如，在中亞細亞各个旧灌溉系統上，每年每一公頃灌溉面积曾經花費了 20~30 个工作日来清洗渠道。目前，顆粒直徑大于 0.2 公厘的泥沙，通常事先沉在專門的沉沙池中，随后再使其流入灌溉渠道。

顆粒直徑小于 0.005 公厘的細顆粒泥沙，它对植物來說，含有許多营养物質，因而可作为宝贵的肥料。但是，进入田地太多时，它們堵塞土壤表层的孔隙，降低了其透水性，惡化了通气条件①。

顆粒直徑大于 0.005 公厘，但不大于 0.2 公厘的泥沙在灌

① 通气：土壤呼吸为土壤內微生物生活和根部呼吸所必需的空气。