

第三节 施肥与灌溉——进步与局限

一 《汜胜之书》的施肥原理与方法

在中国古代农书中，《汜胜之书》第一次把施肥纳入耕作栽培的总原则之中，并记述了具体的施肥方法。因此，《汜胜之书》是研究我国早期施肥原理与方法的最重要的文献。

基肥与追肥

上编曾经谈到，先秦时代，尤其是战国以前，没有独立于播种之外的土壤耕作，因此，最早的施肥方法很可能是在播种时把肥料和种子一起下到地里，与后世的种肥相似。到了《汜胜之书》时代，随着牛耕的推广，“耕、摩、藪”耕作体系代替了“耕—耨”体系，施肥方法也发生了相应的改变，主要在播种前结合土壤耕作施之于土壤，这就是基肥。

具体方法，一种是大田撒施。如：

种泉：春冻解，耕治其土。春草生，布粪田，复耕，平摩之。

这是初耕后复耕前，把粪撒布在田中，然后和春草一起翻到地里，作为肥料。这种肥料可以较长时间供给从事生长的需要。又如种芋：

宜择肥缓土近水处，和柔，粪之。二月注雨，可种芋。

这也是基肥，因为它是与耕作相结合的。“和柔粪之”，可理解为通过耕作和施肥使土壤达到“和柔”的目的；“粪”即施肥是“和土”的重要手段之一。

另一种是集中穴施，主要实行于蔬菜种植和“区种法”：

种瓠法，以三月耕良田十亩。作区方深一尺。以杵筑之，令可居泽。相去一步。区种四实。蚕矢一斗，与土粪合。浇之，水二升；所干处，复浇之……（1）

种芋，区方深皆可三尺。取豆箕内区中，足践之，厚尺五寸。取区上湿土与粪和之，内区中箕上，令厚尺二寸，以水浇之，足践令保泽。取五芋子置四角及中央，足践之。早数浇之。箕烂。芋生子，皆长三尺。一区收三石。（2）

区种瓜：一亩为二十四科。区方圆三尺，深五寸。一科用一石粪，粪与土合和，令相半。……（3）

区种大豆法：坎方深各六寸，相去二尺，一亩得千二百八十坎。其坎成，取美粪一升，合坎中土搅和，以纳坎中。临种沃之，坎三升水……（4）

集中施肥可以更有效地利用有限的肥料。其中有几点是值得注意的。第一，虽然是集中穴施，但差不多每一条材料都交待要把肥料与土壤充分混合；这样做有利于土壤对肥料的吸收，从而使肥效得以保持。第二，当时蚕矢是精肥，肥效较快，土粪是粗肥，肥效较迟。种瓠时以蚕矢与土粪合（1），即精肥与粗肥、速效肥与迟效肥相结合，是比较合理的施肥方法。第三，水肥结合。每条材料都揭示了施肥后的浇水；其中引文（3）紧接着谈到渗灌问题，因文字过长，没有全引。对穴施肥料充足的水分尤其必要。没有水肥的结合，肥料的肥效就无法充分发挥出来。第四，区种芋时，在三尺深的区中，先垫上一尺五寸的豆秸（箕），后放一尺二寸的湿土与粪的混合物，浇水；再在上面种芋（3）。垫底的豆秸浇水腐烂发热，起到了温床的作用，有利于芋子的早种（据《汜胜之书》，当时种芋在二月）；豆秸腐烂后，又能为逐渐长大的芋子（芋子前期需肥可由上层土粪供应）提供后续的肥料和疏松的土壤环境。这是一种颇有价值的提高大田播种而丰产的施肥法。^[1]第五，区种大豆也施基肥（4）。这是合理的。现代农业科学表明，大豆虽然有根瘤菌的固氮作用，但这种作用需要待大豆长到一定程度后才比较明显，因此，施用基肥以供大豆苗期生长的需要，仍然是必要的。^[2]上引材料（3）表明，汉代人们已经考虑到作物生长期间不同阶段对肥料的需求。

为了作物生长期间所需肥料，又有追肥的出现：

种麻，豫调和田。二月下旬，三月上旬，傍雨种之。……树高一尺，以蚕矢粪之，树三升；无蚕矢，以溷中熟粪粪之亦善，树一升。

上引种泉材料，强调了基肥的施用；这里的“豫调和田”是否包括施肥在内，不明确，但“树高一尺”时施肥显然是为了供应麻晚期生长的需要，以期长出更加丰盛的麻子。从中可以看出，《汜胜之书》是根据生产目的不同，来合理安排施肥方法的。由于这里施用的是追肥，所以要用速效肥料，《汜胜之书》提出两种可供选择的肥料，一是蚕矢，二是“溷中熟粪”。“溷”或作“圂”，俱训“厠”。《释名·释宫室》：“厠或曰溷，言溷浊也。”《说文》：“圂，厠也，从口，象豕在口中会意。”《汉书·燕刺王刘旦传》“厠中群豕出”，注谓“厠，养豕圂也”。但“厠”也是人们便溺之地，《左传》成公十年载：“晋侯将食，张（胀），如厠，陷而卒。”即其一例。“圂”“厠”互训说明当时的厕所和猪圈是结合在一起的。这种情况在考古文物中获得充分的证明。各地汉代遗址出土的猪圈模型的重要特点之一，就是往往与厕所连在一起，与解放前农村中的连厠圈相仿。圈厠结合为积

肥提供了方便。不晚于汉代，人们确实已经利用圈厕中的粪便了。《汜胜之书》“溷中熟粪”，是指“溷”中猪粪尿、人粪尿和垫圈物充分混合了的腐熟了的肥料。就不但是使用厩肥的最早明确记载，而且表明人们已经懂得生粪要经过沤制腐熟后才能在农田中施用。^[3]

《汜胜之书》记载了以骨汁或雪水调粪溲种的种子处理法，这是该书一项突出的内容。石声汉据古文献记载，称该法为“粪种”；万氏则力斥其非，认为应正名为“溲种”。“溲种”一词遂被普遍使用，几至约定俗成。我们认为，从这种方法所使用的手段看，称之为“溲种”自无不可，但从其渊源及其与施肥之关系看，则仍以“粪种”之称为宜。为了说明有关问题，先把该法原文引述如下^[4]：

取马骨，剉；一石以水三石煮之。三沸，沥去滓，以汁渍附子五枚。三四日，去附子，以汁和蚕矢羊矢等分，搅，令洞洞如稠粥。先种二十日时，以溲种，如麦饭状。——常天早燥时溲之，立干。——薄布，数搅，令易干。明日，复溲。——天阴雨，则勿溲。六七溲而止。辄曝，谨藏，勿令复湿。至可种时，以余汁溲而种之。则禾稼不蝗虫。无马骨，亦可用雪汁。雪汁者，五谷之精也，使稼耐旱。常以冬藏雪汁，器盛埋于地中。取雪汁，渍原蚕矢。五六日，待释，手掇之；和谷（如麦饭状）种之，能御旱。治种如此，则收常倍。（1）

尹择取（减）法神农，复加之骨汁粪汁种种^[5]。剉马骨，牛、羊、猪、麋、鹿骨一斗，以雪汁三斗。煮之三沸。以汁渍^[6]附子；——率：汁一斗，附子五枚。渍之五日，去附子。捣麋鹿羊矢等分，置汁中，熟搅，和之。候晏，温，又溲曝，状如“后稷法”。皆溲汁干乃止。若无骨，煮缙蛹汁和溲。如此则区种，大旱浇之，其收至亩百石以上，十倍于后稷。（2）以上两种方法的要点是，以马骨等煮水，去渣，浸泡附子，然后加上蚕矢、羊矢等，搅拌成稠粥状，用它拌种，使种子包裹上一层由蚕矢、羊矢、骨胶等组成的粪壳。后法与前法比较，兽骨、兽粪种类有所增加或有所变化，但以骨汁和粪拌种这一基本点并无二致。这两种方法中的骨汁均可用他物替代，前法是雪汁，后法是缙蛹汁。兽骨煮出的骨胶，不但起粘合作用，而且它含有丰富的磷和其他元素，粘附在种子外面，也不易走失，特别是磷不致被土壤中的铁和铝固定；蚕粪、羊粪等都是优质有机肥，包裹在种子周围有利于幼苗对肥料的吸收；附子辛热有毒，可能有驱虫杀虫作用。它类似今日的“种子肥料衣”，而兼有供肥与防虫之效。根据近人的试验，该法具有催芽作用，使种子提早出苗，生长良好而分蘖多，株高、穗长、穗重、小穗数和种子重量等增产因子都有增加。^[7]从世界范围看，包衣种子的试验和推广是现代的事情，而我国早在两千多年前就有了“包衣种子”的雏形，这是了不起的事。

《汜胜之书》指出雪水浸种能使作物耐旱增产，这也是一项天才的发现。这大概是由于人们在实践中认识到，雪水浸种能促进作物的根系发达，故能耐旱。据近人试验，用雪水浸稻种，催出的芽粗壮而根长；播后竖芽快，秧苗素质好；移栽后分蘖多，生育期提早二三天，株高、穗长、每穗粒数均优于用井水浸种的，且空壳率低，千粒重增加，增产19.2%。据研究，雪水浸种增产的机理，一是雪水中重水含量比普通水少1/4，而重水对各种生命活动有抑制作用；二是雪水经过冰冻，排除了其中的气体，导电性能发生了变化，密度增加，变得更“稠”了，表面张力增大，水分子内部压力和相互间作用的能量都显著增加，表现出与生物细胞内的水的性质相似的强大的生物活性，因此，植物吸收雪水能力比吸收自来水能力大2—6倍。三是雪水中所含氮化物比普通水要高得多。^[8]当时人们当然不可能懂得这些道理，但确实知道雪水能够促进农作物的生长，所谓“雪汁者，五谷之精也”，包含了人们在实践中得来的这种正确认识。^[9]

《汜胜之书》的这两种种子处理法，《中国农学史》分别称之为“后稷法”和“伊尹法”。前者是有根据的，后者却没有根据。上述引文（2）自称取法“神农”，其增产效果比“后稷”如何如何；则引文（1）是以“后稷法”为基础的，引文（2）则是“尹择”在“神农法”的基础上加以改进的^[10]。《论衡·商虫》：“《神农》《后稷》藏种之方，煮马屎以汁渍种者，令禾不虫。”^[11]看来，《汜胜之书》的这项技术渊源于古法而有所改进。《周礼·草人》“粪种”郑玄注：“凡所以粪种者，皆谓煮取汁也。……郑司农云：‘用牛，以牛骨汁渍其种也，谓之粪种。’”关于“粪种”的意义，本书第一编第五章已经有所论述。而《汜胜之书》上述记载与二郑所说基本上一致。石声汉据此称之为“粪种法”，是有根据的。万国鼎也认为“溲种法”相当于今日所说的种肥，这基本上不错；但既然如此，就没有理由否认“溲种”与“粪种”的联系了。正如夏纬瑛指出的：《汜书》的“溲种”与《周礼》的“粪种”大意一致。“言‘粪种’者，直接道出其目的，言‘溲种’者，只取其处理过程中之一事耳。”“‘溲种’和‘粪种’原为一事，都是为了给种子初发的芽苗增加肥力，一切猜测，就可以焕然冰释了。”^[12]

我们说过，“种肥”或“类种肥”是比较原始的施肥方式；“粪种”是由它发展而来的。在《汜胜之书》中，还保留了比较古朴的种肥施用方法。如：

薄田不能粪者，以原蚕矢^[13]杂禾种种之，则禾不虫。这种方法相当接近原始的施肥法（或称原始粪种法），但当时是在地瘦肥缺，不能普遍施用基肥的情况下使用的。直接将肥料“杂禾种”播种，在肥料未经处理情况下，有可能损伤种子，于是原始粪种法向“渍种”的方向发展。

当种麦，若天旱无雨泽，则薄渍麦种酢浆（醋）并蚕矢。夜半渍，向晨速投之，令与白露俱下。酢浆令麦耐旱，蚕矢令麦忍寒。

这是小麦的抗旱播种法，从施肥角度看，仍属种肥的范畴，但肥料（蚕矢）已经经过了处理，种子也经过了处理。在这里，我们已经看到“粪种”从肥料直接混合种子播种到以肥料渍种然后播种的变化。引文（1）中用雪水替代骨汁的办法：“取雪汁，渍原蚕矢。五六日，待释，手掇之；和谷（如麦饭状）种之，能御旱。”在一定程度上也反映了上述同一趋向的发展。在这个基础上，演变为骨汁和粪渍种的“粪种法”或“溲种法”就只有一步之遥了。

原始粪种法的另一个发展方向是向穴施或撒施演变为基肥施用法。区种法的“上农夫区”，“区种粟二十粒，美粪一升，合土和之”。这和原始的粪种法是相当接近的。《汜胜之书》把“区田”和“粪种”相连^[14]，应该是有一定的根据的。

二 《齐民要术》的施肥原理和方法

与《汜胜之书》相比，《齐民要术》肥料种类增加，制肥和用肥的方法也有进步；其中最突出的是绿肥的栽培利用和蔬菜栽培上施肥水平的提高。

绿肥的栽培和利用

我国古代人民很早就发现田间杂草腐烂以后有利于庄稼的生长，《诗经》中已有“荼蓼朽矣，黍稷茂矣”的诗句；《礼记》载季夏至之月在休闲田地“烧薙行水”，也是利用田间杂草肥田的一种方式。到了汉代，人们已经有意识地把田间青草翻压到地里充当肥料；这就是后来所说的“青”。如《汜胜之书》就明确指出春天初耕后，要“待草生”复耕，这样趁雨播种，才能达到“土相亲，苗独生，草秽烂，皆成良田”的目的。这可以说是利用绿肥的前奏。这是天然绿肥。至于人工种植绿肥，最早记载见于晋张华撰写的《广志》：“苕草，色青黄，紫华，十二月稻下种之，蔓延殷盛，可以美田。”^[15]这里讲的是南方（更确切说，应该是岭南）的冬种春翻的绿肥。^[16]当时的中原人是把它作为一种新鲜事看待的。

在这以后，我国北方地区长期战乱，人少地多，牲畜虽然不少，但受进入中原的游牧族的影响，多采取放牧的方式，肥料的积攒比较困难。在《齐民要术》的字里行间，我们可以深深地感到当时肥料的缺乏。例如论述主要粮食作物谷子时，没有只字提到“粪”，在大田作物中，只有在讲到种麻时说“地薄者粪之”，但马上又说：“无熟粪者，用小豆底亦得。”（《种麻第八》）肥料的紧缺与农业生产发展的要求形成尖锐的矛盾。正是在这种情况下，绿肥作为对传统肥料的一种替代，广泛地发展起来了。这在《齐民要术》获得了充分的反映。

《齐民要术》继承了《汜胜之书》利用天然绿肥的方式，并有所发展。当时普遍实行秋耕，则为这种利用创造了良好的条件。

《耕田第一》说：“秋耕者青为上。（比至冬月，青草复生者，其美与小豆同也。）”^[17]

我国北方人工栽培绿肥的记载也始见于《齐民要术》。该书关于绿肥栽培有以下记载：

凡美田之法，绿豆为上，小豆、胡麻次之。悉皆五六月中种。七月、八月犁杀之，为春谷田，则亩收十石，其美与蚕矢熟粪同。（《耕田第一》）（1）

区种瓜法；六月雨后种菘豆，八月中犁杀之；十月又一转，即十月中种瓜。（《种瓜第十四》）（2）

若粪不可得者，五、六月中概种菘豆，至七、八月犁掩杀之，如以粪粪田，则良美与粪不殊，又省功力。（《种葵第十七》）（3）

其拟种之地，必须春种绿豆，五月掩杀之。（《种葱第二十一》）（4）

从以上记载可以看出，当时对栽培绿肥的利用已经相当广泛，并且对其原理和原则有所总结了。一，指出利用栽培绿肥的好处是：其肥效与蚕矢、熟粪等精肥相同，有明显的增产效果（种植绿豆翻压后种春谷，亩产十石，比通常亩产增加三四倍），而且节省劳力。（1）（3）二，对各种绿肥的肥效作了比较，并评定了它们的等次，其中以绿豆为最好，小豆、胡麻为次；可能还有其他绿肥。当时栽培绿肥的种类已经不少。它们一般都是具有根瘤固氮作用的豆科作物。三，对绿肥的利用方式也有明确的论述。当时一般是把绿肥翻压到地里充当基肥，书中以绿豆为例，记载了其播种和耕翻的时间，一般是五、六月播种，七、八月耕翻，以备秋冬种蔬菜或明春种谷物；也可以春种夏翻，用以种葱（4）。不管什么时候播种，从播种到翻压大概都是两个月，这时正是绿豆的生长盛期，故肥效最高。^[18]

蔬菜栽培中施肥水平的提高

从《齐民要术》记载看，魏晋南北朝时期大田作物，除麻以外，很少施用粪肥；地力的恢复和培养主要依靠绿肥栽培和禾豆轮作；但在蔬菜方面，用肥的数量和用肥的讲究，都是空前的。

以种葵为例，《齐民要术》强调“地不厌良，故墟尤善，薄即粪之，不宜妄种”。种葵实行畦种，作畦时，要求“深掘，以熟粪对半和土覆其上，令厚一寸，铁齿耙耨之，令熟，足踏使坚平；下水，令彻泽（按，这是基肥）。水尽，下葵子，又以熟粪和土覆其上，令厚一寸余（按，这相当于种肥）。葵生三月，然后浇之。（浇用晨夕，日中便止。）每一掐，辄耙耨地令起，下水加粪。（按这相当于追肥）三掐更种，一岁之中，凡得三辈。”这种栽培法在蔬菜生产中带有普遍性。所以《齐民要术》指出：“凡畦种之物，治畦皆如种葵法。”（《种葵第十七》）

把这些记载和《汜胜之书》有关记载相比较，在强调施肥，强调粪土混和、水肥结合等方面两书是一致的。但《汜胜之书》中的蔬菜施肥只谈到基肥，《齐民要术》则不但谈到基肥，而且谈到种肥和追肥。这不独种葵为然。如“区种瓜法”，既要种菘豆犁作基肥（参见前节引文），又要在下种后“以粪五升覆之（亦令均平）；又以土一升，薄散粪上，复以足微蹶之”。这相当于种肥。种瓜还有一种方法：

冬天以瓜子数枚，内热牛粪中，冻即拾聚，置之阴地。（量地多少，以足为限。）正月地释即耕，逐布之。率方一步，

下一斗粪，耕土覆之。肥茂早熟，虽不及区种，亦胜凡瓜远矣。（《种瓜第十四》）

这似乎可称为基肥与种肥的特殊结合。种椒突出种肥：

四月初，畦种之（治畦下水，如种葵法）。方三寸一子，筛土覆之，令厚寸许；复筛熟粪，以盖土上。旱辄浇之，常令润泽。（《种椒第四十三》）

又如种韭，种苜蓿，“治畦，下水，粪覆，悉与葵同”。而特别强调追肥，韭，“一剪一加粪”，“一岁之中，不过五剪（每剪，耙耩，下水，加粪）”（《种韭第二十二》）；苜蓿“亦一剪一上粪，铁耙耩土令起，然后下水”（《种苜蓿第二十九》）等等。

施肥量或重或轻，视作物而异。如“姜宜白沙地，少与粪和”。襄荷“微须加粪，以土覆其上”。

肥料种类的增加和“熟粪”问题

《齐民要术》所载绿肥以外的肥料，除一般称粪者外，还提到了以下几种：

旧墙土 如种蔓菁，“种不求多，唯须良地，故墟新粪坏墙垣乃佳”（《蔓菁第十八》）。意思是说，连作地新近施用过坏墙土的种蔓菁最好。这是旧墙土用作肥料的首次记载。旧墙土经过非共生固氮细菌和硝化细菌群的长期作用，积累了大量的氮化物和硝酸盐，有较高的肥效；是北方农村中易得而常用的肥源。

草木灰 《齐民要术·蔓菁第十八》又谈到如果如果没有“故墟新粪坏墙垣”，可以施用草木灰作为替代办法：“若无故墟粪者^[19]，以灰为粪，令厚一寸；灰多则燥不生也。”

陈屋草 如榆树“于堑坑中种者，以陈屋草布堑中，散榆莢于草上，以土覆之。烧亦如法（陈草速朽，肥良胜粪，无陈草者，用粪粪之亦佳。不粪，虽生而瘦……）”（《种榆》篇）

骨肥 我国古代对骨质磷肥在农业生产上的应用颇早，骨头除煮汁渍种外，也可以直接用作肥料。《安石榴第四十一》载：

栽安石榴法：……掘圆坑深一尺七寸，口径尺。竖枝于坑畔（环圆布枝，令匀调也。）置枯骨、疆石于枝间，（骨石，此是树性所宜。下土筑之，一重土，一重骨、石，平坎止。）（其土令没枝头一寸许也。）水浇常令润泽。既生，又以骨石布其根下，则科圆枝茂可爱。

稻麦糠 稻麦糠用作肥料见于《种竹第五十一》：“稻麦糠粪之（二糠各自堪粪，不令和杂）。”

蚕矢 如桑田中耕时，“不用近树（伤桑，破犁，所谓两失）。其犁不著处，斫地令起，斫去浮根，以蚕矢粪之”（《桑柘第四十五》）。

此外，还有上引《种瓜》篇提到的牛粪。

由此可见，魏晋南北朝时代肥料种类比前代有所增加，人们开辟了更多的肥源。

文献中提到上述几种肥料时，都明确指出其内容，可见其不同于一般所称的“粪”。那么一般所称的“粪”究竟是指什么呢？它似乎是指人畜粪溺与人们生产生活中的其他废弃物混合物。为了这个问题，要从“熟粪”谈起。《齐民要术》强调使用“熟粪”。如上引种葵，就要求施用熟粪。又如种兰香，下种后要“徙熟粪，仅得盖子便止”；种青桐，下子后，“少与熟粪和土覆之”；等等。上编谈到，《汜胜之书》已提出要使用“溷中熟粪”，《齐民要术》中的“熟粪”应与此相类。《齐民要术》不但强调使用“熟粪”，而且第一次对生粪和熟粪的性质和施用效果作了比较：

凡生粪粪地无势；多于熟粪，令地小荒矣。（《种瓜第十四》）

这里指出施用生粪的缺点是肥效不高，而且容易滋生杂草。使用“生粪”之所以容易长草，是因为生粪中含有草籽，一是牲畜粪便中留下没有消化的草籽，二是垫圈的杂草秸秆中带来的草籽，它们没有经过发酵腐熟，施用到地上就会长出各种杂草。可见，一般所谓“粪”，是由人畜粪便、垫圈物、废弃物混合堆制而成的。

既然当时强调使用熟粪，就必然已经出现沤制肥料使之腐熟的方法；可惜这一时期现存农书资料中未见有关记载吧了。但《齐民要术》卷首中载有“踏粪法”：

凡人家秋收治田后，场上所有穰，谷^[20]等，并须收貯一处。每日布牛脚下，三寸厚，每平旦收聚堆积之；还依前布之，经宿则堆聚。计经冬一具牛，踏成三十车粪。至十二月、正月之间，即载粪粪地。

这是把经过践踏的秸秆、谷壳和牛粪溺的混合物，长时期的堆沤，在微生物作用下而成的腐熟了的肥料；是积肥与制肥相结合的方法。这段文字虽然不是出于贾思勰之手，但应是长期经验积累的产物；其中也包括了秦汉魏晋南北朝时期的经验在内。

三 农田灌溉技术及有关问题

农田形式的变化

战国以前，我国农田水利的重点在于防洪排涝，主要方法是建立全书农田沟洫系统，与沟洫系统相适应的农田形式是畎亩农田。战国以后，农田水利的重点转移到农田灌溉上来，各种水利灌溉工程相继兴起，农田形式也因而发生了相应的变化。低畦农田逐渐取代了以前的畎亩农田。

“畦”字始见之于战国文献。《庄子·天地》载子贡“过汉阴，见一丈人，方将圃畦，凿隧而入井，抱瓮而出灌”。《释文》引李巡曰：“菜蔬曰圃，埆中曰畦。”畦是田埂围护的农田多用作菜地。《楚辞·招魂》“倚沼畦瀛遥望博”，王逸注：“畦，犹区也。”《急就篇》“顷町界亩畦埆封”，颜师古注：“田区谓之畦，今之种稻及菜为畦者，取名于此。一说五十亩曰畦。埆者，田间埆道也。”《篇海类篇·地理类·田部》：“畦，区也。”这里的“区”，当即“区田”的“区”。“区”，据石声汉的

考证，读音为“ou”（欧），原义是培成的“坎窞”^[21]。这些都表明，战国秦汉的“畦”，相当于现在所说的低畦（有时又用以指称低畦四周的田埝^[22]），而不同于后世的高畦^[23]。这种畦，是便于灌溉的农田形式，与便于排水的畎亩农田正好相反。低畦农田在需要灌溉的园圃和稻田中首先发展起来，并逐步推广到大田中去。^[24]战国时已有用“畦陌”代表农田的。如《韩非子·外储说左上》：“庸客致力而疾耕耘，尽巧而正畦陌……”^[25]秦汉又有用“畦亩”作为农田代称的。如《盐铁论·水旱》：“故农民不离畦亩而足乎田器。《盐铁论·说邹》：“诸生守畦亩之虑。”畦是低畦农田已如上述；而“亩”也不是原来的高垄了。《战国策·齐策三》：“使曹沫释三尺之剑而操铍鏃，与农夫居垄亩之中，则不若农夫。”鲍彪注：“垄，田埝也。”垄既指田埝，则“亩”应是低于田埝的田面；故这时单言“亩”实际上也指的时低畦农田。所以秦汉人习称的“畦亩”，包括两类低畦农田，只是田区大小不同，种植作物各异了。这种农田形式，秦田商鞅变法后曾以法律形式固定下来。在四川青川战国墓出土的秦牍中，记载了秦武王二年（公元前309年）重修的《为田律》，从它所规定的修建农田的标准样式看，“田”已是被封埝阡陌围着的低畦，见不到圳、遂、沟、洫、浍相连通的农田沟洫系统。亩的四周是高出田面的“畛”，亩与亩之间已经没有“畎”了。上述规定反映了当时低畦农田的普遍性。战国秦汉时虽然仍有以“畎亩”称农田的，不过这很大程度上只是语言习惯上的惰性而已。

陂塘水田的灌溉技术

水稻的种植需要灌溉，因此一般采取低畦农田的形式，并往往与陂塘蓄水相结合。早在《周礼》中已经有这方面的记载：

稻人掌稼下地，以渚蓄水，以防止水，以沟荡水，以遂均水，以列（埝）舍水，以浍写（泻）水……

意思是要修建陂塘（渚）堤坝（防）之类的蓄水工程，用沟渠使蓄水库中的水平畅地流到农田（荡水），通过田首小沟（遂）把水均匀地分配到各畦中，并以田埂（列）使畦内保持一定的水层，并用排水大沟（浍）来排泄（写）余水。这是一个虽然是初步的、但却相当完整的稻田灌溉系统。它与《周礼》中《遂人》《匠人》诸职文中所载的沟洫系统完全不同；主要反映了南方稻作区的情况，起码是起源于南方的。

秦汉以来，随着陂塘水利的发展，这种陂塘水田的灌溉模式也在南北各地获得推广。相应的灌溉技术也也应获得发展。但当时的文献中还没有系统的总结。我们只能从《汜胜之书》的记载获得一些消息：

种稻区不欲大，大则水深浅不适。冬至后一百一十日可种稻。……始种稻欲温，温者缺其埝，令水道相直；夏至后大热，令水道错。

从这一记载中可以看出，当时的稻田灌溉采取小畦串灌的方式。采取小畦的目的是便于平整，使畦内的水能够深浅一致。上下田块串灌的方式比较简便，但容易引起水肥的流失。不过，当时利用串灌中水口位置的不同安排，来调节稻田的水温，却是一个很聪明的办法。由于稻田水层浅，受太阳的照射，温度一般高于灌溉水源。当时关中（《汜胜之书》反映的是关中地区的情况）种稻时间是冬至后一百一十天，即三月初，还比较冷，所以“稻欲温”；办法是把进水口和出水口对正，使进来的水成一直线流过，这样就可以尽量保持原来较高的稻田水面的温度。夏至后天气酷热，需要降低稻田田面水温，办法是把进水口和出水口错开，使进来的水成一斜线弯曲地流过，这样就可以尽量降低原来较高的稻田水面的温度，以利禾苗的生长。^[26]

从出土的汉代实物模型和图象资料看，当时已经出现陂塘养鱼、种植水生作物，水田种稻的综合利用技术，由于文献记载的不足，这里只好从略。

圃畦的规格和灌溉技术

园艺生产中的土地利用，使用“畦”的形式由来已久，但畦具体规格，直到《齐民要术》才有所总结。《齐民要术·种葵第十七》载：

春必畦种，水浇。（春多风旱，非畦不得。且畦者，地省而菜多，一畦供一口。）畦长两步，广一步。（大则水难均，又不用人足入。）

这一记载清楚地表明，畦种与水浇是密不可分的。可以说，畦这种农田形式首先是为了灌溉的需要；在春多风旱的自然条件下，蔬菜生产中更不能不采取畦的形式。同时，畦种便于提高土地利用率和土地生产率，“地省而菜多”。畦的规格是“长两步，广一步”。这是一种小畦。小畦的好处是易于平整，使浇水容易均匀。这与稻田采取小畦的作用是相似的。同时，小畦还便于作物的田间管理，因为畦小农夫就可以不用进入畦内，站在畦边的埝埝上就可进行操作了。《齐民要术》还指出，“凡畦种之物，治畦皆如种葵法”。查《齐民要术》中畦种的作物有：茄子、冬瓜、葵、蔓菁、韭、芥子、蜀芥、芸苔、蓼、芹、莖、苜蓿、椒、蓝、种桑椹、青桐。上面谈园圃施肥时已经指出，当时的蔬菜生产，正在这种农田形式下，采取“粪大水勤”的精耕细作技术，从而获得高产的。

对圃畦中的灌溉设施，《齐民要术》也有所记载：

又冬种葵法：近州郡都邑有市之处，负郭良田三十亩……于中逐长穿井十口。（井必相当，斜角则妨地。地形狭长者，井必作一行；地形正方者，作两三行亦不嫌也。）井别作桔槔、辘轳。（井深用辘轳，井浅用桔槔）柳罐，令受一石。罐小，则用功费。（《种葵第十七》）

水井和提水设施的这种安排，目的是最合理地利用土地，发挥灌溉设施的效益。

关于灌溉技术，当时人们已经考虑到作物自身需要和周围环境的气候和土壤等因素，并据此确定灌溉的时间、水量和灌溉的方式。从《种葵篇》分析，灌溉主要有以下要点：一是下种前要把水浇透，“令彻泽。水尽，下葵子”。二是“葵生三月，然后浇之”；“浇用晨夕，日中便止”。三是“每一掐，辄杷耨地令起，下水加粪”。这种灌溉技术在蔬菜生产中带有一定的普遍性，但

某些作物又有其自身的特殊要求。如“芹、葱并收根畦种之。常令足水。尤忌潘泔及碱水。”还有一种冬种葵，十月末地将冻时下子，至明年春暖时出芽。前期生长所需水分主要靠“堆”“劳”冬雪来供应（但“若竟冬无雪，腊月中汲井水普浇悉令彻泽”，至“正月地释，驱羊踏破地皮”，“不踏即沾涸，皮破即膏润”）；至四月才开始浇水，因为“四月亢旱，不浇则不长；有雨即不须。四月以前，虽旱亦不须浇，地实保泽，雪势未尽故也”。具体方法是，“日日剪卖。其剪处，寻以手拌斫翻地令起，水浇，粪覆之”。即松土、施肥与灌溉相结合。这些灌溉方法积累和流传下来，形成了我国传统农业中看天、看地、看庄稼合理灌溉的技术原则。

还应提到的是，《汜胜之书》记载了区田法蔬菜生产中的“渗灌”技术：

区种瓜：一亩为二十四科。区方圆三尺，深五寸。一科用一石粪，粪与土合和，令相半。以三斗瓦甕埋著科中央，令甕口上与地平。盛水甕中，令满。种瓜甕四面如各一子。以瓦盖甕口。水或减，辄增，常令水满。

这种办法是通过瓦甕的渗透作用，使土壤经常保持适量的水分供应，而不破坏土壤的结构，不产生板结的现象，较好协调土壤中的水、肥、气、热状况，并可避免水分的流失，减少蒸发。完全符合现代渗灌的原理。用渗灌与其他方法相配合，达到“瓜收亩万钱”的效果。在二千多年前有此创造，的确是难能可贵的。

《汜胜之书》又记载了区种瓠中的灌溉方法：

坑畔周匝小渠子，深四五寸，以水停之，令其遥润，不得坑中下水。

这也是与渗灌的基本精神符合的节水的灌溉方法。

淤灌经验的初步总结

我国北方许多河流含沙量很高，《汉书·沟洫志》说：“河水重浊，号为一石水而六斗泥。”这既会带来河道的淤塞和泛滥，而本身又是一种宝贵的水土资源。春秋战国以来，我国古代人民在兴修农田水利灌溉工程的过程中，往往利用黄土地区河流含沙量大的特点，用以肥田和改造盐碱地。人们大概是从开垦被河流泛滥过的荒滩地的过程中获得启发，从而发明了淤灌和放淤的方法。不同于古埃及利用尼罗河定期泛滥来淤地，它是采取工程手段有计划进行的。《管子·轻重乙》提到“河淤诸侯，亩钟之国”。反映战国时利用河水放淤和淤灌相当普遍。而漳水十二渠和郑国渠正是这方面的成功范例。西汉末年，著名治河理论家贾让总结了春秋战国以来这方面的经验，指出：

若有渠灌，则盐卤下湿，填淤加肥，故种禾麦，更为秔稻。高田五倍数，下田十倍。

这是淤灌、种稻和改良盐碱地相结合的办法，是中国古代人民的一项伟大创造。

^[1] 参阅《中国农学史》上册第171页，科学出版社，1959年。

^[2] 同上。

^[3] 《中国农业科学技术史稿》第199页。

^[4] 下面的引文主要根据石声汉《汜胜之书今释》，但有些地方作了一些改动。

^[5] 此处标点法与石声汉、万国鼎都不一样，理由见本编第二章。详见李根蟠《读〈汜胜之书〉札记》，载《中国农史》1998年第4期。

^[6] 此处石声汉《今释》作“煮”，误；今从万国鼎《辑释》改。

^[7] 南京农学院植物生理教研室：《二千年前的有机物沤种法的试验报告》；张履鹏等：《沤种法试验报告》。载《农业遗产研究集刊》第二册，中华书局，1958年。朱培仁：《中国包衣种子的发生和发展》，《中国农史》1983年第一期。

^[8] 参阅林蒲田：《中国古代土壤分类和土地利用》第143—144页，科学出版社1996年。

^[9] 雪水浸种的技术，从西汉一直延续至近世。如明代耿荫楼的《国脉民天》说：“如遇冬雪，多收在缸内化水，至下种时先将雪水浸种一日夜每浸一炷香时，捞出滴干了些，又浸又捞，如此五六次，吃雪水既饱自然耐旱，腊雪更妙。”明代万历年间成书的《诸城县志》载：“农人取雪融水，以浴五谷种，晒干，来春播之。”直到现代，太行山地区涉县、武安、辉县、林县等地，在冬至后用雪水拌种，共拌49天，称作“七七小麦”。转引自钱伟长《我国历史上的科学发明》第3页，重庆出版社1989年。

^[10] 石氏谓此段文字所述方法手续较繁杂，不类前段之简明，疑非《汜书》原文，是颇有道理的。其实这一段正可理解为汜胜之引述的“尹择法”。这段引文谈到了“后稷法”，并自许比“后稷法”为优。据此，称《齐民要术》所引《汜书》“沤种法”前一段文字为“后稷法”，固无可。其实前段是汜胜之在后稷古法基础上改进的方法。就其渊源说，可以分别称之为“后稷法”和“神农法”，就其发展看，则宜称之为“汜氏法”和“尹氏法”

^[11] 《论衡·商虫》所说“渍种”与《汜胜之书》同，但所用原料，一为“马屎”，一为“马骨”。“马屎”渍种，可能是古时渍种之另法，也可能是传闻或传抄之误。

^[12] 夏纬瑛：《周礼书中有关农业条文的解释》第42—43页。

^[13] “原蚕矢”是指二化性或多化性蚕的屎。万国鼎《汜胜之书辑释》把“原蚕矢”解释为蚕屎的原粒，根据似乎不足。至于为什么要用“原蚕”的屎，不详。

^[14] 《汜胜之书》：“汤有旱灾，伊尹作为区田，教民粪种，负水浇稼。”

^[15] 《齐民要术》卷10“苜”引。

^[16] 苜草即紫云英，是一种与根瘤固氮菌共生而在种子中含有较丰富蛋白质的植物，不但植株本身沤入土中可以增加土壤的氮肥，而且种过紫云英的土地，固氮能力也必将增加。

^[17] 参阅本章第二节。

^[18] 绿豆生长到两个月左右，正值花期，翻压作肥，肥效最佳。《群芳谱》引《法天生意》说：“（菘）豆有花，犁翻豆秧入地，麦苗易茂。”（转引自《中国农学史》上册第255页）

^[19] 石声汉《齐民要术今释》和缪启瑜《齐民要术校释》均说：“故墟粪”中的“墟”字疑为“垣”字之误。实际上，“故墟粪者”正是上文“故墟新粪坏墙垣”的简化形式，无须改“墟”为“垣”。

^[20] “谷”是指谷壳及断茎残叶之类。见缪启瑜《齐民要术校释》第19页，农业出版社，1982年。

^[21] 石声汉《汜胜之书今释》第38—39页。

^[22] 唐玄应《一切经音义》卷17引《苍颉篇》：“畦，埽也。”《集韵·齐韵》：“畦，田起埽埽也。”

^[23] 后世的畦，或指垄。清魏源《吴农备荒议》云：“畦广丈许，中高旁下，畦间有沟。”这就是高畦。有些农史学家囿于后世这种“畦”的概念，把战国以前的畎亩农田称作“畦种法”，是不符合历史实际的。

^[24] “畦”渊源于井田制下的“圭田”，“圭田”原是国中零星不井之地，没有完整的沟洫体系。井田的基本形式是口，百亩为一田；圭田的基本形式则是△，五十亩为一田。由于供应城中居民副食的需要，圭田多用以种菜，菜地要求能灌溉，由此形成低畦农田的形式，以后这种农田就习惯称为“畦”（“畦”字合圭田二字而成，故又有五十亩为畦的说法）了。详见李根蟠《井田制及其相关诸问题》，载《中国经济史研究》1989年第2期。

^[25] 引文据《韩子集释》校改。

^[26] 水温调节技术，不但适用于水稻栽培，而且适用于其他旱作物。例如《汜胜之书》谈到种麻时说：“天旱，以流水浇之，树（株）五升。无流水，曝井水，杀其寒气以浇之。”夏日炎热而井水冷凉，如直接浇地，作物会因土温骤降而降低根系呼吸和吸收水肥的能力，从而发生生理萎蔫。