

# 太湖地区水稻土的耕作问题

赵 诚 斋

(中国科学院南京土壤研究所)

土壤耕作关系到作物的高产以及能源和劳力的消耗,也与土壤肥力的培育有关,所以是农业生产上的一个很重要的方面。

耕作定义为土壤的机械加工,其目的在于改造土壤耕性。传统的观念认为,耕作后一定时间内土壤耕性是好的,以后就逐渐向不利于作物生长的方向转变,例如土壤变板,通透性变差,因此需作定期耕耘以维持土壤有良好的耕性。这一观念忽视了结构是耕性的基础这一重要事实,而过高的估计了耕作直接的作用,结构好的土壤,也可较久地维持良好的耕性。近来有不少关于土壤发僵的报道,认为发僵是由于耕作制的改变引起的〔1,2,3〕。七十年代末和八十年代初我们研究了免耕法栽培水稻和三麦,作物的产量不降低,且土壤结构得到了改善〔4,5〕。这些结果说明,结构是耕性的基础,耕作可对土壤结构向变好和变坏两个方向产生影响。只有通过耕作改变土壤的结构才能得到良好稳固的耕性,而不是耕作直接能创造的。本文综合我们研究的材料就目前水稻土耕作法中存在的问题及应改进的地方提出一些意见。因为土壤结构是耕作的核心问题,所以也简略的讨论一下水稻土结构的形成和发展的特点。

## 一、水稻土的结构

传统的观念都是把土壤团粒作为结构。但是水稻土没有多级团聚的现象\*,土壤的肥沃程度不取决于大于0.25毫米团聚体的数量〔6〕,这因为水稻土有较严重的粘团特性,它的颗粒是以凝聚存在的,不能根据筛分法得到的团聚体的数量判断结构特性,而土壤结构的好坏明显地表现于孔隙状况的差异〔7〕,土壤结构孔隙决定着土壤的肥力特性。因为结构孔隙好象大厦中的房间、门窗及过道,大的(>30微米)起空气的流通作用,中等的(30—0.5微米)起水分和养分的移动及保持作用,小的(<0.5微米)是无效孔隙。我国南方多雨,良好的土壤必须具有较好的通气性,所以较大的结构孔隙是肥力的基础。

水稻土是处在水旱轮作不断变化的过程中。由于

受长期渍水及经常在软烂的耕耙影响下,土体不如旱地土壤松散。它的特点是结成整块,缺乏大结构孔隙,即使土壤有良好的排水条件仍可处于嫌气状态〔7〕,这种情况严重影响三麦生长(对水稻生长也有影响)。目前普遍反映三麦返青后容易发黄,吃肥大,原因就在这里。因为当含水量减低后土壤的机械强度增大,而土壤的通气性并无得到改善,因此不能维持根系的正常生长。土壤的嫌气可产生反硝化作用而使氮素损失。但这种情况也不是水稻土的必然结果,根据我们的研究,上等田仍保持正常通气所需要的孔隙度〔8〕。这说明注意土壤管理是可防止结构向不良的方向发展。但目前的生产措施,特别是耕作没有按照水稻土的结构形成和发展的规律来进行。

土壤在渍水还原条件下,某些存在于粘粒表面的胶结物质(如氧化铁的还原,腐殖质的变性)可被解离,粘粒面就可充分显露出来,这样结构强度降低。如不受到机械扰动,一般也不分散,土壤保持着一种亚稳结构(结构的机械强度很小,而机架仍不消失),到旱作期间它的结构孔隙仍然存在,如果土壤的亚稳结构遭受破坏,结构孔隙就会消失,各单粒相互凝聚,随着含水量的减低土体收缩,土粒间的粘结力不断增大,僵土块就是在这种情况下形成的。所以渍水期间的土壤结构的维护或破坏,直接影响三麦的土壤环境,当然也会影响当时的水稻生长。

改变土壤结构就是改变颗粒的排列方式及孔隙状况。土壤中的结构孔隙是由复粒的排列、干湿交替作用产生的裂隙及根孔组成的。这些孔隙的存在都需凝聚的颗粒有一定的稳定度。根据我们的研究〔7〕,如土壤含水量有降低到紧束缚水的过程,土壤才能有较稳固的性质;干湿交替产生裂隙的条件只存在于旱作过程。所以植稻期间没有发展结构的可能,只能保留旱作期间形成的结构,如果土壤无结构,渍水过程永远无结构,这一点可从沅水田及河泥的情况得到证明。

\* 赵诚斋等, 1982, 水稻土的土—水系统的物理性能与土壤耕作的关系, 土壤研究所物理室土壤物理研究汇编。

尽管有时这些土壤的有机质含量很高，它们从来不具有稳固的结构。当前生产上，向水田多施有机肥料以求改良结构，必然是成效不大。

渍水期间的亚稳结构受到破坏后，分散的土粒都具有较厚的水膜，土壤含水量减低后则发生凝聚，这时水膜充满了颗粒之间所有的孔隙，这些水膜也阻碍了颗粒的相互接触，所以土体既粘闭也不稳固。如果由耕耙的方法把土体切小，只是大土堡变成较小的土块，土壤的结构特性不变。要使这种粘闭的土壤具有结构，只能是使这种土体中一部分土粒牢固粘聚，而与另一部分牢固凝聚的土粒分开，这样一方面产生复粒，另一方面产生结构孔隙；要达到这一目的，唯一可行的途径是使土壤受干湿交替作用。因为土壤干燥后，颗粒的水膜消失了，土粒即可建立接触，被粒间的引力形成一定的稳定性。干湿交替作用，则土体发生裂隙而形成结构。显然，这种条件只存在于旱作过程。

根据作者的田间观察，麦茬表土的结构可得到明显改善，而且其肥力也大大提高〔4〕，与耕层下部不能干燥的土壤的结构有明显差异。虽然耕层内的根系很多，但对结构的改善非常有限。水稻根系对土壤结构的影响更是无法识别，看来对于粘闭的土壤根系无助于形成结构。

从上可看出水稻土结构发展的基本规律。这一规律与威廉斯根据黑土的研究结果不同。他认为耕层土壤结构的发展主要靠根系生长的作用，所以下层是结构发展区，而表层是结构破坏区。因此提倡定期耕翻来维持表土结构，而结构破坏的表土使置于下层以使结构恢复。我国旱地采用的耕作原则亦与此相同，但水稻土是一种独特的土壤，所以应与旱地耕作的原则有所不同。

## 二、土壤耕作制中存在的问题

传统土壤耕作法包括耕翻、碎土和施肥，是在生产实践中根据经验形成的。但其中有些不仅对土壤结构的发展不利，而且也浪费劳力和能源。兹分下列三个方面来讨论。

1. 稻前整地 传统的水田耕作都实行耕耙配套以形成一软烂的土壤环境。较精细的要求是，使一部分土壤被耙秒分散，而保持一部分土块沉于下层。认为泥糊有利于土壤养分释放，而土块有利于通气，并认为团块中的养分可随着团块的化开慢慢释放出来。根据我们的研究，一般土壤机械扰散对水稻生长并无明显影响〔4〕，只有对结构不良的粘重湖积土有扰散效应，例如练湖农场的栗子土〔9〕。而且我们的田间试验表明：凡是经过渍水耙秒的田块，尽管只有部分土壤被扰散，而耕层的还原性大大增强，这只会进一步引

起土壤分散。所以经过耙秒的土壤是十分粘闭的，原来下层存在的团块并不有助于土壤通气，团块逐渐解体亦无助于水稻生长。目前普遍反映自双三制大面积发展后土壤发僵，很可能与水稻土传统的耕作要求有关，因为改制后土壤渍水扰动的次数增加了。

促进土壤养分释放很有效的措施是晒堡〔10,11〕。盆栽试验的结果表明，晒堡处理的每盆植株干重几乎高于未晒堡的植株干重一倍多。晒堡效果也大大高于五十年代的试验〔12〕，可能目前的土壤性质已与二十多年前有所不同，但缺乏对比研究。土壤经过晒堡后，它的板结特性有所改善〔4〕，可见晒堡也可改良结构。经过晒堡的土壤，再加机械扰动也无效应。因为土壤养分的释放主要是靠化学性质的改变，机械作用是不能改变土壤的化学性质的。目前有不少地区由于大量发展双三制（现已有所降低），生产季节紧，晒堡措施已无法安排，想通过精耕细作来弥补，即增加碎土强度，显然这将是徒劳之举。表土若土块累累，必然不好栽秧，所以耙秒也不能完全废除，但这是为了栽培需要，不能作为一种改土手段。

根据不少麦茬免耕种稻的试验，既不减产，又可维护土壤结构，这对于改善土壤通气性和防止次生潜育化很有效，这与耕翻耙秒区形成明显对照。因免耕不会使土壤结构破坏而粘闭。麦茬表土所处的条件有利于结构发展和养分向有效态转化。因干、湿交替变化可促进土壤结构发展，也有利氮素转化〔4,11〕，故麦茬免耕种植的水稻早发。这种土壤具有的肥力特性符合双季早稻“一烘头”的需肥要求。但也有不利的一面：免耕栽培使底土没有晒堡的机会，影响底土的结构发展和养分迅速转化，同时肥料只能施于表层。

2. 三麦整地 “薄片深翻，全层碎土”这是三麦整地习有的方法。水稻土的耕性较差，而且秋耕时土壤的湿度总是较高，要达到这一要求，必须消耗大量的能源和劳动，而方法本身也是可争议的。

稻板田共同的特征是：表土5厘米的结构较好，持水量较高，并有较高的毛管传导度，耕层中、下部分较板，持水量较低，毛管传导度也较差。冬前土壤的含水量总是较高的，所以土壤机械强度不大，可容根系顺利通过。我们在无锡黄泥土上的小麦耕作试验表明〔4〕，全层碎土并不增产；灭茬播种亦不减产，而且前期的生长有三早特点，即早出芽，早齐苗，早分蘖；耕地上细下粗处理的产量与上述两处理也差不多。各处理中根系分布的特征也没有显著差异。惟独深翻20厘米区的小麦生长情况，前期较差，后期粗壮有力，增产5%。由此可看出，整地的细度对三麦生长的影响是小的。因为影响作物生长最根本的因素是土壤的孔隙状况，这不是耕作直接能改变的。有人已研究指出，

假如要把嫌气的土块改善氧的供应，必须把土块的半径减小到0.8—2.0厘米以下〔13〕，这不是一般耕作所能做到的，特别是含水量较高的水稻土。这是耕地细度影响不大的原因。从耕作力学的观点来看，含水量高的土壤都处于可塑状态，强度碎土必然要求机具对土壤的挤压也大，这样耕作以后土块的尺寸虽然小了一些，而土块本身却变的更紧。

耕作方式不同所创造的耕层结构是不同的，这可显著地影响作物前期生长。如免耕区的种子是直接落在结构好、水分足的表土，这就齐苗快而早发；深翻区的种子是落在板结土上，所以前期较差，而到了后期的干风季节，因有较好的底墒条件，所以作物生长特别好，为其它区所不如。所以三麦整地的原则必须看冬前要争取什么，后期可能发生的是什么。如果要争取齐苗早发，例如晚播麦，这就应维持表土的位置在上，以利用表土较好的水分条件。如果考虑土壤的后劲，就应深翻。单纯强调碎土是不科学的。因为稻板田的土壤机械强度对根的生长尚不是一个限制因素，保护土壤结构孔隙免于破坏比耕作创造结构孔隙更现实一些。但不论那种耕作方式，表土都要求融细，不然播种难匀，盖籽也有困难，并可导致种子迟迟不发芽。

免耕种麦不减产〔4〕，但这种栽培方法对土壤结构的发展不利，板田过冬，水稻不发，而且需用除草剂控制杂草。但在土壤未得到改良前，可作为不良气候条件下的一种权宜措施。如果土壤已通过其它途径将它的结构改良了，不耕翻过冬不会对次年水稻的生长产生不利影响，则免耕种麦也是可行的。当然这个问题还要做更多的试验。

3. 施肥 目前有不少地区提倡稻田有机肥面施，这从维护土壤结构的观点看，有其正确的一面。因为有机肥拌和土壤，会增强耕层的还原性，因此使土壤变烂。但这种施肥方式是否会引起氮素损失，也是一个还待研究的问题。如果把有机肥的施用重点从水稻转向三麦，这对土壤结构的发展有利。化肥面施不论是挥发性的还是非挥发性的氮肥都易损失，因为土表氧化产生硝态氮后，随水下渗或扩散进入还原层都会发生反硝化作用导致氮素损失。所以水稻免耕栽培，肥料深施有待解决。

从以上三点的讨论中可以看到，如果把传统耕作法作为精耕细作的标准是不恰当的，精耕细作必须有科学的标准。土壤耕作制应从一年或几年的周期来考虑，在某一环节实行不耕或少耕，未必不是精耕细作。相反，如果连续强度碎土，这是很不科学的方法。

### 三、建立合理的土壤耕作制

通过以上的讨论，我们明确了水稻土结构形成和发展的规律，以及传统耕作法与土壤结构的发展规律有矛盾的问题。土壤的渍水期间既不能发展结构，且存在分散的潜在危险，则应一切措施要有利于结构的维护；旱作过程存在有利结构发展的条件，则耕作应尽量把土壤推向有利于结构发展的状态。这是合理耕作制的中心思想，在这前提下夺取高产。下列的设想既可发展土壤结构，也有可能争取高产。

水稻整地分为两种情况：一种是夏作收割时距离水稻栽插尚有一定时间的茬口，其中包括单晚和双季稻前茬为大元麦的早茬口和绿肥茬。这些情况当作物收割后应及时耕翻晒垡，力争晒透。晒垡的效果决定于土壤的干燥程度，不是如一般所说的露风透气，对于后者是没有什么效果的。晒垡后干土整细，灌水摊平，不要渍水耙耖，土壤的细度只要能栽秧就行了。如果土壤不能晒垡，或者即使晒垡估计也不能晒透，可与第二种情况一样处理。第二种类型是，晚茬口或天气不好不能晒垡的情况，这时不要耕翻，用盖麦机灭茬，深3厘米，然后灌水摊平。对于这种情况，上年秋耕时就要做宽平的畦，不要是狭仑龟背，不然就会增加栽秧时挑高填低的繁重劳动。麦沟是否填去，可视各地的具体情况，如果沟不崩塌，不填则可节省烤田前挖沟的劳动。沟壁塌了，应该清理。在水稻生长过程中，要尽量减少不必要的作业，特别象两段育秧这类田间大兵团作战的方式要避免产生。因为这会严重破坏土壤结构。有机肥或化肥只能面施，对于化肥如果能在灭茬时施下，要与表土拌匀，这样可减少损失。未经渍水耙耖的田块，土壤的渗透性必然较大，对平田地区离河浜较远的田块，土壤的漏水是不会严重的。靠近河浜的田块可能会发生过大的渗漏性，这时可在田块近河浜的埂内侧用糊泥贴补，防止渗漏。

关于秋耕，最好用以切为主的碎土工具，而不用铧式犁耕翻，前者可减少土壤发生粘闭。土垡在工具表面滑移过程愈长，土壤发生粘闭的可能性愈大，故秋耕的犁以小型、曲率大的为佳。如果用松土铲，则可保持表土仍在上面，整细表土，便于盖籽，种子可迅速发芽。如实行深耕，必须防止在土壤含水量较高的情况下进行，不然耕作是有害而无益的。一般耕作不必强调全层碎土，如果有一般细度也就行了。有机肥要与土壤很好混合，不应仅施于表土。含水量很高的情况下应避免耕作，这时可采用灭茬种麦的方法，次年春耕争取晒垡。如果春耕采用了灭茬种稻，或干耕干整种稻，土壤结构得到了较大改善，秋季灭茬种麦可能也是可行的。

(下转封3)

最大的决心,把我所建设成一个包括边缘学科在内,土壤学科分支甚为齐全的,有近代技术装备(包括电子计算机、遥感技术、土壤信息系统)、有坚实理论基础与解决问题水平的,有大批德才兼备、理论与实践经验丰富的干部队伍,有自己长期综合试验基地

的,并在国际与国内真正建立起学术地位的,能为国民经济建设及学科发展真正作出贡献的土壤研究所。参加座谈会的同志在发言中都希望在庆祝建所四十周年时,土壤研究所能取得更大的成绩。

(张达斌)

(上接第60页)

### 参考文献

- [1] 上海市农科院土肥植保研究所:上海郊区土壤肥力概况及培肥意见。土壤,第5期,第181-184页,1974。
- [2] 宜兴农业水利局:宜兴地区土壤肥力变化及其改良途径。土壤,第5期,第184-192页,1974。
- [3] 陈家坊等:苏州平田地区水稻土发僵的探讨。土壤,第6期,第286-291页,1975。
- [4] 赵诚斋,周正度,董百舒:苏南地区水稻土的合理耕作的研究。土壤学报,第18卷3期,第223-233页,1981。
- [5] 许学前等:稻麦轮作制中免耕效果的研究。江苏农业科学,第4期,第11-14页,1982。
- [6] 中国科学院南京土壤研究所:中国土壤,254-261页,科学出版社,1978。
- [7] 赵诚斋,赵渭生:水稻土的水理性质与耕作的关系。土壤学报,第20卷2期,第140-153页,1983。
- [8] 赵诚斋:土壤结构和它的简易测定法。土壤,第2期,第51页,1978。
- [9] 赵诚斋,赵渭生:土壤紧实度与土块分配对水稻生长的影响及耕作方法的调节。土壤学报,第16卷3期,第265-276页,1979。
- [10] 周正度,董百舒,赵诚斋:水稻土晒垡对改善土性的作用。土壤肥料,第6期,第20-21页,1982。
- [11] Birch, H.F., Plant and Soil, 10: 9-31, 1958。
- [12] 沈梓培,黄东迈,白纲义,段秀泰:水稻土晒垡措施的增产效果及其与土壤性质的关系。土壤学报,第7卷3-4期,第124-133页,1959。
- [13] Russell, E.W., Soil Condition and Plant growth 10th edition: 410-416, 479-482, Longman, 1973。

### 《黄淮海平原砂姜黑土综合治理资料汇编》第一集出版

砂姜黑土是黄淮海平原主要低产土壤类型之一,面积达4,700万亩,有很大生产潜力。安徽省宿县地区科学情报研究所为了配合砂姜黑土综合治理特编辑《黄淮海平原砂姜黑土综合治理资料汇编》,每年出版一集。第一集收入有关论文报告数十篇,近30万字,于1984年4月出版,由该所销售。