

长江中下游低洼圩区土壤改良与增产潜力

陆彦椿

(中国科学院南京土壤研究所)

长江中下游是指宜昌至长江口的广大地区,湖北宜昌至江西湖口为中游,湖口至长江口为下游。长江中下游地区地势低平,江面宽阔,河道迂回曲折,支流众多,湖泊星罗棋布,素有“水乡泽国”之称。该地区农业开发历史悠久,在自然与人为合力影响下,许多湖泊淤积形成碟形洼地。例如,在建国初期,湖北省共有1066个湖泊,水域面积达1250万亩,到1977年只剩下326个湖泊,水面仅355万亩,其中四湖地区湖泊面积在60年代为402万亩,到80年代为118.1万亩,有331.3万亩被垦殖了^[1],导致蓄洪能力降低,洪涝灾害频繁发生。又如,我国最大的湖泊——洞庭湖的面积由1949年的4350平方公里下降到1977年的2820平方公里^[1]。长江下游的里下河地区,其腹部湖荡水面积也由1965年的992.6平方公里减少到1980年的495.7平方公里^[2]。由此可见,随着众多湖泊的水面消失与缩小,陆地面积不断增加,它们经人们围垦种植,形成了低洼圩田型地貌。这种由湖泊演变为沼泽,又进一步演变为农田,其生态系统发生极大的变化,土壤理化性状也随之变化。因此,改善低洼圩区土壤生态环境,提高土壤肥力,才能使之成高产稳产的农业生产基地。本文将就低洼圩区土壤的形成演变、改良利用与增产潜力等问题作一论述。

一、低洼圩区土壤的形成与演变

低洼圩区的土壤主要有沼泽土、沼泽型水稻土与潜育型水稻土,也有经长期改良培肥而形成爽水型水稻土。由于地势低洼,洪涝频繁,在农业利用时,首先要修筑围埂,防治洪水并在围内开挖沟渠,建立排流系统,防治内涝,在长期的利用和改造过程中,一般经历了轮荒、沤田、稻麦两熟和三熟制等4个阶段。该地区的重要产粮区的太湖地区、里下河地区、巢湖地区、安庆洲田圩区、鄱阳湖地区、洞庭湖地区及四湖地区等大致都经历过上述各阶段,其土壤特性的演变也有它的规律性,即由沼泽土或草甸沼泽土演变或沼泽型水稻土,再演变为潜育型水稻土,再经水利改良与培肥等综合改良措施后,逐步形成高产稳产的爽水型水稻土,在土体构型与土壤理化特性上发生极大的变化。土壤生态环境也由原来的自然湿地演变为低洼稻田;植物群落也由水生植物、沼生植物进入湿生植物群落,由于光热利用与营养物质的改变,绿色植物群落单位面积的生物量亦随之上升,随着“围湖造田”或“围海造田”,自然植物群落被人工栽培作物所代替,但因土壤环境条件与理化特性较差,往往作物产量低而不稳,只有随着治水、轮作、施肥、耕作等改土培肥措施的不断完善和深化,降低了地下水位,改善了土壤的水气矛盾,彻底改善了土壤的生态环境与土壤的理化特性,其复种指数与作物产量才能逐步提高,由只能种植一季水稻逐步实行稻—绿肥、稻—油菜、稻—麦两熟;最后可实行稻—麦—

表1 湖泥与土壤的有机质与全氮含量的差异 (g/kg)

	有机质	全氮(N)
湖 泥	30—50	1.80—2.85
沼泽土	80—120	5.54—7.33
水稻土	20—40	1.50—2.03

规律性变化(表1)〔3〕, 经开垦种植以后, 改善了土壤通气状况, 微生物活动增强, 加速了有机质的分解, 另外, 水稻生长发育需要大量养分, 而且稻田中80%的生物量被带走(稻谷与稻草), 归还甚少(根、茬), 故土壤有机质与全氮迅速下降, 由于自然条件与人类活动的不同, 土壤有机质含量的分异较大。据统计, 60年代围垦的沼泽土有机质下降68%左右, 70年代围垦的沼泽土下降27%左右。又据里下河地区的测定, 开垦100年左右的水稻土, 有机质下降56%〔3〕。

在围垦初期的一年一熟沤田阶段, 因土壤终年泡水, 耕层土壤含水量达80%以上, 土体无结构, 土壤长期处于还原状态, 氧化还原电位在100毫伏以上, 有甲烷、硫化氢、亚铁等有害物质影响水稻的生长发育, 致使水稻出现大量黑根, 甚至造成或死苗。同时, 由于土壤气、热条件不良, 水稻生长初期因土温低, 有机质分解慢, 碳氮比一般较大, 速效氮素的供应效率低, 仅为一般稻麦两熟田的50%〔6〕。养分供应亦不协调, 氮、钾供应仅维持低水平满足, 而磷素严重不足。在水稻生长后期, 随着温度升高, 加速了有机质分解, 氮素供应量剧增, 引起稻苗疯长, 空瘪粒增多, 米质差, 产量低。另外, 土壤中的微量元素锌的含量较低, 有效锌<0.5毫克/千克的严重缺锌土壤比例高(表2)〔4〕。缺锌水稻症状叶片发红, 叶尖萎缩,

表2 长江中下游有关地区水稻有效锌含量与面积比例〔5—7〕

地 点	有效锌(毫克/千克)	<0.5毫克/千克 占面积%
里下河地区	0.14—1.47	47.2
洞庭湖地区	0.34—1.51	42.0
四湖地区	0.48—0.72	45.6

严重时枯萎死亡。

随着水利条件改善, 地表水得以排除, 土壤呈落干态, 耕层形成大小不等的僵块(有些地方称为“栗子土”)复永后僵块也不破碎影响耕作与插秧质量。土壤脱水导致土壤磷素的固定, 致使水稻出现缺锌症状。据测定, 土壤僵块的大小与速效磷含量有关, 凡直径大于8毫米的僵块其速效磷含量仅5.6—6.9毫克/千克, 磷素有效率仅7.8%, 随着土块变小, 速效磷与磷的有效率均显著提高。

随着农业利用时间延续, 土壤得到干湿交替的时间与次数增加, 土壤水分不断丧失, 耕层性状逐渐改善, 旱季氧化还原电位虽然有所提高, 但仍处于还原状态(210毫伏以下)。耕层以下粘滞土体在地下水位降至60厘米以下后出现有规律收缩, 其收缩率可高达46%以上, 颗粒排列紧密, 逐渐形成柱状或棱柱状结构, 裂隙纵横, 容重在1.40克/厘米³以上, 水分、粘粒与矿物质沿裂隙机械淋溶, 在结构面上形成灰色胶膜, 由于结构体紧实, 不利作物根系下扎并易漏水漏肥。

在上述基础上继续不断的耕作熟化, 土壤进入了稻麦两熟阶段, 在土体构型及其性状上发生了巨大变化, 耕层结构以团块与粒状结构为主, 有机质含量虽比沤田阶段降低, 但氮素, 特别是有效态氮增加, 碳氮比下降, 土体胀缩率下降至40%以下, 非毛管孔隙(通气孔隙)增加, 在犁底层下形成水稻土特有的斑纹层, 剖面下部的棱柱状结构逐渐消失形成小块状与小棱块状结构, 氧化还原电位也达350毫伏以上, 此时的土壤既适宜于水稻的生长, 也宜于三麦的生长, 只要继续重视治水、轮作、耕作、施肥等措施, 即可培育成高产稳产的肥沃水稻土。

二、低洼圩区土壤的改良与增产潜力

从低洼圩区土壤的形成与演变过程中特性的变化可以看到,在人为措施下不断改善了土壤生态环境,不仅使土体构型发生了变化,也使土壤理化性状向有利于作物生长的方向改变,我们必须针对其特性的变化规律,采取相应的农业技术措施,消除低产障碍因素,加速改良和培肥土壤,达到高产稳产则具有较大的增产潜力。

(一)改善农田生态环境,搞好农田水利建设,开沟排水,防涝治渍

长江中下游地区处于北亚热带和中亚热带的过渡地带,光、热、水资源丰富,年降水量800—1700毫米,因长江是一条雨洪河流,洪涝灾害频繁,造成广大平原圩区渍害严重。在汛期,水位高于中下游平原地区,内部渍水不能外泄,又遇多雨季节,低洼圩区极易洪涝成灾。要保证该地区稻、麦、棉、油菜等主要作物的产量,首要问题是改善农田生态环境,搞好农田水利建设,通过筑堤固圩防水,建立完善的灌排沟渠,达到降低地下水位,排除土壤滞水,防治渍害。针对该地区农业利用、耕作制度的特点,要培育既利水稻又利三麦生长的土壤特性,这对农田水利带来了更高的要求。众所周知,水稻是湿生性植物,三麦是旱作物,需水又怕水,它们对土壤环境的要求不尽相同,但对土壤的某些特性有共同的要求,如丰富的养分和良好的水气协调状况。据测定,肥沃的水稻土在种稻期间并非全剖面各层次都被水所饱和,地下水位虽经地表水补给而有所抬升,但与地表水并不连接,在渗育层处于不饱和状态或地下水与地表水处于动态平衡状态,渗育层的大孔隙充满流动水,而闭合孔隙包容气体,水气协调。在旱作期间,要求土壤渗透性好,雨后田干,因为三麦生长渍害是当前影响高产的重要障碍因素。据在太湖地区的测定,在地下水位以上20—30厘米的土层处于饱和状态,再向上20厘米土层含水量达饱和水的85%。从三麦的生理特性来看,土壤含水量达饱和水量的70%为其适宜生长的下限,达饱和水量的85%时三麦根系则窒息^[8]。可见,如果地下水位稳定在1米以上,则有40—50厘米土层(除短暂雨期外)是适于三麦根系生长的环境并不会产生渍害,为三麦高产创造了良好的基础。水稻虽然在渍水条件下能生长,但是,如果根系活动层水气不协调,土壤环境不能更新,则根系活动将减弱,也不能获得高产,在农业技术措施上采取干干湿湿,湿润灌溉,烤田等都是为了达到水气协调,以利于生长发育。另外,水稻、三麦的根系分布也不同,水稻根系90%左右集中于耕层与犁底层,其余10%左右的根系在40厘米以上的土层;三麦70%的根系集中于耕层与犁底层,高有30%的根系在犁底层以下,且远比水稻根系扎得深。根据低洼圩区地势低洼与稻麦对土壤水分要求的特点,要满足它们的要求,治水改土是先决条件。在筑堤防洪同时,在圩内根据地形高低要分级建闸,不致发生旱、涝并存,达到“三分开”“一控制”。据多年统计,太湖地区低洼圩区3—5月份的降雨量与三麦产量密切相关。如该时期降雨量超过300毫米,则三麦受渍害而减产,如超过400毫米则严重减产。如果采取明沟与暗管相结合的排水措施,土壤水气状况改善,在三麦生长季节,尤其是孕穗拔节生长后期,地下水位可控制在80厘米以下,以保证三麦不受渍害,增产效果明显在一般年份可增产17.6%,如遇多雨年份增产更显著。同样,埋设暗管的农田对水稻生长也有利。据测定,根系活力可提高3.9倍,多吸收氮素8.13—20.03%,增产率在10%以上^[9]。暗管的埋深与间距应根据土壤质地而设置,沙壤土沟深1米,沟距20米;壤质土沟深1.2米,沟距15米;粘质土分别为1.2米和10米^[9]。如果土壤剖面分异大,应本着打破透水层为原则,明暗沟管相结合,既利迅速排除地表水,又利排除土壤滞水与降低地下水位,这种排水方法是

建设高产稳产农田的重要措施。

长江中下游地区低洼圩区农田,终年地下水位偏高。据统计,约有411.3万亩低洼圩田受到不同程度的涝渍危害,尤其对三麦产量影响最大。据四湖地区的调查统计,3—5月降雨量大于300毫米与400毫米的频率10年中分别有7—8年与5—6年之多,太湖地区分别有5—6年与3—4年之多,所以,搞好农田水利,防涝治渍是保障低洼圩区农田高产稳产的重要措施。如果按上述增产率计算,每年可增产粮食36.9亿千克。又如鄱阳湖地区200万亩低湖洼田经排水后加以充分利用,即可增加粮食4亿千克^①。再如湖北荆州地区有300万亩农田地下水位在0.6米以上,其中有228.1万亩受涝渍危害较为严重,通过部分农田的水利改良,一般可增产粮食100—200千克/亩,按此计算,每年可增产粮食3—6亿千克。

(二)因土种植、水旱轮作

作物种类不同,对土壤的要求也不一样。根据作物生物学特性进行因土种植,是合理利用土壤资源,充分发挥土壤生产潜力的重要措施,针对低洼圩区土壤水气矛盾的特点,不利于旱作物的生长,在沅改早初期阶段,地下水位在40—50厘米以内的情况下,冬季以种植耐湿的油菜、绿肥或经济绿肥为宜,既可获得较高的收益,又可改土培肥,如里下河地区是油菜籽的高产地区,近几年来,石白湖低洼圩区,巢湖地区等,油菜已成为高产产区。只有经水利改良和培肥措施后,沅改早才能获得成功,三麦种植面积才能有所扩大。

水旱轮作对加速低洼圩区土壤熟化,提高作物产量有着显著的效果,近几年来,里下河地区500万亩沅区改早成功后,在潜育型水稻土上进行了稻、麦、棉、绿肥水旱轮作,对改善土壤结构,养分调节,深层土壤养分的利用,病虫杂草的减少与产量的提高都有明显的效果。据统计,粮、棉、油的年递增率分别达到5.9%、16.4%和13.1%^{〔2〕},粮食的商品率达30.8%,棉花成为江苏省重要的生产基地。在双季稻地区可推广麦—玉米—稻,麦—豆(大豆)—稻,麦—瓜—稻等多种形式的二旱一水,据在长江下游地区的试验,这种种植形式可改善土壤的理化性状,又可增产增收。

(三)合理施肥

作物所需的养分85%来自土壤,所以培肥土壤十分重要。在发展化肥的同时,更应重视有机肥料的施用,它既含有丰富的营养元素,又可改善生态环境与土壤的物理性状,当前因复种指数提高,绿肥面积日益减少,特别是低洼圩区的低湖田或“三进田”,三麦产量低而不稳,更应多种途径种植绿肥,增辟有机肥源,推广秸秆还田,利用低洼圩区水网密布的有利条件,发展水生绿肥,不断补充土壤有机质与营养元素,维持地力常新。据南京土壤所研究,太湖地区土壤有机质的年分解量平均为102.5千克/亩,而通过施用有机肥料与根、茬的归还等年积累量为93.5千克/亩。可见,积累量不足弥补分解量,导致土壤肥力与性状有所下降,必须通过增施有机肥料才能改变这一状况,即每年每亩增施能形成约10千克土壤有机质的有机肥料

表3 太湖地区形成土壤有机质所需的有机肥数量

有机肥种类	所需数量(千克干重)
油菜籽	34.5
猪粪	41.5
麦秆	63.5
稻草	66.5

(表3)。但尚须根据当地有机肥源的状况,腐殖化系数来详细测定,大致可参照表3的数据进行计算,确定施用有机肥料的数量。有机肥料也含有丰富的磷、钾,尤其是我国钾肥资源不足,对补充土壤钾素具有重要意义,据对太湖地区的研究,有机肥料提供的氮、磷

①中国科学院南京分院等,南京区域经济联合发展规划,1990。
②中国科学院南京土壤所,太湖地区土壤的培育和合理施肥的研究。“六五”国家科技攻关项目。1985。

钾养分量分别占施入总氮量的14%，总磷量的63%和总钾量的86%。可见，有机肥是磷、钾素重要的补给来源。据里下河地区的试验，通过秸秆还田，水稻增产10.8%，小麦增产15.9%；土壤有机质、速效磷、钾都有所上升，耕层物理性状改善^[6]。

增施磷肥对低洼圩区的沼泽型、潜育型水稻土极为重要，如果土壤速效磷含量<5毫克/千克时，水稻、三麦、油菜、绿肥等作物均需施用磷肥，尤以旱作物效果更大。据太湖地区与里下河低洼圩区的试验，通过增施磷肥，三麦可增产8—16.5%，水稻增产7.9%，油菜增产78.9%。

钾素在低洼圩区土壤中含量差异较大，速效钾(K)在4.4—17.3毫克/100克土，由于作物产量的提高而带走的生物量增加，另因钾资源缺乏而施用量甚少，出现土壤钾素亏缺，造成氮磷、钾比例失调，在太湖地区出现钾素入不敷出，每年亏缺K₂O 1.5千克/亩。如果土壤速效钾含量<80毫克/千克，施用钾肥则有明显的增产效果，每亩施用5千克氯化钾或窑灰钾肥20—40千克，水稻可增产7.1—21.6%，小麦可增产14.7—33.3%，绿肥可增产33.8%。另外，可根据不同作物施用，如喜钾作物施用效果更佳，棉花在土壤速效钾含量<100毫克/千克时仍有明显的增产效果。由于我国钾肥资源有限，必须广辟钾肥来源，如利用窑灰钾肥、种植水生绿肥，利用有机肥与草木灰等都是增加钾肥的重要措施。

微量元素肥料在低洼圩区土壤上同样有明显的增产效果，水稻上施用锌肥增产率可达10—50%。另外，硼肥也有较好的效果，特别对油菜、大豆、玉米与三麦等旱作物尤为显著，据试验，施硼肥，油菜增产11—20%，大豆增产20—26%，某些良种油菜如不施硼肥会出现花而不实。

合理施肥可以减少肥料的浪费，提高肥效和效益，要充分利用土壤普查成果，开展因土因作物的配方施肥，提高科学用肥水平，有利于培肥土壤，降低农本和增加产量。

当前，长江中下游各低洼圩区农业生产水平差异较大，绝大部分地区涝渍的危害较为严重，部分地区土壤尚处于沅田或沅改旱阶段，尽快地改善土壤的生态环境，搞好农田水利，合理轮作、耕作与施肥，则具有较大的增产潜力，与此同时，要充分利用低洼圩区的自然资源，农林牧副渔综合开发，将会取得更大的社会、经济与生态效益。

参 考 文 献

[1]中国科学院三峡工程生态与环境科研项目领导小组，长江三峡工程对生态与环境的影响及对策研究，科学出版社，1988。

[2]江苏省里下河地区综合农业区划协作组，江苏省里下河地区综合农业区划，1982。

[3]董元华、徐琪，水成土壤演化中有机质含量变化的研究，生态学报，第10卷，第4期，1990。

[4]徐盛荣，江苏省里下河地区沼泽起源水稻土肥力的发展及其进一步开发利用问题，南京农学院土壤农化科研论文集，1984。

[5]岳阳地区土壤普查办公室，岳阳土壤，1984。

[6]扬州土壤普查办公室等，江苏省扬州市土壤志，1985。

[7]湖北省荆州地区土壤普查办公室编，荆州地区土壤志，1985。

[8]陆彦椿，肥沃水稻土的形态特征，土壤，第13卷，第5期，1981。

[9]程云生等，太湖地区水稻土的排水及其效果，土壤，第15卷，第4期，1983。