

扰动土壤对土壤物理性状和 小麦吸收养分的影响

许学前 潘遵谱

(江苏太湖地区农科所)

江苏太湖稻麦轮作地区农田土壤质地以重壤土为主。近数年内推广免、少耕法种麦,取得良好效果。稻茬田种麦采用何种耕作措施,与土壤含水量关系较大,本文是针对这一问题进行研究所取得的结果。

一、研究方法

供试土壤为本所重壤质地爽水型水稻土(黄泥土)0—14厘米的表土,含粘粒(<0.001 毫米)21.2%、物理性粘粒53.2%、有机质2.94%、全氮0.158%。将土壤风干敲碎后过10毫米筛,去除明显易辨的植物残体,供研究不同含水量下扰动(模拟田间锄削作业)土壤及不扰动(模拟免耕)对土壤物理性状及小麦生长和吸收养分的影响。

扰动影响土壤物理性状的研究方法是:将土壤装入 20×25 厘米盆钵内,每盆合干土6公斤,模拟稻田“淹水—落干—干干湿湿”的管水过程,经45天后陆续排水,按处理要求,待含水量降为30%、40%和50%时,取出土壤加以扰动后装入盆中(以下称30%、40%、50%扰动等)。不扰动者置于原盆内不动。再向各盆加水,任其自然沉实二周后排除水层,待土面略干,每处理取5个环刀土样,光使水分饱和,然后置于自制的吸力平板孔仪上,在100和600厘米水柱吸力下平衡,取下环刀使在室内风干,最后于 105°C 下烘干。全过程中分期测定土柱直径、高度和重量,求取各处理土壤的比容和含水量之间的回归方程,计算孔隙组成、容重及收缩率等。

扰动影响小麦生长和从土壤中吸收养分的研究方法是:按上述处理土壤的相同方法,在土壤含水量为25%、30%、35%、40%及50%时予以扰动,然后装盆,连同不扰动共6个处理,不施肥种植小麦,重复3次。1984年10月28日播种,露天放置于洁净砂坑内,隔适当时间灌水于砂层内引墒。1985年3月以后遇雨加棚挡雨。在小麦返青期(3月5日)、齐穗期(4月23日)及成熟期(5月25日),每处理取3盆测定植株干物积累量及吸收的氮、磷和钾量。

二、结 果

(一)不同含水量下扰动(包括不扰动)土壤对土壤物理性状的影响

1、土体收缩:据测定结果,土壤含水量(x ,厘米³/克土)与其比容(y ,厘米³/克土)的关系,按模式 $y = K + \frac{c}{1 + e^{(a-bx)}}$ 进行回归时,相关系数均达极显著水平,式中 K 为烘干

实测值, a、b、c为统计值。此回归方程即为不同处理土壤比容和含水量的函数关系。图1表明, 不同处理的土壤有不同的收缩特点, 并直接影响土体内的通气。

从图1可看出, 当土壤含水量降至表1中 x_1 和 x_2 之间时, 因为土壤比容的瞬变量(dy)相当于土壤含水量的瞬变量(dx), 所以土体失水变干不能增加容气体积; 在其他含水量下土壤水分减少, 土体内容气体积总有一些增加。不扰动处理土壤比容的瞬变量总是小于含水量的瞬变量, 很有助于土体通气。30%扰动时, 要待含水量降至23.7%时才出现 dy 与 dx 相当的情况, 这种含水量在田间除土表外一般不会出现, 也很有利于土体通气, 如从饱和含水量算起, 失水可增加土体容气体积的含水量范围可高达26.5个百分点(x_2 的情况不予讨论)。40%扰动时, 由于 x_1 的数值较大, 这个含水量范围明显缩小, 仅11.9个百分点。50%扰动时, x_1 大于饱和含水量即土体从饱和含水量降至33.3%(x_2)的过程中都不能提供容气体积, 要等含水量从33.3%继续下

表1 各处理比容和含水量回归

方程中 $\frac{dy}{dx} = 1$ 时的 x 值

处 理	x_1	x_2
不扰动	不存在	不存在
30%扰动	(0.237)	(0.170)
40%扰动	0.357	(0.268)
50%扰动	0.549	0.333

注: 括号内的数据在田间土面2-3厘米以下一般不出现。

降时土块内才可能出现容气体积。可见高含水量(如40%、50%)时扰动不利于土体通气。

据经验估计, 麦田地表2—3厘米以下的耕层土壤含水量最低时约30%, 则从饱和含水量降至含水30%时, 每克土壤可具有的容气体积, 不扰动处理为0.12厘米³, 30%扰动处理为0.19厘米³, 40%及50%扰动处理仅为0.044及0.0022厘米³, 分别占各自减少水分的74、95、25和1.5%, 具体显示了含水30%时扰动和不扰动最有利于土体通气, 而高含水量时扰动很不利于土体通气的情况。有关资料报道, 太湖地区的一般土壤, 耕作而不致破坏土壤结构的水分上限为29—32%, 即在此含水量下进行耕作是合理的。图1中

30%扰动处理的土体, 从饱和含水量开始失水后, 在较大范围内收缩甚微, 是有力的证明。

不同处理的土体, 其容重从饱和湿土到干土的变化(表2)有明显差异, 从而形成了不同的收缩率(收缩率 = $\frac{\text{干土容重} - \text{饱和湿土容重}}{\text{干土容重}} \times 100\%$)。30%扰动者收缩率仅17%, 不扰

动者为21%, 40%及50%扰动者高达29%。后二者由于土体强烈收缩, 在田间必然形成僵硬的土块和出现较大的裂缝, 前一情况不利于根系在土块内伸展, 后一情况容易伤根和让冷空

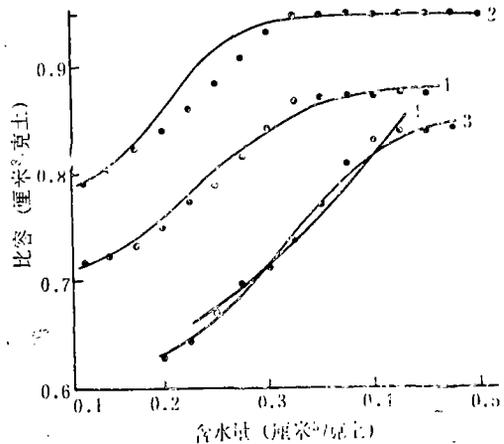


图1 不同含水量下扰动土壤对土体收缩的影响

$$1. \text{ 不扰动: } y = 0.690 + \frac{0.194}{1 + e^{(4.14 - 17.9x)}}$$

$$(r = -0.971^{**}, n = 14);$$

$$2. \text{ 30\%扰: } y = 0.779 + \frac{0.168}{1 + e^{(6.22 - 30.5x)}}$$

$$(r = -0.939^{**}, n = 16);$$

$$3. \text{ 40\%扰: } y = 0.601 + \frac{0.260}{1 + e^{(5.61 - 17.9x)}}$$

$$(r = -0.987^{**}, n = 12);$$

$$4. \text{ 50\%扰: } y = 0.587 + \frac{0.560}{1 + e^{(3.93 - 8.93x)}}$$

$$(r = -0.996^{**}, n = 10).$$

表 2 各处理的饱和湿土容重和干土容重

处 理	湿 土	干 土
不 扰 动	1.14	1.45
30% 扰 动	1.06	1.28
40% 扰 动	1.16	1.64
50% 扰 动	1.21	1.70

气侵入土层深处

2. 孔隙组成。各处理土体的总孔隙度变化不大(53—56%)。但孔隙组成则有较大差异。各处理各级孔隙组成5个实测值的单项分组资料方差分析结果见表3。>0.03毫米的通气孔隙和<0.005毫米的持水孔隙处理间均有极显著差异,前者以30%扰动处理最多,不扰动处理次

之,40%及50%扰动处理最少;后者的情况则完全相反。由此可见,30%扰动和不扰动处理,土体内部通气较为顺畅,排水较为顺利;高含水量时扰动后的土体,则通气排水均较困难。

表 3 各处理土壤孔隙组成的比较

处 理	不 扰 动	30% 扰 动	40% 扰 动	50% 扰 动
>0.03毫米的通气孔隙	12.2 B	22.0 A	3.4 C	2.5 C
0.03—0.005毫米孔隙	14.6 A	15.2 A	15.2 A	14.9 A
<0.005毫米的持水孔隙	73.2 B	62.8 C	81.4 A	82.6 A

注:表内数据为各级孔隙度占孔隙度的百分数;数据后的英文大、小写字母分别表示按SSR法测得的1%和5%差异显著性(下同)。

(二)不同含水量下扰动(包括不扰动)土壤对小麦生长和吸收养分的影响

测定结果(表4)表明,不扰动、30%和35%扰动三个处理的小麦干物积累量、籽粒重量和从土壤中吸收的氮、磷、钾量,均极显著高于其他三个处理,表明土壤含水量过少(如25%)或过多(如40%及50%)时扰动,不易为作物生长和吸收养分提供良好的条件。结合各生育期的物质积累量(图2)来看,各处理的特点是:

(1)不扰动处理,在小麦生长的前、中期具有明显优势,供肥充足,能保证早发和健壮生长;但后期供肥甚少,难以利用前、中期形成的良好基础保持优势生长。

(2)各扰动处理小麦的生长和吸肥量,在返青期前,除25%扰动处理较差外,似无明显差异。返青期后,以30%扰动处理最具优势,特别在齐穗后明显优于不扰动处理,小麦在全生育期内生长良好。

(3)40%和50%扰动两个处理,小麦在三叶期前生长尚属正常;三叶期后茎叶易拔长,嫩而不壮;入冬遇低温,冻害严重,叶片发黄,生长受阻,尤以50%扰动处理更为突出;返青期后土壤养分被吸收利用的数量较不扰动及30%扰动两个处理明显减少,齐穗期后更趋微小。

表 4 各处理小麦生长量和养分吸收量的比较

处 理	不 扰 动	25% 扰 动	30% 扰 动	35% 扰 动	40% 扰 动	50% 扰 动
总干物(克/盆)	41.5 a, A	26.5 b, BC	45.4 a, A	43.3 a, A	29.1 b, B	20.7 c, C
籽粒(克/盆)	16.4 a, A	11.1 b, B	17.6 a, A	18.9 a, A	10.5 b, B	7.5 c, B
N(毫克/盆)	471 a, A	286 b, B	519 a, A	540 a, A	288 b, B	201 c, B
P(毫克/盆)	57.2 a, A	44.0 b, B	58.4 a, A	66.0 a, A	35.9 b, BC	26.3 c, C
K(毫克/盆)	602 a, A	284 c, C	558 a, A	(501)—	363 b, B	226 d, C

注:K是齐穗期测得的数据,成熟期测得的数据均低于齐穗期,估计与样品受淋洗有关;但35%扰动处理为例外,括号内为其成熟期测得的数据。

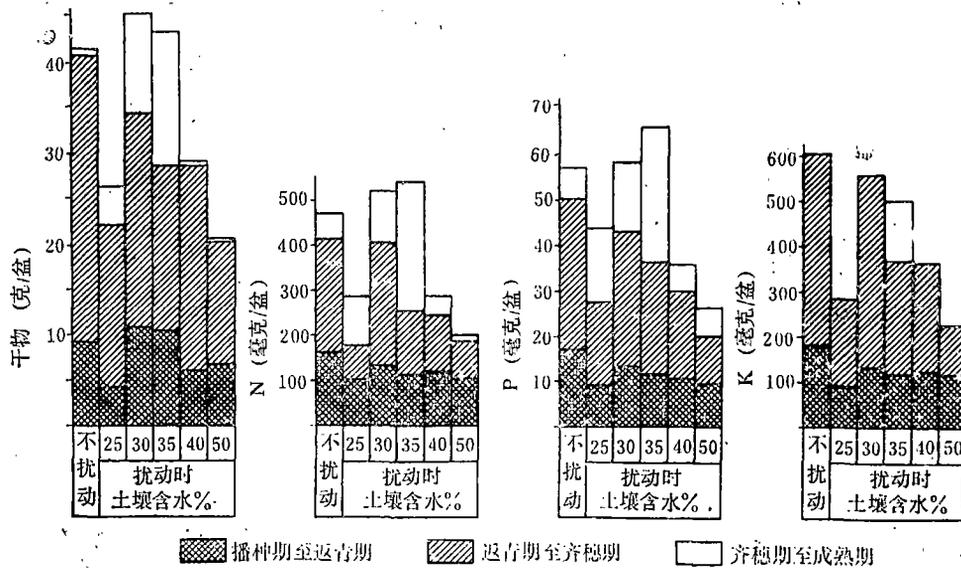


图2 不同含水量时扰动土壤对小麦各生育期干物质积累和吸收养分的影响

(4) 25%扰动处理，前期墒情不足，小麦生长量和吸肥量最少，开春以后生长亦较差。

(5) 35%扰动处理，小麦在齐穗期以前生长一般，但后期物质积累量较多，赶上了不扰动和30%扰动两个处理。

三、讨 论

各处理小麦生长和吸收土壤养分的差异，与土壤经不同处理后形成了不同物理状态的环境有密切关系。不扰动处理是风干碎土在水中沉实后的原态，小麦出苗后根系生长最快（表5）。土壤养分最易较快地被吸收利用，使小麦生长较早地形成优势，返青期单株分蘖达3.7个，比其他处理多1.2个左右，这种优势约可保持到拔节孕穗阶段。估计该处理根系与土壤的接触面积最大，到齐穗期土壤中当季可利用的养分已基本上被作物吸收，仅从吸收量来看，这时的氮素矿化率已达4.4%（成熟期是5.0%）。可见齐穗后吸肥量少，是前期土壤养分消耗较多的结果。

表5 各处理小麦的根量(克/盆)

处 理	不 扰 动	25% 扰	30% 扰	35% 扰	40% 扰	50% 扰
返青期	2.4	1.4	1.7	1.7	1.7	1.7
齐穗期	6.3	4.1	5.4	4.7	4.6	3.5
抽穗期	6.6	4.9	7.2	5.5	5.2	3.9

30%扰动处理，装盆时土壤最为疏松湿润，开始土团间可能有少量不太大的孔洞，短期内便可沉实而形成适当大小的土壤孔隙。其根系是逐步扩展的，小麦返青前根量次于不扰动处理，齐穗后居各处理之冠。土壤供肥表现了良好的持续性。按吸肥量计算的土壤氮素矿化率，到齐穗期时已与不扰动处理相近；此后由于通气孔隙较多，氮素矿化率仍可继续提高，到成熟期达5.5%，阶段矿化量是不扰动处理的二倍。磷的供应也有相似趋势。可见这种含水量

时扰动土壤，具有积极效果。

含水40%和50%时扰动土壤后，土体糊烂，装盆时土块易粘结。苗期土块尚软，可容少量根系发展，返青以后由于土体强烈收缩，孔隙很细，根系生长便明显差于不扰动和30%扰动的二个处理。据观测，该二处理在盆栽盆露天放置期间，遇雨积水难排，加棚档雨期间，又是上部土体干硬，裂缝大，下部土体烂湿，水气极不协调；它们的根系多分布于土块裂隙间，难以伸入土块内部，与土壤的接触面积很小，土壤中已矿化的有效养分也难被充分利用，这就明显影响小麦吸肥，各种养分的吸收量仅为前两个处理的38—65%。这种高含水量时的扰动，由于粘粒间水膜较厚，结合松弛，很易破坏土壤的良好结构，造成严重不利于作物生长的环境。

含水25%时，土体偏干，锄削扰动不能形成细碎的土团，土块较硬，缺少淤泥。装盆后土层内孔洞较多较大，难以沉实，靠毛细作用增墒亦较困难，这就很不利于根系伸展与活动，返青期前根量最少，其后也仅比50%扰动处理略多。可见当土壤已呈旱象时按常规方法耕作，不易造成利于作物生长的土层。

含水35%可能是略超过供试土壤适耕与否的临界水分，处理土壤时已出现部分烂湿土团，使作物前、中期根系的伸展与吸肥受到一定影响。但在试验条件下，较好的土壤结构可能尚未受到严重破坏，当土体经冬春干湿冻融变化和根系生长影响后，土壤环境趋向好的方向发展，从而使作物在后期能较多地利用积累在土壤中的有效养分促进生长，取得较好结果。不过，这种好的转化在实践上是难于掌握和预料的。

四、结 语

太湖地区重壤质地稻茬田的耕作措施必须注意土壤水分。从本地区气候和田间土壤含水量来看，免耕法种麦有较广泛的应用价值。为了防止土壤物理性状恶化、水气不相协调、供肥能力减弱、作物产量下降，必需避免在土壤含水量较高(如 $>35\%$)时的烂耕烂种。在这种情况下，机耕作业困难，采用板茬撒播开沟取泥覆土，即“稻板麦”的免耕措施是合理的。当土壤水分处于适耕与否的临界水平或略高时，耕层下部土壤仍是水分偏多，不宜扰动，表层土则较易整碎，故仍以免耕为妥。在这种情况下，应用适当的条播机，可一次完成灭茬浅松土(约3厘米)、条播、覆土等作业，整地播种质量均有保证，工效很高，有利掌握季节，效果较好。当含水量十分适宜，如全耕层平均为30%左右时，应用常规耕作并能保证作业质量时，可获较好效果。在这种情况下，免耕与常规耕作何者更有利于增产，尚可在实践中探索。太湖地区秋播期间严重干旱的土壤一般很少出现，对少量漏水田块，应注意调墒保墒，视具体情况确定耕作方法。

(上接第89页)

参 考 文 献

- [1] Oertel. A. C., *Geochimica et Cosmochimica Acta*, Vol. 33, 821-831, 833-839, 1969.
- [2] 若月利之、松尾嘉郎、久马一刚，土壤中诸元素の天然賦存量(第1报)，日本土壤肥科学杂志，第49卷，第6号，507—513, 1978.
- [3] 唐涌六，南京地区土壤中重金属浓度的概率分布，环境中若干元素的自然背景值及其研究方法，科学出版社，1982.