

江苏练湖农场两种主要土壤的供肥特点 及其对晚稻生长的影响

刘芷宇 彭千涛 尹楚良 陈家坊

(中国科学院土壤研究所)

吴世忠 朱宗武

(国营练湖农场)

两年来,从总结陈永康高产水稻施肥技术经验出发,针对水稻器官生长与土壤氮素的供求特点进行了一些工作,其目的在于探求高产水稻因土制宜的施肥原则及其科学依据。一般说来,水稻的生长中期(拔节—穗分化)是奠定壮稈大穗丰产的重要时期。在这一时期植株上有许多同时生长的器官。从已往的研究结果看来^[1],晚稻植株的不同器官对氮素供应状况的反映不同,而同一器官在不同生育时期内影响也不一样。同时,不同土壤对氮素供应容量、强度、持续时间的贡献大小也有所不同^[2]。如何结合土壤的供肥性能和晚稻的营养需要特点,制订经济合理的施肥原则,对进一步提高产量是十分有意义的。为此,1963年我们进行了以下的施肥试验。

一、試驗田的土壤特性和試驗設計

试验分别在国营练湖农场第一耕作队栗子土(粘质中潜性水稻土)和第十五耕作队油泥土(壤质底潜性水稻土)上进行。它们的剖面特征如下:

栗子土(观察和采样地点为1队3号田)过去是练湖的湖滩,1949年开始围垦,成土母质为湖积物。耕层约15厘米,质地粘重,易形成大土块且在水中极难散开,如经冻、晒,则形成小稈块状结构。稻根多分布在这一层。其下为犁底层,厚约5厘米,质地同上层,但较紧密,稻根已很稀少。20—40厘米处则为大块结构,40厘米以下土壤颜色自暗灰色逐渐过渡至黑色,含有水生植物残体,质地粘重,干后收缩成极为坚硬的土块。旱作期地下水位在70—75厘米。这种土壤种植水稻时,后期易于贪青,群众称为“晚发田”。

油泥土(观察和采样地点为15队1号田)的成土母质是冲积物。这一层覆盖于湖积物上。50厘米以上的土层质地较轻,50—58厘米即为湖积物埋藏层,颜色自灰而逐渐至黑色,与栗子土40厘米以下的层次相似。耕层约18厘米,较酥松,土块在水中崩散迅速,锈纹和锈斑均不明显,质地为中壤至重壤。18—28厘米为犁底层,块状结构,质地同耕层,但有明显锈纹。28—50厘米土壤质地较以上两层略粘,稈块状结构。种植水稻时,后期易脱力,群众称为“早发田”。栗子土和油泥土的一般理化特性分别如表1所示。

我们根据已往对水稻需氮特点的研究结果^[1],针对这两种土壤的特性进行了试验设计(如表2)。各处理的基肥以该场现有大田施肥水平为基础,即草塘泥(含氮量约0.15%)

表 1 栗子土和油泥土的理化性质

土 壤	采样深度 (厘米)	有机质 (%)	全氮 (N%)	全 磷 (P ₂ O ₅ %)	速效磷* (P ₂ O ₅ 毫 克/100 克)	速效钾* (K ₂ O毫 克/100 克)	颗 粒 含 量		交换量和交换性盐基组成 (毫当量/100克)				
							0.05— 0.01 毫米	<0.001 毫米	交换量	钙 (Ca ⁺⁺)	镁 (Mg ⁺⁺)	钾 (K ⁺)	钠 (Na ⁺)
栗子土	3—13	2.74	0.17	0.09	痕迹	17.5	24.7	46.1	23.9	14.3	6.5	0.73	0.42
	15—20	2.76	0.16	—	痕迹	17.2	—	—					
油泥土	3—13	2.21	0.14	0.15	2.37	8.90	54.3	19.2	17.1	13.0	3.6	0.34	0.34
	18—28	1.96	0.14	—	9.34	7.00	—	—					

* 风干土壤,速效磷是用 Truog 方法测定,速效钾用醋酸铵提取,火焰光度计测定,由彭千涛、蒋佩弦、张云等同志测定。

表 2 不同处理的施肥种类、数量和时期

处 理	分 肥 期	拔 节 期 前 后	穗 分 化 期 前 后
1	0	23/VII 猪粪* 15担,硫铵 5斤	17/VIII 25/VIII 硫铵 8斤 硫铵 6斤
2	0	26/VII 硫铵 16斤	17/VIII 25/VIII 硫铵 8斤 硫铵 6斤
3	0	23/VII 4/VIII 硫铵 8斤 硫铵 8斤	17/VIII 25/VIII 硫铵 8斤 硫铵 6斤
4	7/VII 17/VII 硫铵 10斤 硫铵 5斤	26/VII 硫铵 10斤	20/VIII 硫铵 5斤
5	7/VII 硫铵 10斤	26/VII 硫铵 10斤	20/VIII 硫铵 10斤
6	7/VII 硫铵 10斤	0	8/VIII 20/VIII 硫铵 12斤 硫铵 8斤
7	0	0	0

* 猪粪全N含量约0.5%,利用率按30%计算。

每亩7000斤。追肥均为硫铵30斤。处理1、2、3的设计目的在于研究两种土壤上晚稻拔节前后(长粗肥)的施用原则。处理4、5、6的目的则是根据晚稻器官发育的需要,研究总施肥量相同时,施肥时期、数量组合及其与土壤性质的关系。处理7为不施追肥的对照。

各试验小区的面积为20×30平方米,顺序排列,重复三次。晚稻品种为老来青,栽秧密度为5×6寸。每穴5—6苗。5月18日播种,6月27—29日移栽,11月2日收获。田间管理按当地一般方法进行。

二、試驗結果

(一) 不同处理对产量及其构成因素的影响

处理1、2、3在栗子土上穗数、粒数的次序是处理3 > 处理2 > 处理1,千粒重则相反。在产量上处理间无差异。油泥土上则以拔节期施有机肥为主、配合少量化肥的处理1产量高,分别比处理2、3增产7—10%,其产量构成因素中主要是有效穗高,每穗粒数

多。而拔节期硫酸分次施用的处理 3, 不论在穗数或粒数上都比拔节期一次施用的处理 2 要好, 产量也略有增高的趋势。

两种土壤的处理 4、5、6 中, 生长前期用肥量多、后期用肥量少的处理 4, 比平均施用的处理 5, 不论是穗数、粒数或产量上都没有差异。着重于穗分化期间分次施用的处理 6, 其每穗粒数比处理 4、5 平均增加 10—16%。产量也略高于其它两处理(表 3)。

表 3 不同处理的产量及其构成因素的比较

处 理	穗 数 (万/亩)	粒 数 (粒/穗)	千粒重 (克)	产量* (斤/亩)	相对产量 (以不施 追肥为 100)	处 理	穗 数 (万/亩)	粒 数 (粒/穗)	千粒重 (克)	产量* (斤/亩)	相对产量 (以不施 追肥为 100)
栗子土—1	18.1	71.4	32.0	945.8	113.7	油泥土—1	16.3	68.8	31.3	824.3	118.9
栗子土—2	18.8	75.3	31.7	947.7	113.9	油泥土—2	14.8	62.5	31.2	749.5	108.2
栗子土—3	19.1	79.0	31.2	964.0	116.1	油泥土—3	16.0	67.1	31.0	773.3	111.6
栗子土—4	19.1	65.4	31.8	903.1	108.6	油泥土—4	16.0	57.9	31.9	727.3	104.9
栗子土—5	19.0	66.3	32.3	903.4	108.6	油泥土—5	15.6	58.5	30.7	731.0	105.5
栗子土—6	17.8	77.0	31.7	932.8	112.7	油泥土—6	16.0	64.1	30.7	769.3	111.0
栗子土—7	17.1	64.1	32.6	831.5	100	油泥土—7	14.8	59.3	31.4	693.0	100
产量的最小显著差异 (L. S. D) = 26.11 斤						产量的最小显著差异 (L. S. D) = 20.12 斤					

* 产量为小区实收产量按含水量 15%、杂质 1.5%折算而得。

从两种土壤上不同处理的增产趋势看来, 栗子土上除处理 1 外, 其余各处理的增产幅度均高于油泥土相应的处理。例如处理 3 在栗子土上增产 133 斤, 而油泥土上仅增产 80 斤。表现在粒数上也如此。处理 3、6 的粒数增加百分数更为明显, 表明硫酸的施肥效益在栗子土上可能要大于油泥土。但是处理 1 的结果相反, 无论是穗数、粒数以及产量的增加百分数, 都是油泥土略大于栗子土。相对的说来则表明有机肥在两种土壤上的效果与硫酸可能正好相反。

(二) 不同处理对穗、茎器官形成的影响

不同处理对穗型大小的影响极为不同。如处理 1、2、3 比较, 每穗 70 粒以上的穗数占全部穗数的百分数, 在栗子土上的次序为: 处理 3 > 处理 2 > 处理 1, 而油泥土上则为处理 1 > 处理 3 > 处理 2。处理 4、5、6 中, 无论在那种土壤上都是处理 6 的大穗比例高于处理 4、5 (表 4)。表明在油泥土上中期施用有机肥对大穗的形成是有显著效果的。而在栗子土上则硫酸的效果反而更明显。而从肥料的分配上来看, 一般都表现为着重在穗分化时期施用的效果较为优越。

表 4 不同处理穗型的分配

处 理	> 70 粒	< 70 粒	处 理	> 70 粒	< 70 粒
栗子土—1	48.5	51.5	油泥土—1	53.6	46.4
栗子土—2	58.5	41.5	油泥土—2	37.5	62.5
栗子土—3	62.3	37.1	油泥土—3	42.1	57.9
栗子土—4	42.9	57.1	油泥土—4	28.3	71.7
栗子土—5	42.8	57.2	油泥土—5	30.4	69.6
栗子土—6	61.7	38.3	油泥土—6	36.3	63.7
栗子土—7	36.7	63.3	油泥土—7	35.8	64.2

从测定茎秆长度和重量的结果来看,不同处理茎秆长度的差异不显著,但对秆重的影响较为明显。在处理 1、2、3 中,两种土壤上同样表现拔节期一次施用硫酸铵的处理 2,单位长度秆重大于分次施用的处理 3。这种差异在油泥土,以及愈近基部的茎节表现愈为显著(表 5)。

表 5 茎秆的单位长度干重(克/厘米)

处 理	节 位					处 理	节 位				
	13	14	15	16	17		13	14	15	16	17
栗子土—1	3.13	1.85	1.24	0.98	0.70	油泥土—1	2.49	2.02	1.21	0.90	0.74
栗子土—2	3.21	1.75	1.18	0.86	0.68	油泥土—2	3.96	2.20	1.44	0.99	0.67
栗子土—3	2.35	1.52	1.14	0.83	0.65	油泥土—3	2.92	1.79	1.15	0.91	0.64

(三) 两种土壤供肥的特点

两种土壤最明显的差异是: 栗子土粘重而土块在水中崩散十分缓慢, 而油泥土则相反。这样, 渍水过程中土壤固相与液相的接触面积和养分离子从土粒向外扩散的自由路程长短上两种土壤也有所不同。因而, 在土壤渍水以后, 土柱上面水层的总电导值(可以表示养分总浓度)随着培育时间增加的增涨速率也不一样。如图 1 所示, 油泥土早期释放速率大于栗子土, 而后期即小于栗子土。速效磷(0.1 N H₂SO₄ 提取)的相对释放速率也是油泥土远比栗子土为大。交换性 Ca、Mg 的解吸速率也是如此, 例如用 N NaCl 溶液取代 1 分钟时, 油泥土的交换性 Ca、Mg 可以解吸其总量的 64%, 而栗子土仅为 22%; 4 小时以后油泥土达 95%, 栗子土即为 87%。

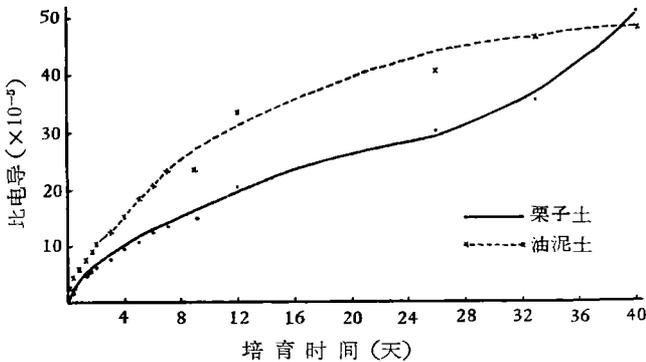


图 1 土壤渍水培育后土柱上面水层的总比电导的变化

方法: 置 10 克通过 2 毫米筛孔的土壤于试管中, 小心加入蒸馏水 15 毫升, 使土柱上部形成一清水层, 不同时间测定清水层比电导的变化。

用幼苗试验测定了两种土壤的氮素供应状况。结果表明, 在 10 天以内, 施用硫酸铵的土壤上, 植株的净积累量是油泥土大于栗子土(3.33; 1.49 毫克/天)。15 天以后则相反是油泥土小于栗子土(0.71; 3.03 毫克/天)。施用有机肥的土壤上也有这种趋势, 但不明显。

这种变化的趋势与土壤中含有的 NH₄-N 数量并没有一致性。也即施用硫酸铵的栗子土中 NH₄-N 的增量, 在 15 天以前一直比油泥土来得高, 15 天以后接近于对照(图 2)。施用有机肥的油泥土中 NH₄-N 略高于栗子土。植株累积 N 量与土壤中 NH₄-N 量相加, 代表一定时间内净矿化量结果。图 3 表明, 栗子土在 15 天之内略有矿化过程, 而 20 天左

右有一固定作用占优势的过程。油泥土则是 10 天以前,处于净矿化过程。20 天前后也略有固定过程占优势的趋势。施用有机肥的处理在 20 天以内基本上都处于净矿化过程。

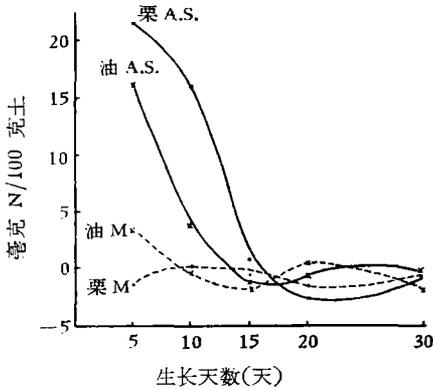


图 2 土壤 $\text{NH}_4\text{-N}$ 的增量
 栗 A. S.: 栗子土施硫酸铵
 油 A. S.: 油泥土施硫酸铵
 栗 M.: 栗子土施猪粪
 油 M.: 油泥土施猪粪

注: 土壤 $\text{NH}_4\text{-N}$ 的增量为各处理的土壤 $\text{NH}_4\text{-N}$ 量减去对照的 $\text{NH}_4\text{-N}$ 量

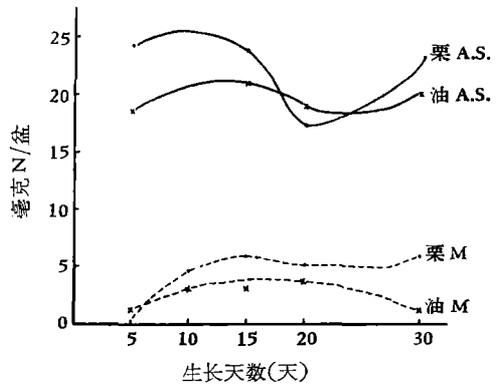


图 3 土壤氮素总供应量的变化

注: 土壤氮素总供应量为土壤 $\text{NH}_4\text{-N}$ 量加上植株所吸收的氮量

为了进一步了解两种土壤的矿化速率的特点,应用了培育的方法(在 30°C 恒温箱中 45 天),每 5 天取样测定其矿化量(图 4)。结果表明,施用硫酸铵的处理中,栗子土基本上没

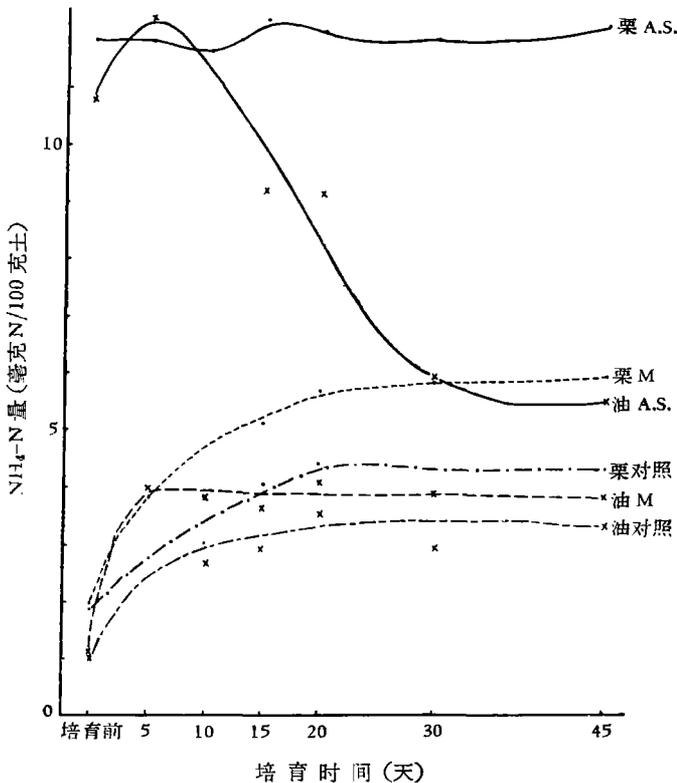


图 4 两种土壤矿化过程的变化

有 $\text{NH}_4\text{-N}$ 的增长过程,油泥土在 5 天以后反而迅速下降,这种情况不可能完全是固定的结果。同时在大田的条件下,曾反映出油泥土施用硫酸后落劲很快,达到相同产量,所需要的肥料量,一般超过栗子土的一倍左右。为此,我们又在室内进行了氮素损失的试验。

试验是从是否存在有脱 N 损失过程的角度出发的。因此试验分为两个条件下进行。一为在以纯 N_2 代替空气的密闭容器中嫌气培育,另一为在通空气条件下好气培育,45 天后测定全 N。从加入硫酸的土壤中所获得的全 N 量减去对照的全 N 量,以计算加入硫酸的回收率。试验均未得到施入的氮素全部回收的结果,但一般是栗子土回收率高(均在 80% 以上),而油泥土则回收率较低(均在 80% 以下)。嫌气条件下的回收率一般都大于好气条件下(表 6)。表明在这两类土壤上虽都存在有施入硫酸遭到损失的可能性,但油泥土比栗子土更为显著,这可能是在油泥土上硫酸增产效果低于栗子土的原因之一。关于田间的实际损失量及损失的途径看来还值得进一步研究。

表 6 两种土壤上施入硫酸后氮素的回收率

土 壤	处 理	全氮回收率(%)	pH	Eh (毫伏)
栗子土	10 克土+3—9 克 NH_4 , 好气	84—96	5.9	+118
	10 克土+3—9 克 NH_4 , 嫌气	87—100	7.2	-134
油泥土	10 克土+3—9 克 NH_4 , 好气	43—75	6.1	+128
	10 克土+3—9 克 NH_4 , 嫌气	52—79	7.4	-186

三、讨 论

(一) 晚稻生长中期的施肥原则

从上述结果可以看出,晚稻生长中期有三个主要的问题,一是巩固分蘖成穗,二是茎秆形成,三是穗形成。它们对土壤氮素的需求并不一致,以往结果表明,分蘖要求氮素供应缓而长,茎秆发育要求猛而短,穗形成要求缓而长,在上述试验中同样得到证实。例如从处理 1、2、3 中可以看出,不论在那种土壤上,代表中期氮肥猛而短的处理 2,对形成粗壮的茎秆都是有好影响的,而缓而长的处理 1、3 则对穗的形成显得更为重要。但是,在两种土壤上的效果不尽相同。从两种土壤氮素供应状况的特点看来,栗子土施肥后的供应状况是肥劲稳而长的,而油泥土则是猛而短的。因此在栗子土上在穗分化时,即使一次施用硫酸,从产量上看,其影响与施用有机肥的处理相似,在穗数与粒数上反而更好一些。这可能是由于在这种供应状况的土壤上一次施用硫酸,既可以由于土壤的稳肥性能达到缓而长的供应效果,又可以相对的提高其供应强度,因而对中期生长来说效果也是好的。但在油泥土上则不然,由于土壤本身稳肥性能差,因此中期施用有机肥的效果则明显优于施用硫酸的处理。分两次施用硫酸的比一次施用的处理虽要好一些,但仍赶不上施用有机肥的处理。从趋势上来看,可以推测次数增加 1—2 次,可能会赶上有机肥的处理。

根据以上的分析,从上述器官发育的特点来看,两种土壤的施肥原则可以考虑为:

(1) 栗子土:基肥质量应较好,其中能少量配合速效性化学氮肥以促进早发,克服早期肥劲缓的缺点。施肥的重点放在中期(拔节前—穗分化期间)追肥,后期适量的补一点。整个生育时期中,在肥料的种类上,可以在保持土壤肥力的前提下偏重于速效性化学氮

肥。

(2) 油泥土: 由于土壤本身易于落劲, 因此, 在分蘖与穗分化时期, 必须强调以有机肥或化学氮肥分次施用的方法。特别在穗分化时期更为重要。同时, 在施适当基肥的情况下, 总追肥量要大于栗子土, 追肥的着重点可以是中、后期, 即拔节—孕穗前。具体的说, 如拔节期施用的是有机肥, 则可少量的搭配速效性化学氮肥一次施入, 穗分化期间再分次施以化学氮肥。如果在没有有机肥或大面积机械化的条件下, 追施有机肥困难, 则可用化学氮肥代替。但施用方法上应该注意“多次”的原则。一般说来, 从分蘖末期开始, 每隔 10—12 天即应施一次肥, 直到孕穗期前, 数量分配上可以在穗分化时期多一些。

(二) 两种土壤氮素供应状况不同的可能原因

从上述结果中可以看出, 两种土壤的氮素供应状况是不相同的, 栗子土是肥劲稳而长, 也即施肥后一定强度的氮素持续供应的时间较长, 而油泥土是猛而短, 也即施肥后氮素供应强度大, 持续时间短。具有这种差异的原因看来可能有以下几方面:

1. 栗子土对氮素的生物固定能力较大, 硫酸施入后, 如上述结果所表明, 有一段以固定作用占优势的过程, 而后才是净矿化过程。而油泥土则由于对 $\text{NH}_4\text{-N}$ 的固定能力小, 因此, 根据已往的研究结果^[2], 可以认为这两种土壤在同样的施肥条件下, 对氮素的供应强度贡献不同。

2. 土壤的氮素损失率不同。油泥土由于易于耕耙而松散, 因而也易于沉实板结。而栗子土则相反, 一般要到分蘖盛期后土块才渐次散开, 但仍保存有许多稜状土粒存在。这样土壤中的孔隙状况就不同, 因而有可能造成土壤中氧化还原条件的差异, 提供了不同程度的脱 N 条件。

3. 由于栗子土与油泥土粘粒含量和代换量的显著差异, 对铵离子的吸附强度可能不同^[3]。因而, 如上述结果表明, 在施硫酸后的一定时间内 $\text{NH}_4\text{-N}$ 量虽然是栗子土大于油泥土, 但是, 栗子土中吸附性铵量可能占的比例较大。因此, 从相对利用率来说, 油泥土可能比栗子土高。

其次, 这两种土壤不仅粘粒含量相差悬殊, 而且粘土矿物组成及其与有机质的复合状况也略有不同。根据 X-射线鉴定, 这两种土壤的粘土矿物都是伊利石、高岭石和蛭石, 但油泥土的蛭石含量却比栗子土高。如比较去有机质前后的粘粒的 X-射线衍射图, 可以看出有机质对 X-射线图中不同粘土矿物峰的影响也有所不同。在栗子土中, 粘粒中有机质对伊利石、高岭石和蛭石的影响似乎没有区别, 而油泥土中则对伊利石的影响较大。此外, 如表 7 所示, 两种土壤的粘粒中有机质含量及有机质的表现代换量也相差悬殊, 说明油泥土粘粒中不仅有机质含量高, 而且与矿质部分结合时所消耗的交换点也远比栗子土

表 7 两种土壤中粘粒 (<0.001 毫米) 的有机质含量以及有机质的表现代换量

土 壤	有机质(%)	用 H_2O_2 处理 残存有机质(%)	粘粒的代换量(毫当量/100 克)		有机质的表现代换量 (毫当量/100 克)
			未去有机质	去有机质	
油 泥 土	4.05	0.31	38.9	27.2	315
栗 子 土	2.56	0.35	35.5	32.6	132

注: 由许祖诒同志测定。

为少。这些结果,表明同量化学氮肥施入土壤中后,被土壤吸附的铵离子,栗子土大于油泥土,吸附性铵的有效性则油泥土比栗子土大。因而施用化学氮肥以后的反应,两种土壤也有所不同。

4. 其它如土壤粘粒含量的不同从而对根系吸收活性的影响,以及粘粒含量的不同也可能影响离子向根际移动的速率等,而造成土壤中 $\text{NH}_4\text{-N}$ 利用率不一样。关于这方面的可能性,由于资料较少,尚有待研究证实。

参 考 文 献

- [1] 刘芷宇、刘婉兰: 水稻的氮素营养问题: I 土壤氮素供应强度及其持续时间对水稻器官协调生长的影响。土壤学报, 10 卷 2 期, 145—160 页, 1962 年。
- [2] 朱兆良、汪祖强、徐银华: 土壤氮素供应状况的研究: II 硫酸铵在植稻土壤中的转化及其对土壤氮素供应状况的影响。土壤学报, 11 卷 2 期, 187—195 页, 1963 年。
- [3] 陈家坊、蒋佩弦: 几种水稻土对铵离子的吸附特性。土壤学报, 11 卷 2 期, 171—183 页, 1963 年。

ОБЕСПЕЧЕННОСТЬ ДВУХ ОСНОВНЫХ РИСОВЫХ ПОЧВ ПИТАТЕЛЬНЫМИ ВЕЩЕСТВАМИ В СОВХОЗЕ “ЛЯНЬХУ” ПРОВИНЦИИ ЦЗЯНСУ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА РОСТ ПОЗДНЕСПЕЛОГО РИСА

Лю Чжи-юй, Пэн Цзень-тао, Инь Чу-лян, Чэнь Цзя-фан

(Почвенный институт АН Китая)

У Ши-цун, Чжу Зун-у

(Совхоз “Ляньху”)

Резюме

1. По признакам почвенных профилей, их физическим и химическим свойствам изучили особенности обеспеченности этих почв питательными веществами. Рассмотрели факторы, влияющие на особенности обеспеченности питательными веществами. Авторы приходят к выводу, что такими факторами являются фиксирующая способность организмов, содержание и доступность сорбционного аммония, потеря азота и др.

2. По данным полевых опытов исследовали влияние срока удобрения и распределения дозы удобрений на факторы, из которых образуется урожай, и установили, что требование к срокам удобрения и распределению дозы удобрений для обеих почв должно быть разным.

3. По вышесказанным данным разработали для этих почв предварительный принцип удобрения.