

土壤盐渍化,而且地下“库容”小,缓和涝情的作用也不大。但目前开采地下水的主要提水机具离心泵,其最大允许吸程约8米左右,而黄河冲积平原地区机井抽水时的降深一般2—4米,若地下水埋深大于4—5米,则动水位将下降到8—9米以下,这样就需将机泵下放,从而不免要降低离心泵的效率,使开采水量减少,影响灌溉效益。

根据我们在盛水源地区的试验资料,自1966年以来,由于机井的灌排作用,雨季前地下水位始终控制在4.0米以下(图2),并能充分利用地下水发挥机井的抗旱灌溉作用。经过多年的灌水淋盐,土壤盐分下移,脱盐深度已达1.0—2.0米(表5、8)。但雨季地下水位将会有所上升,如1967年汛期月降水量287.9毫米,日最大降雨量179.9毫米,地下水位上升值1.09—1.19米(表11),而1970年9月中旬,地下水位曾上升到2.6—3.0米,由于机井的排水作用,地下水位逐渐下降,雨季期间,既未发生地面长期积水的涝情,秋季土壤也未返盐。因此,我们认为,从综合防治旱、涝、盐碱而又有利于充分开发利用地下水资源和发挥最大的灌溉效益来考虑,在井灌井排条件下,地下水位以控制在3—4米为宜。

#### (四)井灌井排必须与农业措施相结合

治理一个地区的旱、涝、盐碱灾害,提高农业产量,靠任何单一的措施,增产效果都是有限的。实践证明,在实施井灌井排的同时,必须重视种植绿肥,增施有机肥料和化肥,合理地轮作倒茬,选种优良品种和防治病虫害等一系列农业措施。特别是种植绿肥和增施有机肥料,不仅可提高土壤的肥力,而且对防止土壤脱盐过程中的碱化现象有良好的效果,必须给以充分的重视。

## 下蜀黄土性冲积土上的苗木施肥试验

南京林产工业学院土壤教研组

我国自解放以来,随着林业生产的飞跃发展,森林苗圃已经普遍使用肥料,积累了比较丰富的林木施肥经验。但是,在农业化学领域中,苗木施肥毕竟还是一个比较新的课题,还需要做更多的试验研究工作。目前,我国各地的森林场圃、科研单位和林业院校,已经开展了群众性的科研工作。在这方面,我们也做了一些试验和分析,试图探讨南京地区下蜀黄土性冲积土上苗木施肥的一些基本原理。

我们进行试验的材料是枫杨(*Pterocarya stenoptera*)和马尾松(*Pinus massoniana*)的实生苗,因为一方面它们是南京地区的速生用材树种,另一方面它们分别属于夏绿阔叶树和针叶树类型,可以代表苗木的一般情况。田间试验是在1960—1965年进行的,采用多次重复随机区组排列。1965年还进行了盆钵土培试验。施用的肥料是硫酸铵、过磷酸钙和硫酸钾。主要试验数据以Fisher变量分析法来统计<sup>[1]</sup>。同时,也做了一些土壤和植物样品的分析。

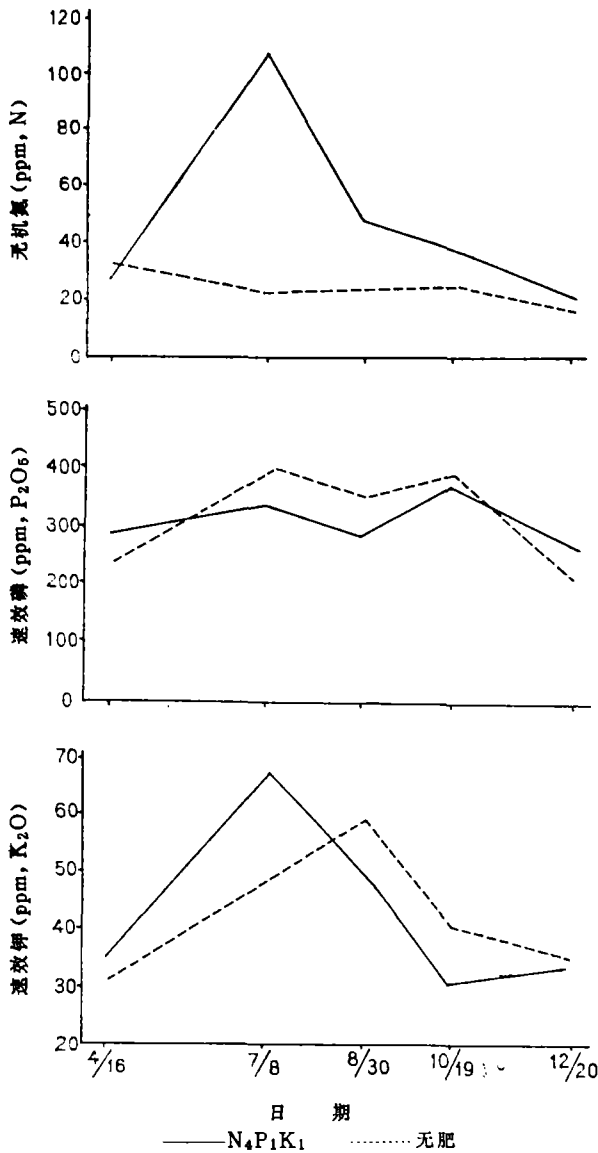
## 一、试验地的土壤条件

试验地设置在南京林学院苗圃，土壤为下蜀黄土性冲积土，即黄马肝土，呈浅棕灰至灰棕色，重壤质，心土有赤锈斑，夏季在60厘米左右有滞水层，基本理化性质见表1。土壤中的速效养分状况见图。从苗木对肥料三要素的反应以及施肥对土壤速效养分水平的影响来看，可以认为，这种土壤的氮素水平偏低，而磷、钾水平则属中上等。

## 二、苗木对矿质营养元素的需求

严格地说，根据植物分析来计算所谓吸收量或需肥量，是不能真实反映苗木对矿质养分的需求情况的，因为它忽略了苗木吸收养分的季节动态和昼夜变化。然而，在进行相互比较时，这种数据也还有一定的参考价值。我们曾以生长良好的苗木为对象，取高生长基本停止时期的植株（全株，根、茎、叶分别称重和分析），作为分析样品，从其中的N、 $P_2O_5$ 、 $K_2O$ 含量计算出苗木对矿质养分的吸收量（表2）。

根据植物分析并结合每亩干物质重量来计算，枫杨因为生长量较大，吸收的氮、钾量比马尾松多，但马尾松吸收的磷量却比枫杨多。同时，因为枫杨出圃时已经落叶，而马尾松则带着针叶出圃，所以，就每年自圃地上移走



枫杨苗床中土壤速效养分的季节动态变化图

注1.  $N_4P_1K_1$  指  $N_{20}$ 、 $P_2O_5$  5、 $K_2O$  5斤/亩。以  $1/5N$  及全部  $P$ 、 $K$  作基肥，于3月1日施入；以  $4/5N$  作追肥，于6月4日、7月2日两次施入。

注2. 速效磷用  $0.1N NaOH$  和  $HCl$  提取，速效钾用  $10\% NaNO_3$  提取，无机氮包括硝态和铵态氮。

表1 试验地代表剖面的基本理化性质

深度 (厘米)	pH		代换性盐基总量 (毫克当量/100克土)	活性有机质 (%)	全氮量 (%)	C/N	容重	质地
	( $H_2O$ )	( $KCl$ )						
0—15	6.5	5.5	21.1	1.74	0.085	11.9	1.26	重壤土
15—40	6.5	5.2	22.2	0.96	0.056	10.0	1.39	重壤土

注：分析方法参照土壤通报 1965(2)。

表2 苗木对矿质养分的吸收量

种 类	苗 木 状 况				吸 收 量 (斤/亩)			吸 收 比 例 N:P:K
	生长状况	平均株高 (厘米)	平均株重 (干重,克)	每亩株数	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	
一年生枫杨苗	良好	107.4	50.7	15,300	30.7	6.6	8.3	4.6:1:1.3
一年生马尾松苗	良好	11.6	1.43	300,000	13.2	7.8	6.4	1.7:1:0.8

注：干重指 105°C 烘干之样品重量，下同。

的养分而言,虽则枫杨消耗的氮仍略多一些(枫杨苗:16.1斤/亩;马尾松苗:13.2斤/亩),但消耗磷、钾的量反不如马尾松多(枫杨苗:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 5.6斤/亩, K<sub>2</sub>O 5.2 斤/亩; 马尾松苗:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>7.8斤/亩,K<sub>2</sub>O 6.4斤/亩)。

从以上结果可见,苗木吸收与移走的矿质养分并不比农作物少,它们对氮的需求甚至比农作物还高,但对磷、钾的需求则略低于农作物。这样看来,苗木施肥与农作物施肥有着同样重要的意义。因为苗木以营养生长为主,而圃地土壤中氮的含量又常偏低,所以氮肥更占有特殊地位。

### 三、苗木吸收养分的季节动态

苗木吸收矿质养分的情况因季节而不同。我们在试验地中对一年生枫杨苗所作观测和分析表明(1960年),随着苗木的成长,它体内的矿质养分相对含量(%)都有减少的趋势。但是,就苗木吸收各种元素的绝对量而言,除叶片中的磷、钾例外,都有随着苗木成长而增加的倾向(表3)。这是因为,在一年生枫杨苗生长的前期,矿质营养元素累积的速度比干物质累积的速度大,而后期则反之。计算表明,一年生枫杨苗对氮和磷的吸收量,以生长季节的中、后期(7—10月)为最多(相对吸收量占80%),而对钾的吸收量,则在生长季节的前期(4—6月)与中、后期(7—10月)几乎相等,各占一半左右。根据上述分析结果来看,在苗圃施肥措施中,应实行分次施肥,除施基肥外,追肥也应占有重要地位。这与南京地区森林场圃苗木生产的经验是一致的。

表3 一年生枫杨苗体内矿质营养元素含量

采 样 日 期	苗 高 (厘米)	部 位	含 量 (%)			累 积 量 (毫克/株)		
			N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
1960.7.1.	27	叶	2.47	0.52	0.84	67,999	14,316	23,125
		茎	0.85	0.61	1.07	6,316	4,532	7,913
		根	0.43	0.69	1.34	3,990	6,403	12,389
		合 计				78,305	24,951	43,427
1960.10.10.	90	叶	2.29	0.05	0.11	394,956	8,624	18,972
		茎	0.52	0.45	0.35	73,502	63,608	48,765
		根	0.44	0.52	0.28	45,760	54,080	29,120
		合 计				514,218	126,312	96,857

注：累积量根据表内含量(%)数据及单株各部位平均烘干重计算。

此外,对一年生枫杨苗的植物分析结果也表明,苗木所吸收的氮、磷、钾的比例关系,在生长季节的不同时期有变化,在6月30日之前枫杨苗体内 $N:P_2O_5:K_2O$ 的比例为3.1:1:1.8,而7月初到10月上旬期间的比例为4.1:1:0.8。因此,在分次使用肥料时,各次施肥配合比例应有所不同。

#### 四、矿质肥料对苗木个体生长的效应

上文是从土壤条件和苗木的需求来探讨施肥的理论根据。然而,苗木对肥料的反应怎样,这个问题要通过试验来解决。为此,我们布置了氮、磷、钾三要素肥效的田间试验(1960年对枫杨)和盆钵土培试验(1965年对马尾松),采用8项处理,根据观测数据进行F值测验,结果如表4所示。从表4看来,无论是枫杨或马尾松苗,对单施氮肥都有生长反应,而氮、磷、钾全肥同时具有单独效应和相互作用效应,效果最好。但是,马尾松苗对单施磷肥有反应,而枫杨苗则否,这是苗木细小的针叶树种同苗木粗大的阔叶树种对肥料要素要求有所不同之点。此外,枫杨和马尾松对单施钾肥都没有生长反应。

表4 肥料三要素对苗木生长效应的显著性测验

效 应	元 素	效 应 的 显 著 性					
		一 年 生 枫 杨 苗			一 年 生 马 尾 松 苗		
		株 高	基 径	茎 部 鲜 重	株 高	基 径	全 株 干 重
主 效 应	N	×	**	**	**	**	**
	P	×	×	×	**	*	**
	K	×	×	×	×	×	×
一 级 相 互 作 用 效 应	NP	×	×	×	×	×	×
	NK	×	×	×	×	×	×
	PK	×	×	*	×	×	×
二 级 相 互 作 用 效 应	NPK	**	*	**	×	×	**

注: 1. \* 表示  $P \leq 0.05$  作用效果显著, \*\* 表示  $P \leq 0.01$  作用效果显著; × 表示作用效应不显著。

2. 枫杨苗指1960年的田间试验,重复3次;马尾松指1965年的盆钵土培试验,重复5次。

3. 枫杨苗床施肥量为  $N_{15}$ 、 $P_2O_5$  7.5、 $K_2O$  7.5 斤/亩;马尾松苗施肥量为  $N$ 、 $P_2O_5$ 、 $K_2O$  各 2.75 克/盆,每盆土重 30 斤。

我们又先后对这两种苗木进行了肥料要素配合比例的田间试验(枫杨:1962年;马尾松:1965年),观测结果见表5,6。结果表明,无论是阔叶树或针叶树苗,均以氮素适当占优势的比例为佳。这与苗木需肥量以氮为多,以及试验地土壤含氮量较低的情况是一致的。但是,枫杨和马尾松苗所要求的三要素比例是有差别的,结合下文关于苗木品质问题来考虑,枫杨苗施肥比例中氮可以更多一些,可以是大于或等于4:1:1;马尾松苗施肥比例则以3:1:1为最合适。这种情况同植物分析所表现的趋势以及营养元素效应的试验结果也是一致的。

表5 不同肥料要素配合比例对一年生枫杨苗生长的影响

处 理	株 高		基 径		中 径	
	厘 米	%	厘 米	%	厘 米	%
对 照	114	100.0	1.70	100.0	0.87	100.0
N <sub>1</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	137	120.2	1.93	113.5	1.00	114.9
N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	134	117.5	1.88	110.6	0.97	111.5
N <sub>2</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	143	126.2	1.95	114.7	1.06	121.8
N <sub>4</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	156	136.8	2.01	118.2	1.13	129.9
最小显著差异(P≤0.05)	13		0.19		0.08	

注：1. N<sub>1</sub>P<sub>2</sub>K<sub>2</sub> 为 N6、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>12、K<sub>2</sub>O12 斤/亩；N<sub>1</sub>P<sub>1</sub>K<sub>1</sub> 为 N10、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>10、K<sub>2</sub>O10 斤/亩；N<sub>2</sub>P<sub>1</sub>K<sub>1</sub> 为 N15、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>7.5、K<sub>2</sub>O7.5 斤/亩；N<sub>4</sub>P<sub>1</sub>K<sub>1</sub> 为 N20、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>5、K<sub>2</sub>O5 斤/亩。重复4次。

2. 中径指各株苗木高度一半处之直径。

表6 肥料比例不同对一年生马尾松苗生长的影响

处 理	株 高	
	厘 米	%
对 照	7.7	100.0
N <sub>1</sub> P <sub>3</sub> K <sub>3</sub>	9.5	123.4
N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	10.1	131.2
N <sub>3</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	11.6	150.6
N <sub>6</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	10.8	140.3
N <sub>9</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	11.6	150.6
最小显著差异(P≤0.05)	2.5	

注：N<sub>1</sub>P<sub>3</sub>K<sub>3</sub> 为 N4.3、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>12.9、K<sub>2</sub>O12.9 斤/亩；N<sub>1</sub>P<sub>1</sub>K<sub>1</sub> 为 N10、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>10、K<sub>2</sub>O10 斤/亩；N<sub>3</sub>P<sub>1</sub>K<sub>1</sub> 为 N18、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>6、K<sub>2</sub>O6 斤/亩；N<sub>6</sub>P<sub>1</sub>K<sub>1</sub> 为 N22.5、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>3.75、K<sub>2</sub>O3.75 斤/亩；N<sub>9</sub>P<sub>1</sub>K<sub>1</sub> 为 N24.5、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>2.72、K<sub>2</sub>O2.72 斤/亩。重复3次。

## 五、矿质肥料对苗木吸收矿质养料的影响

施肥不但能增加苗木干物质重量，而且能够使它体内氮、磷、钾的含量增高。因此，苗木的需肥量不是一个恒定的数值，它与施肥水平有密切关系，但是吸收三要素的比例却是比较一致的。例如，对照区枫杨苗的吸收量为 N15.7、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>3.9、K<sub>2</sub>O3.0 斤/亩；而 N<sub>2</sub>P<sub>1</sub>K<sub>1</sub> 施肥区枫杨苗的吸收量则为 N30.7、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>6.6、K<sub>2</sub>O8.3 斤/亩。二者差额很大，但其吸收三要素的比例却大体都在4:1:1左右。

马尾松盆钵土培试验和化学分析结果表明(表7)，单施一种元素对各该元素在松针内的含量略有影响，但效应不大，而二个元素或三个元素的联合作用可使松针中氮、磷的含量增高(尤其是磷)，但却使K的含量降低，后一结果与枫杨苗木的情况有所不同。

表7 不同肥料处理对一年生马尾松针叶中矿质养分含量的影响

处 理	针 叶 内 矿 质 养 分 含 量 (%)		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
对 照	1.88	0.44	1.22
N	2.00	0.55	1.19
P	1.79	0.44	1.27
K	1.28	0.64	1.38
NP	1.65	0.76	0.94
NK	2.30	0.71	0.77
PK	2.24	0.69	0.86
NPK	2.05	0.87	0.93

注：1. 施肥量为 N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>O 各 2.75 克/盆，每盆土重 30 斤。

2. 1965 年 11 月 4 日采样。

## 六、矿质肥料对苗木品质的影响

施肥对苗木质量的影响问题，过去曾经有过很大的争论。曾经有人认为，苗圃施肥会使苗木过嫩，不能适应造林地比较差的环境条件。然而，近年来国内外许多苗圃施肥的经验表明，合理施肥的苗木，造林成活率较高。在这方面，我们也做了一些试验。我们曾以 N<sub>4</sub>P<sub>1</sub>K<sub>1</sub> 处理的一年生枫杨苗，同无肥处理的同样苗木比较，发现无肥处理的苗木在移栽后易于枯梢，枯梢百分率为 10—40%；而 N<sub>4</sub>P<sub>1</sub>K<sub>1</sub> 处理者无枯梢现象。同时，N<sub>4</sub>P<sub>1</sub>K<sub>1</sub> 处理的苗木，定植 43 天以后新生根点数为 51—64 个，而无肥处理者新生根点数仅 1—32 个。苗木的生理试验结果也表明，N<sub>4</sub>P<sub>1</sub>K<sub>1</sub> 处理的苗木，次年生长初期所表现的抗旱性（以叶片相对持水力表示）和抗寒性（以叶片的渗透压表示）均较未施肥者为佳（表 8）。此外，上述苗木在次年春季移入净水中培养（不加任何养分）的结果也表明，N<sub>4</sub>P<sub>1</sub>K<sub>1</sub> 处理苗木耐养分贫乏的能力较无肥处理者为大，以无肥处理的结果为 100% 计算，则 N<sub>4</sub>P<sub>1</sub>K<sub>1</sub> 处理的苗木，在 66 天以内新生叶鲜重量为无肥处理苗木的 381%，新生根鲜重为 280%。对于阔叶树苗来说，这些指标已足以说明问题<sup>[2]</sup>。可以认为，以氮为主，N<sub>4</sub>P<sub>1</sub>K<sub>1</sub> 的肥料处理，不是降低了而是提高了苗木的品质和成活率。

表 8 不同处理一年生枫杨苗的抗性指标

处 理	叶 片 相 对 持 水 力 (%)		叶 片 渗 透 压 (大 气 压)
	24 小 时	48 小 时	
无 肥	55.2	16.6	3.6
N <sub>4</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	57.4	25.1	10.2

注：1. 每处理各取 10 个样品，混合取样测定。1964 年 4 月 14 日取样测定。

2. 叶片相对持水力为 100—失重%；叶片渗透压用冰点下降法测定。

对于针叶树苗来说，情况与阔叶树苗基本相似，但也略有不同。以一年生马尾松苗为例，它的重要质量指标除了植株的大小以外，就是冠/根比、植株结顶百分率（有顶芽）和冻害百分率<sup>[2]</sup>。我们在 1965 年做的盆栽试验表明，单施氮、磷或钾以及磷钾或氮磷钾处理，都能使苗木冠/根比缩小，有利于定植后减少蒸腾和加强吸收的作用；但是，氮磷、氮钾处

理则使冠/根比加大,造成不良后果(表9)。结合植株的大小来考虑,则单施氮、磷或者使用磷钾或氮磷钾处理,都能保证苗木有适当的冠/根比;但是施用氮磷或氮钾的处理,就会造成苗木“头重脚轻”的有害情况。同年田间试验的结果表明(表10), $N_3P_1K_1$ 处理苗木结顶的百分率最高(几乎比对照区高1倍),而冻害百分率最低(仅为对照区的28%)。但

表9 不同矿质营养元素对一年生马尾松苗冠/根比的影响

处 理	平均单株干物质重量(克)	冠 / 根 比
无 肥	1,524	1,85
N	3,231	1,04
P	2,250	1,43
K	1,232	0,97
NP	2,712	2,34
NK	2,574	2,36
PK	2,495	0,95
NPK	4,495	0,90

注:1965年盆栽试验结果,每盆8株。12月1日取样,每处理选取相当于株高平均值者一盆,将植株全部洗出,105°C烘干,根、茎、叶分别称重。“冠”指茎加叶。

表10 施肥比例不同对一年生马尾松苗品质的影响

处 理	植株结顶百分率(%)	冻害植株百分率(%)
无 肥	34	9.7
$N_1P_3K_3$	51	1.7
$N_1P_1K_1$	54	2.7
$N_3P_1K_1$	61	2.7
$N_6P_1K_1$	40	5.3
$N_9P_1K_1$	43	11.0

注:每小区取1平方米全部植株计算,三个区组取平均值,1965年12月6日观测。

是,当氮所占比例过高时( $N_6P_1K_1$ 和 $N_9P_1K_1$ ),结顶率又下降而冻害率上升,结果甚至比对照处理还差。这是因为过量的氮肥导致苗木后期徒长之故。所以,总的说来,对马尾松苗合理施用以氮为主的肥料,仍然是提高苗木质量的重要措施,但是如果氮的比例相当于或超过了磷、钾的6倍时,就适得其反。这就是马尾松苗同枫杨苗表现不同的地方。

毛主席教导说:“一切结论产生于调查情况的末尾,而不是在它的先头。”从上述试验和分析结果来看, $N_4P_1K_1$ 处理对于一年生枫杨苗,以及 $N_3P_1K_1$ 处理对于一年生马尾松苗来说,既能提高苗木产量,又能改善苗木品质,都是较为合适的施肥比例。在南京附近各森林场圃生产中,以氮为主、磷钾适当配合的施肥方式,是培育壮苗和提高合格苗产量的合理措施。过去某些林业教材中过分强调磷钾肥的重要性和夸大氮肥对苗木品质的不良影响,并不完全符合南京地区林业生产的实际情况。

### 参 考 文 献

- [1] 范福仁, 田间试验技术, 江苏人民出版社, 109—174, 1962。
- [2] Stoeckeler, J. H. et al., *Advances in Agronomy*, 12, 127—196, 1960。