

中国测土施肥工作的进展和展望

陆允甫 吕晓男

(浙江省农业科学院, 310021)

摘 要

近十多年来,我国在测土施肥方面的研究取得迅速发展,并已大面积推广应用。本文着重对土壤有效养分测定,分析结果的解释,以及确定施肥量的方法作了综合评述。同时对测土施肥工作存在的问题和今后的发展也进行了讨论。

关键词 测土施肥,有效养分,肥力指标

“测土施肥”的全称为“土壤测定与推荐施肥”(Soil Testing and Fertilizer Recommendation),测土施肥的目的在于测定土壤有效养分含量,并以此为出发点在产前确定一个与产量相适应并能进行经济评价的施肥量^[1]。其优点是,当肥力指标与施肥参数一旦经过田间试验校验之后,就可长期在这一土类中应用^[2]。具有简易、快速、价廉的特点,并可服务到每一地块,起到了配方施肥中的微观指导功能^[3]。80年代以来,我国测土施肥工作迅速发展,成为配方施肥中的主要方法。对其优缺点及其功能的评述,已见多篇文章^[1,3,5,6]。本文拟对我国在有效养分的提取和测定,分析结果的校验和解释以及确定施肥量的方法进行评述。

一、有效养分的提取测定

(一) 氮

氮素通常是作物产量的最大限制因素。约 97—99% 的土壤氮存在于复杂的有机物质中,从有机储藏中释放出的氮量只占土壤总氮量的 2—3%/年。速效氮的主要形式硝态氮容易淋洗,或硝酸还原作用而损失。土壤供氮能力由于受诸多因子影响,因而迄今尚没有一种被普遍接受的速效氮测定方法。朱兆良综合国内研究指出:从田间试验看,无论是培养法或化学法的氮素测定值与土壤供氮量相关性大多不显著^[10]。目前国内应用较多的有碱解法和还原碱解法。朱兆良(1962)提出土壤碱水解氮法^[11]。周鸣铮等(1976)发表了碱解扩散法,其结果与水稻土氮肥力的几个参比标准高度相关^[7]。李酉开和周祖澄等(1982)分别对还原碱解法作了系统研究,提出了适用于北方旱地土壤还原碱解法^[2,12]。碱解扩散法在黑龙江、辽宁、吉林、甘肃、北京、四川、内蒙古、浙江、福建、广西等地广泛应用^[2,14,20,22,25]。

(二) 磷

表 1 是从 60 年代起到 90 年代初国内有关有效磷提取方法的主要研究结果。大量研

表 1 我国不同土类上适用的有效磷提取方法

Table 1 Methods suitable for extracting available P in the different soil types of China

发表年份 Year	提出者 Author	省(市、区) Province	土壤类型 Soil type	作物 Crop	提取剂(土:液) Extractant	文献编号 (刊名、期号) Reference No.
1963	黎辉耀	陕西	石灰性土壤	小麦、玉米	Olsen	土壤学报, 2 期
1965	周鸣铮	浙江	水稻土	水稻	Al-Abbas, Olsen	[2]
1979	史陶钧	浙江	酸性水稻土	水稻	Olsen	土壤学报, 4 期
1982	傅绍清等	四川	紫色土、冲积土 黄泥土	小麦	Olsen, Al-Abbas Bray II	土壤学报, 3 期
1983	林忠焱等	广东	水稻土 菜园土	水稻 蔬菜	Olsen, Al-Abbas 0.1 mol/L HCl	华南农学院学报, 1 期
1983	张清泉等	吉林	黑土、淡黑钙土	小麦	Bray I(1:10) Bray I(1:50)	[9]
1983	刘雄德	湖北	水稻土	水稻	Al-Abbas, Olsen	土壤通报, 1 期
1984	张宽等	吉林	黑土	玉米	Olsen	[28]
1985	谢利昌等	广东	水稻土	水稻	Olsen, Al-Abbas	华南农业大学学报, 2 期
1985	高炳德	内蒙	灌区土壤	小麦	Olsen	[24]
1985	王纪泽等	内蒙	栗钙土、黄土	谷子	Olsen, Al-Abbas	土壤通报, 4 期
1986	朱仲麟等	四川	黄壤性水稻土	小麦 水稻	Olsen Olsen	土壤学报, 4 期
1986	周清湘等	广西	水稻土 红壤	水稻	Olsen, Al-Abbas Bray I, Mehlich III	广西农业科学, 1 期
1986	张士昌	辽宁	棕壤、草甸土	玉米	Bray I(1:50)	[14]
1987	陆允甫等	浙江	红壤旱地	玉米	Bray I, Mehlich I, III	[8]
1987	刘成祥等	吉林	草甸土	玉米	Olsen	土壤通报, 1 期
1988	张桂兰等	河南	砂姜黑土	小麦	Olsen	[21]
1989	邵煜庭等	甘肃	灌漠土	小麦	Olsen, NH ₄ HCO ₃ ,- DTPA, MIII	*
1989	吴德意等	四川	发育于紫色土水稻土	水稻	Olsen	土壤通报, 5 期
1989	黄德明等	北京	潮土	玉米	Olsen	[22]
1991	陆允甫等	浙江	红壤性水稻土	大麦	Na ₂ -EDTA, MIII, Olsen	[23]
1991	何文寿	宁夏	灌淤土	小麦	Olsen	土壤通报, 4 期
1991	李贵华	新疆	灰漠土	小麦	Olsen	中国农业科学, 6 期
1992	郑义等	河南	潮土、褐土、水稻土	小麦	Olsen	土壤, 3 期
1992	李庆民等	黑龙江	白浆土	小麦	Olsen	[25]

* «国际平衡施肥学术讨论会论文集», pp. 76-82.

究资料表明: 采用 Olsen 法、Bray I 法和 Mehlich (I, III 号)法等三种提取剂,可基本满足全国不同土壤类型测定有效磷的需要。

(1) Olsen 法: $0.5 \text{ mol/L NaHCO}_3$, pH 8.5 (Olsen 等, 1954)。该提取剂广泛应用于有较高盐基饱和度的高阳离子交换量土壤,碱性或者有大量游离 CaCO_3 的土壤。从表 1 看出,我国新疆、甘肃、陕西、宁夏等西北地区以及东北三省、内蒙、河北、河南、四川等省大部分土壤 Olsen 法均行之有效。水稻土因长期间歇淹水,其有效磷形态转变为 Fe-P 为主。碱性提取剂能提取 Fe-P。对冲积平原上接近中性反应的老水稻土,以 Olsen 法和 Al-Abbas 法 ($0.25 \text{ mol/L Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ — 0.3 mol/L NaOH) 为最好。我国南方地区酸性水稻土,开辟水田历史较短,它仍受母质性质的影响很深,适宜用 Bray I 法等酸性提取剂^[2,13]。

(2) Bray I 法: $0.03 \text{ mol/L NH}_4\text{F} + 0.025 \text{ mol/L HCl}$, 土:液比 2:20 (Bray 与 Kurtz, 1945)。该提取剂适用于土壤阳离子交换量低到中等的土壤。我国地处暖温带酸性土壤,包括浙江丘陵红壤区到广西红壤,四川的黄壤,中部沿海的棕壤,甚至如东北的黑土等均适用此法^[2,13]。如果将土液比放宽到 1:50,那么这一方法也适用于石灰性土壤^[39],可在弱石灰性土壤与酸性土壤交错分布地区推广应用^[4]。吉林的淡黑钙土、辽宁的棕壤、草甸土应用 1:50 提取获得良好的结果^[9,14]。

(3) Mehlich I 和 III 法(简称 MI, MIII 法)。MI 法为 0.05 mol/L HCl — $0.0125 \text{ mol/L H}_2\text{SO}_4$, 又称双酸法 (Mehlich, 1953)。1984 年提出的 MIII 法为 $0.015 \text{ mol/L NH}_4\text{F} + 0.25 \text{ mol/L NH}_4\text{NO}_3 + 0.2 \text{ mol/L CH}_3\text{COOH} + 0.013 \text{ mol/L HNO}_3 + 0.001 \text{ mol/L EDTA}$ 。MI 法适用于高度风化的低阳离子交换量土壤,它广泛应用于美国东南方诸州^[39]。在浙江和广西的红壤上有很好的提取效果^[2,8]。我国热带、亚热带酸性较强的砖红壤、赤红壤发育的耕地土壤,应以该法为主^[4]。MIII 法是一种联合提取剂和通用型提取剂^[40]。

(三) 钾

土壤有效钾提取方法大致有二类:即土壤交换性钾测定和包括部分对作物有效的非交换性在内的土壤钾测定。以 1 mol/L 中性 NH_4OAc 提取测定交换性钾,其结果的可靠性已为许多研究报告所证实。对于吸钾能力强的稻、麦等谷类作物,仅以土壤有效钾含量尚不能作为施用钾肥的指标^[1]。谢建昌(1983)提出用缓效钾指标更能说明不同土壤类型中钾贮量的差异^[15]。杨鉴昉等用硝酸溶钾作为土壤供钾能力指标^[16]。鲍士旦等(1983)发表了 0.2 mol/L 冷 HNO_3 提取法^[2]。谢利昌(1985)用 3 mol/L 冷 H_2SO_4 静置 30 分钟提取土壤钾,在广东水稻土供钾研究有良好结果^[17]。80 年代国内应用电超滤(EUF-K)评价土壤供钾状况研究取得进展^[2]。

(四) 联合提取剂与通用提取剂

Bray I 法是酸性、中性土壤 P、K、Mg 的联合提取剂。Mehlich I 法可用于酸性土壤 P、K、Mg、Zn、Mn 等联合提取^[39]。谢利昌(1985)用 Olsen 法等四种有效磷提取剂研究 P、K 联合提取^[17]。陆允甫(1986)在红壤旱地土壤上用 8 种有效磷提取剂进行 P、K 联合提取,均获得十分满意的结果^[18]。MIII 法是目前国内外公认的联合提取剂和通用提取剂,可通用于酸性直至石灰性土壤,同时可提取 9 种有效养分^[13,40]。段秀泰(1982)用世

界各地不同性质的 100 个土样,以 MIII 法、Olsen 法和 Bray I 法比较研究,发现 pH 值低的土壤 MIII-P 与 Bray I-P 高度相关;而石灰性土壤则 MIII-P 与 Olsen-P 显著相关^[19]。国内已证实 MIII 法适用于石灰性土壤 P、K、B、Mo、Zn、Cu、Mn 等联合提取^[1],也适用于红壤旱地 P、K 联合提取^[18]。

二、分析结果的校验与解释

土壤测定的基本原理是某一土测值在大多数情况下都能被看成是与特定作物百分产量反应有联系的自变量^[41]。使土测值在生产上作出有实际意义的解释,应将下列田间试验中有关产量或派生出来的变量与土测值进行相关分析及肥力指标校验^[42]:

- (1) y_0 ——不施被研究养分处理的产量
- (2) 相对产量(百分产量) = $(y_0/y_{max}) \times 100$
 y_{max} 为满足所有养分的标准处理产量
- (3) 相对增产 = $[(y_{max} - y_0)/y_{max}] \times 100$
- (4) 绝对增产: $\Delta y_1 = y_1 - y_0, \Delta y_2 = y_2 - y_0 \dots \dots \Delta y_{max} = y_{max} - y_0$

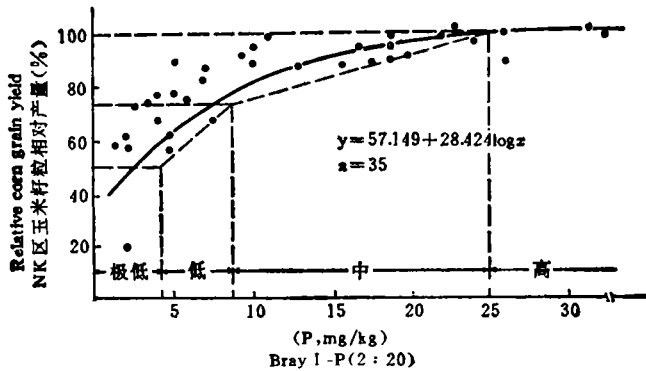


图 1 土壤有效磷测定值与无磷区玉米籽粒相对产量的关系

Fig. 1 Relationship between Bray I-P and the relative corn grain yields in NK treatment

在相关研究中除了氮素研究可用绝对产量 (y_0) 外,一般都用相对产量作为反应变量。国内普遍采用在绘制土测值与相对产量点阵图基础上,用数学模型拟合,并根据与相对产量相对应的土测值划分肥力等级^[8,14,20-22,24]。图 1 是常用校验方法之一^[8]。图中虚线是用来推荐施肥的等级基础,二条曲线的不一致性表明磷肥推荐量略高于实际需要量。使得在这一推荐施肥系统里有一个保险系数^[39]。但这种划分方法带有随意性和主观性之弊端。因此提出了以“临界值”与“足够水平值”为依据把肥力分成三个等级的新方法^[23],并用单向方差分析法确定“临界值”^[38]。表 2—4 是各地主要土类土壤肥力等级划分标准。

1) 刘肃等, 1991: Mehlich III 浸提剂——有前途的土壤通用浸提剂。《中国土壤学会第七次全国会员代表大会暨 1991 年学术年会论文摘要集》, 229—230 页。

表 2 土壤有效磷肥力指标 (mg/kg)
Table 2 The fertility indexes of available P in soils

省(市、区) Province	土壤类型 Soil type	作物 Crop	提取剂 Extractant	肥力指标 Fertility index					文献编号 (刊名,年,期号) Reference No.
				极低 Very low	低 Low	中 Medium	高 High	极高 Very high	
吉林	黑土	玉米	Olsen-P	<3	3-7	7-19	19-23	>23	[28]
吉林	白浆土	玉米	Olsen-P	<5	5-15	16-25	26-50	>50	[32]
吉林	草甸土	玉米	Olsen-P	<1	1-6	6-20	>20	>56	土壤通报, 87年1期
辽宁	棕壤、草甸土	玉米	Bray I(1:50)-P	<5	<15	15-30	30-56	>40	[14]
内蒙	中西平原灌区	小麦	Olsen-P	<5	5-10	10-20	20-40	>19	[24]
内蒙	栗钙土 黄土	谷子	Olsen-P	<2.4	2.4-5.4	5.4-19	>19	>9.5	土壤通报, 85年4期
甘肃	平凉地区	小麦	Olsen-P	<3.6	<3.6	3.6-9.5	>9.5	>9.5	[20]
甘肃	灌漠土	小麦	Olsen-P	<2	2-5	6-12	>12	>12	*P. 76-82
甘肃	灌漠土	小麦	NH ₄ HCO ₃ -DTPA-P MIII-P	<1	1-3	4-7	>7	>7	
甘肃	灌漠土	小麦	MIII-P	<7	7-14	15-31	>31	>31	
宁夏	潮涂土	小麦	Olsen-P	<3.9	3.9-7.9	7.9-13.2	13.2-15.6	>15.6	土壤通报, 91年4期
北京	潮土	小麦	Olsen-P ₂ O ₅	<5	5-15	16-30	31-50	>50	华北农学报, 86年1期
北京	潮土	玉米	Olsen-P ₂ O ₅	<5	5-10	11-15	16-30	>30	[22]
河南	砂姜黑土	小麦	Olsen-P ₂ O ₅	<3	3-8	8-18	18-25	>25	[21]
河南	潮土	小麦	Olsen-P ₂ O ₅	<8	8-23	8-23	>23	>23	土壤, 92年3期
河南	褐土	小麦	Olsen-P ₂ O ₅	<7	7-32	7-32	>32	>32	
河南	水稻土	水稻	Olsen-P ₂ O ₅	<10	10-26	10-26	>26	>26	
四川	紫色土	水稻	Olsen-P ₂ O ₅	<6	6-9	9-12	>12	>12	*P. 270-276
浙江	水稻土	水稻	Olsen-P	<5	5-10	10-20	20-30	>30	[31]
浙江	红壤旱地	玉米	Bray I-P MIII-P	<4	4-8	8-25	>25	>25	[8]
浙江	红壤旱地	玉米	MIII-P	<6	6-10	10-30	>30	>30	
浙江	红壤性水稻土	大麦	Na ₂ -EDTA-P	<6	6-13	13-30	>30	>30	[23]
浙江	红壤性水稻土	大麦	MIII-P	<6	6-17	17-45	>45	>45	
浙江	红壤性水稻土	大麦	Olsen-P	<5	5-10	10-20	>20	>20	
广西	水稻土	水稻	Olsen-P	<2	2-5	6-11	>11	>11	广西农业科学, 86年1期

* «国际平衡施肥学术讨论论文集», 1989, 农业出版社。

表 3 土壤有效钾肥
Table 3 The fertility

省(市、区) Province	土壤类型 Soil type	作物 Crop	提取剂 Extractant
辽 宁	棕壤、草甸土	玉 米	mol/LNH ₄ OAc-K
陕 西	白 垆 土	水 稻 小 麦	硝酸溶钾 (K)
北 京	潮 土	玉 米	mol/L NH ₄ OAc-K ₂ O
北 京	潮 土	小 麦	mol/L NH ₄ OAc-K ₂ O
四 川	老冲积黄筋泥	小 麦	mol/L NH ₄ OAc-K
四 川	紫色土	水 稻	mol/L NH ₄ OAc-K ₂ O
浙 江	水稻土	水 稻	mol/L NH ₄ OAc-K
浙 江	红壤旱地	玉 米	mol/L NH ₄ OAc-K
湖 南	水稻土	水 稻	mol/L NH ₄ OAc-K
广 西	水稻土	水 稻	mol/L NH ₄ OAc-K

* «国际平衡施肥学术讨论会论文集»。

从表中可见,各地指标数据不甚一致,虽是同一方法同一作物其差异也较大。这是因为各大类土壤在性质、水文、气候等条件均相差甚远,导致基本肥力大不相同之故。

表 4 土壤有效氮肥力指标 (mg/kg)
Table 4 The fertility indexes of available N in soil

省(市、区) Province	土壤类型 Soil type	作物 Crop	碱解氮肥力指标 Fertility index of alkali-hydrolyzable N					文献编号 (刊名、年、期号) Reference No.
			极 低 Very low	低 Low	中 Medium	高 High	极 高 Very high	
辽 宁	棕壤、草甸土	玉米		<70	70—120	120—240	>240	[14]
北 京	潮 土	小麦	<60	60—80	81—130	131—160	>160	华北农学报,86年1期
北 京	潮 土	玉米	<30	31—90	91—160	161—280	>280	[22]
甘 肃	平凉地区	小麦		<62	62—180	>180		[20]
甘 肃	荒漠土	小麦	<45	45—74	74—116	>116		土壤通报,89年3期
四 川	紫色土	水稻	<60	60—90	90—120	>120		*p. 270—276
浙江杭州	水稻土	水稻	<100	100—175	175—280	>280		[2]
广 西	水稻土	水稻	<70	70—160	161—200	>200		广西农业科学,86年1期

* «国际平衡施肥学术讨论会论文集»。

Rousc (1971) 提出以相对产量与“肥力指标”的百分数来表示养分足够程度的复合划级法^[43]。Nelsen 和 Anderson (1977) 认为校验研究中使用百分产量仍有严重的局限性,并改用绝对增产 (Δy 或 Δy_{max}) 代替百分产量作为反应变量。其优点能从校验结果中直接对施肥作出经济上的解释。同时提出了将相关资料划分成三级模式的改进方差分析法^[42]。

力指标 (单位: mg/kg)

indexes of available K in soils

肥力指标 Fertility index					文献编号 (刊名、年、期号) Reference No.
极低 Very low	低 Low	中 Medium	高 High	极高 Very high	
	<40	40—110	110—230	>230	[14]
	<500 <450	500—650 450—600	650—800 600—750	>800 >750	中国农业科学, 87 年 4 期
<20	<60 20—40	60—100 41—100	>100 101—180	>180	[22] 华北农学报, 86 年 1 期
<40	40—60	60—80	80—120	>120	* p. 139—144
<50	50—75	75—100	>100		* p. 270—276
<30	30—60	60—100	100—150	>150	[31]
<40	40—80	80—180	>180		[18]
<30	30—59	60—99	100—150	>150	土壤, 85 年 2 期
<30	30—60	61—105	>105		广西农业科学, 86 年 1 期

三、确定施肥量的方法

经过校验的某种养分土测值就能指出该养分在土壤中缺乏程度。然而, 要确定施用多少肥料才能纠正养分缺乏现象, 需要通过土测值与施肥量之间进行校正。

(一) 土壤肥力指标法

早期土壤肥力指标法就把肥力和施肥量分为三级, 即“高”不需要施肥, “中”适量施肥, “低”大量施肥。目前有两种校正施肥量方法, 一种是在不同肥力等级田块上进行单因子或复因子肥料用量试验, 然后按肥力等级归纳类特征肥料校应方程并计算最佳施肥量^[20-22, 24]。表 5 为甘肃平凉地区多点磷肥试验按等级配置出磷肥效应函数和建议施肥量^[20]。另一种是根据多点肥料试验函数方程计算最佳施肥量, 与土测值建立数学模型, 即施肥方程。表 6 为各地区土壤有效磷与作物施磷量数学模型。根据施肥方程(图 2)^[23], 可以确定不同肥力等级的肥料用量范围。这种方法也最适合电子计算机工作。

表 5 甘肃平凉区冬小麦磷肥效应函数和建议施磷量^[21]

Table 5 P effect function and recommended P rate for winter wheat in pingliang region of Gansu

肥力指标 Fertility index	P(mg/kg)	磷肥效应函数 P effect function	最高施磷量 (P ₂ O ₅ , kg/亩) Highest P rate	最佳施磷量 (P ₂ O ₅ , kg/亩) Optimal P rate
低	<3.6	$y = 111.65 + 34.7x - 3.784x^2$	4.6	4.2
中	3.6—10	$y = 171.35 + 28.124x - 3.282x^2$	4.3	3.8

(二) 估产测土施肥法

估产测土施肥法原称“目标产量测土施肥法”^[24],也有叫“土壤有效养分系数法”^[17],是从传统的养分平衡施肥法发展而来的。我国的吉林、辽宁、黑龙江、浙江、河南、安徽、新疆

表 6 各地区土壤有效磷与作物最佳施磷量数学模型

Table 6 Mathematical models for the relationship between available soil P and optimal P rate

省(市、区) Province	土壤类型 Soil type	作物 Crop	提取剂 Extractant	施肥方程 Equation of fertilization	n	相关系数(r) Correlation coefficient	文献编号 (刊名、年、期号) Reference No.
黑龙江	白浆土	小麦	Olsen-P ₂ O ₅	$y = 5.361e^{-0.179x}$	20	-0.699**	[25]
吉林	黑土	玉米	Olsen-P	$y = 19.6259 - 4.5351 \ln x$	8	-0.904**	[28]
吉林	白浆土	玉米	Olsen-P	$y = 20.91 - 3.7713 \ln x$			[32]
内蒙	中、西部平原灌区	春小麦	Olsen-P	$y = 55.22 - 13.06 \ln x$	12	-0.861**	[24]
内蒙	兴安盟地区	谷子	Olsen-P	$y = 60.4129 - 14.4572 \ln x$	12	-0.895**	土壤通报,88年3期
内蒙	栗钙土、黄土	谷子	Olsen-P	$y = 43.3e^{-0.18x}$	10	-0.833**	土壤通报,85年4期
河南	砂姜黑土	小麦	Olsen-P ₂ O ₅	$y = 22.147 - 13.689 \log x$	7	-0.995**	[21]
河南	潮土	小麦	Olsen-P ₂ O ₅	$y = 9.375e^{-0.063x}$		-0.75**	土壤,92年3期
河南	褐土			$y = 8.958e^{-0.043x}$		-0.696**	
河南	水稻土			$y = 8.770e^{-0.067x}$		-0.793**	
浙江	红壤旱地	玉米	Bray I-P	$y = 21.014 - 8.787 \log x$	7	-0.948**	[29]
浙江	红壤性水稻土	大麦	Na ₂ -EDTA-P	$y = 14.256 - 6.998 \log x$	13	R ² = 0.80**	[23]

等省广泛应用。吉林省在 80 年代中期就根据该法完成了复盖全省玉米、水稻两种主要作物的各项参数研究。到 1985 年累计推广面积达 6800 万亩¹⁾。本法的基本原理由 Trog (1960) 首先提出,用算式表达为:

某肥料需要量

$$= \frac{\text{一季作物总量吸收量} - \text{土壤供应量}}{\text{肥料当季利用率}}$$

上式中土壤供应量的测算是先求得施该养分处理作物吸收量与土测值的比例常数,称“换算系数”来进行的。Trog 认为同一类土壤同一测定方法这一系数是常数^[26]。80年代国内对该方法进行系统研究,发现把换算系数看作是常数有严重缺陷。刘文通和张宽等(1984)分别在玉米试验中首先证实土测值与换算系数呈显著负相关^[27,28]。

而后在浙江红壤^[29]、辽宁的棕壤(1986)^[14]以及吉林的草甸土(1987)^[26]玉米试验均证实了上述结论。

确证土壤供应量与土测值呈对数曲线关系。“换算系数”是一个变量。同时还提出

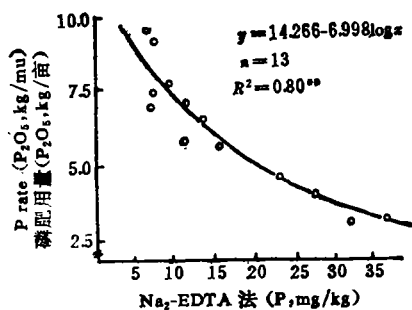


图 2 浙江红壤性水稻土有效磷测定值与大麦磷肥施用量关系

Fig. 2 Relationship between measured available P in paddy soils developed from red soils and P rate of barley in Zhejiang

1) 刘炜, 1987: 土壤诊断施肥技术研究。《中国土壤学会 1987 年学术年会论文摘要集》。183 页。

“以土定产”代替“目标产量”, 探明肥料当季利用率与土测值的负相关性及其数学模式^[29]。建立土测值与换算系数及肥料当季利用率的非线性回归式, 不但阐明两者关系, 而且使该方法得以大面积推广应用, 也便于计量施肥电算化。

(三) 推荐氮素用量的其他方法

鉴于目前用土壤测定来预测土壤供氮量尚存在着困难, 各地提出了许多行之有效的推荐氮肥用量方法。周鸣铮、王竺美(1982)研究了水稻基础产量与其相应最高产量之间存在统计学关系, 提出“以土定产”式。1985年根据最高产量与基础产量之差即为施肥构成的产量, 乘以作物单斤吸氮量除以肥料利用率为一季作物需氮量的构想提出水稻土“以产定氮”公式^[30]。胡之廉则转化为产量差减法定氮, 广泛应用于浙江水稻^[31]。地力等级法是按肥料试验中无肥区产量把基本地力分成四级, 然后按肥效方程推算氮肥施用量^[32]。陈伦寿等在肥料效应函数基础上提出“动态聚类”分类法, 并采用有机质、Olsen-P、全氮、碱解氮及基础地力等5个因素进行土壤生产力等级综合判断^[33]。李仁岗则借助正交多项式趋势系数与地力产量和土壤有效磷之间的回归关系, 建立综合肥料效应函数并依次确定最佳施肥量^[34]。朱兆良等提出一种既简便易行又具有一定准确性的“平均适宜施氮法”、从氮肥试验网中得出某水稻的平均适宜施氮量作为基本依据^[35]。黄继茂等(1983)在广东应用水稻氮调技术, 用测土和植株诊断的双向监测, 达到精确计量定氮目的^[3]。

四、对我国测土施肥工作的评述和展望

测土施肥在我国起步较晚, 但进展较快。首先对土壤测试是推荐施肥的基础工作应给予充分重视这一点达成共识^[4]。初步形成一支测土施肥技术力量。土壤测定和肥料效应函数之间互相渗透博采它法之长, 使基础研究日趋规范。基本明确了全国主要土类适宜的有效磷、钾提取方法及肥力指标。“土壤肥力指标法”简易实用已成为全国推广的主要方法。“估产测土施肥法”三大参数研究, 在理论上有所突破。各地提出的各种氮肥推荐方法, 因免除土壤测试这一环节而显示出广阔的应用前景。但从我国整个推荐施肥工作来看, 仍存在不少问题, 有待完善和提高, 主要有: (1) 缺乏一个全国性的协作网络来指导、协调和规范测土施肥工作; (2) 没有形成省—县—乡三级推荐施肥农化服务体系, 基础研究与推广应用脱节; (3) 由于土壤施肥类型区分不合理, 使研究资料和参数没有足够代表性, 准确性不高或参数不配套; (4) 局限于一季作物而缺乏整个轮作制进行长期的推荐施肥研究; (5) 缺乏有机肥和化肥相结合条件下推荐施肥方法研究; (6) 最终尚未形成具有一定权威性和规范化的作物施肥标准。

推荐施肥是一椿与农业生产共存的事业, 而决非兴旺一时的运动。为了进一步有组织、有成效地开展测土施肥工作, 土壤肥料界有识之士提出过许多有益建议^[4, 36, 37]。笔者认为主要应从以下几方面入手:

1. 建立全国测土施肥研究协作网, 也可以与原化肥网工作合二为一。先由对该项研究有基础的省(市、区)组成, 后逐步扩大。其功能是组织学术研讨, 交流经验, 指导并协调基础研究和全国性资料汇总。当前首先要对现行测土施肥技术进行评价并制订规范化标准。

2. 建立省、县、乡三级测土施肥农化服务体系。省级主要负责基础研究,拟订作物施肥标准以及地县级技术培训等;县级可以是一个机构二种职能,而乡级主要是面对农户开展咨询服务。

3. 重点建立县级土壤测试机构,保证氮、磷、钾、pH 等大量元素测定。有条件的可配备原子吸收光度计测定微量元素。除了负责测土施肥咨询工作外,可成为县一级化肥监测、地力监测和农产品质量分析的中心。

4. 测土施肥的研究和应用需促成教学、科研、生产三个部门的紧密协作。农化服务体系要改变产、销、用三足鼎立各自为政的局面。县、乡二级农化服务可与现配现混的配肥站相结合,形成产、销、用一条龙服务。

参 考 文 献

1. «全国推荐(配方)施肥学术讨论会»纪要。土壤,1990,第2期,57—59页。
2. 周鸣铮,1987: 中国的测土施肥。土壤通报,第18卷1期,7—13页。
3. 金耀青,1989: 配方施肥的方法及其功能——对我国配方施肥工作的评述。土壤通报,第20卷1期,46—49页。
4. 周鸣铮,1984: 测土施肥的科学基础。土壤通报,第15卷4期,156—160页。
5. 周鸣铮编著,1988: 土壤肥力测定与测土施肥。第3页,农业出版社。
6. 周鸣铮,1979: 土壤测定的相关研究与校验研究(一)、(二)、(三)。土壤通报,第1期,45—48页、第2期,43—47页、第3期,45—47页。
7. 周鸣铮等,1976: 土壤速效氮的测定方法。土壤,第5—6期,316—323页。
8. 陆允甫等,1987: 红壤旱耕地速效磷测定方法与指标的研究。土壤学报,第24卷4期,325—334页。
9. 张清泉等,1986: 黑土和淡黑钙土的有效磷测定方法的研究。土壤学报,第23卷3期,262—267页。
10. 朱兆良,1990: 土壤氮素有效性指标与土壤供氮量的预测。土壤,第22卷4期,177—180页。
11. 朱兆良,1962: 土壤氮素供应状况的研究。1. 土壤碱解时氮的释放速率作为预测植稻土壤氮素供应状况。土壤学报,第10卷1期,55—72页。
12. 金耀青编著,1989: 计量施肥。20页、42页,农业出版社出版。
13. 周鸣铮,1987: 土壤速效磷化学提取法的体系及其适用性。土壤学进展,第15卷6期,1—11页。
14. 张士昌等,1986: 玉米经济施肥的研究。土壤通报,第17卷1期,22—26页。
15. 谢建昌等,1983: 我国主要土壤供钾潜力的初步研究。《土壤养分、植物营养与合理施肥——中国土壤学会农业化学专业会议论文集》。农业出版社。
16. 杨鉴昉等,1987: 陕西省农业土壤钾肥肥效及钾素丰缺指标的研究。中国农业科学,第20卷4期,19—24页。
17. 谢利昌等,1985: 广东省主要水稻土有效磷、钾测定方法的研究。华南农业大学学报,第6卷2期,51—61页、4期,60—68页。
18. 陆允甫等,1986: 红壤旱地速效钾测定方法与指标的研究。浙江农业科学,第4期,162—166页。
19. 段秀泰,1984: 土壤速效磷三种测定方法的比较。江苏农业科学,第3期,35—37页。
20. 周广业等,1985: 用肥料田间试验与测土指标作为指导合理施肥的探讨。土壤通报,第16卷1期,38—41页。
21. 张桂兰等,1988: 麦田土壤供磷能力与磷肥经济施用的研究。土壤肥料,第5期,15—18页。
22. 黄德明等,1989: 京郊夏玉米测土施肥的研究。《国际平衡施肥学术讨论会论文集》。277—282页,农业出版社。
23. 陆允甫等,1991: 浙中丘陵大麦田磷素肥力状况及磷肥经济用量研究。土壤肥料,第5期,17—21页。
24. 高炳德,1985: 内蒙平原灌区春小麦测土施肥的基础研究。土壤通报,第16卷4期,152—155页。
25. 李庆民等,1992: 三江平原白浆土应用微机测土施肥技术的研究。土壤肥料,第1期,29—32页。
26. 刘成祥等,1986: Truog-Ramamoorthy 测土施肥方法的研究与讨论。土壤学报,第23卷3期,285—289页。
27. 刘文通等,1984: 长春地区诊断施肥量计算公式中几个参数的探讨。土壤通报,第15卷3期,117—120页。
28. 张宽等,1984: 黑土供磷能力与磷肥经济合理用量问题的初步研究。土壤通报,第15卷3期,120—122页。
29. 陆允甫等,1986: 浙江省红壤地区玉米的估产测土施肥研究。土壤通报,第17卷4期,163—167页。
30. 周鸣铮等,1987: 浙江省水稻土“因产定氮”基本公式及其有关参数的探讨。土壤学报,第24卷2期,127—133页。

31. 胡之廉, 1990: 浙江省水稻配方施肥的形成与发展。土壤, 第 22 卷 4 期, 205—207 页。
32. 张 宽等, 1990: 肥料效应函数在配方施肥中的应用。土壤, 第 22 卷 4 期, 198—200 页。
33. 陈伦寿等, 1990: 关于推荐(配方)施肥中几个技术性问题。土壤, 第 22 卷 4 期, 169—172 页。
34. 李仁岗等, 1990: 冬小麦施肥模式的初步研究。土壤, 第 22 卷 4 期, 210—211 页。
35. 朱兆良等, 1986: 平均适宜施氮量的含义。土壤, 第 18 卷 6 期, 316—317 页。
36. 陈伦寿, 1989: 复合肥料的生产、施用和发展趋势。土壤通报, 第 20 卷 5 期, 237—245 页。
37. 奚振邦等, 1991: 试论我国现阶段作物施肥标准的制定与实施。土壤肥料, 第 3 期, 2—6 页。
38. Cata, R. B. Jr., & Nelson, L. A., 1971: A simple statistical procedure for partitioning soil test correlation data into two classes. *Soil Sci. Am. Proc.*, 35:658—659.
39. Cope, J. T. ,& Evans, C. E., 1985: Soil testing. *Advances in soil science*, 1: 201—220
40. Mehlich, A., 1984: Mehlich-3 soil test extractant: A modification of Mehlich-2 extractant. *Commun. in Soil Sci. plant anal.*, 15: 1409—1416.
41. Melsted, S. W., 1967: The philosophy of soil testing. In: soil testing and plant analysis. part 1. SSSA special pull. Series No. 2 Soil Sci. Soc. Am., Madison, Wis., pp 13—23.
42. Nelson, L. A., & Anderson, R. L., 1977: partitioning of soil test-crop response probability. In: Soil testing; Correlating and interpreting the analytical results. ASA Special pull., 29: 19—38.
43. Rouse, R. D., 1968: Soil test theory and calibration for cotton, corn, soybeans, and coastal bermudagrass. Auburn Univ. (Ala.) Agr. Exp. Sta. Bull., 375. pp 67.

PROGRESS AND PROSPECT IN FERTILIZER RECOMMEN- DATION BASED ON SOIL TESTING IN CHINA

Lu Yunfu and Lü Xiaonan

(*Zhejiang Academy of Agricultural Sciences, 310021*)

Summary

In the recent decade, the studies on the fertilizer recommendation based on soil testing are greatly developed, and the technology has been extended in a large area of China. The paper presents a review of the developments in testing of available soil nutrients, explanation of analysis results for nutrients and methods for determining fertilizer rates. Additionally, the related problems and further research direction about fertilizer recommendation based on soil testing are discussed.

Key words Fertilizer recommendation based on soil testing, Available nutrients, Fertility index