

## 推荐施肥是否有新技术和分析手段?

By E.M.Pena-Yewtukhiw, J.H.Grove, J.A.Thompson, and C.E.Kiger

Department of Agronomy, University of Kentucky

作为精准管理计划的一部分,发展推荐施肥可能是需要采取的更重要、更昂贵的作业之一。新技术有助于提高肥料推荐,但也会使其复杂化。空间定位精准分析会加强传统的土壤测试方法。作物养分移取法可以建立在空间参照产量监测的基础上,但是需要一些有关籽粒成分的资料。在这一系列的选择中,哪种是“最好”的呢?

收集土壤肥力信息,购买和施用肥料和土壤改良剂会导致高额的养管理费用。信息收集通常是由作物和/或土壤取样,分析测试及解释组成。对于传统的P、K及pH的管理来说,土壤样品分析特别重要。土壤取样、测试、解释和推导出养分推荐量需要技术和时间,如果作物收获后紧接着播种下茬作物,在时间上就可能有些紧迫。那么有没有更好的方法呢?

空间参照的产量监测与籽粒成分测定相结合,可以做出作物养分移取图,这可以作为下茬肥料配方的基础。利用表格中的籽粒P和K成分估计值,可直接由田间产量图得到养分移取/肥料配方图。凭直觉说,肥料应该根据需求施在需要的地方。如果认为表格估计值不适当,人们可以按空间定点对籽粒取样或者是生成一个随机混合样。空间参照的籽粒取样需要的时间和技术与土壤栅格取样差不多。然而,没有理由相信整个田间的籽粒的成分是不变的,或其将表现出与籽粒产量或土壤养分测定值相似的空间模式。

养分胁迫以外的限制因子通常会导致田间产量的差异。比如说,对产量有负效应的当季杂草竞争模式,是否会导致应该对下茬作物施肥呢?如果因为土壤P测定值低使得部分地块产量较低,那么是否应当根据产量和P的移取量确定那个地域的P肥施用量呢?新技术如产量监测和空间分析有助于改善推荐施肥,但他们又如何与现有技术进行比较呢?

我们研究的目的是比较制订P和K肥用量配方的五个备择方法。这些方法是:a)“昂贵的标准方法”,建立在土壤栅格取样和土壤空间分析的基础上;b)基于一个复合土样,是田间栅格取样样品的均样;c)根据产量图,刊物表格中所列单一的籽粒P和K含量值,以及养分移取的空间分析;d)根据产量图,一个复合样品单一的P和K含量值,该样品是田间栅格籽粒取样样品的均样,和养分移取的空间分析;e)基于产量图,田间籽粒栅格取样样品,和对籽粒中的组成以及养分移取的空间分析。

### 方法

选取两块田地,分别指定为112号(51.4英亩,=312.02亩)和950号(43.4英亩,=263.46亩)地。这两块地均在没有前期耕作的情况下于1999年4月种植玉米。两块地绝大部分的土壤排水良好,但同时也包括一些重要区域,在这些区域土壤排水中等。112号地以前曾施用过化肥,950号地曾经施用过猪粪和氮肥。玉米产量是通过配有全球定位系统(GPS)的联合收割机上经过校正的产量测定仪测定的。收获前和收获后,分别在同一个样点上(180×200英尺,=3.05×6.09米的栅格)对籽粒和土壤进行取样。对每块地都做了数字化高程图。对土壤样品测定可提取P和K(Mehlich 3法)的量、pH(水法)、土壤有机物和土壤质地进行分析。籽粒测定了全P和全K。

用地理统计来描述在一个地块里的玉米产量、养分组成和土壤属性的空间变异。每一土壤/籽粒取样点的产量是通过平均每一栅格取样点邻近的四个样点的产量测定的。用来计算养分移取和肥料配方图的表格值为：0.326% P=0.353 磅 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/蒲式尔（0.16 公斤 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/蒲式尔），0.221% K=0.267 磅 K<sub>2</sub>O/蒲式尔（0.12 公斤 K<sub>2</sub>O/蒲式尔）（假设田间玉米水分含量为 15.5%）。表 1 表示了与养分移取或者土壤营养测试值相关的肥料推荐用量。

表 1 与作物移取和土壤测试值相关的肥料推荐				
肥料推荐 lb/A	移取		土壤测试值	
	-----lb/A-----		P	K
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 或 K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	P	K
0	0-15	0-15	>56	>300
30	15-45	15-45	42-56	225-300
60	45-75	45-75	28-42	175-225
90	75-105	75-105	14-28	100-175
120	105-135	105-135	0-14	<100

建立每种备择方法的肥料用量配方图。养分移取/配方图通过以下方式得到：  
 a) 用每个栅格点的籽粒 P 和 K 含量乘以产量，用内插法（Kriging 法）来预测田间所有未取样地段的值；  
 b) 和以上的 a) 相同，但使用表格中籽粒 P、K 含量值；  
 c) 和以上的 a) 相同，但是使用栅格采样样品中 P、K 的平均含量。为了导出建立在土壤分析基础上的肥料配方图，栅格土壤 P、K 含量值使用相同的内插方法。用所有栅格土样的 P、K 测定值的平均值来构建地块肥料用量的一个单一配方。

**观察**

表 2 给出两块地的“复合”土壤测试值、籽粒产量、籽粒组织中 P、K 含量数据。平均起来，112 号地的有机质和土壤有效 P 比 950 号地低，但土壤 K 比 950 号地高，土壤质地和 pH 值几乎相同。112 号地的粮食产量比 950 号地低，且变异性较大。对两块地而言，籽粒 P 含量实测值接近表格值，但是，籽粒 K 含量实测值远高于表格值。

表 2 土壤测试值、产量、及籽粒成分信息		
属性	112 号地	950 号地
P(M3)	53.9±30.9	147±64
K(M3)	429±158	392±121
OM	2.57±0.44	3.26±0.56
pH	6.32±0.60	6.41±0.27
粘粒 (Clay)	19.5±3.9	17.7±2.8
粉粒(Silt)	71.2±4.3	72.8±3.3
砂粒 Sand)	9.2±9.1	9.5±1.8
产量 bu/A	130.4±46.9	137.6±22.4
籽粒 P 含量，%	0.29±0.04	0.35±0.03
籽粒 K 含量，%	0.33±0.03	0.41±0.03

每块地的地形，土壤属性和产量是变异的，但这些变异均与空间有关。通常说，海拔低和排水能力差与玉米产量低有关。

图 1 950 号地 A) 田块高程图及取样点; B) 产量图 (内插法)

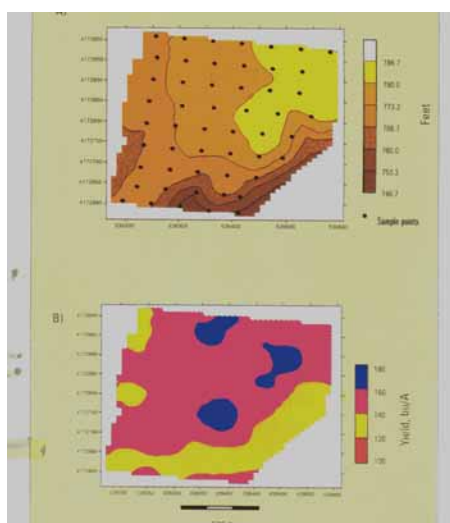
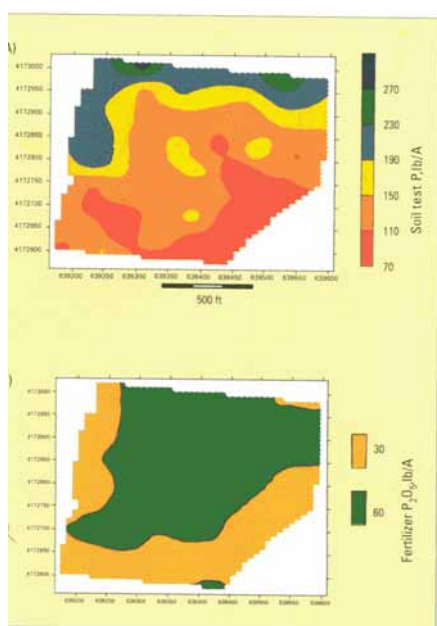


图 1 (A和B) 展现了 950 号地取样点的位置、海拔和产量 (内插法求得)。籽粒中的 P 和 K 在空间上自动关联, 但和产量或其它土壤属性 (数据未列出) 相关性较差。图 2A 显示了 950 号地土壤 P 测试值的变异性很大, 但没有推荐施用 P 肥, 因为那块地中没有土壤 P 测试值低于 56 磅 P/英亩 (4.19 公斤  $P_2O_5$ /亩) 的区域。因为产量差异很大, 利用产量图和表格籽粒 P 含量值而得到的养分移取/肥料配方图, 界定了两个不同肥料用量配方的区域。在 950 号地中采用土壤栅格或采用实际测定籽粒“复合样” P, K 的值而得到的移取/肥料配方图, 和建立在表格籽粒 P 含量值基础上的

配方图相似。比较对 950 号地 P 推荐的五种方法, 在这块施过农家肥的土地上, 移取/肥料法的配方总是比土壤测试法的配方所建议的肥料量大 (表 3A)。在养分移取图上需要推荐最大施 P 量的区域也正是那些土壤 P 测试值较高的区域 (图 2A 和 B)。利用“复合”采样分析, 则 950 号地不需要施用 P 和 K 肥。

图 2 950 号地 A) 土壤 P 测试值图; B) 依据表格籽粒 P 含量值用 P 移取法得出的 P 肥配方



同样使用五种方法, 可以得到 950 号地的 K 肥推荐 (表 3B)。可以观察到相似的偏差模式导致了养分移取法配方需要更大的肥料推荐量。但是, 在土壤测试法和移取法之间存在差别。相对于复合土样而言, 土壤栅格取样表明了一些地方需要 K。相对于其它两种移取法而言, 复合籽粒样品法得到的钾肥推荐量更高 (表 3B)。

112 号地土壤 K 测试值图 (图 3A) 也显示出相当大的变异性。更低的土壤 K 测试值与土壤排水中等相关, 导致了一个在其他地段并不需要的 K 肥配方 (图 3B)。比较这块地的肥料推荐方法, 三种移取法推荐的 P 和 K 用量比栅格取样法的更高 (表

4A 和 4B)。

表 3A 950 号地根据不同肥料配方 P 肥用量面积 (%)

肥料推荐	土壤栅格测试值法	复合土壤测试值法	移取/表格籽粒养分值法	移取/栅格籽粒养分值法	移取/复合籽粒养分值法
$P_2O_5$	P	P	P	P	P
Lb/A	----- % -----				

0	100	100	0	0	0
30	0	0	38.4	30.5	23.3
60	0	0	61.7	69.5	76.7
90	0	0	0	0	0
120	0	0	0	0	0

**表 3B 950 号地根据不同肥料配方 K 肥用量面积 (%)**

肥料推荐	土壤栅格测试值法	复合土壤测试值法	移取/表格籽粒养分值法	移取/栅格籽粒养分值法	移取/复合籽粒养分值法
K <sub>2</sub> O	K	K	K	K	K
Lb/A	-----%				
0	78.6	100	0	0	0
30	21.2	0	99.0	100	0
60	0.2	0	1.0	0	67.0
90	0	0	0	0	33.0
120	0	0	0	0	0

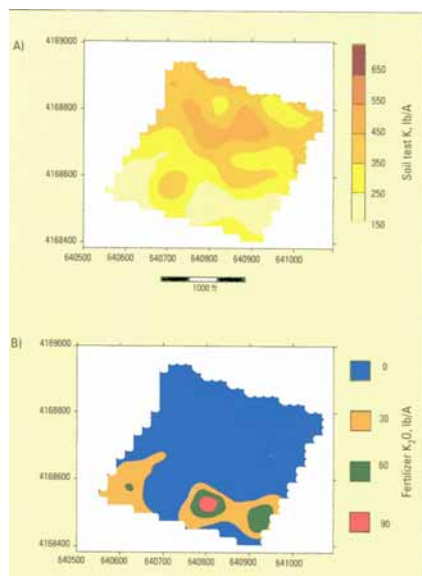
**表 4A 112 号地根据不同肥料配方 P 肥用量面积 (%)**

肥料推荐	土壤栅格测试值法	复合土壤测试值法	移取/表格籽粒养分值法	移取/栅格籽粒养分值法	移取/复合籽粒养分值法
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	P	P	P	P	P
lb/A	-----%				
0	30.5	0	0	0	0
30	36.0	100	43.1	94.5	74.1
60	31.7	0	56.5	5.5	25.9
90	1.7	0	0.5	0	0
120	0	0	0	0	0

**表 4B 112 号地根据不同肥料配方 K 肥用量面积 (%)**

肥料推荐	土壤栅格测试值法	复合土壤测试值法	移取/表格籽粒养分值法	移取/栅格籽粒养分值法	移取/复合籽粒养分值法
K <sub>2</sub> O	K	K	K	K	K
lb/A	-----%				
0	79.2	100	0	25.2	0
30	15.9	0	92.4	68.8	22.4
60	4.3	0	7.6	5.9	74.9
90	0.6	0	0	0	2.7
120	0	0	0	0	0

图3 112号地号地 A) 土壤K测试图；B) 依据土壤测试K含量得出的K肥配方。



通过“复合”土样分析认为该地块不需施用K肥，P肥用量一致为30磅 $P_2O_5$ /英亩（2.24公斤 $P_2O_5$ /亩）。与土壤栅格取样相比，这个P肥推荐量对于三分之一的地块区域适量，三分之一的区域过量，...更严重的是...三分之一的区域不足。但是，在推荐的肥料P用量中这一表面上的等量划分，在112号地块内并不是均匀分布的（没给显示图）。

### 结论

本研究显示，在制定P肥和K肥的推荐方面，复合采样并不一定必定比土壤栅格取样差。通常来说，基于养分移取法配方图的肥料推荐量比基于土壤测试值法的更大。我们同时也观察到我们所选定的籽粒P和K表格值会导致配方图在有些时候与利用田间籽粒样品P和K测定值得到的配方图存在很大差异。我们的结果指出：使用空间参照的产量信息和表格籽粒含量值信息推导的P和K肥用量配方图可能是一种无效假设。有疑问的假设包括：a)田间籽粒成分通常一致并且与表格值相近；b)后作的肥料需求量与前作对养分的需求的相关比与当前土壤供肥能力的相关更为密切。我们推测产量图可用来把一块地层分为更多的一致“管理区域”，从而可以在同一区域内进行随机取样以得到最佳养分管理的信息。我们目前正在评价这种方法。

### 致谢：

我们感谢 CSRS 特殊赠款项目对本工作的支持。这个项目是土壤肥力、作物效应的空间分析和景观概率决策大项目的一部分。

（原文自 Better Crops with Plant Nutrition, 2001(1)18-22, 涂仕华 谢玲 译）