

浙江省水稻土“因产定氮”基本公式 及其有关参数的探讨

周鸣铮 王竺美

(浙江省农科院土壤肥料研究所) (杭州市农科所)

摘 要

历史上的因产定肥,一则缺乏科学的产量依据,二则没有测定土壤供氮量的简便方法,应用不方便。本文提出因产定氮的式子是: $N_{\text{肥}} = \frac{0.018(Y - 1.05X)}{E_{\text{肥}}}$ 。式中: Y 为该土壤上的水稻最高可得产量; X 为无肥区的基础产量, Y 与 X 之间的统计关系已见于《土壤学报》19卷315页一文中。参数0.018为肥料氮所创造的产量每斤稻谷(含稻秸秆)在本田应吸收氮的量(单位均为斤/亩)。由于消除了土壤氮所创造的产量,故不再存在难以测定土壤供氮的问题。

一、前 言

自从王竺美与周鸣铮《浙江省水稻土基本肥力与水稻最高可得产量之间的关系探讨(初报)》一文于1982年发表于土壤学报之后^[1],我们得到广大土壤科学界的支持。上海市与江苏省各自在不同土壤、几个品种的小麦与水稻上做出定产曲线与定产公式^[2]。湖南省对多种定氮模式作了比较研究,肯定了“定产定氮”乃是既准确又易于推广的方法^[3]。吉林、甘肃与广东,均在小麦、水稻及其他粮食作物上进行定产定氮研究。

数年来,我们在定产的基础上进行定肥,做了不少试验,也进行了理论分析,试图得出一个定氮的基本式子,供没有其他障碍因子水稻土上应用,历来的总施肥量测定只有两条主要途径:(1)田间等级施肥量试验与统计分析,这种方法很成熟,但做试验很费事,在农业集约地区,一个试验结果的适用范围较小,且不易明确;(2)测土施肥法,这种方法较为简便,然而对于氮的测土施肥迄今没有方便可靠的方法。目前指导氮肥用量的方法已有“有效积温”法^[10,11]与“氮矿化势”法^[12],均属于广义的测土施肥,原理正确,但均不够方便。

我们企图在传统的科学定肥途径之外另行提出“定产定肥”法,特别适用于水稻的定氮。本法基本上准确、方便而可靠。

Truog于1960年首次提出按目标产量的测土施肥法^[13]。Ramamoorthy于1967年把此法应用于印度的小麦,并列出了式子^[14]。此法存在的一些理论问题,刘成祥与周鸣铮已另

1) 王玉: 宜兴县科学用肥试验(单印本1984)。

2) 湖南常德地区农业局与农科所(成果鉴定资料,1985)。

文讨论^[2]。Stanford 于 1973^[15,16] 与 1978 年^[1] 前后三次提出氮肥用量的式子,其简化形式如下:

$$N_{\text{需}} = \frac{N_{\text{总}} - N_{\text{土}}}{E_{\text{E}}}$$

式中: $N_{\text{需}}$ 为一季丰产作物总需施氮量; $N_{\text{总}}$ 为它的总吸氮量(产量×干物含氮率), $N_{\text{土}}$ 为土壤对一季作物的供氮量(以上的单位均须统一); E_{E} 为所用氮肥的当季利用率。

上式虽在原理上是正确的,但无法简单应用的,因为:(1)一季丰产产量因土壤而异,事前不能预知;任何“估产”、“计划产量”或“目标产量”均带有主观性与盲目性,它导致“定肥”的不科学性与不准确性;(2)式中的 $N_{\text{土}}$ 缺乏方便、准确的测定方法,原则上是用无氮区吸氮量来代表的,当然也不方便。

本文作者于 1982 年已提出的水稻定产公式如下^[1]:

$$Y = \frac{1000X}{205 + 0.6X}$$

式中的 Y 为水稻最高可得产量; X 为不施肥区的基础产量。各个系数适用于浙江老水稻区,品种以广陆矮 4 号为代表。时至今日,对本式的验证数据可以千计。对其他品种、其他粮食作物,上述关系也存在,但系数有所不同。本式存在的前提为:(1)栽培与水分管理均达合理水平;(2)式中 X 的幅度在 250—800 斤/亩之间;相应的 Y 在 750—1200 斤/亩范围内,不包括有其他障碍因子的低产水稻土。

本文中利用“定产公式”计算最高可得产量的有利条件,进一步提出定氮公式的模式如下:

$$N_{\text{需}} = \frac{W(Y - 1.05X)}{E_{\text{E}}}$$

式中: Y , X 与 E_{E} 的意义已如前述; W 为每斤丰产稻谷(含秸秆)在本田中的吸氮量(在 750—1200 斤/亩产量范围内)。

二、 W 值的组成因素

在本文提出的公式中, W 是最重要的参数。因此,确定 W 值时应考虑到下列几个数据:

(一) 丰产水稻每斤产量的平均的吸氮量

这个数据除地区与品种间稍有差异外,但主要是产量本身的函数。一般来说,产量愈高其千斤吸氮量也愈高。然而在 800 斤/亩以上产量时,水稻的千斤吸氮量均在 19—21 斤/亩之间。由于本式中排除了低产田,故决不至出现更小的数字^[3,4]。连江苏南部单季晚稻的千斤吸氮量也很少超过 20 斤/亩。故在 750—1200 斤/亩产量范围内,取 20 斤/亩平均值作为千斤吸氮的理论限额已完全足够。其他论文中也有同样报道^[1],似已没有必要用表格形式开列大量数据以占篇幅。此外,把丰产千斤产量吸氮限额算得过分精确甚

1) 氮在土壤中的转化、习性与作物对氮利用的关系。Stanford 于 1978 年在国际氮肥会议上的发言(中译)。

至作为变数来处理,在施肥实践中无此必要。

(二) 雨水与灌溉水带水稻田的氮

雨水带人的氮,我们暂取用浙江金华地区降雨中养分含量的研究结果^[6]。在金华、巨州与兰溪分别为 3.08, 2.59 与 2.29 斤/亩/年。早稻在本田生长不到二个半月。取用平均数再除以 5 得 0.531 斤氮/亩。浙江平原地区早稻生长季节雨量充沛,不必再考虑其他灌溉水渠。

(三) 水田中的自生固氮量

水稻田中自生固氮作用远比旱地活跃,不可忽视。这方面的数据多而差距很大。如采用山口的资料,则为 30 公斤 N/公顷/年(4 斤/亩)^[17];再除以 5 得 0.8 斤 N/亩/季。

(四) 秧苗带人本田的氮

水稻秧苗吸收相当数量的氮带人本田,可按实际样品分析计算之。我们的分析结果是:对 20, 25 与 30 万苗带人本田的氮分别为 1.02, 1.27 与 1.57 斤氮/亩(主要用 25 万苗)¹⁾。

根据上述数据,即可计算 W 的值如下:

$$W = \frac{20 - (0.53 + 0.8 + 1.27)}{1000} = \frac{17.40}{1000} = 0.0174$$

由于上述几项数字均仅为大致的平均值,具有一定的变异范围而无法准确测定,故可认为 W 的值在 0.017—0.018 之间的可信性最大。

三、因产定氮式子的推导

在本式中: Y 为最高可得产量,而 X (空白田产量)仅接近于施肥区的土壤供氮产量,它需要校正。问题可以从 $W(Y - X)$ 分解成为 $W_1Y - W_2X$ 时看出来; W_2 为无肥区单斤吸氮,它略小于施肥区单斤吸氮 W_1 。根据我们大量的试验数据,施氮的结果导致水稻吸收土壤氮平均增加 5%;曹志洪在菲律宾用 ¹⁵N 同位素标记试验的结果是 5—6%,故十分接近²⁾。对于较肥沃的老水稻土来说,磷与钾的施用与否对水稻吸收土壤氮的量没有什么影响。故 $W_2 \times 1.05$ 约等于 W_1 。与此同时,把空白田产量 X 转化成为施肥区土壤供氮的产量时也应该按土壤激发供氮的存在而同样提高 5%。则上式就成为 $W_1Y - 1.05W_2 \times 1.05X$ 。由于 $1.05W_2$ 约等于 W_1 ,则 $W(Y - 1.05X)$ 即为氮肥创造产量的需氮量(假定磷、钾充分)。最后,下列公式成立:

$$N_{需} = \frac{0.018(Y - 1.05X)}{E_n}$$

作为本式的简化式,下式也许更方便一些:

$$N_{需} = \frac{0.017(Y - X)}{E_n}$$

1) 秧苗以 5.5 叶为准。

2) 曹志洪于 1980 年在第一次全国合理施肥会议上的报告。

在正式式中 W 的值向稍高一些靠,而在简化式中则向稍低一些靠,可使两式计算结果基本一致,并符合长期实践结果。在简化式中把 X 直接作为施肥区土壤供氮的产量,理论上不无偏颇,但在计算氮肥用量时已足够精确。本文中把第一个式子作为我们正式提出的水稻因产定氮公式,但具体应用时常常用其简化形式。

四、氮肥利用率与“因产定氮”的总程序

本文的重点乃是提出上述“因产定氮”公式及其有关的参数。至于式中的氮肥当季利用率,可用田间差减法自行试验计算^[7]。我们的下列试验结果可供参考:(1)有机质肥氮约在18—25%之间,质量愈优则利用率愈高;(2)化肥硫酸铵氮在30—50%之间;当前期作为耕面肥、中期结合耘田、后期撒施时,对壤土约为40%,砂壤土为35%,粘壤土至粘土为45%。

在计算需施氮量时,由于出现两个利用率(E_N 与 E_C),致使无法直接算出 $N_{总}$ 。应从 $N_{总}$ 开始进行计算,于应用简化式时其过程如下:

$$\begin{aligned} N_{总} &= 0.017(Y - X) = N_{有机} + N_{化肥} \\ N_{有机} &= 0.5 \times F_{有机}; N_{有机} = N_{总} \times E_N \\ N_{化肥} &= N_{总} - N_{有机}; N_C = N_{化肥}/E_C \end{aligned}$$

最后: $N_{总} = N_{有机} + N_C$

在上述计算中: $N_{有机}$ 乃是根据有机肥用量而作为一个已知值的; N_C 的用量应根据如上计算才能得到。

综上所述,可列出“定产定肥”的总顺序如下:

1. 留1分田不施肥,准确计产(X_1); 作为一片平整而肥力均匀水稻田定产(Y_1)的依据;
2. 按 $N_{总} = 0.017(Y_1 - X_1)$ 式子定 $N_{总}$;
3. 按厩肥用量即可知 $N_{有机}$, 再按 E_N 定 $N_{有机}$;
4. 按 $N_{化肥} = N_{总} - N_{有机}$ 式子定 $N_{化肥}$, 再按 E_C 定 N_C ;
5. 测土施用 P, K 肥(从略);
6. 根据碱解氮测定值再参照土壤质地定耙面肥氮(2—4斤N/亩)。指标大致如下:

碱解氮 (N, ppm)	> 300;	300—200;	200—100;	< 100;	< 50
耙面N斤/亩	2;	2—3;	3;	3—4;	4

在上述指标左右,粘质土壤偏多施,砂质土壤偏少施。故指标数字乃以壤土为准。

7. 总追肥氮 = $N_C - N_{耙面}$
8. 倘气候正常,即可参照土壤质地按习惯法分配施用追肥氮(2—3次)(从略)。
9. 倘气候不够正常,或没有把握,则应在水稻分蘖初期、苞原基分化初期、颖花分化末期各测定稻株 B/A 值一次,根据 B/A 值指标正确施用追肥氮(从略)^[8]。
10. 核实产量(Y_2), 并与 Y_1 作比较; 核实 N_C 的实际用量, 与预测 N_C 用量作比较。

五、“定产定氮”法的准确性验证

上述“定产定氮”的原理与方法在浙江省杭州市郊县、绍兴、宁波、金华、台州与丽水等地区共推广达 80 万亩。与常规施肥对比,氮肥用量较大幅度下降,但产量有所增加。因已另有推广总结¹⁾,故不在本文中讨论。此处仅举数例以说明本法定氮的过程及其准确性(一律应用简化式)。

例一、粉砂壤土,含有机质 2.0%。基础产量 $X_1 = 500$ 斤,定产 $Y_1 = 1000$ 斤;定 $N_{\text{肥}} = 8.5$ 斤。先施鸡粪肥 13 担,含 N 0.75%,故 $N_{\text{畜}} = 10$ 斤;设 $E_{\text{畜}} = 25\%$,则 $N_{\text{有效}} = 2.5$ 斤,故尚需 $N_{\text{化肥}} = 8.5 - 2.5 = 6$ 斤;设硫酸铵平均 $E_{\text{化}}$ 为 40%,则可折合硫酸铵 $N_{\text{化}}$ 为 $6/40\% = 15$ 斤,或硫酸铵 75 斤。通过后期营养诊断调整施氮,实际硫酸铵仅 70 斤,或 $N_{\text{化}} 14$ 斤,比预定的少 1 斤。实收稻谷 $Y_2 = 1004$ 斤;当年 $X_2 = 530$ 斤。

例二、壤土,含有机质 1.7%; $X_1 = 350$ 斤,定 $Y_1 = 800$ 斤;定 $N_{\text{肥}} = 7.65$ 斤;施用一般厩肥 30 担 ($E_{\text{畜}} = 20\%$),故 $N_{\text{畜}} = 15$ 斤, $N_{\text{有效}} = 3$ 斤;预测尚需 $N_{\text{化肥}} = 7.65 - 3 = 4.65$ 斤。设 $E_{\text{化}} = 40\%$,则 $N_{\text{化}} = 11.625$ 斤,折合硫酸铵 58.125 斤。通过后期调整,实施硫酸铵 55 斤,或 $N_{\text{化}} 11$ 斤。实收产量 $Y_2 = 872$ 斤;相应的 $X_2 = 400$ 斤。

例三、壤土,含有机质 3.0%,故可完全不施有机肥,计算就十分简便。 $X_1 = 700$ 斤, $Y_1 = 1100$ 斤; $N_{\text{肥}} = 6.8$ 斤。设 $E_{\text{化}} = 40\%$,则 $N_{\text{化}} = 17$ 斤,折合硫酸铵 85 斤。通过后期调整,实施硫酸铵 80 斤,或 $N_{\text{化}} 16$ 斤。 $Y_2 = 1037.5$ 斤, $X_2 = 738$ 斤。

六、讨 论

1. 在水稻生产与施肥中,如何掌握好氮肥用量,一向被认为是关键所在。日本与我国科学家均已对水稻施氮作出很多贡献,但迄今研究的重点大多是配合水稻生理与需氮特性,较少配合土壤供氮的差异性。王人潮的水稻省肥高产栽培技术²⁾与黄继茂的“氮素调控技术³⁾均对水稻合理施氮起良好积极的作用,但他们都仅着重水稻定植后的中后期追肥氮的控制。由于缺少“总施氮量”的观念,致前期施氮(包括有机氮可在一半以上)缺乏根据。汪寅虎等的“有效积温法”是从总施氮量出发看问题⁴⁾,但仍然不够方便。

2. 本文作者业已提出“因土定产”公式;再在这一基础上提出“因产定氮”公式。这是从水稻土壤的氮肥力差异为出发点来决定水稻总施氮量的科学公式。本公式企图从两个产量之差中来消除“土壤供氮难以测定”这个麻烦问题。公式仍带有计算近似值的性质,但在实际应用中已足够准确;误差均在一般施肥允许范围之内。

3. 表 1 与表 2 数据表明:(1) 通过后期营养诊断,实际施氮往往稍低于公式预测施氮(少数例外);这是可以的,说明公式起限氮作用;倘不进行营养诊断,完全按公式计算用量,扣除前期施氮再分配施用追肥氮,也是完全可以的;但营养诊断可适应后期气候变化,

1) 浙江省早稻测报施肥成果鉴定资料(1983)。

2) 王人潮、杨隆位,1979:水稻省肥高产栽培施肥技术(资料)。

3) 黄继茂,1982:水稻氮素调控技术研究(资料)。

表 1 1979—1980 年定产定氮验证数据

Table 1 Data for examination of N application predicted (1979—1980)

年份与地点 Years and locality	土壤 Soils			因土定产 Yields predicted		因产定氮(斤/亩) N predicted			实际结果(斤/亩) N applied & yields		
	编号 No.	质地 Texture	有机质 (%) O. M.	X ₁	Y ₁	N _肥	施N _有	定N _化	实施 N _化	实产 Y ₂	相应 X ₂
1979 临安吉口	1	粉壤	3.7	700	1100	6.8	10	12.0	13.0	1124	766
	2	粉壤	1.8	500	1000	8.5	10	16.25	13.2	954	530
1979 杭州	3	粉壤	1.8	500	1000	8.5	10	16.25	14.0	996	573
1979 临安堰口	4	粉壤	1.5	300	800	8.5	10	16.25	15.0	803	305
	5	粉壤	1.5	300	800	8.5	10	16.25	15.0	782	305
1979 淳安叶家	6	粘壤	1.56	300	800	8.5	10	14.44	14.0	840	358
	7	粘壤	1.56	300	800	8.5	10	14.44	14.0	846	358
1979 德乾谭	8	粘壤	1.7	300	800	8.5	10	14.44	15.0	848	360
1979 杭州龙心	9	粉壤	2.7	600	1050	7.65	10	14.13	11.0	1006	664
1980 临安吉口	10	粘壤	4.2	600	1050	7.65	0	17.0	14.0	1066	750
	11	粘壤	3.6	600	1050	7.65	0	17.0	14.0	1038	619
	12	粘壤	3.8	600	1050	7.65	0	17.0	14.0	965	625
	13	粉壤	4.2	600	1050	7.65	10	14.0	14.0	1076	750
	14	粉壤	3.6	600	1050	7.65	10	14.0	14.0	1037	619
	15	粉壤	3.8	600	1050	7.65	10	14.0	14.0	975	625
	16	粉壤	4.2	200	1100	6.8	10	12.0	13.0	1122	680
	17	粉壤	4.2	700	1100	6.8	10	12.0	13.0	1114	680
18	粉壤	4.2	700	1100	6.8	10	12.0	13.0	1074	680	
1980 杭州	19	粉壤	2.0	500	1000	8.5	10	16.25	13.0	946	510

表 2 1981—1982 年定产定氮验证数据

Table 2 Data for examination of N application predicted (1981—1982)

年份与地点 Years and locality	土壤 Soils			因土定产(斤/亩) Yields predicted		因产定氮(斤/亩) N Predicted			实际结果(斤/亩) N Applied & Yields		
	编号 No.	质地 Texture	有机质 (%) O. M.	X ₁	Y ₁	N _肥	施N _有	定N _化	实施 N _化	实产 Y ₂	相应 X ₂
1981 杭州	1	粉壤	1.7	500	1000	8.5	10	16.25	13.0	1004	530
1981 富阳邦坎	2	粉壤	2.5	400	900	8.5	10	12.0	11.0	815	418
1982 杭州龙心	3	粉壤	2.1	600	1050	7.65	10	14.13	11.2	1026	615
1982 肖山昭东	4	粘壤	3.0	650	1100	7.65	10	12.56	13.0	1097	692
	5	粘壤	3.0	650	1100	7.65	10	12.56	13.0	1082	692
	6	粘壤	3.0	650	1100	7.65	10	12.56	13.0	1062	692
1982 杭州	7	粉壤	1.8	500	1000	8.5	5	17.5	14.0	899	574
	8	粉壤	1.8	500	1000	8.5	10	13.75	12.0	896	574
	9	粉壤	1.8	500	1000	8.5	15	10.0	10.0	917	574
1982 嵊县	10	粘壤	2.4	650	1100	7.65	10	12.56	11.7	1083	679
1982 诸暨	11	粘壤	3.4	500	1000	8.5	10	12.56	11.6	1030	487

是很有用的；(2)表中数据仅能核对 $N_{\text{总}}$ 的用量；由于 $E_{\text{非}}$ (导致 $N_{\text{非}}$) 的误差较大，故又导致 $N_{\text{总}}$ 的误差大于总施氮的误差。

4. 在本公式提出之前，“因产定肥”的口号早就有了；然而由于无法定产，故所定的“肥”也就缺少科学意义。本公式主要用来定氮的，但在原理上也适用定磷、钾；然而在施肥实际上无此必要。

5. 水稻栽培与施肥是一个综合的问题。本公式的推广必须与其他一系列的技术配合。在土壤肥料科学范围内的有：(1)测土施有机肥，(2)测土施 P, K；(3)数次测定稻株 B/A 值确定追肥氮的分配；土壤肥料科学以外的尚有栽培与水分管理等，对这些问题的详细介绍均不可能在本文范围内。

参 考 文 献

- [1] 王竺美、周鸣铮，1982：浙江省水稻土壤基本肥力与水稻最高可得产量之间的关系探讨(初报)。土壤学报，第19卷3期，315—322页。
- [2] 刘成祥、周鸣铮，1986：对 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。
- [3] 周鸣铮、于文涛、方樟法，1976：土壤速效氮的测定方法。土壤，第5—6期，316—323页。
- [4] 方樟法、周鸣铮、王竺美、田耀华，1985：浙江省水稻土肥力的 ^{15}N 与 ^{32}P 双标记试验。浙江农业科学，第8期。
- [5] 朱兆良，1981：我国水稻生产中土壤和肥料氮素的研究。土壤，第13卷1期，1—6页。
- [6] 鲁如坤、史陶钧，1979：金华地区降雨中养分含养的初步研究。土壤学报，第16卷1期，81—84页。
- [7] 朱兆良，1984：氮肥适宜用量的估算和提高氮肥利用率问题。安徽省科学用肥报告文选，第40—49页。
- [8] 王人潮，1982：水稻营养综合诊断及其应用。浙江科技出版社，第75页。
- [9] 汪寅虎等，1983：上海郊区青紫泥土壤供氮量预测的研究。土壤学报，第20卷3期，262—271页。
- [10] 出井嘉光，1975：水田にすける有机物の集積と分解。日本土壤肥科学会誌，第46卷，第251页。
- [11] 鬼轍丰，1975：稻作期にする土壤窒素の有效化过程。日本土壤肥科学会誌，第46卷，第255页。
- [12] Stanford G. and Smith, S. J., 1972: Nitrogen Mineralization Potentials of Soils. Soil Sci. Soc. Am. Proc., 36: 465.
- [13] Truog E., 1960: Fifty Years of Soil Testing. 7th Intern. Congr. Soil Science, IV (7): 46.
- [14] Ramamoorthy B. et al. 1967: Fertilizer Application for Specific Yield Targets of Sonara 64. Indian Farming, 16: 46.
- [15] Stanford G., 1973: Rationale for Optimum N Fertilization in Corn Production. Environmental Quality, 2: 159.
- [16] Stanford G., Hunter A. S., 1973: In Nitrogen Requirement of Winter Wheat. Agronomy J. 65: 442.
- [17] Kanwar J. S. ed., 1976: Soil Fertility: Theory & Practice. p. 167.

STUDIES ON NEW EQUATIONS AND ITS PARAMETERS FOR CALCULATION OF THE REQUIREMENT OF NITROGEN ACCORDING TO THE MAXIMUM YIELD OF RICE PREDICTED

Zhou Mingzheng

(Institute of soil and Fertilizer, Zhejiang Academy of Agricultural Science)

Wang Zhumei

(Institute of Agricultural Science, Hangzhou)

Summary

The peak output of rice can be calculated from the basic fertility of soil with an equation proposed by the authors. In this paper, an additional equation to calculate the requirement of N for the predicted maximum yield of rice are proposed as follows:

$$N_R = \frac{0.018(Y - 1.05X)}{E_p}$$

where X is the yield of rice on certain rice field without fertilization, Y , the maximum obtainable yield of rice on the same field well fertilized. N_R , nitrogen requirement for yield Y , E_p , efficiency of the fertilizer applied. Experiments has shown that the equation is practicable.