

棉花对养分的吸收利用和推荐施肥

张宜春

郭智芬

(湖北省农业科学院)

(湖北省农业科学院原子能应用研究所)

摘 要

本文对棉花的氮、磷、钾肥经济最佳施用量进行了研究,提出了推荐施用量的回归方程。文章还就棉花对氮肥的有效利用和影响棉田氮肥肥效的因素进行了讨论。

1984—1986年湖北省农业科学院农业测试中心和原子能应用研究所在新洲和江陵县开展棉花等作物的测土推荐施肥研究。1986—1988年示范推广棉花25.7万亩。累计增产皮棉94.7万公斤。1987—1988年湖北省农业科学院原子能应用研究所在江汉平原6个国营农场和洪湖市对不同熟期棉花进行了推荐施肥试验,并用同位素示踪法对棉花吸收利用养分情况进行了多方面研究。

一、棉花对氮素养分的吸收利用

(一)对棉花“肥促化控”并不能增加产量

研究表明,在一定肥力土壤上施用过多的氮肥,并不能获得棉花增产,即使采用“肥促化控”,即在高施氮肥的基础上喷缩节胺,以控制棉花徒长的方法也未见有增产效果。试验结果表明,对棉花喷缩节胺有抑制其徒长的作用,同时使棉花吸收的总氮量和来自土壤中氮虽有所下降,但分配到生殖器官中氮的比例则有所增加,从占总氮的54%增至61%;来自土壤的氮从54%增至64%。但吸自肥料中氮无差异,且喷缩节胺能在一定程度上抑制生殖生长,因而产量并未增加^[1](表1)。

表 1

高施氮肥及喷缩节胺对棉花产量的影响

(微区试验两年平均)

处 理 N 公斤/亩	皮棉产量 %	棉 株 总 氮		棉株吸自土壤氮		棉株吸自肥料氮	
		mg/株	营养/生殖*	mg/株	营养/生殖	mg/株	营养/生殖
N ₀	100						
N ₁₀	187.7	1787	36/64	1294	36/64	493	36/64
N ₁₅	200.3	3016	43/57	2251	44/56	765	43/57
N ₂₅	193.7	3090	46/54	2203	46/54	888	47/53
N ₂₅ +喷缩节胺	196.3	2577	39/61	1733	36/64	843	45/54

* 分子、分母分别为棉花营养器官和生殖器官含氮量占总氮量的百分数。

(二)棉麦套种期间作物的相互影响

1. 套种期间小麦吸收施于棉花上的肥料状况^[2]

在棉花施氮7.5公斤/亩情况下,小麦能从棉花底肥中吸收17.5%的氮,其中99%转运到

麦穗中，使小麦增产 8 % (表 2)。

表 2 套种期间小麦吸收棉花底、苗肥的情况及其对产量的影响 (微区试验两年平均)

棉花施肥 N 公斤/亩	小麦吸收棉花 N 肥			增 产 量		棉花产量	
	毫克/区	转入穗中%	利用率%	克/区	增产 %	克/区	增产 %
N ₀				518.7		117.4	
N _{1.5} (底肥25%)	74.8	99.1	17.5	560.5	8.1*	181.4	54.6
N _{7.5} (苗肥10%)	12.7	51.6	2.5	506.9	-2.3	182.1	55.2

2. 棉花残留氮对小麦的影响

棉麦套种期间，棉花残留氮对小麦的影响很大。新洲县经常发生小麦大面积倒伏现象，就与棉花高施氮肥特别是后期追施大量氮肥有关。在田间试验中，一般肥力田块，棉花施氮超过15公斤/亩，即易出现后作小麦倒伏。通过测土控制氮肥施用，收到很好效果。从微区试验中可以证实，小麦确实从棉花残留氮中吸收了氮①(表 3)。

3. 小麦施肥对棉花的影响

棉花在施氮量、施用次数和时间相同的情况下，其氮素分配比例与前作小麦施肥有一定关系[3]。

在前作小麦不施肥或肥力较低田块，棉花前期施氮比例以偏重比偏轻好。苗肥25%处理比15%处理棉花产量高。在小麦亩施5公斤氮肥情况下，种、苗肥比例对棉花无明显影响(表 4)。

表 3 棉花氮肥去向及对小麦的影响

棉花施氮 N公斤/亩	棉花吸收 氮%	土壤残 留氮%	损失氮 %	小麦吸收棉花 肥料氮 %
N ₁₀	23.2	30.1	47.8	1.3
N ₁₅	17.6	35.7	44.6	2.0
N ₂₅	12.6	26.2	61.1	4.2

表 4 前作小麦施肥对棉花氮肥施用比例的影响 (壤质灰潮土，微区试验)

小麦施氮 N 公斤/亩	公斤/亩	棉花施氮量及比例				皮 棉 产 量	
		种 %	苗 %	蕾 %	花铃%	公斤/亩	增产 %
N ₀	N ₁₀	0	25	20	55	120.5	7.0*
		0	15	20	65	112.0	
N ₅	N ₁₀	0	25	20	55	128.0	4.1
		0	15	20	65	122.0	
N ₅	N ₁₀	25	0	20	55	129.3	0.9
		0	25	20	55	128.2	

二、棉田影响氮肥肥效的因子

(一)土壤水分[4] 不同土壤水分含量对不同生育阶段棉株吸收利用土壤和肥料中氮素及氮素在棉株体内的分配有十分重要的影响。

① 曹汉庭，郭智芳，刘国庆，用¹⁵N研究棉—麦两熟栽培中氮肥的去向及对作物产量的影响。未刊稿，1989。

根据湖北省旱涝情况设计的水分含量试验,土壤水分含量对棉花蕾期和花铃期生育影响最大。在相同施肥情况下,土壤水分过多时,蕾期棉花吸氮量比正常水分处理多14—19%,但其中97.4%供茎叶生长,只有2.6%分配到生殖器官(正常水分处理棉株则分别为85.8%及14.2%,均为两年平均值),因而棉株生长高大,空枝多,蕾、花、铃均少。

花铃期土壤水分过多或不足,均导致棉株包括生殖器官积累氮降低,因而成铃数减少。

在棉花生育后期(8月中至10月底)仍大量吸收氮素,且由于棉花的自身调节能力,使各处理吸氮总量趋于接近,相差仅4—6.5%,但后期多吸氮已不能弥补前期生育不正常的影响,产量仍降低22—31%(表5)。

表5 土壤水分对棉株各生育期吸氮量及产量的影响

水分处理 苗-蕾-花铃-后期	棉花吸氮量(毫克/株)						皮棉产量 %	氮肥利用率 %
	苗期	蕾期	花铃期	后期	总计	%		
N-N-N-N	32.1	512	814	718	2076	100	100	100
W-D-W-N	27.1	441	678	796	1942	93.5	78.0	96.9
W-D-D-N	27.1	441	458	1067	1993	96.0	69.0	94.7
W-W-D-N	27.1	620	349	1096	2091	100.7	78.8	91.6

注:W、D、N分别代表土壤含水量为田间最大持水量的83—92、40—45、59—71%。

2. 土壤容重^[5] 黄棕壤棉田土壤紧实,容重可达1.3—1.4克/厘米³,棉株迟发,生长矮小,秋桃比例大,产量不高。用¹⁵N试验,容重大严重影响土壤的供氮能力,在容重为1.10、1.25和1.40克/厘米³情况下,A_N值比例分别为100%、88.6%和74.2%,不施氮时皮棉产量为100%、69.2和50.1%,减产30—50%,施氮肥后,棉株吸自土壤氮仍有很大差异。但吸自肥料氮,容重大处理比容重小处理反有所增加,以弥补土壤供氮的不足,使总吸氮量趋于接近,皮棉产量差异缩小,但仍低16.4—20.1%(表6)。

表6 土壤容重对棉花吸氮量、产量的影响

土壤容重 克/厘米 ³	棉株吸氮比例 %				皮棉产量 %	
	施 氮			不 施 氮	施 氮	不 施 氮
	吸自土壤	吸自肥料	吸氮总量	吸氮总量		
1.10	100	100	100	100	100	100
1.25	84.3	108.3	97.6	74.2	83.6	69.2
1.40	76.1	109.1	94.4	54.7	79.9	50.1

三、棉花氮磷钾肥经济最佳用量

(一)关于土壤施肥类型划分与试验点选择

按照土壤类型、石灰反应(或pH)及土壤质地将试验区棉田土壤划分为4个施肥类型组合,即壤质灰潮土、砂壤质灰潮土、砂壤质潮土及黄棕壤(中壤)。在每个施肥类型组合上再按土壤有效养分含量梯度安排试验。这样,试验点养分含量分布比较均匀,复盖范围大(表7)。

(二)关于田间试验

1984年为单因子多重复试验,1985年后为2因子5水平重复D—饱和设计^①。

① 张宁,确定经济合理施肥量采用的肥料试验设计及其统计分析方法。中国农业科学院化肥网组,1985。

表7

试验点土壤性状及养分含量范围

组合 序号	土 壤 类 型	石灰 反 应	pH	质 地	土 壤 有 机 质 及 养 分 含 量 范 围			
					有机质%	还原碱解N ppm	Olsen-P ppm	NH ₄ Ac-K ppm
1	潮 土	有	7.1—7.7	轻壤	1.03—2.83	69—142	2.1—22.6	76—184
2	潮 土	有	7.4—7.8	砂壤	0.89—1.36	61—84		39—124
3	潮 土	无	5.8—6.8	砂壤	1.01—1.55	77—122		33—127
4	黄棕壤	无	5.5—6.4	中壤	1.13—1.90	80—163		72—199

(三)关于供试棉花品种

1. 常规棉, 生育期180天左右; 2. 短季棉(“545”), 生育期110天左右, 播种期可迟到5月中、下旬, 可与大麦、油菜连作而不需套种, 产量高, 品质好。

(四)试验结果

1. 土壤有效养分分析方法筛选①②③

经用¹⁵N、³²P及⁸⁶Rb 同位素A值法为标准, 并与作物产量及养分吸收量进行相关研究, 对EUF—全氮、碱解氮、还原碱解氮、沸水及热水提取氮, Bray I、Bray II、Olsen及Mehlich III法提取磷, NH₄Ac、热硝酸、2N冷硝酸、EUF—K及Mehlich III法提取钾进行筛选, 以还原碱解氮、Olsen—P及NH₄Ac—K相关性显著。缓效钾法相关性亦好, 但手续较繁。

2. 肥料效应方程数学模型选择

对氮、钾单因子和双因子试验, 沿用二次曲线和二次曲面方程: $y = a + bx + cx^2 \dots (1)$; $y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_1^2 + b_4x_2^2 + b_5x_1x_2 \dots (2)$; 对磷单因子试验, 以对数方程拟合较好: $y = a + b \ln(x + 1) \dots (3)$; 对含磷双因子试验, 我们提出了新的二次与对数复合方程: $y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_1^2 + b_3 \ln(x_2 + 1) \dots (4)$; 经与二次多项式及平方根多项式方程比较, 拟合程度更好④。方程(4)计算方法如下: 分别对 x_1 和 x_2 求偏导数, 得:

$\partial y / \partial x_1 = b_1 + 2b_2x_1 \dots (5)$; $\partial y / \partial x_2 = b_3 / (x_2 + 1) \dots (6)$; 当 $\partial y / \partial x_1 = px_1 / py$, $\partial y / \partial x_2 = px_2 / py$ 时为最佳氮、磷肥用量。代入方程(5)、(6)得 $b_1 + 2b_2x_1 = px_1 / py$, $x_1 = (px_1 / py - b_1) / 2b_2 \dots (7)$; $b_3 / (x_2 + 1) = px_2 / py$; $x_2 = b_3 \cdot py / px_2 - 1 \dots (8)$ 式中: x_1 为N素用量, x_2 为 P₂O₅ 用量, px_1 为氮肥(N)价格, px_2 为磷肥(P₂O₅)价格, py 为皮棉价格。

3. 土壤有效养分含量与经济最佳施肥量的关系, 按下列自然对数方程计算: $x = a + b \ln c \dots (9)$; x 为建议施用肥料养分量(公斤/亩); c 为土壤有效养分量(ppm)。

4. 经用以上有关公式进行计算, 共获得氮、磷、钾肥经济最佳施用量数据 102 个(表 8)。

5. 将上述数据分土壤施肥类型组合按方程(9)计算, 得出以下推荐施肥量计算的回归方程。其中砂壤质灰潮土与潮土氮、钾施用量近似, 合并计算; 壤质灰潮土上磷肥用量, 常规棉与“545”棉近似, 也合并进行计算。

(1) 氮肥推荐施用量回归方程

壤质灰潮土, “545”棉: $y_1 = 38.64 - 6.845 \ln x_1 \dots (10)$; $n_1 = 6$, $r_1 = -0.798^* \textcircled{5}$; 常

① 郭智芬、吴跃、涂书新, 应用¹⁵N示踪法进行旱地土壤有效氮分析方法筛选与校正。待刊稿, 1987。

② 郭智芬、林细才, 应用³²P示踪法进行土壤有效磷分析方法筛选。待刊稿, 1987。

③ 郭智芬、涂书新, 应用⁸⁶Rb示踪法进行土壤有效钾分析方法筛选。未刊稿, 1987。

④ 吴跃, 几种肥料效应曲线的比较和研究, 1987。

⑤*: $p < 0.1$; ⑥*: $p < 0.05$; ⑦*: $p < 0.01$ (下同)。

表 8

土壤有效养分(氮、磷、钾)量与相应的经济最佳施肥量

序号	还原碱解 N, ppm	施 N 量 公斤/亩	序号	还原碱解 N, ppm	施 N 量 公斤/亩	序号	还原碱解 N, ppm	施 N 量 公斤/亩	序号	还原碱解 N, ppm	施 N 量 公斤/亩
壤质灰潮土 545棉			13	120.8	10.8	26	84.9	16.0	黄棕壤 常规棉		
1	82.4	9.1	砂壤质潮土 常规棉			27	89.3	9.6	33	108.1	10.3
2	86.4	10.3	14	96.5	16.2	28	86.4	10.5	39	110.3	7.9
3	144.9	4.2	15	119.7	5.3	29	77.5	14.3	40	128.6	10.5
4	70.4	8.1	16	122.4	7.9	30	83.2	17.6	41	90.2	20.0*
5	80.0	8.4	17	86.6	8.9	31	76.7	20.0*	42	80.4	20.0*
6	85.0	7.8	18	110.8	10.8	32	84.9	20.0*	43	162.5	9.8
壤质灰潮土 常规棉			19	91.1	9.3	33	92.2	10.9	44	121.9	15.2
7	96.2	13.0	20	95.6	20.0*	砂质壤质灰潮土 常规棉			45	157.8	10.3
8	109.2	6.2	21	97.5	13.7	34	72.4	20.0*	46	136.2	14.8
9	86.4	6.2	22	84.8	15.2	35	84.4	11.8	47	115.8	12.2
10	141.9	1.7	23	98.5	11.0	36	69.7	18.8	48	112.5	6.2
11	79.1	14.5	24	81.3	10.8	37	61.2	15.2			
12	82.0	11.8	25	101.8	19.7						
序号	Olsen-P ppm	施P ₂ O ₅ 量 公斤/亩	序号	Olsen-P ppm	施P ₂ O ₅ 量 公斤/亩	序号	Olsen-P ppm	施P ₂ O ₅ 量 公斤/亩	序号	Olsen-P ppm	施P ₂ O ₅ 量 公斤/亩
1	5.9	2.4	4	2.1	4.1	6	22.6	0.2	8	4.4	2.1
2	3.7	8.9	5	5.9	2.7	7	2.1	9.1	9	2.8	2.9
3	22.6	1.5									
序号	NH ₄ Ac-K ppm	施K ₂ O量 公斤/亩	序号	NH ₄ Ac-K ppm	施K ₂ O量 公斤/亩	序号	NH ₄ Ac-K ppm	施K ₂ O量 公斤/亩	序号	NH ₄ Ac-K ppm	施K ₂ O量 公斤/亩
壤质灰潮土 545 常规棉			砂壤质潮土 常规棉			25	89.7	4.9	36	38.6	5.2
1	98.5	5.6	13	83.8	3.2	26	57.8	4.0	黄棕壤 常规棉		
2	106.0	5.1	14	127.1	1.4	27	38.1	8.5			
3	184.1	2.6	15	37.5	12.0*	28	81.9	12.0*	37	114.6	4.0
4	95.9	6.3	16	50.0	7.1	29	48.0	12.0*	38	81.2	5.1
5	80.6	6.0	17	112.4	6.1	20	32.6	12.0*	39	99.6	6.4
6	106.0	4.2	18	85.4	7.3	31	45.6	6.0	40	84.7	10.9
7	184.1	0	19	74.1	6.0	砂壤灰潮土 常规棉			41	131.3	0
8	126.9	5.3	20	80.3	12.0*	32	84.7	0	42	199.1	3.8
9	104.8	4.3	21	58.7	5.6	33	38.6	9.6	43	78.6	6.1
10	77.5	4.9	22	51.1	9.9	34	124.4	5.9	44	87.1	6.4
11	122.3	0	23	79.0	8.6	35	43.9	12.0*	45	72.2	9.6
12	77.5	8.9	24	96.4	2.5						

* 补推量按设计最高施肥量计算。

规棉: $y_2 = 76.50 - 14.62 \ln x_2 \cdots \cdots (11)$; $n_2 = 7$, $r_2 = -0.684^*$;

砂壤质潮土、灰潮土, 常规棉: $y_3 = 79.77 - 14.74 \ln x_3 \cdots \cdots (12)$; $n_3 = 24$, $r_3 = -0.528^{**\text{⑦}}$;

黄棕壤, 常规棉: $y_4 = 69.01 - 11.85 \ln x_4 \cdots \cdots (13)$; $n_4 = 11$, $r_4 = -0.554^*$;

(2) 磷肥推荐施用量回归方程

壤质灰潮土, “545”和常规棉: $y_5 = 6.558 - 2.001 \ln x_5 \cdots \cdots (14)$; $n_5 = 9$, $r_5 = -0.729^{*\text{⑧}}$;

(3) 钾肥推荐施用量回归方程

壤质灰潮土, “545”和常规棉: $y_6 = 35.46 - 6.614 \ln x_6 \cdots \cdots (15)$; $n_6 = 12$, $r_6 = -0.757^{**}$;

砂壤质潮土、灰潮土, 常规棉: $y_7 = 29.67 - 5.355 \ln x_7 \cdots \cdots (16)$; $n_7 = 24$, $r_7 = -0.593^{**}$;

黄棕壤, 常规棉: $y_8 = 35.27 - 6.398 \ln x_8 \cdots \cdots (17)$; $n_8 = 9$, $r_8 = -0.640^*$; 上述式中, $y_1 \cdots \cdots y_8$ 为推荐施肥量(公斤/亩), $x_1 \cdots \cdots x_8$ 为土壤有效养分量(ppm)。

按以上回归方程可计算出不同养分含量田块的具体推荐施肥量^{①②}。

参 考 文 献

- [1] 郭智芬、曾汉庭、刘国庆、涂书新, 麦棉两熟套种栽培中平衡施肥研究。国际平衡施肥学术讨论会论文, 1988。
- [2] 郭智芬, 应用¹⁵N研究棉—麦(豆)两熟栽培中两种作物对氮素养分吸收利用的相互影响。北京 BCEIA 国际会议论文集, 1985。
- [3] 郭智芬, 应用¹⁵N进行棉田氮肥施用技术研究。稳定同位素, 第3期, 1986。
- [4] Guo Zhi-fen, Liu Guo-qin, Zhou Ming and Zhang Yi-chun, Effect of water content on absorption and utilization of nitrogen by cotton plant. Transaction of XIII International Congress of s. s., 1986。
- [5] 郭智芬、涂书新、张宜春, 土壤容重对土壤供氮能力及棉花吸收利用氮素的影响。核农学报, 第3卷, 第1期, 1989。

(上接第209页)

五、氮磷定量补差施肥法的应用

1. 按本文第三节选定磷肥定量指标, 测定试区 0—20 厘米土壤中 P_2O_5 含量(Olsen法), 按每差 1 ppm, 则每亩增施 P_2O_5 0.3 斤。

3. 氮肥定量指标的选定, 参照本文第四节做栽培试验, 设置处理参考下列方案或另设计: (A) 在春季, 小麦返青及拔节两生育期追氮能保证浇水的: (1) 30—40—30 ppm; (2) 35—35—30 ppm。(B) 在春季浇水困难, 只能追一次氮肥的: (1) 35—45 ppm; (2) 40—45 ppm。经栽培试验, 选出产量经济效益及重现性最好的处理, 作为氮肥分期定量指标。

3. 指导生产时按地力基础与当地亩产差 50—100 斤分为一类, 每次施肥前每类地按 15 亩左右取一代表土样, 测定速效磷、氮含量, 按补差法计算即可预报磷、氮肥的最佳用量。

① 张宜春、胡芳林等, 麦棉两熟制棉花氮钾肥经济施肥量研究, 未刊稿, 1985。

② 郭智芬、周明、张宜春, 两熟棉田栽培中短季棉545及常规棉氮磷钾肥经济最佳施用量研究。未刊稿, 1988。