

淡黑钙土氮磷化肥效应与用量调控的研究*

吴巍 张宽 王秀芳 姚铭 胡和云 王晓村

(吉林省农科院土肥所)

摘 要

根据氮磷化肥用量和玉米产量, 求出淡黑钙土1983~1985年13个试验的代表性曲面方程 $y = 240.1 + 29.76x_1 + 22.36x_2 + 0.0262x_1x_2 - 1.2198x_1^2 - 1.2654x_2^2$ 。用这个方程估测玉米产量和实际产量极为接近, 二者之间相对变幅为 $\pm 0.4 \sim 4.5\%$ 。因此说, 这个方程式可以作为推荐施肥的依据^[1]。在资金和氮磷化肥短缺时, 可以在 $0 < R < 2$ 的调控区间选择用量; 在有氮缺磷时, 氮素可选择 $R = 0 \sim 1.5$, P_2O_5 可选择 $R = 0.5 \sim 2$; 在有磷缺氮时, P_2O_5 可选择 $R = 0 \sim 1.5$, 氮素可选择 $R = 0.5 \sim 2$ 。

随着农业的发展, 氮磷化肥施用数量逐年增加, 但仍然满足不了生产需要, 供需矛盾突出。由于肥料不足, 一些地方很难达到经济施肥水平, 所以, 在实际施用上出现缺磷或者少氮, 分配不合理的现象。特别是在我省施肥数量较低的西部地区, 这种现象比较严重。氮磷化肥由于调控不合理, 达不到预期产量, 因而不能发挥化肥的最大增产作用。本文通过对1983~1985年淡黑钙土玉米氮磷化肥试验结果^[3], 进行了氮磷化肥用量调控的研究, 为施用氮磷化肥数量少而达不到经济施肥点的农户, 合理组合氮磷化肥与施用提供参考数据。

一、材 料 和 方 法

(一) 试验材料

1. 土壤: 试验是在长岭、前郭和双辽县的淡黑钙土上进行。耕层(0~20cm)土壤的养分含量, 有机质(丘林法)为0.9943~2.4076%, 速效磷(P_2O_5 Olsen法)为5.0~28.1ppm, 碱解氮(1N NaOH扩散法)为64.3~162.2ppm。

2. 肥料: 供试氮肥为含N34%的硝酸铵, 供试磷肥为含 P_2O_5 的重过磷酸钙。

3. 作物: 供试玉米品种为吉单101和四单8。玉米无肥区产量为167~383公斤/亩。

(二) 试验方法

试验方案采用二因素五水平回归设计^[6], 共12个处理(见表1)。试验不设重复,

表1

氮磷二因素五水平回归设计

处理代号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
编 码 值												
N	0	1	0	0.45	1.0	0.7	0.7	0	0.3	0.70	0.45	1
P_2O_5	0	0	1	0.45	0.7	1.0	0	0.7	0.3	0.45	0.70	1
化 肥 用 量												
(kg/亩)												
N	0	14	0	6.30	14.0	9.8	9.8	0	4.2	9.80	6.30	14
P_2O_5	0	0	13	5.85	9.1	13.0	0	9.1	3.9	5.85	9.10	13

* 赵景云参加了1983年试验工作。

小区面积为50平方米。肥料施用方法：重过磷酸钙全部作底肥一次施用，硝酸铵三分之一作底肥，三分之二作追肥，在6月下旬或7月初（拔节期）一次追施。

二、结果与分析

(一) 玉米产量结果

1983~1985年共完成玉米氮磷化肥田间试验13个^[2]，经逐个进行回归分析，相关系数和F值达到显著或极显著水准的有11个，占试验总数的81.6%。将试验不同处理产量列于表2。表2中不同处理的变异系数，除无肥区（处理1）和高磷单施区（处理8）为

表2 试验处理平均产量及增产值

试验处理	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
亩产(\bar{x} kg/亩)	236.0	424.0	325.3	482.3	508.3	486.0	402.0	326.6	430.6	503.6	467.0	512.6
S \bar{x} (kg/亩)	39.1	51.3	42.1	67.6	56.8	37.0	36.5	63.9	44.2	80.0	34.6	70.9
CV(%)	16.5	12.0	12.9	14.0	11.1	7.6	9.0	19.5	10.2	15.1	7.4	13.8
增产(kg/亩)	—	118.0	89.0	246.3	272.3	250.0	16.6	90.6	194.6	267.6	231.0	276.6
增产(%)	—	79.7	37.7	104.4	115.4	105.9	70.4	38.4	82.5	113.4	97.9	112.7

16.5%和19.5%外，其他处理均在15%以下，说明不同年份和地区间玉米的氮磷效应比较稳定，增产趋势一致。

从表2可以看出，氮磷分别单施和配施的增产效果相当显著，单施氮肥处理比对照增产70.4~79.7%，单施磷肥增产37.7~38.4%，氮磷配施增产82.5~115.4%。但最好处理氮磷用量是否合理，经济效益是否最高，还须进一步分析。

(二) 氮磷化肥效应方程

1. 效应方程：为了探讨试验条件下氮磷用量的最佳组合及其经济效益，根据二元二次肥料效应的数学模型 $y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_1x_2 + b_4x_1^2 + b_5x_2^2$ ^[5] 和表1的试验数据，经PC-1500计算机处理，求得玉米氮磷化肥效应的曲面方程如下：

$$y = 240.1 + 29.76x_1 + 22.36x_2 + 0.0262x_1x_2 - 1.2198x_1^2 - 1.2654x_2^2$$

$$[R = 0.990, \text{SGMA (回归精度)} = 15.990, F = 65.648]$$

式中y为玉米产量（公斤/亩）， x_1 为N用量（公斤/亩）， x_2 为 P_2O_5 用量（公斤/亩）。效应方程中R和F值均达到极显著水准（查表 $F_{0.01} = 8.75$ ）。从效应方程的分析

表3

玉米氮磷组合理论产量

(单位: kg/亩)

N 用量 P ₂ O ₅ 用量	0	4.2	6.3	9.3	14
0	240.1	343.6	379.2	414.6	417.6
3.9	308.1	412.0	206.5	481.6	484.3
5.85	327.6	429.4	464.6	499.5	502.0
9.1	338.8	441.3	476.4	511.0	513.1
13.0	316.9	419.0	453.9	488.0	489.7

得出，一次项系数为正值，二次项系数为负值，说明施肥量和产量之间的数量关系密切，而且遵循“报酬递减”的定律。所以在任何条件下的氮磷用量并非越多越好，过量盲目投肥必将导致减产。

2. 估测产量：根据氮磷化肥效应方程，对玉米理论产量进行估测，结果见表3。表3的估测产量与表2的实际产量极为接近，二者之间相对变幅为±0.4~4.5%。因此可以认为，在生产条件相对稳定的情况下，根据试验数据求得的氮磷化肥效应方程，可以作为推荐施肥的理论依据。

(三) 氮磷化肥用量的调控

施肥的主要目的是提高农作物产量和获得较大的经济效益。因此，研究不同生产条件下不同作物的肥料效应模型就是确定经济合理施肥量。那么，最佳施肥量和适宜施肥量的合理调控区间，是经济合理施肥技术的核心。

1. 最大施肥量和最佳施肥量的确定。根据边际理论，当作物产量达到最高点时，施肥的边际产量等于0 ($-\frac{dy}{dx} = 0$)，此时的施肥量为最大产量的施肥量；当边际产量等于边际成本 ($-\frac{dy}{dx} = -\frac{px}{py}$) 时，此时的施肥量为经济效益最高的施肥量，即最佳施肥量。根据氮磷化肥效应曲面方程和肥料与玉米的价格比（肥料价格：N=1.42元/公斤、 P_2O_5 =1.46元/公斤，玉米价格0.45元/公斤），求得玉米氮磷化肥最大和最佳施用量及经济效益列于表4。

表4 氮磷最大、最佳施用量的产量及经济效益

对照产量 (kg/亩)	施用量(kg/亩)		产 量 (kg/亩)	增 产 (/亩)	养分增粮 (kg/kg)	肥料成本 (元/亩)	增 产 值 (元/亩)	盈 利 (元/亩)	产 投 比 N : P ₂ O ₅	
	N	P ₂ O ₅								
氮磷最大施用量与经济效益										
240.1	12.2	8.9	523.5	283.4	13.4	30.54	127.41	96.87	4.17	1 : 0.73
氮磷最佳施用量与经济效益										
240.1	10.9	7.7	519.2	279.1	15.0	26.84	125.58	98.74	4.68	1 : 0.71

由表4可以看出，最大产量施肥量，玉米以亩施氮素12.2公斤和 P_2O_5 8.9公斤为极限，也称为最大施肥点，以亩施N素10.9公斤和7.7公斤称为最佳施肥点。二者相比较，最大施肥点比最佳施肥点多产出4.3公斤玉米，但投入成本增加3.70元，亩盈利反而减少1.77元，产投比下降0.51。所以，获得最大产量施肥量并不符合增产增收的经济施肥原则。

根据最佳施肥点的边际利润等于边际成本的原则，虽然最佳施肥点的单位面积的利润最大，但单位量肥料经济效益下降。因此，可根据农村生产现状，在有限的资金和肥料的情况下，扩大施肥面积，争取均衡生产，增加总的生产效益，保证一定量的肥料投资，获得较高的产量和利润，对化肥用量应进行调控。

2. 氮磷化肥适宜用量的调控。由试验建立起的氮磷效应方程，为氮磷适宜用量的合理调控提供了客观依据和数学依据。因此，氮磷适宜用量又可根据肥料资金和施肥面积等

具体条件在 利润率 $R > 0$ 的界限内进行调控。当氮磷化肥不足时二者可以采用不同 R 值的施用量，这样有利于有限肥料的合理分配，最大限度的保证施肥面积，提高施肥的经济效益。

根据 $R = -\frac{d\pi}{dI}$ (π 为利润， I 为成本) 和氮磷化肥效应方程，推导不同 R 值的 N 和 P_2O_5 适宜用量的算式为：

$$\frac{dy}{dN} = b_1 + 2b_4N + b_5P = -\frac{PN}{Py} (R + 1)$$

$$\frac{dy}{dP} = b_2 + 2b_5P + b_6N = -\frac{PP}{Py} (R + 1)$$

(式中 $\frac{dy}{dN}$ 和 $\frac{dy}{dP}$ 分别为 N 和 P_2O_5 的边际产量， $-\frac{PN}{Py}$ 和 $-\frac{PP}{Py}$ 分别为 N 和 P_2O_5

与玉米的价格比)

根据上式和效应方程求得玉米不同 R 值的施用量及经济效益见表 5。

表 5 不同 R 值的氮磷施用量及经济效益

R	施用量(kg/亩)		产量 (kg/亩)	增产 (kg/亩)	肥料成本 (元/亩)	增产值 (元/亩)	盈利 (元/亩)	产投比	养分增产 (kg/kg)	N : P ₂ O ₅
	N	P ₂ O ₅								
0	10.9	7.7	519.2	279.1	23.84	125.53	98.74	4.69	15.0	1 : 0.71
0.5	10.3	7.9	514.1	274.0	25.00	123.31	98.31	4.93	15.8	1 : 0.68
1.0	9.6	6.4	507.1	267.0	23.15	120.12	96.97	5.19	16.7	1 : 0.67
1.5	9.0	5.8	497.9	257.8	21.30	116.02	94.72	5.45	17.4	1 : 0.64
2.0	8.3	5.1	486.8	246.7	19.45	111.00	91.55	5.71	18.4	1 : 0.61

从表 5 可以看出，随着 R 值减小，施肥成本增加，利润也依递减率增加，直到 $R = 0$ 即利润最高的最佳施肥点为止。

但在农业生产实践中，肥料和资金短缺或者氮磷化肥的二者之一不足时，获得单位面积最高利润的氮磷最佳用量，显然不是理想的推荐施肥量。则根据生产条件在 $0 < R < 2$ 的调控区间选择适宜的施用量。或者氮肥和磷肥分别采用不同 R 值的施用量，较之 $R = 0$ 的最佳施肥量更有利于有限化肥或资金的合理分配和使用，兼顾产量和利润的同步增长，提高总的生产效率⁽⁴⁾。

(1) 当资金或氮磷化肥短缺时用量的调控。当资金或氮磷化肥数量满足不了 $R = 0$ 时的施用量，可根据肥料数量，在 $0 < R < 2$ 的区间选择施用量。如把 R 值由 0 调为 1，可较 $R = 0$ 时氮磷用量减少 2.6 公斤/亩，少投入 3.69 元/亩，但产投比提高 0.51，而利润仅仅少得 1.79 元/亩。

(2) 当有氮缺磷时用量的调控。当氮肥多于磷肥时，氮素可采用 $R = 0 \sim 1.5$ ， P_2O_5 采用 $R = 0.5 \sim 2$ ，在这两个 R 值区间内选择组合。例如，氮素采用 $R = 0$ 和 P_2O_5 采用 $R = 1$ 的施肥量，与氮磷都为 $R = 0$ 的最佳施肥点相比，施肥成本减少 1.90 元/亩，盈利只减少 0.89 元/亩，节省 1.3 公斤/亩 P_2O_5 。

(3) 当有磷缺氮时用量的调控。当氮肥少于磷肥时，磷 (P_2O_5) 可采用 $R = 0 \sim$

1.5, 氮素可采用 $R = 0.5 \sim 2$, 可在这两个 R 值的区间内选择组合。如 P_2O_5 采用 $R = 0$ 和氮素采用 $R = 1$ 的施肥量, 与 $R = 0$ 的最佳施肥点相比, 可减少施肥成本1.85元/亩, 盈利仅减少1.03元/亩, 节省1.3公斤/亩氮素。

三、小 结

(一) 从3年13个试验结果看出, 单施氮肥处理增产70.4~79.7%, 单施磷肥处理增产37.7~38.4%, 氮磷配施处理增产82.5~115.4%。3年13个试验的不同处理产量的变异系数, 除无肥区和高磷单施区外, 均在15%以下。

(二) 根据施肥量和玉米产量, 求出淡黑钙土3年氮磷效应的代表性方程, $y = 240.1 + 29.76x_1 + 22.36x_2 + 0.0262x_1x_2 - 1.2198x_1^2 - 1.2654x_2^2$, 用此方程估测产量和实际平均产量极为接近, 二者之间相对变幅为 $\pm 0.4 \sim 4.5\%$, 这个方程可以作为推荐施肥的依据。

(三) 由氮磷化肥效应曲面方程和粮肥比, 求出最大施肥点, N 为12.2公斤/亩, P_2O_5 为8.9公斤/亩; 最佳施肥点, N 为10.9公斤/亩, P_2O_5 为7.7公斤/亩。

(四) 在资金或氮磷化肥短缺的情况下, 可以在 $0 < R < 2$ 的调控区 间选择用量。当有氮缺磷时, 氮素可选择 $R = 0 \sim 1.5$, P_2O_5 可选择 $R = 0.5 \sim 2$ 。当有磷缺氮时, P_2O_5 可选择 $R = 0 \sim 1.5$, 氮素可选择 $0.5 \sim 2$ 。

参 考 文 献

- [1] 何静安: 砂姜黑土氮磷肥经济施用研究, 《华中农业大学学报》, 1989年增刊, 总第6期。
- [2] 张宽等: 淡黑钙土化肥定量与增产效益的研究, 《吉林农业科学》, 1987年3期。
- [3] 张宽等: 吉林省主要土壤氮磷化肥用量与配比的试验研究—8报, 《吉林农业科学》, 1988, 2。
- [4] 吴巍等: 化肥对我省西部地区粮食产量及农业经济效益的影响, 《农业科技信息》, 1988, 2。
- [5] 王兴仁: 二元二次肥料效应曲面等产线图在科学施肥中的位置(一), 《土壤通报》, 1985, 1。
- [6] 李仁岗: 《肥料效应函数》, 农业出版社, 1987年。

敬请订阅1991年下列期刊

期刊名称	刊期	每期订价	发行方式	邮发代号	地 址	(邮政编码)
食用菌文摘	季 刊	1.10元 (全年5元 包括邮费)	自办		上海农科院《食用菌文摘》编辑部	(201106)
国外食用菌	季 刊	同上	自办		上海农科院《国外食用菌》编辑部 上海市农行北 新泾营业所, 帐号328-043100993。	(201106)
适用技术市场	月 刊	1.00元	邮局	38-142	湖北省武昌小洪山西区14号《适用技术市场》 编辑部	(430071)
中国甜菜	季 刊	1.00元	邮局	14-69	黑龙江省呼兰县中科院甜菜所	(150501)
生物防治通报	季 刊	1.20元	邮局	2-507	中国农科院生防室《生物防治通报》编辑部	(100081)
中国农业文摘—— 粮食与经济作物	双月刊	2.50元	自办		北京白石桥路30号中国农科院文献信息中心发行 站。开户银行: 北京工商银行紫竹院分理处帐号 002001-70	(100081)
中国农业文摘—— 植物保护	双月刊	2.50元	自办		同上	
国外植物保护文摘	双月刊	3.00元	自办		同上	
国外农学——大豆	双月刊	1.50元 (含邮资)	自办		吉林省公主岭市西兴华街5号吉林省农科院情报所 《国外农学—大豆》编辑部	(136100)
作物品种资源	季 刊	0.75元	邮局	82-132	北京白石桥路30号	(100081)
台湾农业情况	季 刊	0.80元	自办		福州市华林路41号福建农科院《台湾农业情况》编 辑部 开户银行: 福州市农行鼓屏营业部, 帐号 205043103507	(350003)
中国油料	季 刊	1.50元	邮局	38-13	中国农科院油料作物所	(430062)