

高效施肥

BETTER CROPS CHINA 2011年10月 总第27期

山东省西北部潮土区小麦养分限制 因子及施肥效益研究



本期文章……



花生养分积累分配
规律研究



优质小麦目标产量氮
磷钾推荐施肥

更多文章，敬请关注
……



www.ipni.net

主编：金继运

编辑：陈 防 涂仕华 李书田 何 萍 孙桂芳

高效施肥 2011 年 10 月 总第 27 期

国际项目总部

Saskatoon, Saskatchewan, Canada

A.M. Johnston, Vice President, IPNI Asia and Africa Group

理事会

J. Felker, Chairman of the Board, K+S KALI GmbH

S. R. Wilson, Vice Chairman of the Board, CF Industries Holdings, Inc.

M. Ibnabdeljalil, Finance Committee Chair, OCP S.A.

行政办公室-Norcross, Georgia, American

T.L. Roberts, President, IPNI

北美项目总部-Brookings, South Dakota, American

P.E. Fixen, Senior Vice President, IPNI Americas and Oceania Group and Director of Research

东欧中亚项目部-Moscow, Russia

Svetlana Ivanova, Vice President, IPNI Eastern Europe /Central Asia and Middle East Group

中国项目部

金继运 主 任 北京办事处 jyjin@ipni.net

何 萍 副主任 北京办事处 phe@ipni.net

李书田 副主任 北京办事处 sli@ipni.net

孙桂芳 女 士 北京办事处 gfsun@ipni.net

陈 防 副主任 武汉办事处 fchen@ipni.net

涂仕华 副主任 成都办事处 stu@ipni.net

《高效施肥》为 IPNI 中国项目部的出版物，每年五月及十月各出一期。

本刊物以推动科学化的合理施肥为目标。

可免费向北京、武汉、成都办事处索取。

网页：<http://www.ipni.net>

<http://ipni.caas.ac.cn>

The Government of Saskatchewan helps make this publication possible through its resource tax funding. We thank them for their support of this important educational project.

此刊物由加拿大萨斯喀彻温省政府资助。特此致谢。

本期目录

我国养分资源高效利用的战略与目标.....1

郑麦 366 优质小麦目标产量氮磷钾推荐施肥及数学模型研究.....2

平衡施肥对鲜食糯玉米产量品质和效益的影响.....10

添加硝化抑制剂双氰胺对小油菜生长及品质的影响.....16

养分管理专家推荐施肥减氮增效在玉米试验上研究初报.....23

湖北省农户花生施肥现状分析.....27

花生养分积累分配规律研究.....32

平衡施肥对小麦产量及经济效益的影响.....35

不同肥料处理对马铃薯产量品质和土壤肥力的影响.....40

山东省西北部潮土区小麦养分限制因子及施肥效益研究.....45

桃树矫正施肥研究.....51

不同 pH 值之间如何相互比较?.....54

肥料使用与人类健康.....55

2011 年 IPNI 研究生奖学金评选结果揭晓.....57

会员公司:

Agrium Inc. • Arab Potash Company • Belarusian Potash Company • CF Industries Holdings, Inc. • Great Salt Lake Minerals • OCP S.A • Incitec Pivot • International Raw Materials LTD • Intrepid Potash, Inc. • K+S KALI GmbH • The Mosaic Company • PotashCorp • Simplot • Sinofert Holdings Limited • SQM • Uralkali • Vale Fertilizantes S.A.

我国养分资源高效利用的战略和目标

金继运

IPNI 中国项目部 北京



世界和我国农业的发展历史均无可争辩地表明,包括有机肥和化肥在内的肥料资源合理

利用是农业可持续发展的重要技术保障。有机肥和化肥均是重要的养分资源,有机肥合理应用是农业生态系统养分循环的重要环节;而化肥的投入是增加该系统养分和能量循环强度,以提高农业生产力的根本保证。近30年来的农业生产实践和科学研究又证明,有机和无机肥料资源的不科学管理和使用已经引起了农业生产效益、农产品品质和环境质量的下降。因此,养分资源管理和肥料使用的目的必须从原来单纯追求农业生产效益转变为协调农业生产和环境保护的统一,以保证农业的可持续发展。

我国人多地少,为了发展农业生产,必须提高单位面积的产量和效益,因而必须增加肥料投入。近些年来,由于化肥的大量投入,作物产量大幅度提高,秸秆根茬等农田有机资源量也随之逐年增多,而再循环利用的比例则下降;化肥的年使用总量近年来一直居世界之首,但使用不合理、增产效益偏低,特别是氮肥。这些问题不仅增大了农业生产对化肥的需求,而且加剧了对环境的不良影响。问题的严重性和紧迫性在于,在可以预见的未来,我国的人口将继续增多而耕地将进一步减少,在这种情况下,为了保证国家的粮食和农产品安全,仍然必须继续依靠化肥的使用以进一步提高单位面积产量和总产,这必然增大了农业生产对环境的压力。因此,为了协调农业发展与环境保护的关系,迫切需要建立起可持续发展

的集约化农业养分管理体系和科学施肥技术体系。这是摆在我们面前的一项具有挑战性的紧迫任务。对我国来说,要完成这一任务,其难度显然要大于某些人少地多的发达国家,但却是影响我国农业发展、农村繁荣和农民致富的重大技术关键。

从1840年德国化学家李比希建立植物矿物质营养学说算起,农业化学的发展已有170多年的历史。高效、优质、稳产高产的养分管理体系和肥料使用技术一直是传统农业化学研究的主要任务。近些年来,信息技术和生物技术的发展将传统的农业化学推到了一个新的发展阶段,使得提升传统的养分管理体系和肥料使用技术体系以适应农业可持续发展的要求成为可能。

根据国家需求和学科发展的趋势,我国在植物营养与施肥科学研究发展总的战略应该是:将传统的植物营养学、土壤学和肥料学的理论与技术与新近快速发展的信息科学和生物技术相结合,围绕养分资源的高效利用,紧密结合我国农田高强度利用的特点,研究我国主要农田生态系统养分循环的主要过程、通量及其影响因素和调控,建立经济效益、环境效益与社会效益相统一的施肥技术体系和决策管理系统,充分利用一切可以利用的有机养分资源,科学施用化肥,实现包括各种植物必需的大中微量元素的均衡供应,最大限度发挥肥料的增产增收和提高地力的效能,最大限度减少肥料不合理使用对环境的不良影响。其主要目标是:保证作物持续增产、农民持续增收、耕地生产力持续提高、农田生态环境持续得到改善,实现农业的可持续发展。

郑麦 366 优质小麦目标产量氮磷钾推荐施肥及数学模型研究

孙克刚 李丙奇 和爱玲

(河南省农业科学院植物营养与资源环境研究所 河南 郑州 450002)



摘要: 采用三因素二次通用旋转组合设计, 对郑麦 366 优质强筋小麦施用氮、磷、钾肥进行定量研究。建立了郑麦 366 优质强筋小麦目标产量函数模型; 通过模型解析选优, 确定了每亩小麦目标产量 ≥ 600 公斤 ≥ 500 公斤 ≥ 480 公斤及最高产量的施肥推荐措施。产量在 600 公斤/亩以上时, 氮磷钾肥施肥措施为: 氮肥施用量为 14.6~16.2 公斤/亩, 磷肥施用量为 9.6~10.75 公斤/亩, 钾肥施用量为 11.4~12.7 公斤/亩; 产量在 500 公斤/亩以上时, 氮磷钾肥施肥措施为: 氮肥施用量为 14.4~15.5 公斤/亩, 磷肥施用量为 9.3~10.1 公斤/亩, 钾肥施用量为 10.9~11.9 公斤/亩; 产量在 480 公斤/亩以上时, 氮磷钾肥施肥措施为: 氮肥施用量为 14.4~15.4 公斤/亩, 磷肥施用量为 9.1~9.9 公斤/亩, 钾肥施用量为 10.5~11.6 公斤/亩。

关键词: 优质小麦 函数模型 优选方案

河南省是我国小麦主产区之一, 常年播种面积在 7500 万亩以上。近年来, 随着优质小麦的更新换代和施肥管理水平的提高, 优质小麦产量有了明显的增长, 但在生产上仍存在进一步提高产量和品质、降低成本等问题。这些问题在我国加入 WTO 以后面临更加激烈的竞争环境下, 会变的更加突出。据调查, 我省优质小麦产区施肥管理上存在的突出问题主要表现在三个方面, 一是施肥不科学, 主要表现在忽视 NPK 肥的平衡施用。二是不能根据优质小麦品种的营养特性进行针对性科学施肥, 使得优质小麦品种的产量潜力和品种优势难以发挥。三是不同地区对优质小麦高产施肥技术的推广与土壤管理力度不够, 导致优质小麦生产水平存在很大差距。

针对生产实践中存在的问题, 开展了大量

的农作物高产优质施肥技术的田间试验、示范和技术推广工作。全面推动了河南省农作物科学合理施肥。为了探讨氮、磷、钾肥对优质小麦产量的影响, 为优质小麦高产施肥提供理论与技术依据。现总结如下:

1 材料与方法

供试土壤主要理化性状见表 1。品种为郑麦 366 优质强筋小麦, 播种量为 7.5 公斤/亩。小区面积为 4 米 \times 5 米, 试验采用三因素二次通用旋转组合回归设计, 三因素分别为氮(N)肥用量(X_1)、磷(P_2O_5)肥用量(X_2)和钾(K_2O)肥用量(X_3), 因素水平及编码列表 2。小区田间管理和一般丰产田管理相同, 小区产量单收单记。

地 点	pH	OM	K	N	P	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
		(%)		(毫克/升)							
平 陵	8.06	0.4	46.1	1.3	19.7	15	1.07	0.3	4.8	3.9	0.5

变 量		-1.682	-1	0	1	1.682	Δj
施肥量氮肥 (N) (公斤/亩)	X_1	0	4.866	12	19.134	24	7.134
施肥量磷肥 (P_2O_5) (公斤/亩)	X_2	0	3.244	8	12.756	16	4.756
施肥量钾肥 (K_2O) (公斤/亩)	X_3	0	4.055	10	15.945	20	5.945

注：小麦价格 1.6 元/公斤，肥料价格 N 3.91 元/公斤， P_2O_5 4 元/公斤， K_2O 4 元/公斤

代号	结构矩阵			农艺措施 (公斤/亩)			小麦产量 (公斤/亩)
	X_1	X_2	X_3	氮肥	磷肥	钾肥	
1	1	1	1	19.1	12.7	15.9	581
2	1	1	-1	19.1	12.7	4.1	545
3	1	-1	1	19.1	3.2	15.9	524
4	1	-1	-1	19.1	3.2	4.1	510
5	-1	1	1	4.9	12.7	15.9	536
6	-1	1	-1	4.9	12.7	4.1	529
7	-1	-1	1	4.9	3.2	15.9	515
8	-1	-1	-1	4.9	3.24	4.1	503
9	-1.68	0	0	0	8	10	370
10	1.68	0	0	24	8	10	610
11	0	-1.68	0	12	0	10	400
12	0	1.68	0	12	16	10	583
13	0	0	-1.68	12	8	0	450
14	0	0	1.68	12	8	20	560
15	0	0	0	12	8	10	608
16	0	0	0	12	8	10	629
17	0	0	0	12	8	10	631
18	0	0	0	12	8	10	630
19	0	0	0	12	8	10	623
20	0	0	0	12	8	10	640

2 结果与分析

2.1 试验结果与数学模型

试验结构矩阵及郑麦 366 优质强筋小麦产量结果列表 3。将表 3 中产量结果经微机处理，分别求得氮肥施用量、磷肥施用量和钾肥施用量对产量的数学模型。

$$Y=625.6+35.2 \times N+32.7 \times P+18.6 \times K+5.6 \times N \times P+3.9 \times N \times K+2.1 \times P \times K-39.4 \times N^2-38.9 \times P^2-34.1 \times K^2 \quad (1)$$

失拟性检验结果： $F_1 = 43.1^{**}$ 回归式显著性测定结果： $F_2 = 84.7^{**}$

偏回归系数显著性检验表明，其各个系数均达到显著或极显著水平。

2.2 边际产量及其效应分析

$$Y_2 = 625.64 + 32.71P - 38.898P^2 \quad (2)$$

采用“降维法”，对模型（1）分别将两个变量固定在零水平得：

$$Y_1 = 625.64 + 35.19N - 39.428N^2$$

$Y_3 = 625.64 + 18.60K - 34.128K^2$
将各个试验处理编码值代入（2）函数求得表 4。

变量因素	试验水平					变异系数 (CV) %
	-1.682	-1	0	1	1.682	
X ₁	455	551	626	621	573	12.26
X ₂	461	554	626	619	571	11.71
X ₃	498	573	626	610	560	8.70

表 4 变异系数表明，氮肥施用量对产量的影响最大，磷肥次之，钾肥最小。

任意其中两因子在 0 水平，可分别求得单因子的边际效应方程（表 5）。

对模型（1）分别求一阶偏导数，并固定

边际效应方程	X ₀	AF
Y = 35.19 - 78.85N (3)	0.446	15.1
Y = 32.71 - 77.79P (4)	0.420	9.997
Y = 18.60 - 68.256K (5)	0.0824	10.49

注：AF 为边际产量=0 时，实际施用量（公斤/亩）。

由 3-5 式可得各因子边际产量=0 时的 X 值 (X₀) (N、P、K)，在 X₀ (N、P、K) 处产量最高；当 X (N、P、K) < X₀ (N、P、K) 时，各因素增产率大于零，此时产量随施肥量增加而增加，施肥产生正效应；当 X (N、P、K) > X₀ (N、P、K) 时，增产效应小于零，随施肥量的增加，产量开始下降，X₀ (N、P、K) 值及综合农艺措施见表 5。

2.3 优化氮磷钾肥施肥措施方案

2.3.1 最高产量及最佳产量优化综合氮磷钾肥施肥措施方案

郑麦 366 优质小麦最高产量可达 644 公斤/亩，相应的氮磷钾肥施肥措施为氮肥施用量为 15.5 公斤/亩，磷肥为 10.2 公斤/亩，钾肥为 11.7 公斤/亩。

2.3.2 目标产量范围内优化氮磷钾肥施肥措施方案

由表 6 看出：郑麦 366 优质小麦产量在 600 公斤/亩以上时，组合数 77 个，综合氮磷钾肥施肥措施为：氮肥施用量为 14.6~16.2 公斤/亩，磷肥施用量为 9.6~10.7 公斤/亩，钾肥施用量为 11.4~12.7 公斤/亩；产量在 500 公斤/亩以上时，组合数为 378 个，氮磷钾肥施肥措施为：氮肥施用量为 14.4~15.5 公斤/亩，磷肥施用量为 9.3~10.1 公斤/亩，钾肥施用量为 10.8~11.9 公斤/亩；产量在 480 公斤/亩以上时，组合数为 429 个，氮磷钾肥施肥措施为：氮肥施用量为 14.4~15.4 公斤/亩，磷肥施用量为 9.1~9.9 公斤/亩，钾肥施用量为 10.5~11.6 公斤/亩。

表 6 目标产量氮磷钾肥施肥措施方案

变量取值	X ₁		X ₂		X ₃	
	次数	频率	次数	频率	次数	频率
目标产量≥600 公斤/亩 氮磷钾肥施肥措施						
-1.682	0	0	0	0	0	0
-1.2615	0	0	0	0	0	0
-0.841	0	0	0	0	0	0
-0.4205	7	9.09	7	9.09	11	14.2
0	17	22.07	19	24.67	21	27.27
0.4205	22	28.57	22	28.57	22	28.57
0.841	20	25.97	19	24.67	16	20.78
1.2615	11	14.28	10	12.98	7	9.09
1.682	0	0	0	0	0	0
合计	77	100	77	100	77	100
X 平均值	0.48057		0.4532		0.3495	
标准误	0.05697		0.0564		0.0568	
95%置信区间	0.3689~0.59224		0.3425~0.5639		0.2382~0.4608	
农艺措施 (公斤/亩)	14.6~16.2		9.6~10.7		11.4~12.7	
目标产量≥500 公斤/亩 氮磷钾肥施肥措施						
-1.682	0	0	0	0	5	1.322
-1.2615	0	0	14	3.7	25	6.613
-0.841	37	9.7	40	10.5	45	11.9
-0.4205	54	14.3	54	14.3	52	13.7
0	59	15.6	58	15.3	57	15.0
0.4205	61	16.1	61	16.1	57	15.0
0.841	59	15.6	57	15.0	54	14.3
1.2615	53	14.0	53	14.0	46	12.2
1.682	42	11.1	41	10.8	37	9.8
合计	378	100	378	100	378	100
X 平均值	0.4205		0.3582		0.2381	
标准误	0.0396		0.04296		0.04585	
95%置信区间	0.3426~0.4983		0.2739~0.4424		0.1481~0.3279	
农艺措施 (公斤/亩)	14.4~15.5		9.3~10.1		10.8~11.9	
目标产量≥480 公斤/亩 氮磷钾肥施肥措施						
-1.682	0	0	0	0	12	2.8
-1.2615	0	0	25	5.8	37	8.6
-0.841	45	10.5	47	10.9	51	11.8
-0.4205	58	13.5	58	13.5	58	13.5
0	65	15.1	65	15.2	59	13.7
0.4205	67	15.6	66	15.3	59	13.8
0.841	64	15.0	63	14.7	58	13.5
1.2615	58	13.5	56	13.1	52	12.1
1.682	50	11.7	49	11.4	48	10.0
合计	429	100	429	100	429	100
X 平均值	0.4126		0.3224		0.1803	
标准误	0.03762		0.04192		0.04555	
95%置信区间	0.3389~0.4863		0.2403~0.4046		0.091~0.2696	
农艺措施 (公斤/亩)	14.4~15.4		9.14~9.9		10.5~11.6	

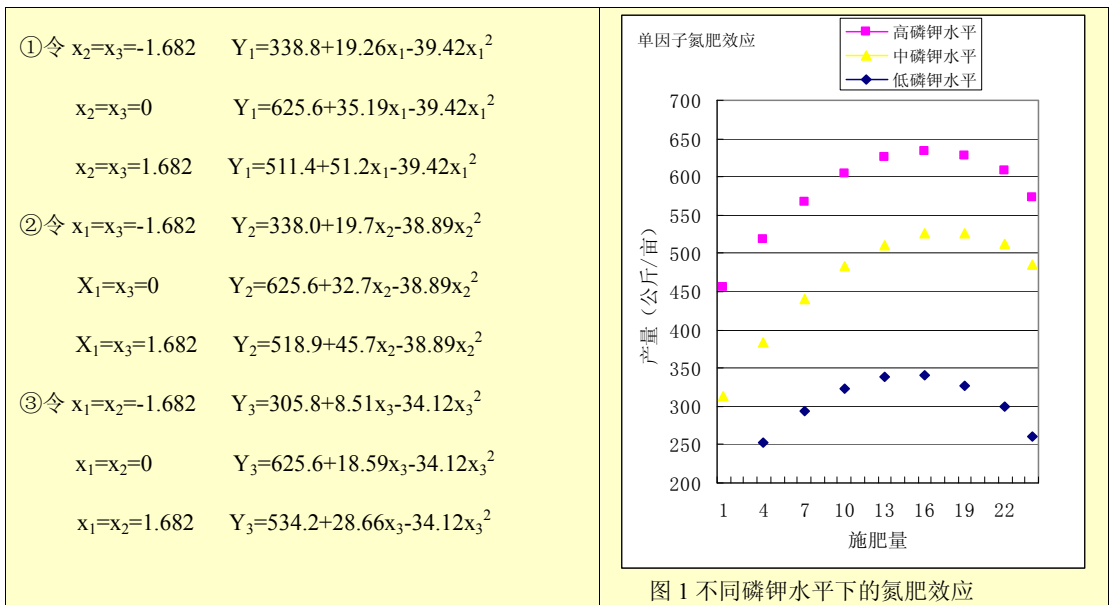
2.3.3 单因素产量效应分析

由于试验是在正交旋转设计的基础上进行,所以模型中各项效应不仅线性可知,且各项偏回归系数彼此独立,因而可以分析试验各因子的独立效应和交互效应。将模型 Y (1) 采用降维法分析,固定其中两因子的取值水平,便可求出另一自变量的偏回归子模型,由模型可以考察其不同取值水平的变化规律,正好相当于特定条件下的单因子试验,现分别将两因子固定在-1.682、0、1.682水平上用降维法求出各因子的一元二次回归子模型:

将各因素的不同水平值分别代入其子模型,得出各因素在不同水平值的理论产量(图1)。其中图1描述了产量与施氮量的关系,氮肥的增产效应无论磷和钾肥处于那一个水平值均呈抛物线,最高产量均在氮1水平。然

而氮肥的增产效应受磷和钾肥的水平制约,磷和钾肥中量水平时氮的增产效应最高,其次是高量水平,低量水平是最低。图2描述了产量与磷肥的关系。磷增产效应也呈抛物线型,但曲线比较平缓,最高产量是在磷中等水平,而且也呈现出氮和钾肥处于中量水平时磷的增产效应最高,其次是高量水平,低量水平时最低,差异比较明显。图3描述了产量与钾肥的关系。

当氮磷水平最低或中等时,产量与钾肥用量增加关系极为密切,呈正相关。当氮磷水平处于高量时,钾肥增产效应也呈抛物线型,最高产量为中量水平。由此可见在中等肥力麦田,小麦高产的施肥措施必须使氮、磷和钾肥适量配合,才能充分发挥肥料的增产效应。



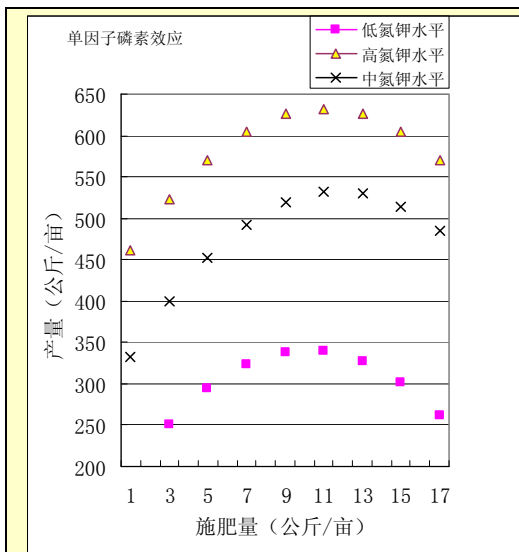


图 2 不同氮钾水平下的磷效应

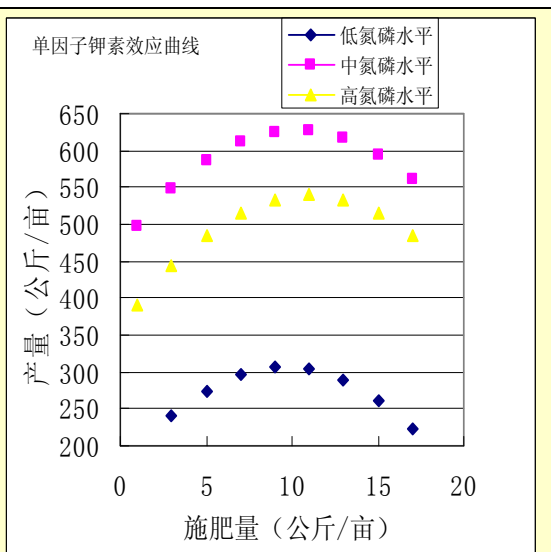


图 3 不同氮磷水平下的钾效应

2.3.4 三因素的交互效应

在模型 (1) 中将任何一个因素固定在 0 水平分析另两个因素的交互效应:

(1) N、P 互作 令 K=10, 由模型 (1) 可得以下回归模式:

$$Y=625.7+35.2 \times N+32.7 \times P+5.6 \times N \times P-39.4 \times N^2-38.9 \times P^2 \quad (6)$$

由模型 (6) 计算氮、磷互作效应表, 由表 7 看出, 当氮在 0~12 公斤/亩水平, 施磷 0~8 公斤/亩水平时, 交互作用表现增产, 当

不施氮时, 施少量磷肥增产, 过多则减产。施氮取 12 公斤/亩, 磷取 8 公斤/亩水平产量达最大值, 超过用量使出现减产。由此说明, 当钾肥以中量水平值, 氮磷配合中氮肥起主导作用。

(2) N、K 互作 令 P=8, 由模型 (1) 可得回归模型:

$$Y=625.6+35.2 \times N+18.6 \times K+3.9 \times N \times K-39.4 \times N^2-34.1 \times K^2 \quad (7)$$

表 7 氮与磷肥的互作效应

X ₂ 编码值	X ₁ 编码值				
	-1.682	-1	0	1	1.682
-1.682	305.7	395.4	460.6	446.9	392.3
-1	392.8	485.0	554.0	544.2	492.2
0	454.9	551.0	625.6	621.4	573.3
1	439.3	539.2	619.5	620.9	576.6
1.682	384.0	486.5	570.6	575.8	534.2

由模型(7)计算氮、钾肥交互效应(表), 由表8看出, 当氮在0~12公斤/亩水平, 施钾0~10公斤/亩水平时, 交互作用表现增产, 当不施氮时, 施少量钾肥增产, 过多则减产。

施氮12公斤/亩, 钾10公斤/亩水平产量达最大值, 超过用量使出现减产。由此说明当磷肥以中量水平值, 氮钾配合中氮肥起主导作用。

表8 氮与钾肥交互效应

X ₃ 编码值	X ₁ 编码值				
	-1.682	-1	0	1	1.682
-1.682	338.0	429.7	497.8	487.1	434.5
-1	408.7	502.2	572.9	564.8	514.1
0	454.9	551.0	625.6	621.4	573.3
1	432.9	531.6	610.1	609.8	564.3
1.682	378.7	479.2	560.4	562.7	519.0

(3) P、K 交互 令 N=12, 由模型(1) 可得回归模型:

$$Y=625.6+32.7 \times P+18.6 \times K+2.1 \times P \times K-38.9 \times P^2-34.1 \times K^2 \quad (8)$$

由模型(8)计算磷、钾肥交互效益(表9), 由表看出, 当磷在0~8公斤/亩水平,

施钾0~10公斤/亩水平时, 交互作用表现增产, 当不施磷时, 施少量钾肥增产, 过多则减产。施磷取8公斤/亩, 钾取10公斤/亩水平产量达最大值, 超过用量使出现减产。由此说明当氮肥以中量水平值, 磷钾配合中磷肥起主导作用。

表9 磷、钾肥交互效应

X ₃ 编码值	X ₂ 编码值				
	-1.682	-1	0	1	1.682
-1.682	338.8	429.8	497.8	488.1	436.8
-1	411.4	503.4	572.9	564.6	514.3
0	460.6	554.0	625.6	619.5	570.6
1	441.5	536.4	610.1	606.1	558.7
1.682	389.3	485.2	560.4	557.8	511.4

2.3.5 最佳经济效益组合方案

在生产实践中往往最高产量组合方案不一定是最佳经济效益方案。为取得最大经济效益,实现低投高产,将各因素的成本,按每公斤小麦 1.6 元,氮 3.91 元,磷 4 元、钾肥 4 元计算,解得最佳经济效益方案为:
 $N=0.458141$ (折纯 N 15.2 公斤/亩);
 $P=0.428299$ (折 P_2O_5 10 公斤/亩);
 $K=0.250772$ (折 K_2O 11.4 公斤/亩);
 $Y=644.65$ 公斤/亩。

由此可见最佳经济施肥方案与达到最高产量的施肥方案十分接近,而且也在频数法分析的施肥组合方案以内。说明最佳施肥组合方案不仅可以获得高产,而且也可得到最大的施肥经济效益。

小结

优质小麦郑麦 366 最高产量可达 644.8 公



斤/亩,相应的氮磷钾肥施肥措施为氮肥施用量为 15.5 公斤/亩,磷肥为 10.2 公斤/亩,钾肥为 11.7 公斤/亩。

优质小麦郑麦 366 产量在 600 公斤/亩以上时,组合数 77 个,氮磷钾肥施肥措施为:氮肥施用量为 14.6~16.2 公斤/亩,磷肥施用量为 9.6~10.75 公斤/亩,钾肥施用为 11.4~12.7 公斤/亩;产量在 500 公斤/亩以上时,组合数为 378 个,氮磷钾肥施肥措施为氮肥施用量为 14.4~15.5 公斤/亩,磷肥施用量为 9.3~10.1 公斤/亩,钾肥施用为 10.9~11.9 公斤/亩;产量在 480 公斤/亩以上时,组合数为 429 个,氮磷钾肥施肥措施为:氮肥施用量为 14.4~15.4 公斤/亩,磷肥施用量为 9.1~9.9 公斤/亩,钾肥施用量为 10.5~11.6 公斤/亩。

参考文献:

- [1] 徐兆飞,张定一. 水地小麦高产施肥模型及其应用研究[J], 华北农学报, 1991, 6 (2): 69-77.
- [2] 孙克刚,李贵宝,王英,等. 芝麻高产优化施肥推荐模型建立及其应用[J].土壤通报, 1997.28 (3): 135-136
- [3] 王茂秋,陈万民,朱化良.丘陵旱地花生氮磷钾配比施肥模型及优化方案[J], 花生科技, 1995, (3): 19-21
- [4] 王才斌,成波,张礼凤,等. 不同类型优质花生新品种需肥特点及优化施肥研究[J].土壤.1999, 31 (3): 324-327.



平衡施肥对鲜食糯玉米产量、品质和效益的影响

李伟¹ 文玲² 王帅¹ 冷继玲²

(1 重庆市农业技术推广总站 2 铜梁县农技中心)



摘要: 种植鲜食糯玉米已经成为铜梁县农民增加经济收入的一条重要途径。但由于缺乏科学的施肥指导,增产少增收,极大地挫伤了农民的生产积极性。为了给种植农户提供一个比较符合当地实际的施肥推荐方案,2008年-2009年连续在主产区进行最佳施肥量的试验。采用单因素随机区组方法,对氮磷钾的用量、比例及施肥方法进行研究。结果表明,试验条件下20公斤/亩N、10公斤/亩 P_2O_5 、10公斤/亩 K_2O (OPT)可以获得1114公斤/亩-1158公斤/亩鲜糯玉米产量,达到当地高产量水平,2009年纯收益达到1091元/亩,高于其他施肥处理。同时,在抽穗期遇到干旱,OPT处理的秃尖率和秃尖度明显低于其他处理。上述施肥方案正在为该区域种植鲜食糯玉米的农户所接受,成为一项实用技术。

铜梁县安居镇地处涪江流域。安居坝位于涪江一、二级阶地,由于光热条件好,水源充足,地势平坦,土壤肥沃,排灌渠系、田间道路等基础设施较完善,交通方便,该地区已经发展成为重庆市重要的蔬菜生产基地,其中鲜食糯玉米因其效益高,成为蔬菜基地种植的主要作物品种,近年来涪江流域沿岸已经发展到9000亩左右,尤其以安居坝最为集中,其规模达到4800亩以上。商业化的鲜食糯玉米生产是当地近年来发展起来的产业,适合于鲜食糯玉米的施肥方案亦少有研究^[1],“经验”施肥给农民带来的增收效益低,同时长期过量施用化肥势必对涪江水质安全构成威胁^[2-3]。因此,针对该区域的土壤肥力状况,研究鲜食糯玉米的平衡施肥方案和施用技术,对于指导当地农民科学合理施肥,实现节本增效具有重要意义^[4]。本试验由IPNI中国项目部资助,2008

年-2009年连续两年在铜梁县安居镇实施。

1 材料与方法

1.1 试验地点

试验地选择在鲜食糯玉米的集中产地铜梁县安居镇四面村八社农户周川的承包地。试验地海拔198米,位于涪江二级阶地,灌溉条件良好。

1.2 供试土壤

试验地土壤类型为第四系新冲积物发育形成的潮砂泥土,土层厚约0.8米,质地中壤,有一定的回润能力,经中-加合作实验室分析,不同年度供试土壤的pH基本一致,而有机质含量和氮磷钾速效养分存在着一定差异(表1)。

表1 供试土壤基本性状

试验年份	土壤名称	pH	OM	NH ₄ -N	NO ₃ -N	P	K
			(%)	(毫克/升)			
2008	潮砂泥土	8.06	0.62	3.1	17.8	17.4	67.3
2009	潮砂泥土	8.08	0.44	12.6	37.2	22.4	28.5

1.3 供试作物品种

供试作物品种 2008 年为渝糯 7 号, 2009 年为金科糯, 均为重庆市主推的鲜食糯玉米良种。

1.4 试验设计

2008 年~2009 年均按照中-加合作实验室给出的施肥推荐设计, 本试验共设 10 个处理, 即氮、磷、钾各设 4 个水平, 以 20 公斤/亩 N、10 公斤/亩 P₂O₅、10 公斤/亩 K₂O 为最佳处理 (OPT) (表 2)。小区随机区组排列。三次重复。

供试肥料品种为尿素、过磷酸钙、氯化钾。磷肥全部作基肥。氮肥 30%作底肥, 70%的作追肥, 钾肥底、追肥各 50%。

1.5 试验实施

试验于 2 月初整地划小区。小区长 6 米, 宽 3.33 米, 面积 20 平方米。整地后播种。宽窄行直播。播种规格为 0.67 米~1 米 (行距) × 0.4 米 (窝距), 每小区栽 4 行, 每行 15 窝。播种后地膜全覆盖。

底肥在整地时施用。3 月下旬至 4 月初施拔节肥, 数量为总氮量的 30%, 余下 40%的氮素以及 50%的钾肥作为穗肥在 5 月上旬施用。

各小区的田间管理均与大田生产一致。6 月上旬至中旬采收, 每个小区单打单收计产。同时采集植株样本进行品质分析。

1.6 样品分析

植株样品采集后立即置于 5℃温度下保存, 48 小时内完成品质指标的分析测试。分析项目包括籽粒中游离氨基酸、可溶性糖和粗蛋白含量。分析方法游离氨基酸采用茚三酮比色法, 可溶性糖采用蒽酮比色法, 粗蛋白采用凯氏定氮法。

2 结果与分析

2.1 施肥对产量的影响

试验处理及其产量结果列于表 2。从表中可以看出, 不同年度间的产量虽有差异, 但是都以 OPT 处理的产量最高, 达到 1114-1158 公斤/亩, 为当地相同品种的高产水平。在此基础上减少 50%的氮肥用量, 其产量下降一成左右, 表明充足的氮肥用量对于鲜食糯玉米的产量至关重要^[5]。但是在 OPT 基础上继续增加氮肥用量, 其产量呈下降趋势, 即试验设计的最佳氮肥用量 20 公斤/亩 N 是合适的。

表2 试验处理及产量

试验处理	2008年		2009年	
	产量 (公斤/亩)	相对产量 (%)	产量 (公斤/亩)	相对产量 (%)
20-10-10 (OPT)	1158A	100.0	1114 A	100.0
15-10-10	1129 A	97.5	975 A	87.5
10-10-10	1050 B	90.7	992 A	89.0
25-10-10	1140 A	98.5	976 A	87.6
20-5-10	1037 B	89.5	970 A	87.0
20-0-10	957 B	82.6	919 B	82.5
20-15-10	1158 A	100.0	987 A	88.5
20-10-5	1071 B	92.5	927 B	83.2
20-10-0	937 B	80.9	856 B	76.8
20-10-15	1132 A	97.8	983 A	88.2

注：同一列中数字后不同字母表示差异达极显著水平 (P<0.01)。

供试土壤速效磷的含量处于较丰富水平，但是磷肥对于鲜食糯玉米产量的影响依然明显，当磷肥用量减少到 OPT 的一半时，相对产量降低到 87.0%~89.5%，不施磷肥时，相对产量仅为 82%左右，与 OPT 的产量差异达到 1%显著水平。

在本试验中钾肥对鲜食糯玉米产量的影响十分显著。不施钾肥的相对产量 76.8%~80.9%，与 OPT 处理的产量差异达到 1%显著水平，比不施磷肥的产量还低。这一现象与供试土壤速效钾含量低的分析结果相吻合。在 OPT 水平上继续增加钾肥用量，其产量并没有同步上升，而是下降，表明试验条件下 10

公斤/亩 K_2O 能够满足当地鲜食糯玉米高产水平的钾肥需求。

2.2 施肥对品质的影响

2.2.1 氮肥

游离氨基酸、粗蛋白和可溶性糖含量是鲜食糯玉米重要的品质指标，从表 3 中看出，不同氮肥用量与粗蛋白含量之间存在着良好的线性关系，即在 OPT 水平以下，鲜食糯玉米籽粒中粗蛋白含量随着氮肥用量的增加而增加，适量的氮肥对于提高鲜食糯玉米的粗蛋白含量是有益的。

表3 氮肥对鲜食糯玉米营养品质的影响

施氮水平 (公斤/亩)	游离氨基酸 (毫克/公斤)		可溶性糖 (%)		粗蛋白 (%)	
	2008	2009	2008	2009	2008	2009
	10	597	361	2.1	3.0	3.1
15	670	343	1.8	2.9	3.0	8.8
20	576	324	2.1	2.2	3.4	9.1
25	546	445	1.9	3.0	3.1	8.4

注：表中的数字除粗蛋白为干基计以外，其他指标均为鲜基计。

从游离氨基酸含量与氮肥施用量的关系来看，不同年度间均以 OPT 处理最低。可溶性糖含量则在不同年度间表现不同，OPT 处理在 2008 年最高，2009 年则低于其他处理。

2.2.2 磷肥

与氮肥相似，不同磷肥用量处理与鲜食糯玉米的粗蛋白含量存在着一定的相关性，即在

OPT 水平以下增加磷肥用量则粗蛋白含量也随之增加（表 4）。但磷肥对游离氨基酸含量和可溶性糖含量的影响则似乎与粗蛋白相反，即 OPT 处理的游离氨基酸和可溶性糖均低于其他水平。

表4 磷肥施用量与鲜食糯玉米品质的关系

施 P ₂ O ₅ 水平 (公斤/亩)	游离氨基酸 (毫克/公斤)		可溶性糖 (%)		粗蛋白 (%)	
	2008	2009	2008	2009	2008	2009
	0	594.0	440.4	1.7	2.7	2.94
5	615.0	417.3	2.0	2.7	2.87	8.81
10	576.0	324.1	2.1	2.2	3.35	9.12
15	690.0	467.0	1.6	2.7	2.28	8.97

注：表中的数字除粗蛋白为干基计以外，其他指标均为鲜基计。

2.2.3 钾肥

2008 年的试验结果，随着钾肥用量的增加，鲜食糯玉米游离氨基酸、可溶性糖和粗蛋白含量均同步增加，表现出良好的线性关系

（表 5），表明钾肥对于提高鲜食糯玉米的营养品质具有良好的作用。

表5 钾肥施用量与鲜食糯玉米品质的关系

施 K ₂ O 水平 (公斤/亩)	游离氨基酸 (毫克/公斤)		可溶性糖 (%)		粗蛋白 (%)	
	2008	2009	2008	2009	2008	2009
	0	477	366	2.0	2.9	3.3
5	502	381	1.6	2.9	3.1	8.5
10	576	324	2.1	2.2	3.4	9.1
15	490	409	2.3	2.7	3.1	8.7

注：表中的数字除粗蛋白为干基计以外，其他指标均为鲜基计。

2.3 钾肥对玉米秃尖的影响

2009年5月中旬~6月初，玉米抽穗扬花期间，先后出现三次持续降雨3天的连阴雨，气温偏低，光照不足，鲜食糯玉米秃尖情况比正常年景更加明显。秃尖率（发生秃尖玉米窝数占试验玉米总窝数的百分比）达到40%以上。田间收获时调查，钾肥用量与秃尖度（秃尖部分长度占果穗长的比例）有明显的相关性，施钾量为10公斤/亩、15公斤/亩K₂O的，其秃尖度为17%~18%，而不施钾肥的秃尖度达到21.6%。同时不施钾肥处理的果穗还出现畸形，影响其商品性。

2.4 经济效益分析

2009年试验各处理的经济效益分析列于表6。从中可以看出，虽然OPT处理的投入（肥料、种子、农药及人工费）相对较高，但是因为其产量高，因此纯收益也相应的高，达到1091元/亩，肥料投资回报率也达到7.7。尽管不施磷肥和不施钾肥处理的肥料产投比高，但是由于其产值低，并不为种植户欢迎。另外，由于前述原因，不施钾肥处理的玉米因为其商品性差，实际售价低于1.5元/公斤，因此其效益比表3中计算的更低。

表6 施肥效益分析表（2009年）

处 理	肥料投入	产值	纯收益	肥料投资回报率 (%)
		(元/亩)		
20-10-10	213	1672	1091	7.8
15-10-10	191	1463	904	7.6
10-10-10	169	1488	951	8.8
25-10-10	235	1465	862	6.2
20-5-10	182	1455	905	8.0
20-0-10	160	1379	851	8.6
20-15-10	255	1480	857	5.8
20-10-5	186	1391	837	7.5
20-10-0	148	1285	769	8.7
20-10-15	261	1475	846	5.7

注：1、成本中种子、农膜68元/亩，农药10元/亩，人工费270元/亩，其余为肥料投入。
2、肥料价格尿素2024元/吨，过磷酸钙756元/吨，氯化钾3750元/吨。
3、鲜玉米的售价按均价1.5元/公斤计。
4、肥料投资回报率=产值/肥料投入。

3. 讨论

3.1 试验结果表明,设计的最佳施肥量虽然获得了最高的产量,但是其鲜食糯玉米品质指标并没有得到提高,相反,游离氨基酸、可溶性糖均低于其他处理。这也许是因为:①稀释效应的结果。OPT处理产量比其他各处理高10%~23%,正是由于高产导致了上述成分的“稀释”。若以各处理的产量与其游离氨基酸含量的乘积作为“游离氨基酸产量”,则可以看出,“游离氨基酸产量”与磷肥和钾肥施用量均呈显著的正相关,其决定系数分别为 $R^2=0.8900$ 和 $R^2=0.9500$ 。②测定对象含水量不

一致产生误差。以鲜基作为营养品质指标计算的基础,而分析对象的含水量是不一致的,这在一定程度上影响了结果的可比性。以干基计算的粗蛋白含量与施肥量的相关性较好,就是一个佐证。

3.2 随着氮肥用量的增加,游离氨基酸含量呈下降趋势,相反,其粗蛋白含量表现为上升,游离氨基酸和粗蛋白含量都与氮肥施用量有关,且似乎成为一种互为消长的关系(图1)。出现这种现象可能与植物体内游离氨基酸合成蛋白质的代谢过程有关。这一现象提示我们对于鲜食玉米和用作饲料的玉米在氮肥的施用量上应当有不同的策略。

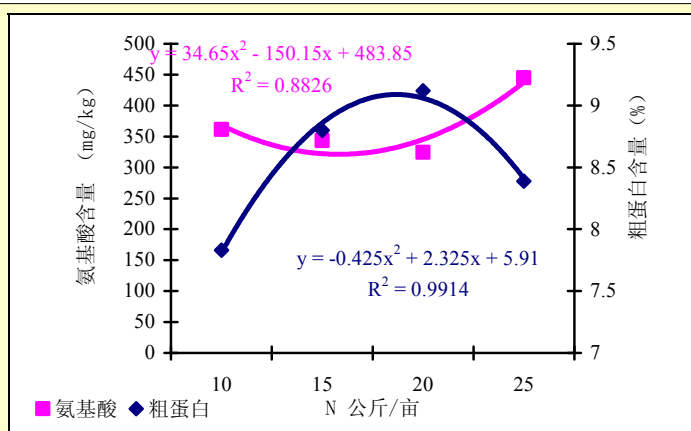


图1 氮肥用量与鲜食糯玉米游离氨基酸和可溶性糖含量的关系

参考文献:

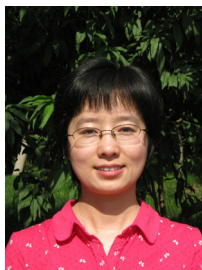
- [1] 马毅, 霍建中, 冯留锁, 等. 鲜食糯玉米研究现状及高产栽培给术[J]. 种业导刊, 2005 (8): 15-17.
- [2] 吕殿青, 同延安, 孙本华, 等. 氮肥施用对环境污染影响的研究[J]. 植物营养与肥料学, 1998, 4 (1): 148-150.
- [3] 刘宏斌, 李志宏, 张云贵, 等. 北京平原农区地下水硝态氮污染状况及其影响因素研究[J]. 土壤学, 2006, 43 (3): 405-413.
- [4] 涂仕华. 中国西南地区平衡施肥研究进展[M]. 成都: 四川大学出版社, 2002.
- [5] 宋海星, 李生秀. 玉米生长量、养分吸收量及氮肥利用率的动态变化[J]. 中国农业科学, 2003, 36 (1): 71-76.
- [6] 闫湘, 金继运, 何萍, 等. 提高肥料利用率技术研究进展[J]. 中国农业科学, 2008, 41 (2): 450-459.

添加硝化抑制剂双氰胺对小油菜生长及品质的影响

串丽敏¹, 赵同科², 安志装², 何萍¹

(1 中国农业科学院农业资源与农业区划研究所, 北京 100081

2 北京市农林科学院植物营养与资源研究所, 北京 100097)



摘要: 降低蔬菜硝酸盐累积, 提高营养品质是人们一直为之不断探索的课题。本试验在盆栽条件下, 研究尿素中添加硝化抑制剂DCD为施入纯氮量的1%、2%、3%、4%、5%不同剂量时对小油菜生长和品质的影响。结果表明, 添加DCD能显著提高小油菜产量并降低植株体内硝酸盐含量, 其增产幅度为22.77%-33.50%, 硝酸盐含量降低14.90%-30.51%。同时不同程度地提高了小油菜Vc、全氮、全磷含量。植株可溶性糖含量在DCD3%用量范围内呈上升趋势, 大于4%时呈一定下降趋势。小油菜吸氮量和氮素利用率在DCD3%水平达到最高。

关键词: 硝化抑制剂 双氰胺 硝酸盐 Vc 可溶性糖 小油菜

蔬菜在人们生活中必不可少, 但是蔬菜容易富集硝酸盐, 尤其是叶菜类和根菜类, 过量硝酸盐的摄入会直接影响人类健康。随着经济的发展和人们环保意识的增强, 食品优质及安全生产越来越受到社会的关注, 消费者对蔬菜产品的需求也由单纯满足数量型转向质量型。农业生产中, 不合理的氮肥施用和管理措施, 不仅导致氮素以氨挥发、硝酸盐淋溶及氮氧化物等途径损失, 使得氮肥利用率降低, 同时也会造成作物对硝酸盐的奢侈吸收和超量富集, 进而由人体过量摄入, 对健康造成危害。因此, 探索农业生产中氮素高效利用、作物高产和优质双赢模式成为人们追求的目标。

研究发现, 从氮素在土壤中的生物化学转化过程入手, 通过抑制剂的施用来调控氮素的转化, 减缓硝化过程的进行, 是实现氮肥高效管理与利用的有效手段之一^[1-5]。硝化抑制剂

(nitrification inhibitor) 是具有抑制亚硝化细菌 (Nitrosomonas) 等活动功能的一类物质, 在土壤中能够减缓亚硝化、硝化、反硝化的作用, 从而抑制 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 向 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 转化, 使土壤中的氮尽量以 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 形式存在, 减少氮肥以 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 形式损失, 从而提高氮素利用率, 增加作物产量和改善作物品质。已有研究表明, 对于不同土壤类型, 不同质地, 不同肥力, 不同作物类型, 尿素中添加硝化抑制剂 DCD 的效果不尽相同。就目前的研究和应用看, 其研究深度和广度有待进一步加强。本试验针对蔬菜生产中存在的硝酸盐累积导致的环境和产品质量安全问题, 以叶菜类小油菜为对象, 开展特定土壤条件下添加 DCD 对其硝酸盐累积和环境效应影响研究, 为蔬菜生产中氮素的高效利用和农产品安全提供理论依据和技术支撑。

1 材料与方法

1.1 试验时间、地点

试验于2009年3月-5月在北京市农林科学院温室进行。

1.2 试验材料

供试土壤为大田土壤，土壤类型为中壤质潮土，基本理化性状见表1，供试蔬菜为小小油菜（*Brassica campestris* L.），品种为京绿7号。

表1 供试土壤基本理化性质

pH (水土比)	有机质	全氮	硝态氮	铵态氮	速效磷	速效钾
2.5:1	(克/公斤)				(毫克/公斤)	
8.20	21.53	1.23	59.01	5.63	13.31	87.52

1.3 试验方法

1.3.1 试验设计

试验采用室内盆栽方法，盆钵大小为直径25厘米×高25厘米。小油菜于3月17日播种，每盆留苗5棵，5月4日收获。试验设7个处理，3次重复：1) 磷钾(CK，不施氮肥)；2) 氮磷钾(NPK)；3) 氮磷钾+D1(DCD施入量为施入纯氮量的1%)；4) 氮磷钾+D2(DCD施入量为施入纯氮量的2%)；5) 氮磷钾+D3(DCD施入量为施入纯氮量的3%)；6) 氮磷钾+D4(DCD施入量为施入纯氮量的4%)；7) 氮磷钾+D5(DCD施入量为施入纯氮量的5%)。施氮量为0.27克/公斤土(尿素，N46%)，施磷量为0.2克/公斤土(过磷酸钙，P₂O₅12%)，施钾量为0.2克/公斤土(硫酸钾，K₂O50%)，所有肥料与抑制剂均一次性基施。

1.3.2 测定方法

各处理分别在收获时单打单收、分盆计产。植株鲜样取回后分成2份，其中1份立即测定硝酸盐、维生素C、可溶性糖含量，另1份置于烘箱105℃杀青后于65℃烘干测定全氮、全磷、全钾含量。硝酸盐含量采用紫外分光光度法测定；维生素C含量采用2,6-二氯

靛酚滴定法测定；可溶性糖含量采用蒽酮比色法测定；全氮、全磷、全钾含量分别采用浓H₂SO₄-H₂O₂消化-凯氏定氮法(N)、钼钒黄比色法(P)和火焰光度法(K)测定^[6]，同时计算氮肥利用率：N肥利用率=(施氮处理吸N量-不施氮处理吸N量)/施N量×100%。

1.3.3 统计分析

试验数据采用基于Windows的Excel和SPSS10统计分析软件处理分析。

2 结果与分析

2.1 添加硝化抑制剂DCD对小油菜产量的影响

收获时的产量如图1所示，研究表明：即使在较高肥力土壤条件下，氮肥施用也促进了小油菜的生长，显著地增加了小油菜产量，NPK处理下产量是不施氮肥CK处理的2.79倍。施用DCD的不同处理D1、D2、D3、D4、D5的小油菜产量显著提高(P<0.05)，与NPK处理相比，分别增加了22.77%、26.71%、27.43%、25.83%、33.50%。

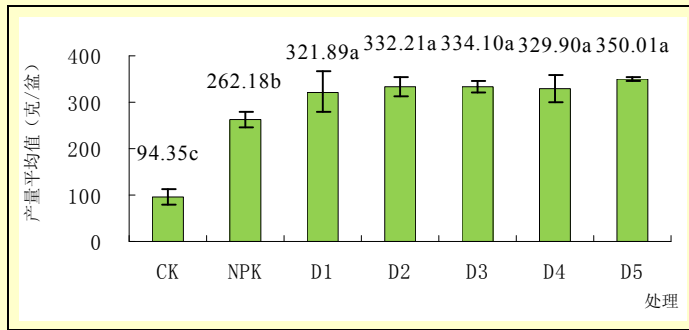


图1 不同DCD处理下小油菜的产量

注：各处理数值为三次重复的平均值，图中不同的字母表示处理之间差异显著(P<0.05)。下同。

其中 D5 处理产量增加最多，说明 DCD 的施用可以较大幅度提高小油菜的生物产量。

2.2 添加硝化抑制剂 DCD 对小油菜体内硝酸盐含量的影响

氮肥的施用是决定植物体内硝酸盐含量的主要因素。研究发现施氮处理极显著地提高了小油菜植株硝酸盐（以 N 计，下同）含量，NPK 不施 DCD 处理下硝酸盐含量是 CK 处理的 22 倍。从整体上来看（图 2），施用 DCD

的 D2、D3、D4、D5 水平与 NPK 处理相比，小油菜植株体内硝酸盐含量分别降低 23.81%、25.76%、29.48% 和 30.51%，达显著水平 (P<0.05)，D1 处理虽有下降趋势，但未达显著水平。施用 DCD 的五个处理之间，小油菜植株硝酸盐含量随着 DCD 施用量的增加，呈一定的下降趋势，说明硝化抑制剂 DCD 对小油菜硝酸盐累积有一定的抑制作用。

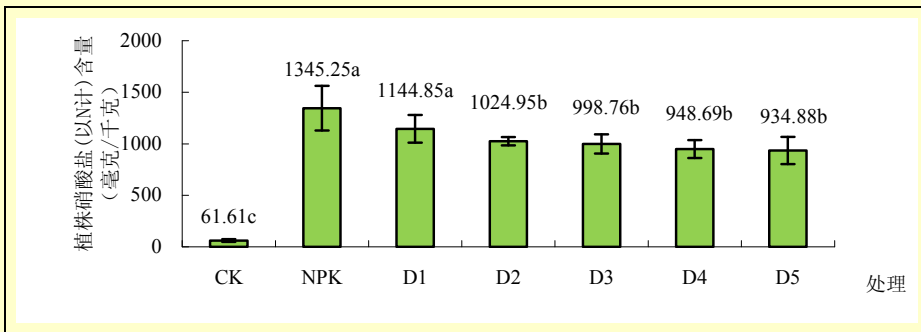


图2 不同DCD处理下小油菜植株体内硝酸盐（以N计）含量

研究表明，人体摄入的硝酸盐 80% 以上来自蔬菜，因而多数学者倾向于把蔬菜产品中硝酸盐含量作为评价蔬菜卫生品质的重要指标之一。据沈明珠等^[7]提出的蔬菜可食部分硝

酸盐的食用卫生标准，本试验涉及的各项处理硝酸盐含量多处于国家三级标准，属于不宜生食，只能熟食的范围。虽然随着 DCD 施用量的增加，小油菜硝酸盐含量降低，但也未

能达到二级标准,这可能与供试土壤本身肥力较高,试验又采取常规施肥量,且单纯施入化肥所致。因此在今后的研究以及生产实际中,可以考虑有机无机肥料配施,适量减少氮肥投入,进一步研究硝化抑制剂 DCD 的施用效果,以期更好降低蔬菜硝酸盐含量,提高蔬菜的品质。

2.3 添加硝化抑制剂 DCD 对小油菜收获后 Vc 和可溶性糖含量的影响

Vc、可溶性糖为评价蔬菜品质的重要营养指标。可溶性糖是植物光合作用的产物,代表着光合作用强度的大小。分析显示,不施氮肥的 CK 处理, Vc 和可溶性糖含量都显著高

于其他处理,这可能是由于不施氮肥处理的小油菜植株较小,导致浓缩效应,使 Vc 和可溶性糖浓度较高。NPK、D1、D2、D3、D4、D5 六个处理之间, Vc 和可溶性糖含量均没有显著性差异。当施用 DCD 时,与 NPK 处理相比(表 2)除 D3 水平略有降低外,其它处理 Vc 含量均有小幅度上升。在 DCD 施用量 5% 范围内, D1 处理的 Vc 含量最高。D1、D2、D3 处理与 NPK 处理相比,可溶性糖含量可以提高 1.15%~29.86%,但是随着 DCD 施用量的持续增加,可溶性糖含量并不一直升高,而是表现出下降的趋势, D4、D5 处理分别比 NPK 处理降低 3.30%、5.45%。

表 2 不同 DCD 处理小油菜收获后 Vc 和可溶性糖含量

处理	Vc 含量 (鲜样)	比 NPK 提高	可溶性糖	比 NPK 提高
	(毫克/100 克)		(%)	
CK	45.44±4.07a	37.70	1.71±0.14a	111.11
NPK	33.00±5.70b	--	0.81±0.15 b	--
D1	33.51±5.96b	1.55	1.02±0.36b	26.61
D2	33.24±2.98b	0.74	1.05±0.11b	29.86
D3	32.84±3.61b	-0.48	0.82±0.10b	1.15
D4	33.41±8.56 b	1.24	0.78±0.15b	-3.30
D5	33.31±5.62b	0.94	0.76±0.01b	-5.45

2.4 添加硝化抑制剂 DCD 对小油菜吸收氮、磷、钾养分的影响

从全氮来看(表 3),氮肥施用显著提高了小油菜植株体内氮素含量, NPK 与 CK 处理相比,提高了 40.6%。小油菜体内氮素含量随 DCD 用量的增加而增加,与 NPK 处理相比,

D1、D2、D3、D4 处理分别提高了 11.91%、18.51%、20.67%和 27.60%, D2、D3、D4 处理小油菜植株全氮含量与 NPK 处理的差异均达显著水平, D5 较高用量下与 D4 相比呈显著性地下降,但与 NPK 处理和 D1 处理相比没有显著性差异。

表3 不同DCD处理小油菜植株全氮、全磷、全钾含量

处理	植株全氮	比 NPK 高	植株全磷	比 NPK 高	植株全钾	比 NPK 高
	(%)					
CK	2.19±0.32c	-28.90	0.83±0.10a	38.33	1.56±0.15b	26.76
NPK	3.08±0.21 b	--	0.60±0.07 b	--	2.13±0.07a	--
D1	3.45±0.44 b	11.91	0.71±0.10 a	18.43	2.08±0.15a	-2.35
D2	3.65±0.23 a	18.51	0.68±0.06 b	13.96	2.07±0.09a	-2.97
D3	3.71±0.19 a	20.67	0.66±0.06 b	11.16	2.03±0.05a	-4.54
D4	3.93±0.46 a	27.60	0.66±0.03 b	10.06	2.04±0.02a	-4.23
D5	3.49±0.36 b	13.31	0.63±0.06 b	5.03	1.98±0.19a	-6.89

表4 不同DCD处理小油菜吸氮量和氮素利用率

处理	吸氮量	比 NPK 高	氮素利用率	比 NPK 高
	(克/盆)	(%)		
CK	0.10±0.04f	-73.68	--	--
NPK	0.38±0.03e	--	12.75±0.97c	--
D1	0.36±0.02e	-5.26	12.06±0.89c	-5.41
D2	0.45±0.02bc	19.29	15.78±0.69b	23.79
D3	0.55±0.04a	43.87	19.41±1.24a	52.24
D4	0.44±0.04cd	16.66	15.32±1.31b	20.16
D5	0.40±0.01de	5.26	13.56±0.26c	6.38

吸氮量也是表征作物吸收氮素能力大小的指标。不同处理下小油菜吸氮量与全氮含量呈现出相似的规律(表4), DCD处理总体上可以增加小油菜对氮素的吸收,提高氮素利用率。NPK处理的吸氮量是不施氮CK处理的3.8倍,除D1处理下吸氮量与NPK处理相比没有显著差异外,D2、D3、D4、D5处理下吸氮量分别比NPK处理增加了19.29%、43.87%、16.66%、5.26%。从氮素利用率来看,D2、D3、D4处理都显著的提高了氮素利用率,其中D3处理氮素利用率达到最高,D5高施入水平下氮素利用率与NPK处理相比,也有一定提高。可见适宜的DCD用量可以增加作物对氮素的吸收,从而大幅度提高氮素利用效

率,这对改善氮素使用和利用状况,减少氮素损失和环境风险具有实际意义。

从小油菜的全磷含量上来看,氮肥施用显著降低了小油菜体内磷素含量,NPK处理与CK处理相比含量下降了27.7%。D1、D2、D3、D4、D5处理与NPK处理相比,全磷含量分别高出18.43%、13.96%、11.16%、10.06%和5.03%,其中D1处理达显著水平($P<0.05$),其它处理虽没有显著性差异,随着DCD施用量的增加,植株全磷增加幅度逐渐降低。可见一定量DCD施用有促进小油菜对磷素吸收的作用,较高DCD用量也不利于小油菜对磷素的吸收。

氮肥的施用显著提高了小油菜钾素含

量, NPK 处理下含量与 CK 相比提高了 36.5%。小油菜植株的全钾含量并不随着 DCD 施入量的增加而增加, 反而表现出一直下降的趋势, 但各处理间差异不显著。这可能是由于土壤中硝化抑制剂的存在, 使大量氮以 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 形式较高浓度存在, NH_4^+ 与 K^+ 形成竞争吸收, 抑制了小油菜对 K^+ 的吸收, 使植株体内全钾含量降低, 对此, 有待于进一步进行 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 监测验证。

3 讨论

添加硝化抑制剂 DCD 可以提高蔬菜生物产量, 其原因一方面可能是由于有硝化抑制剂 DCD 的存在, 抑制了亚硝化细菌的活性, 从而延缓了尿素水解后 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 向 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 的转化, 减少了 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 的淋溶损失, 保持了尿素肥效, 使在小油菜生长后期养分最大吸收期时仍然有充足的肥力, 促进了小油菜植株的生长; 另一方面, 在高铵态氮供应的情况下, 与硝态氮相比, 作物吸收铵态氮消耗的能量少^[8], 特别是铵态氮能直接用于蛋白质代谢, 铵态氮对多胺、赤霉素、细胞分裂素也起着积极的作用^[9], 从而促进小油菜植株生长。

硝化抑制剂 DCD 可以不同程度降低植株体内硝酸盐含量, 这可能是由于硝化抑制剂 DCD 施用处理下, 尿素水解以后, 氮素以 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 形态在土壤中以较高浓度存在较长时间, 因此小油菜吸收 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 的比例高于不施用硝化抑制剂 DCD 处理, 而不施用硝化抑制剂 DCD 处理则吸收更多的 $\text{NO}_3^-\text{-N}$, Pasda^[10] 等的研究也得出相同结果。 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 被植物吸收后立即参加有机氮合成, 而且小油菜植株吸收的少量的硝态氮能够在植株体内不断的同化, 不致使小油菜产生过量吸收累积, 从而使

植株体内硝态氮含量降低, 全氮含量上升。

相当多的研究显示, 硝化抑制剂 DCD 可以促进植株对磷素的吸收, 但值得思考的是, DCD 的作用主要是抑制亚硝化细菌的活性, 使 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 缓慢的转化为 $\text{NO}_3^-\text{-N}$, 其为什么能促进小油菜对磷素的吸收, 目前需要进一步探讨。已有的研究认为, 植物吸收更多 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 时, 会伴随有较多 H^+ 的释放, 从而降低作物根际的 pH 值, 低的 pH 值能改善土壤中磷元素的有效性, 使土壤磷素活化, 促进了小油菜对磷素的吸收^[11]。

4 结论

4.1 施用 DCD 各处理, 均比不施 DCD 处理显著提高小油菜的生物产量, 与 NPK 处理相比分别增产 22.77%、26.71%、27.43%、25.83%、33.50%。适当添加硝化抑制剂 DCD, 可增加蔬菜生物产量, 获得高产效益。

4.2 硝化抑制剂 DCD 对小油菜硝酸盐累积有一定的抑制作用, 小油菜硝酸盐含量随着 DCD 施用量的增加, 呈现下降趋势。添加 DCD 处理的小油菜全氮含量比不施 DCD 处理均有增加趋势, 但是只有 D2、D3、D4 处理达到显著水平。D2、D3、D4 处理的吸氮量比不施 DCD 的 NPK 处理有显著增加。小油菜的氮素利用率与吸氮量表现为相同的规律。施用 DCD 的处理对 Vc 含量影响不大。可溶性糖含量 D1、D2、D3 处理比不施 DCD 可以提高 1.15%~29.86%, 随着 DCD 施用量的增加, 可溶性糖含量呈下降趋势。随着 DCD 的施用全磷含量也有不同程度增加, 全钾含量变化差异不显著。

参考文献:

- [1] Di HJ, Cameron KC. Reducing environmental impacts of agriculture by using a fine particle suspension nitrification inhibitor to decrease nitrate leaching from grazed pastures[J]. *Agriculture Ecosystems and Environment*, 2005, 109: 202-212.
- [2] Menendez S, Merino P, Pinto M, et al. 3, 4-dimethylpyrazole phosphate effect on nitrous oxide, nitric oxide, ammonia, and carbon dioxide emissions from glass lands[J]. *Journal of Environmental Quality*, 2006, 35: 973-981.
- [3] Moir J L, Cameron KC, Di HJ. Effects of the nitrification inhibitor dicyandiamide on soil mineral N, pasture yield, nutrient uptake and pasture quality in a grazed pasture system [J]. *Soil Use and Management*, 2007, 23: 111-120.
- [4] Molina-Roco M, Ortega-Blu R. Evaluation of the nitrification inhibitor 3, 4-dimethylpyrazole phosphate in two Chilean soils[J]. *Journal of Plant Nutrition*, 2006, 29: 521-534.
- [5] 陈振华, 陈利军, 武志杰. 脲酶-硝化抑制剂对减缓尿素转化产物氧化及淋溶的作用. *应用生态学报*, 2005, 16 (2): 238-242.
- [6] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1999, 308-316, 468-473.
- [7] 沈明珠, 翟宝杰, 东惠茹, 等. 蔬菜硝酸盐累积的研究 I. 不同蔬菜硝酸盐和亚硝酸盐含量评价[J]. *园艺学报*, 1982, 9 (4): 41-48.
- [8] Ullrich W R. Transport of nitrate and ammonium through plant membranes[G]//Mengel K, Pilbeam D J. Nitrogen metabolism of plants[M]. Oxford Science. Oxford : Clarendon Press, 1992: 121-137.
- [9] Klein H, Priebe A, Jager H J. Porrescine and spermidine in peas, effect of nitrogen source and potassium supply [J]. *Physiology Plant*, 1979, 45: 497-499.
- [10] Pasda G, Hahndel R, Zerulla W. Effect of fertilizers with the new nitrification inhibitor DMPP (3, 4-dimethylpyrazole phosphate) on yield and quality of agriculture and horticultural crops[J], *Biological Fertilizer Soils*, 2001, 34: 85-97.
- [11] Azam F, Farooq S. Nitrification inhibition in soil and ecosystem functioning-An overview [J]. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 2003, 6: 528-535.

养分管理专家推荐施肥减氮增效 在玉米试验上研究初报

孙克刚 李丙奇

(河南省农业科学院植物营养与资源环境研究所, 郑州, 450002)

摘要: 利用专家施肥推荐 (Nutrient expert) 系统, 进行施肥推荐, 对河南潮土区 50 户夏玉米进行推荐施肥, 结果表明: 与农民习惯施肥相比, 专家推荐施肥夏玉米增产 5% 以上农户占 2%, 增产在 -5%~5% 之间的农户占 90%, 专家推荐施肥比农民习惯施肥减产 5% 以上的农户占 2%。总的来看, 夏玉米上专家推荐施肥与农民习惯施肥处理相比产量基本持平, 但专家推荐施肥氮肥用量减少 1/3 左右, 明显提高经济效益。

河南省是一个农业大省, 粮食产量占全国粮食产量 1/9 或 1/10 左右。2010 年河南夏、秋粮产量均再创历史新高, 实现粮食总产量连续五年超千亿斤。2010 年河南粮食总产量为 1087.4 亿斤, 比上年增产 9.6 亿斤, 增幅为 0.9%。其中, 夏粮总产量 618.1 亿斤, 比上年增产 5.1 亿斤, 增长 0.8%; 秋粮总产量 469.3 亿斤, 比上年增产 4.5 亿斤, 增长 1.0%。粮食作物播种面积为 14610.3 万亩, 比上年增加 84.80 万亩, 增长 0.6%。其中: 夏粮 7960.00 万亩, 比上年增加 25.00 万亩, 增长 0.3%; 秋粮 6650.25 万亩, 比上年增加 59.80 万亩, 增长 0.9%。河南近 7 年粮食产量为: 2004 年粮食产量 852 亿斤, 增产 19.3%, 2005 年粮食产量 916.4 亿斤, 增产 7.6%, 2006 年粮食产量 1011 亿斤, 增产 10.3%, 2007 年粮食产量 1049 亿斤, 增产 2.6%, 2008 年粮食产量 1073.1 亿斤, 增产 2.3%, 2009 年粮食产量 1078 亿斤, 增产 0.5%, 2010 年粮食产量 1087.4 亿斤, 增产 0.9%。同时河南省肥料用量也占到全国的 1/10 左右, 全省化肥纯用量

为 570.66 万吨, 氮肥纯用量为 240.0 万吨, 磷肥纯用量为 10.1 万吨, 钾肥纯用量为 55.5 万吨。

近年来, 随着农村种植业结构的调整, 农作物的品种更新换代, 粮食产量有了明显增加。但在生产实践中仍存在诸多问题。据调查, 玉米生产管理上存在突出问题为: 一、施肥不科学, 只注重氮肥的施用, 长期忽视磷钾肥的施用; 二、不能针对玉米特性进行施肥, 玉米作物是需钾作物, 但农村广大农户不能够针对其营养特性, 进行钾肥施用, 导致玉米产量不能提高。

针对生产实践中存在的问题, 结合我省农业人口众多, 农村教育相对落后, 土地面积小, 经营分散等特点决定了我省真正实现平衡施肥是一项长期的任务, 我们通过加拿大国际植物营养研究所 (IPNI) 的合作项目, 利用专家推荐系统 (Nutrient Expert) 根据目标产量进行区域上推荐施肥, 并进行验证, 为全面推动河南省农作物科学合理施肥提供依据。

1 材料与方方法

试验地点:小麦和玉米试验安排在新乡市延津县司寨乡平陵村。土壤类型:新乡市延津县平陵村土壤类型为潮土。玉米品种为:郑单958,密度为:5000株/亩。

试验处理:(1)养分管理推荐施肥处理,氮肥在8.7~9.3公斤/亩,磷钾肥基本和农民习惯施肥一致,(2)养分管理推荐施肥处理不施氮肥(-N),(3)养分管理推荐施肥处理不施磷肥(-P),(4)养分管理推荐施肥处理不施钾肥(-K),(5)农民习惯施肥氮肥,在13.3公斤/亩以上(FP)。(6)不施肥处理(CK)。

随机区组排列。收获各小区籽粒(或收获

部分)和秸秆(或生物)产量;并取植株和籽粒进行N、P、K元素吸收分析和籽茎比。从其中一个重复采取子粒(或收获部分)和秸秆(或生物产量)的样品,送到北京中-加合作实验室统一分析植物养分含量(或本地分析)。田间管理按丰产田要求,并记载生物学性状。播种前取土壤样品送中国农业科学院区划所中加合作实验室和河南农科院资环所实验室分析。氮磷钾肥分别以尿素(N 46%)、过磷酸钙(P_2O_5 10%)和氯化钾(K_2O 60%)形式施入。钾肥用加拿大产氯化钾。

表1 试验地土壤养分基本状况

地点	经度	纬度	pH	OM	NH ₄ -N	P	K	S	Fe	Cu	Mn	Zn	B
				(%)	毫克/升								
平陵村	114°13'43.3"	35°12'23.8"	8.7	0.36	11.7	25.1	105.4	22.8	11.4	1.3	9.9	1.5	1.71
临界值					50.0	12.0	78.2	12.0	10.0	1.0	5.0	2.0	0.2

2 结果分析

2.1 养分管理推荐施肥对夏玉米经济效益的影响

50户地块的试验,结果表明:养分管理推荐施肥处理产量在515~577公斤/亩,产值在979~1096元/亩之间,利润在897~1019元/亩之间,产投比在9.7~14.3之间(表2)。农民习惯施肥FP处理产量在524~592公斤/

亩之间,产值在996~1124元/亩,利润在911~988元/亩之间,产投比在7.9~13.8之间。说明推荐施肥的产量和施肥效益与农民习惯施肥相当,但可以节省化肥的投入。

养分管理推荐施肥处理与农民习惯施肥相比:夏玉米增产5%以上农户占2%,增产在5%以下,减产在5%以下区间的农户占90%,减产5%以上的农户占2%(图1)。

表2 潮土夏玉米产量和经济效益

处 理	产量 公斤/亩	产值 元/亩	利润 元/亩	产 投比
OPT 最小值	515	979	897	9.7
OPT 最大值	577	1096	1019	14.3
OPT-N 最小值	313	594	550	12.6
OPT-N 最大值	376	714	671	21.6
OPT-P 最小值	383	728	655	9.9
OPT-P 最大值	539	1023	955	15.7
OPT-K 最小值	402	763	707	11.6
OPT-K 最大值	526	1000	931	16.3
CK 最小值	300	571	571	--
CK 最大值	352	669	669	--
FP 最小值	524	996	911	7.9
FP 最大值	592	1124	988	13.8

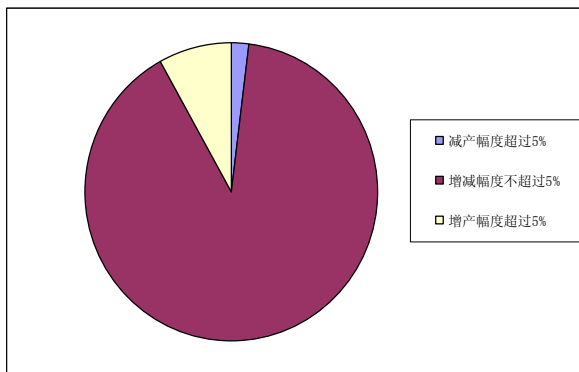


图1 养分管理专家推荐施肥与农民习惯相比产量增减所占比例

2.2. 养分管理推荐施肥对养分利用效率的影响

根据 50 户的试验结果计算养分的利用效率，结果表明（表 3）：养分管理推荐施肥处理氮肥的农学效率 16.6~28.2 公斤/公斤，平

均 21.3 公斤/公斤， P_2O_5 农学效率为 3.9~44.9 公斤/公斤，平均为 18.5 公斤/公斤， K_2O 农学效率为 4.9~42.8 公斤/公斤，平均为 19.7 公斤/公斤。氮肥的回收率为 35.9~58.1%，平均为 44.7%，磷肥的回收率为 12.5~62.8%，平均为 23.1%，钾肥回收率为 32.8~66.4%，平

均为 46.4%。农民习惯施肥时, N 农学效率 10.6~15.3 公斤/公斤, 平均为 13.1 公斤/公斤, 氮肥回收率为 21.2~33.8%, 平均为 26.7%。由此可见, 养分管理专家推荐施肥与

农民习惯施肥相比, 养分利用效率均有所提高, 氮肥的农学效率平均提高 8.2 公斤/公斤, 氮肥回收率平均提高 18 个百分点。

表 3 养分的农学效率及肥料利用率

农户	养分管理推荐施肥处理 OPT						农民习惯施肥 FP (N)	
	农学效率 (公斤/公斤)			回收率 (%)			农学效率 (kg/kg)	回收率 (%)
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O		
最大值	28.2	44.9	42.8	58.1	62.8	66.4	15.3	33.8
最小值	16.6	3.9	4.9	35.9	12.5	32.8	10.6	21.2
平均值	21.3	18.5	19.7	44.7	23.1	46.4	13.1	26.7

3 小结

通过田间试验验证, 养分管理专家推荐施肥在潮土区玉米上可以实现减氮增效, 是可行的, 不影响产量的基础上比农民习惯施肥减少氮肥用量 1/3 左右, 氮肥的农学效率平均增加 8.2 公斤/公斤, 氮肥回收率平均提高 18 百分点, 经济效益明显提高。

参考文献:

[1] 杨仁朋、王德科、刘长庆、刘春生, 冬小麦夏玉米轮作体系优化施氮对土壤硝态氮的影响[J]. 中国农学通报, 2006, 22 (12): 369-372

[2] 杨新泉, 冯锋, 宋长青. 主要农田生态系统氮素行为与氮肥高效利用研究[J]. 植物营养与肥料学报, 2003, 9 (3): 373-376

[3] 高祥照, 马文奇, 杜森, 张福锁, 毛达如. 我国施肥中存在问题的分析[J]. 土壤通报, 2001, (6): 258-261.

[4] 李家康, 林葆, 梁国庆, 沈桂芹. 对我国化肥使用前景的剖析[J]. 植物营养与肥料学报, 2001, 7 (1): 1-10

[5] 陈新平. 张福锁. 美国玉米带的推荐施肥技术. 土壤肥料. 1997, (3): 45-47

[6] 山东农业科学院. 1986. 中国玉米栽培学[M]. 上海: 上海科学技术出版社

[7] 张起君, 黄舜阶, 刘绍棣, 李新政. 1992. 玉米高产开发原理与技术[M]. 青岛: 山东科学技术出版社

湖北省农户花生施肥现状分析

余常兵¹, 李银水¹, 谢立华¹, 胡小加¹, 廖伯寿¹, 陈防², 廖星¹

(1.中国农业科学院油料作物研究所, 农业部油料作物生物学重点开放实验室, 武汉 430062

2.中国科学院武汉植物园, 武汉 430074)



摘要: 对 2007-2008 年湖北省农户花生施肥状况进行了分析。结果表明, 湖北省农户花生平均产量为 197.8 公斤/亩, 平均氮、磷和钾肥用量为 7.65 公斤/亩、4.05 公斤/亩和 1.68 公斤/亩。肥料类型主要有复合(混)肥、碳酸氢铵、过磷酸钙、尿素和农家肥等, 以一次性基施为主(占总样本的 57.5%), 一次基肥加一次追肥次之(占总样本数的 29.9%)。氮肥 58.8%只用于基肥, 10.8%只用于追肥, 30.4%既作基肥也作追肥, 磷、钾肥主要作基肥(均大于 80%)。

分析认为, 湖北省农户花生氮肥用量偏高、磷肥用量较适宜、钾肥用量明显不足, 有机肥料施用少, 肥料类型、施用方式有待调整。建议根据花生的营养特性、目标产量、区域土壤养分特征等施肥, 同时考虑养分周年统筹, 轻简增施有机肥。

关键词: 花生; 农户施肥; 调查

科学合理施肥是花生高产稳产的重要基础。要实现这一目标, 首先必需了解农户施肥中存在哪些问题, 以便在科学研究和技术推广中有的放矢。有鉴于此, 2009年7-8月, 我们对湖北省花生主产区农户近两年(2007、2008年)花生的施肥现状进行了抽样调查, 对其中主要问题进行了讨论, 为湖北省花生养分管理提供参考。

1 材料与amp;方法

1.1 调查地域分布

本次调查区域包括宜城、枣阳、襄阳、广水、随州、安陆、应城、钟祥、京山、天门、仙桃、蔡甸、新洲、通山、红安、麻城、黄梅、蕲春、鄂州、监利、沙洋、十堰等, 每个县区调查 2 个镇, 每个镇 2 至 3 个村, 每个村 5 个农户, 剔除无效调查表后, 将两年的结果汇总

在一起, 共获得调查表 840 余份。

1.2 调查内容与方式

调查内容包括三部分: ①农户基本情况; ②花生种植情况, 包括花生面积、品种、种植方式和产量等; ③施肥情况, 包括肥料种类、价格、养分含量、施肥时期、施用方法、施肥量等。调查方式按走访农户, 采用问答形式完成。

1.3 数据处理

由于样本量较大, 为了保证数据的可靠性, 对异常数据进行了剔除。农户化学养分投入量, 根据包装袋上标识的养分含量进行统计, 有机肥的养分没有计算在总养分中。对花生平均产量和平均施肥量, 均以种植面积为权重加权计算。试验数据在 Excel 2003 中整理。

2 结果与分析

2.1 花生产量和肥料用量

本次调查的农户花生总种植面积为2534.2亩,平均每户为3.17亩,其中最小面积为0.1亩,最大面积为69.3亩。加权计算表明,农户花生平均产量为197.8公斤/亩,但不同农户间差异较大(表1)。以100公斤为一个等级将花生产量分为5级,农户花生单产主要处于100~200公斤/亩和200~300公斤/亩两个范围内,高产或较低产所占比例较小。

从肥料用量看,氮肥(N,下同)平均用量为7.65公斤/亩,磷肥(P_2O_5 ,下同)平均

用量为4.05公斤/亩,钾肥(K_2O ,下同)平均用量为1.68公斤/亩。将肥料用量分为6级,可以看出农户氮肥用量最多在3~6公斤/亩和6~9公斤/亩范围内,呈明显正态分布;磷肥用量在2~4公斤/亩范围内比例最高,但不同用量范围分布较均衡;高达43.6%的农户不施钾肥,各约15%的农户钾肥用量在0~2公斤/亩和2~4公斤/亩,高钾用量所占比例很少。

以种植面积大于1亩的农户调查数据进行统计,湖北省花生平均肥料投入成本为62.1元/亩,其中最低为0元/亩,最高达191.8元/亩。

表1 农户花生产量和肥料用量 (公斤/亩)

产量		氮肥		磷肥		钾肥	
范围	比例 (%)	范围	比例 (%)	范围	比例 (%)	范围	比例 (%)
<100	5.2	0	4.9	0	12.9	0	43.6
100~200	44.3	0~3	8.5	0~2	18.2	0~2	15.0
200~300	48.6	3~6	27.4	2~4	37.0	2~4	15.2
300~400	11.3	6~9	35.4	4~6	11.4	4~6	6.4
>400	1.6	9~12	13.3	6~8	16.0	6~8	5.6
--	--	>12	10.6	>8	4.5	>8	1.6

2.2 肥料类型

从肥料类型看(表2),农户所用肥料主要有复合(混)肥、碳酸氢铵、过磷酸钙、尿素和农家肥等。农家肥主要为畜禽粪便、人粪尿、草木灰和饼肥等。在调查的377个复合(混)肥施用样本中,共有39个肥料配方,养分含量从48%至15%变化,主要配方有

16-16-16(占57个)、15-15-15(占57个)、12-7-6(占48个)和10-7-6(占25个)等。基肥以复合(混)肥、碳酸氢铵、过磷酸钙和农家肥为主,分别有311、257、210和154个调查样次;追肥以尿素和复合(混)肥为主,分别有174和73个调查样次。

表2 农户花生上施用的肥料类型及施用方式

肥料类型	作基肥用	作追肥用	备注
农家肥	154	16	农家肥：以鸡粪、猪粪、牛粪、人粪尿和草木灰为主。 秸秆：以水稻或油菜秸秆为主。 复合（混）肥：在377个施用样品中，共有39个肥料配方，养分含量从15%至48%，主要配方中16-16-16有57个，15-15-15有57个，12-7-6有48个，10-7-6有25个，12-6-7有20个，14-16-15有16个。
秸秆	26	9	
尿素	76	174	
碳酸氢铵	257	29	
磷酸一铵	1	0	
过磷酸钙	210	13	
磷酸二氢钾	4	0	
氯化钾	21	0	
硫酸钾	4	5	
硝酸钾	4	0	
硼肥	13	14	
复合（混）肥	311	73	

2.3 肥料施用方式

分析表明，湖北省花生施肥以一次性基施为主，占总样本的57.5%；一次基肥加一次追肥的方式次之，占总样本数的29.9%；不施肥、一次追肥或三次以上施肥方式所占比重较小

（表3）。以不同养分类型进行分析，氮肥58.8%只用于基肥，10.8%只用于追肥，30.4%既作基肥也作追肥；磷、钾肥主要作基肥（均大于80%），作追肥或基追两用的较少。

表3 农户花生施肥次数及不同养分施用方式

施肥次数	样本数	比例（%）	施肥方式	样本数（个）			比例（%）		
				氮	磷	钾	氮	磷	钾
不施肥	16	2.5	做基肥	348	468	308	58.8	86.2	83.0
一次基施	365	57.5	做追肥	64	65	55	10.8	12.0	14.8
一次追施	42	6.6	做基追肥	180	10	8	30.4	1.8	2.2
一基一追	190	29.9							
一基两追	22	3.5							

3 问题与建议

3.1 存在问题

1) 氮肥用量偏高、钾肥明显不足，有机肥料

施用少

受作物养分带走量、土壤养分供应能力和肥料利用率的影响，要得到比较确定的肥料用量较为困难，但通过肥料用量梯度试

验,可以获得适宜用量范围。近几年的试验表明(未发表资料),在地力较差的土壤上,亩施8公斤氮,花生产量最高,但其固氮比例只有28%左右;在中等地力土壤上,亩施4-6公斤氮肥,就可以获得比较稳定的产量,且产量在210公斤/亩以上,均高于农户平均产量。考虑土壤供氮能力和发挥花生固氮潜力,亩施氮4-6公斤比较适宜,故湖北省农户氮肥平均用量有些偏高。

根据土壤养分调查结果,湖北省花生地土壤钾含量大部分低于临界值^[1];田间试验表明(未发表资料),在亩施钾6-9公斤时,花生产量最佳。可见,湖北省农户花生钾肥平均用量明显偏低。

我国农田肥料总投入中,有机肥承担着95%以上微量元素、85%~90%钾素和35%~40%磷素的补给^[2]。然而从本调查结果来看,湖北省农户花生施用有机肥的比例仅占20.2%,明显不足。分析其中原因,一是有机肥的增产效果不如化肥快速,农业生产对化肥已形成高度的依赖性;二是农村劳动力价格上涨和严重不足,有机肥堆制及施用需要大量劳力投入,限制了有机肥的使用。

2) 肥料施用量与不足同时存在

过量施肥导致投入成本提高、肥料利用效率下降,施肥不足又造成作物产量潜力无法发挥^[3]。从表1看,湖北省农户花生施肥过量与不足同时存在。有约24%的农户氮肥用量超过9公斤/亩,50%的农户氮肥用量超过6公斤/亩,低氮用量比例较低,过量施用现象明显。31%的农户磷肥施用量低于2公斤/亩,也有20%的农户磷用量高于6公斤/亩。钾肥施用不足现象严重,高达43.6%的农户不施钾肥,只有7.2%的农户钾用量高于6公斤/亩。

3) 肥料类型、施用方式有待调整

调查显示,湖北省花生施用单质氮肥主要为碳酸氢铵,且主要作基肥,在初花期追肥比例较少,这一方面导致氮易损失,另一方面也使初花期的“启动氮”得不到有效供给^[4],影响了花生的固氮和生长。复合肥上,肥料配方多样,都存在着磷比例过高,钾比例不足的问题,且有一部分复合肥作追肥用,不利于肥效发挥。

3.2 建议

1) 根据花生营养生理特性和目标产量施肥

研究表明,花生干物质和养分积累随着生育期的推移逐渐增多且加快,苗期积累缓慢,开花下针期到荚果膨大期积累加快,到成熟期达高峰^[5]。因此,开花下针期是花生施肥关键期,应在开花前施足氮磷钾肥。花生自身有固氮能力,在氮素营养过高的情况下根瘤菌固氮酶活性受抑制,固氮能力反而下降^[6]。因此,氮肥管理上既要保证有足够的启动氮,又要避免过量氮肥对固氮的抑制作用。每生产100公斤荚果,花生吸收的磷为1.44公斤,钾为4.48公斤^[5],生产上也可根据上两年花生平均产量估计需要施用的磷钾肥用量。

2) 根据花生主产区土壤养分特征施肥

由于土壤养分水平是决定肥效大小的基本因素,且受土壤质地、耕作、施肥等措施及养分淋溶、矿化等因素影响,存在明显的时空变异性。因此,生产上应通过花生生产区的测土配方施肥活动,结合田间肥料试验,提出区域尺度上的花生肥料配方,供农户使用。

3) 考虑周年养分统筹,根据轮作制施肥

轮作系统因种植制度的差异,土壤养分在不同作物季节间的形态和有效性存在很大的差别^[7]。湖北省花生主要轮作制有花生—油菜、花生—小麦、花生—蔬菜等,由于花生的固氮作用、油菜等冬季作物磷钾利用能力差、蔬菜生育期短等特性,可以考虑在全周年内将肥料更多的用于冬季作物,花生利用土壤残留的养分,实现肥料资源最大化利用。

4) 轻简增施有机肥

土壤有机质既是作物的养分来源,也是土壤微生物活动的能量来源^[8-9]。秸秆还田可以有效保持农田系统内物质、能量的良性循环,形成一个稳定、自身循环程度较高的生产系统。考虑到目前和未来一段时间农村劳动力的现状,建议加大机械收获和秸秆腐熟剂的使用,提高油菜和小麦秸秆的农田利用效率,作为轻简增施有机肥的重要措施。

参考文献:

[1] 余常兵,李志玉,廖伯寿,等.湖北省花生平衡施肥技术研究 I. 土壤主要养分限制因子[J].湖北农业科学,2009,

48(12):2984-2986.

[2] 王激清,刘全清,马文奇,等.中国养分资源利用状况及调控途径[J].资源科学,2005,27(3):47-53.

[3] 张福锁,王激清,张卫峰,等.中国主要粮食作物肥料利用率现状与提高途径[J].土壤学报,2008,45(5):915-924.

[4] Mukhtar N. and Badreldin A. NPK fertilization of groundnuts under irrigated environment [J].Sudan Journal of Agricultural Research, 1998, 1: 21-26.

[5] 杨小兰,雷全奎,马向利,等.夏花生对氮磷钾的吸收规律研究[J].安徽农学通报,2005,11(3):47,57.

[6] 浙江农业大学主编.作物营养与施肥[M].北京:中国农业出版社,1990,251-271.

[7] 范明生,樊红柱,吕世华,等.西南地区水旱轮作系统养分管理存在问题分析与策略建议[J].西南农业学报,2008,21(6):1564-1568.

[8] Shibahara F and Inubushi K. Effects of organic matter application on microbial biomass and available nutrients in various types of paddy soils [J]. Soil Science Plant Nutrition, 1997, 43: 191-203.

[9] 孙星,刘勤,王德建,等.长期秸秆还田对土壤肥力质量的影响[J].土壤,2007,39(5):782-786.



花生养分积累分配规律研究

余常兵¹, 李银水¹, 谢立华¹, 胡小加¹, 廖伯寿¹, 陈防², 廖星¹

(1.中国农业科学院油料作物研究所, 农业部油料作物生物学重点开放实验室, 武汉 430062

2.中国科学院武汉植物园, 武汉 430074)

摘要: 分析了花生的养分积累及分配变化规律。结果表明, 花生总干物质产量、养分积累量均随生育进程而增加, 至收获期达到最大(钙、镁积累量在荚果膨大期最大)。每生产 100 公斤荚果, 花生带走氮 3.63 公斤, 磷 0.47 公斤, 钾 1.45 公斤, 钙 0.90 公斤, 镁 1.00 公斤, 铁 1.38 公斤, 铜 0.02 公斤, 锌 0.26 公斤, 硼 0.05 公斤。开花下针期是花生养分积累的关键时期。团棵期后, 花生营养元素主要从叶片和茎向荚果转移, 根系分配变化较小。

关键词: 花生; 养分; 积累; 分配

了解花生的养分吸收积累特征是进行合理养分管理的基础。为此, 我们在湖北省花生主产区红安县安排田间试验, 分析了花生不同生育时期的养分积累及不同营养元素在花生各器官间的分配规律, 以期科学施肥提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验设计

试验于 2009 年安排在湖北红安县城关镇大塘湾村, 设置一个处理, 肥料用量为 N 8 公斤/亩, P₂O₅ 6 公斤/亩, K₂O 8 公斤/亩, 硼砂 0.6 公斤/亩, 3 次重复, 小区面积 14.4 平方米。全部磷、钾、硼肥和 60% 氮肥作基肥撒施, 另外 40% 氮肥在初花期追施, 肥料种类分别为尿素、过磷酸钙、氯化钾和硼砂。供试花生品种为中花 6 号, 株距 18 厘米, 行距 40 厘米, 1 万穴/亩, 播种前用根瘤菌溶液拌种。4 月 29 日播种, 9 月 7 日收获, 全生育期 131 天。

1.2 样品采集分析

试验前采集基础土壤样品, 采用 ASI 法测定^[1], 土壤 pH 值 4.96, 有机质 0.74%, 速效氮 16.6 毫克/升, 速效磷 2.3 毫克/升, 速效钾 41.6 毫克/升。

在花生团棵期、开花下针期、荚果膨大期和成熟期, 每个小区分别采集 2 行 8 穴共 1.152 平方米的样品, 全株挖起洗净, 按不同部位分开后烘干, 称重, 粉碎后测定养分含量。采样对应的四个时期分别是 6 月 10 日、7 月 10 日、8 月 2 日和 9 月 7 日。

植株氮采用浓硫酸-双氧水消煮, 凯氏定氮法测定^[2], 植株磷、钾、钙、镁、铁、铜、锌、硼采用硝酸-双氧水消煮, ICP 测定^[2]。

2 结果与分析

2.1 花生干物质积累规律

分析表明(表 1), 花生的总干物质产量随着生育进程而增加, 至收获时达到最大。各器官干物质的变化, 叶、茎和根在荚果膨大

期达到最大,成熟后降低,荚果则直至收获期 达最大。

表1 花生不同生育时期干物质积累变化 (公斤/亩)

时期	叶	茎	荚果	根	合计
团棵期	30.1	14.9	0.0	5.4	50.4
开花下针期	183.1	142.2	82.8	12.1	420.2
荚果膨大期	163.5	220.6	153.6	17.8	555.5
成熟期	80.4	219.7	479.4	13.5	793.1

2.2 花生养分积累规律

除钙、镁在荚果膨大期积累量最大外,其

它元素总养分积累量均随生育进程而增加,在收获时达到最大(表2)。

表2 花生不同生育时期养分积累量变化 (公斤/亩)

时期	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Zn	B
团棵期	1.79	0.18	1.04	0.46	0.42	0.89	0.01	0.07	0.01
开花下针期	11.40	0.90	3.80	3.67	3.62	4.37	0.05	0.42	0.09
荚果膨大期	11.50	1.54	5.19	5.36	5.54	4.01	0.08	1.07	0.15
成熟期	17.39	2.25	6.96	4.31	4.78	6.63	0.12	1.26	0.22

表3 花生不同生育时期养分积累量占收获期总养分比例 (%)

时期	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Zn	B
团棵期	10.3	7.9	14.9	10.7	8.7	13.5	6.8	5.7	6.4
开花下针期	55.2	32.1	39.6	74.5	66.9	52.5	37.9	27.6	36.7
荚果膨大期	0.6	28.8	20.0	39.2	40.3	-5.5	23.2	51.5	23.9
成熟期	33.9	31.3	25.5	-24.3	-15.9	39.5	32.2	15.1	33.0

每生产 100 公斤荚果,花生所带走的养分量(包括地上和地下部分),氮为 3.63 公斤,磷为 0.47 公斤,钾为 1.45 公斤,钙为 0.90 公斤,镁为 1.00 公斤,铁为 1.38 公斤,铜为 0.02 公斤,锌为 0.26 公斤,硼为 0.05 公斤。

以两个采样时期之间养分的积累量与收获时期总养分积累量,计算出不同生育时期的养分积累量占总养分的比例,结果表明(表

3),氮、铁在开花下针期和收获期有两个积累高峰,其它元素在开花下针期积累比例最高,以后随之降低,其中钙和镁在成熟期呈现负增长。可见开花下针期是花生养分积累的关键时期,在此之前应施足肥料。

2.3 花生养分分配规律

对各营养元素来说,随着生育进程的增加,其在叶片中的比例逐渐降低,在荚果中的

比例逐渐增加(表4);除钙和镁在茎中所占比例随生育进程增加外,其它元素都逐渐降低。从不同部位看,叶片和荚果中各元素所占比例变化较大,茎秆和根系变化较小;从不同

元素看,钙镁变化幅度相对较小,其它元素变化幅度较大。

可以看出,团棵期后,营养元素主要从叶片和茎向荚果转移,根系分配变化较小。

表4 花生不同生育时期各部位养分占该时期总养分比例(%)

元素	叶				茎			
	团棵期	开花下针期	荚果膨大期	成熟期	团棵期	开花下针期	荚果膨大期	成熟期
N	68.8	54.0	31.5	9.3	24.4	22.0	18.4	13.3
P	60.8	48.5	24.4	6.9	31.1	27.7	19.9	9.3
K	57.4	46.4	30.0	11.6	36.6	35.3	35.1	22.9
Ca	70.9	73.9	60.6	41.3	20.8	21.1	32.5	35.6
Mg	56.1	58.2	49.9	30.2	32.7	34.7	39.4	43.3
Fe	30.7	18.2	24.5	4.3	35.1	23.1	35.0	10.0
Cu	50.6	34.9	21.2	5.9	25.4	25.6	24.3	5.4
Zn	52.7	41.3	33.3	12.1	35.1	37.1	21.8	14.5
B	72.0	64.7	36.7	16.7	23.0	24.7	31.1	24.4
	荚果				根			
N	--	22.0	47.5	76.1	6.8	2.0	2.5	1.2
P	--	21.2	53.9	83.0	8.1	2.6	1.8	0.8
K	--	17.0	33.3	64.5	6.0	1.3	1.6	1.0
Ca	--	3.0	4.8	20.8	8.3	1.9	2.1	2.3
Mg	--	5.1	8.7	24.6	11.3	2.0	2.0	1.9
Fe	--	51.0	26.6	78.1	34.2	7.6	13.8	7.6
Cu	--	30.2	47.7	86.0	23.9	9.3	6.9	2.8
Zn	--	18.5	43.6	72.3	12.2	3.1	1.3	1.1
B	--	9.5	29.5	57.7	4.9	1.1	2.7	1.2

3 小结

花生总干物质产量和养分积累量(除钙、镁外)均随生育进程而增加,到收获期达到最大值。开花下针期是花生养分积累的关键时期,应在该时期之前施足花生所需肥料。每生产100公斤荚果,花生所带走的养分量(包括地上和地下部分),氮为3.63公斤,磷为0.47公斤,钾为1.45公斤,钙为0.90公斤,镁为1.00公斤,铁为1.38公斤,铜为0.02公斤,

锌为0.26公斤,硼为0.05公斤,可以为推荐施肥提供参考。从团棵期后,花生营养元素主要从叶片和茎向荚果转移,而根系分配变化较小。

参考文献:

- [1] 加拿大钾磷肥研究所北京办事处. 土壤养分状况系统研究方法[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1992.
- [2] 鲍士旦 主编. 土壤农化分析, 第三版. 北京: 中国农业出版社, 2000

平衡施肥对小麦产量及经济效益的影响

李录久¹, 王家嘉¹, 丁楠², 李东平¹, 姚殿立², 王子强²

(1. 安徽省农科院土壤肥料研究所 合肥 230031 2. 安徽省临泉县农业技术推广中心 236400)

摘要: 通过田间试验研究安徽省淮北平原冬小麦高产高效平衡施肥技术。结果表明, 氮磷钾化肥配合施用的平衡施肥对小麦的生长发育有明显的促进作用, 并能增加产值, 提高农民种植小麦的经济收益。两年试验平均, 小麦最佳施肥处理 (OPT) 较不施氮肥、磷肥、钾肥和氮磷钾的对照分别增产 26.6%、14.8% 和 10.9% 及 36.1%, 施锌产量提高 4.8%。施肥增收 30.3~207.7 元/亩, 产投比为 1.86~12.10:1。大面积示范取得了明显的增产节本增收效果。

关键词: 小麦, 平衡施肥, 淮北砂姜黑土

安徽是我国小麦主产区, 全省常年播种面积 3000 多万亩, 是全国冬小麦 5 大主产省之一, 播种面积和总产量分别占全国的 9% 和 7% 左右, 仅次于河南、山东和河北, 均列全国第 4 位^[1]。2007 年安徽省小麦种植面积达 3610 万亩, 占夏粮收获面积的 96%。安徽省小麦种植面积虽然较大, 但单位面积产量较低, 2003 年平均只有 213 公斤/亩, 仅居全国第 16 位; 2008 年也不到 332 公斤/亩, 与高产有很大的差距^[2]。安徽省小麦产量长期低而不稳, 除气候条件外, 主要原因是施肥不合理。调查发现, 小麦生产中普遍存在盲目施肥、过量施肥和施用单一氮肥或氮磷肥、不施或很少施用钾肥及微量元素肥料等不合理施肥现象, 氮磷钾比例失调, 钾投入小于产出, 土壤速效钾含量下降, 小麦病虫害严重, 贪青晚熟, 施肥经济效益降低^[3]。因此, 研究小麦平衡施肥技术, 对指导小麦合理施肥、实现小麦高产稳产和优质高效具有重要作用。2007~2009 年, 在国际植物

营养研究所 (IPNI) 的支持下, 在淮北平原小麦主产区开展了营养诊断施肥研究, 取得了显著的增产增收效果。现将结果整理如下。



1 材料与amp;方法

1.1 土壤养分状况

试验在安徽省临泉县杨桥、高塘等乡镇进行。供试土壤为普通砂姜黑土。播前 0~20 厘米耕层土壤样品经北京中--加合作实验室测定, 养分状况见表 1。

表1 供试土壤0~20厘米耕层基本农化性状

时间	地点	pH (水)	有机质 (%)	土壤有效养分含量(毫克/公斤)								
				N	P	K	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
2007-8	高塘	6.21	0.57	15.0	30.1	77.2	3.60	0.48	2.90	84.3	83.3	1.51
2008-9	杨桥	6.65	0.40	11.1	21.5	79.6	9.20	1.15	2.45	72.4	40.9	1.40

1.2 试验设计

试验设6个处理: ① CK(不施肥空白对照) ② OPT(N₁₂P₅K₆, 施N、P₂O₅和K₂O分别为12、5和6公斤/亩) ③ OPT-N(不施氮) ④ OPT-P(不施磷) ⑤ OPT-K(不施钾) ⑥ OPT+Zn(施七水硫酸锌1公斤/亩), 见表2、表3。供试肥料品种: 氮肥--尿素, 磷肥--磷酸二铵或过磷酸钙, 钾肥--氯化钾。施肥方法为: 70%的氮肥和全部磷、钾肥作基肥, 剩下的30%氮肥作追肥, 于小麦返青后追施。小区面积20.0米², 4次重复, 完全随机区组排列。供试小麦品种为豫麦70和泛麦5号等当地主栽品种, 每年10月上旬播种, 第二年6月初收获计实产。其它栽培管理措施如

病虫害防治同当地一般大田小麦。

2 结果与分析

2.1 施肥对小麦生长发育的作用

表2的调查结果说明, 氮磷钾化肥配合的平衡施肥对冬小麦的生长发育具有明显的促进作用。与OPT-N、OPT-P、OPT-K或不施肥的对照CK相比, 最佳施肥OPT处理小麦株高、有效穗数、穗长、结实小穗数和小穗总数及穗粒数明显增多, 不孕小穗数减少, 千粒重提高, 产量性状改善, 为籽粒产量的提高打下了基础。不施肥或不施氮肥, 小麦有效穗和穗粒数明显减少, 对产量有较大的影响。

表2 施肥对小麦产量构成因素的影响(2008-2009年杨桥)

处理	株高 (厘米)	有效穗 (万亩)	穗长 (厘米)	小穗数(个)			穗粒数 (粒/穗)	千粒重 (克)
				结实	不孕	合计		
OPT	68.5	35.8	8.51	20.1	1.8	21.9	31.3	38.8
OPT-N	65.8	31.6	7.56	16.3	3.1	19.4	30.0	38.2
OPT-P	67.6	34.6	8.17	18.6	2.2	20.8	30.8	38.1
OPT-K	68.0	33.9	8.09	18.7	2.6	21.3	30.2	37.3
CK	62.5	28.9	7.32	15.2	3.5	18.7	30.4	38.0
OPT+Zn	69.3	36.4	8.50	20.2	1.8	22.0	31.2	38.6

2.2 小麦平衡施肥的增产增收效应

从表3可以看出, 淮北平原砂姜黑土地

区, 氮磷钾化肥配合施用的平衡施肥对小麦具有显著的增产效应。以不施氮、磷、钾的处理OPT-N、OPT-P和OPT-K及CK为对照, 小

麦氮磷钾配施的OPT处理较OPT-N的增产率为25.4~27.9%，OPT较OPT-P产量相对提高12.7~17.0%，OPT较OPT-K增产9.8~12.0%，OPT较不施肥的空白对照CK产量提高

34.9~37.3%，2年试验平均，增产率分别为26.6%、14.8%和10.9%及36.1%，达5%或1%的显著或极显著水准。

表3 平衡施肥对小麦籽粒产量和经济效益的影响

年份	处理	代号	籽粒产量	OPT比其他处理增产	OPT比其他处理增产率	农学效率	OPT比其他处理增收	施肥
			(公斤/亩)	(公斤/亩)	(%)	(kg/kg)	(元/亩)	产投比
2007 - 2008	N ₁₂ P ₅ K ₆	OPT	472.2	--	--	--	--	--
	N ₀ P ₅ K ₆	OPT-N	376.7	95.5	25.4**	8.0	162.3	3.19
	N ₁₂ P ₀ K ₆	OPT-P	418.9	53.3	12.7*	10.7	90.6	4.09
	N ₁₂ P ₃ K ₀	OPT-K	430.0	42.2	9.8*	7.0	71.7	2.76
2008 - 2009	N ₀ P ₀ K ₀	CK	350.0	122.2	34.9**	-	207.7	2.10
	N ₁₂ P ₅ K ₆ Zn ₁	OPT+Zn	490.0	-17.8	-3.6	17.8	-30.3	12.10
	N ₁₂ P ₃ K ₆	OPT	449.1	--	--	--	--	--
	N ₀ P ₅ K ₆	OPT-N	351.0	98.1	27.9**	8.2	166.8	3.20
平均	N ₁₂ P ₀ K ₆	OPT-P	383.9	65.2	17.0**	13.0	110.8	4.58
	N ₁₂ P ₅ K ₀	OPT-K	401.0	48.1	12.0*	8.0	81.8	2.34
	N ₀ P ₀ K ₀	CK	327.0	122.1	37.3**	-	207.6	1.86
	N ₁₂ P ₃ K ₆ Zn ₁	OPT+Zn	475.5	-26.4	-5.6	26.4	-44.9	8.98
平均	N ₁₂ P ₃ K ₆	OPT	460.7	--	--	--	--	--
	N ₀ P ₅ K ₆	OPT-N	363.9	96.8	26.6**	8.1	164.6	3.20
	N ₁₂ P ₀ K ₆	OPT-P	401.4	59.3	14.8**	11.9	100.8	4.35
	N ₁₂ P ₅ K ₀	OPT-K	415.5	45.2	10.9*	7.5	76.8	2.55
	N ₀ P ₀ K ₀	CK	338.5	122.2	36.1**	-	207.7	2.00
	N ₁₂ P ₃ K ₆ Zn ₁	OPT+Zn	482.8	-22.1	-4.6	22.1	-37.6	7.52

*2007~2008和2008~2009年小麦价格分别为1.70和1.70元/公斤，N为4.23和4.35元/公斤，P₂O₅为4.43和4.84元/公斤，K₂O为4.33和5.83元/公斤，硫酸锌为2.50和5.00元/公斤。

不施肥或不施氮肥时，小麦产量显著降低，相对产量相应只有最佳施肥处理OPT的

72.8~74.1%、和78.2~79.8%，平均仅为73.5%和79.0%，减产极显著。不施磷、钾肥，小麦

相对产量分别是 OPT 产量的 85.5~88.7%和 89.3~91.1%，平均为 87.1%和 90.2%，减产显著。总之，不施氮肥对小麦籽粒产量的影响最大，2 年试验平均，减产幅度超过 20%；其次为不施磷处理，2 年平均减产 12.9%；不施钾对小麦产量的影响相对较小，平均减产 9.8%。在施用氮磷钾的基础上增施锌肥，小麦籽粒产量增长 3.8~5.9%，2 年试验平均增产 4.8%，增产效应没有达到显著水平。小麦氮磷钾锌的增产效应顺序为 $N \gg P > K > Zn$ 。

进一步分析氮磷钾锌的农学效率，结果表明，氮肥为 8.0~8.2 公斤籽粒/公斤 N，磷肥达 10.7~13.0 公斤籽粒/公斤 P_2O_5 ，钾肥在 7.0~8.0 公斤籽粒/公斤 K_2O ，锌肥为 17.8~26.4 公斤籽粒/公斤 Zn，平均为 8.07 公斤籽粒/公斤 N、11.86 公斤籽粒/公斤 P_2O_5 、7.52 公斤籽粒/公斤 K_2O 和 22.1 公斤籽粒/公斤 Zn，除锌很高外，氮磷钾三要素中磷的农学效率最高，超过 10 公斤籽粒/公斤 P_2O_5 ；氮次之，在 8 公斤籽粒/公斤 N 以上；钾最低，仅 7.5 公斤籽粒/公斤 K_2O （表 3），可能与淮北平原砂姜黑土地区土壤含钾量较高有一定的关系。

表 3 还表明，氮磷钾化肥配合施用的平衡施肥技术，可有效提高种植小麦的产值，增加农民施肥的经济收益。最佳施肥处理 OPT 较不施氮肥的对照增收 162.3~166.8 元/亩，施用氮肥的产投比达 3.19 和 3.20:1；较不施磷肥

的对照增收 90.6~110.8 元/亩，施用磷肥的产投比为 4.09~4.58:1；较不施钾肥的对照增收 71.7~81.8 元/亩，施用钾肥的产投比分别为 2.76 和 2.34:1；较不施肥的空白对照相应增收 207.7 和 207.6 元/亩，施肥产投比为 2.10 和 1.86:1。两年试验平均，施用氮、磷、钾每亩分别增收 164.6 元、100.8 元和 76.8 元及 207.7 元，施肥产投比分别达 3.20、4.35 和 2.55 及 2.00:1。在施用氮磷钾的基础上增施锌肥，经济效益提高 30.3~44.9 元/亩，施用锌肥的产投比高达 12.10 和 8.98:1，平均增收 37.6 元/亩。由于 2008~2009 年度钾肥及锌肥价格较上年度大幅度上涨，导致施钾、锌的成本增加，施肥产投比降低。

2.3 小麦平衡施肥大面积示范

在试验研究的同时，2008~2009 年在安徽省淮北平原小麦主产区临泉和蒙城县等地分别建立了示范基地，进行小麦大面积平衡施肥示范，核心示范区 300 亩，技术示范区 10000 亩。临泉县小麦测产表明，核心示范区及技术示范区小麦平均产量分别为 460 公斤/亩和 438 公斤/亩，较农民习惯施肥的 396 公斤/亩分别增产 64 和 42 公斤/亩，增产率为 16.2% 和 10.6%，增收 67.2~102.4 元/亩，节肥 10.5 元/亩，新增经济效益 73.3 万元，增产节本增效显著。

3 小结

3.1 施用氮磷钾对淮北平原冬小麦的生长发育具有明显的促进作用，小麦株高、有效穗数、穗长、结实小穗数和小穗总数及穗粒数明显增多，不孕小穗数减少，千粒重提高，产量性状改善，为籽粒产量的提高打下



了基础。

3.2 淮北平原砂姜黑土地地区,小麦氮磷钾化肥配合施用的平衡施肥具有显著的增产效应。小麦增施氮肥的增产率为25.4~27.9%,施磷产量相对提高12.7~17.0%,施钾增产9.8~12.0%,较不施肥的空白对照CK产量提高34.9~37.3%,2年试验平均,增产率分别为26.6%、14.8%和10.9%及36.1%,达5%或1%的显著或极显著水准。在施用氮磷钾肥的基础上增施锌肥,小麦增产3.8~5.9%。施用氮磷钾的农学效率分别为8.07公斤籽粒/公斤N、11.86公斤籽粒/公斤 P_2O_5 、7.52公斤籽粒/公斤 K_2O 。

3.3 平衡施肥可有效增加小麦产值,提高农民种植小麦的经济效益。施用氮磷钾化肥增

收71.7~207.7元/亩,施肥产投比为1.86~4.58:1。施锌增收30.26~44.9元/亩,施用锌肥的产投比高达8.98~12.10:1。

参考文献:

- [1] 魏益民. 中国优质小麦生产的现状与问题分析[J]. 麦类作物学报, 2004, 24 (1): 95-96.
- [2] 安徽省统计局. 安徽农村统计调查资料2008[M]2008: 3~20.
- [3] 曹树钦. 安徽省土壤钾素供需状况浅析[J]. 土壤, 1993 (1): 34~36.
- [4] 尹彩霞, 谢佳贵, 候云鹏, 等. 吉林省不同类型土壤玉米施用钾肥的效应[J]. 高效施肥, 2010 (2): 3-5.
- [5] 张成军, 赵同科, 李新荣. 夏玉米平衡施肥技术试验与示范[J]. 高效施肥, 2010 (2): 8-11.



不同肥料处理对马铃薯产量、品质和土壤肥力的影响

吕慧峰¹ 沈云树² 朱斌² 许良兵² 王正银¹

(1.西南大学资源环境学院, 重庆 400716 2.重庆市城口县农业局, 重庆 405900)



摘要: 采用田间小区试验研究了不同肥料处理对马铃薯产量、品质和土壤中大量元素有效养分含量的影响。结果表明, 与常规施肥相比, 各处理仅以在配方肥的基础上增施有机肥增产 11.3%, 其余处理均减产或平产; 以缓释配方肥和在配方肥的基础上增施中微肥、土壤调理剂提高马铃薯维生素 C 含量 2.7%~7.1%; 除配方肥处理外, 其余处理马铃薯的淀粉含量均略有所降低; 配方肥和增施有机肥处理分别降低马铃薯可溶性糖含量 6.2%和 3.1%; 除增施土壤调理剂处理外, 其余处理提高马铃薯粗蛋白含量 9.0%~44.0%; 除缓释配方肥处理外, 其余处理提高马铃薯块茎磷含量 9.7%~30.8%; 除配方肥和在配方肥基础上增施有机肥处理外, 其余处理降低了马铃薯块茎的钾含量; 施用中微量元素肥料、有机肥料、土壤调理剂提高马铃薯土壤有机质和大量元素有效养分含量, 改善土壤肥力水平。

关键词: 肥料组合; 马铃薯; 产量; 品质

马铃薯 (*solanum tuberosum* L.) 是我国西南山区、东北北部和黄土高原等地区冬春淡季的主要蔬菜作物^[1], 其除含有丰富的淀粉外, 还含有人体不可缺少的营养成分, 如蛋白质、脂肪、糖类、矿物质盐类、粗纤维和各种维生素等, 栽培的重要性位于芋薯类蔬菜之首。但长期以来在马铃薯的生产中只注重产量及经济效益, 盲目滥用化肥及偏施氮肥^[2-3], 破坏了土壤结构, 土壤板结情况越来越严重, 且有机肥施用量的锐减使得土壤中微量元素无法得到适量的补充, 地力下降, 严重影响马铃薯产量及品质的提高。蔬菜的营养平衡是保证蔬菜优质高产的一项重要技术措施^[4-5]。对马铃薯合理的施肥, 改善其营养环境条件, 对其产量和品质有重要的作用^[6-9], 目前国内已

有不少报道, 但有关不同肥料组合对马铃薯产量和品质的影响报道较少^[10-11]。因此, 本试验研究了配方肥以及在配方肥的基础上配施有机肥、土壤调理剂、中微肥对马铃薯产量、品质以及土壤肥力的影响, 以期获得高产优质马铃薯生产提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

供试土壤为山地黄壤, 质地壤粘土, 土壤的基本农化性状: pH 值 5.9, 有机质 23.3 克/公斤, 碱解氮 97.2 毫克/公斤, 有效磷 6.44 毫克/公斤, 速效钾 115 毫克/公斤, 有效硫 6.11 毫克/公斤, 有效钙 1.84 克/公斤, 有效镁 0.390 克/公斤, 有效硼 0.160 毫克/公斤, 有效铁 3.19 毫克/公斤, 有效锰 49.1 毫克/公斤, 有效铜

0.810 毫克/公斤,有效锌 2.37 毫克/公斤。马铃薯品种为巴山白。当地常规施肥为每亩有机肥 2000 公斤,尿素 7.5 公斤,过磷酸钙 25 公斤。配方肥 N:P₂O₅:K₂O 为 11:8:6 公斤/亩。缓释配方肥与配方肥施用比例相同,由有机-无机缓释肥料 14-8-8 提供养分,以普通化肥调节养分比例。土壤调理剂由硅酸钙、泥炭等组成。中微肥的施用为硫酸镁 15 公斤/亩,硫酸锌 2 公斤/亩,硫酸锰 1 公斤/亩,硼砂 1 公斤/亩。

1.2 试验方法

试验于 2009 年 3 月 2 日~7 月 27 日在重庆市城口岚天乡红岸村进行。共设 7 个处理:1) 无肥对照;2) 当地常规施肥;3) 配方肥;4) 有机肥+配方肥;5) 配方肥+土壤调理剂;6) 缓释配方肥;7) 配方肥+中微肥。采用随机区组设计,3~7 处理的 NPK 用量相同,3 次重复,小区面积 20 平方米。密度 2500 窝/亩,双行栽培。收获后测定马铃薯的产量和品质。

1.3 测定内容和方法

土壤样品测定 pH、有机质、有效氮、磷、钾、钙、镁、硫、铁、锰等养分,采用常规方法测定^[12],马铃薯干样用 H₂SO₄-H₂O₂ 消化,常规方法测定全氮、磷、钾^[12],粗蛋白含量用全氮含量乘以换算系数 6.25。维生素 C 采用 2,6-二氯酚酚滴定法;淀粉采用酸水解法;可溶性糖采用 3,5-二硝基水杨酸分光光度法^[12];马铃薯产量采用新复极差法(SSR 检验法)进行统计分析^[13]。

2 结果与分析

2.1 不同施肥处理对马铃薯产量的影响

马铃薯产量统计分析结果(表 1)表明,与当地常规施肥相比,除有机肥料+配方肥处理增产 11.3%,其余处理均减产,降幅 3.0%~8.0%,但差异不显著。表明施用配方肥以及在配方肥的基础上增施土壤调理剂和中微肥对马铃薯产量的提高没有作用,增施有机肥对马铃薯产量的提高效果明显,这可能是由于有机肥中各养分平衡了马铃薯的养分需求,促进生长,从而提高产量。

2.2 不同施肥处理对马铃薯品质的影响

2.2.1 维生素 C 维生素 C 是衡量马铃薯营养品质的重要指标。表 2 可知,与常规施肥相比,各处理以缓释配方肥、配方肥+土壤调理剂、配方肥+中微肥三个处理提高了马铃薯的维生素 C 含量,增幅 2.7%~7.1%。配方肥单施维生素 C 含量降低 6.6%。可见,增施中微肥及土壤调理剂有利于增加马铃薯块茎中的维生素 C 含量,提高营养品质,缓释配方肥在增加马铃薯的维生素 C 含量方面优于配方肥。

2.2.2 淀粉 除配方肥外,各处理的淀粉含量均较常规施肥有所降低,但降幅均不大(表 2)。这表明,在施用配方肥的基础上增施有机肥、土壤调理剂、中微肥对马铃薯淀粉含量的形成均没有配方肥单施效果好。这可能与供试土壤的肥力较高,增施肥料组合后,土壤养分含量过高,影响马铃薯块茎中淀粉的积累,含量有所下降^[14]。

表 1 不同施肥处理马铃薯产量

编号	处理	小区产量 X±SD	差异显著性		亩产量 X±SD	相对产量
		(公斤/区)	$p_{0.05}$	$p_{0.01}$	(公斤/亩)	(%)
1	无肥对照	21.9±3.9	b	A	729±132	80.8
2	当地常规施肥	27.1±4.3	ab	A	903±143	100.0
3	配方肥	24.9±3.6	ab	A	830±120	92.0
4	配方肥+有机肥	30.1±1.2	a	A	1005±41	111.3
5	配方肥+土壤调理剂	26.3±2.7	ab	A	876±91	97.0
6	缓释配方肥	27.1±7.9	ab	A	903±265	100.0
7	配方肥+中微肥	25.5±3.4	ab	A	849±113	94.1

2.2.3 可溶性糖 与常规施肥相比,缓释配方肥、配方肥+中微肥、配方肥+土壤调理剂三个处理大幅度提高马铃薯的可溶性糖含量,增幅20.3%~29.7%,其中以增施土壤调理剂增幅最大,达29.7%。配方肥和增施有机肥处理则分别降低可溶性糖含量6.2%和3.1%(表2)。当马铃薯块茎内的可溶性糖过高(>0.4%)时,会降低其品质^[15],故施用配方肥和在配方肥基础上增施有机肥有助于马铃薯加工品质的提高。

2.2.4 粗蛋白 除增施土壤调理剂的处理外,其余各配方肥处理较常规施肥提高马铃薯粗蛋白9.0%~44.0%,其中以配方肥单施增幅最大,达44.0%(表2)。显然,配方肥可大幅提高马铃薯粗蛋白含量,而配施其他肥料组均有不同程度的降低。

2.2.5 磷 农产品中磷素含量是重要的品质指标。表2可知,除缓释配方肥处理降低16.9%外,其余配方肥各处理均提高马铃薯块茎的磷含量,增幅9.7%~30.8%,其中以配方肥处理增幅最大,为30.8%。可见,配方肥中合理的氮磷钾比例更适合马铃薯的营养需求,有利于块茎中磷含量的提高,且在缺磷的土壤中,适量的施入磷肥,对增加其块茎的磷含量效果明显。

2.2.6 钾 农产品中钾素含量也是重要的品质指标。由表2知,除配方肥和在配方肥基础上增施有机肥处理外,其余配方肥各处理降低马铃薯块茎钾含量5.5%~32.9%,其中以配方肥基础上增施土壤调理剂处理降幅最大,达32.9%。

2.3 不同施肥处理对土壤肥力的影响

所有配方肥各处理较常规施肥使土壤有机质含量提高 2.1%-18.2%，碱解氮含量提高 4.0%-14.5%，有效磷含量提高 25.3%-60.5%，有效钾含量提高 14.2%-56.7%，其中以配方肥

的基础上增施有机肥、土壤调理剂的综合效果最好。缓释配方肥大幅度提高了土壤有效磷含量。与常规施肥相比，施用配方肥，降低了土壤的碱解氮、有效钾含量。各施肥处理对土壤 pH 无明显影响。

表 2 不同施肥处理马铃薯品质性状

代号	Vc		淀粉		可溶性糖		粗蛋白		全磷	全钾		
	(毫克/公斤)						(%)					
1	171	93.4	62.5	102.5	0.740	115.6	9.56	95.6	0.208	106.7	0.139	95.2
2	183	100.0	60.9	100.0	0.640	100.0	10.0	100.0	0.195	100.0	0.146	100.0
3	171	93.4	60.9	100.0	0.600	93.8	14.4	144.0	0.255	130.8	0.147	100.7
4	177	96.7	56.4	92.6	0.620	96.9	12.2	122.4	0.241	123.6	0.150	102.7
5	196	107.1	58.8	96.5	0.830	129.7	7.99	79.9	0.214	109.7	0.098	67.1
6	188	102.7	59.6	97.9	0.770	120.3	10.9	109.0	0.162	83.1	0.130	89.0
7	196	107.1	59.0	96.9	0.810	126.6	11.8	118.0	0.214	109.7	0.138	94.5

表 3 不同处理对土壤肥力的影响

处理	有机质	pH	碱解氮	有效磷	有效钾
	克/公斤		毫克/公斤		
无肥对照	34.8	5.3	140	33.9	68.3
当地常规施肥	33.6	5.3	143	22.0	68.3
配方肥	34.3	5.3	140	29.8	58.6
配方肥+有机肥	37.5	5.4	149	27.6	78.0
配方肥+土壤调理剂	39.6	5.5	150	31.9	107
缓释配方肥	37.5	5.5	142	35.4	78.0
配方肥+中微肥	39.7	5.4	164	31.7	82.9

3 结论

3.1 各肥料组合，仅以在配方肥的基础上增施有机肥提高了马铃薯的产量，其余处理均减产。

3.2 缓释配方肥和在配方肥基础上增施中

微肥、土壤调理剂均能提高马铃薯维生素 C 含量；除配方肥处理外，其余处理均降低马铃薯的淀粉含量；配方肥和增施有机肥降低马铃薯的可溶性糖含量；除增施土壤调理剂的处理外，其余处理均提高马铃薯的粗蛋白含量；除缓释配方肥处理外，其余处理均提高马铃薯的

磷含量;除配方肥和增施有机肥处理外,其余处理均降低马铃薯的钾含量。

3.3 施用配方肥、有机肥、中微量元素肥

参考文献:

- [1] 中国农业科学院蔬菜花卉研究所.中国蔬菜栽培学[M].北京:中国农业出版社,2010,319-320.
- [2] 李卫华,丁洪,颜明娟等.新型专用配方肥对马铃薯产量及品质的影响[J].中国农学通报,2007,23(3):289-292.
- [3] 麻汉林,郭志平.马铃薯高产施肥措施研究[J].中国马铃薯,2007,21(1):26-28.
- [4] 狄彩霞,李会合,王正银等.不同肥料组合对莴笋产量和品质的影响[J].土壤学报,2005,42(4):652-659.
- [5] 尹迪信,曹文才,肖桂兰等.贵州高海拔地区马铃薯平衡施肥效益研究[J].土壤通报,2004,35(1):48-51.
- [6] 林诚,王飞,李清华等.麸酸型有机复混肥对马铃薯产量、品质及养分累积吸收的影响[J].土壤通报,2009,40(3):629-632.
- [7] 郑顺林,王西瑶,马均等.营养水平对马铃薯块茎激素、产量和品质的影响[J].植物营养与肥料学报,2008,14(3):515-519.
- [8] 郑若良.氮钾肥比例对马铃薯生长发育、产量及品质的影响[J].江西农业学报,2004,16(4):39-42.
- [9] 李华,毕如田,程芳琴等.钾锌锰配合施用对马铃薯产量和品质的影响[J].中国土壤与肥料,2006(4):46-50.
- [10] 董淑英,李瑾,崔潇等.不同肥料对马铃薯增产的影响[J].中国马铃薯,2009,23(4):226-227.
- [11] 李成军.不同肥料的组配施用对马铃薯产量的影响试验[J].中国马铃薯,2002,16(5):294-296.
- [12] 鲁如坤.土壤农业化学分析方法[M].北京:中国农业科技出版社,1999,106-489.
- [13] 白厚义,肖俊璋.试验研究及统计分析[M].西安:世界图书出版社,1998,120-128.
- [14] 田国政,艾训儒,易永梅等.不同施肥水平对马铃薯品质的影响[J].湖北农业科学,2009,48(7):1599-1601.
- [15] 盛万民.中国马铃薯品质现状及改良对策[J].中国农学通报,2006,22(2):166-170.

山东省西北部潮土区小麦养分限制因子 及施肥效益研究

魏建林¹, 崔荣宗¹, 杨果¹, 肖建军²

(1.山东省农业科学院农业资源与环境研究所, 济南 250100

2.山东省平原县农业局, 平原 253100)



摘要: 在山东省西北部潮土地区小麦生产上通过对ASI系统推荐施肥与减素处理、习惯施肥处理进行比较, 研究不同施肥处理对小麦的增产效益影响。试验设置最佳推荐施肥处理(OPT), 在最佳推荐施肥处理基础上设置减氮(OPT-N)、减磷(OPT-P)、减钾(OPT-K)、60%最佳推荐施氮量处理(60%OPT N)、当地农民习惯施肥处理(FP)。试验结果表明, 氮素为当地小麦生产的主要限制因子, 其次是磷素, 钾素对小麦增产影响最小。OPT-N、OPT-P、OPT-K处理较OPT处理减产均达到显著性水平, FP处理、60%OPT N和OPT处理间小麦产量没有明显差异。减素处理中OPT-N处理减产幅度最大, 减产率达22.4%。减磷处理的的减产幅度次之, 减产率为14.4%, 减钾处理减产幅度最小, 减产率为13.4%。分析各处理的纯收益, 由高至低的顺序为60%OPT N>OPT>FP>OPT-K>OPT-P>OPT-N。

关键词: 小麦; 潮土; 产量; 养分限制因子; 经济效益

山东省西北部的黄河冲积平原地区地势平坦, 水浇条件良好, 是重要的粮食生产基地, 经过品种改良、栽培技术提高等措施, 小麦大多已达亩产千斤左右。研究目前高产条件下不同养分对粮食的增产效果, 分析不同肥料的农学效率, 对于保障粮食安全, 提高生产效益、发展高效可持续农业具有重要意义。本试验在土壤测试分析基础上, 提出最佳处理(OPT), 并以此处理为基础, 设置减氮、减磷、减钾和习惯施肥等处理。在当地土壤条件下, 通过ASI^[1]系统推荐施肥处理与减素处理、习惯施肥处理进行比较, 研究当地土壤条件下养分限制因子、施肥对小麦的增产效益影响以及推荐量与农民习惯施肥量效应差异。

1 材料和方法

1.1 试验材料

试验于2009年10月至2010年6月在山东省德州市平原县三唐镇大王村进行。试验地块位于N37°13'48.6", E116°25'49.7", 处于暖温带半湿润季风气候区。年平均气温13.1℃, 年平均降水量641.5mm, 水浇条件良好。

供试土壤为潮土, 质地为砂壤土。试验前采取耕层土壤样品(0-20厘米), 土壤混匀后分为两份, 一份送中国农业科学院采用ASI方法^[1]分析, 用于提出最佳施肥推荐量。另一份采用常规农化分析法^[2]测定分析。土壤

养分分析结果见表1(ASI法)和表2(常规法)。供试冬小麦品种为横观35,播量16公

斤/亩,氮肥用尿素,磷肥用过磷酸钙,钾肥用加拿大产氯化钾。

表1 供试土壤养分状况(ASI法)

实验室编号	OM (%)	NH ₄ -N	NO ₃ -N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Cu	Mn	Zn	B	pH
		(毫克/升)												
BST G 06	0.43	1.4	23.9	10.5	85.5	2439	384.5	11.2	11	2.2	5.3	1.4	1.02	8.48

表2 供试土壤养分状况(常规法)

项目	碱解氮	速效磷	速效钾	有机质 (%)	pH
	(毫克/公斤)				
土样(0-20厘米)	41.9	9.3	104.2	1.267	7.46

1.2 试验方法

试验设6个处理,分别为最佳推荐施肥处理(OPT)、减氮处理(OPT-N)、减磷处理(OPT-P)、减钾处理(OPT-K)、最佳推荐施

氮量60%的减氮处理(60%OPT N)、当地农民习惯施肥处理(FP)。重复3次。小区面积30平方米。各处理施肥量情况见表3。

表3 小麦生育期各处理肥料用量(公斤/亩)

处理	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1、OPT	16.0	5.0	6.0
2、OPT-N	0.0	5.0	6.0
3、OPT-P	16.0	0.0	6.0
4、OPT-K	16.0	5.0	0.0
5、60%OPT N	9.6	5.0	6.0
6、FP	14.5	7.5	7.5

小麦种植前全部磷钾肥和50%氮肥作基施,另外50%氮肥在小麦拔节期追施。2009年10月12日翻地施底肥,13日播种,2010年3月29日追施尿素。其他管理措施均一致,同当地习惯。2010年6月17日收获。

收获时每小区分别取代表性植株2平方米,从地面上部收割,晾干后称总重,折算地上部收获物产量。脱粒后称粒重折算经济产量。地上部收获物产量减去经济产量为非收获物产量。

表4 各处理小麦分蘖情况 (万株/亩)

试验编号	基本苗数	冬前分蘖数	春季最大分蘖数	收获时有效穗数
1、OPT	22.3 a	28.8 a	31.1 a	30.2 a
2、OPT-N	22.2 a	27.9 a	28.8 a	25.2 b
3、OPT-P	24.3 a	28.1 a	28.7 a	28.5 a
4、OPT-K	24.6 a	28.0 a	30.4 a	29.1 a
5、60% OPT N	23.1 a	28.1 a	30.1 a	28.3 a
6、FP	22.7 a	29.6 a	30.4 a	29.9 a

注：同一列中数字后不同字母表示差异达5%显著水平，下同。

2 结果与分析

2.1 不同施肥处理小麦冬前和春天最大分蘖数及收获时有效穗数情况

从表4可知，小麦单株分蘖数不大，平均仅1.5个左右。从三个重复的平均值比较分析，氮磷钾平衡施肥处理的小麦分蘖数略大于减素处理。其中冬前分蘖数以FP处理最高，减氮处理最低，春季最大分蘖数以OPT处理最高，减磷处理最低。统计分析显示基本苗、冬前分蘖和春季最大分蘖各处理间无明显差异。成熟时有效穗数以OPT处理最高为30.2万个，其次是FP处理，减氮处理的有效穗数最少，仅为25.2万个，同其他处理相比达到显著性差异水平。

2.2 不同施肥处理对小麦株高、穗长、穗粒数和千粒重的影响

从小麦收获后的考种记录看，OPT处理、FP处理的小麦株高、穗长、穗粒数均高于减素处理。小麦穗长以减磷处理最小，其次是减

钾处理，与OPT处理相比分别缩短了0.32、0.20厘米。小麦穗粒数以减氮处理最小，与OPT处理相比减少了1.47粒，其次是减磷处理，与OPT处理相比减少了0.93粒。从小麦千粒重结果看，最佳推荐施氮量60%的减氮处理（60% OPT N）最高，其次是FP处理、减氮处理，且均高于OPT处理。减钾、减磷处理的最低，与OPT处理比较，分别降低了0.83、0.42克。从统计分析结果看，各施肥处理间小麦株高、穗长、穗粒数、千粒重均未达到显著性水平。



表5 不同施肥处理小麦株高、穗长、穗粒数、千粒重情况

试验编号	株高(厘米)	穗长(厘米)	穗粒数(粒)	千粒重(克)
1.OPT	62.0 a	6.75 a	40.50 a	39.15 a
2.OPT-N	60.3 a	6.57 a	39.03 a	40.26 a
3.OPT-P	60.3 a	6.43 a	39.57 a	38.73 a
4.OPT-K	61.0 a	6.55 a	40.26 a	38.32 a
5.60% OPT N	60.7 a	6.62 a	40.05 a	40.62 a
6.FP	61.7 a	6.78 a	40.21 a	40.36 a

2.3 经济产量分析

从小麦经济产量分析(表6)可知,FP产量最高,OPT-N处理最低,减素处理均有不同程度的减产。OPT-N、OPT-P、OPT-K处理较OPT处理减产均达到显著性水平,FP处理、60%OPT N和OPT处理间小麦产量没有明显差异。减素处理中OPT-N处理减产幅度最大,减产量为100公斤/亩,减产率达22.4%。减磷处理的的减产幅度次之,减产

率为14.4%,减钾处理减产幅度最小,减产率为13.4%。表明氮是当地小麦生产的主要限制因子,其次是磷,最后是钾。对比各处理产值,FP产值最高,其次为OPT,由高至低的顺序为:FP>OPT>60%OPT N>OPT-K>OPT-P>OPT-N。纯收益为640.8-787.6元/亩,由高至低的顺序为:60%OPT N > OPT > FP > OPT-K > OPT-P > OPT-N。

表6 小麦产量和经济效益分析

处理	经济产量(公斤/亩)				相对产量(%)	减产(公斤/亩)	减产率(%)	产值	肥料成本	纯收益
	I	II	III	平均						
1	482.2	420.0	437.8	446.7 a	100	0	0	893.3	116.5	776.8
2	346.7	362.2	331.1	346.7 c	77.6	-100	-22.4	693.3	52.5	640.8
3	382.2	364.4	400.0	382.2 bc	85.6	-64.4	-14.4	764.4	94.0	670.4
4	373.3	384.4	402.2	386.7 b	86.6	-60	-13.4	773.3	86.5	686.8
5	440.0	451.1	426.7	439.3 a	98.3	-7.4	-1.7	878.5	90.9	787.6
6.	453.3	462.2	440.0	451.9 a	101.2	5.2	1.2	903.7	129.3	774.5

相对产量=其他处理产量/OPT产量×100; 减产(公斤/亩)= 缺素处理产量-OPT产量; 减产率(%)=[(缺素处理产量-OPT产量)/OPT产量]×100; 肥料价格: N=4.0元/公斤, P₂O₅=4.5元/公斤, K₂O=5.0元/公斤; 收获物(小麦)价格=2.0元/公斤。

2.4 非收获物产量

从小麦非收获物产量结果(表7)看,减氮处理的小麦秸秆产量最小,其次为减磷、减钾处理。60%氮量减氮处理非收获物产量相比其他减素处理产量降低最少。统计分析结果显

示OPT-N、OPT-P、OPT-K处理较OPT处理减产均达到显著性水平,FP处理、60%OPT N和OPT处理间小麦产量没有明显差异。

表7 小麦非收获物产量表 (风干重)

处理	非收获物产量 (公斤/亩)			
	I	II	III	平均
1	531.1	560.0	568.9	553.3a
2	397.8	406.7	453.3	419.3d
3	471.1	426.7	491.1	463.0c
4	504.4	506.7	513.3	508.1b
5	542.2	535.6	573.3	550.4a
6	553.3	575.6	577.8	568.9a

3 讨论及结论

本研究结果表明,潮土地区小麦生产上氮、磷、钾仍为土壤养分限制因子,这与戴良香^[12-13]等人的研究结果一致。目前关于磷肥的有效性和在土壤中的积累观点比较一致,磷肥的当季利用率在15%~25%,从上世纪80年代初以来,磷的投入一直大于支出,土壤磷素积累明显^[14-16]。在本研究地块中土壤的有效磷含量仅为9.3 mg/kg,所以小麦的产量结果表明磷成为仅次于氮的养分限制因子。张英鹏^[17]等对山东省主要土类养分调查结果也表明,被调查的潮土土样的速效磷含量大部分属于极低水平。

本研究中小麦的单株分蘖数相对较少与当年的气候异常有一定关系。小麦苗期遭受冬前早寒,影响了冬前分蘖数量,而春季则一直

持续低温,缺少继续分蘖的条件。从小麦的产量形成指标分析结果看,减素处理均造成了有效穗数、穗粒数的下降,其中减氮处理对有效穗数的影响达到显著性水平;减磷、减钾处理对千粒重影响较大。可以看出不同的养分元素对产量形成指标的影响不尽一致,对有效穗数的影响最大;三个产量形成指标综合作用导致了最后不同处理间小麦产量间的差异。

在本试验条件下,从小麦的试验结果可知:

(1) 氮素为当地小麦生产的主要限制因子,其次是磷素,钾素对小麦增产影响最小。

(2) 与OPT小麦产量比较,FP处理没有明显差异,减素处理中OPT-N处理减产幅度最大,减钾处理减产幅度最小,施用OPT处理60%氮肥用量的情况下没有造成明显减产。

(3) 减素处理均造成了有效穗数、穗粒数的

下降, 减磷、减钾处理对千粒重影响较大。

(4) 对比各处理纯收益由高至低的顺序为

60% OPT N>OPT>FP>OPT-K>OPT-P>OPT-N。

参考文献:

- [1] 林葆, 李家康.我国化肥的肥效及其提高的途径—全国化肥试验网的主要结果[J].土壤学报, 1989, 26 (3): 273-279
- [2] 金继运, 李家康, 李书田.化肥与粮食安全[J].植物营养与肥料学报, 2006, 12 (5): 601-609
- [3] 叶优良, 韩燕来, 谭金芳, 等.中国小麦生产与化肥施用状况研究[J].麦类作物学报, 2007, 27 (1): 127-133
- [4] 王旭, 李贞宇, 马文奇, 等.中国主要生态区小麦施肥增产效应分析[J].中国农业科学, 2010, 43 (12): 2469-2476
- [5] 董鲁浩, 李玉义, 逢焕成, 等.不同土壤类型下长期施肥对土壤养分与小麦产量影响的比较研究[J].中国农业大学学报, 2010, 15 (3): 22-28
- [6] 彭畅, 朱平, 牛红红, 等.农田氮磷流失与农业非点源污染及其防治[J].土壤通报, 2010, 41 (2), 508-512
- [7] 贾树龙, 孟春香, 杨云马, 等.华北平原区农田优化施肥技术防治立体污染效果研究[J].中国土壤与肥料, 2010 (2), 1-6
- [8] 侯彦林, 李红英, 赵慧明.中国农田氮肥面源污染估算方法及其实证: IV各类型区污染程度和趋势[J].农业环境科学学报.2009, 28 (7): 1341-1345
- [9] 金继运, 自由路, 杨俐苹, 等.高效土壤养分测试技术与设备[M].北京: 中国农业出版社.2006
- [10] 李酉开.土壤农化常规分析方法[M].北京: 科学出版社, 1983
- [11] Tisdale S L, Nelson W L.土壤肥力与肥料[M].孙秀廷译.北京: 科学出版社, 1984
- [12] 戴良香, 张电学, 郝兰春, 等.高产粮区冬小麦—夏玉米轮作条件下土壤养分限制因子与施肥研究[J].河北职业技术学院学报, 2001, 15 (2): 5-8.
- [13] 侯传本.鲁西潮土小麦玉米氮磷钾配施效应初探[J].山东农业科学, 2008, 5: 78-79
- [14] 陈伦寿.应正确看待化肥利用率[J].磷肥与复肥, 1996, (4): 4-7
- [15] 朱兆良.肥料与农业和环境[J].大自然探索, 1998, 17 (4): 25-28
- [16] 黄绍敏, 宝德俊, 皇甫湘荣, 等.长期施肥对潮土土壤磷素利用与积累的影响[J].中国农业科学, 2006, 39 (1): 102-108
- [17] 张英鹏, 李彦, 于仁起, 等.山东省主要耕地土壤的养分含量及空间变异分析[J].华北农学报, 2008, 23 (增刊): 310-314



桃树矫正施肥研究

徐四新 姚政 宋科 罗国安 查健生 金海洋

(上海市农业科学院生态所, 201106)

桃树是上海浦东新区的特色作物,有着五十多年的种植历史,由于果树土壤的施肥量高,不易翻耕,其土壤养分状况和其他大田作物有着明显的差异。本文采用矫正施肥方案,循序渐进地改善施肥措施,为科学和合理施肥提供依据。

1 果园村农田土壤养分综合评价

表1和表2是果园村农田土壤养分的ASI法分析测定结果。根据ASI的丰缺指标,果园村土壤N、K养分供应不足,土壤Fe、P的供应充足,且赢余较大;土壤B可能存在潜在

性缺乏。土壤养分的变异系数在20%到88%之间,各土壤养分变异系数表现为: $N > B > P > Zn > Mn > Fe = K > Cu > Mg = Ca$,其中土壤氮、磷和钾的变异系数为: $N > P > K$ 。根据水蜜桃的养分需求和施肥的情况来看,果园村桃树N、P施肥量过大,K肥基本平衡。由于土壤N在土壤中不易累积,大量施用N肥除了可能增加N素的损失外,桃树仍然需要补充N肥。由于土壤P在土壤中不易移动容易累积,使土壤P的积累严重。果园村桃树种植有着五十多年的历史,果树施肥量大,品种简单,且不常翻耕,使果园村土壤养分变异系数较大。

表1 桃园土壤大中量元素有效养分测定结果 (毫克/升)

	N	P	K	Ca	Mg
平均值	41	135	126	1906	322
最小值	6.9	17	65.3	817	162
最大值	217	357	344	2870	547
变异系数 (%)	88	56	40	21	21
ASI 丰缺指标	50	60	140	900	280

注: 表中的N是 NH_4-N 和 NO_3-N 之和。

表2 桃园土壤微量元素有效养分测定结果 (毫克/升)

	Fe	Cu	Mn	Zn	B
平均值	344	10	32.1	5	0.5
最小值	44.8	3.6	2.7	1.6	0
最大值	743.9	19.2	80.3	21.9	2.62
变异系数 (%)	40	29	44	50	81
ASI 丰缺指标	40	5	10	5	0.6

2 果园村桃树施肥现状调查

水蜜桃是上海浦东新区果园村的主要作物，其桃园有着 50 多年的种植历史。表 3 是对果园村桃树肥料使用情况调查后汇总的结果，在不计有机肥的情况下，桃树纯 N 年用量大于 30 公斤/亩，纯 P_2O_5 年用量 15 公斤/

亩左右。生产 1000 公斤水蜜桃年平均需要吸收纯 N 约 4.8 公斤、纯 P_2O_5 约 2 公斤、纯 K_2O 约 7.6 公斤，果园村桃树产量一般在 1000kg 左右，因而 N、P 施肥量远远超过了桃树的需求量。这种长期不合理的施肥，使桃园土壤的养分失衡。

表 3 桃树肥料使用基本情况

施肥日期	肥料	实物使用量 (公斤/亩)	含量 (%)			折有效亩用量 (kg)		
			N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O
12 月底-1 月	有机肥	1000						
基肥	复合肥	50	15	15	15	7.5	7.5	7.5
5 月壮果肥	复合肥	50	15	15	15	7.5	7.5	7.5
	尿 素	20	46	0	0	9.2	0	0
7 月采果肥	尿 素	20	46	0	0	9.2	0	0
肥料总用量						33.4	15	15

3 果园村桃树矫正施肥方案及其效果

针对果园村农田土壤养分的综合状况和水蜜桃对养分的需求，制定了以减量、深施、调比例为核心的桃树矫正施肥方案（表 4），利用低 P 浓度的复合肥代替高 P 浓度的复合肥，有效减少 P 肥的施用量；通过肥料深施技术，提高肥料的利用率，降低养分的流失风险。根据目标水蜜桃产量对养分的需求量，减少了

养分的总用量。矫正施肥方案充分考虑了农民原来的施肥习惯，不仅便于农民接受，而且操作简单。2009 年在果园村进行了小规模示范试验，结果显示，矫正施肥降低年 N 肥用量 53.6%，降低年 P 肥用量 42%，矫正施肥和习惯施肥处理在产量、单果重、可溶性固形物等指标上均无明显的差异（表 5）。

表4 桃树矫正施肥方案

施肥日期	肥料	实物使用量 (公斤/亩)	含量 (%)			折每亩用量 (公斤)		
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
基肥	复合肥	50	15	15	15	7.5	7.5	7.5
壮果肥	复合肥	20-25	17	6	17	3.4	1.2	3.4
采果肥	尿素	10	46	0	0	4.6	0	0
肥料总用量						15.5	8.7	10.9

表5 桃树矫正施肥示范试验结果

农户	产量 (公斤/亩)		单果重 (克)		可溶性固形物 (%)	
	矫正施肥	习惯施肥	矫正施肥	习惯施肥	矫正施肥	习惯施肥
农户1	895	887	181	184	13	13.3
农户2	912	908	201	199	12	12.3
农户3	905	895	206	190	12	12.6
农户4	900	912	170	173	12.8	12.5
农户5	886	895	204	210	13.5	12.0

4 结论与讨论

4.1 水蜜桃是上海浦东新区果园村的特色农作物,有着五十多年的种植历史,在当地有着举足轻重的地位,当地桃农为了获得高产优质的产品,往往可以不计成本。多年来形成的桃树施肥习惯也不易改变,因而制订矫正施肥方案不仅要充分考虑农民原有的施肥习惯,而且要易于农民接受并且操作简单。做到循序渐进,逐步改善。

4.2 由于果园村长期种植单一作物以及

不合理的施肥,使得果园村土壤 P 在土壤中的积累严重。尽管土壤 P 是一种不易移动容易被固定的养分,但近年来的研究证明土壤径流中 P 的含量和土壤表层 P 的含量有着明显的正相关。

4.3 通过实施桃树矫正施肥方案,降低 N 肥年用量 50%以上,降低 P 肥年用量 40%以上。同时矫正施肥和习惯施肥在产量、单果重、可溶性固形物等指标上均无明显的差异,取得了初步的效果。

不同 pH 值之间如何相互比较?

张过师 译 陈防 校

(加拿大国际植物营养研究所武汉代表处)

原文出自 BETTER CROPS, 2011, No.2 P27

土壤 pH 值, 是影响养分在土壤与作物间相互作用的重要化学属性。然而, 它又是最容易被误读的一种度量, 特别是在不同 pH 值之间相互比较时。

我们经常遇到的问题是: “此 pH 值的酸度是彼 pH 值的多少倍?”。这个问题并不容易直接回答, 因为 pH 值并不像尺子一样的线性度量, 而是经过负对数转换的一种变相度量。既然是负对数的转换, 土壤酸度大的 pH 值就小。pH 值的范围是 0 到 14, 越接近 0 就表示酸性越强, 越接近 14 则表示碱性越强。pH 值为 7 表示中性, 是酸性和碱性的分界点。由此, 我们知道 pH 值 5.8 比 pH 值 6.6 有着更

强的酸性, 但到底酸多少倍呢?

要回答这个问题, 我们首先要认识到 pH 值是对酸度的一种变相表示。要得出“此 pH 值的酸度是彼 pH 值的多少倍”, 就必须做一些数学处理, 使其由负对数的度量值回到线性度量值上来进行比较。

下表是经相关数学处理后得出来的结果, 方便大家快速得出“此 pH 值的酸度是彼 pH 值的多少倍”。使用时, 先用高的 pH 值减去低的 pH 值得到 pH 值差, 然后在“pH 值差”列中找到该值, 再在右例“酸度高几倍”中找出相应数值即可。

pH 值差	酸度高几倍	pH 值差	酸度高几倍	pH 值差	酸度高几倍
0.1	1.3	1.1	13	2.1	126
0.2	1.6	1.2	16	2.2	158
0.3	2.0	1.3	20	2.3	200
0.4	2.5	1.4	25	2.4	251
0.5	3.2	1.5	32	2.5	316
0.6	4.0	1.6	40	2.6	398
0.7	5.0	1.7	50	2.7	501
0.8	6.3	1.8	63	2.8	631
0.9	7.9	1.9	79	2.9	794
1.0	10.0	2.0	100	3.0	1000

如上面的例子, 要知道 pH 值 5.8 比 pH 值 6.6 酸多少倍? 我们用高的 pH 值减去低的 pH 值: $6.6-5.8=0.8$ 。找到“pH 值差”为 0.8 时, “酸度高几倍”中对应的数值是 6.3。从而知道 pH 值 5.8 的酸度是 pH 值 6.6 的 6.3 倍。使用该表, 可以在 pH 值差 3 以内时快速对两个不同 pH 值之间的酸度进行比较。

要获取更完整的比较值, 请访问

<http://nanc.ipni.net/article/NANC0022-EN>。

本文改编自“Plant Nutrition Today”上一篇 T.Scott Murrell 博士写的文章, 作者系国际营养研究所美国中北地区项目负责人, 驻印第安纳州西拉法叶城, e-mail: smurrell@ipni.net。

肥料使用与人类健康

张过师 译 陈防校

(加拿大国际植物营养研究所武汉代表处)

原文出自 BETTER CROPS, 2011, No.2 P26

粮食又涨价了,与此同时,不断增加的世界人口一直在寻求更多更好的食物。现在农民们在被要求生产出更多的粮食的同时,已经承受着减小农业生产对环境影响的压力。从而,合理的作物养分管理正显示着前所未有的重要性。

粮食安全并不单指作物产量,质量同样重要。作物养分对两者都有影响,可以确保人类所需。要满足预期人口增长的营养需求,全球的粮食产量到2050年应提高70%。这些营养需求中主要有碳水化合物、蛋白质、油、维生素和矿物质,作物的营养状况对它们都会产生影响。

食物中许多有益健康的成分是通过作物施用相关养分获得的,由于多数农民为获高产已对作物施肥,这一点常常会被忽略。粮食作物施氮可在提高产量的同时提高蛋白质含量;施用磷、钾和硫肥可以提高土豆中蛋白质的生物学价值。微量元素,尤其是锌、硒和碘,对人类营养很重要,可通过在粮食生产中施用这些养分来使人类膳食得以优化。作物养分状况可影响作物的感病性,这些病害可引发产品品质退化和菌毒感染。

在以水稻主为要食物及奶产品摄入较少的地区,钙常常显缺乏。椰菜和大豆可为人类膳食提供钙和镁,对在缺肥的酸性土壤上栽培的这类作物施用石灰就可以提高作物中这些

矿物质的含量。施钾可以提高水果和蔬菜中的钾含量,同时可提高品质,如甜度、质地、色泽以及Vc、 β -胡萝卜素、茄红素和叶酸的含量。

肥料使用中也有一系列需要正确理解和对待的负面因素。几十年来,饮用水中的硝酸盐含量持续受到关注,然而有新的证据证明硝酸盐对心血管疾病的恢复有正面影响。高铁血红蛋白症在发达国家较少出现,原因就在于这种病与致癌物亚硝胺间可能有关联。最近被提到的一类问题如肥料使用中的氨排放是否会提高雾霾的非健康等级。水体富营养化引发的藻类疯长在很多地方被归因于农田养分的流失。

尽管农田养分流失应负的责任大小有待明确,但是必须认识到,在过去的50到100年间,前所未有的全球大规模地增加化肥的使用所产生的影响值得关注和认真研究。从事农作系统研究与开发的人们已认识到提高养分利用率的多重作用,也已经在减少养分盈余和流失方面取得相当大的进步,但仍需努力以平衡要提高人类健康水平在两个方面的需求,即在提供足够多的有营养食物的同时,避免危害生命赖以生存的环境。

基于四个适宜(适宜的资源、适宜的量、适宜的施用时间和适宜的施用位置)的合理化养分管理模式在继续为人类健康提供

帮助方面有很大潜力。国际肥料工业协会和国际植物营养研究所正在撰写一本有关肥料与人类健康的科学出版物，将详述上面提到的一些施肥影响因素及其他相关问题，旨在为肥料



世界卫生组织定义的人类健康指身体上，精神上和社会适应性上的完好状态，而不是仅仅指没有疾病和不虚弱。

本文改编自“Plant Nutrition Today”上 Tom Bruulsema 博士的一篇文章，作者系国际营养研究所北美洲东北地区项目负责人，驻加拿大

生产行业及一些对肥料使用感兴趣的人员提供参考，以可靠的科学方法纠正错误认识；从科学的角度引入一些建设性的措施，以提高效益的同时解决环境影响问题。



合理的养分管理可以促进健康食物的生产。

安大略省基辅市，
e-mail: tom.bruulsemal@ipni.net。

2011 年 IPNI 研究生奖学金评选结果揭晓

2011 年度国际植物营养研究所 (IPNI) 研究生奖学金获得者已揭晓, 每位获奖者得到 2000 美元的奖励, 以鼓励其在植物营养和作物养分管理相关学科中取得的优异成绩。国际植物营养研究所所长 Terry L. Roberts 博士告诉我们: “今年国际植物营养研究所 (IPNI) 收到比以往更多的申请, 竞争异常激烈。这些年轻学者们非常优秀, 我们为能够帮助他们将来在植物营养研究上取得突出成绩而感到自豪。”

评审委员会严格按照标准对每一位申请者的学术业绩和其他各方面进行评价, 结果有 20 位来自不同国家和地区的在读研究生获得 2011 年度 IPNI 研究生奖学金。

非洲:

- Grace Kanonge, University of Zimbabwe, Harare, Zimbabwe
- Boaz S. Waswa, Centre for Development Research (ZEF), Bonn, Germany

澳大利亚/新西兰:

- Brooke Ryan, University of Adelaide, Adelaide, Australia

东欧与中亚:

- Elena Pavlova, Omsk State Agrarian University, Omsk, Russia
- Dmitry V. Bozhkov, Soil Science and Land Resources Department, South Federal University, Rostov-on-Don, Russia

拉美:

- Darío Sebastián Ceballos, Buenos Aires University, Campana, Argentina
- Diogo Mendes de Paiva, Universidade Federal de Vicosa, Vicosa, Brazil
- Maria Elena Cardenas, Universidad de

Sonora, Pueblo Yaqui, Mexico

北美:

- Ronald Navarrete-Ganchoso, Purdue University, West Lafayette, Indiana, USA
- Tyler J. Nigon, University of Minnesota, South Saint Paul, Minnesota, USA
- Joshua N. Cobb, Cornell University, Brooktondale, New York, USA
- Jared Crain, Oklahoma State University, Stillwater, Oklahoma, USA
- Cameron Pittelkow, University of California, Davis, California, USA

南亚:

- Gopal Ramdas Mahajan, Indian Agricultural Research Institute, New Delhi, India
- Shahid Hussain, University of Agriculture, Faisalabad, Pakistan
- Sumanta Kundu, Institute of Agricultural Sciences, Calcutta University, Kolkata, India

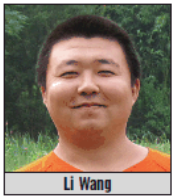
东南亚:

- Fabien F. Tengoua, Universiti Putra Malaysia, Serdang, Malaysia

中国:

- 王 利, 中国农业科学院农业资源与农业区划研究所, 中国北京。
- 串丽敏, 中国农业科学院农业资源与农业区划研究所, 中国北京。
- 夏 颖, 中国科学院武汉植物园, 中国湖北。

下面是 2011 年中国获奖的 3 位同学的简单介绍:



Li Wang

王 利, 2010 年起在中国农业科学院农业资源与农业区划研究所攻读博士学位, 论文题目是: “不同钾效率基因型棉花适应水分和低钾胁迫的机理研究”。研究目标是比较两种基因型棉花生长动态、生物量、钾的分布、钾利用效率、解剖结构、根毛、土壤微生物、根系形态等。将来王先生想继续在植物营养和土壤肥力上从事研究和推广工作。



Lumin Chuan

串丽敏, 就读于中国农业科学院农业资源与农业区划研究所, 攻读博士学位, 论文

题目是: “基于产量效应和农学效率的小麦养分管理和推荐施肥”。研究重点是利用 QUEFTS (Quantitative Evaluation of Fertility of Tropical Soils) 模型对小麦进行养分推荐以获得最高产量和最佳养分利用效率。将来她希望在著名大学进行科学研究工作。



Ying Xia

夏 颖, 就读于中国科学院武汉植物园, 攻读博士学位, 研究工作是阐明不同钾效率基因型棉花利用钾素的机理, 此研究将有助于发展提高钾素利用效率的新途径。将来夏颖同学想成为农业科学家, 继续从事植物营养与施肥研究。

研究生奖学金是由 IPNI 在其成员公司支持下提供的赞助, 有 IPNI 项目的任何国家, 在具有学位授予资格的单位在读的研究生都有资格申请。鼓励从事土壤和植物科学包括农学、园艺、生态、土壤肥力、土壤化学、作物生理以及其他与植物营养有关的领域的在读研究生申请, 每年大约在 6 月底结束申请, 请随时关注 IPNI 网站: www.ipni.net 了解申请程序和要求。