

BETTER CROPS CHINA 2009年10月(总第23期)



高效施肥

本期提要

长期施钾和秸秆还田对青海春小麦产量和土壤钾素的影响
氮肥不同基追比和氮肥种类对夏玉米产量和氮肥利用率的影响

河南玉米主产区生产现状及农田土壤养分状况分析
内蒙古河套灌区油菜养分吸收、积累和分配规律研究
平衡施肥对白菜产量和品质的影响

平衡施肥对穿心莲生长和药效成份的影响

平衡施肥对花生品质的影响

不同施氮量对超高产冬小麦产量和氮素营养状况的影响

肥料在世界粮食增长中的作用

世界痛失一位与饥饿作战的斗士

家畜生产过程中氮的排放

高效施肥 2009 年 10 月

本期目录 页数

加拿大钾肥公司在中国的平衡施肥示范项目报告 (23)	1
长期施钾和秸秆还田对青海春小麦产量和土壤钾素的影响	2
氮肥不同基追比和氮肥种类对夏玉米产量和氮肥利用率的影响	7
河南玉米主产区生产现状及农田土壤养分状况分析	11
内蒙古河套灌区油葵养分吸收、积累和分配规律研究	16
平衡施肥对白菜产量和品质的影响	24
平衡施肥对穿心莲生长和药效成份的影响	31
平衡施肥对花生品质的影响	35
不同施氮量对超高产冬小麦产量和氮素营养状况的影响	40
肥料在世界粮食增长中的作用	46
世界痛失一位与饥饿作战的斗士	54
家畜生产过程中氮的排放	55

《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://www.ipni.ac.cn>

The Government of Saskatchewan helps make this publication possible through its resource tax funding. We thank the Government for 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。

主编：金继运
编辑：陈防、涂仕华、李书田、何萍、梁鸣早

国际项目总部—Saskatoon, Saskatchewan, 加拿大
A.M. Johnston, Vice President, IPNI Asia and Oceania Group

理事会

M. M. Wilson, Chairman of the Board, Agrium Inc.
J. Felker, Vice Chairman of the Board, K + S KALI GmbH
S. R. Wilson, Finance Committee Chair, CF Industries Holdings, Inc.

行政办公室—Norcross, Georgia, 美国
T.L. Roberts, President, IPNI

北美项目总部—Brookings, South Dakota, 美国
P.E. Fixen, Senior Vice President, IPNI Americas Group and Director of Research.

东欧中亚项目部—Moscow, Russia
Svetlana Ivanova, Vice President, IPNI Eastern Europe and Central Asia 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
梁鸣早 女士	北京办事处	mzliang@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

封面照片：

会员公司：

Agrium Inc.	The Mosaic Company
Arab Potash Company	PotashCorp
Belarusian Potash Company	
Bunge Fertilizantes S.A	Simplot
CF Industries Holding, Inc.	Sinofert Holdings Limited
OCP S.A.	SQM
Incitec Pivot	Terra Industries, Inc
Intrepid Potash, Inc.	Uralkali
K+S KALI GmbH	



加拿大钾肥公司在中国的 平衡施肥示范项目报告 (23)

——发展适度规模经营条件下土壤养分管理和施肥技术体系

金继运

改革开放以来,与时俱进的指导思想贯穿我国各行各业各方面的工作。与时俱进是要求准确把握时代特征,始终站在实践前沿,实事求是,开拓进取,大胆创新,持续发展。我们的耕地保育和科学施肥技术也必需遵循这个准则,必需随着社会经济状况的改变和农业生产发展的需求而不断调整和进步。

近几年来,在党和政府的正确领导下,我国农业生产发生了很大的变化。自2004年以来,每年党中央发布的一号文件都是关于农业、农村、农民工作的指示,提出了诸如促进粮食稳定发展、农民持续增收、农村更加和谐,提高土地产出率、资源利用率和农业劳动生产率,加强农村环境保护,减少农业面源污染等明确的意见。胡锦涛总书记在十七大的报告中,提出要建立以工促农、以城带乡长效机制,形成城乡经济社会发展一体化新格局。十七届三中全会公报明确指出,我国总体上已进入以工促农、以城带乡的发展阶段,进入加快改造传统农业、走中国特色农业现代化道路的关键时刻,进入着力破除城乡二元结构、形成城乡经济社会发展一体化新格局的重要时期。在这一系列支农惠农政策的影响下,通过科学技术的进步,我国粮食作物连续6年获得丰收,农民收入逐年增加,农民生活水平逐年改善,农村面貌有了很大的变化。

与此同时,国家对农业的补贴逐年增加,以工促农、以城带乡的机制逐步形成,城乡经济社会发展一体化的新格局在经济发达地区已经形成,农业生产的基本条件和基础设施也在发生着快速的变化。这一些都在影响着农业生产体制的变化,近年来,农村劳动力进城或从事非农产业的人数大幅度增加,真正从事农业生产的劳动力人数明显下降,机械化程度快速增长…。这些变化表明我国发展适度规模经营的条件在许多地区已经成熟。

这些生产条件和生产体制的变化必定会影响土壤和肥料相关的技术工作。近年来,在我国主要农业产区,机械化程度大幅度增加,秸秆田间机械粉碎直接还田的比例快速上升,机械化施肥、灌溉施肥等技术也在快速的发展。我们的土壤肥料技术工作一定要跟上时代变迁的步伐,一定要及时相应地调整土壤管理和施肥的技术,形成适合于适度规模经营条件下的土壤养分管理和施肥的技术体系。在此过程中,尤其要关注:1) 土壤耕层的变化,注意形成耕层深厚肥沃的土层;2) 土壤有机质的变化,逐渐增加土壤活性有机质;3) 充分利用秸秆等有机养分资源;4) 机械化施肥技术,做到使用合适的肥料,合适的用量,合适的使用时间和施肥位置,以提高肥料利用效益;5) 与整地、播种、灌水等其他农艺措施的结合等。



长期施钾和秸秆还田对青海春小麦产量和土壤钾素的影响

张亚丽 陈占全 李月梅

(青海省农林科学院土壤肥料研究所)

摘要: 通过15年长期定位试验研究,探讨增施钾肥和秸秆还田对青海省春小麦产量及农田土壤钾素平衡的影响。结果表明,长期增施钾肥和秸秆还田对春小麦产量无显著影响;长期单施氮磷化肥,土壤速效钾含量有下降趋势,化肥钾与秸秆还田配合,能够提高土壤速效钾含量;增施钾肥和/或秸秆还田能够维持和增加土壤钾素,增加土壤钾库贮量。

前言

随着农作物产量和氮、磷肥用量的不断提高,作物从土壤中移走的钾量逐渐增加,而目前土壤钾有效补充方式之一的有机肥施用量逐年下降,土壤缺钾面积逐渐扩大,土壤钾素研究仍然是土壤科学尤其是土壤肥力研究的重要内容之一^[1]。因此,对于目前逐渐扩大的缺钾问题,IPNI北京办事处自1993年在青海设立田间定位试验探讨作物—土壤体系钾循环及秸秆还田对保持土壤钾素平衡的作用,为合理施用钾肥提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

定位试验设在青海省农林科学院土壤肥料研究所试验地,1994年种植春小麦,开展肥料长期定位试验。试验地位于E 101° 49' 17", N 36° 34' 03",海拔2360米。气候类型属半干旱大陆性气候,年降雨量368.2毫米,蒸发量1150毫米,年均气温5.7℃,日照时数为2762小时,>10℃积温为2037.3℃,>0℃积温为2749.5℃,无霜期130天。土壤类型为栗钙土,质地为中壤。耕作制度为一年一熟制,小麦收获后人工翻耕冬灌休闲,至翌年春季播种。

1.2 试验设计及方法

试验设6个处理:NP,NPK,NP+50% 秸秆还田(ST),NP+100% ST,NPK+50% ST,NPK+100% ST(表1)。每个处理4次重复,完全随机区组排列,小区面积5×5=25m²,磷肥、钾肥和70%氮肥在播前作为基肥施入,30%氮肥于拔节期追施,秸秆还田处理分一半秸秆还田(50%ST)和全部秸秆还田(100%ST),小麦按小区脱粒后秸秆经粉碎为大约10cm长度均匀撒施该小区,人工翻压。供试春小麦品种2006年以前为“青春323”,由于同一品种长期种植产生退化现象,2007年更换为“青春40”新品种。

表 1 春小麦长期定位试验处理和施肥用量表

处理代号	处 理	N (公斤/亩)	P ₂ O ₅ (公斤/亩)	K ₂ O (公斤/亩)
1	N P	7.3	3.7	0.0
2	N P K	7.3	3.7	10.0
3	N P + 50% S T	7.3	3.7	0.0
4	N P + 100% S T	7.3	3.7	0.0
5	N P K + 50% S T	7.3	3.7	10.0
6	N P K + 100% S T	7.3	3.7	10.0

注：N、P 肥料用量为 2002 年至今的施肥量，1993 年~2001 年施肥量 N 9.8 公斤/亩，P₂O₅ 4.9 公斤/亩，K₂O 用量一直未变化。

2 结果与分析

2.1 长期施肥和秸秆还田对春小麦产量的影响

15 年春小麦产量结果（表 2、图 1）表明，春小麦产量年季间变化很大，处理间差异不显著，但 NPK 处理春小麦产量在 15 年中有 9 个年份高于 NP 处理，平均增产 7.6%，NPK+100%ST 处理春小麦产量有 8 个年份高于 NPK 处理，平均增产 5.9%。小麦产量 15 年累计，各处理产量 NPK+50%ST > NPK+100%ST > NPK > NP+100%ST > NP+50%ST > NP，说明增施钾肥和秸秆还田均有利于维持春小麦产量。

表 2 长期定位试验历年春小麦平均产量（公斤/亩）

处理	年份														
	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
N P	440	407	381	360	317	278	202	338	360	268	281	337	192	186	287
N P K	411	347	359	349	343	290	219	334	361	318	272	355	200	199	321
N P + 50% S T	437	367	377	378	327	289	181	335	354	269	298	338	206	190	296
N P + 100% S T	411	376	344	371	336	247	194	329	372	319	305	334	190	196	332
N P K + 50% S T	451	367	360	385	349	263	189	382	404	277	296	337	211	184	311
N P K + 100% S T	467	364	340	389	365	250	196	335	368	275	279	377	193	165	319

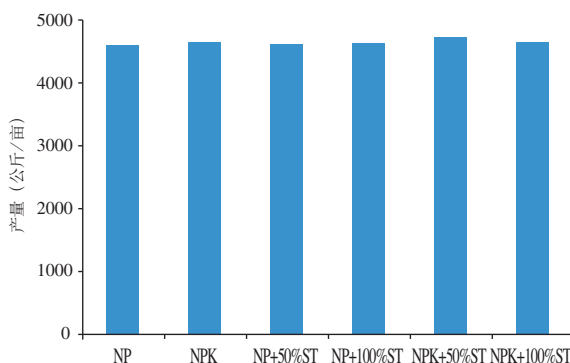


图 1 15 年各处理小麦累积产量

2.2 长期施肥和秸秆还田对土壤速效钾含量的影响

表3 历年收获后各处理耕层(0-20厘米)土壤速效钾含量(单位:毫克/公斤)

年份 处理	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
NP	127	112	146	142	181	106	122	117	116	94	117	121
NPK	177	166	176	209	218	146	180	144	144	121	141	174
NP+50%ST	115	135	151	178	191	141	145	130	105	116	130	140
NPK+50%ST	152	141	181	218	229	156	250	180	150	149	130	198
NP+100%ST	115	118	151	184	214	136	191	130	128	132	180	170
NPK+100%ST	152	153	161	202	255	196	264	208	144	181	208	245

从表3可以看出,不施钾处理历年收获后的耕层土壤速效钾含量均低于施钾处理或秸秆还田处理,秸秆还田程度越高,土壤速效钾含量增加越明显。从15年土壤速效钾长期变化来看,NP、NPK处理土壤速效钾变化趋势均呈下降态势,NP+50%ST处理下降趋势较前两处理减弱,NPK+50%ST处理变化基本稳定,而NP+100%ST、NPK+100%ST处理的趋势线均呈上升趋势,其中NPK+100%ST处理的上升趋势更明显。可见N、P、K同时施用比只施N、P肥有助于提高土壤速效钾含量,单施化肥土壤速效钾含量有随着时间的延长而下降的趋势,而增施钾肥与秸秆还田措施同时采用能扭转这种下降趋势,并使土壤速效钾呈逐渐上升趋势。

2.3 长期施肥和秸秆还田对钾肥利用率和土壤钾素表观平衡的影响

钾肥利用率指在15年连续施肥时间内,作物从所施钾肥中吸收的钾素总量占钾肥施入总量的百分数,计算公式为:

$$\text{钾肥利用率}(\%) = \frac{\text{施钾处理作物吸钾量} - \text{未施钾处理作物吸钾量}}{\text{施钾处理钾肥施用量}} \times 100$$

土壤钾素表观平衡指在15年内,通过施肥加入到土壤中钾素总量和作物移走钾素总量的差值,即:钾素表观平衡=施入土壤钾总量-作物移走钾总量。

本试验未对每一年植株进行取样分析,只在1996、1998、1999、2000、2002、2004年对小麦籽粒和秸秆中钾素含量和吸收量进行测定与分析(表4.5)。用其平均值对15年钾肥的利用效率和土壤钾素表观平衡进行估算(表6)。钾肥利用率为NPK处理8.7%,NP+50%ST处理11.8%,NP+100%ST处理10.8%,NPK+50%ST14.6%,达到最高值,NPK+100%ST处理7.6%。说明适度秸秆还田能提高钾肥利用率。从表观平衡来看,不施钾、只施化肥钾或只有一半秸秆还田的处理土壤钾素均亏缺,以NP处理亏缺最大。单独100%秸秆还田、化肥钾与一半或全部秸秆还田处理土壤钾素均表现为富集。说明连续种植下,钾肥投入较少或不增施钾肥会打破土壤钾素收支平衡,造成土壤钾素亏缺,而增施钾肥和/或秸秆还田能够维持和增加土壤钾素,增加土壤钾库贮量,并维持作物产量。

表 4 小麦籽粒和秸秆钾素含量 (K%)

	N P	N P K	N P + 50% S t	N P + 100% S t	N P K + 50% S t	N P K + 100% S t
籽粒						
1996	0.58	0.64	0.58	0.63	0.61	0.63
1998	0.44	0.41	0.37	0.41	0.44	0.45
1999	0.37	0.38	0.37	0.28	0.28	0.28
2000	0.52	0.52	0.52	0.52	0.57	0.57
2002	0.49	0.47	0.44	0.49	0.48	0.49
2004	0.51	0.50	0.56	0.51	0.53	0.51
秸秆						
1996	1.80	2.13	1.96	2.17	2.42	1.98
1998	1.48	1.69	1.57	1.73	1.69	1.80
1999	2.06	2.70	2.30	2.32	2.78	2.90
2000	1.12	1.22	1.23	1.28	1.33	1.44
2002	2.29	2.01	2.04	2.30	2.56	2.41
2004	1.67	1.71	2.04	2.12	2.12	2.23

表 5 小麦对钾素的吸收量(公斤 K / 亩)

	1996	1998	1999	2000	2002	2004
N P	11	7	8	4	12	7
N P K	12	9	11	5	11	7
N P + 50% S t	12	8	9	4	11	9
N P + 100% S t	12	9	8	4	13	10
N P K + 50% S t	13	9	10	4	15	9
N P K + 100% S t	11	10	10	5	13	9

表 6 15 年钾肥利用率和土壤钾素表观平衡状况

处理	利用率 (%)	投入量 (公斤 K ₂ O / 亩)		移走量 (公斤 K ₂ O / 亩)	表观平衡 (公斤 K ₂ O / 亩)
		秸秆	肥料		
N P	-	0	0	147	-147
N P K	8.7	0	150	161	-11
N P + 50% S T	11.8	65	0	91	-26
N P + 100% S T	10.8	136	0	26	111
N P K + 50% S T	14.6	76	150	103	123
N P K + 100% S T	7.6	146	150	26	269

3 讨论

张会明等在甘肃灌漠土上的长期施肥定位试验表明,不施肥或单施化肥土壤速效钾含量均有所降低,施 N_P 土壤速效钾含量降低速率达显著水平,施 $N_P K M$ 土壤速效钾含量略有增加。他们提出不施肥或不平衡施肥尤其是只施 N_P 肥土壤速效钾库会日益亏缺,目前的钾肥施用量仅能维持土壤速效钾含量不降低,要提高灌漠土速效钾库贮量需要增加钾肥或有机肥施用量^[1、4]。本文试验相关结果和结论与以上观点相符,增施钾肥能够缓解土壤钾素亏缺状况,秸秆还田作为一种有机肥投入,能够有效地提升土壤速效钾贮量。洪春来等在秸秆全量直接还田对土壤肥力及农田生态环境的影响研究中得出全量还田土壤速效磷、速效钾含量多数在对照之上^[5],吴婕等指出秸秆覆盖处理的土壤速效钾含量较对照提高了1.06%~9.62%^[6],这些试验结果都很好印证了上述观点。

氮磷钾平衡施肥和化肥与秸秆还田配合能够提高作物产量,很多相关研究也证实了这一结论^[2、3、5、6]。在青海当地条件下,长期定量施肥作物产量有随着年份的延长而逐渐下降的趋势,但本文作者尚未找到明确与该结论一致的相关文献报道;施钾或不施钾条件下,秸秆半量还田15年累计产量和钾肥利用率均优于秸秆全量还田,但土壤钾素表观平衡与土壤速效钾含量均为秸秆全量还田优于半量还田;徐明岗等人提出土壤全钾含量的变化与土壤钾素表观平衡值有相关关系,钾肥利用率的变化及其趋势与土壤速效钾的演变特征有关^[1]。

参考文献:

- [1] 张会民,徐明岗等.长期施肥土壤钾素演变[M].中国农业出版社,2008.8.
- [2] 张桂兰,宝德俊,王英等.长期施用化肥对作物产量和土壤性质的影响[J].土壤通报,1999,30(2),64-67.
- [3] 马俊永,李江科,曹彩云等.直接施用秸秆增产作用的定位试验研究[J].河北农业科学,2005,9(3):55-57.
- [4] 张会民,吕家珑,李菊梅等.长期定位施肥条件下土壤钾素化学研究进展[J].西北农林科技大学学报.2007,35(1):155-159.
- [5] 洪春来,魏幼璋,黄锦法等.秸秆全量直接还田对土壤肥力及农田生态环境的影响研究[J].浙江大学学报(农业与生命科学版).2003.29(6):627-633.
- [6] 吴婕,朱钟麟,郑家国等.秸秆覆盖还田对土壤理化性质及作物产量的影响[J].西南农业学报.2006,19(2):192-195.



氮肥不同基追比和氮肥种类对夏玉米产量和氮肥利用率的影响

李丙奇 孙克刚 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: 研究了氮肥不同基追比和种类对玉米产量和氮肥利用率的影响, 结果表明: 以 33.3% 普通尿素基施+33.3% 大喇叭口期追施+33.3% 抽雄期追施处理最佳, 产量最高, 达 578 公斤/亩。氮素用量减至 80% 的控释尿素基施处理和控释 BB 肥基施处理产量分别为 559 公斤/亩和 568 公斤/亩, 控释 BB 肥基施处理产量好于控释尿素基施处理, 与 33.3% 基施+33.3% 大喇叭口期追施+33.3% 抽雄期追施处理产量均没有达到 1% 极显著水平。在施用普通尿素的各个处理中, 33.3% 基施+33.3% 大喇叭口期追施+33.3% 抽雄期追施处理的氮肥利用率最高, 为 39.1%, 可见适当的施肥方式能提高氮肥的利用率。控释尿素基施处理和控释 BB 肥基施处理的氮肥利用率分别为 46.8% 和 49.5%, 均高于施用普通尿素的各个处理, 控释 BB 肥基施处理的氮肥利用率高于控释尿素基施处理。

关键词: 玉米; 氮肥类型; 氮肥基追比; 产量; 氮肥利用率

玉米是我国第二大作物, 在谷物生产上占有重要地位。20 世纪 50 年代以前, 我国主要靠有机肥来维持作物产量。50 年代后, 化肥, 特别是化学氮肥在农业生产上开始发挥重要作用。由于玉米对氮肥敏感, 施氮增产效果明显, 且其具有较强的耐肥性, 因此近年来玉米生产上逐渐出现了氮肥超量施用问题。氮肥超量施用导致氮肥利用率显著下降, 同时对生态环境构成潜在威胁^[1]。

如何提高氮肥利用率是当前关注的焦点^[2-3]。前人从品种角度对玉米氮肥利用进行了大量研究。目前关于玉米氮肥基追比的研究很多, 在控释肥方面的研究也很多, 但是在玉米上普通氮肥基追比结合控释肥料方面的研究还很少。本研究探讨了氮肥基追比和氮肥种类对夏玉米产量和氮肥利用率的影响, 旨在为夏玉米施肥技术的改进提供一些有益的参考。本研究得到国际植物营养研究所 (IPNI) 北京办事处和山东金正大公司资助。

1 材料和方法

1.1 材料

1.1.1 试验地点和供试作物 试验设在新乡市延津县司寨乡平陵村, 土壤类型为潮土, 质地为中壤。供

IPNI 资助项目

基金项目: “华北小麦—玉米一体化施肥关键技术与示范” (2008BADA4B07);

省科技厅攻关: “小麦玉米一体化栽培、施肥简化优化措施研究” (092102110041)。

[1] 作者简介: 李丙奇 (1977-), 男, 河南禹州人, 助理研究员, 大学本科, 主要从事植物营养与施肥和精准农业养分管理方向的研究。

试玉米品种为郑单958，种植密度为5000株/亩。试验期：2008年6月3日至2008年9月25日。

1.1.2 供试肥料及土壤养分状况 普通尿素 (N 46%)、过磷酸钙 (P₂O₅ 10%) 和氯化钾 (加拿大产, K₂O 60%)。控释肥料由金正大集团公司提供：①金正大控释尿素 (N 42%)，②金正大控释BB肥 (24-12-12)。土壤养分状况见表1。

表1 试验地土壤养分基本状况

地点	pH	有机质 (克/公斤)	各营养元素含量 (毫克/升)								
			NH ₄ ⁺ -N	P	K	S	Fe	Cu	Mn	Zn	B
平陵村	8.3	3.0	7.2	72.3	82.9	8.7	18.4	4	7.1	1.6	1.7

1.2 方法

1.2.1 试验设计

试验设置7个处理(表2)，小区面积27.6平方米，3次重复，随机区组排列。收获各小区籽粒和秸秆，并计产。田间管理按丰产田要求进行，并记载生物学性状。除处理7外，所有处理均另外施用磷钾肥，磷钾肥全部做基肥。所有处理均不施用有机肥。

表2 试验设计方案

处理代号	处理内容	肥料用量 (公斤/亩)		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	不施氮肥 (N ₀)	0	4	7
2	100% 氮肥基施	13	4	7
3	50% 氮肥基施 + 50% 氮肥大喇叭口期追施	13	4	7
4	33.3% 氮肥基施 + 33.3% 氮肥大喇叭口期追施 + 33.3% 氮肥抽雄期追施	13	4	7
5	25% 氮肥基施 + 25% 大喇叭口期追施 + 25% 抽雄期追施 + 25% 灌浆期追施	13	4	7
6	控释尿素基施	10.4	4	7
7	控释BB肥基施	10.4	5.2	5.2

1.2.2 测定方法

植株全氮的测定采用半微量凯氏定氮法。根据测定结果计算氮肥利用率。氮肥利用率 = (小麦生物产量 × 植株全氮含量 - 对照小麦生物产量 × 对照植株全氮含量) / 施氮量 × 100%

2 结果与分析

2.1 不同处理对玉米产量及经济效益的影响

由表3可知，7个处理中以33.3% 普通尿素基施 + 33.3% 大喇叭口期追施 + 33.3% 抽雄期追施处理产量最高，达578公斤/亩，其利润也最高，为806元/亩，产投比为5.6，生物产量也最高，为1271公斤/亩，经济系数为0.45。控释BB肥基施处理产量达568公斤/亩，位居第2，其利润为751元/亩，产投比为4.5，生物产量为1248公斤/亩，经济系数为0.45。控释尿素基施处理产量为559公斤/亩，

其利润是 751 元/亩，产投比为 4.8，生物产量为 1231 公斤/亩，经济系数为 0.45。控释 BB 肥基施处理产量和利润均高于控释尿素基施处理。33.3% 普通尿素基施+33.3% 大喇叭口期追施+33.3% 抽雄期追施处理每千克氮增产玉米 16.2 公斤。控释尿素基施处理和控释 BB 肥基施处理，每公斤氮分别增产玉米 18.5 公斤和 19.3 公斤。

表 3 不同处理对玉米产量及经济效益的影响

处理 代号	产量 (公斤/亩)	显著性检验		效益分析 (元/亩)			产投比	生物产量 (公斤/亩)	经济 系数
		5%	1%	产值	成本	利润			
1	367	f	E	624	98	526	6.4	844	0.43
2	481	e	D	818	176	642	4.6	1073	0.45
3	526	d	C	894	176	717	5.1	1167	0.45
4	578	a	A	982	176	806	5.6	1271	0.45
5	546	c	B C	928	176	752	5.3	1207	0.45
6	559	b c	A B	951	200	751	4.8	1231	0.45
7	568	a b	A B	965	213	751	4.5	1248	0.45

注：价格 (元/公斤) N 按 6.0 元/公斤、P₂O₅ 按 6.0 元/公斤、K₂O 按 8.0 元/公斤、玉米按 1.7 元/公斤计

2.2 不同处理对玉米经济性状的影响

由表 4 可以看出，施氮肥比不施氮肥显著增加了株高、穗长、穗粗、穗粒数和百粒重。在施用普通尿素的 4 个处理中，以 33.3% 普通尿素基施+33.3% 大喇叭口期追施+33.3% 抽雄期追施处理的穗粒数和百粒重最好，分别为 510.8 粒和 28.6 克，比 25% 氮肥基施+25% 大喇叭口期追施+25% 抽雄期追施+25% 灌浆期追施处理、50% 氮肥基施+50% 氮肥大喇叭口期追施处理、100% 氮肥基施处理高 11、15.7、52.8 粒和 0.3、1、1.7 克。控释 BB 肥基施处理和控释尿素基施处理的穗粒数分为 528.9、525.4 粒，百粒重分别为 28.8、28.7 克，控释 BB 肥基施处理好于控释尿素基施处理。在穗粒数方面，33.3% 普通尿素基施+33.3% 大喇叭口期追施+33.3% 抽雄期追施处理不如控释 BB 肥基施处理和控释尿素基施处理，而在百粒重方面又好于控释 BB 肥基施处理和控释尿素基施处理。

表 4 不同处理对玉米经济性状的影响

处理 代号	密度 (株/亩)	株高 (厘米)	穗长 (厘米)	穗粗 (厘米)	穗粒数 (粒)	百粒重 (克)
1	5000	209	11.9	3.5	332.5	26.2
2	5000	244	15.8	3.9	469.0	27.2
3	5000	247	16.3	4.3	506.1	27.9
4	5000	249	16.6	4.5	521.8	28.9
5	5000	251	16.4	4.6	510.8	28.6
6	5000	249	16.7	4.7	525.4	28.7
7	5000	246	17.0	4.8	528.9	28.8

2.3 不同处理对玉米氮肥利用率的影响

由表 5 可以看出,施用控释肥料 2 个处理的氮肥利用率都高于施用普通尿素的 4 个处理,在施用普通尿素的 4 个处理中,33.3% 普通尿素基施+33.3% 大喇叭口期追施+33.3% 抽雄期追施处理的氮肥利用率最高,为 39.1%。控释 BB 肥基施处理的氮肥利用率为 49.5%,控释尿素基施处理的氮肥利用率为 46.8%,而其他施肥处理的氮肥利用率为 27.1%~32.2%,可见适当的施肥方式和肥料种类能提高氮肥的利用率。

表 5 不同处理对氮肥利用率的影响

处理	籽粒 N 积累量 (公斤/亩)	秸秆 N 积累量 (公斤/亩)	总积累量 (公斤/亩)	N 的利用率 (%)
1	3.2	2.4	5.6	-
2	4.6	4.5	9.2	27.1
3	5.1	4.5	9.6	30.8
4	5.8	4.9	10.7	39.1
5	5.1	4.7	9.8	32.2
6	5.8	4.7	10.5	46.8
7	5.9	4.9	10.8	49.5

3 结论

试验结果表明,所有处理中,以氮肥基追比 33.3% 基施+33.3% 大喇叭口期追施+33.3% 抽雄期追施处理产量最高,为 577.9 公斤/亩。氮素减量至 80% 的控释尿素基施和 BB 肥基施处理产量分别为 559.3 公斤/亩和 567.5 公斤/亩,与前者均没有达到 1% 极显著水平。

在施用普通尿素的各个处理中,以 33.3% 基施+33.3% 大喇叭口期追施+33.3% 抽雄期追施处理的氮肥利用率最高,为 39.1%,可见适当的施肥方式能提高氮肥的利用率。控释尿素基施处理和控释 BB 肥基施处理的氮肥利用率分别为 46.8% 和 49.5%,均高于施用普通尿素的各个处理,控释 BB 肥基施处理的氮肥利用率又高于控释尿素基施处理。

参考文献:

- [1] 易镇邪,王璞,申丽霞,等. 不同类型氮肥对夏玉米氮素累积、转运与氮肥利用的影响[J]. 作物学报, 2006, 32(5):772-778.
- [2] 孙克刚,李丙奇,乔文学,金正大包膜尿素与普通尿素不同掺混比例对玉米肥效试验的研究初报[J]. 磷肥与复肥, 2008(4): 72-73.
- [3] 肖强,张夫道,王玉军,等. 纳米材料胶结包膜型缓/控释肥料的特性及对作物氮素利用率与氮素损失的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2008, 14(4): 779-785.
- [4] 蔡祖聪,钦绳武. 华北潮土长期试验中的作物产量、氮肥利用率及其环境效应[J]. 土壤学报, 2006, 43(6): 885-891.

下接 30 页



河南玉米主产区生产现状及 农田土壤养分状况分析

孙克刚

(河南省农业科学院植物营养与资源环境研究所,
郑州, 450002)

河南省是全国的农业大省、人口大省,其中耕地面积1.19亿亩,全年农作物总播种面积为2.1亿亩,其中粮食播种面积达1.425亿亩,占67.8%,玉米播种面积为4169万亩,占总播种面积29.4%。玉米平均产量为380公斤/亩。玉米总产达1582.5万吨。玉米是我省重要粮食作物,在农业生产中占有举足轻重的位置。近几年来,随着农业生产条件的逐步改善,物资、技术投入的不断增长,我省玉米生产水平和科技含量均有一定程度的提高。但由于生产中种植玉米品种多、乱、品质差、商品性低、栽培技术不配套、产值和综合效益低等原因,玉米生产一直没有突破性进展。河南省以全国的粮仓而著名,现在正由国人的粮仓变为国人的厨房。今年夏粮产量达613亿斤。预计全年粮食生产超1000亿斤目标,粮食产量占全国粮食产量的1/10或1/9。省委、省政府计划秋粮生产450亿斤目标。秋粮作物主要以夏玉米为主。因此,研究夏玉米的优质高产栽培优化施肥技术,是目前生产实践中的迫切需要。也是为秋粮夺取450亿斤,提供强有力的科技支撑。为进一步探讨提高粮食综合生产能力的有效途径,研究玉米节本增效高产配套技术,带动我省玉米单产再上新的台阶。

一、河南省夏玉米生产现状

1 夏玉米播种面积、单产及总产

河南省夏玉米播种面积最近三至五年维持在4050万亩左右,从1991年到目前为止,夏玉米播种面积存在逐年扩大的趋势,所占全年农作物播种面积的比例逐年提高(图1)。

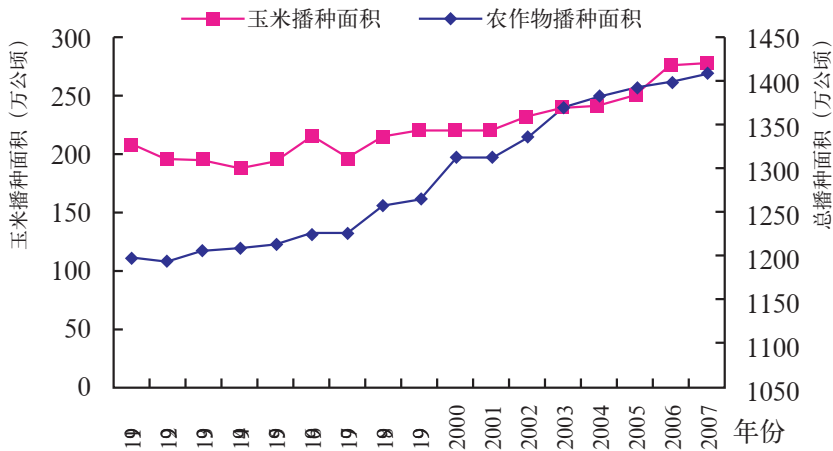


图1 河南省玉米年播种面积

夏玉米总产量去年到1582万吨,1991年至今玉米总产维持在800-1600万吨之间。单产去年在379.6公斤/亩,自1991年至今维持在267-380公斤/亩(图2)。单位产量的提高主要是靠科学技术。

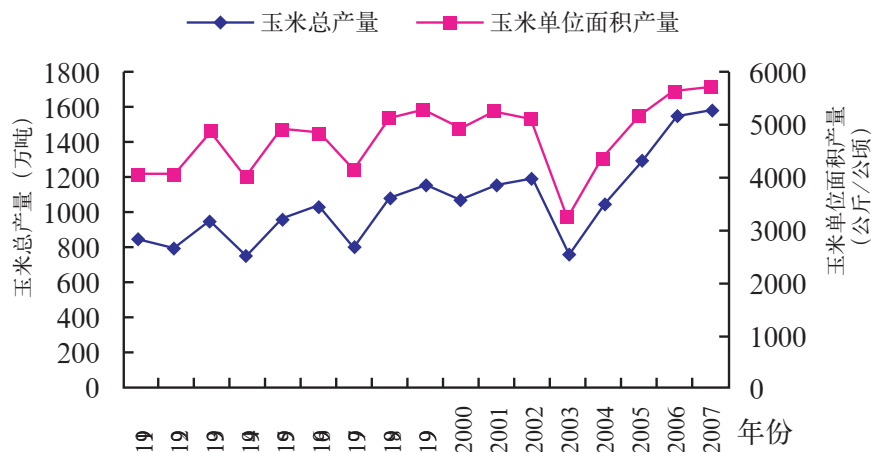


图2 河南省玉米年产量状况

2 夏玉米生产中存在的主要障碍因子

2.1 播种不及时

我省小麦大部分集中收获期在5月25日至6月5日,而且机械化程度高,收割面积大,收割快。但不能及时做到收割一块播种一块,加上干旱或降水、施肥、整地等,使夏玉米播种期推迟。特殊年份因旱、涝自然灾害或收割、腾茬、整地推迟的更多。同时,我省麦收后,气温急剧升高,雨水增多,如果播种不及时,会使夏玉米苗期推迟到雨季,不利早发生根,培育壮苗,反而会造成细弱苗,根系发育不良,后期易倒伏,造成减产。

2.2 种植密度偏稀,群体结构不合理

玉米产量是由单位面积上的有效穗数、穗粒数、百粒重组成,穗数是构成单产的基本因素。种植偏稀,品种特性和栽培条件不相适应,不能充分利用光能、地力、肥水,投入产出效益降低。

2.3 土壤肥力不足,施肥不科学

田块多数不施有机肥。有机肥的施用趋于逐年下降。在无机肥的施用,施肥数量和比例不科学,仍然是偏氮肥,且施用较多,而磷钾肥和微肥施用不足。在施肥方法上,肥料施用不恰当、施肥较浅、利用率低、施用不平衡。总之,在玉米施肥上,有机肥施用质量不高、用量不足,无机肥不能平衡施肥,是限制夏玉米产量的主要因素。

2.4 基础设施差,农田抗灾力不强

河南属暖温带—亚热带、湿润—半湿润季风气候。一般特点是冬季寒冷雨雪少,春季干旱风沙多,夏季炎热雨丰沛,秋季晴朗日照足。全省年平均气温一般在12℃—16℃之间,全年无霜期从北往南为180—240天。年平均降水量约为500-900毫米,南部及西部山地较多,全年降水的50%集中在夏季,

常有暴雨。干旱、洪涝年份较多。由于农田基础设施不完善,农业抗灾能力差,给玉米生产带来严重影响。农田基本建设差,达不到沟渠配套,多数机井难以使用,遇旱不能灌,遇涝不能排,阻碍了农业生产的发展。

2.5 收获期过早

早收获(未成熟)对玉米产量、品质都不利。早收玉米籽粒不饱满,含水量较高,容重低,商品品质差,同时,早收获玉米籽粒产量降幅达10%以上。

二、玉米农田土壤养分状况

河南省夏玉米种植主要以小麦—玉米轮作,种植区域主要分布在潮土、砂姜黑土和褐土区。

1 潮土区玉米田土壤速效养分状况

从作物所需的各种营养元素看,特别是作物所需的3种大量营养元素氮磷钾来看,绝大部分土壤极缺氮,土壤速效态氮(NH_4^+-N)在4.5~51.6毫克/升,平均值为10.1毫克/升,显著低于临界值,并且几乎所有土壤样品测定值低于临界值。土壤速效磷在1.0~73.0毫克/升,平均值为19.7毫克/升,土壤样品测定值中有40.7%的样品磷的含量低于临界值。土壤速效钾在33.6~248.1毫克/升,平均值为86.8毫克/升,土壤样品测定值中有52.7%的样品钾的含量低于临界值。农田土壤养分中微量元素S、Zn、Fe、Mn四元素也存在缺乏。土壤速效态硫在1.6~111.3毫克/升,平均值为28.1毫克/升,土壤样品测定值中36.0%的土壤样品测定值低于临界值12毫克/升。土壤速效锌在0.4~5.5毫克/升,平均值为1.5毫克/升,80.7%的土壤样品测定值低于临界值2.0毫克/升。土壤速效铁在7.2~62.1毫克/升,平均值为14.3毫克/升,16.7%的土壤样品测定值低于临界值10.0毫克/升。土壤速效锰在3.0~20.1毫克/升,平均值为7.5毫克/升,22.0%的土壤样品测定值低于临界值5.0毫克/升。

表1 潮土区玉米田土壤速效养分含量范围及临界值指标(毫克/升)
(AS1分析方法,下同)

	pH	NH_4^+-N	NO_3^--N	P	K	S	Fe	Cu	Mn	Zn	B
	毫克/升										
最大值	9.0	51.6	53.4	73.0	248.1	111.3	62.1	7.4	20.1	5.5	2.7
最小值	8.1	4.5	0.8	1.0	33.6	1.6	7.2	1.1	3.0	0.4	0.4
平均值	8.7	10.1	12.3	19.7	86.8	28.13	14.3	2.2	7.5	1.5	1.1
中值	8.7	10.0	9.2	16.4	75.4	21.40	12.8	1.8	6.2	1.4	1.0
标准差	0.2	4.1	10.6	17.5	48.4	23.77	7.4	1.1	3.8	0.8	0.4
变异系数	2.2	40.1	86.1	88.9	55.8	84.51	51.3	50.4	50.7	53.9	35.9
低于临界值土样数占总土样数的百分数(%)		99.3		40.7	52.7	36.0	16.7	0	22	80.7	0
临界值		5.0		12	78.2	12	10	1	5	2	0.2

2 褐土区玉米田土壤速效养分状况

从作物所需的各种营养元素看，特别是作物所需的 3 种大量营养元素氮磷钾来看，全部土壤极缺氮，土壤速效态氮 ($\text{NH}_4^+\text{-N}$) 在 6.5 ~ 21.3 毫克/升，平均值为 12.0 毫克/升，显著低于临界值，并且所有土壤样品测定值低于临界值。土壤速效磷在 5.2 ~ 40.9 毫克/升，平均值为 15.1 毫克/升，但土壤样品中有 48.4% 的样品磷的含量低于临界值。土壤速效钾在 49.4 ~ 138.9 毫克/升，平均值为 67.2 毫克/升，土壤样品中有 90.3% 的样品钾的含量低于临界值。中微量营养元素 S、Zn、Fe、Mn 四元素也存在缺乏。土壤速效态硫在 0 ~ 11.1 毫克/升，平均值为 6.2 毫克/升，100.0% 的土壤样品低于临界值 12 毫克/升。土壤速效锌在 0.9 ~ 6.9 毫克/升，平均值为 2.3 毫克/升，61.3% 的土壤样品测定值低于临界值 2.0 毫克/升。土壤速效铁在 5.6 ~ 14.1 毫克/升，平均值为 8.0 毫克/升，96.8% 的土壤样品测定值低于临界值 10.0 毫克/升。土壤速效锰在 3.7 ~ 24.9 毫克/升，平均值为 13.3 毫克/升，9.7% 的土壤样品测定值低于临界值 5.0 毫克/升。

表 2 褐土区玉米田土壤速效养分含量范围及临界值 (毫克/升) (AsI 分析方法)

	pH	$\text{NH}_4^+\text{-N}$	$\text{NO}_3^-\text{-N}$	P	K	S	Fe	Cu	Mn	Zn	B
	毫克/升										
最大值	8.2	21.3	35.4	40.9	138.9	11.1	14.1	5.9	24.9	6.9	1.6
最小值	7.9	6.5	2.4	5.2	49.4	0	5.6	1.1	3.7	0.9	0.36
平均值	8.0	12.0	11.4	15.1	67.2	6.2	8.0	2.2	13.3	2.3	0.75
中值	8.0	12.6	10.8	12.7	61.4	5.4	7.5	1.7	13.7	1.7	0.73
标准差	0.06	4.1	6.0	10.1	20.9	2.7	1.8	1.3	6.7	1.5	0.29
变异系数	0.73	34.1	52.6	66.6	31.1	43.9	23.1	58.3	50.3	62.6	37.8
低于临界值土样数占总土样数的百分数 (%)		100.0		48.4	90.3	100.0	96.8	0	9.7	61.3	0
临界值		5.0		12	78.2	12	10	1	5	2	0.2

3 砂姜黑土区玉米田土壤速效养分状况

从作物所需的各种营养元素看，特别是作物所需的 3 种大量营养元素氮磷钾来看，全部土壤极缺氮，土壤速效态氮 ($\text{NH}_4^+\text{-N}$) 在 6.2 ~ 24.0 毫克/升，平均值为 13.8 毫克/升，显著低于临界值，并且所有土壤样品测定值低于临界值。土壤速效磷在 0.2 ~ 42.5 毫克/升，平均值为 18.2 毫克/升，但土壤样品中有 27.6% 的样品磷的含量低于临界值。土壤速效钾在 38.1 ~ 111.5 毫克/升，平均值为 67.4 毫克/升，土壤样品中有 74.5% 的样品钾的含量低于临界值。中微量营养元素 S、Zn、Fe、B、Mn 五元素也存在缺乏。土壤速效态硫在 0.6 ~ 17.1 毫克/升，平均值为 3.4 毫克/升，98.0% 的土壤低于临界值 12 毫克/升。土壤速效锌在 0.7 ~ 2.6 毫克/升，平均值为 1.6 毫克/升，81.6% 的土壤样品低于临界值 2.0 毫克/升。土壤速效铁在 7.2 ~ 170.9 毫克/升，平均值为 93.3 毫克/升，4.1% 的土壤样品测定值低于临界值 10.0 毫克/升。土壤速效硼在 0.14 ~ 1.77 毫克/升，平均值为 0.57 毫克/升，且 7.1% 的土壤样品测定值低于临界值 0.2 毫克/升。土壤速效锰在 3.0 ~ 101.9 毫克/升，平均值为 46.8 毫克/升，5.1% 的土壤样品低于临界值 5.0 毫克/升。

表 3 砂姜黑土区玉米田土壤速效养分含量范围及临界值 (毫克/升) (A S I 分析方法)

	pH	NH_4^+-N	NO_3^--N	P	K	S	Fe	Cu	Mn	Zn	B
	毫克/升										
最大值	7.3	2.4	46.5	42.5	111.5	17.1	170.9	6.1	101.9	2.6	1.8
最小值	4.8	6.2	0	0.2	38.1	0.6	7.2	2	3	0.7	0.14
平均值	5.6	13.8	15.0	18.2	67.4	3.4	93.3	3.2	46.8	1.6	0.57
中值	5.5	13.6	13.2	18.7	68.0	2.3	103.3	3.2	45.4	1.6	0.47
标准差	0.7	4.0	11.6	10.3	16.8	3.0	39.6	0.7	26.9	0.4	0.37
变异系数	12.3	28.9	76.9	56.4	24.9	87.7	42.5	22.1	57.4	27.9	64.3
低于临界值土样数占总土样数的百分数 (%)		100		27.6	74.5	98	4.1	0	5.1	81.6	7.1
临界值		5.0		12	78.2	12	10	1	5	2	0.2

三、小结

河南省玉米农田土壤养分状况：从作物所需的各种营养元素看，特别是作物所需的 3 种大量营养元素氮磷钾来看，全部土壤极缺氮，土壤速效态氮 (NH_4^+-N) 在 4.5 ~ 51.6 毫克/升，平均值为 11.6 毫克/升，显著低于临界值，并且几乎所有土壤样品低于临界值。土壤速效磷在 0.2 ~ 73.0 毫克/升，平均值为 18.7 毫克/升，但土壤样品中有 37.0% 的样品磷的含量低于临界值。土壤速效钾在 33.6 ~ 248.1 毫克/升，平均值为 77.8 毫克/升，土壤样品中有 64.5% 的样品钾的含量低于临界值。中微量元素 S、Zn、Fe、B、Mn 五元素也存在缺乏。土壤速效态硫在 0 ~ 111.3 毫克/升，平均值为 17.0 毫克/升，64.9% 的土壤样品测定值低于临界值 12 毫克/升。土壤速效锌在 0.4 ~ 6.9 毫克/升，平均值为 1.6 毫克/升，78.9% 的土壤样品测定值低于临界值 2.0 毫克/升。土壤速效铁在 5.6 ~ 170.9 毫克/升，平均值为 41.4 毫克/升，20.1% 的土壤样品测定值低于临界值 10.0 毫克/升。土壤速效硼在 0.14 ~ 2.7 毫克/升，平均值为 0.85 毫克/升，且 2.5% 的土壤样品测定值低于临界值 0.2 毫克/升。土壤速效锰在 3.0 ~ 101.9 毫克/升，平均值为 22.0 毫克/升，14.3% 的土壤样品测定值低于临界值 5.0 毫克/升。

因此，今后玉米施肥应该针对土壤养分状况进行分析，加大钾肥的施用量，以提高玉米的产量，为河南的粮食生产作出更大的贡献。

参考文献：

- 1 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.
- 2 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
- 3 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
- 4 山东农业科学院. 1986. 中国玉米栽培学. 上海：上海科学技术出版社
- 5 张起君，黄舜阶，刘绍棣，李新政. 1992. 玉米高产开发原理与技术. 青岛：山东科学技术出版社.



内蒙古河套灌区油葵养分吸收、积累和分配规律研究

段玉 妥德宝 赵沛义 李焕春 张君 安昊

(内蒙古农牧业科学院植物营养与分析研究所,
呼和浩特 010031)

摘要: 在河套灌区进行的3个油葵田间试验结果表明:增施氮磷钾肥均有增产效果,氮肥>钾肥>磷肥。每公斤 N 、 P_2O_5 和 K_2O 分别增产葵花籽3.7公斤、3.9公斤和4.4公斤。 N 、 P_2O_5 、 K_2O 的养分利用率(NUE)分别为33.0%, 12.4%和45.3%。生产100公斤向日葵吸收 N 、 P_2O_5 、 K_2O 分别为5.24公斤、1.57公斤和6.96公斤。干物质和NPK养分积累均表现为前期慢、中期快、后期又慢的“S”生长曲线变化规律,可用阻滞方程($y = k / (1 + a e^{-bx})$)进行模拟。各器官的干物质积累分配以茎秆最多,叶片和籽实的积累量次之,花盘积累量最少。干物质积累速率呈单峰曲线,茎秆、叶片和全株都是在开花期达到最高峰,之后营养器官的积累速率逐渐下降,到收获时茎叶的积累速率趋于停止。生育期吸收 K 最多, N 次之, P 最少。 N 和 P 在生长前期主要供应茎叶等营养器官的生长,开花期茎叶吸收的 N 开始向生殖器官转移,收获时吸收的 N 和 P 主要集中在籽实中,吸收的 K 主要供应茎秆的生长,其次供应花盘和叶片的生长。

关键词: 油葵(*Helianthus annuus* L.), NPK, 肥效, 干物质积累, NPK吸收规律

向日葵(*Helianthus annuus* L.)原产于拉丁美洲、墨西哥一带,菊科,向日葵属。20世纪70年代中期已有40多个国家种植向日葵。由于向日葵具有耐旱、耐盐、耐瘠的特性,联合国粮农组织将其列为抗旱作物在世界干旱地区推广。据联合国粮农组织统计数据,1999-2004年全球向日葵种植面积约3.2亿亩,总产量约为2647.6万吨,单位面积产量约为82公斤/亩。向日葵在我国已有400多年的种植历史,长时期内,向日葵在我国主要作为花卉观赏或采瘦果食用,仅是零星种植。近几年我国向日葵生产发展相对较快,如2001-2005年我国年均向日葵种植面积和总产量分别为1615.5万亩和175.3万吨。

向日葵是内蒙古重要的油料作物,也是河套灌区的主要经济作物和食用植物油来源,在自治区农业生产中占有重要地位。2006年内蒙自治区向日葵播种面积为541.5万亩,居全国首位,占全国向日葵种植面积的30%,其中食用型向日葵占总播种面积的55%-60%,油用型向日葵占总播种面积的40%-45%。2006年内蒙自治区向日葵总产量79.7万吨,占全国向日葵总产量的39%,总产稳居全国第一,河套灌区是向日葵的主要产地,2006年播种面积195万亩,总产量46.7万吨,分别占全区的36%和59%。向日葵和其他作物一样在生长中需要合理施用NPK营养才能保证增加产量和提高籽实的品质。油葵生长迅速,吸收养分较多,合理施肥是增产的关键。为此我们进行了本研究,为向日葵的科学施肥提供依据。

1 材料与方法

试验于2008年分别在巴彦淖尔市杭锦后旗陕坝镇、临河区干召庙镇和五原县隆兴昌镇进行,土壤基础养分含量见表1。

试验均设置四个基本小区：OPT, OPT-N, OPT-P, OPT-K。试验用氮肥为尿素，含 N 46%，磷肥为重过磷酸钙，含 P₂O₅ 46%，钾肥为氯化钾，含 K₂O 60%，磷钾肥全部做种肥开沟一次深施，氮肥种肥为 40%，其余在现蕾期一次追施，田间管理同一般生产田。

五原县（5 月 27 日播种 6 月 6 日出苗）、临河区（5 月 18 日播种 5 月 26 日出苗）和杭锦后旗（5 月 26 日播种 6 月 5 日出苗），从 6 月 16 日开始对 CK 和 OPT 处理进行取样，以后每隔 20 天左右取样一次，每次每处理随机取样 3 株，测定株高、叶片数、叶片重、茎秆重、花盘重、籽实重，并分析测定各器官的 N、P、K 含量。

分别对于干物质积累量(y)和养分吸收量(y)与出苗后天数(x)用 $y = k / (1 + a e^{-bx})$ 进行回归模拟。

表 1 试验地点土壤理化性状

地点	pH	OM %	毫克/升								
			N	P	K	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
杭锦后旗陕坝	8.7	0.36	93.9	39.9	75	176.8	2.1	1.8	16.6	12.2	2.5
临河区干召庙	8.5	0.37	35.0	3.2	86.3	3.9	1.0	1.9	7.0	2.8	0.7
五原县隆昌	8.7	0.37	34.7	11.7	149.3	23.9	1.9	2.8	18.1	10.4	1.4

2 结果分析

2.1 油葵施肥的增产效果及肥料利用率

分析整理了 2008 年的 3 个油葵肥料试验，结果见表 2。

表 2 油葵施用氮磷钾肥的增产效果和肥料利用效率

地点	产量 (公斤/亩)				增产率 (%)			农学效率 (公斤/公斤)			肥料利用率 (%)			生产 100 公斤籽 实吸收养分量 (公斤)		
	OPT	OPT-N	OPT-P	OPT-K	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
	OPT	OPT-N	OPT-P	OPT-K	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
杭后	296a	224b	272b	254b	31.8	8.8	16.5	6.5	6.0	3.5	39.8	18.7	44.9	4.92	1.85	6.55
临河	305a	276b	273b	282ab	10.3	11.8	8.2	2.4	2.9	2.6	34.6	8.0	41.0	5.77	1.23	6.69
五原	303a	274b	279b	274b	10.8	8.7	10.5	2.3	2.7	7.2	24.4	10.5	50.1	5.02	1.62	7.64
平均	301a	258b	274b	270b	17.6	9.8	11.7	3.7	3.9	4.4	33.0	12.4	45.3	5.24	1.57	6.96

注：OPT 施肥用量分别为 N-P₂O₅-K₂O=11-4-12, N-P₂O₅-K₂O=12-11-9 和 N-P₂O₅-K₂O=13-9-4。

*: 同一行中数字后字母不同表示差异显著。

表 2 看出，油葵 OPT 的产量水平为 296-305 公斤/亩，平均为 301 公斤/亩。OPT-N 的产量为 224-276 公斤/亩，平均 258 公斤/亩。OPT-P 为 272-279 公斤/亩，平均 274 公斤/亩。OPT-K 为 254-282 公斤/亩，平均 270 公斤/亩。方差分析表明各点之间无显著差异。

在 PK 基础上增施氮肥增产 10.3% -31.8%，平均为 17.6%，每公斤 N 增产向日葵 2.3-6.5 公斤，平均为 3.7 公斤；在 NK 基础上施用磷肥增产 8.7% -11.8%，平均为 9.8%，每公斤 P₂O₅ 增产向日葵 2.7-6.0 公斤，平均为 3.9 公斤；在 NP 基础上施用钾肥增产 8.2% -16.5%，平均为 11.7%，每公斤 K₂O 增

产向日葵2.6-7.2公斤，平均为4.4公斤。施肥增产效果：氮肥>钾肥>磷肥。

施用氮肥的肥料利用率(N)为24.4-39.8%，平均33.0%，磷肥的肥料利用率(P₂O₅)为8.0-18.7%，平均12.4%，钾肥的肥料利用率(K₂O)为41.0-50.1%，平均45.3%。

生产100公斤向日葵吸收N 4.92-5.77公斤，平均为5.24公斤，吸收P₂O₅ 1.23-1.85公斤，平均为1.57公斤，吸收K₂O 6.55-7.64公斤，平均为6.96公斤。

2.2 油葵干物质积累分配规律

油葵单株干物质积累量(y)与出苗后天数(x)呈阻滞曲线回归关系，其回归方程如下：

表3 油葵干物质积累与出苗后天数的回归方程

地点	处理	回归方程	R ²
五原	CK	$y = 267.77 / (1 + 164.01 e^{-0.081x})$	0.999**
	OPT	$y = 309.55 / (1 + 264.78 e^{-0.0896x})$	0.997**
临河	CK	$y = 283.41 / (1 + 83.505 e^{-0.071x})$	0.9972**
	OPT	$y = 346.26 / (1 + 122.33 e^{-0.074x})$	0.9999**
杭后	CK	$y = 234.02 / (1 + 128.70 e^{-0.079x})$	0.9996**
	OPT	$y = 311.04 / (1 + 233.64 e^{-0.0902x})$	0.9998**

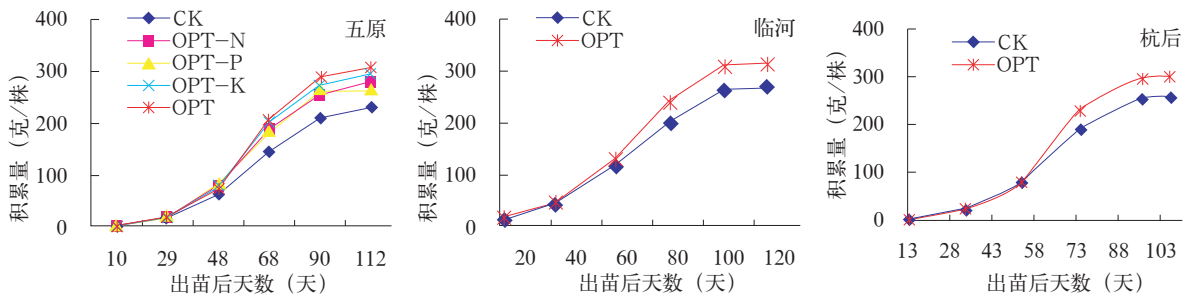


图1 油葵单株干物质积累规律变化

从图1看出油葵干物质积累总的表现为“s”型生长曲线，即前期缓慢，中期快速，后期又慢。平衡施肥(OPT)处理和不施肥(CK)处理表现相同规律，出苗后60天施肥处理(OPT)吸收量开始大于CK处理，但总体趋势基本一致。

表 4 油葵干物质在各时期的积累分配

生育时期	临河			杭后			五原			平均积累 比率 %
	出苗后 天	积累量 克/株	积累比 率 %	出苗后 天	积累量 克/株	积累比 率 %	出苗后 天	积累量 克/株	积累比 率 %	
苗期	21	15.0	4.8	13	0.53	0.2	10	0.4	0.1	1.7
	38	42.2	13.4	33	2.3	7.6	29	18.3	5.9	9.0
现蕾期	58	128.7	40.9	53	80.9	26.7	48	72.5	23.5	30.4
开花期	76	242.1	76.9	74	232.5	76.8	68	207.4	67.3	73.7
灌浆期	94	310.9	98.8	96	297.7	98.4	90	288.9	93.7	97.0
成熟期	108	314.8	100	106	302.6	100	112	308.3	100	100

油葵生育前期（从出苗到现蕾），光合面积小，光合产物较少，干物质积累量仅占成熟时干物质总量的 10% 左右。生育中后期随着光合器官的形成和扩大，光合生产率显著提高，因而干物质积累速率加快。现蕾至开花期干物质积累量占总量的 60% 左右。开花至成熟期干物质积累量占总量的 30% 左右，见表 3。

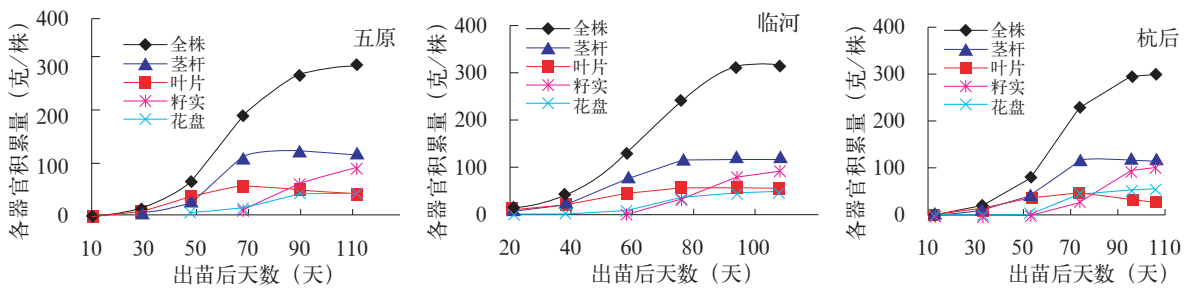


图 2 油葵单株干物质各器官的吸收累积规律

从图 2 看出，各器官的干物质积累分配以茎秆最多，叶片和籽实的积累量次之，花盘积累量最少。茎秆和叶片的干物质积累表现为前期积累量较少积累缓慢，中期生长最快积累最快，出苗后 75 天积累量达最高峰，之后积累量趋缓并缓慢减少。生长前期以叶片积累为主，出苗后 60-70 天茎叶积累的干物质开始向生殖器官转移，出苗后 90 天，籽实的干物质积累量超过叶片。

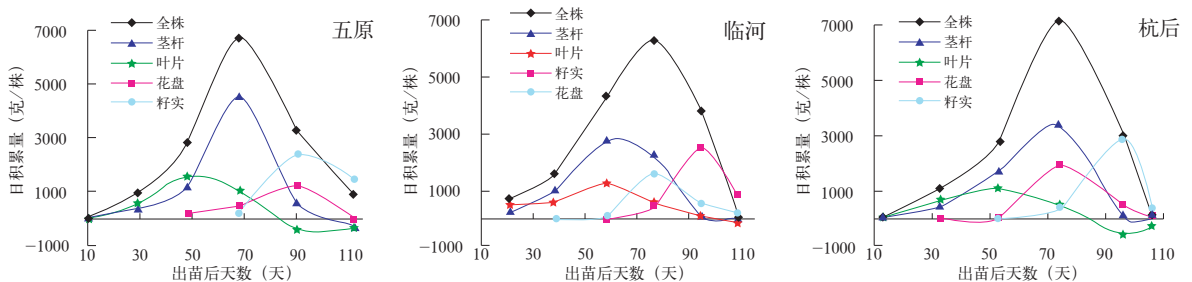


图 3 油葵单株干物质日吸收累积规律

油葵干物质积累速率表现为单峰曲线，茎秆、叶片和全株都是在生长最旺盛时期达到最高峰，此时随着营养器官（茎和叶）吸收的同化产物向生殖器官（花盘和籽实）转移，营养器官的吸收速率快速下降，到收获时茎叶的吸收速率出现负增长。花盘和籽实的吸收速率在出苗后90天达到最大值，之后快速下降并趋于停止。

2.3 油葵养分积累规律

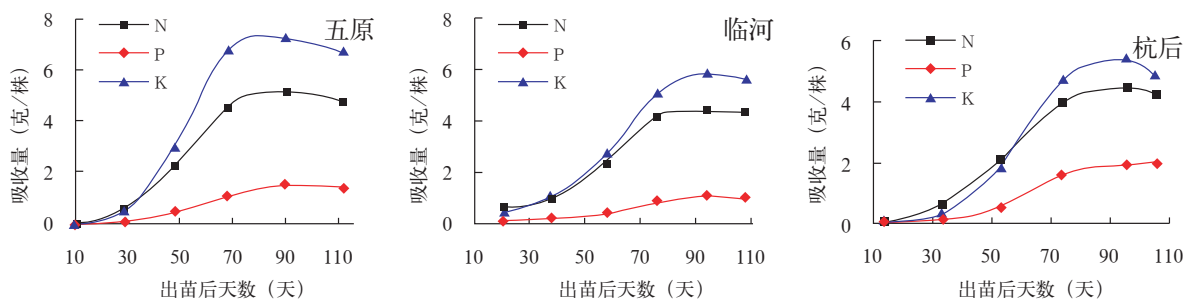


图4 油葵养分积累变化规律

油葵NPK养分积累变化总体表现为前期慢、中期快、后期又慢的Logistic生长曲线变化规律，可用阻滞方程进行回归模拟（图4，表5）。吸收K最多，N次之，P最少。N和K的吸收变化比较大，P的吸收曲线比较平缓。出苗后30天吸收总量较少，出苗后30-70天吸收最快，出苗后70天吸收量逐渐放缓趋于平稳。

表5 油葵养分吸收量与出苗后天数的回归方程

养分	地点	回归方程	R ²
N	五原	$y = 4.53 / (1 + 81.22 e^{-0.0835x})$	0.988**
	临河	$y = 4.62 / (1 + 60.18 e^{-0.079x})$	0.975**
	杭后	$y = 5.20 / (1 + 27.946 e^{-0.0712x})$	0.953**
P ₂ O ₅	五原	$y = 2.02 / (1 + 412.49 e^{-0.098x})$	0.994**
	临河	$y = 1.15 / (1 + 62.49 e^{-0.069x})$	0.973**
	杭后	$y = 1.51 / (1 + 110.62 e^{-0.084x})$	0.990**
K ₂ O	五原	$y = 5.45 / (1 + 313.43 e^{-0.1004x})$	0.979**
	临河	$y = 6.03 / (1 + 83.16 e^{-0.078x})$	0.981**
	杭后	$y = 7.23 / (1 + 49.83 e^{-0.082x})$	0.943**

表 6 油葵各生育时期吸收 N P K 量和比率

生育时期	N 吸收量(克/株)					P 吸收量(克/株)					K 吸收量(克/株)				
	杭后	临河	五原	平均	比率 %	杭后	临河	五原	平均	比率 %	杭后	临河	五原	平均	比率 %
苗期	0.02	0.65	0.01	0.23	5.1	0.00	0.12	0.00	0.04	2.7	0.00	0.43	0.01	0.15	2.6
	0.61	0.99	0.61	0.74	16.3	0.15	0.20	0.08	0.14	9.6	0.31	1.05	0.48	0.61	10.5
现蕾期	2.07	2.48	2.31	2.28	50.6	0.49	0.42	0.48	0.46	31.0	1.85	2.71	2.96	2.51	43.3
开花期	4.00	4.28	4.56	4.28	94.9	1.60	0.88	1.10	1.19	79.7	4.79	5.21	6.83	5.61	96.8
灌浆期	4.51	4.55	5.18	4.75	105.2	1.91	1.10	1.50	1.50	100.6	5.45	5.91	7.22	6.19	106.8
成熟期	4.27	4.49	4.78	4.51	100.0	2.00	1.06	1.42	1.50	100.0	4.89	5.79	6.71	5.79	100.0

油葵从出苗到现蕾,历时约 1.5 个月,吸收的氮占其一生吸氮总量的 50% ;从现蕾到开花历时 20-25 天,吸收的氮占总量的 27.5% ;从开花到成熟历时约 40 天,吸收的氮占吸氮总量的 25% 左右。从现蕾到开花历时虽短,植株生长发育的速度却最快,吸收的氮最多,为吸氮高峰。因而现蕾期之前追施氮肥具有重要意义。

油葵各个生育阶段中吸收的磷数量并不均衡。从出苗到现蕾期吸收的磷最多,占其一生中吸磷总量的 49% 左右,后期吸收的磷肥较少。所以磷肥应作为基肥来施。

油葵在出苗-现蕾期吸收钾素占总吸收量的 48.7% ,现蕾-开花期是吸收钾素最多时期占总吸收量的 50% 。因此,钾肥应在现蕾前施用,以满足花盘及茎秆生长发育的需要。

2.4 油葵养分分配规律

2.4.1 N 素的分配

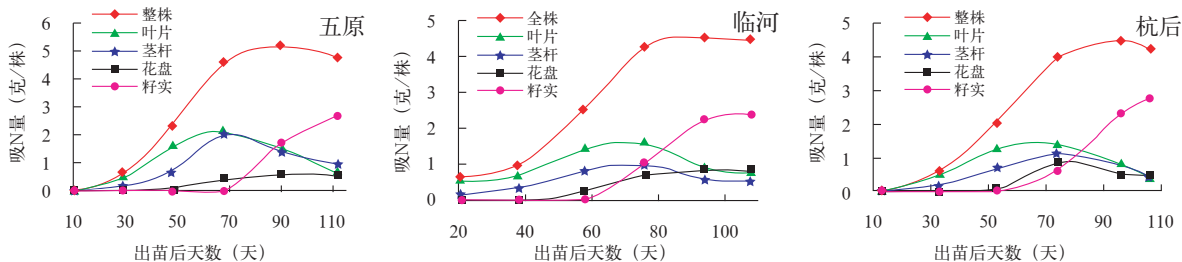


图 5 油葵 N 素吸收分配规律

油葵吸收的 N 素在出苗后 70 天之前主要供应茎叶营养器官,70 天之后由于茎叶吸收的 N 素开始快速向生殖器官籽实转移,收获时吸收的 N 主要集中在籽实中。出苗后 90 天吸收的 N 素主要进行营养生长,以叶片的吸收量最大,茎秆次之。出苗 90 天之后吸收的养分向花盘和籽实转移,而且籽实积累量逐渐占上风。生育期全株和茎叶 N 的吸收量表现为前期慢、中期快、后期又慢的“S”型吸收变化规律;茎叶的 N 吸收规律呈抛物线型,吸收高峰出现在出苗后 60-75 天,之后随着籽实的形成和灌浆速率的加快,茎叶同化的大量 N 素向籽实转移,籽实吸收养分量超过茎叶。

2.4.2 P₂O₅ 的分配

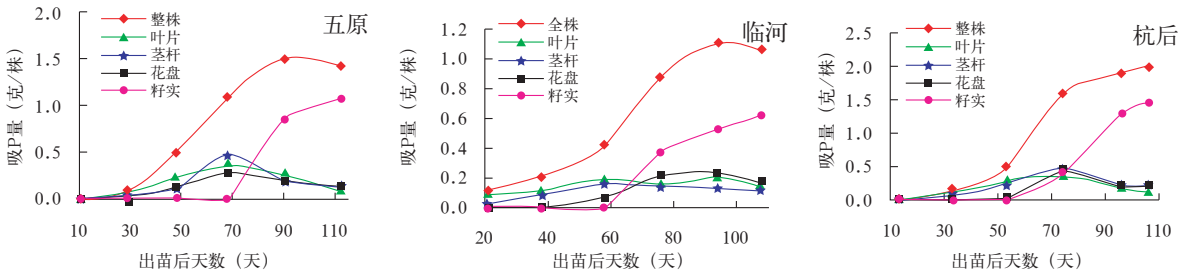


图6 油葵P₂O₅的养分配规律

油葵吸收的P₂O₅在出苗后70天之前主要供应茎叶等营养器官的建成,70天之后由于茎叶吸收的P₂O₅开始向生殖器官籽实转移,收获时吸收的P₂O₅主要集中在籽实中。出苗后75天左右吸收的P₂O₅主要用于营养生长,以叶片的吸收量最大,茎秆次之。出苗90天之后吸收的养分向花盘和籽实转移,而且籽实积累量逐渐占大多数。生育期全株P₂O₅的吸收量表现为前期慢、中期快、后期又慢的“s”型吸收变化规律;茎叶的P₂O₅吸收规律呈抛物线型,吸收高峰出现在出苗后60-75天,之后随着籽实灌浆积累,茎叶的养分大量向籽实转移,茎叶开始老化,籽实吸收养分量超过茎叶。

2.4.3 K₂O 的分配

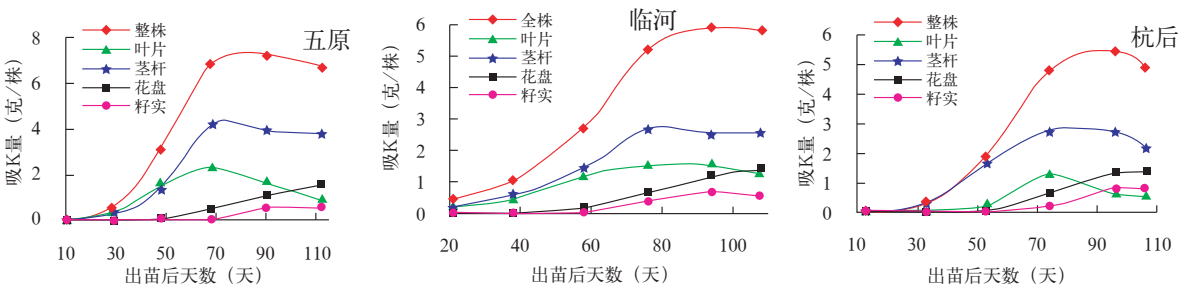


图7 油葵K₂O的养分配规律

油葵吸收的K₂O在生育前期主要供应茎秆的生长,其次供应叶片的生长。70天之后由于花盘和籽实等生殖器官的形成有部分K₂O向花盘和籽实等生殖器官转移。收获时吸收的大部分K₂O集中在茎秆中。生育期全株和茎秆K₂O的吸收积累表现为抛物线型,吸收高峰出现在出苗后70天左右。

3 结论与讨论

在河套灌区油葵施用氮磷钾化肥均有增产效果,增施氮磷钾肥分别增产17.6%、9.8%和11.7%,施肥增产效果:氮肥>钾肥>磷肥。每公斤N、P₂O₅和K₂O分别增产葵花籽3.7公斤、3.9公斤和4.4公斤。施用N、P₂O₅和K₂O养分利用率分别为33.0%、12.4%和45.3%。生产100公斤油葵籽实吸收N、P₂O₅和K₂O分别为5.24公斤、1.57公斤和6.96公斤。

油葵干物质和NPK养分积累表现为“s”型生长曲线,即前期慢、中期快、后期又慢的变化规律

可用阻滞方程回归模拟。各器官的干物质积累分配以茎秆最多，叶片和籽实的积累量次之，花盘积累量最少。干物质积累速率表现为单峰曲线，茎秆、叶片和全株都是在开花期达到最高峰，此时随着营养器官（茎和叶）吸收的同化产物向生殖器官（花盘和籽实）转移，营养器官的吸收速率快速下降，到收获时茎叶的吸收速率出现负增长。

整个生育期吸收 K 最多，N 次之，P 最少。NPK 养分吸收最快时期为现蕾到开花时期。

油葵吸收的 N 和 P 在生长前期主要供应茎叶等营养器官的生长，开花期茎叶吸收的 N 和 P 开始向生殖器官籽实转移，收获时吸收的 N 和 P 主要集中在籽实中。吸收的 K₂O 主要供应茎秆的生长，其次供应花盘和叶片的生长，收获时吸收的 K 主要集中在茎秆中。

参考文献：

- [1] Jagdev Singh, Singh KP, Yadav SS, Singh J. Nutrient-uptake pattern of sunflower (*Helianthus annuus*) as influenced by Azotobacter, farm yard manure, nitrogen and phosphorus. *Indian Journal of Agronomy*. 1998 Vol.43, No.3, 1998 (**)
- [2] W. C. Dahnke, C. Fanning, A. Cattanch. Fertilizing Sunflower. <http://www.ag.ndsu.edu/pubs/plantsci/soilfert/sf713w.htm>
- [3] 谷洁, 高华. 黄土高原向日葵产量的土壤养分限制因子与施肥指标研究[J]. 中国油料作物学报, 1998, 20 (4): 84-87
- [4] 李庆文, 魏亚范, 尤宝庆, 等. 向日葵吸肥特征及其对肥料效应的研究[J]. 土壤通报, 1984, (2): 76-77
- [5] 安玉麟, 郭富国, 杨文耀. 内蒙古河套灌区油葵施用 NPK 肥肥效研究[J]. 华北农学报, 2007, 22 (5): 147-151
- [6] 汪家灼. 我国植物油料及油葵发展近况[J]. 内蒙古农业科技, 2006, (6): 11-14.
- [7] 安玉麟. 中国向日葵产业发展的问题与对策[J]. 内蒙古农业科技, 2004, (4): 1-4.
- [8] 李素萍, 安玉麟, 聂惠, 等. 硼肥对构成食用向日葵产量因素的影响[J]. 华北农学报, 2005, (专辑): 15-20.
- [9] 张立华, 赵益平, 张颖力, 等. 内蒙古向日葵生产现状及发展对策[J]. 内蒙古农业科技, 2007 (5): 82-84

平衡施肥对白菜产量和品质的影响

赵欢¹, 张国平¹, 孙倩倩¹, 王小晶¹, 吕慧峰¹, 王正银¹
向华辉², 周长洪²

(1. 西南大学资源环境学院, 重庆北碚 400716;

2. 重庆市九龙坡区农业局, 重庆 400700)

摘要: 通过田间小区试验, 研究了平衡施肥对酸性土壤白菜产量和品质的影响。结果表明, 与 CK 处理相比, 不同施肥处理极显著提高白菜产量 22.3% ~ 114.6%, 以 $N_{2.0}P_{1.0}K_{1.5}$ + 菜籽粕+ 石灰处理产量最高, 其次为处理 $N_{2.0}P_{1.0}K_{1.5}$ 菜籽粕+ 炭灰。与 $N_{2.0}P_{1.0}K_{1.5}$ 处理相比, 在 $N_{2.0}P_{1.0}K_{1.5}$ 基础上减氮、磷、钾处理显著降低了白菜产量, 而在 $N_{2.0}P_{1.0}K_{1.5}$ 基础上增施石灰、炭灰和菜籽粕的处理, 显著提高白菜产量。增施炭灰显著降低了白菜硝酸盐含量, 提高了卫生品质。各施肥处理白菜氨基酸、维生素 C 和还原糖含量较 CK 处理降低, 在平衡施肥的基础上, 增施有机肥和炭灰使白菜氨基酸下降幅度减少, 但对提高白菜维生素 C 和还原糖的作用不大。增施石灰、炭灰和菜籽粕的处理提高白菜氮、磷和钾肥的养分利用率。

关键词: 平衡施肥; 白菜; 产量; 品质

引言

白菜 (*Brassica campestris* L. var. *pekinensis*) 是我国重要的叶类蔬菜, 也是人们日常生活中非常喜爱的一种大众化蔬菜。在各地被广泛种植。在白菜生产中普遍存在着过多施用化肥和单一施氮等不合理施肥现象, 致使白菜营养品质下降, 硝酸盐含量增加^[1]。土壤中存在一些天然酸性物质的形成过程, 如土壤中动植物呼吸作用产生的碳酸, 还有动植物残体经微生物分解产生的有机酸等。通常这一过程非常缓慢, 但人为影响使得这一过程大大加速, 其中一个重要的因素就是不当的农业措施^[2], 如大量化学肥料特别是铵态氮肥的施用、豆科作物的种植、不当的施肥量和施肥方式、作物收获移走土壤中的盐基离子等^[3]。菜园土壤是我国南方最易酸化的一类土壤, 这是由于蔬菜需肥量大、产量高、复种指数高, 从土壤中携出的养分以钾最多, 氮次之, 磷最少。菜农为了获得蔬菜高产, 增加经济效益, 生产中过量施用化肥尤其是化学氮肥的现象十分普遍, 而磷肥、钾肥、有机肥施用量减少, 造成养分不平衡^[4-5]。重庆市蔬菜施肥不平衡现象突出, 以致郊区的菜园土壤和蔬菜基地的土壤酸化严重, 成为影响蔬菜高产优质的限制因子^[6-7]。因此, 酸性土壤栽培白菜, 研究在氮磷钾平衡施用的基础上配施石灰、有机肥和炭灰对改善白菜产量和品质的效应, 可为酸性土地地区的白菜优质高产提供理论依据。

1 材料与方 法

1.1 供试材料

供试土壤为发育于侏罗纪三叠系沙溪庙组的灰棕紫泥, 其基本农化性状: pH 3.9、有机质 25.0 克/公斤、碱解氮 11.4 毫克/公斤、有效磷 57.0 毫克/公斤、速效钾 14.5 毫克/公斤。供试大白菜品种为华冠(日本杂交)。供试肥料为尿素 (N , 46%)、过磷酸钙 (P_2O_5 , 12%)、氯化钾 (K_2O , 60%)、菜籽粕 (全 N 5.24%, 全 P 1.12%, 全 K 0.25%)、供试改良剂为石灰和炭灰 (pH 8.6, 全 P 0.19%, 全 K 0.55%)。

1.2 试验方法

田间小区试验于 2008 年 9 月 28 日~12 月 7 日在重庆市农科院蔬菜试验基地进行。小区面积 $4 \times 1.7 = 6.8 \text{ m}^2$ ，设 9 个处理（表 1），4 次重复，随机排列。磷肥、钾肥、石灰、炭灰和菜籽粕一次性施入，尿素在移栽后分 2 次按 50%-50% 施入。收获后取样测定白菜的产量和品质（硝酸盐、维生素 c、还原糖和氨基酸含量）。

表 1 试验处理和施肥量（公斤/亩）

处理	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	L	C	M	代号
N ₀ P ₀ K ₀	0	0	0	0	0	0	CK
N ₀ P _{1.0} K _{1.5}	0	1.0	1.5	0	0	0	PK
N _{2.0} P ₀ K _{1.5}	2.0	0	1.5	0	0	0	NK
N _{2.0} P _{1.0} K ₀	2.0	1.0	0	0	0	0	NP
N _{2.0} P _{1.0} K _{1.5}	2.0	1.0	1.5	0	0	0	NPK
N _{2.0} P _{1.0} K _{1.5} L	2.0	1.0	1.5	1.50	0	0	+L
N _{2.0} P _{1.0} K _{1.5} C	2.0	1.0	1.5	0	1.50	0	+C
N _{2.0} P _{1.0} K _{1.5} M+L	2.0	1.0	1.5	1.50	0	1.50	+ML
N _{2.0} P _{1.0} K _{1.5} M+C	2.0	1.0	1.5	0	1.50	1.50	+MC

*L、c、M 分别代表石灰、炭灰、菜籽粕。

1.3 测定内容和方法

土壤碱解氮采用碱解扩散法，速效磷采用 NaHCO_3 法，速效钾采用 NH_4OAc 浸提、火焰光度法测定^[9]。白菜品质中硝酸盐用酚二磺酸分光光度法、维生素 c 用 2,6-二氯酚靛滴定法，氨基酸用水合茚三酮分光光度法，还原糖采用 3,5-二硝基水杨酸分光光度法^[9]。白菜产量采用新复极差法（SSR 检验法）进行统计分析^[10]。

2 结果与分析

2.1 平衡施肥对白菜产量的影响

不同施肥处理白菜产量差异极显著（表 2）。与 CK 处理相比，各施肥处理白菜产量提高了 22.3% ~ 114.6%，其增加顺序为 $N_{2.0}P_{1.0}K_{1.5}M+L > N_{2.0}P_{1.0}K_{1.5}M+C > N_{2.0}P_{1.0}K_{1.5}L > N_{2.0}P_{1.0}K_{1.5}C > N_{2.0}P_{1.0}K_{1.5} > N_{2.0}P_{0}K_{1.5} > N_{2.0}P_{1.0}K_0 > N_{0}P_{1.0}K_{1.5}$ 。与 $N_{2.0}P_{1.0}K_{1.5}$ 处理相比，减氮、减磷、减钾处理极显著降低了白菜产量，以减氮（ $N_{0}P_{1.0}K_{1.5}$ ）处理降低产量最多，降幅为 19.3%，其次是减钾（ $N_{2.0}P_{1.0}K_0$ ）处理，最后是减磷（ $N_{2.0}P_0K_{1.5}$ ）处理。这说明缺少施用氮磷钾中的任何一种肥料都会对提高白菜的产量有一定影响。与 CK 处理相比，在 $N_{2.0}P_{1.0}K_{1.5}$ 基础上增施石灰、菜籽粕和炭灰，使白菜产量显著提高，增幅为 57.9% ~ 114.6%。以 $N_{2.0}P_{1.0}K_{1.5}M+L$ 处理的增幅最大，为 114.6%， $N_{2.0}P_{1.0}K_{1.5}M+C$ 其次，为 101.1%。配施石灰（ $N_{2.0}P_{1.0}K_{1.5}L$ ）和炭灰（ $N_{2.0}P_{1.0}K_{1.5}C$ ）处理增幅分别为 88.2% 和 57.9%，表明在强酸性菜园土上，除氮磷钾平衡施用外，适量施用石灰、炭灰和菜籽粕均可使白菜获得高产，尤以石灰和菜籽粕同时施用的增产效果最好。这可能与该土壤上多年大量施用化肥种植蔬菜，使土壤强酸化，而增施石灰在改变了土壤 pH 的同时平衡了植株的营养代谢有关。而菜籽粕使大白菜极显著增产的原因可能是其含有大量氮磷钾养分和多种

中、微量元素平衡了大白菜植株的营养代谢,促进其生长。泥炭增产的原因是其有机质、腐殖酸含量高,比表面积大,吸附螯合能力强,有较强的离子交换能力和盐分平衡控制能力,对协调营养元素之间的关系有重要作用。泥炭腐殖酸自由基属于半醌结构,既能氧化为醌,又能还原为酚,在植物体的氧化还原中起着重要作用,能提高植物的生物活性,从而提高植物产量^[11]。

表2 不同处理白菜的产量

处理代号	产量 $\bar{x} \pm s$ (公斤/亩)	差异显著性		相对产量 %
		$P < 0.05$	$p < 0.01$	
C K	1 1 2 3 ± 9 4	g	G	1 0 0 . 0
P K	1 3 7 3 ± 4 6	f	F	1 2 2 . 3
N K	1 5 7 2 ± 2 7	e	E	1 4 0 . 0
N P	1 5 3 5 ± 3 3	e	E	1 3 6 . 7
N P K	1 7 0 2 ± 2 0	d	D	1 5 1 . 3
+ L	2 1 1 4 ± 8 0	c	C	1 8 8 . 2
+ C	1 7 7 3 ± 2 7	d	D	1 5 7 . 9
+ M L	2 4 1 1 ± 2 2	a	A	2 1 4 . 6
+ M C	2 2 5 8 ± 3 7	b	B	2 0 1 . 1

2.2 平衡施肥对白菜品质的影响

2.2.1 卫生品质

硝酸盐

硝酸盐含量的高低是衡量蔬菜卫生品质的一项重要指标。由表3可以看出,除 $N_0P_{10}K_{15}$ 、 $N_{20}P_{10}K_{15}$ 和 $N_{20}P_{10}K_{15}C$ 处理外,与CK相比,各施肥处理均增加了白菜的硝酸盐含量,增幅范围9.4%~25.1%,且以 $N_{20}P_{10}K_{15}L$ 和 $N_{20}P_{10}K_{15}M+C$ 处理的硝酸盐含量增加最多。这可能与该二个处理(配施石灰和炭灰)提高强酸性土壤 pH 值有利于氮肥硝化和促进了植株对氮的吸收有关。 $N_{20}P_{10}K_{15}$ 和 $N_{20}P_{10}K_0$ 处理的硝酸盐含量增加略微低些。与 $N_{20}P_{10}K_{15}$ 处理相比,减磷($N_{20}P_0K_{15}$)和减钾($N_{20}P_{10}K_0$)处理都增加了白菜硝酸盐含量,增幅为9.65%和9.40%,而减氮($N_0P_{10}K_{15}$)处理降低了硝酸盐含量,降幅为10.2%。缺磷缺钾会引起白菜体内硝酸盐含量的增加,这与他人的研究结果一致,因为施用磷钾肥可促进白菜的硝酸盐转化为氨基酸和蛋白质,减少其积累,提高白菜的卫生品质,而施用氮肥在一定程度上促进了植物对氮的吸收,使白菜体内的硝酸盐含量提高。

2.2.2 营养品质

氨基酸

与CK相比,各施肥处理白菜氨基酸含量都下降,下降幅度为1.3%~13.0%,其中以 $N_0P_{10}K_{15}$ 和 $N_{20}P_{10}K_{15}C$ 两个处理白菜氨基酸含量下降幅度最大, $N_{20}P_{10}K_{15}M+C$ 处理白菜氨基酸含量下降最小。可见,在不施肥的情况下白菜氨基酸含量最大,施用肥料和炭灰后,白菜氨基酸含量都有一定程度的下降。与 $N_{20}P_{10}K_{15}$ 相比,缺磷($N_{20}P_0K_{15}$)和缺钾($N_{20}P_{10}K_0$)处理都增加了白菜氨基酸含量,增幅为3.1%和4.0%,而缺氮($N_0P_{10}K_{15}$)处理显著降低了氨基酸含量,降幅为8.1%。可见,单施磷钾肥,

不施氮肥会降低白菜氨基酸含量。在 $N_{2.0}P_{1.0}K_{1.5}$ 基础上增施石灰、菜籽粕和炭灰,除炭灰 ($N_{2.0}P_{1.0}K_{1.5}C$) 降低外,其余处理都增加了白菜氨基酸含量,增幅为 1.8% ~ 4.2%。以 $N_{2.0}P_{1.0}K_{1.5}M+C$ 的增幅最大, $N_{2.0}P_{1.0}K_{1.5}L$ 次之。表明在氮磷钾平衡施用的基础上,同时配施菜籽粕和炭灰的效果好于单一配施炭灰处理。增施菜籽粕可提高大白菜氨基酸含量,可能与菜籽粕含氮素高且易矿化,协调了大白菜的氮素营养以及菜籽粕中的磷、钾、硼等矿质养分丰富,可以平衡大白菜生长过程中对多种矿质养分的需求,促进了大白菜的氮素代谢有关。

维生素 c

由表 3 可以看出,各施肥处理中仅 $N_{2.0}P_{1.0}K_{1.5}$ 和 $N_{2.0}P_{1.0}K_{1.5}L$ 的白菜维生素 c 含量与 CK 相比分别增加 23.3% 和 16.6%,其余施肥处理白菜维生素 c 含量降低了 1.60% ~ 35.3%。与 $N_{2.0}P_{1.0}K_{1.5}$ 处理相比,缺氮磷钾处理都增加了白菜维生素 c 含量,其增加顺序为 $N_{0.0}P_{1.0}K_{1.5} > N_{2.0}P_{1.0}K_{0.0} > N_{2.0}P_{0.0}K_{1.5}$,以 $N_{0.0}P_{1.0}K_{1.5}$ 的增幅最大,为 51.0%。说明适量施用氮磷钾肥可提高白菜 v c 含量,但过量则使 v c 含量降低。在 $N_{2.0}P_{1.0}K_{1.5}$ 基础上增施石灰、菜籽粕和炭灰,除 $N_{2.0}P_{1.0}K_{1.5}M+C$ 处理降低外,其余处理都增加了白菜维生素 c 含量,增幅为 0.45% ~ 43.0%。这可能是由于石灰和炭灰可以调节土壤 pH,而有机肥可以改善土壤结构,促进蔬菜对养分的吸收与利用^[12],有利于大白菜维生素 c 的合成。以上结果说明,只施磷肥、钾肥和在氮磷钾基础上配施石灰和菜籽粕可提高白菜的维生素 c 含量。

还原糖

与 CK 相比,除 $N_{0.0}P_{1.0}K_{1.5}$ 处理白菜还原糖含量略有升高外,其余施肥处理都降低了白菜的还原糖含量。与 $N_{2.0}P_{1.0}K_{1.5}$ 处理相比,缺氮磷钾处理都增加了白菜还原糖的含量,其增幅顺序为 $N_{0.0}P_{1.0}K_{1.5} > N_{2.0}P_{1.0}K_{0.0} > N_{2.0}P_{0.0}K_{1.5}$,这与维生素 c 含量的结果相同,有研究表明植物体内糖是维生素 c 合成的基础。在 $N_{2.0}P_{1.0}K_{1.5}$ 基础上,增施石灰 ($N_{2.0}P_{1.0}K_{1.5}L$) 和炭灰 ($N_{2.0}P_{1.0}K_{1.5}C$) 处理的白菜还原糖含量分别增加了 8.59% 和 2.34%,而 $N_{2.0}P_{1.0}K_{1.5}M+L$ 和 $N_{2.0}P_{1.0}K_{1.5}M+C$ 处理分别降低 7.81% 和 36.7%。可见,在氮磷钾平衡施用的基础上,配施有机肥的同时增施石灰和炭灰都不能使白菜还原糖含量的增加,这可能与产量增加所产生的稀释效应有关^[6]。

表 3 不同处理对白菜品质的影响

处理 代号	硝酸盐		氨基酸		v c		还原糖	
	毫克/公斤	%	毫克/公斤	%	毫克/公斤	%	%	%
CK	3097 ± 139.3 a	100.0	1440 ± 5.66 a	100.0	548 ± 1.70 b	100.0	1.58 ± 0.115 a b	100.0
PK	2781 ± 78.5 e	89.8	1253 ± 4.95 b	87.0	675 ± 46.2 a	123.2	1.70 ± 0.040 a	107.5
NK	3396 ± 58.0 c	109.7	1406 ± 34.6 a	97.7	458 ± 35.4 c	83.6	1.35 ± 0.057 c	85.5
NP	3388 ± 57.3 c	109.4	1418 ± 5.66 a	98.5	539 ± 8.13 b	98.4	1.54 ± 0.035 b	97.5
NPK	3097 ± 44.5 d	100.0	1364 ± 26.9 a	94.7	447 ± 19.6 c	81.6	1.28 ± 0.010 c d	81.0
+L	3756 ± 65.1 a b	121.3	1410 ± 16.3 a	97.9	639 ± 0.78 a	116.6	1.39 ± 0.012 c	88.1
+C	2885 ± 52.3 e	93.2	1253 ± 88.4 b	87.0	457 ± 45.5 c	83.3	1.31 ± 0.009 c d	82.6
+ML	3597 ± 125.2 b	116.1	1388 ± 4.24 a	96.4	449 ± 12.4 c	81.9	1.18 ± 0.083 d	75.0
+MC	3873 ± 77.8 a	125.1	1421 ± 11.3 a	98.7	355 ± 2.55 d	64.7	0.814 ± 0.052 e	51.5

2.3 平衡施肥对白菜养分含量的影响

2.3.1 氮

与CK处理相比,除 $N_{2.0}P_{1.0}K_{1.5}$ 和 $N_{2.0}P_{1.0}K_{1.5}$ 处理降低外,其余处理大白菜氮含量增加0.4%~8.8%,以 $N_{2.0}P_{1.0}K_0$ 处理增加最多。可见,缺少氮肥的施用会影响白菜氮含量,进而降低产量。

2.3.2 磷

除 $N_{2.0}P_{1.0}K_{1.5}L$ 处理降低大白菜磷含量外,其余处理较CK使大白菜磷含量增加4.3%~34.2%,以 $N_{2.0}P_{1.0}K_{1.5}C$ 处理增加的最多。 $N_{2.0}P_{1.0}K_{1.5}C$ 、 $N_{2.0}P_{1.0}K_{1.5}M+L$ 和 $N_{2.0}P_{1.0}K_{1.5}M+C$ 处理白菜的磷含量与 $N_{2.0}P_{1.0}K_{1.5}$ 处理相比分别增加18.1%、10.1%和8.6%。这表明在肥料平衡施用的基础上增施炭灰、菜籽粕加石灰和菜籽粕加炭灰均可增加白菜的磷含量。

2.3.3 钾

白菜中的钾含量以 $N_{2.0}P_{1.0}K_{1.5}M+C$ 处理为最高, $N_{2.0}P_{1.0}K_{1.5}M+L$ 处理次之,与 $N_{2.0}P_{1.0}K_{1.5}$ 处理相比分别增加了38.5%和25.4%。表明在平衡施肥的基础上增施菜籽粕加石灰和菜籽粕加炭灰均可大幅度增加白菜的钾含量。

表4 不同处理对白菜叶片养分含量的影响(干基)

处理代号	全N		全P		全K	
	%	相对含量%	%	相对含量%	%	相对含量%
CK	4.69	100.0	0.49	100.0	4.16	100.0
PK	4.49	95.8	0.51	104.3	3.23	77.7
NK	4.76	101.5	0.53	107.2	3.85	92.4
NP	5.10	108.8	0.55	112.2	4.14	99.6
NPK	4.63	98.7	0.56	114.4	4.10	98.6
+L	5.07	108.1	0.47	95.8	3.68	88.5
+C	5.02	107.1	0.66	134.2	4.01	96.3
+ML	4.71	100.4	0.61	125.1	5.14	123.6
+MC	5.02	107.0	0.61	123.4	5.66	136.0

2.4 不同肥料组合对白菜养分利用率的影响

2.4.1 氮

由表5可知,各施肥处理氮素养分利用率极低(小于20%),这可能是因为菜园土长期氮肥施用量高,造成土壤有效氮含量丰富之故。与 $N_{2.0}P_{1.0}K_{1.5}$ 处理相比,施用石灰、炭灰和菜籽粕能提高白菜氮素利用率47.1%~208.3%,以 $N_{2.0}P_{1.0}K_{1.5}L$ 处理提高最多,其次是 $N_{2.0}P_{1.0}K_{1.5}M+L$ 。可见,在供试强酸性土壤上适量施用石灰、炭灰和菜籽粕能提高白菜氮素利用率。

2.4.2 磷

各施肥处理的磷素养分利用率均在 10.5% 以下 (表 5), 与 $N_{2.0}P_{1.0}K_{1.5}$ 处理相比, 除缺氮 ($N_{0}P_{1.0}K_{1.5}$) 处理外, 其它各施肥处理都提高了磷素养分利用率, 达 25.6% ~ 122.0%。这表明在平衡施肥的基础上增施石灰、炭灰和菜籽粕能提高白菜磷素利用率, 而单一施磷钾肥却降低磷素养分利用率。

2.4.3 钾

增施石灰、炭灰和菜籽粕的 $N_{2.0}P_{1.0}K_{1.5}L$ 、 $N_{2.0}P_{1.0}K_{1.5}C$ 和 $N_{2.0}P_{1.0}K_{1.5}M+L$ 以及 $N_{2.0}P_{1.0}K_{1.5}M+C$ 处理钾素养分利用率显著高于其它处理, 较 $N_{2.0}P_{1.0}K_{1.5}$ 处理提高 3.7% ~ 241.8% (表 5)。但是, 单一施氮钾和磷钾却降低了钾肥利用率。可见, 增施石灰、炭灰和有机肥能提高钾肥利用率。

表 5 不同处理对白菜养分利用率的影响

处理代号	N		P		K	
	利用率%	与 NPK 处理比%	利用率%	与 NPK 处理比%	利用率%	与 NPK 处理比%
PK	--	--	3.2	68.5	0.8	9.7
NK	6.4	103.6	--	--	6.2	70.8
NP	11.2	182.7	5.8	125.6	--	--
NPK	6.1	100.0	4.6	100.0	8.7	100.0
+L	18.9	308.3	7.1	153.7	17.7	203.7
+C	9.0	147.1	7.5	161.9	9.2	105.9
+ML	13.8	225.1	10.3	222.0	29.7	341.8
+MC	11.1	181.1	7.4	159.3	26.5	304.9

3 小结

3.1 各施肥处理都较 C_K 处理极显著增加白菜产量, 在 $N_{2.0}P_{1.0}K_{1.5}$ 基础上增施石灰、炭灰和菜籽粕有利于白菜的高产, 且以增施石灰和菜籽粕的效果最佳。

3.2 在 $N_{2.0}P_{1.0}K_{1.5}$ 基础上减磷、减钾、增施石灰、菜籽粕和炭灰使白菜硝酸盐含量增加, 而减氮和增施炭灰 ($N_{2.0}P_{1.0}K_{1.5}C$) 处理降低硝酸盐含量。

3.3 各施肥处理白菜氨基酸、维生素 C 和还原糖含量较 C_K 处理降低, 在平衡施肥的基础上, 增施有机肥和炭灰使白菜氨基酸下降幅度减少, 但对提高白菜维生素 C 和还原糖的作用不大。

3.4 在强酸性土壤上白菜对氮磷钾肥的利用率均很低, 这与菜园土速效氮磷钾养分含量高有关。在 $N_{2.0}P_{1.0}K_{1.5}$ 的基础上, 增施有机肥菜籽粕、炭灰和石灰都提高了白菜对氮、磷和钾的利用率; 不施氮肥降低了白菜对磷和钾的利用率, 不施磷肥降低了钾肥利用率。由于菜园土速效氮磷钾含量高, 肥料利用率低, 蔬菜减量平衡施肥有待进一步研究, 以降低施肥成本, 提高产量和品质。

参考文献:

[1] 李俊良, 陈新平, 李晓林, 等. 大白菜氮肥施用的产量效应、品质效应和环境效应[J]. 土壤学报, 2003, 40 (2): 261 - 266.

[2] Cregan P D, Scott B J. Soil acidification - an agricultural and environmental problem [M]//

Partley J E, Robertsom S. [S. I.]: Agriculture and Environmental Imperative CSIRO Publishing Melbourne, 1998, 75-77.

[3] 王正银. 蔬菜营养与品质[M]. 北京: 科学出版社, 2009, 276-279

[4] 张英鹏, 林咸永, 章永松, 等. 杭州市郊菜园土壤的养分状况及其障碍因子研究[J]. 浙江大学学报(农业与生命科学版), 2003, 29(3): 244-250.

[5] Cao L K., Chen G J., Lu Y T. Nitrogen Leaching in Vegetable Fields in the Suburbs of Shanghai [J]. Pedosphere, 2005, 15(5): 641-645.

[6] 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.

[7] 刘金萍. 镁锌硼养分量比对莴笋的生物效应影响研究[J]. 重庆师范大学学报(自然科学版), 2003, 20(3): 50-53.

[8] 鲍士旦. 土壤农化分析(第三版) [M]. 北京: 中国农业出版社, 2000, 141-149.

[9] 山东农学院等. 植物生理学实验指导[M]. 济南: 山东科技出版社, 1980, 246.

[10] 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.

[11] 孟宪民. 泥炭绿色环保肥料的发展与创新[J]. 腐殖酸, 2005(3): 1-6.

[12] 高峻岭, 宋朝玉, 李祥云, 等. 不同有机肥配比对蔬菜产量和品质及土壤肥力的影响[J]. 中国土壤与肥料, 2008(1): 48-51.

上接10页

[5] 朱兆良. 农田中氮肥的损失与对策[J]. 土壤与环境, 2000, 9(1): 1-6.

[6] 王进军, 黄瑞冬. 氮肥施用方式对玉米产量和肥效的影响[J]. 中国农学通报, 2005, 21(11): 222-225.

[7] 杨玉画, 褚清河, 杜慧玲. 施肥比例及施肥量对玉米吸肥的影响及增产机理[J]. 山西农业科学, 2004, 32(4): 333-336.

[8] 赵霞, 刘京宝, 王振华, 等. 缓控释肥对夏玉米生长及产量的影响[J]. 中国农学通报, 2008, 24(6): 247-249.

[9] 郑惠玲, 姬变英, 武继承, 等. 氮肥分期施用对夏玉米生长发育和产量的影响[J]. 河南农业科学, 2007(10): 67-69.

[10] 王霖晓, 沈阿林, 寇长林, 等. 小麦-玉米轮作下有机肥与氮肥配施对土壤微生物量氮及作物氮利用的影响[J]. 河南农业科学, 2007(6): 96-99.

[11] 李志勇, 王璞, 魏亚萍. 不同施肥条件下夏玉米的干物质积累、产量及氮肥利用效率[J]. 华北农学报, 2003, 18(4): 91-94.



平衡施肥对穿心莲生长和药效成份的影响

李录久¹, 高杰军², 刘学敏², 郭熙盛¹,
丁楠², 孙义祥¹

(1 安徽省农科院土肥所 合肥 230031,
2 临泉县农技推广中心 临泉 236400)

摘要: 通过田间试验研究了不同肥料配施对穿心莲生长和药效成份含量的影响。两地试验结果表明: 增施钾磷肥或有机肥对穿心莲的生长有明显的促进作用, 不同氮磷钾和有机肥配施处理较仅施氮肥的对照平均增产 27.8%。穿心莲药效成份--穿心莲内酯含量提高 0.70~9.13 克/公斤, 相对增加 2.8%~35.2%; 经济收入提高 346~1006 元/亩, 施肥产投比为 5.8~14.9:1。

关键词: 平衡施肥, 穿心莲, 产量, 内酯含量, 经济效益

中草药穿心莲为爵床科多年生草本植物, 具有清热解毒、凉血消肿止痛等功效, 为临床常用药及抗病毒的首选药物之一。安徽省临泉县穿心莲常年种植面积 2 万多亩, 总产一万吨, 约占全国穿心莲总产量的 50%。但是, 由于片面追求高产, 农民偏施大量氮肥, 不施或很少施用磷、钾肥, 氮磷钾比例失调, 导致穿心莲药效成份--穿心莲内酯含量急剧下降, 药效降低, 产品积压滞销, 农民经济损失惨重。

国内外对穿心莲的研究主要集中于穿心莲药效成份--穿心莲内酯的分析、药理、临床应用及栽培技术, 施肥研究极少, 施肥对穿心莲生长及药效成份含量的影响未见详尽报道。因此, 开展穿心莲优质高产平衡施肥技术研究, 对指导农民合理施肥, 促进穿心莲等中药材生产有积极作用。2002-2005 年, 在国际植物营养研究所 (IPNI) 的资助下, 笔者在淮北平原砂姜黑土地地区, 连续 4 年开展了穿心莲优质高效平衡施肥技术研究, 取得了显著的增产和提高药效成份效果。

1 材料与方 法

1.1 供试土壤

试验在安徽省临泉县宋集镇和牛庄乡进行, 供试土壤为普通砂姜黑土, 前茬小麦, 肥力中等。试验前 0-20cm 耕层土壤经北京中-加合作实验室采用 ASI 综合法分析, 养分状况见表 1。土壤养分限制因子主要是 N、K 等营养元素。

表 1 供试土壤养分状况

试验地点	pH (水)	有机质 (%)	土壤有效养分含量 (毫克/公斤)										
			钙	镁	氮	磷	钾	硫	硼	铜	铁	锰	锌
			Ca	Mg	N	P	K	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
宋集	6.1	0.55	3357	486	19.1	34.0	86.6	24.1	1.2	2.5	43.9	74.4	1.9
牛庄	6.2	0.82	4329	646	26.4	16.7	58.6	43.1	0.3	2.8	18.1	98.9	1.1

1.2 试验设计

试验设7个处理：① N_{15} ② $N_{15}K_{10}$ ③ $N_{20}K_{10}$ ④ $N_{20}K_{20}$ ⑤ $N_{25}K_{20}$ ⑥ $N_{25}K_{25}$ ⑦ $N_{15}K_{10}+M_{100}$ (有机肥) 处理中的下标表示施用的肥料N、 K_2O 和有机肥数量(公斤/亩)。除处理1外,其它处理均施6公斤/亩的 P_2O_5 作底肥。肥料种类：N--尿素，P--磷酸二铵，K--氯化钾，有机肥M为芝麻饼。施肥方法为：60%的氮肥和全部磷钾肥及芝麻饼作基肥施用，剩下的40%氮肥作追肥分两次追施。小区面积分别为26.2和21.6米²，重复四次，完全随机区组排列。供试穿心莲5月中旬育苗，6月中旬移栽，种植密度1万株/亩，10月下旬收获。其它栽培管理措施同当地一般大田穿心莲。

1.3 分析方法

穿心莲主要药效成份--穿心莲内酯的分析采用液相色谱法。

2 结果与分析

2.1 施肥对穿心莲生长的影响

从表2可看出，在施用氮肥的基础上增施磷钾肥或磷钾肥与有机肥配合，对穿心莲的生长有明显的促进作用，配施磷钾肥或有机肥后，穿心莲的株高、分枝数、茎叶鲜重和干重都有较大幅度的增加。同一氮磷肥用量下，增加钾肥施用量，穿心莲植株高度、分枝及茎叶重也明显增加(处理4、6分别与处理3、5相比)，施 K_2O 量在25公斤/亩以下时，株高、分枝数、地上部茎叶鲜重和干重随钾肥用量的加大都有逐渐增加的趋势(表2)。表2的结果还表明，同一磷钾肥用量条件下，加大氮肥施用量，穿心莲的株高、分枝数、茎叶鲜重和生物量也有一定程度的增加(处理3、5分别与处理2、4相比)，特别是中等氮肥用量 N_{20} 下增加的幅度较大，表明氮对穿心莲的生长有较大的影响。在施用氮磷钾的基础上增施有机肥，也能明显促进穿心莲的生长(处理7与处理2相比)。田间观察，配施钾磷或有机肥的穿心莲，植株叶色浓绿，生长旺盛健壮，抗病虫害能力明显提高。

表2 施肥对穿心莲生长的影响

处理	株高(厘米)		分枝(个/株)		鲜重(克/株)		干重(克/株)	
	宋集	牛庄	宋集	牛庄	宋集	牛庄	宋集	牛庄
1. N_{15} (CK)	46.4	39.8	8.2	10.3	39.0	48.0	28.0	22.5
2. $N_{15}K_{10}$	46.5	43.0	11.2	11.3	48.0	52.5	31.0	25.5
3. $N_{20}K_{10}$	51.8	43.7	9.4	10.8	65.0	59.0	35.0	27.5
4. $N_{20}K_{20}$	55.2	45.5	10.6	11.0	75.0	65.5	38.0	31.0
5. $N_{25}K_{20}$	54.0	47.5	10.8	11.6	80.0	74.5	40.0	32.3
6. $N_{25}K_{25}$	56.0	48.1	12.4	11.1	90.5	76.0	43.0	34.5
7. $N_{15}K_{10}+M$	48.0	43.1	11.4	11.1	50.5	61.0	33.0	27.5

2.2 平衡施肥对穿心莲产量和经济效益的影响

从表3可以看出，在施用氮肥的基础上增施磷钾肥或磷钾肥与有机肥配合能明显提高穿心莲的产量。与农民习惯的仅施氮肥 N_{15} 相比，增施钾磷肥的处理2，两地穿心莲产量分别增长16.9%和20.0%，增施钾磷肥及有机肥的处理产量相应提高26.0%和24.3%，增产效应均达1%的极显著水准。不同氮

钾配施对穿心莲产量也有明显的影响(表3),与对照 $N_{1.5}$ 相比分别增产32.3~49.2%和21.2~25.3%,平均增产39.1%和22.4%,增产效应极显著。表3还表明,适量增施氮肥对穿心莲的生长和产量的提高也有一定的促进作用,宋集和牛庄试验,处理3较处理2分别增产13.1%和1.0%,其中宋集试验增产效应达5%的显著水平。但是,过量施氮对穿心莲的生长也不利,在 $N_{2.0}$ 的基础上进一步加大氮肥施用量,穿心莲产量呈下降趋势,两地试验,处理5较处理4分别减产5.0%和3.2%,只是减产效应不显著。施用钾肥对穿心莲产量的影响与氮肥有所不同(表3),相同氮磷用量下增施钾肥的处理4、6较处理3、5产量均有所提高。在施用氮磷钾的基础上增施有机肥,也能明显提高穿心莲的产量,两地试验处理7较处理2相应增产7.7%和3.6%。

表3 施肥对穿心莲产量和经济效益的影响

地点	处理	穿心莲产量效应			施肥经济效益分析		
		产量 (公斤/亩)	增产 (公斤/亩)	增产率 (%)	产值 (元/亩)	增收 (元/亩)	施肥 产投比
宋集	1. $N_{1.5}$ (C K)	1452 d C	--	--	2043	--	--
	2. $N_{1.5} K_{1.0}$	1698 c B	246	16.9	2389	346	8.2
	3. $N_{2.0} K_{1.0}$	1921 b A B	469	32.3	2703	660	12.0
	4. $N_{2.0} K_{2.0}$	2046 a b A	594	40.9	2879	836	10.8
	5. $N_{2.5} K_{2.0}$	1944 b A	492	33.9	2735	692	7.7
	6. $N_{2.5} K_{2.5}$	2167 a A	715	49.2	3049	1006	8.9
	7. $N_{1.5} K_{1.0} + M$	1829 b c A B	377	26.0	2573	530	5.8
牛庄	1. $N_{1.5}$ (C K)	2242 b B	--	--	3154	--	--
	2. $N_{1.5} K_{1.0}$	2690 a A	448	20.0	3785	630	14.9
	3. $N_{2.0} K_{1.0}$	2718 a A	476	21.2	3824	670	12.1
	4. $N_{2.0} K_{2.0}$	2809 a A	567	25.3	3952	798	10.3
	5. $N_{2.5} K_{2.0}$	2719 a A	477	21.3	3826	671	7.4
	6. $N_{2.5} K_{2.5}$	2731 a A	489	21.8	3843	688	6.1
	7. $N_{1.5} K_{1.0} + M$	2788 a A	546	24.3	3923	768	8.3

· 同一列不同小写字母表示产量差异达0.05显著水平,大写字母表示差异达0.01极显著水平,LSO法。

· 干穿心莲按当地收购价3.00元/kg,肥料 $N=2.60$, $P_2O_5=3.33$, $K_2O=2.20$,芝麻饼=0.50元/kg计算

表3的结果说明,在施用氮肥的基础上配合施用钾磷肥或磷钾肥与有机肥配合,可以大幅度增加穿心莲的产值,农民种植穿心莲的经济收入明显提高。两地试验,与仅施氮的 $N_{1.5}$ 对照相比,增施不同比例的钾磷肥、氮钾肥或有机肥,经济收入提高346~1006元/亩和630~798元/亩,施肥产投比为5.8~12.0:1和6.1~14.9:1。在施用 $K_2O_{1.0}$ 公斤/亩的基础上进一步加大钾肥的施用量,经济收入增加缓慢,产投比降低,施钾的经济效益下降。增加氮肥施用量,施肥的收益也下降,产投比同样降低。说明合理施用氮钾肥是提高肥料施用效益的有效和重要途径。

2.3 施肥对穿心莲药效成份含量的影响

表4表明,在施用氮肥的基础上增施钾磷肥或磷钾肥与有机肥配合,穿心莲药效成份--穿心莲内酯、脱水内酯和总内酯含量均有所提高。与对照 $N_{1.5}$ 相比,各配施处理穿心莲内酯含量增加0.70~9.13克/公斤,相对提高2.8%~36.8%;总内酯含量增长0.71~9.04克/公斤,相应增加2.8%~35.2%。其中 $N_{2.5}K_{2.5}$ (处理6)的穿心莲内酯及总内酯含量均最高,较对照 $N_{1.5}$ 分别提高36.8%和35.2%; $N_{2.0}K_{1.0}$ (处理3)脱水内酯含量最高,较对照相对提高28.9%。施用有机肥的处理7,穿心莲内酯含量也大幅度提高,较 $N_{1.5}$ 和 $N_{1.5}K_{1.0}$ 处理分别提高31.2%和27.6%,增长极明显,表明增施有机肥可以大幅度提高穿心莲内酯含量。同一氮肥用量条件下,增加钾肥施用量,穿心莲内酯含量明显提高,但脱水内酯含量呈下降趋势。相同钾肥用量下,增加氮肥施用量,低氮条件下可以增加穿心莲内酯含量,但高氮用量下则有不利影响, $N_{2.0}K_{1.0}$ (处理3)较 $N_{1.5}K_{1.0}$ (处理2)的药效成份--穿心莲内酯、脱水内酯和总内酯含量均有所升高,但 $N_{2.5}K_{2.5}$ (处理5)较 $N_{2.0}K_{2.0}$ (处理4)的药效成份含量却明显降低(表4)。因此,生产上不宜过量施用氮肥,以免造成穿心莲药效成份--穿心莲内酯含量的急剧下降,影响其药用效果。合理施肥、氮磷钾及有机肥配合的平衡施肥才能有效提高药效成份含量。

表4 平衡施肥对穿心莲药效成份—穿心莲内酯含量的影响

处理	穿心莲内酯		脱水内酯		总计	
	含量 (克/公斤)	增减 (%)	含量 (克/公斤)	增减 (%)	含量 (克/公斤)	增减 (%)
1. $N_{1.5}$ (C K)	24.82	--	0.90	--	25.72	--
2. $N_{1.5}K_{1.0}$	25.52	2.8	0.91	1.1	26.43	2.8
3. $N_{2.0}K_{1.0}$	29.68	19.6	1.16	28.9	30.84	19.9
4. $N_{2.0}K_{2.0}$	33.03	33.1	0.82	-8.9	33.85	31.6
5. $N_{2.5}K_{2.0}$	31.57	27.2	0.75	-16.7	32.32	25.7
6. $N_{2.5}K_{2.5}$	33.95	36.8	0.81	-10.0	34.76	35.2
7. $N_{1.5}K_{1.0}+M$	32.56	31.2	0.49	-45.6	33.05	28.5

3 小结

在施用氮肥的基础上增施钾磷肥或有机肥,对穿心莲的生长有明显的促进作用,两地试验,不同氮磷钾及有机肥配施处理较仅施氮肥的对照增产16.9%~49.2%和20.0~25.3%,平均增产33.2%和22.3%。增施钾肥,穿心莲产量明显提高。适当增加氮肥施用量,对穿心莲的生长和产量的提高也有一定的促进作用。

平衡施肥各处理穿心莲内酯含量增加0.70~9.13克/公斤,相对提高2.8%~36.8%;总内酯含量增长0.71~9.04克/公斤,相应提高2.8%~35.2%。

增施钾磷肥或磷钾肥与有机肥配合可以大幅度提高穿心莲的产值,经济收入增加346~1006元/亩,施肥产投比为5.8~14.9:1。

参考文献:

- [1] 徐昭玺等. 中草药种植技术指南. 北京:中国农业出版社,2000:414~418.
- [2] 廖伟坤,李清华. 穿心莲的市场前景及栽培技术. 农村发展论丛,2001,(19):24.

平衡施肥对花生品质的影响

余常兵¹, 李志玉¹, 廖伯寿¹, 陈防², 胡小加¹, 廖星¹

(1. 中国农业科学院油料作物研究所, 武汉 430062;

2. 中国科学院武汉植物园, 武汉 430074)

摘要: 2006-2008 年在湖北省花生主产区安排田间试验, 研究了平衡施肥对油用花生品质的影响。结果表明, 与不施肥相比, 平衡施肥增加花生含油量, 降低蛋白质含量, 对高含油量品种影响更加明显; 平衡施肥增加了油酸/亚油酸比例, 改善了花生品质; 平衡施肥提高了单位面积的花生油产量。

关键词: 花生, 平衡施肥, 产量, 品质

花生是我国主要的油料作物和经济作物。花生仁品质的高低, 直接影响到其食用和油用产品的质量和经济效益。花生品种^[1]、栽培因素(包括播种时期^[2], 种植方式^[3]、收获时期^[4]、水分胁迫^[5]等)都会对花生产量和品质产生影响。

土壤养分供应水平也是影响花生品质的关键因素。研究表明, 不同土壤类型对花生品质的影响较大, 种植在壤土和砂土上的花生蛋白质含量高于粘土, 砂土上的油酸/亚油酸比最高, 粘土次之, 壤土最低^[6]。施肥能提高花生油酸、脂肪等含量^[7], 但不同肥料类型对花生脂肪等含量的影响不一样^[8]。施氮提高花生油酸含量, 使亚油酸含量降低, 脂肪含量明显增高^[8]。周录英等研究表明, 氮肥对增加蛋白质含量作用较大, 磷肥对提高蛋白质和脂肪含量效果明显, 钾肥主要提高可溶性糖含量, 施用氮、磷、钾肥可增加花生籽仁的赖氨酸、蛋氨酸和油酸、亚油酸含量, 提高油酸/亚油酸比值, 从而改善花生营养品质, 延长花生制品的货价寿命^[9]。施用硼、钙、锌、钼、硫等中微量元素, 也可以提高粗脂肪和粗蛋白含量^[10-12]。

对油用花生来说, 其品质尤为重要。因此, 施肥对油用花生粗脂肪含量和脂肪酸组成产生怎样的影响是主要研究问题之一。针对这一目标, 课题组在湖北省花生主产区布置田间试验, 研究了平衡施肥对不同含油量花生品种、不同肥料用量水平对花生产量和品质的影响, 为油用花生的高效养管理提供技术支持。

1 材料与方法

1.1 试验设计

2006-2007 年在油料所试验场(武汉)安排不同花生品种的平衡施肥试验, 供试花生品种为: 中花 4 号(小粒、高蛋白)、中花 6 号(小粒、抗青枯病)、中花 8 号(大粒、高油)、R 1549(小粒、高油)、远杂 9102(小粒、抗青枯病、高油)。每个品种设置为 O P T 和 C K 两个处理, 裂区设计, 主区为施肥水平, 副区为花生品种。单个小区面积 20 m², 重复 4 次, 共 40 个小区, 随机排列。O P T 处理肥料用量为 N 7.5 公斤/亩、P₂O₅ 8 公斤/亩、K₂O 8 公斤/亩、硼砂 0.6 公斤/亩, C K 为完全不施肥。

2008 年在红安(品种为 H-183)和襄樊(品种为白沙 101)两个试验点安排不同磷钾施用水平田间试验, 设 P₉K₉ (P₂O₅ 和 K₂O, 公斤/亩, 下同)、P₆K₉、P₃K₉、P₉K₆、P₉K₃ 和 C K 共 6 个处理,

小区面积为 13.3 m^2 ，随机区组，重复3次。CK完全不施肥，其它处理加施 $\text{N } 8$ 公斤/亩，硼砂 0.6 公斤/亩。

试验所用肥料及含量为： N （尿素，46%）， P_2O_5 （过磷酸钙，12%）， K_2O （氯化钾，60%），B，（硼砂，10.7%）。开沟条施，氮肥一半基施，一半在初花期追施，其它肥料均作基肥一次施用。

1.2 数据采集与样品分析

试验前取基础土壤样品，采用AS1法^[13]测定养分含量，结果见表1。在花生完全成熟后全小区收获，风干后称重转换为每公顷花生仁产量，各小区取部分有代表性花生仁样品测定蛋白质和含油量，对06年不同花生品种平衡施肥试验还测定脂肪酸组成，所有样品测定在农业部（湖北省）油料及制品质量监督检验测试中心进行。

表1 试验地土壤养分理化性状

年份	试验地点	pH	有机质(%)	速效氮	速效磷	速效钾	有效硼	有效钙
				毫克/升				
2006	武汉	7.7	1.10	16.3	23.9	113.4	0.70	2406.8
2007	武汉	8.2	0.9	10.0	38.4	72.8	0.12	1700.0
2008	红安	4.5	0.77	26.0	5.9	55.8	0.26	1010.7
2008	襄樊	8.3	0.64	23.4	12.9	41.9	0.22	1924.8

2 结果与分析

2.1 平衡施肥对不同花生品种品质的影响

两年结果表明（表2），平衡施肥都增加了花生的含油量，其中中花8号和中花6号含油量增加更加明显。所有品种06年的含油量都高于07年。

表2 平衡施肥对不同花生品种含油量的影响

品种	处理	2006年			2007年		
		含油量(%)	比CK	增减(%)	含油量(%)	比CK	增减(%)
中花4号	OPT	54.2		3.0	52.6		4.3
	CK	52.5		--	50.4		--
中花6号	OPT	55.2		5.8	53.5		5.5
	CK	52.1		--	50.7		--
中花8号	OPT	59.4		5.1	56.4		4.8
	CK	56.5		--	53.8		--
R1549	OPT	56.9		1.5	56.8		1.1
	CK	56.0		--	56.2		--
远杂9102	OPT	58.4		2.1	55.5		3.6
	CK	57.2		--	53.6		--

与含油量相比,平衡施肥降低了各品种的蛋白质含量(表 3),其中中花 6 号、中花 8 号和远杂 9102 降低幅度更加明显,且 06 年降幅大于 07 年。

表 3 平衡施肥对不同花生品种蛋白质含量的影响

品种	处理	2006 年		2007 年	
		蛋白质含量(%)	比 C K 增减(%)	蛋白质含量(%)	比 C K 增减(%)
中花 4 号	O P T	27.0	-5.2	28.0	-4.5
	C K	28.5	--	29.3	--
中花 6 号	O P T	24.8	-12.3	25.7	-6.9
	C K	28.2	--	27.6	--
中花 8 号	O P T	22.9	-14.4	24.6	-3.8
	C K	26.7	--	25.6	--
R 1549	O P T	24.4	-5.8	24.7	-4.5
	C K	25.9	--	25.8	--
远杂 9102	O P T	20.5	-11.5	22.7	-10.7
	C K	23.1	--	25.5	--

对 2008 年不同施肥处理的含油量和蛋白质含量结果进行平均(表 4),结果表明施肥有提高花生含油量,降低花生蛋白质含量的趋势,但与不施肥相比二者差异不明显。

表 4 不同施肥水平对花生含油量和蛋白质含量的影响(2008 年)

处理(公斤/亩)	含油量(%)		蛋白质含量(%)	
	红安	襄樊	红安	襄樊
P 9 K 9	50.3 (1.00%)	53.0 (0.25%)	26.7 (-0.11%)	24.4 (-0.08%)
P 6 K 9	49.5 (-0.60%)	53.3 (0.76%)	26.6 (-0.37%)	24.2 (-0.57%)
P 3 K 9	49.9 (0.26%)	52.5 (-0.64%)	26.1 (-2.13%)	24.2 (-0.78%)
P 9 K 6	49.4 (-0.86%)	53.2 (0.66%)	26.6 (-0.26%)	24.0 (-1.60%)
P 9 K 3	50.1 (0.66%)	53.2 (0.66%)	26.7 (0.11%)	24.0 (-1.44%)
施肥平均	49.9 (0.10%)	53.1 (0.34%)	26.6 (-0.56%)	24.2 (-0.90%)
C K	49.8	52.9	26.7	24.4

注:括号内数值为各施肥处理相对 C K 的变化。

脂肪酸组成分析表明(表 5),平衡施肥增加了油酸的含量,降低了亚油酸的含量,使油酸/亚油酸比例增加,花生油品质明显改善。其它脂肪酸组成所占比例较低,平衡施肥后变化趋势不明显。

表5 平衡施肥对不同花生品种脂肪酸组成的影响

品种	处理	棕榈酸	硬脂酸	油酸	亚油酸	花生酸	花生-烯酸	山嵛酸	二十四 碳烷酸	油酸/ 亚油酸
		(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
中花4号	O P T	12.0	3.0	41.3	38.2	1.3	0.8	2.1	1.1	1.08
	C K	12.4	2.9	39.4	39.6	1.3	0.8	2.2	1.3	1.00
中花6号	O P T	11.7	3.7	44.3	34.1	1.6	0.8	2.4	1.2	1.30
	C K	12.4	3.3	40.9	37.4	1.5	0.7	2.4	1.2	1.09
中花8号	O P T	10.9	4.6	43.9	34.5	1.9	0.7	2.3	1.1	1.27
	C K	10.2	4.4	43.8	34.6	2.0	0.7	2.7	1.5	1.27
R 1549	O P T	11.9	3.1	40.5	38.0	1.5	0.9	2.5	1.3	1.07
	C K	11.9	3.3	39.8	38.2	1.6	0.9	2.7	1.4	1.04
远杂9102	O P T	13.6	4.7	40.4	36.0	1.6	0.6	2.1	0.9	1.12
	C K	13.4	4.7	39.7	36.7	1.7	0.6	2.2	0.9	1.08

2.2 平衡施肥对不同花生品种油产量的影响

平衡施肥显著增加花生的产油量(表6)。两年结果表明,与不施肥相比,平衡施肥使所有品种的产油量都显著增加,以中花4号和远杂9102增加更明显,R1549增加幅度最低。

表6 平衡施肥对不同花生品种油产量的影响

品种	处理	2006年		2007年	
		油产量(公斤/亩)	比C K 增减(%)	油产量(公斤/亩)	比C K 增减(%)
中花4号	O P T	147.0	26.0	178.2	17.8
	C K	116.7	--	151.4	--
中花6号	O P T	127.5	19.4	160.2	13.2
	C K	106.8	--	141.5	--
中花8号	O P T	196.8	18.8	186.7	17.4
	C K	165.8	--	159.1	--
R 1549	O P T	183.2	8.9	220.9	5.2
	C K	168.1	--	209.9	--
远杂9102	O P T	174.2	29.3	177.6	17.5
	C K	134.8	--	151.1	--

3 结论

平衡施肥提高了花生含油量,降低了蛋白质含量,说明平衡施肥更能够发挥油用花生的品种特性。平衡施肥对高油花生品种含油量的增加较明显,对低含油量品种的影响较小。同时,平衡施肥增加了油酸含量,降低了亚油酸含量,提高了油酸/亚油酸比值,改善了花生油品质。

平衡施肥增加了花生油产量,最高可达29.3%,不同品种之间差异明显。

参考文献:

- [1] 邱庆树, 李正超, 苗华荣, 等. 影响花生籽仁品质的几个因素[J]. 作物杂志, 1998, 2: 39.
- [2] 张林, 王振学, 史红志. 春种花生适期晚播对花生产量及品质的影响[J]. 现代农业科技, 2008, 22: 150, 152.
- [3] 刘燕群. 地膜覆盖对花生产量和品质的影响[D]. 广州: 华南农业大学. 2006.
- [4] 李正超, 邱庆树, 苗华荣, 等. 收获期对出口花生品种的产量和品质影响的研究[J]. 花生科技, 1997, 3: 9-12.
- [5] 汤笑. 水氮及其互作对花生生理特性和产量品质的影响[D]. 泰安: 山东农业大学. 2007.
- [6] 苗华荣. 土壤类型和肥料对山东省花生主栽品种主要品质性状和产量的影响[D]. 北京: 中国农业大学. 2006.
- [7] 初长江, 万书波, 刘云峰, 等. 施肥对夏播花生营养特性及品质的影响[J]. 花生学报, 2008, 37(1): 37-41.
- [8] 孙虎. 施氮量对花生产量和品质的影响及其生理基础[D]. 青岛: 青岛农业大学. 2007.
- [9] 周录英, 李向东, 汤笑, 等. 氮、磷、钾肥不同用量对花生生理特性及产量品质的影响[J]. 应用生态学报, 2007, 18(11): 2468-2474.
- [10] 甄志高, 段莹, 吴峰, 等. Zn、B、Mo、Ca 肥对花生产量和品质的影响[J]. 土壤肥料, 2005, 3: 48-50.
- [11] 林爱惜, 甘盛锋, 翁清忠, 等. 不同钙肥用量对花生产量和品质的影响[J]. 福建农业科技, 2007, 5: 69-71.
- [12] 孙秀山, 成波, 郑亚萍, 等. S, Zn 对小麦花生产量及品质的影响研究[J]. 莱阳农学院学报, 2000, 17(1): 20-22.
- [13] 加拿大钾磷肥研究所北京办事处. 土壤养分状况系统研究法[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1992.

不同施氮量对超高产冬小麦产量和氮素营养状况的影响

张许, 王宜伦, 谭金芳, 韩燕来

(河南农业大学资源与环境学院, 郑州 450002)

摘要: 在大田条件下研究了不同施氮量对冬小麦产量、叶片及冠层氮素营养状况和氮肥利用率的影响。结果表明: 超高产田施氮具有明显增产作用, 冬小麦籽粒产量和氮肥当季利用率均随施氮量的增加呈先增加后降低趋势, 以每亩施纯氮12公斤产量最高, 达到692.0公斤/亩, 氮肥当季利用率为56.7%。冬小麦叶片SPAD值及冠层NDVI值随施氮量的增加而增加, 每亩施氮量超过12公斤后趋于一致。本试验条件下, 施氮16公斤/亩处理各生育期冬小麦叶片SPAD值、冠层NDVI值, 可以用来评价冬小麦叶片、植株地上部的氮素供应状况。

关键词: 施氮量, 冬小麦, 产量, 超高产, SPAD值, NDVI值, 氮肥利用率

冬小麦是河南省主产粮食作物之一, 近些年来, 随着小麦新品种的选育、栽培技术的提高以及化肥的大量投入, 河南省冬小麦平均产量及总产量均明显增加, 出现了大面积超高产田。2009年6月7日, 国家粮食丰产科技工程鹤壁市丰产高效试验区小麦经专家组实打验收, 实现了小麦万亩方平均亩产690.6公斤的全国最高产量新纪录, 及百亩攻关田平均亩产751.9公斤的新纪录。但调查结果显示, 该区域冬小麦生产中氮肥投入量过大, 46.6%的农户小麦施氮量超过20公斤/亩^[1]。氮肥用量过大, 已成为当地氮肥损失大、利用率低, 农业经济效益低的重要问题。研究超高产田冬小麦的氮肥合理施用技术, 对降低氮肥损失、提高氮肥利用率和促进农民增收具有重要意义。本试验在河南省鹤壁市超高产万亩示范区, 研究了氮肥用量对冬小麦产量、经济效益、氮肥利用率及氮素营养状况的影响, 以期当地超高产冬小麦合理施肥提供科学依据。

1 材料与方 法

1.1 供试土壤基本理化性状

试验于2008年10月-2009年6月在鹤壁市淇滨区矩桥镇姜庄完成。土壤类型为潮土, 质地为粘壤。前茬作物为夏玉米, 玉米收获后秸秆全部粉碎深翻入土。播前采集0-20cm土壤样品送中国农业科学院区划所中一加合作土壤植物样品分析实验室分析, 土壤养分状况见表1。

表1 试验地土壤养分基本状况

地点	实验室 编号	pH	OM %	毫克/升								
				NH ₄ ⁺	P	K	S	Fe	Cu	Mn	Zn	B
姜庄村	BHPJR107	8.2	0.73	11.4	36.3	100.9	5.9	29.4	3.3	4.4	4.9	0.7

基金项目: 中国-国际植物营养研究所(IPNI)合作项目。

作者简介: 张许, 男, 1986年出生, 河南内乡人, 在读硕士生, 从事植物营养与施肥研究。E-mail:

zhangxu20043405@126.com

1.2 试验设计

试验设 6 个处理, 4 次重复。小区面积 30 平方米, 随机区组排列。试验处理见表 2。

表 2 各试验处理施肥量

处理	N (公斤/亩)	P ₂ O ₅ (公斤/亩)	K ₂ O (公斤/亩)
1-N 1	0	6	6
2-N 2	4	6	6
3-N 3	8	6	6
4-N 4	12	6	6
5-N 5	16	6	6
6-N 6	20	6	6

供试氮肥为尿素 (46%), 磷肥为过磷酸钙 (16%), 钾肥为氯化钾 (60%)。氮肥分三次在播前、返青期和拔节期各施 1/3, 磷肥全部在播前作基肥施用, 钾肥分两次在播前和拔节期各施 1/2。

供试冬小麦品种为衡观 35, 播种量为 12 公斤/亩。试验于 2008 年 10 月 18 日播种, 于 2009 年 6 月 5 日收获。田间管理采用超高产管理技术, 及时防治病虫害。

1.3 样品的采集与测定

在苗期、越冬期、返青期、拔节期、开花期、灌浆期用叶绿素计测定小麦叶片的 SPAD 值, 测定叶片挑旗前为最新完全展开叶, 挑旗后为旗叶; 在返青期、拔节期、孕穗期、开花期、灌浆期用美国产 Green-seeker 测定小麦的 NDVI 值 (植物冠层归一化指数)。

收获各小区籽粒和秸秆, 烘干、粉碎, 用浓 H₂SO₄-H₂O₂ 消煮, 凯氏定氮法测氮。

1.4 数据处理方法

采用 Excel 和 DPS 软件进行数据处理和统计分析。

2 结果与分析

2.1 施氮对冬小麦产量和经济效益的影响

由表 3 可以看出, 施用氮肥对超高产冬小麦具有显著增产作用, 增产幅度为 5.3% - 21.7%, 冬小麦的产量随着施氮量的增加呈先增加后降低趋势, N₄ 处理产量最高, 为 692.0 公斤/亩, 增产 123.6 公斤/亩, 且与其他处理均达 5% 显著水平。每公斤氮肥可增产小麦 3.2 - 11.4 公斤。从经济效益来看, 随施氮量的增加, 利润呈先增加后降低趋势。N₄ 处理利润最高, 为 1080.6 元/亩, N₆ 处理利润最低为 922.6 元/亩, 其利润低于不施氮处理 (N₁)。综合产量、经济效益及单位氮肥增产作用来看, N₄ 处理优于其他处理, 其产量最高、利润最高、单位氮肥对小麦的增产量也较高。

表3 不同处理冬小麦的产量及经济效益

处理	产量 (公斤/亩)	增产 (公斤/亩)	增产率 (%)	施肥成本 (元/亩)	利润 (元/亩)
N1	568.4 e	-	-	87	939
N2	598.5 d	30.1	5.3	113	964
N3	659.5 b	91.1	16.0	139	1048
N4	692.0 a	123.6	21.7	165	1080
N5	667.0 b	98.6	17.3	191	1009
N6	633.1 c	64.7	11.4	217	922

注：价格(元/公斤) N6.5、P₂O₅6.5、K₂O8.0、小麦1.8。

2.2 施氮对冬小麦叶片SPAD值的影响

叶片SPAD值是衡量叶片叶绿素含量的重要指标，能够反映叶片的氮素营养状况。由图1可以看出，冬小麦叶片的SPAD值在苗期至返青期随着生育期的延长而增加，拔节期有所降低，拔节期至开花期又明显增加，开花期后又逐渐下降。在冬小麦各生育期内，随着施氮量的增加，冬小麦叶片的SPAD值逐渐增加，但增加幅度因生育期不同而变化。与N₁处理相比，在苗期、越冬期、返青期、拔节期、开花期、灌浆期，N₆处理冬小麦叶片的SPAD值分别提高2.9、3.3、5.5、1.3、4.5、4.3。各生育期内，N₆处理与N₅处理冬小麦叶片的SPAD值间差异不显著，但与其他处理间差异均达5%显著水平(拔节期除外)，这可能因为随着施氮水平的提高，冬小麦叶片的SPAD值逐渐增加，当施氮水平达到一定程度后，继续提高施氮水平，叶片颜色变化已不明显。从各生育期不同施氮处理冬小麦叶片SPAD值差异情况来看，N₅处理冬小麦叶片的SPAD值可以作为评价冬小麦叶片氮素供应充足与否的参考值。

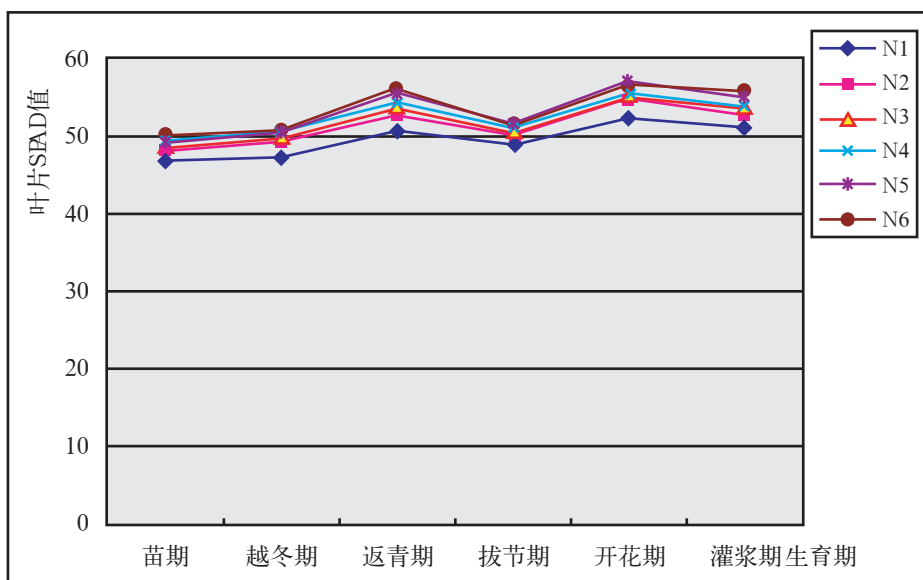


图1 不同处理冬小麦叶片SPAD值动态变化

2.3 施氮对冬小麦 NDVI 值的影响

NDVI 值是利用光谱特征衡量植物冠层氮素营养状况的重要指标^[7],能够反映植物地上部氮素的营养状况。由图 2 可以看出,返青期后,冬小麦冠层的 NDVI 值随着生育期的延长而增加,在孕穗期达到最大值。在各生育期内,冬小麦冠层 NDVI 值随着氮肥用量的增加而增加,增加幅度因生育期不同而存在差异。与 N₁ 处理相比,在返青期、拔节期、孕穗期、开花期、灌浆期, N₆ 处理冬小麦冠层的 NDVI 值分别提高 27.2%、9.8%、2.2%、3.0%、3.1%。在返青期、孕穗期, N₆ 处理与 N₅ 处理冬小麦冠层的 NDVI 值间差异不显著,但与其他处理间差异均达 5% 显著水平。在拔节期, N₆ 处理与 N₅、N₄ 处理冬小麦冠层的 NDVI 值间差异不显著,与其他处理间差异达 5% 显著水平。在开花期、灌浆期,除 N₂ 处理外, N₆ 处理与其他施氮处理冬小麦冠层的 NDVI 值间差异均不显著。从各生育期施氮处理冬小麦冠层的 NDVI 值变化情况来看, N₅ 处理冬小麦冠层的 NDVI 值可以用来评价冬小麦植株氮素供应状况。

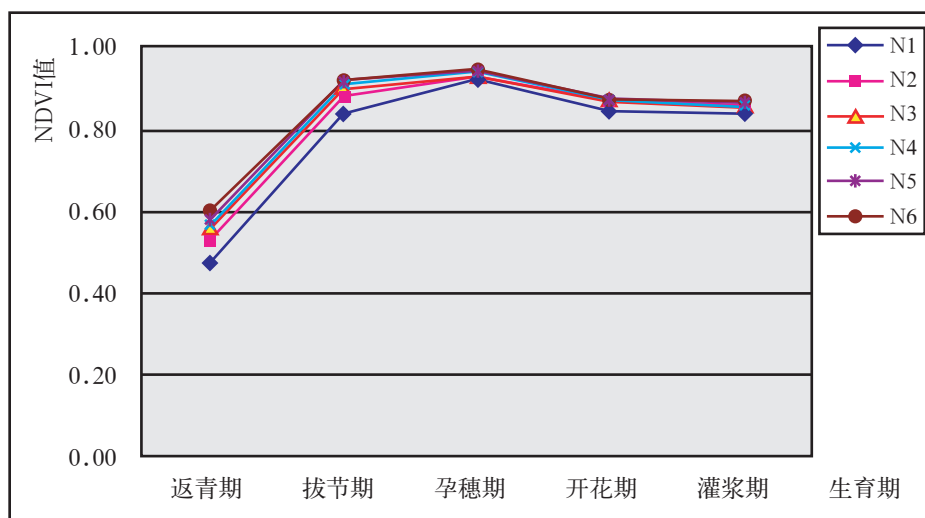


图 2 不同生育期各处理冬小麦 NDVI 值变化规律

2.4 不同处理对冬小麦氮肥利用率的影响

由表 4 可以看出,随着施氮量的增加,冬小麦氮肥利用率呈先增加后降低趋势。N₄ 处理的氮肥利用率最高,为 56.7%, N₆ 处理的氮肥利用率最低,为 19.5%。N₄ 处理冬小麦的氮肥利用率分别比 N₂ 处理和 N₃ 处理高 24.2 个百分点和 8.1 个百分点,比 N₅ 处理和 N₆ 处理高 7.3 个百分点和 37.3 个百分点。可见,在超高产田,小麦季适量施用氮肥,氮肥的利用率较高,但过量施用氮肥,氮肥的利用率明显降低。

表4 不同处理冬小麦的氮肥利用率

处理	籽粒氮积累量 (公斤/亩)	秸秆氮积累量 (公斤/亩)	氮总积累量 (公斤/亩)	氮的利用率 (%)
N 1	10.7	3.8	14.5	-
N 2	11.6	4.2	15.8	32.5
N 3	13.3	5.1	18.4	48.8
N 4	15.2	6.1	21.3	56.7
N 5	15.4	6.9	22.4	49.4
N 6	12.4	6.0	18.4	19.5

注：氮肥利用率 (%) = (施氮处理吸氮量 - 不施氮处理吸氮量) / 施氮量 × 100

3 小结与讨论

施氮对超高产冬小麦具有明显增产作用，随着氮肥用量的增加，冬小麦籽粒产量、经济效益和氮肥当季利用率均呈先增加后降低的趋势。在各生育期内，冬小麦叶片SPAD值和冠层NDVI值均随着施氮量的增加而逐渐增加，单位氮肥的正效应逐渐降低。

关于冬小麦叶片SPAD值随生育期的变化规律，前人研究结果表明，冬小麦叶片SPAD值随着生育期的延长而增加，在开花期前后达到最大值，开花后，冬小麦叶片SPAD值随着叶片的衰老而降低。本研究结果表明，拔节期冬小麦叶片的SPAD值明显低于返青期和开花期冬小麦叶片SPAD值，这可能与该生育期试验区阴雨天气较多，光照不足，影响小麦对氮素的吸收和运转有关。

叶片SPAD值和植物冠层NDVI值是植物氮素营养诊断—无损诊断中的常用指标，前人研究认为，关键生育期叶片SPAD值和冠层NDVI值可以用于指导小麦、玉米等作物的追施氮肥用量的推荐与评价，本研究也表明返青期、拔节期、开花期小麦叶片SPAD值和冠层NDVI值可以用于指导冬小麦返青期、拔节期追施氮肥量的计算。由于叶片SPAD值以受到磷素营养、气候条件、作物品种等因素影响，冠层NDVI值是选用氮素的特征吸收波长对植物冠层氮素营养状况进行评估，本研究认为在计算拔节期追施氮肥量时，冠层NDVI值效果优于叶片SPAD值。

本试验条件下，N₅处理（施氮16公斤/亩）冬小麦叶片的SPAD值和冠层NDVI值可以作为衡量冬小麦氮素供应充足与否的参考标准。但其实际应用效果，有待进一步研究。

参考文献：

- [1] 叶优良, 王桂良, 黄玉芳, 等. 豫北高产灌区小麦生产与肥料施用状况研究[J]. 河南农业科学, 2008, 1: 53-57.
- [2] 林琪, 侯立白, 韩伟, 等. 不同肥力土壤下施氮量对小麦子粒产量和品质的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2004, 10(6):561-567.
- [3] 蒋阿宁, 黄文江, 刘克礼. 利用叶绿素计进行冬小麦变量施肥及其效应研究[J]. 植物营养与肥料学报, 2007, 13(6):1092-1097.
- [4] 贾良良, 陈新平, 张福锁. 叶绿素仪与植株硝酸盐浓度测试对冬小麦氮营养诊断准确性的比较研究[J]. 华北农学报, 2007, 22(6):157-160.
- [5] 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.

[6] 张俊华, 张佳宝. 不同生育期冬小麦光谱特征对叶绿素和氮素的响应研究[J]. 土壤通报, 2008, 39(3):586-592.

[7] 李立平, 张佳宝, 刑维芹. 手持式植物冠层光谱测定仪在黄淮海平原地区冬小麦氮肥精准管理中应用的初步研究[J]. 麦类作物学报, 2006, 26(4):85-92.

[8] 宋文冲, 胡春胜, 程一松, 等. 作物氮素营养诊断方法研究进展[J]. 土壤通报, 2006, 37(2):369-371.

[9] 于亮, 陆莉. 冬小麦氮素营养诊断的研究进展[J]. 安徽农业科学, 2007, 35(10):2861-2863.

[10] 刘宏斌, 张云贵, 李志宏, 等. 光谱技术在冬小麦氮素营养诊断中的应用研究[J]. 中国农业科学, 2004, 37(11):1743-1748.

[11] 李志宏, 刘宏斌, 张福锁. 应用叶绿素仪诊断冬小麦氮营养状况的研究[J]. 植物营养与肥料学报, 2003, 9(4):401-405.

肥料在世界粮食增长中的作用

T. L. Roberts 著

原文译自 BETTER CROPS WITH PLANT FOOD 2009年 第2期 P12-15

(国际植物营养研究所成都代表处 谢玲译 涂仕华校)

根据联合国(UN)的数据,预计到2050年全球人口数量将从目前的67亿增长到92亿。千年项目及未来展望报告(2008)指出,到2013年全球粮食生产必须增加50%并在30年内翻番,才能解决目前所面临的粮食危机。这些增加的粮食生产必须从日趋减少的耕地上获得,唯一的途径只能是集约化生产。然而,集约化生产必须通过生态集约化,采用环境安全的方式。生态集约化的目标是在对环境影响最小或无负面影响的情况下,增加单位土地面积的产量,达到该农业系统“可获得的最高产量”。

如果没有生物技术和遗传学的不断发展,也没有肥料,世界将不会实现其粮食生产目标。化肥对世界粮食生产的贡献达40%-60%。我们的责任就是开发和利用肥料高效施用的管理措施。这篇文章阐述了化肥在全球粮食生产中的作用,以及保证达到农业生产和环境目标的相关肥料最佳管理措施(BMPS)。

2008年初,全世界把焦点都放在粮食危机上。当时水稻、小麦和玉米的价格翻倍引起了贫穷国家的粮食骚乱,并使一些国家限制粮食出口。粮食危机导致了联合国粮农组织(FAO)在罗马召开了“世界粮食安全高层会议”,185个国家的政府和组织一起讨论了因气候变化、生物能源和粮食价格引起的世界粮食安全所带来的挑战。到了夏天,随着粮价降低以及金融危机的来临,全球关注的焦点也从粮食安全转移到信贷方面。然而,粮食危机从未平息,只是由它引起的紧迫感已被全球经济衰退所取代。

2007年全球营养不良的人口数量预估达到了9.23亿,大大高于世界粮食峰会1990-1992年和2003-2005年制定的基数,即8.42亿和8.48亿(FAO,2008a)。大约98%的长期饥饿人口在发展中国家。整个世界都在努力实现跨千年发展目标-即到2015年使饥饿人口减少一半。营养不良人口比例呈持续稳定的下降趋势,分别为1990-1992年的20%和2003-2005年的16%,但是到2007年末这种趋势发生了逆转,我们改善饥饿的工作未能持续进展。

世界粮农组织预计有37个国家正面临粮食危机。2008跨千年项目及未来展望报告将粮食危机归咎于发展中国家对粮食增长的需求、高油价、生物燃料、高化肥价、全球谷物储备量低以及市场的投机买卖(Glenn et al. 2008)。粮食安全是人类所面临的一项巨大挑战之一。在人口数量会从目前的67亿增长到2050年92亿的情况下,2008未来展望报告建议到2013年粮食生产必须增长50%并在30年内翻番。尽管报告的作者们认识到满足全世界人口的粮食需求的关键长期战略是改善雨养农业和灌溉管理、高产作物的基因工程、精准农业、抗干旱作物和新农业方式所需的一些其他因素,但是他们几乎忽略了化肥的作用。

许多人认为植物生物技术是生产更多粮食的关键。基因和生物技术产业向我们保证他们可以增加粮食产量,承诺每年可提高作物遗传产量潜力3%-4%(Fixen, 2007; Jepsen, 2008)。世界最大的种子公司孟山都(Monsanto)承诺将在2030年以前开发出玉米、大豆和棉花的新品种,这些品种可使每英亩谷物和纤维产量翻倍,同时仅需使用2/3的灌溉水(Monsanto, 2008)。我们要满足全球的粮食需求,的确需要这类技术的进步。然而,历史告诉我们仅凭基因技术的提高不可能解决全世界的粮食短缺。比如,Cassman和Liska(2007)指出美国40年来玉米的产量一直呈直线上升,与目前9.2 t/ha产量相

比, 平均每年递增 1.12 kg/ha 或 1.2% 。这个 1.2% 的年增长率来源于杂交品种的采用, 灌溉面积的扩大, 保护性耕作, 土壤测试和平衡施肥, 还有使用转基因抗虫“Bt”玉米品种。如果基因产业可以实现他们提高产量的承诺, 如果基因潜力可转化成更多的产量, 养分消费也会明显增加。展望未来 2020 年, Fixen (2007) 估计要使美国玉米产量每年增长 3% , 与 2004-2006 年化肥平均施用量相比, 氮、磷、钾肥料将需要分别增加 18% 、 21% 和 13% 。

未来粮食生产的增加必须从日趋减少的耕地上获得, 唯一的途径只能是集约化生产。并且必须通过生态集约化, 采用环境安全的方式。生态集约化的目标是增加单位面积土地上的产量, 即要集约化生产又要符合环境质量标准 (Cassman, 1999)。

全球化肥状况

粮食供应、通货膨胀和化肥价格成为 2008 年初的头条新闻。媒体的如此关注使得政治家们和普通大众比以往任何时候更关心化肥产业。20 世纪 60 年代至 80 年代中期全球化肥消费持续稳定增加, 然后下降, 直到 90 年代中期开始重新回升 (图 1)。自 2001 年以来, N、 P_2O_5 和 K_2O 的用量分别增加了 13% 、 10% 和 13% 。全球谷物生产和化肥消费密切相关 (图 2)。

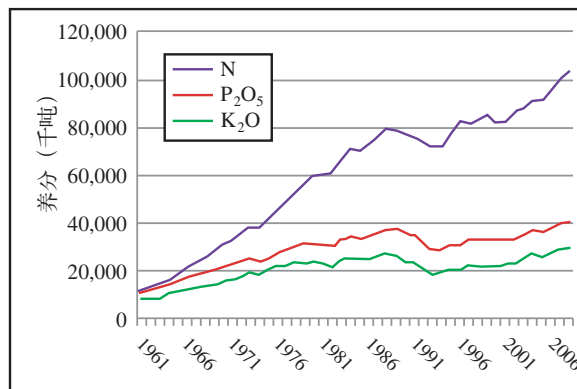


图 1 全球 N、 P_2O_5 和 K_2O 消费量 (IFA 统计 2007 年)。

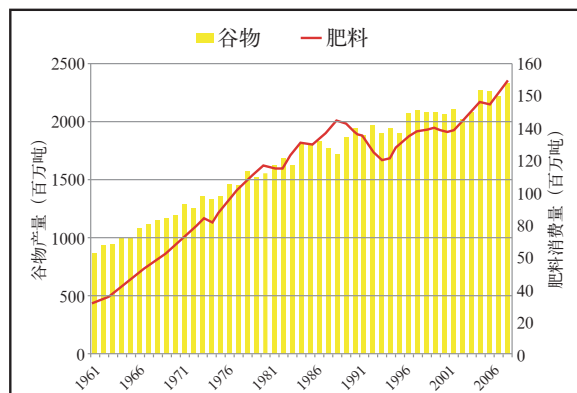


图 2 1961~2007 年全球谷类粮食生产和化肥生产情况 (IFA 统计 2007 年; FAOSTAT 2008 年)。

化肥是受全球市场供需和波动影响的商品。去年我们见证了前所未有的肥料需求和创纪录的价格(图 3)。从 2000 年至 2006 年世界化肥价格一直保持相对稳定,但是从 2007 年起开始逐渐上涨,在 2008 年的 9 月和 10 月到达顶峰,11 月开始下降。化肥价格戏剧性的上涨源自多方面的原因(TFI, 2008; IFA, 2008),其中全球对化肥的需求增加和供应不足是驱使价格升高的主要原因。其他原因还包括:乙醇生产增加、运输费用提高、美元贬值、作物商品价格高和一些国家限制肥料出口。

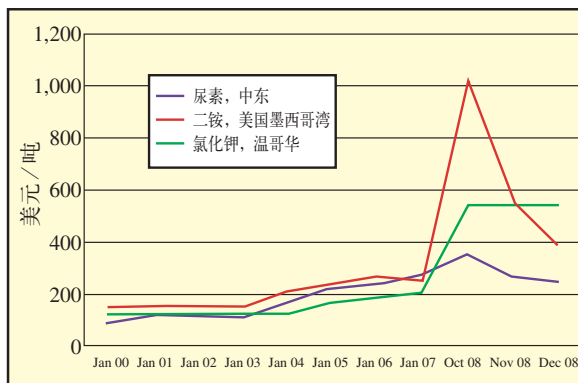


图 3 2000 年 1 月至 2008 年 11 月全球化肥的月平均价格(Pike & Fischer, Green Markets)。

尽管近来化肥市场变化无常,未来对肥料的需求仍很旺盛。许多发展中国家稳定的经济增长使他們有更多的钱来改变营养状况,人们的饮食正从低蛋白、淀粉为主的食物转向更多动物蛋白食品。发展中国家在肉类消费方面仍落后于发达国家,但是人们正朝消费更多肉品食物方向努力。1995 年以来,发展中国家肉类消费以每年 16% 的速度递增,中国几乎达到了年增长率 40%。对肉类蛋白日益增长的需求意味着对饲料粮的需求会大大增加。从 1995 年至 2020 年对饲料粮的需求预计会翻倍至 4.45 亿吨,谷物粮食消费预计会增加 40% 达到 10.13 亿吨 (Pinstrup-Andersen et al., 1999)。下个世纪全球乙醇和生物柴油的生产将持续增长 (FAO, 2008)。尽管 2008 年全球谷物大丰收,但其储备一直呈下降趋势并将继续减少。中国、印度和巴西的水稻、玉米和大豆的产量继续低于美国,但增产潜力巨大,可通过改良基因、提高养分管理、提高水利用效率和其它最佳管理措施来实现。

2008 年 5 月,国际化肥工业协会(IFA)预报了在未来 5 年内化肥的总需求量会以每年平均 3.1% 的增长率递增(表 1)。但是,化肥工业未能从 2008 年后期的全球金融危机中幸免于难,其结果是 2008 年下半年化肥消费下降了。

表 1 2012-2013 年全球化肥消费量中期预报

	消费量 (万吨)			总量
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
2005-2006 至 2007-2008 年平均估算	9 580	3 860	2 760	1 6 2 1 0
2012-2013 年预计	1 1 5 6 0	4 5 7 0	3 3 0 0	1 9 4 3 0
H e f f e r , 2 0 0 8 a				

年末, 国际化肥工业协会(IFA)下调了 2008/09 季短期化肥需求预报(表 2)。与 2007-2008 年相比, N 肥使用会稍稍增加 0.5%, 而 P 和 K 肥的使用预计会分别降低 4.6% 和 8.3%。但全球化肥消费量预计会在 2009/10 年度复苏, 与 2007/08 年相比每种养分至少会增加 3%。

表 2 2009-2010 年全球化肥消费量短期预报

	消费量 (万吨)			总量
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
2007-2008 估算	10 050	3 930	2 890	16 870
2008-2009 预计	10 110	3 750	2 650	16 500
2009-2010 预计	10 450	3 880	2 750	17 090

H e f f e r , 2 0 0 8 b

化肥对谷物生产的贡献

化肥对维持全球作物的现有生产水平必不可少, 而且对今后产量的持续高产则更为重要。在许多国家, 施肥量偏低和施用不平衡既限制了产量潜能也对作物品质产生负面影响。即使生物技术产业能实现他们的承诺, 通过基因改良提高产量和养分吸收效率, 施肥在避免土壤养分耗竭和维持土壤肥力方面仍至关重要。我们很难准确界定有多少作物产量取决于化肥, 因为土壤本身的肥力、气候、轮作制度、管理和作物本身都会影响作物产量。一些作物(如大豆)对施氮反应不明显, 对养分需求反应也不同。尽管这样, 已有一些有意义的研究评价了化肥对作物产量的贡献。人们应用缺素处理试验和长期试验, 与无肥对照相比较得到施肥对产量的贡献。Stewart et al. (2005) 查阅了 362 季作物生产数据, 指出至少 30%-50% 的作物产量归功于化肥的使用。在这里可以引用一些例子。表 3 例举的是美国几种谷类作物对缺 N 处理的反应。在缺 N 情况下, 作物平均产量降低, 玉米降 41%、水稻 37%、大麦 19% 和小麦 16%。缺 N 对大豆和碗豆(都为豆科作物)的产量无任何影响(数据未列出)。如果作者们做了缺 P 和缺 K 的试验, 减产情况会更明显。

表 3 无氮处理对美国谷物产量影响的估算

作物	估算的作物产量 吨/公顷		无氮处理产量减少%
	基础产量	无氮肥	
玉米	7.65	4.52	41
水稻	6.16	4.48	27
大麦	2.53	2.04	19
小麦	2.15	1.81	16

S t e w a r t e t a l . , 2 0 0 5

位于美国俄克拉何马州立大学的 Magruder 定位试验, 建于 1892 年, 是美国大平原地区最古老的长期土壤肥力研究点。自从这个点建立以来, 肥料处理一直在变化, 从 1930 年起, 年施 N 量为 37-67 公斤/公顷, 年施 P 量为 15 公斤/公顷。在七十一年里这些试验表明 N 和 P 肥对小麦产量的贡献率平均为 40% (图 4)。

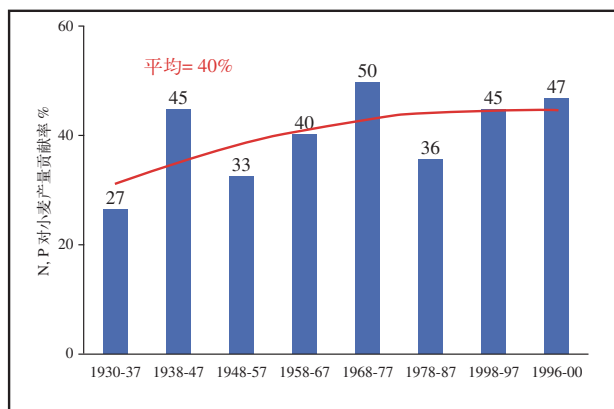


图4 1930-2000年美国俄克拉何马州大学Magruder试验田NP肥对小麦产量的贡献率

1888年建于密苏里州立大学的Sanborn试验田是用于研究作物轮作制度和农家肥对小麦产量的影响，于1914年开始施用化肥。尽管这些年的施肥量不断变化，但在100年间相比于无肥对照，施N、P和K肥对作物产量的平均贡献率为62%（图5）。

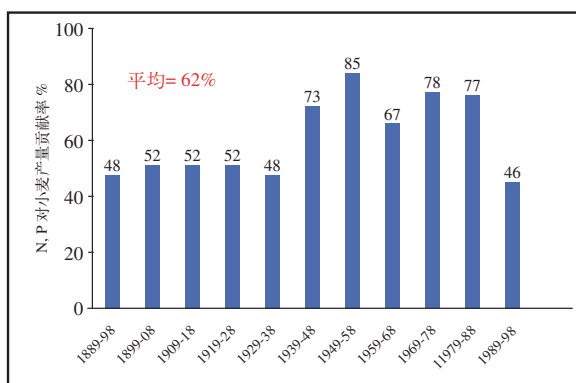


图5 1889~1998年密苏里州大学的Sanborn试验田化肥对小麦产量的贡献率(Stewart et al., 2005)。

英国洛桑实验站(Rothamsted)的Broadbalk试验，是世界上最早的长期试验。从1843年起一直种植冬小麦。一个世纪以来，与单施PK相比，NPK配合施用对小麦产量的贡献率为62%-66%（图6）。从1970年至1995年，给试验的高产冬小麦品种持续施用96 kg N/ha，结果使缺P处理减产了44%，缺K处理减产了36%。

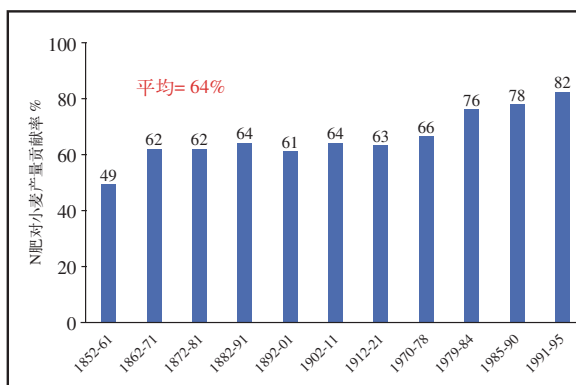


图 6 1952-1995 年英国洛桑实验站(Rothamsted)的 Broadbalk 试验在 PK 基础上 N 对小麦产量的贡献率(Stewart et al., 2005)。

这三个温带气候下的长期试验清楚地表明化肥在谷类作物生产中的重要性，它们对作物产量的贡献至少达到一半。化肥对热带作物更为重要，那里的刀耕火种农业破坏了土壤本身的肥力。Stewart et al. (2005) 以巴西和秘鲁亚马逊(Amazon)盆地的连续粮食生产为例，在经过刀耕火种的第二年施用化肥，作物产量增加 80% - 90%。

化肥最佳管理措施

粮食危机使近来媒体的关注转向化肥工业，大家也意识到化肥是解决全球粮食安全问题手段之一，因此化肥行业应当义不容辞地尽一切努力来保证化肥的施用效果和效率。化肥最佳管理措施的目的正是如此——即根据作物需要提供养分，减少养分从田间损失。方法很简单：根据作物需求，在正确时间、位置、选择正确的肥料品种和施用正确的用量。实施四个“正确”(4Rs)——即正确的肥料品种、正确的施肥量、正确的施肥时间和正确的施肥位置是肥料最佳管理措施的根本(Roberts 2007)。

国际植物营养研究所(IPNI)已经建立起了一个普遍适用的框架来说明如何在肥料管理过程中实施四个“正确”(Bruilsema et al. 2008)。尽管肥料管理被广泛定义为四个“正确”，但是确定哪种措施适用于某个农场取决于当地土壤和气候条件、作物、管理水平和其他具体情况。IPNI 建立这个框架的目的是在满足经济、社会和环境可持续性目标的同时，对科学的施肥原则进行指导，从而因地制宜地实施和发展全球最佳管理措施。

总结

全球对化肥的需求依然强烈。人口不断增加，改善食物的欲望和方式也不断提高，这将导致肥料消费量持续增长。没有肥料，就不能满足世界对食物不断增加的需要；没有肥料，全世界只能生产出一半的粮食，更多的森林就会变为生产粮食之用。无机化肥在全世界粮食安全中扮演着重要的角色，尽管可以施用现有的有机肥料，但也不能取代化肥。但是肥料必须有效地和高效地施用。四个“4Rs”——即正确的肥料品种、正确的施肥量、正确的施肥时期和正确的施肥位置——是肥料管理的根本原则，适用于所有的作物体系以确保生产力最佳。

Dr. Roberts is President, International Plant Nutrition Institute, Norcross, Georgia, USA; e-mail: troberts@ipni.net. This article is adapted from a paper presented by the author at the conference "COVAPHOS 111: Phosphate Fundamentals, Processes and Technologies in a Changing World", in Marrakech, Morocco, March 18-20, 2009.

Roberts 博士是位于美国佐治亚州Norcross的国际植物营养研究所的总裁, e-mail: troberts@ipni.net。这篇文章摘自于他在2009年3月18-20日摩洛哥Marrakech召开的“COVAPHOS 111—变化世界中磷肥的重要性、加工与技术大会上发表的一篇文章。

参考文献:

References:

- Bruulsema, T., C. Witt, F. Garcia, S. Li, N. Rao, F. Chen, and S. Ivanova. 2008. A global framework for best management practices for fertilizer use. International Plant Nutrition Institute Concept Paper. <http://www.ipni.net/bmpframework>.
- Cassman, K.G. 1999. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 96:5952-5959.
- Cassman, K.G. and A.J. Liska. 2007. Food and fuel for all: realistic or foolish? <http://www3.interscience.wiley.com/cgi-bin/fulltext/114283521/PDFSTART>
- FAPRI. 2008. U.S. And World Agricultural Outlook. FAPRI Staff Report 08-FSR 1 Food and Agricultural Policy Research Institute. Iowa State University. University of Missouri-Columbia. Ames, Iowa. <http://www.fapri.missouri.edu/outreach/publications/2008/OutlookPub2008.pdf>
- FAO. 2008a. Briefing paper: Hunger on the rise. Soaring prices add 75 million to global hunger rolls. <http://www.fao.org/newroom/common/ecg/1000923/en/hungerfigs.pdf>
- FAO. 2008b. Crops prospects and food situation. No. 5. Global Information and Early Warning System On Food And Agriculture. <http://www.fao.org/GIEWS/english/cpfs/index.htm>
- FAOSTAT. 2008. <http://faostat.fao.org/default.aspx>
- Fixen, P.E. 2007. Better Crops 91(2):12-14.
- Glenn, Jerome C., Theodore J. Gordon, Elizabeth Florescu, and Linda Starke. 2008. The State of the Future. 2008 Millennium Project. World Federation of United Nations Associations.
- Green Markets Pike & Fischer. 2000-2008. Fertilizer Market Intelligence Weekly. Vol. 24-32.
- Heffer, P. 2008a. Medium-Term Outlook for World Agriculture and Fertilizer Demand 2007/08 20012/13. 76th IFA Annual Conference. 19-21 May, 2008. Vienna, Austria.
- Heffer, P. 2008b. Short-term prospects for World Agriculture and Fertilizer Demand 2007/08 2009/10. 34th IFA Enlarged Council Meeting, 18-20 November, 2008. Ho Chi Minh City, Vietnam.
- IFA Statistics. 2007. <http://www.fertilizer.org/ifa/Home-Page/STATISTICS>.
- IFA. 2008. Feeding the earth: Food Prices and Fertilizer Markets. Issues Brief. International Fertilizer Industry Association, Paris, France. <http://www.fertilizer.org/ifa/Home-Page/LIBRARY/Issue-briefs>.
- Jepson, I. 2008. Plant expressed cellulases. Proceedings of the University Industry Consortium, October 29-30, 2008. Research Triangle Park, NC.

Monsanto News Release. 2008. Monsanto Will Undertake Three-Point Commitment to Double Yield in Three Major Crops, Make More Efficient Use of Natural Resources and Improve Farmer Lives. <http://monsanto.mediaroom.com/index.php?s=43&item=607>

Pinstrup-Andersen, Per, R. Pandya-Lorch, and M.W. Rosegrant. 1999. World Food Prospects: Critical Issues For The Early Twenty-First Century 2020 Vision Food Policy Report. International Food Policy Research Institute. Washington, DC.

Roberts, T.L. 2007. Right product, right rate, right time, and right place *** the foundation of best management practices for fertilizer. In Fertilizer Best Management Practices: General Principles, Strategy for their Adoption, and Voluntary Initiatives vs. Regulations. IFA International Workshop on Fertilizer Best Management Practices. 7-9 March 2007. Brussels, Belgium. Pp 29-32.

Stewart, W.M., D.W. Dibb, A.E. Johnston, and T.J. Smyth. 2005. Agron. J. 97: 1-6.

TFI. 2008. Supply & demand, energy drive global fertilizer prices. Briefing Brochure. The Fertilizer Institute. Washington, DC. <http://www.tfi.org/publications/pricespaper.pdf>

上接 60 页

Pryor, S.C. and R.J. Barthelme. 2000. Sci. Total Environ. 257:95-110.

Renard, J.J., S.E. Calidonna, and M.V. Henley. 2004. J. Hazardous Materials. 108:29-60.

Shah, S.B., P.W. Westerman, and J. Arago. 2006. J. Air Waste Manage Assoc. 56:945-960.

Smeets, M.A.M., et al. 2007. Chemical Senses 32:11-20.

Sommer, S.G. and N.J. Hutchings. 2001. European J. Agron. 15:1-15.

US EPA / IMPACT . ><http://www.epa.gov/air/airtrends/2007/><

Abbreviations and notes for this article: N = nitrogen

这篇文章的缩写: N 即为氮



世界痛失一位与饥饿作战的斗士

国际植物营养研究所成都代表处

(谢玲译 涂仕华校)

原文译自 www.ipni.net

Norman E. Borlaug 博士，唯一一位获得诺贝尔和平奖的农业科学家，2009年9月12日仙逝，享年95岁。

1994年Borlaug博士来到墨西哥，在这里他第一次接触到了发展中国家的饥饿与贫穷。由于得到墨西哥政府和洛克斐勒基金资助，Borlaug博士开展了一项育种项目，目的是抗御小麦的锈病，并在十多年后成功培育出抗锈病的品种。在研发这些品种的过程中他引进了两个关键要素：一、采用日本小麦的矮小基因来降低小麦高度，提高其抗倒伏能力和光合产物在植株体内的有效分配；二、开始了一年两个周期的小麦育种，即利用墨西哥中部高原的夏天和墨西哥西北部索诺拉的雅基灌溉流域的冬天开展穿梭育种。

到了1956年，小麦育种的成功、化肥的使用和灌溉使墨西哥实现小麦生产自给。这些结果——即通过科学研究在解决农民粮食短缺的现实问题上取得圆满成功——加强了他的信念，他利用这个信念来指导余生探索战胜饥饿之术。

1964年以后，国际玉米和小麦改良中心(CIMMYT)在墨西哥市外成立，他的工作因此变得更加繁重。在国际玉米和小麦改良中心，他培养了数百位年轻农业科学家，并扩展了他在育种领域的领导地位。面临印度和巴基斯坦即将发生的饥饿恐慌，Borlaug博士说服了这些处于分裂痛苦中的国家领导人在农业上采用他革命性的技术，实现了粮食安全和和平的双赢。作为长期粮食短缺的巴基斯坦和印度，在不可思议的较短时间内，作物产量翻了四番，实现粮食自给，从而挽救了亿万人的生命。

Borlaug博士在小麦上的成功方法，很快被用于水稻和其他作物上，从而避免了许多发展中国家因饥荒、饥饿以及武装冲突导致的死亡蔓延。然而，Borlaug博士并没有在成功和荣誉面前停下脚步。他十分清楚地知道与饥饿抗争需要终身奉献。纵观他的一生，他研发了多项创新技术来改善人们的生活，尤其是对那些最需要的人。在那些创新之中，我们要特别强调的是Sasakawa 2000年全球项目，它资助了优质蛋白玉米的生产，以解决非洲亚撒哈拉地区人民的营养不良；同时建立了世界粮食奖，来嘉奖那些对提高粮食产量和品质做出突出贡献的人。

纪念Borlaug博士最好的方式是向他学习，坚持使用先进的科学技术，大胆创新，为提高全球的粮食生产和食品营养而努力奋斗，无论我们在前进的道路上会有多艰辛。我们需要力戒沾沾自喜，因为挑战如影随形，而且我们依靠艰辛得来成果可能会很快失去。Borlaug博士曾说过：“如果人类还处于极度饥饿和贫穷的苦难中，我个人也不会过得舒适。”如果人们每晚都在陪伴饥饿入睡，我就必须工作。

家畜生产过程中氨的排放

Shabtai Bittman 和 Robert Mikkelsen 著

(国际植物营养研究所成都代表处 谢玲译 涂仕华校)

原文译自《BETTER CROPS》2009 年第一期 P28-P31

全球丰足的氮肥供应已使农业生产率陡增。然而，当氮以氨气(NH_3)形态逃逸到大气中后，则会产生不良影响。除了会导致珍贵资源的浪费，还会对空气质量、生态系统生产力和人类健康产生负面影响。在北美洲，家畜生产是引起 NH_3 排放的最主要原因。改农家肥和化肥的管理措施将有助于减少这一珍贵资源挥发损失。

有着百年历史的 H a b e r B o s c h 方法，将大气中的氮气(N_2)转化成值价的 NH_3 ，是一项造福于人类的重要发明之一。 NH_3 和其它氮肥的合成技术养活了全球数十亿人口，并改善了他们的饮食和生活条件。但是，当活性 N 逃逸到环境中，会产生难以预料，有时甚至是不良后果。

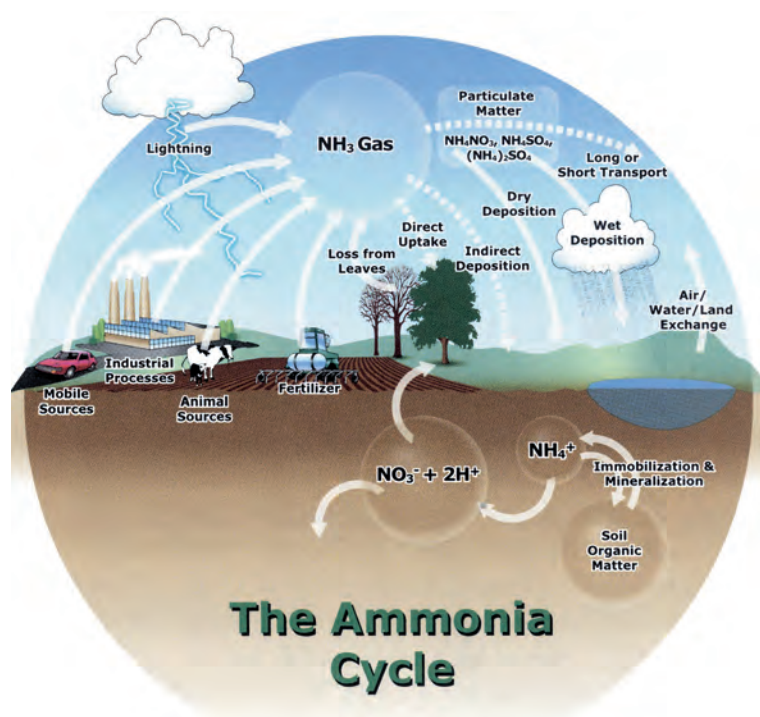


图 1 氨排放、迁移以及沉降的主要源

农场主们正不断地重新检测他们的农业活动对周围环境的影响。近年来已实施许多方法来减少土壤侵蚀，避免水质恶化。最近，农业生产导致的空气质量问题已引起环境机构的高度重视。氧化亚氮(N_2O)是一种温室气体，已成为关注之一。氨的问题现已显露，成为令人关注的大气气体。在作物上施

用液氨 (NH_3) 或铵态氮肥 ($\text{NH}_4^+ - \text{N}$) (如尿素) 的农民, 充分意识到了氮挥发的潜在危害, 并采取额外措施来降低这种高经济价值资源的损失。这篇文章主要回顾了 NH_3 从家畜饲养中的流失。该杂志下期的另一篇文章将会详细地讨论化肥施用中 NH_3 的损失。

动物饲养中的氨损失

美国和加拿大有超过四分之三的 NH_3 排放归咎于农业, 其中家畜生产占了绝大比例 (图2)。当饲料中的富氮蛋白质没有完全转化成动物产品 (如肉、奶、羊毛和蛋) 时, 氨就成了动物粪便中组分之一。例如, 喂给奶牛的含氮化合物仅有 25% - 35% 转化成牛奶, 剩余的则以各种简单和复杂的氮形态排入尿和粪便中。化学和微生物作用将 NH_3 释放到空气中。家禽粪便中的氮主要是以尿酸的形态存在, 它同样也会很快转化成尿素和氨态氮 NH_3 。

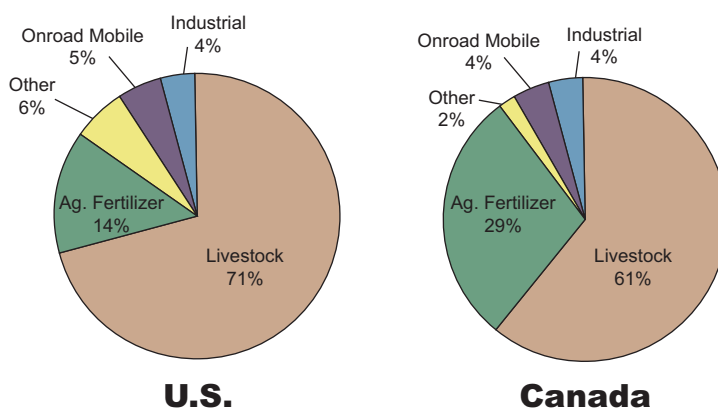
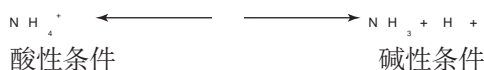


图2 美国和加拿大 NH_3 排放的主要来源。(美国环保局, 2005; 加拿大环境部 2006)

当 NH_4^+ 在反应中转化成气体时, NH_3 挥发就出现了:



含氨物质在碱性条件下比在酸性条件下 ($\text{pK}_a = 9.2$) 更容易挥发。当温度升高或 NH_4^+ 浓度增加时, NH_3 释放反应就会加快。

在家畜生产中, NH_3 的最大挥发产生于动物圈舍和粪肥施用过程中。家畜的放牧和粪肥堆放同样也是 NH_3 的重要来源。例如, 加拿大阿尔伯塔一个牛栏的最新研究表明, 整个夏季的 NH_3 排放量为 $140 \text{ g NH}_3 / \text{天} \cdot \text{头}$ 。仅在一个养殖 22,500 头牛的养牛场, 竟会对当地空气质量产生重要影响 (McGinn et al., 1977)。

纵观加拿大的家畜产业, 有 50% - 63% 来自动物排泄 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 是在动物圈舍、粪肥堆放或施用过程中挥发的, 其中奶牛养殖的氨挥发量占总氮排泄量的 50%, 肉牛占 50%, 家禽占 60%, 猪占 60%。这些损失中, 有 40% - 50% 发生在圈舍 (草地), 5% - 15% 在粪肥堆放, 40% - 50% 是在粪肥施用过程中。

从整个农场的角度来考虑 NH_3 的损失是非常重要的, 这是因为一些保留在畜棚中的 NH_3 可能会在随后的粪肥施用中损失。针对施用粪肥过程中防止氨挥发的改进措施仅仅局限于保存那些在畜棚和粪肥堆放中没有挥发的 NH_3 。因此, 要想更有效的保存 NH_3 , 需要一个整体农场战略。

各种技术都可以用来减少家畜生产过程中 NH_3 的损失。例如, 使用酸性调理剂 (如硫酸氢钠和硫酸铝) 可保留家禽粪中大量的 N 。延缓尿素转化成铵的微生物和酶抑制剂已经成功用于养殖场减少氨的损失。吸附剂 (如使用垫圈和沸石材料) 能减少氨的挥发, 利用天然或人工材料覆盖或其他方法 (如深坑贮放) 来减少粪便的暴露面, 也能起到同样的效果。增加家畜生产力, 效果最明显的是增加每头奶牛的产奶量, 降低动物饲料中的过量蛋白质, 都能大大减少 NH_3 的排放。在粪肥施用过程中, 尽量减少所施粪肥暴露于空气, 将有助于降低 NH_3 的损失 (表 1)。

表 1 影响田间施粪肥时 NH_3 流失的因素。

天气	土壤性质	粪肥性质	减少 NH_3 排放策略
NH_3 挥发随着温度升高和日照增强而增加。这归因于多种因素的综合结果, 如大气湍流、快速干燥, NH_3 浓度增加以及扩散加快。	当粪液渗入土壤中, 氨挥发的可能性减小。沙土比粘土渗漏快, 施用粪液后 NH_3 的挥发也少。	动物粪便中的干物质含量影响 NH_3 的损失。干物质含量少的粪水和淤泥渗透更快, 反之, 渗漏慢在土壤表面停留时间长, NH_3 的损失增多。	粪肥分离器可分离液体和固体物质, 这样可进行更精确的养分管理, 减少运输费用。粪液通常比原肥渗透更快。
增强风速一般会导致 NH_3 损失增加, 因为这增加了粪肥和空气之间氨的浓度梯度。	由于 NH_3 被持留在土壤的阳离子交换点上, 因此增加交换量是减少 NH_3 流失的典型方法。	施用液态粪肥后一开始的 NH_3 损失可能很高。因此, 可采用氨挥发的消除措施, 如与土壤混合, 或施后立即灌水等。氨从固态粪肥中挥发要慢些, 因此有更多时间来使用田间措施。粪水和污水通常不能混合在一起。	在施肥前翻耕土壤可提高土壤渗透率, 减少 NH_3 损失。而在施肥后耕作可基本掩埋粪肥而减少 NH_3 损失。
降雨能稀释 NH_3 并且有助于它进入土壤, 降低挥发。然而, 一场小雨可引起相反的作用, 它刺激了生物作用在粪肥重新干燥过程中增加 NH_3 挥发。	水分饱和、紧实和 pH 值高的土壤更容易引起 NH_3 损失。	如果把粪肥直接施在植物上将比施入土壤损失更多的氨。表面带状施粪肥是一种低成本的方法, 它利用覆盖作物或残茬的保护作用而减少粪肥与植被接触。	粪肥之后需立即与土壤混合, 如果施用固态粪肥则可以稍微延迟。施用液态粪肥最好是施肥与混合一次完成。

天气	土壤性质	粪肥性质	减少 NH_3 排放策略
如有可能,在 NH_3 不易挥发的条件下施用粪肥。即天气凉爽或是降雨量适宜时,并非一定要等到天气条件理想时。要记住施用粪肥后的一场暴风雨可导致 NH_4^+ 、 NO_3^- 和病菌淋失。		大量施用粪肥通常产生 NH_3 的大量损失,但是,有时施用少量粪肥也会导致施入N的大量损失。	将动物粪便注入在表土下非常有效。但是,必须考虑能源成本、作物和土壤扰动、潜在的土壤压实和潜在 NO_3^- 淋失这些因素。在不可能实施深注施粪肥的地方,采用浅注施粪肥、表面带施、s型尖齿耕作器、表面喷洒施粪肥或是其它施肥方法来减少 NH_3 的损失。
		pH值高的粪肥会增加 NH_3 排放。随着pH值增加,更多的N变成了可挥发的 NH_3 ,因为 NH_4^+ 在较低pH更稳定。通常采用调理剂降低粪肥pH值以减少 NH_3 流失。	粪肥施用量越大, NH_3 的损失越多,尤其是在湿度大的土壤中。如果粪肥用量超过了土壤吸收能力,多余的N就会损失掉。粪肥的施用量显然是由农田机械及作物对养分需要量决定的。
		厌氧腐熟的粪肥有利于甲烷生成,往往会提高粪肥pH,增加 NH_3 损失的可能性。	对粪肥进行经常性分析,明确养分含量,以便确定与作物养分需求一致的粪肥施用量。

空气中 NH_3 含量高时会对圈养家畜产生不利影响。因此,畜舍之间保持良好通风和空气流通对动物健康非常重要。农场工人应当也应避免长时间暴露在高浓度 NH_3 的畜棚中。氨比空气轻,易于在通风条件下从圈舍中排出。

尽管有许多好方法用于评估农业中的 NH_3 排放源,但是没有一种能适用于所有研究的完美方法。在小面积试验中,通风管道适用于比较不同处理的效果和评估 NH_3 损失模型。在田间测量时,因面积较大(如田间、粪肥堆放点和污水池),通常采用精密的微气象学方法,其测定结果更为可靠。

颗粒氨的形成和沉降

大气中的氨之所以引起环境和健康机构(美国环保局和加拿大环境部)的关注,主要有两个原因:一是它会形成微粒,二是氨的沉降难以控制,这两者都会产生负面效应。

当 NH_3 (一种碱性化合物)释放到空气中,它很快被吸附在物质表面,并聚集(达20%)在有氨存在的几百米大气中。剩余的大气 NH_3 与大量的酸性化合物(如硝酸和硫酸)迅速反应形成非常小的二

代气溶胶颗粒。这种细小颗粒物直径 <2.5 微米(表示为 $PM_{2.5}$),比一根人类的头发还要细 30 倍,它们中的一部分可在空气中滞留 2 周之久。

$PM_{2.5}$ 颗粒会影响呼吸功能,因而成为一个健康方面的关注。这些极为细小的颗粒会被吸入肺中。短期暴露于这些 $PM_{2.5}$ 的气溶胶中会刺激眼、鼻、喉和肺,并且引起咳嗽和打喷嚏以及其它综合症。长期暴露于这些 $PM_{2.5}$ 的气溶胶可引起各种呼吸和心血管疾病。儿童、老人及因哮喘和肺气肿导致的呼吸功能受损的个体尤其容易感染这些由 $PM_{2.5}$ 气溶胶引起的疾病。

空气中形成的 $PM_{2.5}$ 微粒同样也会引起大气雾霾和能见度低(图3)。当阳光与空气中的微粒相遇就产生雾霾天气—因此降低了地面能见度,使景观颜色模糊。空气中 $PM_{2.5}$ 的微粒有多种来源(包括尘、烟),但是由 NH_3 形成的二代 $PM_{2.5}$ 微粒非常重要。比如,已有文字详细记载了加拿大哥伦比亚省Fraser流域下游和南安大略湖 PM 微粒产生的负面影响。在美国,虽然从2000年开始空气中的 $PM_{2.5}$ 微粒呈持续下降趋势,但还有几个明显的例外。

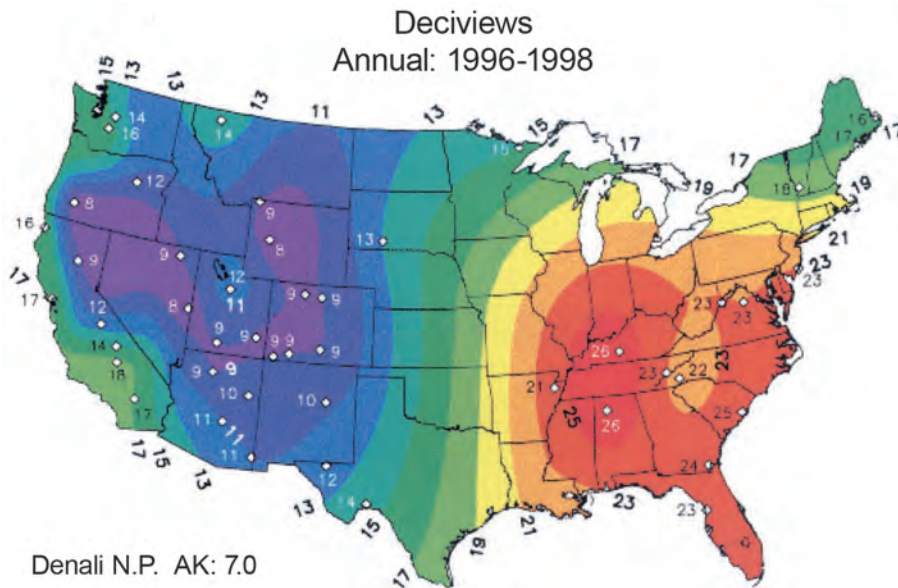


图3 美国雾霾分布图。用分视指数烟雾指数来表示雾霾和能见度。高分视指数表示高雾霾,低分视指数表示高清晰度(IMPROVE, 2009)。

大气中的氨将会随风迁移,并在新的干净区域聚集,通常会在 NH_3 发源地几百英里以外。沉降到土壤上铵一般会很快转化成硝态氮(NO_3^-),在硝化过程中伴随酸(H^+)的释放。 NH_3 有可以通过植物气孔或是溶于水后以 NH_4^+ 形态进入叶片。植物根系主要以 NH_3 和 NH_4^+ 的形态利用氮素,并释放出 H^+ ,增加根区的酸性。值得注意的是,植物叶片也会释放 NH_3 ,特别是在植物成熟和衰老阶段。

在土壤氮素缺乏的地方,利用大气 NH_3 沉降产生的广泛施肥可促进植物生长。在原生态系统,由于大量 NH_3 沉降导致植物种类的变化。在某些生态系统中,那里的植物已经适应了低氮环境, NH_3 的沉降使他们被高氮植物所替代。地表水中氮的富集产生水体富营养化,尤其是沿海水体。 NH_3 沉降的一个潜在影响是氨的硝化作用加速土壤酸化。即使 NH_3 浓度很低时,敏感植被(地衣和苔藓类植物)也会直接受到破坏。

无论是在美国还是在加拿大,目前还没有政策和规章来约束减少农业生产中 NH_3 的排放。然而,在联合国远程跨界空气污染国际公约(哥德堡议定书)的框架下,欧洲国家对 NH_3 的排放作出了限定。荷兰是第一个对 NH_3 排放作出限定的国家。自从1995年以来该国的氨排放量就下降了40%。美国和加拿大也是该议定书的签署国,它们定期提交本国 NH_3 排放量清单。

随着社会日益关注农业对环境产生的影响,北美洲对氨排放相关问题的重视也与日俱增。 NH_3 损失不仅代表了一个潜在的环境问题,而且也代表了一种有利于作物营养的养分流失问题。

农业中 NH_3 的排放主要与畜禽生产有关。需要更多的研究来评估农场中这些 NH_3 损失的程度和位置。实施先进的管理措施将有助于畜牧产业有效地管理动物粪便,发挥最大效益。

Bittman 博士是加拿大农业和农业食品部的研究科学家,办公地为不列颠哥伦比亚省,阿加西。他的 e-mail: bittmans@agr.gc.ca。 *Mikkelsen* 博士是IPNI北美地区主任,办公地为加利福尼亚,默西迪。他的 e-mail: rmikkelsen@ipni.net。

References Cited 引用的参考资料

- Environ. Canada. 2006. ec.gc.ca/pdb/cac/emissions190-2015/2006/2006_canada_e.cfm
- Interagency Monitoring of Protected Visual Environments (IMPROVE 2009) > http://vista.cira.colostate.edu/improve/Data/Graphic_Viewer/seasonal.htm < select "Isopleth maps"; select "Deciviews" .
- McGinn, S.M., T.K. Flesch, B.P. Crenna, K.A. Beauchemin, and T. Coates. 2007. *J. Environ. Qual.* 36:1585-1590.
- US EPA. 2005. http://www.epa.gov/ttn/chief/eiip/techreport/volume03/nh3_report_0504.pdf

Selected Sources for More Information 更多信息摘自以下:

- Aneja, V.P., et al. 2008. *J. Environ Qual.* 37:515-520.
- Barthelmie, R.J. and S.C. Pryor. 1998. *Atmos. Environ.* 32:345-352.
- Battye, W., V.P. Aneja, and P.A. Roelle. 2003. *Atmos. Environ.* 37:3873-3883.
- Beusen, A.H., W.A.F. Bouwman, P.S.C. Heuberger, G. van Drecht, and K.W. van der Hoek. 2008. *Atmos. Environ.* 42:6067-6077.
- Boudries, H., et al. 2004. *Atmos. Environ.* 38:5759-5774.
- Erismann, J.W., A. Bleeker, A. Hensen, and A. Vermeulen. 2008. *Atmos. Environ.* 42:3209-3217.
- Krupa, S.V. 2003. *Environ. Poll.* 124:179-221.
- Johnson, J.M.F., A.J. Franzluebbers, S.L. Weyers, and D.C. Reicosky. 2007. *Environ. Poll.* 150:107-124.
- Malm, W.C. 1999. Visibility Program. Colorado State University, Fort Collins, CO. > <http://www.epa.gov/visibility/pdfs/introvis.pdf>

下接 53 页

2009 年度国际植物营养研究所 (IPNI) 研究生奖学金获奖情况

2009年由国际植物营养研究所(IPNI)发起的研究生奖学金获得者已被评出,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总裁 Dr. Terry Roberts 说:“我们收到了许多大学和各个领域的优秀研究生的申请,这些年轻人所代表的研究所和他们的教授、导师们会为他们的学术成绩感到自豪。评审委员会严格按照标准对每一位申请者学术业绩的各方面进行了评价。”

共有 14 位在读研究生获得 2009 年度研究生奖学金,分布地区最广,按照其所在的地区和大学/研究所列示如下:

北美:

Daniel Edmonds, 俄克拉荷马州立大学 Oklahoma State University;

Robert Burwell, 路易斯安那州立大学 Louisiana State University;

Eduardo Kawakami, 阿肯色大学 University of Arkansas;

Melissa Wilson, 明尼苏达大学 University of Minnesota.

中国:

刘海龙 Hailong Liu, 中国农业科学院;

邹娟 Juan Zou, 华中农业大学;

张振华 Zhen-hua Zhang, 湖南农业大学;

廖育林 Yulin Liao, 湖南农大和湖南省土肥所.

印度:

Govindaraj Mahalingam, 泰米尔纳德邦农业大学 Tamil Nadu Agricultural University;

Ramesh Thangavel, 印度农业研究所, 新德里 Indian Agricultural Research Institute, New Delhi.

东欧和中亚:

Polina Kotyak, 雅罗斯拉夫尔省农学院, 俄罗斯 Yaroslavl State Agriculture Academy, Russia.

拉美:

Leandro Bortolon, 南大河洲联邦大学, 巴西 Universidade Federal Do Rio Grande Do Sul, Brazil.

东南亚:

Jose Alvaro Cristancho Rodriguez, 马来西亚普德拉大学 Universiti Putra Malaysia.

澳大利亚

Preeti Roychand, 拉筹伯大学, 墨尔本校区 La Trobe University, Melbourne.

研究生奖学金由 IPNI 成员公司提供赞助,他们是氮磷钾和其他肥料的生产者。只要有 IPNI 项目的任何国家,在具有学位授予资格的单位攻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研究生申请。下面是获奖的 4 位中国同学的简单介绍。



Hailong Liu

刘海龙先生，2007 中国农业科学院研究生院博士研究生，在中国政府奖学金的资助下于 2009 至 2011 在加拿大安大略省 Harrow 的加拿大农业部温室和加工作物研究中心从事研究，论文题目是：“利用加拿大和中国的田间试验数据试验并验证作物和土壤模型模拟作物生长和土壤碳氮的动态变化”。此研究将有助于农业技术传播决策支持系统 (DSSAT) 模型成功地用于植物营养和土壤肥力管理，以确保中国和加拿大作物生产和科学施肥的可持续发展。



Yulin Liao

廖育林先生，湖南农大植物营养学专业博士研究生，正在湖南省土壤肥料研究所从事研究，论文的题目是：“长期施用钾肥对长江中游水稻产量和土壤供钾能力的影响”。他还研究把稻草还田作为长期平衡施肥中的部分内容，这将能够显著增加土壤有机质并维持可持续生产。



Juan Zou

邹娟女士，华中农业大学植物营养学专业博士研究生，她的论文题目是：“长江流域冬油菜施肥效果、土壤丰缺指标和推荐施肥研究”。目前缺乏油菜施肥效果的研究，这一研究将有助于建立土壤养分指标体系及合理施肥。



Zhenhai Zhang

张振华先生，湖南农业大学作物生理专业博士研究生，现在菲律宾国际水稻研究所从事研究，他论文的题目是：“盐分胁迫下水稻对钾钙镁的需求和植物激素在调节盐土养分缺乏反应中的作用”。盐渍化是世界许多地区农业生产的主要障碍，此研究有助于了解植物激素和主要养分增加水稻耐盐的机理。