



国家出版基金项目
NATIONAL PUBLICATION FOUNDATION

现代农业高新技术成果丛书

华北小麦 - 玉米一体化 高效施肥理论与技术

High Efficiency Fertilization Theory and Techniques of
Wheat-Maize Cropping System in North China

谭金芳 韩燕来 等著



中国农业大学出版社

CHINA AGRICULTURAL UNIVERSITY PRESS



国家出版基金项目
NATIONAL PUBLICATION FOUNDATION

现代农业高新技术成果丛书

华北小麦-玉米一体化 高效施肥理论与技术

High Efficiency Fertilization Theory and Techniques of
Wheat-Maize Cropping System in North China

谭金芳 韩燕来 等著

中国农业大学出版社
• 北京 •

内 容 简 介

本书系统介绍了华北地区小麦-玉米轮作模式下土壤养分的供给规律、作物养分的吸收特点及作物轮作期间的土壤养分变异特征,不同肥料或养分配合效应,施肥与其他农艺技术措施配合效应,新型肥料不同施用方法的效应以及华北不同生态类型区小麦-玉米一体化土壤肥力指标体系、施肥指标体系、高产高效施肥技术模式。全书以作者和有关科研协作单位十几年的科研成果为依据,结合目前国内外有关小麦-玉米一体化施肥技术研究的新进展编著而成。其中新型肥料不同施用方法的效应及不同生态类型区小麦-玉米一体化高产高效施肥技术等内容有一定的创新和特色。

图书在版编目(CIP)数据

华北小麦-玉米一体化高效施肥理论与技术/谭金芳,韩燕来等著. —北京:中国农业大学出版社,2012.5

ISBN 978-7-5655-0439-6

I. ①华… II. ①谭…②韩… III. ①小麦-施肥②玉米-施肥 IV. ①S512.106.2
②S513.062

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 226021 号

书 名 华北小麦-玉米一体化高效施肥理论与技术

作 者 谭金芳 韩燕来 等著

策划编辑 董夫才

责任编辑 李丽君

封面设计 郑 川

责任校对 王晓凤 陈 莹

出版发行 中国农业大学出版社

社 址 北京市海淀区圆明园西路 2 号

邮政编码 100193

电 话 发行部 010-62818525,8625

读者服务部 010-62732336

编辑部 010-62732617,2618

出 版 部 010-62733440

网 址 <http://www.cau.edu.cn/caup>

e-mail cbsszs @ cau.edu.cn

经 销 新华书店

印 刷 涿州市星河印刷有限公司

版 次 2012 年 5 月第 1 版 2012 年 5 月第 1 次印刷

规 格 787×1092 16 开本 14 印张 340 千字

定 价 48.00 元

图书如有质量问题本社发行部负责调换

现代农业高新技术成果丛书

编审指导委员会

主 任 石元春

副主任 傅泽田 刘 艳

委 员 (按姓氏拼音排序)

高旺盛 李 宁 刘庆昌 束怀瑞

佟建明 汪懋华 吴常信 武维华

作者分工

前言 谭金芳

第1章

- 1.1 谭金芳 孙克刚 苗玉红
- 1.2 苗玉红
- 1.3 王宜伦 苗玉红
- 1.4 苗玉红 李 慧
- 1.5 韩燕来

第2章

- 2.1 孙克刚 王宏庭 邢素丽 苗玉红
- 2.2 崔荣宗 彭正萍
- 2.3 王宜伦
- 2.4 崔荣宗 谭德水 魏建林 杨 果 管力生
- 2.5 王宜伦

第3章

- 3.1 韩燕来 汪 强 赵炳梓 苗玉红
- 3.2 孙克刚 李丙奇 和爱玲
- 3.3 崔荣宗 谭德水 魏建林 杨 果 管力生
- 3.4 王宏庭 洪坚平 张 强 王 斌 赵萍萍
- 3.5 邢素丽 彭正萍 刘孟朝

第4章 王宜伦

第5章 李 慧

出版说明

瞄准世界农业科技前沿，围绕我国农业发展需求，努力突破关键核心技术，提升我国农业科研实力，加快现代农业发展，是胡锦涛总书记在 2009 年五四青年节视察中国农业大学时向广大农业科技工作者提出的要求。党和国家一贯高度重视农业领域科技创新和基础理论研究，特别是 863 计划和 973 计划实施以来，农业科技投入大幅增长。国家科技支撑计划、863 计划和 973 计划等主体科技计划向农业领域倾斜，极大地促进了农业科技创新发展和现代农业科技进步。

中国农业大学出版社以 973 计划、863 计划和科技支撑计划中农业领域重大研究项目成果为主体，以服务我国农业产业提升的重大需求为目标，在“国家重大出版工程”项目基础上，筛选确定了农业生物技术、良种培育、丰产栽培、疫病防治、防灾减灾、农业资源利用和农业信息化等领域 50 个重大科技创新成果，作为“现代农业高新技术成果丛书”项目申报了 2009 年度国家出版基金项目，经国家出版基金管理委员会审批立项。

国家出版基金是我国继自然科学基金、哲学社会科学基金之后设立的第三大基金项目。国家出版基金由国家设立、国家主导，资助体现国家意志、传承中华文明、促进文化繁荣、提高文化软实力的国家级重大项目；受助项目应能够发挥示范引导作用，为国家、为当代、为子孙后代创造先进文化；受助项目应能够成为站在时代前沿、弘扬民族文化、体现国家水准、传之久远的国家级精品力作。

为确保“现代农业高新技术成果丛书”编写出版质量，在教育部、农业部和中国农业大学的指导和支持下，成立了以石元春院士为主任的编审指导委员会；出版社成立了以社长为组长的项目协调组并专门设立了项目运行管理办公室。

“现代农业高新技术成果丛书”始于“十一五”，跨入“十二五”，是中国农业大学出版社“十二五”开局的献礼之作，她的立项和出版标志着我社学术出版进入了一个新的高度，各项工作迈上了新的台阶。出版社将以此为新的起点，为我国现代农业的发展，为出版文化事业的繁荣做出新的更大贡献。

中国农业大学出版社

2010 年 12 月

前 言

华北是我国农业主产区和重要的商品粮生产基地，2009 年华北小麦生产总量 6 600 万 t，占全国小麦生产量的 57.59%，玉米生产总量 5 900 万 t，占全国玉米生产量的 35.70%。小麦 - 玉米轮作为华北地区作物主要种植模式，2009 年统计表明，华北小麦 - 玉米轮作面积为 1 821.10 万 hm^2 ，占粮食作物播种面积的 68.44%。肥料是作物的粮食，研究该区小麦 - 玉米轮作体系的施肥技术一直是研究者高度关注的热点问题，但过去研究的主要关注点是施肥对作物的增产问题，而对施肥对农业经济效益和环境的影响则关注较少；另外，施肥指标体系是在 20 世纪 80 年代时制定的，时至今日，该区农业生产条件和作物产量水平已发生了很大变化，上述指标体系已经不适合当前农业发展的要求；随着当前农村社会经济状况的改变，生产上对简化施肥技术需求迫切，而现行施肥环节过于复杂，影响了技术的推广應用和农民接受。因此，面对保障国家粮食安全、节约资源和保护环境等多重施肥目标，进一步改进施肥技术，以实现高产高效生态安全的小麦 - 玉米生产成为一个具有挑战性的问题。

为此，河南农业大学组织河南省农业科学院植物营养与资源环境研究所、山东省农业科学院土壤肥料研究所、山西省农业科学院土壤肥料研究所、河北省农林科学院农业资源环境研究所、中国科学院南京土壤研究所相关领域的研究人员在“十一五”国家科技支撑计划“华北小麦 - 玉米一体化施肥关键技术研究示范”课题的支持下，先后在华北中部灌区、华北南部补灌区、华北东部灌区、华北西北部补灌区、华北北部灌区、华北砂质壤土区，针对当前华北小麦 - 玉米生产体系中存在的肥料施用量过高、土壤肥力要素不平衡、肥料利用率及施肥效益低、环境污染风险高，施肥指标体系有待完善、施肥环节过于复杂等共性技术问题，系统地研究了华北小麦和玉米超高产需肥规律、小麦 - 玉米吨田半粮的土壤肥力特征、不同肥料的配合效应、肥料与其他农艺技术措施的配合效应、新型肥料不同施用方法与方式的效应，在此基础上提出了小麦 - 玉米一体化高产高效施肥关键技术，同时开展试验示范区建设，进行不同生态区小麦 - 玉米一体化高效施肥技术模式集成与示范，建立了一套适用于本地区的小麦 - 玉米一体化土壤肥力指标体系、施肥指标体系及高效施肥技术模式。这为保障国家粮食安全、

发展高产高效生态安全的农业生产，并为不断提升测土施肥技术水平提供重要的技术支持。

河南农业大学从研究高产小麦、玉米的营养规律入手，自“九五”以来，先后主持了国家“重中之重”科技攻关项目专题“麦田灌溉与优化施肥技术研究”、河南省科技攻关重点项目“作物专用控释肥的研制及其肥效与开发”、中加合作项目“河南省砂薄地和高产田平衡施钾技术研究”和“冬小麦夏玉米养分管理与优化施肥”、国家粮丰工程河南子课题“小麦夏玉米两熟制农田节本增效施肥技术研究”等，在编写本书过程中，也吸收了上述项目研究所取得的重要成果。

全书共计5章，第1章高产小麦营养与施肥，第2章高产玉米营养与施肥，第3章华北小麦-玉米一体化土壤肥力指标与施肥指标，第4章华北小麦-玉米一体化高效施肥关键技术，第5章华北小麦-玉米一体化高效施肥技术模式。

作者在编写本书的过程中，得到了中国农业科学院金继运研究员、白由路研究员的鼎力支持、悉心指导与热情帮助，在此表示衷心的感谢。河南农业大学、河南省农业科学院植物营养与资源环境研究所、山东省农业科学院土壤肥料研究所、山西省农业科学院土壤肥料研究所、河北省农林科学院农业资源环境研究所、中国科学院南京土壤研究所的有关研究人员、教师、研究生对本书编写也给予了大力支持，在此致以深深的谢意。对本书引用的大量国内外文献资料，限于篇幅，有些未能列出，在此对其作者表示感谢。中国农业大学出版社对此书的编辑出版也费尽了心力，在此一并表示最诚挚的感谢。

在本书出版之时，我们真实感到自身的水平有限，加之编写时间紧，难免纰漏，敬请同行专家及广大读者予以批评指正。

著者

2011年5月

目 录

第 1 章 高产小麦营养与施肥	1
1.1 小麦氮素营养与施肥	1
1.2 小麦磷素营养与施肥	22
1.3 小麦钾素营养与施肥	26
1.4 小麦中、微量元素的营养特性	47
1.5 9 000 kg/hm ² 小麦的营养特性	50
参考文献	61
第 2 章 高产玉米营养与施肥	63
2.1 玉米氮素营养与施肥	63
2.2 玉米磷素营养与施肥	83
2.3 玉米钾素营养与施肥	89
2.4 玉米对中、微量营养元素的需求特点	101
2.5 超高产 (13 500 kg/hm ²) 玉米的需肥规律	104
参考文献	118
第 3 章 华北小麦 - 玉米一体化土壤肥力指标与施肥指标	120
3.1 华北中部高产灌区、砂壤土区小麦 - 玉米一体化土壤肥力指标与施肥 指标研究	120
3.2 华北南部补灌区小麦 - 玉米一体化土壤肥力指标与施肥指标研究	135
3.3 华北东部高产灌区小麦 - 玉米一体化土壤肥力指标研究	143
3.4 华北西北部补灌区小麦 - 玉米一体化土壤肥力指标与施肥指标研究	146
3.5 华北北部灌区小麦 - 玉米一体化土壤肥力指标与施肥指标研究	152
参考文献	157

第 4 章 华北小麦 - 玉米一体化高效施肥关键技术.....	160
4.1 养分优化平衡增效技术研究	160
4.2 氮肥减施简化增效技术研究	170
4.3 肥料与农艺协同增效技术研究	178
4.4 小麦/玉米单作肥料合理运筹增效技术研究	182
参考文献	198
第 5 章 华北小麦 - 玉米一体化高效施肥技术模式.....	200
5.1 施肥技术模式的概念	200
5.2 华北小麦 - 玉米一体化施肥技术模式	201
参考文献	209

目前,在华北小麦主产区,已出现了不少小麦单产达到 $9\,000\text{ kg/hm}^2$ 以上的地块,说明小麦单产仍有一定的增产空间。施肥是增加小麦产量的基本保证,合理施肥不仅能增加小麦产量,改善土壤肥力,还能提高子粒品质,增强小麦对生物及非生物逆境抵抗力。为了进一步提高小麦单产,使小麦产量达到高产甚至超高产,应在土壤类型、品种特性、产量水平和营养特点等条件适宜的前提下,进行适量适时施肥。为此,近十几年来,在华北小麦主产区通过多年多点田间试验,对高产小麦的营养与施肥问题进行了比较系统的研究,以期为指导小麦高产栽培管理提供合理施肥理论与技术依据。

1.1 小麦氮素营养与施肥

1.1.1 小麦体内氮的含量与分布

小麦含氮量一般占其干重的 $1.0\%\sim 1.6\%$,而含量的多少与品种、器官、生育期和营养水平等有关。蛋白质含量高的品种含氮量也较高;小麦子粒含氮 $2.2\%\sim 2.5\%$,茎秆含氮仅 0.5% 左右;不同生育时期含氮量也不相同,由苗期、分蘖期至拔节期逐渐增多,至孕穗期达到高峰,其后随生育期推移而逐渐下降;同时,其含氮量亦明显受施氮水平和施氮时期的影响,随施氮量的增加,叶、茎和子粒中氮的含量均有明显提高,而生长后期施用氮肥,子粒中含氮量则明显上升。小麦体内氮素主要存在于蛋白质和叶绿素中,幼嫩器官和子粒中含氮量较高,而茎秆含量较低。

1.1.2 氮对小麦器官形成的影响

1.1.2.1 氮对小麦根系的影响

氮是小麦根系生长发育必不可少的营养元素。适宜的氮肥用量可以促进根系生长,总根量增加,分枝根增多。在黄土丘陵旱地上的研究表明,底施 150 kg/hm^2 尿素的条件下, $0\sim 300 \text{ cm}$ 土层中的总根量达 $1\,328.9 \text{ mg/dm}^2$,比不施肥处理增加 16.56% 。施肥处理 $0\sim 20$ 、 $20\sim 100$ 、 $100\sim 300 \text{ cm}$ 等不同土层中的分布比例(占总根量的百分比)分别为 72.3% 、 19.0% 、 8.7% ,而不施肥处理的则分别为 62.1% 、 20.3% 、 17.6% 。研究表明,增施氮肥有利于促进根量增加,并使根系垂直分布递减率增大,即表层根量增加,深层根量减少(李焕章等,1986)(表 1.1)。张和平等(1993)在华北平原的研究结果与此基本一致,即施氮肥 150 kg/hm^2 处理比不施氮肥处理的总根长增加 8.60 km/m^2 ,总根重增加 33.97 g/m^2 ,增加幅度分别为 33.17% 和 15.88% ,而且施氮处理的上层根系比不施氮肥的多(这种趋势可延伸到 60 cm 深的土层)。严六零等(1992)进一步研究指出,不同氮肥处理的单株根数、单株根重、每公顷根重等差异较大(表 1.2),其变化趋势表现为每公顷施氮 $150 \text{ kg} > 300 \text{ kg} > 0$ (对照),处理间的差异达极显著水平。在每公顷基本苗 150 万和 300 万株条件下,根重随着施氮量增加而增加;但在每公顷 450 万株基本苗条件下,根重却随施氮量的增加而减少。以每条根、每克根重与产量因子之间的关系作为根功能指数的分析结果表明,不同施氮水平条件下的根功能指数和产量均以施氮量 150 kg/hm^2 处理最高。而在施氮量为 300 kg/hm^2 时,植株最上两个节位上的根数却有所减少。因此,在低密度下适宜的氮肥用量可增加根数、根重、扩大根群,并有利于提高根群质量,增强根系功能;在高密度下应适当控制施氮量,可防止地上部徒长、冠根比失调和后期倒伏。

表 1.1 黄土丘陵旱地播前施肥对冬小麦根系的影响

处理	根系分布/(mg/dm^2)				根系生物量构成模式
	总根量	$0\sim 20 \text{ cm}$	$20\sim 100 \text{ cm}$	$100\sim 300 \text{ cm}$	
施尿素	1 328.9	961.2	252.6	115.1	$Y=182.9e^{-0.3045x}$, $r=-0.92^{**}$
不施肥	1 140.1	708.1	231.9	200.1	$Y=143.2e^{-0.2194x}$, $r=-0.77^{**}$

注: * 表示差异达显著水平, ** 表示差异达极显著水平,下同。

1.1.2.2 氮对小麦茎伸长的影响

氮、磷、钾营养元素影响茎节的伸长。特别在茎秆形成时,如氮素不足,植株茎秆生长纤弱;氮素过多会使节间的细胞加速分裂和伸长,机械组织发育不良,茎壁较薄,节间长,支持能力变弱,茎叶浓绿繁茂,相互荫蔽,地上部和地下部失去正常比例,容易发生倒伏,氮肥不同用量对各茎节的伸长都有影响,而对基部茎节影响较大。从表 1.3 看出,随着氮肥用量的增加,株高呈有规律的递增,这是由于每个节间伸长的结果。在 5 个茎节间中,

表 1.2 不同施肥、密度处理根量及根功能指数

品种	施氮量/ (kg/hm ²)	密度/ (10 ⁴ /hm ²)	单株根数/ (条/株)	每公顷根数/ (10 ⁴ /hm ²)	每根穗数/ (个/条)	每根粒数/ (粒/条)	每根产量/ (mg/条)	单株根量/ (g/株)	每公顷根重/ (kg/hm ²)	单位重量 根粒数/ (粒/g)	单位重量 根产量/ (g/g)
扬麦5号	0	150	50.5	7 575	0.057	1.955	58.08	0.750	1 125.0	131.65	3.91
		300	28.5	8 550	0.053	1.788	57.85	0.401	1 230.0	127.10	4.11
		450	22.0	9 900	0.056	1.778	41.89	0.393	1 768.5	99.16	3.56
	150	150	53.6	8 040	0.066	2.746	53.76	0.883	1 324.5	166.70	4.48
		300	34.7	10 410	0.057	2.113	54.11	0.461	1 383.0	159.03	3.96
		450	25.7	11 565	0.052	1.921	37.79	0.314	1 413.0	157.20	3.10
	300	150	51.0	7 650	0.068	2.659	66.75	0.932	1 399.5	145.48	3.65
		300	34.1	10 230	0.055	1.985	50.12	0.507	1 521.0	133.50	3.37
		450	25.0	11 250	0.052	1.864	24.97	0.296	1 332.0	157.47	2.11
	0	150	51.0	7 650	0.062	2.693	70.89	0.999	1 498.5	137.49	2.62
		300	30.5	9 150	0.056	2.047	51.31	0.502	1 507.5	124.39	3.12
		450	23.3	10 480	0.057	1.961	38.44	0.428	1 926.0	106.76	2.09
宁麦3号	150	150	56.4	8 460	0.065	2.961	39.81	1.122	1 683.0	178.82	4.01
		300	37.2	11 160	0.052	2.208	48.12	0.577	1 731.0	142.32	3.10
		450	27.5	12 375	0.050	1.713	39.68	0.356	1 602.0	136.96	3.07
	300	150	55.2	8 280	0.067	3.290	71.87	1.143	1 714.5	158.87	3.47
		300	34.8	10 440	0.058	2.553	47.34	0.586	1 758.0	151.35	2.81
		450	26.0	11 700	0.050	1.861	34.09	0.325	1 462.5	141.89	2.73

以穗下节增加最大,倒二、三节增加依次减少,一般是原来长的茎节增长多,短的茎节增长少,但其穗下节和倒二、三、四节的生长一般比对照长 10% 左右,只有倒五节基部节间比对照增长了 16.98%~18.87%,这可能是造成倒伏的原因之一。倒伏大多数由茎基部节间过长而引起,而施肥不当又是引起茎基节间过长的重要原因。试验还证明,在氮、磷、钾中,氮对主茎第一、二节间的伸长影响较大,返青期施氮又比拔节期施氮节间增长更快。

表 1.3 氮素用量对西安 8 号节间伸长的影响

(河南农业大学,1984)

cm

纯氮/ (kg/hm ²)	株高	穗下节间 长度	第四节间 长度	第三节间 长度	第二节间 长度	第一节间 长度
150.0	91.5	32.4	23.4	12.6	8.3	6.3
112.5	91.4	32.3	23.4	12.3	8.3	6.2
75.0	90.5	30.4	23.0	12.4	8.1	6.2
37.5	89.6	30.7	22.6	12.3	8.1	6.3
18.75	89.1	30.7	21.9	11.9	8.0	5.1
0	87.3	30.3	21.0	11.3	7.8	5.3

1.1.2.3 氮对小麦穗器官的影响

良好的氮素营养不仅能提高小麦成穗率,而且还能增加结实小穗数,减少不孕小穗,达到穗大、粒多、粒饱,不同用量的氮肥对小穗形成和退化有明显的影响。

据韩燕来等研究,适量增施氮肥能明显加快二棱期之后的幼穗发育,有利于幼穗伸长,分化小穗数随着施氮量的增加而增加。提高施氮量不仅增加小花原基数,促进下部小花发育为可孕小花,而且延长中部小花的发育时间并减缓其退化,使小花发育向着更有利于结实的方向发展。过量施氮,虽中部小花分化时间有所延长,但因后期小花分化程度降低,仍不利于小花最终结实(表 1.4)。一般在中低产水平适量施用氮肥和后期追施氮肥,可提高小麦千粒重和子粒蛋白质含量。反之,如果每公顷成穗较多,地力水平较高,或施氮量超过一定范围,则会导致粒重下降。

表 1.4 氮素水平对冬小麦分化小穗数和小穗结实率的影响

(河南农业大学,2007)

施氮量/ (kg/hm ²)	分化小穗数/个		不孕小穗数/个		结实率/%	
	豫麦 49	太空 6 号	豫麦 49	太空 6 号	豫麦 49	太空 6 号
90	20.3±0.5	19.9±0.7	4.7±0.5	4.8±0.6	76.8±0.6	75.9±0.7
180	20.9±0.3	21.3±0.4	4.5±0.2	4.2±0.4	78.5±0.3	80.3±1.0
270	21.5±0.1	20.9±0.5	4.1±0.1	4.7±0.3	80.9±0.4	77.8±0.9

1.1.3 小麦氮肥施用技术研究

1.1.3.1 施氮对小麦旗叶蔗糖含量及子粒淀粉合成的影响

小麦属于糖叶植物,光合产物在叶片中以蔗糖的形式存在,并且主要以蔗糖的形式向外输出,控制叶片中蔗糖合成的关键酶是蔗糖磷酸合成酶(SPS)。运输到子粒中的光合产物最初以蔗糖的形式存在,其后在蔗糖合成酶(SS)的催化作用下,降解生成尿苷二磷酸葡萄糖(UDPG)和果糖后才被用来合成淀粉。氮素是限制小麦生长和产量形成的主要因素,关于小麦叶片中蔗糖合成和子粒淀粉积累动态的研究已较多,而有关氮素营养水平对该过程影响尚需进一步系统研究。

为此,在土壤肥力为0~20 cm土层土壤有机质含量12.6 g/kg,全氮1.0 g/kg,速效氮73.6 mg/kg,速效磷28.1 mg/kg,速效钾74.2 mg/kg,pH 7.6的轻壤质潮土条件下,选用河南省生产中的两个主栽小麦品种豫麦49和太空6号,研究了施氮量对小麦生育后期旗叶蔗糖磷酸合成酶、子粒蔗糖合成酶活性、子粒淀粉含量动态变化的影响。氮肥用量水平(N)分别是90(N1)、180(N2)、270(N3) kg/hm²。小区面积为36 m²。除氮外,还另施入磷肥(P₂O₅)120 kg/hm²和钾肥(K₂O)75 kg/hm²。肥料的施用方法是氮肥以基追比6:4的比例施用,追肥于拔节期追施,磷、钾肥作基肥一次施用。

1. 施氮水平对旗叶蔗糖合成的影响

(1)施氮对旗叶蔗糖磷酸合成酶(SPS)的影响 图1.1显示,灌浆期旗叶SPS活性随时间的推移均呈单峰曲线变化,各处理均于花后15 d达最大值,随后下降。花后30 d降为最低。不同施氮水平之间该酶活性变化较小,但施氮对酶活性的影响趋势明显。豫麦49的旗叶SPS整体表现为随施氮量的增加而呈上升趋势,且尤以灌浆10~15 d差异最显著,说明在一定的施肥量范围内,增施氮肥有利于提高该品种旗叶SPS的活性水平。太空6号旗叶SPS活性对施氮水平的响应与前者不完全相同,灌浆初期以N1最高,15 d前后呈N2>N1>N3的趋势,后期呈N2>N3>N1的趋势,说明施氮不足时酶活性下降早,不利于后期的光合产物向蔗糖的转化,而施氮过多亦对该酶活性有抑制作用。

(2)施氮对旗叶蔗糖含量的影响 从图1.2可以看出,与SPS的变化动态趋势相似,两品种旗叶蔗糖含量亦均呈单峰曲线变化,花后15 d达峰值,之后开始下降,花后30 d降为最低。豫麦49旗叶蔗糖含量表现为随施氮量增加而呈上升趋势,且尤以灌浆后10~15 d差异最显著;太空6号旗叶SPS活性对施氮水平的响应与前者不完全相同,灌浆初期以N1最高,10~15 d呈N2>N1>N3的趋势,之后呈N2>N3>N1的趋势,说明施氮不足时蔗糖含量下降早,而施氮过多亦不利于蔗糖的合成。

2. 施氮水平对子粒淀粉积累的影响

(1)施氮对子粒蔗糖含量的影响 由图1.3可知,两品种子粒蔗糖含量均呈单峰曲线变化。其中豫麦49各处理的子粒蔗糖含量峰值均出现在花后15 d;而太空6号的各

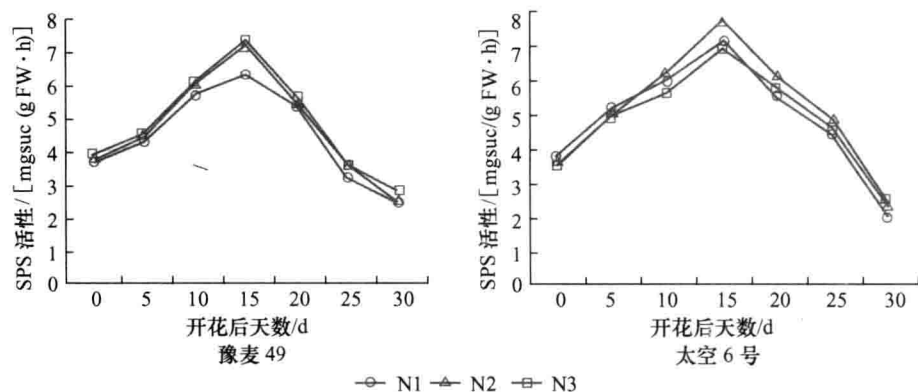


图 1.1 施氮水平对豫麦 49 和太空 6 号旗叶 SPS 活性的影响

(河南农业大学, 2007)

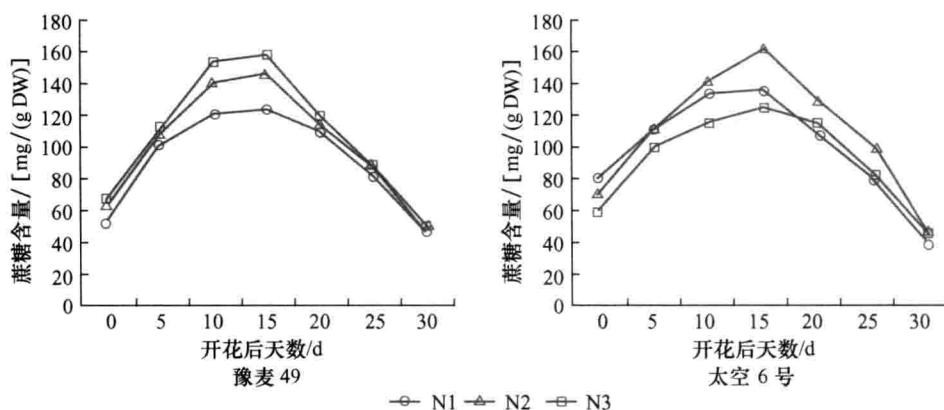


图 1.2 施氮水平对豫麦 49 和太空 6 号旗叶蔗糖含量的影响

(河南农业大学, 2007)

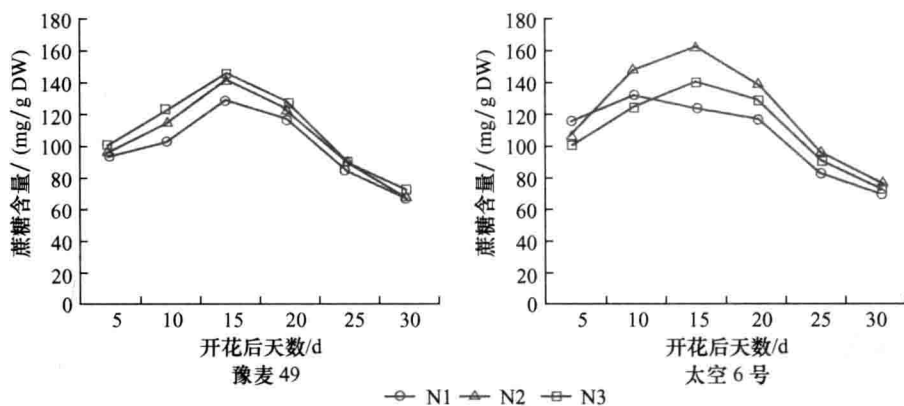


图 1.3 施氮水平对豫麦 49 和太空 6 号子粒蔗糖含量的影响

(河南农业大学, 2007)

处理达峰值时间不尽一致,其中 N1 处理在花后 10 d,其他处理均在花后 15 d,这可能与 N1 处理蔗糖运转至子粒中的数量不足,而此阶段子粒淀粉积累速度快引起的蔗糖过度消耗有关。氮水平也影响子粒蔗糖含量水平。豫麦 49 子粒蔗糖含量对施氮水平的响应特点是 $N3 > N2 > N1$,且随着灌浆过程的推移差异缩小;太空 6 号与前者有所不同,初始阶段 $N1 > N2 > N3$,但 15 d 后则是 $N2 > N3 > N1$,施氮不足不利于中后期子粒蔗糖的供应,施氮过多亦不利于提高子粒的蔗糖含量。

(2)施氮对子粒蔗糖合成酶(SS)活性的影响 由图 1.4 可知,两品种子粒 SS 活性变化为单峰曲线,其中豫麦 49 达到峰值的时间为花后 15 d,而太空 6 号达到最高值的时间为花后 20 d,峰值出现早晚可能与品种特性不同有关。在整个灌浆期内,豫麦 49 的 SS 活性均表现为随施氮量的增加而上升的趋势,而太空 6 号则表现为 $N2 > N1 > N3$ 的趋势。两品种相比,豫麦 49 不同处理之间子粒 SS 酶活性变异较小,而太空 6 号则变异较大,说明施氮水平对豫麦 49 子粒 SS 酶活性的影响小于太空 6 号。

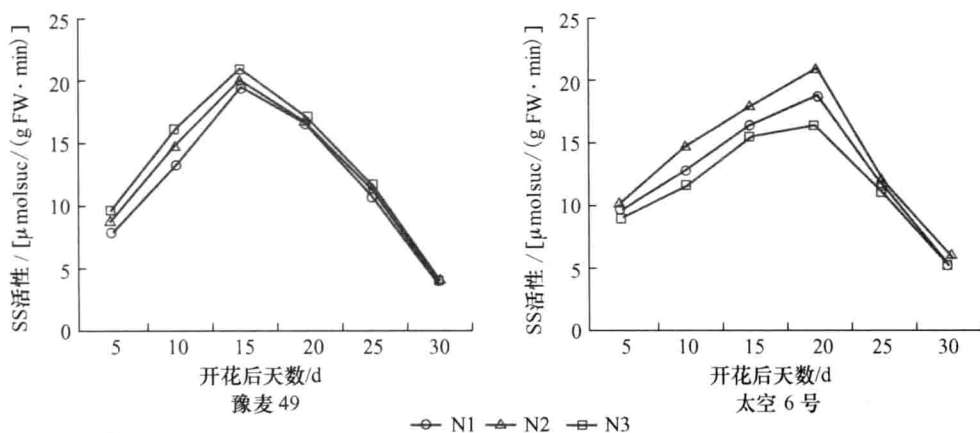


图 1.4 施氮水平对豫麦 49 和太空 6 号子粒蔗糖合成酶(SS)活性的影响

(河南农业大学, 2007)

(3)施氮对淀粉积累速率的影响 从图 1.5 可以看出,两品种子粒淀粉积累速率均先升后降,于花后 20 d 达最大值。豫麦 49 在整个灌浆期,淀粉积累速率均表现为 $N3 > N2 > N1$ 的趋势。而太空 6 号灌浆初期淀粉积累速率 $N1 > N2 > N3$;花后 10 d 后占灌浆期约 2/3 的时间内,则表现为 $N2 > N1 > N3$ 。两品种相比,豫麦 49 不同处理之间淀粉积累速率变异较小,而太空 6 号则变异较大,说明施氮水平对豫麦 49 的淀粉积累的影响小于太空 6 号。

3. 施氮水平对产量及其构成因素的影响

由表 1.5 可知,两品种达最高产量的施氮量有所不同,豫麦 49 以 N3 处理产量最高,而太空 6 号以 N2 处理产量最佳。从施氮对产量因子的影响看,在 $90 \sim 270 \text{ kg/hm}^2$ 施氮量范围内,豫麦 49 穗数、穗粒数和千粒重随施氮量的增加均呈增加趋势,且处理之间差异达显著水平,说明增施氮肥是通过对产量三因子的共同增加而提高产量。太空 6 号在 $90 \sim 180 \text{ kg/hm}^2$ 施氮量范围内,穗粒数和千粒重均呈增加趋势,且差异达显著水平;穗数