

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第31卷 第7期 Vol.31 No.7 2011

中国生态学学会
中国科学院生态环境研究中心
科学出版社

主办
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 31 卷 第 7 期 2011 年 4 月 (半月刊)

目 次

川南天然常绿阔叶林人工更新后土壤氮库与微生物的季节变化·····	龚 伟,胡庭兴,王景燕,等 (1763)
IBIS 模拟东北东部森林 NPP 主要影响因子的敏感性·····	刘 曦,国庆喜,刘经纬 (1772)
不同坡位沙棘光合日变化及其主要环境因子·····	靳甜甜,傅伯杰,刘国华,等 (1783)
氮、硫互作对克隆植物互花米草繁殖和生物量累积与分配的影响·····	甘 琳,赵 晖,清 华,等 (1794)
海岛棉和陆地棉叶片光合能力的差异及限制因素·····	张亚黎,姚贺盛,罗 毅,等 (1803)
遮荫对连翘光合特性和叶绿素荧光参数的影响·····	王建华,任士福,史宝胜,等 (1811)
3 种木本植物在铅锌和铜矿砂中的生长及对重金属的吸收·····	施 翔,陈益泰,王树凤,等 (1818)
施氮水平对小麦籽粒谷蛋白大聚集体粒径分布的调控效应·····	王广昌,王振林,崔志青,等 (1827)
强光下高温与干旱胁迫对花生光系统的伤害机制·····	秦立琴,张悦丽,郭 峰,等 (1835)
环境因子和干扰强度对高寒草甸植物多样性空间分异的影响·····	温 璐,董世魁,朱 磊,等 (1844)
利用 CASA 模型模拟西南喀斯特植被净第一性生产力·····	董 丹,倪 健 (1855)
北京市绿化树种紫玉兰的蒸腾特征及其影响因素·····	王 华,欧阳志云,任玉芬,等 (1867)
平衡施肥对缺磷红壤性水稻土的生态效应·····	陈建国,张杨珠,曾希柏,等 (1877)
冬小麦种植模式对水分利用效率的影响·····	齐 林,陈雨海,周勋波,等 (1888)
黄土高原冬小麦地 N ₂ O 排放·····	庞军柱,王效科,牟玉静,等 (1896)
花前渍水预处理对花后渍水逆境下扬麦 9 号籽粒产量和品质的影响·····	李诚永,蔡 剑,姜 东,等 (1904)
低硫氮比酸雨对亚热带典型树种气体交换和质膜的影响·····	冯丽丽,姚芳芳,王希华,等 (1911)
夹竹桃皂甙对福寿螺的毒杀效果及其对水稻幼苗的影响·····	戴灵鹏,罗蔚华,王万贤 (1918)
海河流域景观空间梯度格局及其与环境因子的关系·····	赵志轩,张 彪,金 鑫,等 (1925)
中国灌木林-经济林-竹林的生态系统服务功能评估·····	王 兵,魏江生,胡 文 (1936)
城郊过渡带湖泊湿地生态服务功能价值评估——以武汉市严东湖为例·····	王凤珍,周志翔,郑忠明 (1946)
黄河三角洲植物生态位和生态幅对物种分布-多度关系的解释·····	袁 秀,马克明,王 德 (1955)
基于景观可达性的广州市林地边界动态分析·····	朱耀军,王 成,贾宝全,等 (1962)
红脂大小蠹传入中国危害特性的变化·····	潘 杰,王 涛,温俊宝,等 (1970)
基于线粒体 <i>Cyt b</i> 基因的西藏马鹿种群遗传多样性研究·····	刘艳华,张明海 (1976)
不同干扰下荒漠啮齿动物群落多样性的多尺度分析·····	袁 帅,武晓东,付和平,等 (1982)
秦岭鼯鼠的洞穴选择与危害防控·····	鲁庆彬,张 阳,周材权 (1993)
京杭运河堤坝区域狗獾的栖息地特征·····	殷宝法,刘宇庆,刘国兴,等 (2002)

专论与综述

微生物胞外呼吸电子传递机制研究进展·····	马 晨,周顺桂,庄 莉,等 (2008)
厌氧氨氧化菌脱氮机理及其在污水处理中的应用·····	王 惠,刘研萍,陶 莹,等 (2019)

问题讨论

海河流域森林生态系统服务功能评估·····	白 杨,欧阳志云,郑 华,等 (2029)
-----------------------	-----------------------

研究简报

体重和盐度对中国蛤蚧耗氧率和排氮率的影响·····	赵 文,王雅倩,魏 杰,等 (2040)
虾塘养殖中后期微型浮游动物的摄食压力·····	张立通,孙 耀,赵从明,等 (2046)

期刊基本参数: CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 290 * zh * P * ¥ 70.00 * 1510 * 33 * 2011-04



封面图说: 日斜茅荆坝·河北茅荆坝——地处蒙古高原向华北平原过渡地带的暖温带落叶阔叶林,色彩斑斓,正沐浴着晚秋温暖的阳光。

彩图提供: 国家林业局陈建伟教授 E-mail: cites.chenjw@163.com

施氮水平对小麦籽粒谷蛋白大聚集体粒径分布的调控效应

王广昌, 王振林*, 崔志青, 李文阳, 王平, 李勇, 陈晓光, 孟范玉

(山东农业大学农学院/作物生物学国家重点实验室, 山东泰安 271018)

摘要: 谷蛋白大聚集体(GMP)是决定小麦品质形成的重要因素, 在小麦籽粒发育过程中, GMP以球形颗粒形式贮藏在小麦籽粒胚乳中, 其含量及颗粒大小受亚基组成及环境条件的影响。以不同穗型冬小麦品种为材料, 通过大田试验探讨了施氮水平与小麦籽粒谷蛋白大聚集体含量及其颗粒粒径分布的关系。结果表明, 在0—240kg/hm²范围内增施氮肥能显著提高小麦籽粒中GMP的含量, 施氮量继续增加则不利于小麦籽粒GMP积累。小麦籽粒GMP颗粒粒径分布范围为0.375—256 μm; GMP颗粒的体积和表面积分布均呈双峰曲线, 数目分布呈单峰曲线。在0—240kg/hm²范围内增施氮肥能显著提高>10 μm GMP颗粒数目百分比和体积百分比, 表明施氮能促进大颗粒GMP的形成。不同品种对施用氮肥的反应呈现差异。大穗型品种泰山9818籽粒GMP含量及颗粒粒径分布对氮肥的反应较为敏感。

关键词: 小麦; 施氮量; 谷蛋白大聚集体; GMP分布

GMP particles size distribution in grains of wheat in relation to application of nitrogen fertilizer

WANG Guangchang, WANG Zhenlin*, CUI Zhiqing, LI Wenyang, WANG Ping, LI Yong, CHEN Xiaoguang, MENG Fanyu

Agronomy College, Shandong Agricultural University/National Key Laboratory of Crop Biology, Tai'an 271018, China

Abstract: Glutenin macropolymer is an important characteristic that affect significantly processing quality of wheat flour. It is determined by glutenin subunit composition and influenced by field environment during grain development. Application of nitrogen fertilizer is one of the most important measure to increase grain yield and protein content in winter wheat production. However, misuse of nitrogen fertilizer will not only affect grain yield, but also cause the decline of quality. To evaluate effects of nitrogen rates on GMP contents and GMP particles distribution in grains, a fertilizer experiment was designed with four treatments: without applying N fertilizer (N0), nitrogen rates of 160 kg/hm² (N1), 240 kg/hm² (N2), and 320 kg/hm² (N3), ratios of base fertilizer to topdressing of 1:1, using two wheat cultivars differing in spike type. The plot area was 3 m×4 m = 12 m². At the three-leaf stages, the seedlings were thinned to a density of 225 plants per m² for Taishan9818 (the large-spike cultivar), while for Shannong15 (the small-spike cultivar) that was 180 plants per m².

The results showed that application of nitrogen fertilizer increased markedly the GMP content in both cultivars, but, there were different patterns in response to nitrogen application between the two cultivars. Nitrogen application generally increased GMP content at nitrogen rate ranging from 0 to 240 kg/hm², and decreased when excessive nitrogen of 320 kg/hm² was applied in Shannong 15, while in Taishan9818, the content of GMP was increased within the nitrogen rates from 0 to 160 kg/hm², and decreased with the increasing nitrogen supply. This indicated that appropriate N fertilizer rate generally increased GMP content of wheat grain, while at the excessive nitrogen rate, the contents of GMP decreased.

基金项目: 国家自然科学基金项目(30871477); 国家重点基础研究发展计划(973)课题(2009CB118602); 公益性行业(农业)科研专项(200803037)

收稿日期: 2010-03-09; **修订日期:** 2010-08-09

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: zlwang@sdau.edu.cn

Taishan9818, the large-spike cultivar, was more sensitive to nitrogen in GMP content as compared with small-spike cultivar Shannong15. At maturity, the diameter of GMP particles changed in the range of 0.375—256 μm . Volume and surface area distribution of GMP particles exhibited the typical two populations, while number distribution showed single peak curves. The $D_{4,3}$ (weighted average volume) of Shannong15 was higher than Taishan9818, this contribution mainly came from the higher percentage of $>100 \mu\text{m}$ GMP particle volume distribution in Shannong15. At the range of 0—240 kg/hm^2 , the percentage of $<10 \mu\text{m}$ GMP particle volume distribution was decreased with the increasing nitrogen supply. It indicated that appropriate nitrogen fertilizer rate generally increased the percentage of larger particles volume distribution. The surface area percentage of 10—100 μm and $>100 \mu\text{m}$ GMP particle and the $D_{3,2}$ (weighted average surface area) were increased within the nitrogen rates from 0 to 240 kg/hm^2 , and decreased when excessive nitrogen of 320 kg/hm^2 was applied, nitrogen application also increased the percentages of number of $>10 \mu\text{m}$ GMP particles. These indicated that appropriate nitrogen application promoted the formation of larger particles. The analysis of correlation showed that the content and proportions of GMP in total protein were positively correlated with the volume of $>100 \mu\text{m}$ GMP particles and sensitively with the $D_{4,3}$. It suggested that the higher proportion of larger GMP granules was consistent with higher content of GMP in grains of wheat.

Key Words: wheat; nitrogen application rate; GMP; GMP-distribution

小麦品质受基因型、环境及基因型与环境互作的影响^[1]。品种的基因型是品质性状的遗传基础,栽培环境则是品质性状表达的条件。在基因型和生态环境条件一定的情况下,植株营养的供给状况是造成小麦品质差异的一个重要原因。氮素供应状况是影响小麦品质形成的关键因素之一。Gupta 等研究认为,施氮使面粉蛋白质含量提高的同时会导致蛋白质组分的改变^[2]。但不同研究结果之间尚存在差异。有研究认为,随着施肥水平的提高,籽粒蛋白质含量增加,面粉蛋白质品质得到改善^[3];也有研究认为,增施氮肥虽然能提高面粉蛋白质含量,但过量施用氮肥会抑制硫向籽粒的转移,使蛋白质品质变劣^[4]。

麦谷蛋白是面筋蛋白的主要成分,是影响面团弹性的重要因素^[5-6]。谷蛋白亚基之间通过相互连接形成具有异质性的谷蛋白聚合体,其中,不溶于 1.5% (w/v) SDS 的透明胶状蛋白,被命名为“谷蛋白大聚合体”,简称 GMP^[7]。Don 等研究发现,谷蛋白大聚合体在小麦胚乳中是以球形谷蛋白颗粒组成的,谷蛋白颗粒的大小决定了面团形成所需要的搅拌时间(和面时间)和谷蛋白大聚合体的流变特性^[8-9]。GMP 的含量及粒径大小受亚基组成以及环境条件的影响^[10-11]。Don 等报道,含 5+10 亚基小麦品种的 GMP 颗粒粒径较大;高温胁迫增大了 GMP 颗粒的粒径^[12]。增施氮肥可以提高谷蛋白大聚合体含量,改变谷蛋白亚基间的比例^[13]。此外,前人多以不溶性谷蛋白聚合体占谷蛋白聚合体总含量的百分数(UPP%)作为聚合体的粒度大小相对分布加以研究,并认为增施氮肥可以提高不溶性谷蛋白聚合体的比例,影响聚合体的粒度分布情况^[14-15]。但氮素供应对谷蛋白大聚合体颗粒粒径分布的影响,鲜见报道。

为此,研究了施氮水平对小麦籽粒 GMP 含量及其颗粒粒径分布的影响,目的在于阐明增施氮肥对小麦籽粒蛋白质品质的调控效应,为小麦优质高产栽培中制定合理施肥方案提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验设计

试验于 2007—2009 年在山东农业大学泰安作物实验站进行。供试材料选用大穗型冬小麦品种泰山 9818 (TS9818) 和多穗型冬小麦品种山农 15 (SN15)。施氮量处理设置 N_0 ($\text{N } 0 \text{ kg}/\text{hm}^2$)、 N_1 ($\text{N } 160 \text{ kg}/\text{hm}^2$)、 N_2 ($\text{N } 240 \text{ kg}/\text{hm}^2$)、 N_3 ($\text{N } 320 \text{ kg}/\text{hm}^2$) 4 个水平,基肥与追肥的比例为 1:1,追肥于拔节期施入。完全随机区组设计,重复 3 次。小区面积 $3\text{m} \times 4\text{m} = 12\text{m}^2$ 。供试土壤类型为壤土,0—20cm 土层有机质、全氮、速效氮、速效磷、速效钾含量分别为 11.3 g/kg、0.83 g/kg、59.96 mg/kg、20.3 mg/kg 和 83.0 mg/kg。磷肥、钾肥用量分别为 120 kg/hm^2 、120 kg/hm^2 ,全部用作底施。开花期选择同日开花、生长一致的单茎,挂牌标记,成熟期取样 30 穗。于 65℃ 烘箱烘至恒重,用于室内分析。

1.2 测定项目及方法

1.2.1 GMP 含量测定

参照孙辉等的方法^[5],稍作改动。0.05g 全麦粉加 1mL 1.5% 的 SDS 提取液,常温下 15500×g 离心 15min,弃上清液,用双缩脲法测定残余物中氮含量作为 GMP 的近似值。

1.2.2 GMP 提取及粒度测定

参照 Don 等的方法提取 GMP 凝胶^[7]。称取 1.4g 样品,放入 50 mL 离心管,加 1.5% SDS 溶液 28 mL,混匀,震荡提取 12h 左右,至充分溶解,80000×g,20℃ 离心 30 min。小心挖取上层透明状蛋白质凝胶,混匀,称取 1 g 放入 10 mL 离心管,旋即加入 1.5% SDS 溶液 5mL,混匀。用 LS13320 激光衍射粒度分析仪(美国 Beckman Coulter 公司)分析。

1.3 统计分析

采用 Microsoft Excel2003 和 DPS(Data Processing System) 统计分析系统进行数据处理和统计分析。

2 结果与分析

2.1 小麦籽粒 GMP 与蛋白质含量、GMP/Pr 及籽粒产量

表 1 表明,施氮显著增加了小麦籽粒中 GMP 含量及籽粒产量。施氮量低于 240 kg/hm² (N2 处理)时,多穗型品种 SN15 籽粒中 GMP 含量随施氮量增加显著提高,但当施氮量提高至 320 kg/hm² (N3 处理)时,GMP 含量有下降趋势;大穗型品种 TS9818 对氮肥更为敏感,稍加施氮(N1 处理)其籽粒 GMP 含量就增加至最大值,继续施氮 GMP 含量反而下降。在低于 240 kg/hm² 施氮量范围内,随施氮量增加,两品种籽粒产量均按渐减率上升,产量增加;继续施氮籽粒产量下降。表明过多施氮不利于小麦籽粒 GMP 的积累及籽粒产量的形成。

氮肥可增加小麦籽粒蛋白质含量,提高谷蛋白大聚合物在总蛋白质中所占的比例,施氮与不施氮之间差异达极显著水平。

表 1 施用氮肥对小麦籽粒 GMP 含量、蛋白质含量、GMP/Pr 及籽粒产量的影响

Table 1 Effect of nitrogen application on the contents of GMP and protein in flour, GMP/Pr and grain yield of wheat

处理 Treatment	SN15				TS9818			
	GMP /%	Pr /%	GMP/Pr /%	Grain yield /(kg/hm ²)	GMP /%	Pr /%	GMP/Pr /%	Grain yield /(kg/hm ²)
N0	2.25d	12.07d	18.62c	7888	1.88c	12.69d	14.84b	8116
N1	2.51c	12.87c	19.49b	8387	2.6a	15.92a	16.36a	8217
N2	2.92a	13.83a	21.09a	8689	2.56a	15.36b	16.66a	8531
N3	2.83b	13.71b	20.66a	8402	2.06b	14.5c	14.21c	7892

同栏数字后有相同小写字母者,表示差异未达 5% 显著水平

2.2 GMP 的粒度分布

2.2.1 GMP 颗粒体积分布

不同施氮水平下,成熟期小麦籽粒 GMP 颗粒体积分布趋势类似,均为双峰曲线(图 1),粒径范围在 0.375—256μm 之间。第 1 个峰值出现在 5μm 左右,第 2 个峰值在不同品种、不同施氮水平之间差异较大,变化幅度介于 100—140μm 之间。GMP 颗粒体积分布图中的峰高,在不同施氮水平下表现出显著的不同,表明同一粒径范围内的 GMP 颗粒在不同施氮水平下占有不同的比例。

由表 2 可知,小麦籽粒 GMP 颗粒体积分布存在品种和处理间差异。<10 μm 颗粒体积所占总体积比例为 13.2%—38.1%,而 10—100 μm 颗粒和 >100 μm 颗粒对体积的贡献分别为 30.3%—47.6% 和 23.8%—50.1%。D(4,3) 表示颗粒体积平均径,是描述颗粒粒径体积分布的重要参数。品种间比较看出,多穗型品种 SN15 的 GMP 颗粒体积平均径明显大于大穗型品种 TS9818,这种增大效应主要由 >100 μm 的 GMP 颗粒构成。多穗型品种 SN15 中 <10 μm 的 GMP 颗粒所占体积百分比显著低于大穗型品种 TS9818,而 >100 μm 颗粒所占

体积比例显著高于 TS9818。

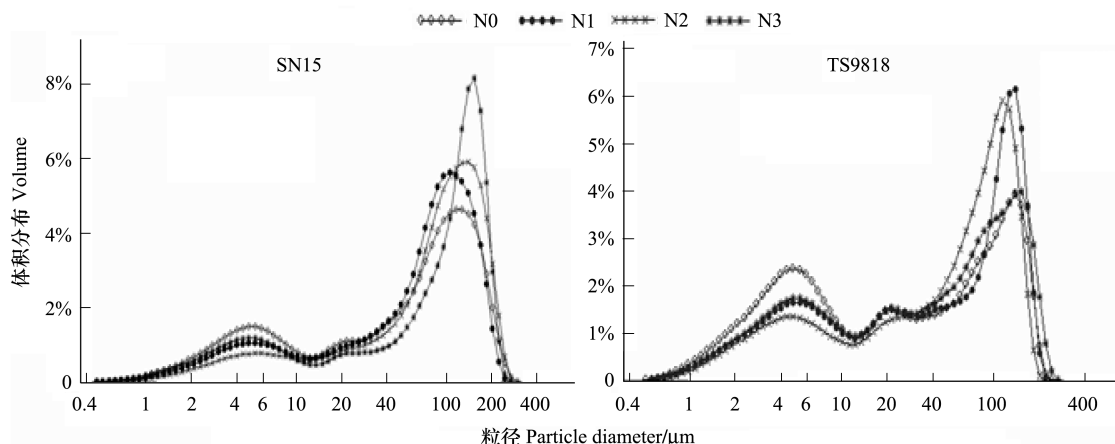


图 1 施氮对小麦 GMP 体积分布的影响

Fig. 1 Effect of nitrogen rate on volume distribution of GMP granule of wheat

表 2 小麦籽粒 GMP 体积分布

Table 2 Volume distribution of GMP particle / %

品种 Cultivar	处理 Treatment	GMP 粒径 Particle diameter of GMP/ μm			
		<10	10—100	>100	D(4,3)
泰山 9818 TS9818	N0	38.1a	38.1c	23.8c	53.24c
	N1	28.1b	38.2c	33.7a	65.70a
	N2	23.6c	47.6a	28.8b	64.12ab
	N3	29.0b	42.7b	28.3b	63.92b
山农 15 SN15	N0	23.9a	42.5b	33.6c	73.75c
	N1	17.4c	47.4a	35.2c	77.77b
	N2	13.2d	41.9b	44.9b	92.93a
	N3	19.6b	30.3c	50.1a	92.81a

同栏数字后有相同小写字母者,表示差异未达 5% 显著水平

施氮水平显著影响小麦籽粒 GMP 颗粒体积分布。施氮显著减小了 <10 μm 颗粒所占体积比例,在 0—240 kg/hm^2 施氮范围内,随着施氮量的增加,<10 μm 颗粒所占体积比例显著降低,当施氮量增加至 320 kg/hm^2 (N3 处理)时,其比例反弹升高,TS9818 和 SN15 均表现为 N0>N3>N1>N2。10—100 μm 和 >100 μm 颗粒所占体积比例在 TS9818 中表现为 N2>N3>N1>N0、N1>N2>N3>N0,而在 SN15 中表现为 N1>N0>N2>N3、N2>N3>N1>N0。不同施氮水平下,D(4,3)表现出与 >100 μm 颗粒相同的趋势。表明增施氮肥能够显著提高大、中体积颗粒所占体积比例,只是大穗型品种 TS9818 对施氮更为敏感,从不施氮(N0 处理)到低施氮(N1 处理),>100 μm 颗粒所占体积比例从最低 23.8% 突升至最高 33.7%;而多穗型品种 SN15 的 GMP 大颗粒所占比例则随施氮量的增加而逐步增加,从不施氮(N0 处理)最低 33.6% 逐步增加到高施氮水平(N3 处理)的 50.1%。

2.2.2 GMP 颗粒表面积分布

不同施氮水平下,小麦籽粒 GMP 颗粒表面积分布趋势相似,曲线呈不明显双峰(图 2)。主峰峰值较高,出现在 3 μm 左右,第二个峰峰值较小,出现在 120 μm 左右。峰值的大小与施氮水平关系紧密。

表面积大小与颗粒的粒径、形状、表面缺陷及孔结构密切相关。从表 3 可以看出,小麦籽粒 GMP <10 μm 颗粒占总表面积的 75.2%—89.9%,10—100 μm 和 >100 μm 颗粒分别占总表面积的 8.9%—19.1% 和 1.25%—5.74%。施氮显著降低了 <10 μm 颗粒所占表面积比例,增加了 10—100 μm 和 >100 μm 颗粒所占表面积比例。并且,在一定施氮范围内(0—240 kg/hm^2),随着施氮量的增加,其比例逐步降低或增加。小麦籽粒 GMP 颗粒表面积平均径(D3,2)亦随施氮量的增加而增大,但过量施氮又会减小(D3,2)值。

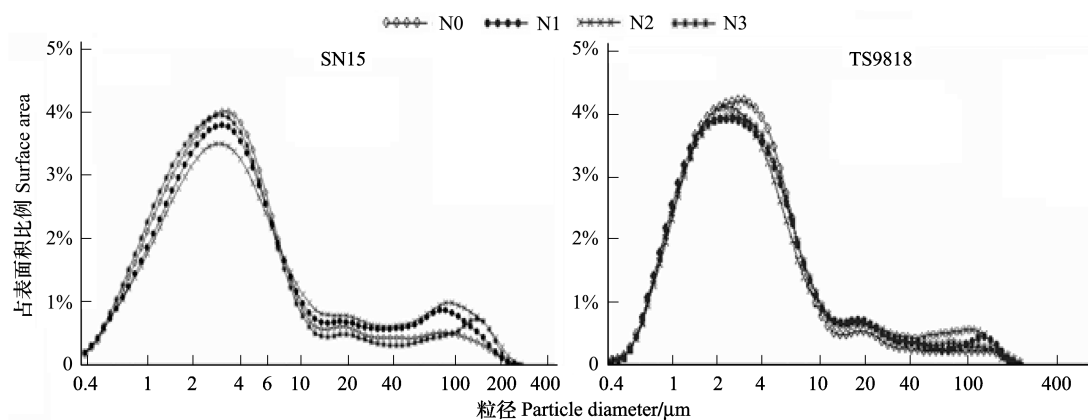


图2 施氮对小麦 GMP 表面积分布的影响

Fig. 2 Effect of nitrogen rate on surface area distribution of GMP granule of wheat

表3 小麦籽粒 GMP 表面积分布

Table 3 Surface area distribution of wheat GMP / %

品种 Cultivar	处理 Treatment	GMP 粒径 Particle diameter of GMP/ μm			
		<10	10—100	>100	D(3,2)
泰山 9818 TS9818	N0	89.9a	8.9c	1.25c	7.16c
	N1	86.0b	11.7b	2.33a	9.28b
	N2	83.8c	13.8a	2.40a	10.58a
	N3	85.9b	12.3b	1.83b	9.13b
山农 15 SN15	N0	84.6a	12.7c	2.65c	11.06d
	N1	79.3b	16.9b	3.77b	14.43b
	N2	75.2c	19.1a	5.74a	18.16a
	N3	84.9a	10.6d	4.55b	13.06c

同栏数字后有相同小写字母者,表示差异未达 5% 显著水平

2.2.3 GMP 颗粒数目分布

不同施氮水平下,小麦籽粒 GMP 颗粒数目分布均呈单峰曲线变化(图 3),峰值出现在 $1\mu\text{m}$ 左右,峰值大小与施氮水平密切相关。

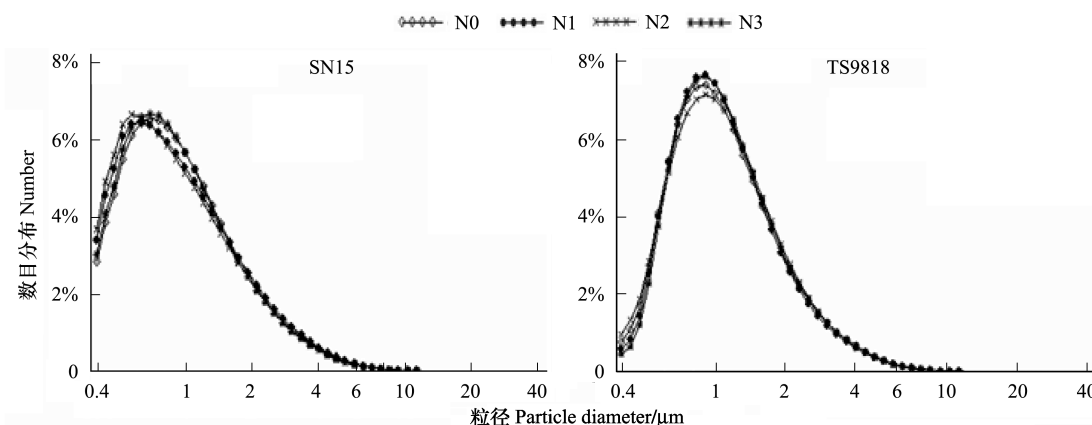


图3 施氮对小麦 GMP 数目分布的影响

Fig. 3 Effect of nitrogen rate on number distribution of GMP granule of wheat

由表 4 看出,不同粒径下的小麦籽粒 GMP 颗粒数目分布在大穗型品种 TS9818 和多穗型品种 SN15 中表现相似,主要由 $<10\mu\text{m}$ 颗粒组成, $>10\mu\text{m}$ 的 GMP 颗粒仅占数目总量的 0.1% 左右。

从施氮对小麦籽粒 GMP 颗粒数目分布的影响来看,氮肥对大穗型品种 TS9818 的影响大于对多穗型品种 SN15 的影响。施氮均可提高 2 品种 $>10\mu\text{m}$ GMP 颗粒数目比例,但是 TS9818 籽粒 $>10\mu\text{m}$ 的 GMP 颗粒数目所占的比例在一定施氮范围内,随着施氮量的增加而逐步升高,过量施氮反而降低 $>10\mu\text{m}$ 的 GMP 颗粒数目所占的比例,而对于多穗型品种 SN15,施氮虽然可以提高 $>10\mu\text{m}$ GMP 颗粒数目比例,但施氮量的多少并不影响 $>10\mu\text{m}$ 的 GMP 颗粒数目所占的比例。

2.3 GMP 粒度分布与 GMP 含量的相关性分析

相关性分析(表 5)表明,小麦籽粒谷蛋白大聚合体含量及其占总蛋白的比例均与 $<10\mu\text{m}$ GMP 颗粒体积百分比呈负相关关系;与 $>100\mu\text{m}$ GMP 颗粒体积百分比和体积平均粒径 $D(4,3)$ 分别呈正相关和显著正相关关系。表明大粒径 GMP 颗粒具有较高的 GMP 含量。

表 5 GMP 粒度分布与 GMP 含量的相关分析

Table 5 Correlations of GMP size distribution and GMP content

GMP 含量 GMP content	GMP 粒径 Particle diameter of GMP/ μm			
	<10	10—100	>100	$D(4,3)$
GMP 含量 GMP content	-0.788	-0.483	0.889	0.975 *
GMP 占总蛋白的比例 GMP/Pr	-0.795	-0.470	0.882	0.976 *

* 表示 5% 水平上的差异显著性

3 讨论

小麦籽粒中高分子量谷蛋白亚基(HMW-GS)通过链间二硫键首尾相连形成主干,然后低分子量谷蛋白亚基(LMW-GS)再与 HMW-GS 剩余半胱氨酸残基相连,形成带有分支的结构,进而积聚成大聚合体(GMP),其含量既受遗传因素的影响,又受环境因素的制约^[9,12]。Zhu 和 Khan 等认为增施氮肥可以提高 GMP 含量,改变谷蛋白亚基间的比例^[13]。岳鸿伟等研究发现,氮肥对 GMP 和 HMW-GS 积累的调控效应与氮肥用量和品种特性有关^[16]。本研究表明,施氮显著增加了小麦籽粒中 GMP 含量及籽粒产量。在低于 240 kg/hm^2 施氮量范围内,随施氮量增加,两品种籽粒产量均按渐减率上升,产量增加;继续施氮,小麦籽粒产量及 GMP 含量下降,表明过多施氮不利于小麦籽粒 GMP 的积累及籽粒产量的形成。这可能是因为适量施氮能够促进 GMP 的聚合形成,但过量施氮抑制了硫向籽粒的转移,导致籽粒硫积累量和含量降低^[4,17],从而削弱二硫键的生物合成,进而影响聚合物的形成。大穗型品种 TS9818 籽粒 GMP 含量对氮素的反应较敏感,在本试验条件下,低氮(160 kg/hm^2)处理即可使其籽粒 GMP 含量增加至最大值,这可能与不同穗型小麦品种吸收利用氮素的差异有关^[18]。

Don 等人在 Carceller 提出的谷蛋白 hyper-aggregation 模型^[19]基础上提出了 GMP 颗粒形成的 3 个步骤:谷蛋白亚基的生物合成、大量低聚物的形成与聚合,进一步聚合为不溶性谷蛋白颗粒^[12]。并通过一系列研究认为,谷蛋白大聚合体在小麦籽粒胚乳中是以球形谷蛋白颗粒构成的,其粒径分布范围为 $1\text{—}300\mu\text{m}$,粒径大小受亚基组成及栽培条件的影响^[12,20-21]。本研究表明,在不同施氮水平下,小麦籽粒 GMP 颗粒粒径分布趋势相似,体积和表面积分布呈双峰曲线变化,粒径范围为 $0.375\text{—}300\mu\text{m}$;数目分布呈单峰曲线变化,GMP 颗粒主要由 $<10\mu\text{m}$ 颗粒组成, $>10\mu\text{m}$ 的 GMP 颗粒仅占数目总量的 0.1% 左右。施氮水平能够显著影响小麦籽粒 GMP 颗粒粒径分布,适量施氮能够显著提高大、中体积颗粒所占总体积比例,降低 $<10\mu\text{m}$ 颗粒所占总体积比例,提高 $>10\mu\text{m}$ 颗粒数目比例。说明施氮能够提升谷蛋白的聚合作用,有利于低聚物向高聚物的进一步聚

表 4 小麦 GMP 数目分布

Table 4 Number distribution of wheat GMP / %

品种 Cultivar	处理 Treatment	GMP 粒径 Particle diameter of GMP/ μm		
		<10	>10	
泰山 9818	N0	99.91ab	0.09bc	
	TS9818	N1	99.89ab	0.11ab
		N2	99.87b	0.13a
山农 15 SN15	N3	99.93a	0.07c	
	N0	99.92a	0.08a	
	N1	99.89a	0.11a	
	N2	99.89a	0.11a	
	N3	99.89a	0.11a	

同栏数字后有相同小写字母者,表示差异未达 5% 显著水平

合,促进大颗粒 GMP 的形成。但是,由于不同类型小麦品种吸收利用氮素的差异性^[9],施氮量对两种不同穗型小麦籽粒 GMP 颗粒粒度分布的影响程度不同,大穗型品种籽粒 GMP 颗粒粒度分布对氮素的反应更敏感。关于氮素运筹对小麦籽粒 GMP 形成过程中的调控作用还有待进一步研究。

4 结论

0—240kg/hm² 范围内施氮能够显著增加小麦籽粒中 GMP 的含量,施氮量继续增加则不利于小麦籽粒 GMP 积累。施氮能够显著提高大、中颗粒所占总体积比例,降低<10 μm 颗粒所占总表面积比例,提高>10μm 颗粒数目比例。但是,施氮水平对两种不同类型小麦籽粒 GMP 含量及颗粒粒度分布的影响程度不同,大穗型品种籽粒 GMP 含量及颗粒粒度分布对氮素的反应更敏感。

References:

- [1] Morris C F, Shackley B J, King G E, Kidwell K K. Genotypic and environmental variation for flour swelling volume in wheat. *Cereal Chemistry*, 1997,74(1):16-21.
- [2] Gupta R B, Batey I L, MacRitchie F. Relationships between protein composition and functional properties of wheat flours. *Cereal Chemistry*, 1992,69: 125-131.
- [3] Martin R J, Sutton K H, Muyle T N, Gillespie R N. Effect of nitrogen fertilizer on the yield and quality of six cultivars of autumn-sown wheat. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 1992, 20: 273-282.
- [4] Wang D, Yu Z W. Effects of nitrogen application rate on the accumulation and redistribution of nitrogen and sulphur, and grain quality of wheat. *Acta Agronomica Sinica*, 2007,33(9):1439-1445.
- [5] Sun H, Yao D N, Li B Y, Liu G T, Zhang S Z. Correlation between content of glutenin macropolymer (GMP) in wheat and baking quality. *Journal of the Chinese Cereals and Oils Association*, 1998,13(6):13-16.
- [6] Sapirstein H D, Suchy J. SDS-protein gel test for prediction of bread loaf volume. *Cereal Chemistry*, 1999,76(1):164-172.
- [7] Don C, Lichtendonk W, Plijter J J, Hamer R J. Glutenin macropolymer: a gel formed by glutenin particles. *Journal of Cereal Science*, 2003,37(1):1-7.
- [8] Don C, Mann G, Bekes F, Hamer R J. HMW-GS affect the properties of glutenin particles in GMP and thus flour quality. *Journal of Cereal Science*, 2006,44(2): 127-136.
- [9] Sun H, Yao D N, Li B Y, Liu G T, Zhang S Z. Effects of genetic and environmental factors on the content of glutenin macropolymer. *Journal of Triticeae Crops*, 2000, 20(2): 23-27.
- [10] Deng Z Y, Tian J C, Liu X P. Accumulation regularity of protein components in wheat cultivars with different HMW-GS. *Acta Agronomica Sinica*, 2004, 30(5): 481-486.
- [11] Liang T B, Yin Y P, Cai R G, Yan S H, Li W Y, Geng Q H, Wang P, Wu Y H, Li Y, Wang Z L. HMW-GS accumulation and GMP size distribution in grains of Shannong 12 grown in different soil conditions. *Acta Agronomica Sinica*, 2008,34(12): 2160-2167.
- [12] Don C, Lookhart G, Naeem H, MacRitchie F, Hamer R J. Heat stress and genotype affect the glutenin particles of the glutenin macropolymer-gel fraction. *Journal of Cereal Science*, 2005, 42: 69-80.
- [13] Zhu J, Khan K. Characterization of monomeric and glutenin polymeric proteins of hard red spring wheats during grain development by multistacking SDS-PAGE and capillary zone electrophoresis. *Cereal Chemistry*, 1999, 76(2): 261-269.
- [14] Tang Y F, Wei X J. Review on wheat glutenin macropolymer(GMP). *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2005, 21(9):39-42.
- [15] Jiang H M, Yu S L, Yu Z W, Zhao Q, Qiu H J, Ding X Y. Response of wheat gluten in polymerization to increased nitrogen fertilization. *Journal of Triticeae Crops*, 2003, 23(2): 43-46.
- [16] Yue H W, Qin X D, Dai T B, Jing Q, Cao W X, Jiang D. Effects of nitrogen rate on accumulations of HMW-GS and GMP in wheat grain. *Acta Agronomica Sinica*, 2006, 32(11): 1678-1683.
- [17] Flaete N E S, Hollung K, Ruud L, Sogn T, Faergestad E M, Skarpeid H J, Magnus E M, Uhlen A K. Combined nitrogen and sulphur fertilization and its effect on wheat quality and protein composition measured by SE-FPLC and proteomics. *Journal of Cereal Science*, 2005, 41(3): 357-369.
- [18] Guo T C, Song X, Ma D Y, Feng W, Wang Y H. Effects of nitrogen application on grain yield, N absorption and utilization rate in winter wheat with two spike-types. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 2008,28(3):554-558.
- [19] Carceller J L, Aussenac T. Size characterisation of glutenin polymers by HPSEC-MALLS. *Journal of Cereal Science*, 2001, 33(2): 131-142.
- [20] Don C, Lichtendonk W J, Plijter J J, Hamer R J. Understanding the link between GMP and dough: from glutenin particles in flour towards developed dough. *Journal of Cereal Science*, 2003, 38(2): 157-165.

- [21] Don C, Lichtendonk W J, Plijter J J, Hamer R J. The effect of mixing on glutenin particle properties: aggregation factors that affect gluten function in dough. *Journal of Cereal Science*, 2005, 41(1): 69-83.

参考文献:

- [4] 王东, 于振文. 施氮量对强筋小麦品种济麦 20 氮硫积累与再分配及籽粒品质的影响. *作物学报*, 2007, 33(9): 1439-1445.
- [5] 孙辉, 姚大年, 李宝云, 刘广田, 张树榛. 普通小麦谷蛋白大聚合体的含量与烘焙品质的相关关系. *中国粮油学报*, 1998, 13(6): 13-16.
- [9] 孙辉, 姚大年, 李宝云, 刘广田, 张树榛. 小麦谷蛋白大聚合体含量的影响因素. *麦类作物学报*, 2000, 20(2): 23-27.
- [10] 邓志英, 田纪春, 刘现鹏. 不同高分子量谷蛋白亚基组合的小麦籽粒蛋白组分及其谷蛋白大聚合体的积累规律. *作物学报*, 2004, 30(5): 481-486.
- [11] 梁太波, 尹燕桦, 蔡瑞国, 闫素辉, 李文阳, 耿庆辉, 王平, 邬云海, 李勇, 王振林. 不同土壤条件下山农 12 小麦籽粒 HMW-GS 积累及 GMP 粒度分布特征. *作物学报*, 2008, 34(12): 2160-2167.
- [13] 唐云峰, 魏秀俭. 小麦谷蛋白大聚合体的研究进展. *中国农学通报*, 2005, 21(9): 39-42.
- [15] 姜鸿明, 余松烈, 于振文, 赵倩, 邱化蛟, 丁晓义. 小麦谷蛋白聚合作用对增施氮肥的反应. *麦类作物学报*, 2003, 23(2): 43-46.
- [16] 岳鸿伟, 秦晓东, 戴廷波, 荆奇, 曹卫星, 姜东. 施氮量对小麦籽粒 HMW-GS 及 GMP 含量动态的影响. *作物学报*, 2006, 32(11): 1678-1683.
- [18] 郭天财, 宋晓, 马冬云, 冯伟, 王永华. 施氮水平对 2 种穗型冬小麦品种产量及氮素吸收利用的影响. *西北植物学报*, 2008, 28(3): 554-558.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 31, No. 7 April, 2011 (Semimonthly)

CONTENTS

Seasonal variation of soil nitrogen pools and microbes under natural evergreen broadleaved forest and its artificial regeneration forests in Southern Sichuan Province, China	GONG Wei, HU Tingxing, WANG Jingyan, et al (1763)
Sensitivity analysis for main factors influencing <i>NPP</i> of forests simulated by IBIS in the eastern area of Northeast China	LIU Xi, GUO Qingxi, LIU Jingwei (1772)
Diurnal changes of photosynthetic characteristics of <i>Hippophae rhamnoides</i> and the relevant environment factors at different slope locations	JIN Tiantian, FU Bojie, LIU Guohua, et al (1783)
Interactive effects of nitrogen and sulfur on the reproduction, biomass accumulation and allocation of the clonal plant <i>Spartina alterniflora</i>	GAN Lin, ZHAO Hui, QING Hua, et al (1794)
Difference in leaf photosynthetic capacity between pima cotton (<i>Gossypium barbadense</i>) and upland cotton (<i>G. hirsutum</i>) and analysis of potential constraints	ZHANG Yali, YAO Hesheng, LUO Yi, et al (1803)
Effects of shades on the photosynthetic characteristics and chlorophyll fluorescence parameters of <i>Forsythia suspensa</i>	WANG Jianhua, REN Shifu, SHI Baosheng, et al (1811)
Growth and metal uptake of three woody species in lead/zinc and copper mine tailing	SHI Xiang, CHEN Yitai, WANG Shufeng, et al (1818)
GMP particles size distribution in grains of wheat in relation to application of nitrogen fertilizer	WANG Guangchang, WANG Zhenlin, CUI Zhiqing, et al (1827)
Damaging mechanisms of peanut (<i>Arachis hypogaea</i> L.) photosystems caused by high-temperature and drought under high irradiance	QIN Liqin, ZHANG Yueli, GUO Feng, et al (1835)
The effect of natural factors and disturbance intensity on spacial heterogeneity of plant diversity in alpine meadow	WEN Lu, DONG Shikui, ZHU Lei, et al (1844)
Modeling changes of net primary productivity of karst vegetation in southwestern China using the CASA model	DONG Dan, NI Jian (1855)
The characteristics of <i>Magnolia liliflora</i> transpiration and its impacting factors in Beijing City	WANG Hua, OUYANG Zhiyun, REN Yufen, et al (1867)
Ecological effects of balanced fertilization on red earth paddy soil with P-deficiency	CHEN Jianguo, ZHANG Yangzhu, ZENG Xibai, et al (1877)
Effects of planting patterns on water use efficiency in winter wheat	QI Lin, CHEN Yuhai, ZHOU Xunbo, et al (1888)
Nitrous oxide emissions from winter wheat field in the Loess Plateau	PANG Junzhu, WANG Xiaoke, MU Yujing, et al (1896)
Effects of hardening by pre-anthesis waterlogging on grain yield and quality of post-anthesis waterlogged wheat (<i>Triticum aestivum</i> L. cv Yangmai 9)	LI Chengyong, CAI Jian, JIANG Dong, et al (1904)
Effects of simulated acid rain with lower S/N ratio on gas exchange and membrane of three dominant species in subtropical forests	FENG Lili, YAO Fangfang, WANG Xihua, et al (1911)
Molluscicidal efficacy of <i>Nerium indicum</i> cardiac glycosides on <i>Pomacea canaliculata</i> and its effects on rice seedling	DAI Lingpeng, LUO Weihua, WANG Wanxian (1918)
Spatial gradients pattern of landscapes and their relations with environmental factors in Haihe River basin	ZHAO Zhixuan, ZHANG Biao, JIN Xin, et al (1925)
The assessment of forest ecosystem services evaluation for shrubbery-economic forest-bamboo forest in China	WANG Bing, WEI Jiangsheng, HU Wen (1936)
Evaluation on service value of ecosystem of Peri-urban transition zone lake; a case study of Yandong Lake in Wuhan City	WANG Fengzhen, ZHOU Zhixiang, ZHENG Zhongming (1946)
Explaining the abundance-distribution relationship of plant species with niche breadth and position in the Yellow River Delta	YUAN Xiu, MA Keming, WANG De (1955)
Forestland boundary dynamics based on an landscape accessibility analysis in Guangzhou, China	ZHU Yaojun, WANG Cheng, JIA Baoquan, et al (1962)
Changes in invasion characteristics of <i>Dendroctonus valens</i> after introduction into China	PAN Jie, WANG Tao, WEN Junbao, et al (1970)
Population genetic diversity in Tibet red deer (<i>Cervus elaphus wallichi</i>) revealed by mitochondrial <i>Cyt b</i> gene analysis	LIU Yanhua, ZHANG Minghai (1976)
Multi-scales analysis on diversity of desert rodent communities under different disturbances	YUAN Shuai, WU Xiaodong, FU Heping, et al (1982)
Cave-site selection of Qinling zokors with their prevention and control	LU Qingbin, ZHANG Yang, ZHOU Caiquan (1993)
The habitat characteristics of Eurasian badger in Beijing-Hangzhou Grand Canal embankment	YIN Baofa, LIU Yuqing, LIU Guoxing, et al (2002)
Review and Monograph	
Electron transfer mechanism of extracellular respiration: a review	MA Chen, ZHOU Shungui, ZHUANG Li, et al (2008)
The biochemical mechanism and application of anammox in the wastewater treatment process	WANG Hui, LIU Yanping, TAO Ying, et al (2019)
Discussion	
Evaluation of the forest ecosystem services in Haihe River Basin, China	BAI Yang, OUYANG Zhiyun, ZHENG Hua, et al (2029)
Scientific Note	
Effects of body size and salinity on oxygen consumption rate and ammonia excretion rate of <i>Maetra chinensis</i> Philippi	ZHAO Wen, WANG Yaqian, WEI Jie, et al (2040)
Study on microzooplankton grazing in shrimp pond among middle and late shrimp culture period	ZHANG Litong, SUN Yao, ZHAO Congming, et al (2046)

2009 年度生物学科总被引频次和影响因子前 10 名期刊*

(源于 2010 年版 CSTPCD 数据库)

排序 Order	期刊 Journal	总被引频次 Total citation	排序 Order	期刊 Journal	影响因子 Impact factor
1	生态学报	11764	1	生态学报	1.812
2	应用生态学报	9430	2	植物生态学报	1.771
3	植物生态学报	4384	3	应用生态学报	1.733
4	西北植物学报	4177	4	生物多样性	1.553
5	生态学杂志	4048	5	生态学杂志	1.396
6	植物生理学通讯	3362	6	西北植物学报	0.986
7	JOURNAL OF INTEGRATIVE PLANT BIOLOGY	3327	7	兽类学报	0.894
8	MOLECULAR PLANT	1788	8	CELL RESEARCH	0.873
9	水生生物学报	1773	9	植物学报	0.841
10	遗传学报	1667	10	植物研究	0.809

★《生态学报》2009 年在核心版的 1964 种科技期刊排序中总被引频次 11764 次,全国排名第 1;影响因子 1.812,全国排名第 14;第 1~9 届连续 9 年入围中国百种杰出学术期刊;中国精品科技期刊

编辑部主任:孔红梅

执行编辑:刘天星 段 靖

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

(半月刊 1981 年 3 月创刊)

第 31 卷 第 7 期 (2011 年 4 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 31 No. 7 2011

编 辑 《生态学报》编辑部
地址:北京海淀区双清路 18 号
邮政编码:100085
电话:(010)62941099
www.ecologica.cn
shengtaixuebao@rcees.ac.cn

Edited by Editorial board of
ACTA ECOLOGICA SINICA
Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
Tel:(010)62941099
www.ecologica.cn
Shengtaixuebao@rcees.ac.cn

主 编 冯宗炜
主 管 中国科学技术协会
主 办 中国生态学会
中国科学院生态环境研究中心
地址:北京海淀区双清路 18 号
邮政编码:100085

Editor-in-chief FENG Zong-Wei
Supervised by China Association for Science and Technology
Sponsored by Ecological Society of China
Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS
Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China

出 版 科 学 出 版 社
地址:北京东黄城根北街 16 号
邮政编码:100717

Published by Science Press
Add:16 Donghuangchenggen North Street,
Beijing 100717, China

印 刷 北京北林印刷厂
发 行 科 学 出 版 社
地址:东黄城根北街 16 号
邮政编码:100717
电话:(010)64034563
E-mail:journal@espg.net

Printed by Beijing Bei Lin Printing House,
Beijing 100083, China
Distributed by Science Press
Add:16 Donghuangchenggen North
Street, Beijing 100717, China
Tel:(010)64034563
E-mail:journal@espg.net

订 购 全国各地邮局
国外发行 中国国际图书贸易总公司
地址:北京 399 信箱
邮政编码:100044

Domestic All Local Post Offices in China
Foreign China International Book Trading
Corporation
Add:P. O. Box 399 Beijing 100044, China

广告经营
许 可 证 京海工商广字第 8013 号



ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 70.00 元