

氮肥基追比对高产冬小麦产量及氮素吸收利用的影响

张 许, 王宜伦, 韩燕来, 谭金芳

(河南农业大学 资源与环境学院, 河南 郑州 450002)

摘要: 为确定高产冬小麦生产过程中氮肥的合理施用时期及比例, 实现氮肥资源高效利用。采用田间试验方法, 研究了豫北超高产田总施氮量 240 kg/hm^2 条件下, 不同氮肥运筹模式对冬小麦产量、地上部氮素吸收与积累及氮素效率的影响。结果表明, 同一施氮量下, 与氮肥全部基施处理相比, 氮肥分次施用可增加冬小麦产量、氮素积累量, 提高氮素回收率、农学效率、吸收效率和收获指数, 降低土壤氮素依存率, 其中 N3 处理最佳。冬小麦返青期前对氮的积累量约占总积累量的 9.4% ~ 11.2%, 返青期后对氮的需求量大, 返青至灌浆期可吸收氮素 63.3% ~ 66.6%, 灌浆期后可吸收氮素 23.5% ~ 25.9%; N3 处理植株各生育阶段氮积累量较高。氮肥 1/3 底施 + 1/3 返青期追施 + 1/3 拔节期追施是本试验条件下兼顾小麦产量及氮素效率的最佳运筹方式。

关键词: 冬小麦; 产量; 氮肥回收率; 氮素吸收效率; 氮素收获指数; 土壤氮素依存率

中图分类号: S143.1; S365 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7091(2010)05-0193-05

Effects of Nitrogen Ratio of Base Fertilizer and Topdressing on Uptake, Utilization of Nitrogen and Yield in Winter Wheat

ZHANG Xu, WANG Yi-lun, HAN Yan-lai, TAN Jin-fang

(Resource and Environment College of Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China)

Abstract: The objectives of this study were to determine the reasonable nitrogen applying regimes for profitable yields and high efficient nitrogen utilization in high yield winter wheat production. Field experiments were conducted to investigate the effects of nitrogen application at different stages and rates on grain yield, nitrogen accumulate and nitrogen efficiency of winter wheat in north Henan super high yield field with the total pure N 240 kg/ha . The results showed that compared with the total nitrogen fertilizer basal dressing, grain yield of winter wheat, the amount of nitrogen accumulation, nitrogen recovery rate, nitrogen agronomic efficiency, nitrogen absorption efficiency, nitrogen harvest index of nitrogen fertilizer were increased with mult-application of nitrogen fertilizer at the same amount of nitrogen, but soil nitrogen dependence rate was decreased. Percentage of nitrogen accumulation in winter wheat plants until greening stage to total nitrogen accumulation in whole growth stage was 9.4% - 11.2%. After greening stage winter wheat demanded more nitrogen, nitrogen absorbed by plant from greening to filling stage and after filling stage accounted for 63.3% - 66.6% and 23.5% - 25.9%, respectively. Under the condition of this experiment, as far as grain yield, nitrogen fertilizer use efficiency and the amount of nitrogen accumulation in plant were concerned, 1/3 nitrogen fertilizer basal dressing, 1/3 nitrogen fertilizer top dressing at greening stage and 1/3 nitrogen fertilizer top dressing at jointing stage was the best nitrogen application model.

Key words: Winter wheat; Yield; Nitrogen recovery rate; Nitrogen absorption efficiency; Nitrogen harvest index; Soil nitrogen dependence rate

近年来,随着农业投入的增加,我国冬小麦总产 和单产明显增加,尤其是在华北平原区出现了大面

收稿日期: 2010-07-11

基金项目: 中国-国际植物营养研究所 (IPNI) 合作项目 (NMBF-HenanAU-2008); 国家"十一五"科技支撑计划 (2008BADA4B07)

作者简介: 张 许 (1986-), 男, 河南内乡人, 在读硕士, 主要从事植物营养与施肥研究。

通讯作者: 谭金芳 (1958-), 男, 河南内乡人, 教授, 主要从事植物营养与施肥研究。

积冬小麦高产、超高产区。氮肥作为生命元素,在冬小麦获得高产、超高产过程中具有重要作用。氮肥用量及施用时期一直是冬小麦超高产栽培的研究热点。已有的施氮量与冬小麦籽粒产量的关系研究^[1-5]表明,冬小麦籽粒产量随着施氮量的增加而增加,但达到一定施氮量后,继续增加氮肥用量,冬小麦籽粒产量不再增加,且有下降的趋势。氮肥施用时期及比例对冬小麦产量影响较大^[5-12],一般认为,在高产、超高产条件下,适当推迟氮肥施用时期会促进冬小麦产量的增加^[13,14];在同一施氮量下,增加氮肥的追施比例有利于冬小麦产量的增加;氮肥追施比例过大,不仅有碍冬小麦产量增加,而且造成氮肥利用率降低^[15-17]。有关氮肥基追比及施肥时期对冬小麦氮效率的影响,研究结果不尽相同,陈祥等^[18]研究认为低肥力土壤和中等肥力土壤,氮肥 50% 基施 + 50% 返青期追施的小麦氮肥利用率最佳;王月福等^[19]报道高肥力土壤氮肥追施为主较氮肥基施为主的小麦氮肥利用率高,而低肥力土壤氮肥基施为主的小麦氮肥利用率最佳。因此,冬小麦生产必须根据土壤肥力状况,调整氮肥的施用时期及比例,以增加小麦产量、提高氮肥利用率。本研究针对当前农业生产中普遍存在的高产、超高产冬小麦田产量高而氮肥效率低的具体问题,选择具有超高产潜力的衡观 35 冬小麦品种为试验材料,研究在施氮总量一致的条件下,施氮时期及比例对豫北超高产区冬小麦产量、氮素吸收和利用的影响,以期为高产冬小麦氮肥合理施用提供依据。

1 材料和方法

1.1 供试材料

试验于 2007 年 10 月至 2008 年 6 月在河南省鹤壁市钜桥镇姜庄进行。所用冬小麦品种为衡观 35。试验地土壤为潮土,质地为黏壤。耕层土壤养分含量状况为:有机质 1.28 g/kg,碱解氮 70.5 mg/kg,速效磷 15.2 mg/kg,速效钾 117 mg/kg。试验用氮肥为尿素(含 N 46%),磷肥为过磷酸钙(含 P_2O_5 12%),钾肥为氯化钾(含 K_2O 60%)。

1.2 试验设计

试验共设 N0(不施氮肥)、N1(氮肥全部底施)、N2(氮肥 1/2 底施 + 1/2 返青期追施)、N3(氮肥 1/3 底施 + 1/3 返青期追施 + 1/3 拔节期追施)和 N4(氮肥 1/4 底施 + 1/4 返青期追施 + 1/4 拔节期追施 + 1/4 孕穗期追施)5 个处理。各处理的氮肥用量均为 N 240 kg/hm²;磷肥(P_2O_5)用量 105 kg/hm²,全部作为底肥施用;钾肥(K_2O)用量 90 kg/hm²,

50% 底施,50% 拔节期追施。

1.3 试验方法

田间小区试验,冬小麦于 2007 年 10 月 18 日播种,2008 年 6 月 3 日收获。麦田基本苗为 228 万株/hm²。小区面积 40 m²,3 次重复,随机区组排列。

播种前采集试验地耕层土壤样品,风干、粉碎后,测定土壤有机质、碱解氮、速效磷和速效钾。其中,土壤有机质测定用重铬酸钾外加热法,土壤碱解氮测定用碱解扩散法,土壤速效磷测定用 0.5 mol/L NaHCO₃ 浸提-钼蓝比色法,土壤速效钾测定用 NH₄OAC 浸提-火焰光度法。

在苗期、返青期、拔节期、孕穗期、灌浆期和成熟期,分别采集各试验小区有代表性的植株样品,105℃ 杀青 15 min,65~75℃ 烘干,称重后粉碎,用浓 H₂SO₄-H₂O₂ 消煮,凯氏定氮法测定植株全氮含量。

根据公式:氮肥回收率 = (施氮区吸氮量 - 无氮区吸氮量) / 施氮量 × 100%;土壤氮素依存率 = 空白区植株总吸氮量 / 施氮区植株总吸氮量;农学效率(g/kg) = 施肥作物增产量 / 施肥量;氮收获指数 = 籽粒中氮积累量 / 植株地上部分氮素积累量 × 100%;氮素吸收效率(g/kg) = 植株地上部分氮素积累量 / 施氮量,对试验数据进行相关计算,用 Excel 进行数据整理,在 DPS 统计软件上采用新复级差法进行方差分析。

2 结果与分析

2.1 不同施氮处理对冬小麦产量及产量性状的影响

从表 1 可以看出,与不施氮处理相比,施用氮肥可增加小麦产量 3.48%~15.86%,氮肥全部底施增产幅度较小,与不施氮处理差异不显著;氮肥分次施用增产效果明显,与不施氮处理差异达 5% 显著水平。氮肥施用时期及比例对冬小麦产量有很大影响。各施氮处理间冬小麦产量高低依次为 N3 > N2 > N4 > N1,分次施氮较氮肥全部底施增产效果明显,N2、N3 和 N4 处理与 N1 处理相比,冬小麦产量分别增加了 9.69%,11.96% 和 8.50%,差异达 5% 显著水平;N3 处理产量最高,达 7 660.0 kg/hm²,但 N2、N3 和 N4 处理间产量差异不明显。表明氮肥在播前、返青期和拔节期各施 1/3 更有利冬小麦产量的提高。

产量构成要素分析表明,冬小麦单位面积成穗数以 N2 处理最高,与不施氮处理差异达 5% 显著水平,而与其他施氮处理间差异不显著;N3 处理穗粒数最高,与其他处理间差异均不显著;冬小麦千粒重随着氮肥施用时期后移及追肥比例的增加呈增加趋

势,N4 处理千粒重最高,与不施氮处理差异达 5% 显著水平,而与其他施氮处理间差异不显著。

表 1 不同施氮处理的冬小麦产量及其构成因子

Tab.1 Effect of different nitrogen fertilizer treatments on yield and its components of winter wheat					
处理 Treatments	穗数/(万穗/hm ²) Spike number	穗粒数/粒 Grains per spike	千粒重/g 1 000-grain weight	产量/(kg/hm ²) Grain yield	增产率/% Increase rate
N0	428.3b	35.2a	40.6b	6 611.7b	—
N1	483.3a	36.4a	42.6ab	6 841.7b	3.48
N2	499.2a	36.5a	42.5ab	7 505.0a	13.51
N3	484.2a	37.8a	42.7a	7 660.0a	15.86
N4	487.2a	36.1a	43.0a	7 423.3a	12.28

注: 同一列数据后不同字母表示处理间差异达 5% 显著水平,表 2~4 同。
Note: Values followed by different letters in the same column mean significant at 0.05 level,and the same symbol was used for other tables.

2.2 不同施氮处理对冬小麦地上部氮积累量的影响

2.2.1 各生育期冬小麦地上部氮积累量 从表 2 可以看出,随着植株生育期的延长,冬小麦地上部氮积累量逐渐增加,在成熟期达到最大值,地上部氮积累量因氮肥施用时期及比例不同存在差异。苗期,冬小麦种子自身可提供氮素满足生长发育的需要,对氮的需求量小,施氮对冬小麦地上部氮积累量影响不明显。除苗期外,不施氮处理冬小麦植株其他生育期的氮积累量均明显低于施氮处理。返青期冬小麦地上部氮积累量随底施氮肥用量的增加而增加,尤以 N1 处理最高,N1 处理虽与 N2 处理差异不显著,但与其他施氮处理差异显著;底施氮肥用量超过 120 kg/hm² 时冬小麦返青期植株对氮的积累量趋于稳定。返青期后,冬小麦进入旺盛生长期,对氮素的需求量及吸收能力逐渐增加。返青期施氮后,拔节期冬小麦地上部氮积累量明显增加,但施氮处理的冬小麦植株氮积累量并不随前期施氮量的增加而增加,高低顺序依次为 N3 > N4 > N2 > N1; 其中,

N3 处理虽与 N4 处理差异不明显,但显著高于其他施氮处理,说明 N3 处理最有利于增加拔节期冬小麦植株氮素积累量;N2 处理明显高于 N1 处理,说明同一施氮水平下,氮肥在播前和返青期按 5:5 比例施用较氮肥全部底施有利于增加拔节期冬小麦植株对氮素的积累。孕穗期施氮处理,冬小麦植株氮积累量高低顺序和拔节期一致,N3 处理与 N4 处理差异不明显,但与其他施氮处理差异达 5% 显著水平;从 N1、N2 和 N3 处理来看,N3 处理最高,且与 N1 和 N2 处理差异明显。表明在同一施氮水平下,氮肥 1/3 底施 + 1/3 返青期追施 + 1/3 拔节期追施最有利于增加孕穗期冬小麦植株氮素积累。灌浆期和成熟期冬小麦植株地上部氮的积累量仍以 N3 处理最高,与 N1 处理差异显著,但与其他施氮处理差异不明显;表明氮肥分次施用较氮肥全部底施更有利于提高灌浆期和成熟期冬小麦植株地上部氮的积累,尤以氮肥在播前、返青期和拔节期各施 1/3 效果最佳。

表 2 冬小麦不同生育期植株地上部氮积累量

Tab.2 Nitrogen accumulation in winter wheat at different growth stages						kg/hm ²
处理 Treatments	苗期 Seeding	返青期 Greening	拔节期 Jointing	孕穗期 Booting	灌浆期 Filling	成熟期 Maturity
N0	5.6a	18.1d	66.3d	94.5d	142.0c	191.6c
N1	5.7a	28.2a	83.7c	125.5c	186.9b	250.8b
N2	5.8a	27.0ab	88.8b	128.8bc	203.9a	266.6a
N3	5.7a	26.4bc	99.1a	140.9a	212.2a	279.2a
N4	5.6a	25.2c	94.4a	134.9ab	204.8a	269.5a

2.2.2 冬小麦不同生育阶段地上部氮积累量变化

从表 3 还可以看出,冬小麦生育阶段(除苗期外)氮积累量施氮处理明显高于不施氮处理,施氮处理冬小麦植株氮素阶段积累量因生育阶段不同而存在差异。返青期前,冬小麦植株对氮的阶段积累量随着底施氮肥用量及比例的增加而增加,但因气温较低,冬小麦生长缓慢,冬小麦植株对氮的阶段积累量较小,约占总积累量的 9.4%~11.2%。返青期至拔节期,冬小麦植株对氮的阶段积累量并不随前期施氮量及比例(底施与返青期追施氮肥之和)的增

加而增加,高低顺序为 N3 > N4 > N2 > N1,且施氮处理间差异明显。拔节期至孕穗期,施氮处理间冬小麦植株对氮的阶段积累量差异不明显,以 N3 处理最高。孕穗期至灌浆期,冬小麦植株对氮的阶段积累量以 N2 处理最高,虽与 N3 处理差异不显著,但与 N1 和 N4 处理差异明显,氮肥全部底施处理最低。灌浆期至成熟期,冬小麦植株对氮的积累量较高,约占总积累量的 23.5%~25.9%;施氮处理间冬小麦植株对氮的阶段积累量差异不明显,N3 处理高于其他处理。

表 3 冬小麦不同生育阶段植株地上部氮积累量

Tab.3 Nitrogen accumulation at different growth stages of winter wheat

处理 Treatment	苗期 SD		苗期—返青期 SD – GS		返青期—拔节期 GS – JS		拔节期—孕穗期 JS – BS		孕穗期—灌浆期 BS – FS		灌浆期—成熟期 FS – MS	
	积累量/ (kg/hm ²)	占总量 比例 /%	积累量/ (kg/hm ²)	占总量 比例 /%	积累量/ (kg/hm ²)	占总量 比例 /%	积累量/ (kg/hm ²)	占总量 比例 /%	积累量/ (kg/hm ²)	占总量 比例 /%	积累量/ (kg/hm ²)	占总量 比例 /%
	NA	NP	NA	NP	NA	NP	NA	NP	NA	NP	NA	NP
N0	5.6a	2.9	12.5d	6.5	48.2e	25.2	28.2b	14.7	47.5d	24.8	49.6b	25.9
N1	5.7a	2.3	22.5a	9.0	55.5d	22.1	41.8a	16.7	61.4c	24.5	63.9a	25.5
N2	5.8a	2.2	21.2b	8.0	61.8c	23.2	40.0a	15.0	75.1a	28.2	62.7a	23.5
N3	5.7a	2.0	20.7b	7.4	72.7a	26.0	41.8a	15.0	71.4ab	25.5	67.0a	24.0
N4	5.6a	2.1	19.6c	7.3	69.2b	25.7	40.5a	15.0	69.9b	25.9	64.7a	24.0

注: SD. Seeding stage; GS. Greening stage; JS. Jointing stage; BS. Booting stage; FS. Filling stage; MS. Maturity stage; NA. N accumulation; NP. N percent-age.

2.3 不同施氮处理对冬小麦氮素效率的影响

氮素效率可用氮肥回收率、农学效率、氮收获指数、土壤依存率和氮素吸收效率等指标表征。从表 4 可以看出,氮肥施用时期及比例对冬小麦氮素效率有很大影响。氮肥分次施用处理的氮素回收率明显高于氮肥全部底施处理,氮肥分次施用处理间以 N3 处理最高,与 N2 和 N4 处理差异达 5% 显著水平,N2 与 N4 处理差异不显著。氮肥施用时期及比例对冬小麦农学效率影响很大,不同施氮处理间差异均达 5% 显著水平,顺序为 N3 > N2 > N4 > N1。氮素收获指数随着氮肥追施次数及比例增加而增加,氮肥分次施用处理明显高于氮肥全部基施处理,

N4 处理最高,与 N3 处理差异不显著,而与 N2 处理差异显著,N3 处理与 N2 处理差异不明显。分次施氮处理氮肥的吸收效率明显高于氮肥全部底施处理,分次施氮处理间差异不明显,N3 处理最高。土壤氮素依存率与氮肥吸收效率变化相反,分次施氮处理明显低于氮肥全部底施处理,分次施氮处理间差异不明显,N3 处理最低。

从氮肥回收率、农学效率、氮收获指数、土壤依存率和氮素吸收效率等指标来评价氮肥效率,分次施用氮肥效率提高。其中 N3 处理氮肥回收率、农学效率和吸收效率均最高,土壤氮素依存率最低,收获指数略低于 N4 处理,但与其差异不显著。

表 4 不同施氮处理的冬小麦氮素效率

Tab.4 Nitrogen efficiency of different nitrogen treatment in winter wheat

处理 Treatment	回收率 / % Recovery rate	农学效率 / (g/kg) Agronomic efficiency	收获指数 / % Harvest index	吸收效率 / (g/kg) Absorption efficiency	土壤氮素依存率 / % Soil nitrogen dependence rate
N1	24.7c	958.3d	62.7c	1 045.0b	76.4a
N2	31.3b	3 722.1b	71.3b	1 110.8a	71.9b
N3	36.5a	4 367.9a	73.7ab	1 163.3a	68.6b
N4	32.5b	3 381.7c	75.3a	1 122.9a	71.1b

3 结论与讨论

施用氮肥可增加冬小麦产量,合理施用氮肥是增加冬小麦产量的重要措施。在同一施氮水平下,合理调节氮肥的施用时期及比例可以协调冬小麦每公顷穗数、穗粒数和千粒重之间的关系,促进冬小麦籽粒产量的增加。20 世纪 90 年代中期以来,李雁鸣^[8]和张洪程^[10]都提出了前氮后移的冬小麦高产或超高产施肥模式。有研究认为,小麦籽粒产量随着追氮比例的增加而增加^[9],但也有学者指出,后期过多施氮没有增产效果^[10,11]。本试验结果显示,氮肥分次施用较氮肥全部底施冬小麦产量显著增加,增加幅度为 8.5% ~ 12.0%,在等比例施氮时,随着生育期延迟而将氮肥分 2 次、3 次、4 次施用并不明显改变冬小麦产量。冬小麦一生吸收的氮素

73.36% ~ 78.58% 来自于土壤^[20],土壤肥力状况影响着冬小麦生产中氮肥管理决策。有研究者指出,高肥力土壤氮肥应以追施为主,低肥力土壤氮肥应以基施为主^[12]。王晨阳等^[7]、王月福等^[13]认为,在不同土壤肥力条件下,超高产小麦以氮肥基追肥比例 5:5 为宜。本试验结果显示,在超高产土壤,氮肥底施 + 追施可较氮肥全部底施增加冬小麦产量,氮肥基追比为 5:5,1:2 和 1:3 时冬小麦产量无明显变化。这可能与追氮时期不同,氮肥追施比例对冬小麦产量的影响存在差异有关。因此,在确定冬小麦超高产生产中氮肥施用决策时应当考虑氮肥施用时期和比例的相互作用。

本试验结果表明,冬小麦植株对氮的积累量随着生育期的延长而逐渐增加,在成熟期达到最大值;返青期后冬小麦植株氮素积累量占生育期总积累量

的比例很大,灌浆期后仍需吸收 23.5% ~ 25.9% 的氮素。这与陈祥等^[18]对不同生育期及生育阶段冬小麦植株氮积累量变化规律存在差异。本试验结果显示,氮肥 1/3 底施 + 1/3 拔节期追施 + 1/3 返青期追施,氮肥回收率、农学效率和氮素吸收效率最高,分别为 36.5%, 4 367.9 g/kg 和 1 163.3 g/kg; 土壤依存率最低,为 68.6%。氮收获指数反映了氮素在植株营养器官与生殖器官间的分配状况,冬小麦生育后期追氮可以增加氮素在生殖器官的分配比例^[21,22]。本试验结果表明,同一施氮量下氮收获指数随着氮肥施用时期后移逐渐增加,以 N4 处理最高,与除 N3 处理外其他施氮处理差异明显。综合考虑冬小麦产量、生育期氮素积累特征及氮肥利用效率,本试验条件下,豫北超高产区冬小麦田,氮肥 1/3 底施 + 1/3 拔节期追施 + 1/3 返青期追施效果最佳。

参考文献:

- [1] 曹承富,孔令聪,汪建来,等. 施氮量对强筋和中筋小麦产量和品质及养分吸收的影响[J]. 植物营养与肥料学报,200511(1): 46 - 50.
- [2] 李金才,屈会娟,魏凤珍. 氮素运筹技术对冬小麦籽粒产量和品质的影响[J]. 河南农业科学,2005(2): 8 - 11.
- [3] 王月福,姜 东,于振文,等. 氮素水平对小麦子粒产量和蛋白质含量的影响及其生理基础[J]. 中国农业科学,2003,36(5): 513 - 520.
- [4] 冯 伟,郭天财,李 晓,等. 氮肥运筹对两种穗型小麦品种品质及产量性状的效应[J]. 麦类作物学报,2005,25(2): 57 - 60.
- [5] 赵淑章,季书勤,王绍中,等. 不同施氮量和底追比例对强筋小麦产量和品质的影响[J]. 河南农业科学,2004(7): 57 - 59.
- [6] 刘万代,樊树平,晁海燕,等. 氮肥基追比对不同穗型优质小麦产量及品质的影响[J]. 华北农学报,2003,18(2): 56 - 59.
- [7] 王晨阳,朱云集,夏国军,等. 氮肥后移对超高产小麦产量及生理特性的影响[J]. 作物学报,1998,24(6): 978 - 983.
- [8] 李雁鸣,张立言,李振国. 春季肥水运筹对小麦籽粒产量和品质的影响[J]. 河北农业大学学报,1996,19(1): 1 - 6.
- [9] 姜丽娜,邵 云,金毓翠,等. 氮肥施用时期与比例对超高产冬小麦干物质积累及产量的影响[J]. 麦类作物学报,2002,22(2): 70 - 73.
- [10] 张洪程,许 柯,戴其根,等. 超高产小麦吸氮特征与氮肥运筹的初步研究[J]. 作物学报,1998,24(6): 933 - 939.
- [11] 苗艳芳,常爱芬,张会民,等. 氮肥分配比例对小麦产量及群体质量的影响[J]. 麦类作物学报,1999,19(4): 43 - 45.
- [12] 杨学明,姚金保,姚国才,等. 不同密度及氮肥运筹对宁麦 9 号产量和群体质量的影响[J]. 江苏农业科学,2002(5): 11 - 13.
- [13] 王月福,于振文,李尚霞,等. 土壤肥力和施氮量对小麦氮素吸收运转与子粒产量和蛋白质含量的影响[J]. 应用生态学报,2003,14(11): 1868 - 1872.
- [14] 林 琪,侯立白,韩 伟. 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): 561 - 567.
- [15] 赵广才,李春喜,张保明,等. 不同施氮比例和时期对冬小麦氮素利用的影响[J]. 华北农学报,2000,15(3): 99 - 102.
- [16] 霍中洋,葛 鑫,张洪程,等. 施氮方式对不同专用小麦氮素吸收及氮肥利用率的影响[J]. 作物学报,2004,30(5): 449 - 454.
- [17] 武 际,郭熙盛,王允青,等. 氮肥基追比例对烟农 19 小麦氮素吸收利用及产量和品质的影响[J]. 麦类作物学报,2008,28(6): 1021 - 1027.
- [18] 陈 祥,同延安,亢欢虎,等. 氮肥后移对冬小麦产量、氮肥利用率及氮素吸收的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2008,14(3): 450 - 455.
- [19] 王月福,姜 东,于振文,等. 高低土壤肥力下小麦基施和追施氮肥的利用效率和增产效应[J]. 作物学报,2003,29(7): 491 - 495.
- [20] 李光忠,王明友,薛玉剑,等. 追氮时期对优质小麦氮素吸收、运转和籽粒产量的影响[J]. 安徽农业科学,2007,35(31): 9870 - 9872.
- [21] 余振文,田奇卓,潘庆民,等. 黄淮麦区冬小麦超高产栽培的理论与实践[J]. 作物学报,2002,28(5): 577 - 585.
- [22] 沈建辉,戴廷波,荆 奇,等. 施氮时期对专用小麦干物质和氮素积累、运转及产量和蛋白质含量的影响[J]. 麦类作物学报,2004,24(1): 55 - 58.