

米慧玲, 孟庆健, 佟丙辛, 等. 不同苗情下冬小麦氮肥最佳追施时期和追施量[J]. 江苏农业科学, 2014, 42(10): 62–65.

不同苗情下冬小麦氮肥最佳追施时期和追施量

米慧玲, 孟庆健, 杨玉荣, 杨晓卡, 马文奇, 魏 静

(河北农业大学资源与环境科学学院/河北省农田生态环境重点实验室, 河北保定 071000)

摘要:通过 2 年的田间试验, 对不同苗情下冬小麦的氮肥最佳追施时期和追施量进行研究。结果表明, 返青期群体较大(主茎 $\geq 1\,050$ 万株/hm²)时, 以拔节期追施纯氮 75 kg/hm² 处理的产量最高, 且 0~90 cm 土壤剖面硝态氮累积量最低, 氮素表观损失也最低, 基本接近平衡; 返青期群体较小(主茎 ≤ 750 万株/hm²)时, 以返青至起身期追施纯氮 135 kg/hm² 处理产量最高, 同时提高了小麦成熟期 0~30 cm 土层的硝态氮累积量, 降低了 30~90 cm 土层的硝态氮累积, 从而降低了向深层淋溶的风险, 且氮素表观损失较低。综合比较可知, 小麦返青期群体较大时, 以拔节期追施纯氮 75 kg/hm² 为最佳; 返青期群体较小时, 以返青至起身期追施纯氮 135 kg/hm² 为最佳。

关键词:冬小麦; 壮苗; 弱苗; 产量; 土壤硝态氮; 施肥量; 施肥时期

中图分类号: S512.1⁺10.6 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2014)10-0062-04

氮素作为小麦生长过程中关键的营养元素之一, 其施用量的高低和施用时期的早晚会对小麦的产量产生影响, 如果施用不当还会造成环境污染和资源浪费, 特别是会引起土壤硝态氮的淋溶, 进而污染地下水环境。传统的小麦生产只重视基肥, 很少注重生长后期的氮肥施用, 而且一次性的施肥方式由于操作简便、省时省工而得到了大面积的应用。施入土壤中的氮肥极易发生淋溶, 加上冬小麦在越冬期基本不吸氮的规律, 使得传统的氮肥利用率低, 损失大。近年来, 国内外已有诸多关于氮肥追施时期和施用量对小麦产量及土壤剖面硝态氮含量影响的研究报道^[1-5]。许多专家和学者根据冬小麦各生育时期的生长发育规律对小麦追肥技术展开了大量的研究, 并提出了氮肥后移技术, 对各区域小麦的高产稳产具有重要的理论和实践意义。

近年来, 同一区域不同农户间的群体差异过大, 使得如何量化不同群体数量下的最佳追肥时期与追肥量成为当下亟待解决的问题。氮肥后移作为一项追肥技术, 虽然已有大量研究, 但是在同一地区不同的小麦群体数量下如何实施应用还不清楚。因此本研究通过对返青期小麦群体进行调查, 分析冬小麦不同群体数量下的氮肥最佳追施时期及追施量, 以期建立河北省山前平原区冬小麦高产栽培技术体系提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料与设计

试验小麦品种为济麦 22, 购自当地市场。

试验于 2011 年 10 月至 2013 年 6 月在河北省清苑县石桥乡黄陀村进行, 供试土壤为壤质潮土。根据该区域冬小麦季施肥状况和返青期群体数量的调查结果, 于每年冬小麦返

青期选择群体差异较大的农户地块分别作为壮苗和弱苗区(返青期主茎 $\geq 1\,050$ 万株/hm² 为壮苗, 返青期主茎 ≤ 750 万株/hm² 为弱苗), 进行追肥试验设计。

壮苗试验区的基本理化性质见表 1, 该试验区共设 5 个处理, 按随机区组排列, 每个处理 3 次重复, 小区面积 44.7 m²。该试验区农户分别于 2011 年和 2012 年的 10 月 7 日播种, 播种量 270 kg/hm², 底肥施入纯氮 110 kg/hm², 试验方案见表 2。

表 1 冬小麦壮苗区 0~20 cm 土壤基础地力

年度范围	有机质 (g/kg)	全氮 (mg/kg)	速效磷 (mg/kg)	速效钾 (mg/kg)
2011—2012 年	18.1	0.9	15.2	105.6
2012—2013 年	17.1	0.9	12.2	108.1

表 2 冬小麦壮苗区追肥试验方案

处理	追施时期	纯氮追施量 (kg/hm ²)
S ₁ (对照)		0
S ₂	返青至起身期	75
S ₃	拔节期	45
S ₄	拔节期	75
S ₅	拔节期	105

弱苗试验区 0~20 cm 土层基本理化性质见表 3。该试验区共设 5 个处理, 按随机区组排列, 每个处理 3 次重复, 小区面积 48 m²。该试验区农户分别于 2011 年和 2012 年的 10 月 6 日播种, 播量 255 kg/hm², 底肥施入纯氮 128 kg/hm², 试验方案见表 4。

表 3 冬小麦弱苗区 0~20 cm 土壤基础地力

年度范围	有机质 (g/kg)	全氮 (mg/kg)	速效磷 (mg/kg)	速效钾 (mg/kg)
2011—2012 年	15.3	0.7	12.4	90.2
2012—2013 年	16.4	0.6	13.2	90.6

1.2 数据测定

土壤样品: 试验前测定土壤理化性状, 成熟期测定土壤硝

收稿日期: 2014-01-17

基金项目: 公益性行业(农业)科研专项(编号: 201103003)。

作者简介: 米慧玲(1989—), 女, 河北石家庄人, 硕士研究生, 主要从事环境生态与水土资源研究。E-mail: 578715320@qq.com。

通信作者: 魏 静, 博士, 教授, 主要从事环境生态与养分资源的管理研究。E-mail: weijing_199@163.com。

表 4 冬小麦弱苗区追肥试验方案

处理	追施时期	纯氮追施量 (kg/hm ²)
W ₁ (对照)		0
W ₂	返青至起身期	75
W ₃	返青至起身期	105
W ₄	返青至起身期	135
W ₅	拔节期	105

态氮含量;植物样品:各生育期测定小麦干物质累积量和养分含量;群体动态:记录各生育期的群体数量;测定产量:小麦收获期每小区选取 4 个面积为 1 m² 的小麦测产。

1.3 数据统计与分析

氮素表观损失(kg/hm²) = 氮输入量(kg/hm²) - 氮输出量(kg/hm²);

氮输入量(kg/hm²) = 施入氮肥(kg/hm²) + 起始无机氮(kg/hm²) + 氮矿化(kg/hm²);

氮输出量(kg/hm²) = 作物吸收氮量(kg/hm²) - 土壤残留无机氮(kg/hm²)。

所有数据处理均采用 Excel 2007、SPSS 17.0 等软件进行方差分析和统计分析。

2 结果与分析

2.1 壮苗区不同追肥处理对冬小麦产量、土壤硝态氮累积量及氮素表观平衡的影响

2.1.1 壮苗区不同追肥处理对冬小麦产量及其构成的影响

由表 5 可以看出,2011—2012 年冬小麦季和 2012—2013 年冬小麦季壮苗区的 4 个追肥处理较不追肥处理籽粒产量均有明显增加,第 1 年试验结果中冬小麦增产幅度最高达 37.7%,第 2 年试验增产幅度更明显,最高达到 59.2%,说明后期追施氮肥对壮苗来说具有明显的增产效果。而对这 2 季冬小麦壮苗区的 4 个后期追肥处理比较可以发现,拔节期追肥(S₃、S₄、S₅)较返青至起身期追肥(S₂)的籽粒产量有明显增加,2 季试验均以拔节期追施纯氮 75 kg/hm² 的 S₄ 处理产量

最高。结果表明,对于返青期小麦群体较多的田块,拔节期比返青期追施氮肥的籽粒产量高,但追肥量并非越多越好,以拔节期追施纯氮 75 kg/hm² 为最佳,这与赵满兴等的研究结果^[6]相似。

表 5 壮苗区追肥处理对冬小麦籽粒产量的影响

处理	2011—2012 年冬小麦		2012—2013 年冬小麦	
	籽粒产量 (kg/hm ²)	增产幅度 (%)	籽粒产量 (kg/hm ²)	增产幅度 (%)
S ₁ (对照)	6 795d		5 169d	
S ₂	7 755c	14.1	6 546c	26.6
S ₃	8 160bc	20.1	7 032b	47.8
S ₄	9 360a	37.7	8 230a	59.2
S ₅	8 895b	30.9	7 638b	36.0

注:同列数据后标有不同小写字母者代表差异显著(P<0.05)。表 6、表 8、表 9 同。

壮苗区产量构成因素分析结果见表 6,2 年的试验结果均表明,追施氮肥(S₂、S₃、S₄、S₅ 处理)与不追氮肥(S₁ 处理)相比,穗数、穗粒数和千粒质量差异大多数达到显著水平,说明小麦季追施氮肥对小麦增产潜力巨大。由 2 年的试验结果比较可以发现,拔节期追施氮肥(S₃、S₄、S₅ 处理)与返青期追施氮肥(S₂ 处理)相比,穗粒数均无明显差异;但从穗数来看,S₃、S₄、S₅ 与 S₂ 处理相比,第 1 年表现出了显著的差异,第 2 年则无显著差异,这可能与第 2 年试验小麦生长期持续的强降雨有关;从氮肥施用总量来看,穗粒数和穗数也并没有随着施肥总量的增加而增加,这与岳维云等的研究结果^[7]相矛盾;从千粒质量看出,第 1 年试验的 5 个处理均比第 2 年的高,这与第 2 年小麦生长后期的持续强降雨与强劲风力有很大关系;此外还可看出,第 2 年拔节期追肥与返青至起身期追肥处理的千粒质量差异均达到了显著水平,2 年试验结果均以拔节期追施纯氮 75 kg/hm² 的 S₄ 处理千粒质量最高,这与陈祥等认为的拔节期追施氮肥能促进营养器官同化物向籽粒中转运、增加穗粒质量的比率,进而增加穗粒质量、提高产量的结论^[8]一致。

表 6 不同追肥处理对壮苗区冬小麦产量构成的影响

处理	2011—2012 年冬小麦			2012—2013 年冬小麦		
	穗数(万穗/hm ²)	穗粒数(粒)	千粒质量(g)	穗数(万穗/hm ²)	穗粒数(粒)	千粒质量(g)
S ₁ (对照)	605c	36b	35.3c	653b	35b	32.6c
S ₂	656c	38a	37.2b	773a	37a	33.6c
S ₃	755b	37a	36.1b	770a	37a	35.5a
S ₄	786a	38a	39.5a	771a	38a	35.4a
S ₅	773b	38a	37.8b	776a	38a	35.0ab

2.1.2 壮苗区不同追肥处理对成熟期土壤 0~90 cm 硝态氮

累积的影响 土壤无机氮由硝态氮和铵态氮组成,但本试验区冬小麦生育期内土壤铵态氮含量很低,因此本试验只考虑土壤硝态氮的变化。由图 1 可以看出,壮苗区冬小麦成熟期 0~90 cm 土壤的硝态氮累积量在 62.2~289.0 kg/hm² 之间。通过显著性检验发现,后期追肥处理 S₂、S₃、S₄ 和 S₅ 处理显著高于不追肥处理 S₁ (P<0.05),说明施用氮肥是造成土壤硝态氮积累的主要原因。后期追施氮肥的 4 个处理中以 S₅ 处理的硝态氮平均累积量为最高,可达到 289 kg/hm²,显著高于 S₂、S₃、S₄ 处理。S₂、S₃、S₄ 处理间没有显著差异,但 2

年试验结果基本上以拔节期(6 叶期)追施纯氮 75 kg/hm² 的 S₄ 处理各土层硝态氮累积量为最低。

2.1.3 壮苗区不同追肥处理对土壤氮素平衡的影响 小麦季土壤氮素可以通过各种途径而损失^[9]。利用养分平衡原理,根据试验区农户基肥用量、后期试验追肥用量、成熟期冬小麦吸氮量和土壤硝态氮的累积量,计算壮苗区不同追肥处理从播种到成熟期整个阶段的氮素表观平衡。结果发现 2 年试验结果相似,对 2012—2013 年冬小麦季试验结果展开分析,由表 7 可以看出,不追施氮肥的 S₁ 处理氮素表观损失最为严重,即氮素表观损失最多,高达 173.9 kg/hm²,而 S₄ 处理

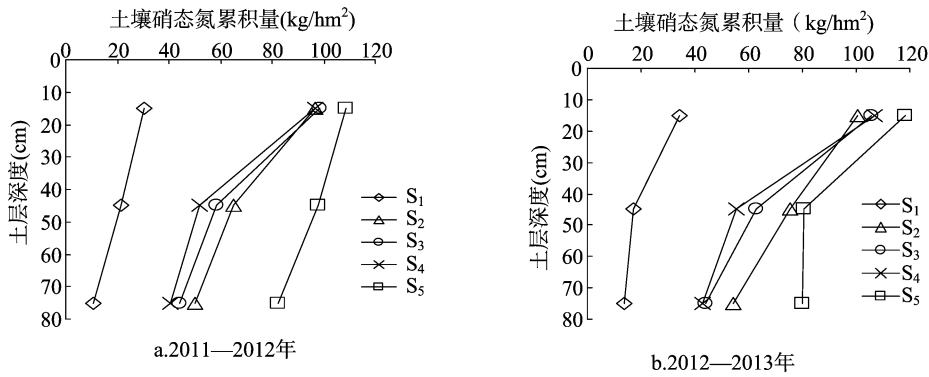


图1 冬小麦成熟期 0~90 cm 土层硝态氮累积量

表 7 壮苗区冬小麦整个生育时期土壤的氮素平衡

处理	氮输入(kg/hm ²)			氮输出(kg/hm ²)		氮表观损失(kg/hm ²)
	施氮量	起始无机氮	净矿化	吸氮量	残留无机氮	
S ₁ (对照)	110	240	74	184.78	65.26	173.95
S ₂	185	240	74	245.75	230.28	22.97
S ₃	155	240	74	237.37	212.62	19.00
S ₄	185	240	74	285.63	205.17	8.20
S ₅	215	240	74	226.33	279.15	23.52

的氮素表观损失最低,仅为 8.2 kg/hm²,氮素输入与输出接近平衡。从氮素表观平衡的结果来看,壮苗区以拔节期(6 叶期)追施纯氮 75 kg/hm² 的 S₄ 处理为最合理的追肥方式。

2.2 弱苗区不同追肥处理对冬小麦产量、土壤硝态氮累积量及氮素表观平衡的影响

2.2.1 弱苗区不同追肥处理对冬小麦产量及其构成的影响
由表 8 看出,2011—2012 年冬小麦季与 2012—2013 年冬小麦季弱苗区的 4 个追肥处理较不追肥处理籽粒产量均有明显的增加,2 年结果均显示,后期追施氮肥的最高增产幅度可达 30% 左右,说明追施氮肥对弱苗来说也有明显的增产效果。对于后期追肥的 4 个处理来说,返青至起身期追肥(W₂、W₃、W₄ 处理)较拔节期追肥(W₅ 处理)的籽粒产量显著增加,同一时期追肥的 W₂、W₃、W₄ 处理相比,籽粒产量也表现出显著性差异,2 年试验结果均以返青至起身期(4 叶期)追施纯氮 135 kg/hm² 的 W₄ 处理为最高。这与当地农民习惯追肥时期和追肥量基本相同,而与上述壮苗最高产量下的追肥时期和追肥量不同。综上可以看出,就籽粒产量来说,在小麦返青期群体较少的情况下,当地农户的习惯追肥方式较合理。

表 9 不同追肥处理对冬小麦产量构成的影响

处理	2011—2012 年冬小麦			2012—2013 年冬小麦		
	穗数(万穗/hm ²)	穗粒数(粒)	千粒质量(g)	穗数(万穗/hm ²)	穗粒数(粒)	千粒质量(g)
W ₁	650b	35b	29.2c	629b	32c	29.0c
W ₂	693a	37a	37.5a	687a	38a	32.5b
W ₃	711a	38a	38.2a	705a	38a	32.9b
W ₄	702a	38a	38.7a	721a	39a	35.1a
W ₅	691a	37a	36.1b	694a	36b	32.1b

2.2.2 弱苗区不同追肥处理对成熟期土壤 0~90 cm 硝态氮累积的影响
由图 2 弱苗区冬小麦成熟期 0~90 cm 土壤的硝态氮累积量可以看出,W₂、W₃、W₄、W₅ 处理的土壤硝态氮平均累积量都显著高于 W₁ 处理,W₂、W₃、W₄、W₅ 处理之间没有显著差异,但 2 年试验结果均以 W₃ 处理硝态氮累积量

表 8 弱苗区追肥处理对冬小麦干物质累积量和籽粒产量的影响

处理	2011—2012 年冬小麦		2012—2013 年冬小麦	
	籽粒产量(kg/hm ²)	增产幅度(%)	籽粒产量(kg/hm ²)	增产幅度(%)
W ₁ (对照)	6 030c		4 473c	
W ₂	7 005b	16.2	5 456b	14.3
W ₃	7 605a	26.9	5 857b	22.7
W ₄	7 935a	31.1	6 484a	35.9
W ₅	6 550bc	8.6	5 078c	6.4

由表 9 看出,弱苗试验区追施氮肥(W₂、W₃、W₄、W₅ 处理)与不追氮肥(W₁ 处理)相比,穗数、穗粒数、千粒质量均达到显著水平,说明小麦季追施氮肥对小麦增产潜力巨大。对于后期追肥的 4 个处理,2 年的试验结果中穗粒数和千粒质量基本呈现相同的趋势,即 W₄ 最高,W₅ 以最低,起身期至返青期追肥均高于拔节期追肥,并以起身至返青期追施纯氮 135 kg/hm² 的 W₄ 处理为最高。穗数在后期追肥的 4 个处理中没有显著差异,说明追肥早晚对冬小麦穗数影响不大。

较低;与壮苗区结果相似,即随着土层深度的增加,大部分处理的硝态氮累积量均逐渐降低。W₄ 处理除耕层(0~30 cm)土壤硝态氮累积量明显高于其他处理外,30~90 cm 土层的硝态氮累积量均较低,因此与其他处理相比,W₄ 处理降低了硝态氮向深层土壤淋失的风险。

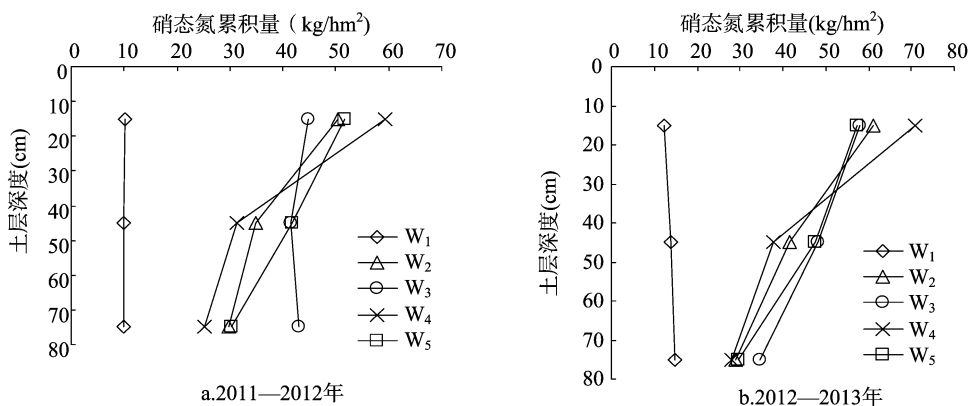


图2 冬小麦成熟期 0~90 cm 土层硝态氮累积量

2.2.3 弱苗区不同追肥处理对土壤氮素平衡的影响 同上述壮苗区计算方法一致,弱苗区土壤氮素的表观平衡见表 10,可以看出氮素表观损失大小为:W₁ > W₅ > W₂ > W₃ > W₄,以 W₁ 处理最高,达到 137.0 kg/hm²,显著高于其他 4 个处理,说明后期不追施氮肥不仅降低籽粒产量,而且对环境也会

产生严重影响;还可以看出,W₂、W₃、W₄、W₅ 处理间氮素表观损失量无明显差异,以起身至返青期追施纯氮 135 kg/hm² 的 W₄ 处理为最低;从氮素表观平衡的结果来看,弱苗区以起身至返青期追施纯氮 135 kg/hm² 的 W₄ 处理为最合理的追肥方式。

表 10 冬小麦整个生育时期土壤氮素平衡

处理	氮输入(kg/hm ²)			氮输出(kg/hm ²)		氮表观损失(kg/hm ²)
	施氮量	起始无机氮	净矿化	吸氮量	残留无机氮	
W ₁	128	170	74	194.2	40.9	137.0
W ₂	203	170	74	206.2	131.7	109.1
W ₃	233	170	74	228.6	140.9	107.5
W ₄	263	170	74	266.9	136.5	103.6
W ₅	233	170	74	220.2	134.7	122.1

3 结论

氮素作为冬小麦最重要的产量限制因子之一,不同追肥时期和追肥量对冬小麦产量构成有很大影响。由于杜绝了以往“一炮轰”的施肥现象,后期追施氮肥表现出了明显的增产效果。陈祥等认为,要实现小麦高产,比较合理的氮肥施用方式为 50% 作为基肥,50% 作为返青后追施^[8,10]。本研究发现冬小麦生产中氮肥的追肥时期和追肥量要因苗情而定,当返青期小麦群体主茎较多时,以拔节期追施纯氮 75 kg/hm² 产量为最高;土壤剖面硝态氮累积量和深层淋溶量最少;氮素表观损失量最低,氮素输入输出接近平衡。

小麦返青期群体主茎较少时,以返青至起身期追施纯氮 135 kg/hm² 产量为最高,同时提高了土壤耕层(0~30 cm)中的硝态氮累积量,降低了 30~90 cm 土层中的积累量,减少了地下土层淋溶风险,且氮素损失量最低。

综上所述,根据苗情调节追肥量至关重要,既可以增产保肥,降低资源消耗与环境排放,又易于农民接受和推广,对当地冬小麦生产有很好的指导作用。

参考文献:

[1] 雷钧杰,赵奇,陈兴武,等. 施氮时期和施氮量对优质专用春小麦产量和品质的影响[J]. 新疆农业科学, 2005, 42(5): 335-337.

[2] 马兴华,于振文,梁晓芳,等. 施氮量和底追比例对小麦氮素利用和土壤硝态氮含量的影响[J]. 水土保持学报,2006,20(5):95-98.

[3] 潘庆民,于振文. 追氮时期对冬小麦籽粒品质和产量的影响[J]. 麦类作物学报,2002,22(2):65-69.

[4] 朱新开,郭文善,盛婧,等. 施氮叶龄期对中筋小麦籽粒产量和品质的调节效应[J]. 扬州大学学报:农业与生命科学版,2002,23(2):55-58.

[5] 蔡大同,苑泽圣,杨桂芬,等. 氮肥不同时期施用对优质小麦产量和加工品质的影响[J]. 土壤肥料,1994(2):19-21.

[6] 赵满兴,周建斌,杨绒,等. 不同施氮量对旱地不同品种冬小麦氮素累积、运输和分配的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2006,12(2):143-149.

[7] 岳维云,宋建荣,张耀辉,等. 天水旱作农业区膜侧小麦不同施肥水平增产效应分析[J]. 干旱地区农业研究,2006,24(4):15-18.

[8] 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.

[9] 刘学军,巨晓棠,张福锁. 减量施氮对冬小麦-夏玉米种植体系中氮利用与平衡的影响[J]. 应用生态学报,2004,15(3):458-462.

[10] 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及籽粒产量和蛋白质含量的影响[J]. 应用生态学报,2003,14(11):1868-1872.