

不同品种冬小麦土壤及植株测试氮肥推荐指标的研究

黄生斌 陈新平* 张福锁

(中国农业大学 农业部植物营养学重点开放实验室, 北京 100094)

摘要 通过对北京地区冬小麦 6 个高产品种(京 411、9428、农大 3291、94 冬 28、中麦 9 号和京冬 8 号)的氮肥试验, 研究了不同品种冬小麦推荐施肥指标的差异, 确立了对应的氮肥推荐参数。6 个冬小麦品种中, 农大 3291、中麦 9 号和京冬 8 号对氮肥反应较为敏感, 其中农大 3291 和京冬 8 号属于高效高响应品种, 中麦 9 号属低效高响应品种; 而 9428 对氮肥反应较不敏感, 属于低效低响应品种。这 6 个品种达到最高产量的最佳氮素供应量(播前土壤无机氮和肥料氮量)分别为 183, 181, 132, 132, 152 和 132 $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, 不需追肥的硝酸盐浓度临界值依次为 2 438, 2 509, 2 032, 2 357, 1 722 和 1 557 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。通过土壤无机氮确定推荐基肥量时, 可以不考虑品种差异而采用统一指标; 通过植株硝酸盐含量确定冬小麦氮肥追肥推荐时, 在基肥用量比较高或高肥力的土壤上, 可以不考虑品种的影响; 而在基肥用量很低或低肥力土壤上, 追肥推荐指标品种差异相对较大, 需要针对不同冬小麦品种确定相应的推荐追肥量。

关键词 冬小麦; 品种; 氮肥推荐; 土壤无机氮; 植株硝酸盐

中图分类号 S143.1

Genotypic Differences of Nitrogen Fertilization Recommendation Indices Based on Plant and Soil Test of Winter Wheat

Huang Shengbin Chen Xinping Zhang Fusuo

(Key Laboratory of Plant Nutrition, Ministry of Agriculture, China Agricultural University, Beijing 100094, China)

Abstract Based on the experiment of winter wheat varieties from 1999 to 2000 at Dong Bei Wang experiment station in Beijing, the differences of basal nitrogen fertilization recommendation indices with soil N_{\min} quick test and topdressing N fertilization recommendation indices with plant tissue nitrate quick test were studied for six winter wheat varieties (Jing 411, 9428, Nongda 3291, 94d28, Zhongmai 9 and Jingdong 8). The main results were as follows: 1) Among the six genotypes, Nongda 3291, Zhongmai 9 and Jingdong 8 were much more sensitive to nitrogen fertilizer application. Nongda 3291 and Jingdong 8 could be grouped as high efficient and high responsive genotypes, and Zhongmai 9 as low efficient and high responsive genotype, while 9428 could be grouped as low efficient and low responsive genotype. 2) The optimum N supply (soil N_{\min} + N fertilizer) of Jing 411, 9428, Nongda 3291, 94d28, Zhongmai 9 and Jingdong 8 were 183, 181, 132, 132, 152 and 132 $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, respectively. The critical values of the plant tissue nitrate test were 2 428, 2 509, 2 032, 2 357, 1 722 and 1 557 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$, respectively. 3) It was unnecessary to take the genotypic difference into account when basal fertilizer was recommended by soil N_{\min} test. Genotypic difference should be considered when using plant tissue nitrate test for ascertain the amount of nitrogen fertilizer as top-dressing in low fertility field while genotypic difference was unnecessary to be taken into consideration in high fertility field.

Key words winter wheat; genotype; soil N_{\min} ; plant nitrate concentration

收稿日期: 2001-07-03; 修回日期: 2002-06-20

北京市自然科学基金重大项目(6980001)和国家自然科学基金倾斜资助项目(39870479)

* 陈新平, 副教授, 研究方向为植物营养与施肥。联系作者。北京圆明园西路 2 号

我国主要粮食作物的氮肥利用率仅为 28%~41%^[1], 平均只有 35%^[2], 但是我国氮肥用量逐年上升^[3]。近年我们对北京地区施肥状况调查显示, 京郊农民的习惯施肥量在冬小麦一季作物上就已达到纯氮 300 kg·hm⁻²。为了提高肥料利用率, 降低施肥对环境造成的威胁, 就必须建立准确而又简便实用的推荐施肥体系。

世界很多国家和地区都建立了适应本地区种植作物的推荐施肥体系^[4,5]。在我国已形成了以土壤无机氮快速测试为主的基肥推荐体系和以植株硝酸盐含量快速测试为主的追肥推荐体系^[6]并已在国内冬小麦夏玉米轮作地区以及蔬菜种植上广泛应用。然而, 针对冬小麦需肥规律相应调整施肥指标还需研究。本研究以北京地区推广使用或具有推广潜力的 6 个高产冬小麦品种为试验材料, 研究土壤及植株测试氮肥推荐指标的差异, 为在生产中推广应用该项技术提供技术参数。

1 材料与方法

1.1 试验设计和方法

试验于 1999-10—2000-06 在北京市海淀区东北旺乡进行。供试土壤为潮土, 播前 0~90 cm 土壤无机氮含量为 92 kg·hm⁻², 0~30 cm 土壤质地为壤土, pH 为 7.65, 有机质为 23.2 g·kg⁻¹, 全氮为 1.13g·kg⁻¹, 速效磷(Olsen 方法)为 18.6 mg·kg⁻¹, 交换性钾为 149 mg·kg⁻¹, 根据北京市粮田土壤肥力分级指标, 该土壤属于高肥力土壤。

试验主处理为 6 个高产冬小麦品种, 它们分别是京 411、9428、农大 3291、94 冬 28、中麦 9 号和京冬 8 号。这些品种由北京市农业局、中国农业大学作物学院、北京市农林科学院作物所和中国农科院作物所推荐或提供。试验设纯氮用量为 0, 75, 150, 225, 300 和 375 kg·hm⁻² 6 个氮肥水平的副处理。各处理重复 4 次, 总计 144 个小区, 随机区组排列。小区面积为 21.6 m², 冬前基本苗 450 万·hm⁻²。各小区均施磷(P₂O₅)180 kg·hm⁻², 钾(K₂O)90 kg·hm⁻²作为底肥。施用氮肥为尿素, 基追各半, 均撒施, 基肥撒施后耕翻, 追肥在拔节期结合灌溉进行。

1.2 测定项目

1.2.1 土壤无机氮(N_{min})的测定 在播前、拔节期分 0~30, 30~60 和 60~90 cm 3 层取样, 过筛后立即用 0.01 mol·L⁻¹ CaCl₂ 浸提, 流动分析仪测定。

1.2.2 植株硝酸盐测定 在拔节期每小区取 30 株苗, 取茎基部 1 cm 样段压汁, 汁液稀释后用硝酸盐试纸显色, 反射仪(Reflectance Meter, 默克公司制造)测定。

1.2.3 产量测定 每小区取 3 m² 样方测产, 干物重表示产量, 调查成穗数、穗粒数、千粒重。

1.2.4 数据处理 数据采用 SAS 统计软件包进行统计分析。

2 结果分析

2.1 不同品种冬小麦产量对氮肥的反应(图 1)

在本试验的高肥力土壤上, 冬小麦 6 个品种均在 75~150 kg·hm⁻² 的施氮水平就已达到最高产量。但是, 品种间的产量差异较大。京冬 8 号的基础产量最低, 94 冬 28 最高, 其他则相差不多; 而最高产量则以京 411、农大 3291 和 94 冬 28 最高。以氮肥的投入使冬小麦籽粒所能达到的最高产量来衡量不同品种对氮肥效应的高低, 以单位氮肥的投入所能增加的籽粒产量来衡量不同品种对氮肥响应度的大小, 农大 3291 和京冬 8 号可以划分为氮肥的高效高响应型品种, 中麦 9 号为低效高响应型; 而 9428 对氮肥反应较不敏感, 属于低效低响应型。

以施氮量为 0 和 150 kg·hm⁻² 的处理为例分析可见, 氮肥对各品种的单位面积穗数和穗

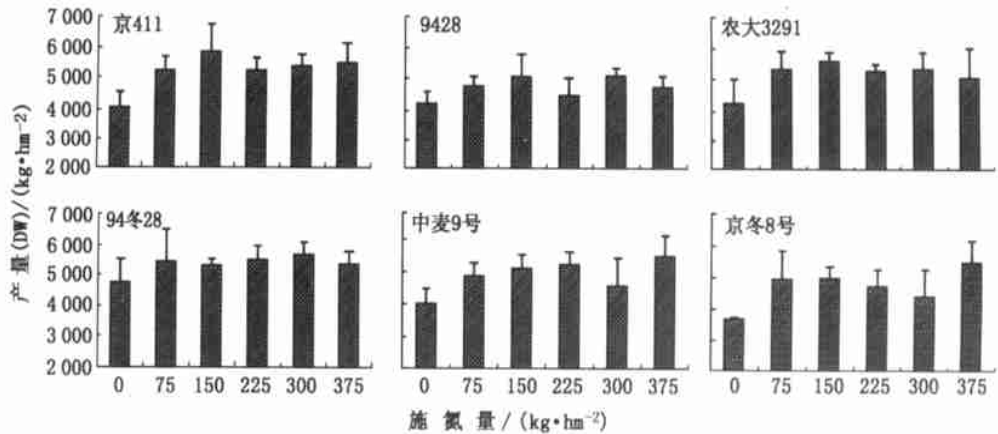


图1 不同品种冬小麦对氮肥施用量的反应

粒数的影响不一。对京411、农大3291和中麦9号这些高效高响应品种,施氮在一定程度上提高了其成穗数的同时,还大幅提高了穗粒数;对9428和94冬28则主要提高了成穗数量,而对穗粒数影响不大。由于试验土壤肥力较高,施氮对粒重的影响表现不一致,施氮量升高,有些品种粒重没有显著变化,而有些品种粒重却下降了。总体上说,京411获得高产主要是因为有较多的成穗数和穗粒数以及较高的粒重,农大3291高产也是因为成穗数和穗粒数多,但粒重并不高,而94冬28由于其分蘖潜力大,成穗数为最高,一样获得了较高的产量(表1)。

表1 不同施氮水平下不同品种产量构成因子的差异(氮水平为0和150 kg·hm⁻²)

品 种	每平米成穗数		穗粒数		粒重/mg		产量(DW), kg·hm ⁻²	
	N 0	N 150	N 0	N 150	N 0	N 150	N 0	N 150
京 411	560 a(a)	593 a(a)	20 7 b(c)	26 3 a(a)	43 8 a(a)	42 3 a(a)	4 028 b(b)	5 862 a(a)
9428	434 b(b)	539 a(b)	25 8 a(a)	25 7 a(a)	45 5 a(a)	44 5 a(a)	4 206 b(ab)	5 096 b(b)
农大 3291	593 b(a)	636 a(a)	25 3 b(a)	28 3 a(a)	42 8 a(a)	36 8 b(b)	4 243 b(ab)	5 608 a(ab)
94 冬 28	596 b(a)	680 a(a)	22 6 a(b)	23 9 a(b)	42 1 a(a)	38 7 b(b)	4 746 a(a)	5 297 a(ab)
中麦 9 号	524 b(a)	578 a(ab)	20 6 b(c)	24 8 a(ab)	44 3 a(a)	42 9 a(a)	4 028 b(b)	5 091 b(b)
京冬 8 号	586 a(a)	554 a(b)	22 2 b(b)	26 2 a(a)	42 7 a(a)	42 6 a(a)	3 711 b(b)	5 014 b(b)

$P = 0.05$ 注: a 代表同一品种不同施氮水平的多重比较结果, (a) 代表同一施氮水平下不同品种的多重比较结果。下同。

2.2 不同品种冬小麦产量与供氮量的关系及氮肥基肥推荐指标

图2表明,线性加平台模型可以很好地拟合上述6个品种冬小麦产量与土壤供氮量(播前0~90 cm 土壤剖面无机氮与施氮量的和)的关系,决定系数均达显著或极显著水平(图2)。据此计算出京411、9428、农大3291、94冬28、中麦9号和京冬8号的土壤最佳供氮量分别为183, 181, 132, 132, 152和132 kg·hm⁻²。

通过冬小麦产量与供氮量的关系,可以确定不同品种冬小麦氮肥基肥推荐指标。采用生产中常用的基肥、追肥各1半的施肥方式,计算公式如下:

$$N_r = (N_{opt} - N_{min}) / 2$$

其中, N_r 为所需的推荐基肥施肥量, N_{opt} 为冬小麦全生育期土壤最佳供氮量, N_{min} 是指所要推荐的田块通过测试得出的0~90 cm 土壤剖面无机氮量。通过计算,可以得出不同初始 N_{min} 土壤的基肥推荐指标(表2)。

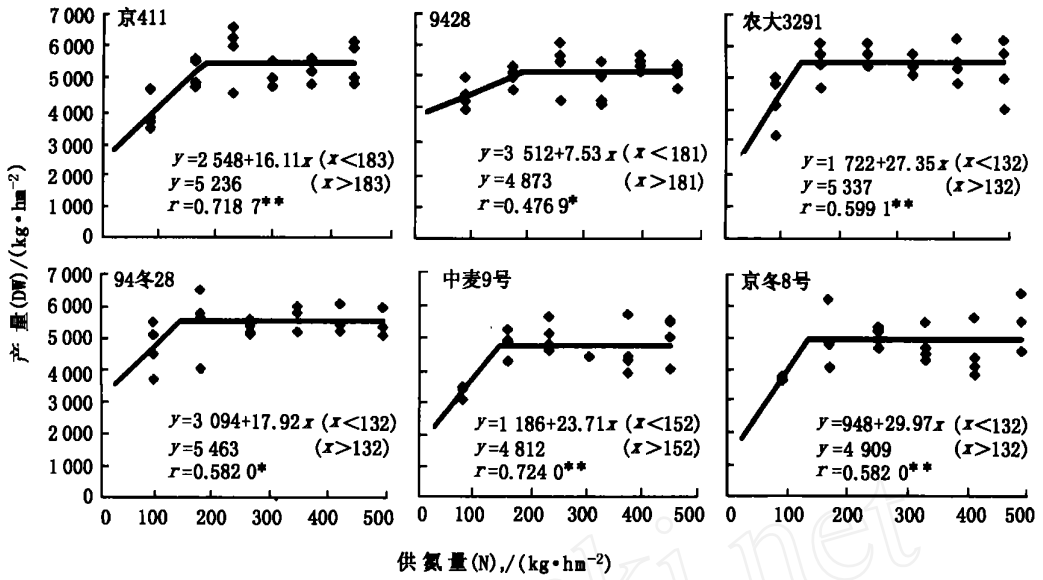


图 2 不同品种冬小麦产量与土壤供氮量的关系(播前土壤 0~ 90 cm 无机氮+ 肥料氮)

表 2 不同品种冬小麦基于播前土壤无机氮测试的氮肥基肥推荐指标

kg·hm⁻²

品 种	播前土壤无机氮测试值 N/(kg·hm ⁻²)							
	0	25	50	75	100	125	150	175
京 411	91	79	66	54	41	29	16	4
9428	90	78	65	53	40	28	15	3
农大 3291	66	54	41	29	16	4	0	0
94 冬 28	66	54	41	29	16	4	0	0
中麦 9 号	76	64	51	39	26	14	1	0
京冬 8 号	66	54	41	29	16	4	0	0

由表 2 可以看出, 基肥推荐指标的品种差异并不大, 6 个品种在同一土壤无机氮水平下推荐的基肥用量折合纯氮最多相差 25 kg·hm⁻², 因此基肥推荐基本上可以不考虑品种之间的差异而采用一个统一的推荐施肥量。

2.3 不同品种冬小麦植株硝酸盐含量与施氮量的关系及氮肥追肥推荐指标

与国内外其他研究结果一致^[6-8], 冬小麦拔节期植株硝酸盐浓度与基肥施氮量均呈极显著的线性相关(图 3)。从线性方程的斜率来看, 试验所选的 6 个品种对氮肥的敏感程度(即单位氮肥的投入所增加的植株硝酸盐浓度的大小)差异不大; 但在氮胁迫条件下, 植株茎基部硝酸盐浓度品种差异较大, 以农大 3291 和 94 冬 28 为最高, 这 2 个品种在氮营养胁迫条件下依然有较高的氮营养吸收和积累能力, 这是它们能在较低的施氮水平下获得高产的原因之一。

通过植株硝酸盐浓度与基肥施氮量的线性关系以及求得的最佳施氮量, 可以建立以植株硝酸盐测试为指标的推荐施肥模型。设通过图 3 所示的线性关系求出的拔节期以前的基肥用量为 N_{base} , 冬小麦全生育期最佳施氮量为 N_{fer} , 则拔节期追氮量

$$N_r = N_{fer} - N_{base} \tag{1}$$

N_{base} 与植株硝酸盐测定值 N_{itr} 为线性关系, 即: $N_{itr} = aN_{base} + b \tag{2}$



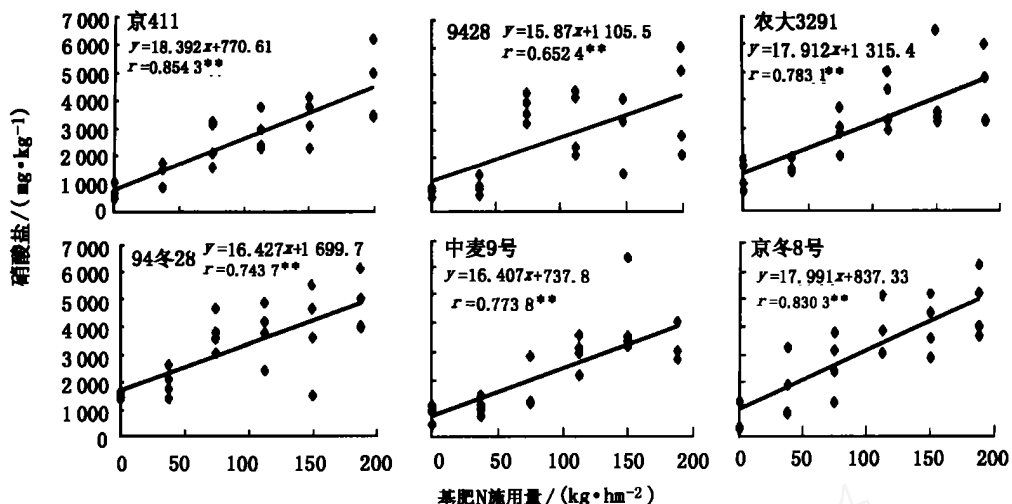


图3 不同品种冬小麦植株硝酸盐含量与基肥施氮量的关系

也即:

$$N_{base} = (N_{itr} - b) / a \tag{3}$$

代入(1)式, 得出植株硝酸盐诊断的追肥模型, 公式如下:

$$N_r = N_{fer} + b/a - N_{itr}/a \tag{4}$$

其中, N_r 为所需的氮肥追肥推荐用量, N_{fer} 为冬小麦全生育期土壤最佳施氮量, a 为施氮量与植株硝酸盐浓度线性方程的回归系数, b 为截距, N_{itr} 为植株硝酸盐含量的测定值。根据(4)式求得的6个品种的推荐施肥模型分别为:

京411	$N_r = 132.4 - 0.0544 N_{itr}$	94冬28	$N_r = 143.5 - 0.0609 N_{itr}$
9428	$N_r = 158.3 - 0.0630 N_{itr}$	中麦9号	$N_r = 105.0 - 0.0610 N_{itr}$
农大3291	$N_r = 113.4 - 0.0558 N_{itr}$	京冬8号	$N_r = 86.5 - 0.0556 N_{itr}$

通过上述模型, 可以求出冬小麦各品种拔节期不需追施氮肥时的硝酸盐临界值依次为 2 438, 2 509, 2 032, 2 357, 1 722 和 1 557 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$; 同时, 也可得出不同品种冬小麦在不同植株硝酸盐浓度所对应的推荐施肥量(表3); 结果表明, 在测定值较低时, 推荐指标的品种间差异较大。也就是说, 在低肥力或基肥施用量很低的土壤上, 以植株硝酸盐浓度作为追肥推荐指标时, 需要根据不同的品种确定对应的推荐用量; 但高肥力或基肥施用量很高的土壤上, 追肥推荐指标的品种差异较小, 可以不考虑品种的影响而采用统一的指标。

表3 不同品种冬小麦拔节期植株硝酸盐浓度对应推荐施肥量

$\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$

品 种	测 定 值(NO_3^-)/($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)					
	400	800	1 200	1 600	2 000	2 400
京 411	111	89	67	45	24	2
9428	133	108	83	58	32	7
农大 3291	91	69	46	24	2	0
94冬28	119	95	70	46	22	0
中麦9号	81	56	32	8	0	0
京冬8号	64	42	20	0	0	0

3 讨 论

有别于氮营养效率品种差异的研究工作需要选择特定的、差异较大的试验材料, 本研究的目的主要立足于生产应用, 试验材料的选择以推广应用为条件。从研究结果可以看出: 1) 冬小麦在对氮肥的反应上存在着品种差异, 在以土壤 N_{min} 作为推荐基肥指标时, 冬小麦品种的差异很小, 在生产中可以采用统一的指标作为基肥推荐的依据; 2) 在以植株硝酸盐含量作为营养诊断指标指导追肥时, 由于各品种在达到不需追肥时的茎基部硝酸盐浓度临界值差异, 在低肥力或基肥施用量低的土壤上, 需要针对不同的品种建立对应养分临界值, 确定不同的推荐追肥量; 但在高肥力或基肥施用量很高的土壤上, 可以忽略品种的差异而采用统一的指标。

在欧美各国, 应用土壤无机氮测试进行氮肥推荐时, 一般均不考虑推荐指标的品种差异。这是因为一般推广应用的高产作物品种间对氮素需求的差异很小, 不同高产品种达到一定目标产量的吸氮量和所需的供氮量无显著差异, 本研究印证了这一点。而有关冬小麦、夏玉米等对农作物植株硝酸盐含量的品种差异曾见诸于一些报道^[13]。本研究表明, 即便都是高产的推广品种, 其植株体内硝酸盐含量尤其是在低氮水平下, 也存在一定的差异。因此进行更深入的研究是非常必要的。

参 考 文 献

- 1 朱兆良, 文启孝 中国土壤氮素 南京: 江苏科技出版社, 1992 213~ 249
- 2 陈同斌 2000 年农用化肥氮磷钾消费比例的研究 中国科学院地理研究所研究报告, 1993
- 3 中国农业年鉴编辑委员会 中国农业年鉴 北京: 中国农业出版社, 1999
- 4 Justes E, Meynard J M, Mary B, Plenet D. Diagnosis using stem base extract: Jubil Method In: Diagnosis of the Nitrogen Status in Crop, 1996 163~ 187
- 5 Blackmer A M, Morris T F, Binford G D. Predicting N fertilizer needs for corn in humid regions: Advances in Iowa In: Bock B R, Kelley K R, eds Predicting N fertilizer needs for corn in humid regions Bull Y-226 National Fertilizer and Environmental Research Center Tennessee Valley Authority, Muscle Shoals, AL 35660, 1992
- 6 陈新平, 李志宏, 王兴仁, 张福锁 土壤植株快速测试推荐施肥技术体系的建立与应用 土壤肥料 1999, (2): 6~ 12
- 7 李志宏, 张福锁, 王兴仁 我国北方地区几种主要作物氮营养诊断及追肥推荐研究: IV. 冬小麦/夏玉米轮作制度下氮素营养诊断及氮肥推荐研究 植物营养与肥料学报, 1997, 3(4): 357~ 362
- 8 Binford G D, Blackmer A M, Cerrato M E. Relationship between corn yields and soil nitrate in late Spring Agron J, 1992, 84(1): 53~ 59
- 9 Summer M E. Advance in the use and application of plant analysis, Commun. Soil Sci Plant Anal, 1990, 21: 1409~ 1430