

# 宁夏春小麦氮素利用效率的基因型差异研究

何文寿 陈素生 康建宏  
(宁夏大学农学院 宁夏永宁 750105)

**摘要** 采用肥料田间试验和测试分析方法,研究了宁夏春小麦 N 素利用效率及其构成因素的基因型差异。结果表明,春小麦 N 素利用效率、籽粒产量、地上部茎叶和籽粒含 N 量及其 N 素吸收累积量等均存在明显基因型差异,而且这种差异在中低肥力土壤条件下较中高肥力土壤条件下更为明显。在不施 N 肥条件下,N 素利用效率平均为 40.0kg/kg;在施 N 肥条件下,N 素利用效率平均为 30.8kg/kg。从中筛选出一批 N 素利用效率和产量均较高的品种。同时通过相关分析,研究了不同土壤肥力和不同施 N 水平下 N 素利用效率与其它 N 素营养性状及农艺性状之间的关系,提出了培育 N 高效品种的有用性状指标。

**关键词** 春小麦; N 素利用效率; 基因型差异  
**中图分类号** S147; S31; S512.1<sup>+2</sup>

氮素是促进作物生长发育所必需的大量营养元素之一,也是提高产量和改进品质的重要因素。多年来,宁夏全区 N 肥总用量和单位面积用量均逐年增加,粮食总产量和单产也随之上升,二者之间呈高度正相关( $r=0.931^{**}, 0.864^{**}$ ),N 肥在农业生产中起到了重要作用<sup>[1]</sup>。从全区来看,单位面积 N 肥施用量并不高,低于全国平均水平,但在宁南山区和引黄灌区之间差异甚大,山区用量很低,而灌区用量很大。据调查,近年来灌区麦田平均每公顷 N 肥用量在 225~300kg 左右,N 肥利用率平均仅为 30%<sup>[1]</sup>。施入农田的大量 N 肥发生淋失和挥发损失,造成 N 肥资源的浪费和环境污染。那么如何提高春小麦的 N 肥利用率,减少其损失,充分发挥 N 肥在小麦生产中的重要作用?从国内外研究解决途径来看,一是改进肥料品种和施肥技术,以提高 N 肥利用率。这方面已研究取得了大量成果,在小麦生产中已发挥了较大作用<sup>[2~9]</sup>。二是筛选和利用 N 素高效品种即 N 高效基因型,减少 N 肥损失,提高 N 肥利用率。这方面近年来已进行了大量研究,筛选出一些 N 素利用效率高的品种,研究者认为此途径是一条有效生物学途径<sup>[9~13]</sup>。宁夏当地小麦品种、育成品种、引进品种和正在培育的高产优质品种(系)有多个,尚缺乏 N 素利用效率的系统筛选研究。因此,本试验旨在不同土壤供 N 条件下对目前种植和试验的 100 个品种(系)进行 N 素利用效率的系统筛选研究,为进一步利用和培育 N 高效品种提供依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 田间试验

田间试验在宁夏永宁县望洪乡西河六队的中低肥力田块和杨和乡红星五队的中高肥力田块进行,供试土壤为灌淤土,其理化性质见表 1。采用裂区设计,主处理为不施 N 肥 (-N) 与施 N 肥 (+N),副处理为 100 个小麦品种(系),即 V309A/3136、永 2464、永 499、永 781、宁春 26 号(永良 16 号)、永 920、永 1769、永良 15 号、永 2814、永 T2254、永 403、永 509、永 2577、94N4364、长 8615、BD-3、90Y1605、小冰麦、50282、932、95N873、95N675、鉴 29、巴盟 9 号、宁春 25 号(石 1340)、中 81995、254、甘 94J64、136、张 113-2-2、95N621、95N655、95N3138、95N667、95N479、95N549、宁农 1 号(农 363)、新春 6 号、同麦 15 号、青 94-818、96N3004、定 8210、西农 1376、宁农 2 号(93J104)、90M3092、90J265、89N2297、94D146、87Y1405、Q36、94N4428、94N3116、94N4257、94N4444、94N4567、94N819、94N4325、94N4412、94N4261、95N481、J197、J30、J14、J43、品 -11、J186、J37、J010、J141、J18、J03、DH455、J205、宁春 15 号、宁春 14 号、宁春 13 号、宁春 21 号、宁春 23 号、宁春 20 号、宁春 16 号、宁春 18 号、宁春 22 号、宁春 19 号、宁春 4 号、宁春 17 号、宁春 11 号、宁春 10 号、晋 2148、定西 35、红芒麦、陇春 81392、青春 891、8540、

春高塬 602、81-2、春 819、春 81529、青春 533、82316-1、春 806。随机排列，3 次重复。施 N 处理 N 用量为 225kg/hm<sup>2</sup>，不同施肥处理统一设 P、K 肥为肥底，其 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>O 用量分别为 120、60kg/hm<sup>2</sup>。供试肥料为尿素(N 46%)，重过磷酸钙(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 47%)，氯化钾(K<sub>2</sub>O 60%)，P 肥、K 肥与 40% N 肥结合整地

基施，其余 60% N 肥作追施，分别于分蘖期、拔节期和抽穗期追施 20%、35%和 5%。主区面积为 180m<sup>2</sup>，副区面积为 1.8m<sup>2</sup>。其它管理措施同大田。成熟收获，记录实产。收获前每副区取 30 株样，用于考种与测定地上部含 N 量。

表 1 供试土壤理化性质

Table 1 Some physicochemical properties of the soil tested in the experiments (0-20cm)

土壤肥力水平	有机质 (g/kg)	全 N (g/kg)	全 P (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> g/kg)	碱解 N (N mg/kg)	速效 P (P mg/kg)	速效 K (K mg/kg)	pH (H <sub>2</sub> O) (5:1)	质地
中低水平	14.5	0.78	1.55	64	12.9	145	8.0	重壤
中高水平	16.3	1.04	1.63	101	16.9	166	8.0	重壤

## 1.2 测试分析与计算方法

土壤理化性质的测定采用常规方法<sup>[14]</sup>。小麦茎叶(包括穗部营养体)和籽粒中含 N 量的测定，分别采用 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 消煮，凯氏蒸馏法。小麦 N 素利用效率(Nitrogen utilization efficiency, NUE)采用籽粒产量除以地上部 N 吸收累积量计算求得，即用植物地上部吸收累积的单位 N 素所形成的籽粒产量(kg/kg)来表示。可见构成 N 素利用效率的参数为籽粒产量和地上部 N 吸收累积量，其中地上部 N 吸收累积量是籽粒中 N 吸收累积量与茎叶(包括穗部营养体)中 N 吸收累积量之和，籽粒中 N 吸收累积量为籽粒含 N 量乘以籽粒产量即得，茎叶中 N 吸收累积量为小麦茎叶(包括穗部营养体)中含 N 量乘以小麦茎叶(包括穗部营养体)重量求得。N 素收获指数(NHI)用籽粒中 N 累积量占地上部 N 吸收累积量的百分数表示。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同土壤肥力条件下春小麦 N 素利用效率的基因型差异

按照裂区设计统计分析的要求，首先分别计算出主处理和副处理 3 次重复的春小麦 N 素利用效率，然后进行方差分析。结果表明，在中低土壤肥力条件下，不论施 N 肥与否，春小麦 N 素利用效率在不同基因型之间均存在极显著差异 ( $F > F_{0.01}$ )，而在 3 次重复之间均无明显差异 ( $F < F_{0.05}$ )。在中高土壤肥力条件下，不论施 N 肥与否，春小麦 N 素利用效率在不同基因型之间均存在显著差异 ( $F > F_{0.05}$ )，而在 3 次重复之间也均无明显差异 ( $F < F_{0.05}$ )。这就表明在供试条件下，不论中低土壤肥力还是中高肥力，不论施 N 肥与否，小麦 N 素利用效率在基因型

间存在极显著或显著差异，而在 3 次重复之间无明显差异。因此，将不同土壤肥力条件下不同基因型春小麦 N 素利用效率的统计结果列于表 2 (3 次重复均值)。

试验结果(表 2)表明，在中低土壤肥力条件下，不施 N 肥处理的小麦 N 素利用效率在供试 100 个品种(系)间变化在 50.4~30.1kg/kg 之间，平均为 41.9kg/kg，变异系数为 10.90%，基因型间存在极显著差异 ( $P < 0.01$ )。平均来看，每生产 100kg 籽粒需要吸收的 N 素变动于 1.98~3.32kg，平均为 2.39kg。从品种来看，N 素利用效率较高的有宁春 16 号、宁春 4 号、新春 6 号、V309/3136、宁农 1 号、宁春 26 号、宁农 2 号、96N3004、宁春 20 号、95N549、Q36、永 920 等。施 N 肥处理的小麦 N 素利用效率在 100 个小麦品种(系)间变化在 42.1~26.4kg/kg 之间，平均为 33.2kg/kg，变异系数为 11.56%，基因型间的差异也达极显著水平 ( $P < 0.01$ )。平均来看，每生产 100kg 籽粒需要吸收的 N 素变动于 2.38~3.79kg，平均为 3.01kg。从品种来看，N 素利用效率较高的有宁春 16 号、宁春 4 号、新春 6 号、宁春 18 号、宁春 26 号、90j265、94N4364、V309/3136、永 920、宁春 25 号等。由此可见，施用 N 肥较不施用 N 肥的小麦 N 素利用效率明显降低。

在中高土壤肥力条件下，不施 N 肥处理的小麦 N 素利用效率在 100 个品种(系)间变化在 42.4~36.4kg/kg 之间，平均为 38.1kg/kg，变异系数为 5.53%，基因型间存在显著差异 ( $P < 0.05$ )。平均来看，每生产 100kg 籽粒需要吸收的 N 素变动于 2.36~2.75kg，平均为 2.62kg。施 N 肥处理的 N 素利用效率变化在 33.0~25.0kg/kg 之间，平均为 28.4kg/kg，变异系数为 7.49%，基因型间也存在显

著差异 ( $P < 0.05$ )。每生产 100kg 籽粒需要吸收的 N 素变动于 3.03~4.00kg, 平均为 3.52kg。从品种比较来看, 在中高土壤肥力条件下 N 素利用效率较高的有新春 6 号、宁春 26 号、宁春 16 号、宁春 4 号、宁农 1 号、永良 15 号、V309A/3136、宁农 2 号、宁春 18 号、94N4364 等。由上可见, 在中高土壤肥力条件下施用 N 肥后, 小麦 N 素利用效率也明显降低。

表 2 春小麦 N 素利用效率的基因型差异

Table 2 Genotypic differences in nitrogen recovery between spring wheat varieties

处 理	平均 (kg/kg)	最大值 (kg/kg)	最小值 (kg/kg)	变异系数 (%)
中低肥力 土壤	-N 41.9	50.4	30.1	10.90
	+N 33.2	42.1	26.4	11.56
中高肥力 土壤	-N 38.1	42.4	36.4	5.53
	+N 28.4	33.0	25.0	7.49

注: 表中数据均为 3 次重复之均值。

从中低肥力和中高肥力土壤的 N 素利用效率综合来看, 中高肥力土壤的小麦 N 素利用效率低于中低肥力土壤, 不论土壤肥力高低也不论施 N 肥与否, 小麦 N 素利用效率在基因型间均存在明显差异。在不施 N 肥条件下, 中低肥力和中高肥力土壤的小麦 N 素利用效率平均为 40.0kg/kg, 每生产 100kg 籽粒需要吸收的 N 素平均为 2.5kg。在施 N 肥条件下, 中低肥力和中高肥力土壤的小麦 N 素利用效率平均为 30.8kg/kg, 每生产 100kg 籽粒需要吸收的 N 素平均为 3.25kg。平均来看, N 素利用效率较高的前 10 个品种有宁春 26 号、新春 6 号、宁春 16 号、94N4364、宁农 1 号、宁春 4 号、V309A/3136、宁春 18 号、永良 15 号、90j265 等。

## 2.2 不同土壤肥力条件下春小麦 N 素利用效率构成参数的基因型差异

### 2.2.1 不同土壤肥力条件下小麦产量的基因型差异

通过对小麦籽粒产量数据的方差分析, 结果表明, 不论施 N 肥与否, 籽粒产量在中低土壤肥力条件下均存在极显著基因型差异 ( $F > F_{0.01}$ ), 在中高土壤肥力条件下均存在显著基因型差异 ( $F > F_{0.05}$ ), 但在供试条件下 3 次重复之间均无明显差异 ( $F < F_{0.05}$ )。这就表明不论土壤供 N 量高低, 小麦籽粒产量在基因型间均存在极显著或显著差异。

由表 3 看出, 在中低土壤肥力条件下, 不施 N 肥处理供试 100 个小麦品种(系)的产量变幅在 3087.0~5829.0kg/hm<sup>2</sup> 之间, 平均为 4670.0kg/hm<sup>2</sup>, 品种之间的变异系数为 11.32%, 基因型间存在极显

著差异 ( $P < 0.01$ ); 施 N 肥区供试 100 个小麦品种的产量变幅在 4171.5~7814.0kg/hm<sup>2</sup> 之间, 平均为 6166.5kg/hm<sup>2</sup>, 品种之间的变异系数为 12.42%, 基因型间也存在极显著差异 ( $P < 0.01$ )。在供试中低土壤肥力条件下, 施 N 肥较不施 N 肥平均增产 32.06%。从不同品种(系)产量水平比较来看, 不施 N 肥区产量水平在 5250kg 以上的品种有宁春 16 号、宁春 4 号、新春 6 号、96N3004、定 8210、陇春 81392、宁春 20 号、95N549、V309/3136、Q36、永 2814 等 12 个。施 N 肥区产量水平在 6750kg 以上有宁春 16 号、宁春 4 号、新春 6 号、宁春 26 号、95N549、永 2814、V309/3136、宁春 19 号、永 920、宁春 25 号等 25 个。

表 3 不同土壤肥力条件下小麦籽粒产量的基因型差异

Table 3 Genotypic differences in grain yield of spring wheat between soils different in fertility

处 理	平均 (t/hm <sup>2</sup> )	最大值 (t/hm <sup>2</sup> )	最小值 (t/hm <sup>2</sup> )	变异系数 (%)
中低肥力土壤	-N 4.670	5.829	3.087	11.32
	+N 6.167	7.814	4.171	12.42
中高肥力土壤	-N 6.670	7.142	5.258	8.80
	+N 7.967	8.646	6.154	9.10

注: 表中数据均为 3 次重复之均值。

在中高土壤肥力条件下, 不施 N 肥区供试小麦品种的产量变幅在 5258.0~7141.5kg/hm<sup>2</sup> 之间, 平均为 6670.0kg/hm<sup>2</sup>, 品种之间的变异系数为 8.80%, 基因型间的差异达显著水平 ( $P < 0.05$ ); 施 N 肥区供试小麦品种的产量变幅在 6154.0~8646.0kg/hm<sup>2</sup> 之间, 平均为 7967.0kg/hm<sup>2</sup>, 品种之间的变异系数为 9.10%, 基因型间的差异也达显著水平 ( $P < 0.01$ )。在供试中高土壤肥力条件下, 施 N 肥的平均增产率为 19.44%。施 N 肥条件下, 产量排前 10 位的品种有新春 6 号、宁春 26 号、宁春 16 号、宁春 4 号、宁农 1 号、永良 15 号、V309A/3136、宁农 2 号、宁春 18 号、94N4364。

由此可见, 不论在中低土壤肥力条件还是在中高土壤肥力条件下, 不论施 N 肥与否, 小麦籽粒产量均存在明显基因型差异, 这种差异在中低土壤肥力条件下更为明显。从品种比较来看, 在施肥条件下高产品种有新春 6 号、宁春 26 号、宁春 16 号、宁春 4 号、宁农 1 号、永良 15 号、V309A/3136、宁农 2 号、宁春 18 号、94N4364 等。

### 2.2.2 不同土壤肥力条件下小麦地上部 N 吸收累积量的基因型差异

对试验结果方差分析表明,

小麦籽粒和茎叶中的含 N 量及其吸收累积量，在中低土壤肥力条件下，不论施 N 肥与否，在基因型间存在极显著差异 ( $P < 0.01$ )；在中高土壤肥力条件下，不论施 N 肥与否，在基因型间存在显著差异 ( $P < 0.05$ )，而在试验重复之间均无明显差异。从表 4 变异系数来看，中低土壤肥力条件下籽粒和茎叶中含 N 量的基因型变异明显大于中高土壤肥力条件，茎叶中含 N 量的变异大于籽粒中含 N 量的变异，变化最大的是中低土壤肥力条件下不施 N 肥处理的茎叶含 N 量，变异系数高达 36.98%。从 3 次重复的平均含 N 量来看（表 4），不论中低土壤肥力还是中高土壤肥力条件，凡是施用 N 肥处理的籽粒和茎叶中含 N 量明显高于不施 N 肥处理。在不施 N 肥条件下，供试品种（系）的籽粒和茎叶中含 N 量，中高肥力土壤较中低肥力土壤略有增加；在施 N 肥条件下，籽粒含 N 量在不同土壤肥力水平间无明显差异，但茎叶中的含 N 量中高肥力土壤明显高于中低肥力土壤。

小麦籽粒和整个地上部的 N 素吸收累积量在基因型间的差异为：在中低肥力土壤条件下达极显著

水平 ( $P < 0.01$ )，在中高肥力土壤条件下达显著水平 ( $P < 0.05$ )。从变异系数来看，中低肥力土壤条件下籽粒和地上部的基因型变异明显大于中高肥力土壤条件。从表 5 不同基因型 3 次重复的平均 N 吸收累积量来看，小麦籽粒和整个地上部的 N 素吸收累积量都是中高肥力土壤显著大于中低肥力土壤、施 N 肥处理明显高于不施 N 肥处理。

从不同小麦品种 N 素收获指数 (NHI) 来看，在中低土壤肥力条件下，不施 N 肥处理 NHI 变幅于 65%~91%，平均为 83%，其中宁春 4 号和宁农 1 号 2 个品种的 NHI  $> 90%$ ，有 25 个品种的 NHI  $> 85%$ ，有 3 个品种  $< 70%$ ，变异系数为 7.65%。施 N 肥处理 NHI 变幅于 66%~87%，平均为 77%，宁农 1 号等 4 个品种的 NHI  $> 85%$ ，有 5 个品种  $< 70%$ ，变异系数为 6.36%。在中高土壤肥力条件下，不施 N 肥处理 NHI 平均为 84%，施 N 肥处理 NHI 平均为 78%。由此可见，不施 N 肥处理的 NHI 高于施 N 肥处理。总体来看，不同品种不施 N 肥处理的 NHI 平均为 83.5%，施 N 肥处理的 NHI 平均为 77.5%，施 N 较不施 N 平均降低 6%。

表 4 春小麦地上部含 N 量的基因型差异

Table 4 Genotypic differences in nitrogen content in shoot of spring wheat

处 理	部 位	平 均 (%)	最 大 值 (%)	最 小 值 (%)	变 异 系 数 (%)	
中低肥力土壤	-N	籽粒	2.015	2.633	1.588	10.82
		茎叶	0.350	0.759	0.228	36.98
	+N	籽粒	2.410	3.127	1.954	10.17
		茎叶	0.590	0.867	0.389	18.61
中高肥力土壤	-N	籽粒	2.150	2.280	1.890	4.86
		茎叶	0.372	0.440	0.320	8.34
	+N	籽粒	2.415	2.830	2.260	6.95
		茎叶	0.670	0.950	0.520	8.27

注：表中数据均为 3 次重复之均值。

表 5 春小麦地上部 N 累积量的基因型差异

Table 5 Genotypic differences in nitrogen accumulation in grain and shoot of spring wheat

处 理	部 位	平 均 ( $\text{kg}/\text{hm}^2$ )	最 大 值 ( $\text{kg}/\text{hm}^2$ )	最 小 值 ( $\text{kg}/\text{hm}^2$ )	变 异 系 数 (%)	
中低肥力土壤	-N	籽粒	92.25	128.40	69.15	14.14
		地上部	110.40	144.75	82.50	12.89
	+N	籽粒	145.20	193.05	93.00	15.72
		地上部	183.45	238.20	112.05	14.38
中高肥力土壤	-N	籽粒	136.65	150.00	114.00	8.13
		地上部	163.05	181.20	137.40	7.92
	+N	籽粒	190.80	203.40	174.45	5.08
		地上部	239.40	255.00	217.65	4.99

注：表中数据均为 3 次重复之均值。

## 2.2 不同土壤肥力条件下春小麦 N 素利用效率与其它性状之间的相关性

为了探明不同土壤肥力条件下小麦 N 素利用效率与其它营养性状及农艺性状之间的关系,对 3 次重复的平均试验结果进行了相关分析。结果表明(表 6),不论土壤肥力高低,也不论施 N 肥与否,不同基因型小麦 N 素利用效率与茎叶中含 N 量、籽粒中含 N 量间呈极显著负相关,与籽粒产量、收获指数、N 收获指数、株高之间呈显著或极显著正相关。表明在小麦育种上,通过提高产量、收获指数和 N 收获指数,适度增加植株高度,可以提高 N 素利用效

率。

在中低土壤肥力条件下,小麦 N 素利用效率还与地上部 N 吸收累积量间呈极显著负相关,说明地上部 N 素吸收累积越多,则利用效率越低。而 N 素利用效率与穗粒数之间呈显著正相关,表明在中低肥力土壤条件下,通过增加穗粒数,也可以提高 N 素利用效率。在中高土壤肥力条件下,施用 N 肥后, N 素利用效率还与籽粒中 N 累积量、亩穗数、千粒重之间呈显著正相关,表明在中高土壤肥力条件下,通过增施 N 肥和提高亩穗数、千粒重,可以提高 N 素利用效率。

表 6 不同土壤肥力条件下不同基因型春小麦 N 素利用效率与其它性状之间的相关系数

Table 6 Correlation coefficients of nitrogen recovery rate with some characteristics of spring wheat different in genotype on soils different in fertility

	中低肥力土壤 (n=46)		中高肥力土壤 (n=16)	
	-N	+N	-N	+N
茎叶含 N%	-0.519**	-0.617**	-0.709**	-0.854**
籽粒含 N%	-0.776**	-0.828**	-0.891**	-0.758**
籽粒 N 累积量	-0.265	-0.318*	0.259	0.504*
地上部 N 累积量	-0.555**	-0.545**	0.202	0.223
N 收获指数	0.387**	0.466**	0.591*	0.817**
籽粒产量	0.366*	0.298*	0.498*	0.544*
生物产量	0.029	-0.131	0.361	0.268
收获指数	0.464**	0.591**	0.515*	0.835**
亩穗数	0.017	0.213	0.282	0.576*
穗粒数	0.316*	0.298*	0.431	-0.156
千粒重	-0.128	-0.065	-0.091	0.509*
株高	0.327*	0.469**	0.597*	0.682**

注:\*,\*\*分别表示 P=0.05, 0.01 的显著水平。

## 3 结论

(1) 在供试中低肥力和中高肥力土壤条件下,不论施 N 肥与否,小麦 N 素利用效率在基因型间均存在极显著或显著差异。在不施 N 肥条件下,中低肥力和中高肥力土壤的小麦 N 素利用效率平均为 40.0kg/kg,每生产 100kg 籽粒需要吸收的 N 素平均为 2.5kg。在施 N 肥条件下,中低肥力和中高肥力土壤的小麦 N 素利用效率平均为 30.8kg/kg,每生产 100kg 籽粒需要吸收的 N 素平均为 3.25kg。平均来看,N 素利用效率较高的前 10 个品种有宁春 26 号、新春 6 号、宁春 16 号、94N4364、宁农 1 号、宁春 4 号、V309A/3136、宁春 18 号、永良 15 号、90j265 等。

(2) 不论施 N 肥与否,籽粒产量在中低土壤肥力条件下存在极显著基因型差异,在中高土壤肥力

条件下存在显著基因型差异。在施 N 肥条件下,从 100 个春小麦品种(系)中筛选出高产品种 10 个,有新春 6 号、宁春 26 号、宁春 16 号、宁春 4 号、宁农 1 号、永良 15 号、V309A/3136、宁农 2 号、宁春 18 号、94N4364 等。

(3) 在中低土壤肥力和中高土壤肥力条件下,小麦籽粒和茎叶中的含 N 量及其吸收累积量均存在明显基因型差异,而且这种差异在中低土壤肥力条件下更为明显,变化最大的是中低土壤肥力条件下不施 N 肥处理的茎叶含 N 量,变异系数高达 36.98%。在供试土壤条件下,不施 N 肥处理的 N 素收获指数各基因型平均为 83.5%,施 N 肥处理的 N 素收获指数平均为 77.5%,施 N 较不施 N 其 N 素收获指数平均降低 6%。

(4) 相关分析表明,小麦 N 素利用效率与茎叶中含 N 量、籽粒中含 N 量间呈极显著负相关,与籽

粒产量、收获指数、N 收获指数、株高间呈显著或极显著正相关。在中低土壤肥力条件下，小麦 N 素利用效率还与地上部 N 累积量间呈极显著负相关，而与穗粒数之间呈显著正相关。在中高肥力土壤条件下，施用 N 肥后，N 素利用效率还与籽粒中 N 累积量、亩穗数、千粒重之间呈显著正相关。表明在中低肥力土壤条件下，通过提高产量、收获指数、N 收获指数、增加穗粒数、适度增加植株高度，可以提高 N 素利用效率。在中高土壤肥力条件下，通过提高产量、收获指数、N 收获指数、增加亩穗数和千粒重，可以提高 N 素利用效率。

### 参考文献

- 1 何文寿. 肥料在宁夏农业持续发展中的作用、存在问题及对策. 宁夏农学院学报, 2000, 21 (3, 增刊): 77~81
- 2 朱兆良. 估算水稻、小麦氮肥用量的有关参数的选定. 土壤, 1982, 14: 136~140
- 3 李仲林, 李阿荣, 曹志洪. 石灰性土壤上氮肥施用方法对春小麦氮素利用的影响. 土壤, 1984, 16(4): 134~137
- 4 朱兆良. 我国土壤供氮和化肥氮去向研究进展. 土壤, 1985, 17(1): 2~9
- 5 李生秀, 付会芳, 袁虎林, 肖俊璋. 几种测氮方法在反映土壤供氮能力方面的效果. 土壤, 1990, 22 (4): 194~197
- 6 朱兆良. 关于提高氮肥利用率问题. 见: 中国植物营养与肥料学会、加拿大钾磷研究所合编, 肥料与农业发展. 北京: 中国农业科技出版社, 1999, 221~227
- 7 朱兆良. 关于稻田土壤供氮量的预测和平均适宜施氮量的应用. 土壤, 1988, 20 (2): 57~61
- 8 何文寿, 李生秀, 李辉桃. 营养液 pH 对小麦生长及吸收铵、硝态氮的影响. 土壤, 1998, 30 (3): 143~146
- 9 何文寿, 康建宏, 郭瑞英. 春小麦高产高蛋白与高氮效率结合的筛选指标及其施肥技术研究进展. 宁夏农学院学报, 2001, 22 (1): 58~61
- 10 严小龙, 张福锁编. 植物营养遗传学. 北京: 中国农业出版社, 1997
- 11 张国平, 张光恒. 小麦氮素利用效率的基因型差异研究. 植物营养与肥料学报, 1996, 2 (4): 331~336
- 12 Moll RH, Kamprath EJ, Jackson WA. Analysis and interpretation of factors which contribute to efficiency of nitrogen utilization. Agron. J., 1982, 74: 562~564
- 13 Anne L, et al. Selection criteria for combining high grain yield and high grain protein concentration in bread wheat. Crop Sci., 1995, 35 (6): 1597~1602
- 14 中国科学院南京土壤研究所主编. 土壤理化分析. 上海: 上海科技出版社, 1978

## GENOTYPIC DIFFERENCES IN NITROGEN RECOVERY RATE BETWEEN SPRING WHEAT VARIETIES IN NINGXIA

He Wenshou Cheng Susheng Kang Jianhong

(Agricultural College, Ningxia University, Yongning, Ningxia 750105)

**Abstract** By means of field experiment and testing analysis, genotypic differences in nitrogen recovery rate and its affecting factors were studied between spring wheat varieties in soils different in fertility and in nitrogen application rate in Ningxia. The results showed that nitrogen recovery rate, grain yield, nitrogen concentration and accumulation in grain and ground parts of the plant were significantly different between wheats different in genotype. The difference was much greater in soil with low fertility than in soil with high fertility. The average nitrogen recovery rate of wheat without nitrogen fertilization was 40.0kg/kg, whereas it was 30.8kg/kg with nitrogen fertilization. And the quantity of nitrogen needed for production of 100kg grain was 2.50kg on average in the former case, while it was 3.25kg in the latter one. Some varieties wheat high in both nitrogen recovery rate and yield were selected from 100 wheat varieties. Relationships of nitrogen recovery rate with N nutritional status and agronomical characteristics of wheat of different varieties in soils different in fertility and N application rate were studied by means of correlation analysis. On such bases, relevant characters and indices were put forth for culturing and breeding new varieties of wheat highly responsive to nitrogen.

**Key words** Spring wheat, Nitrogen recovery rate, Genotypic difference