

不同谷子品种氮素吸收与利用差异的研究

张立媛, 琦明玉, 李志光, 张 杰, 陈 琪, 李红光, 赵 敏

(赤峰市农牧科学研究所, 内蒙古 赤峰 024031)

摘 要:通过盆栽试验和大田栽培试验相结合的方法,对赤峰主栽谷子品种在低氮胁迫下氮素吸收及利用效率的差异进行了系统研究。盆栽试验结果表明:赤谷6号、赤谷8号、赤谷9号低氮胁迫下根长较施氮处理显著增长;赤谷5号、赤谷6号、赤谷9号耐低氮胁迫能力较强;赤谷10号氮利用率最为稳定;赤谷5号、赤谷6号耐低氮指数大。赤谷5号在农艺性状和氮累积量及耐低氮指数均表现出较好的耐低氮胁迫能力。大田栽培试验表明:赤谷6号和赤谷8号耐低氮胁迫能力较强。谷子出苗至抽穗期受低氮胁迫的影响较抽穗至成熟期更为敏感。谷子全生育期中,低氮胁迫对拔节期株高的影响较大;抽穗期、灌浆期、成熟期的干物质累积量对低氮胁迫影响较大。穗部相关农艺性状较其他农艺性状而言较易受到低氮胁迫影响。穗部性状中,穗长相对于其他性状对低氮胁迫影响较为迟钝,其他性状较为敏感;对低氮胁迫敏感的指标可作为谷子耐低氮能力评价指标。综合盆栽试验与大田栽培试验结果表明,赤谷5号、赤谷6号、赤谷8号这3个品种耐低氮能力强,适于在赤峰地区相对贫瘠的土壤种植。

关键词:谷子;氮利用率;农艺性状;产量

中图分类号:S515

文献标识码:A

文章编号:2096-5877(2021)01-0013-04

Study on the Difference of Nitrogen Uptake and Utilization in Different Millet Varieties

ZHANG Liyuan, QI Mingyu, LI Zhiguang, ZHANG Jie, CHEN Qi, LI Hongguang, ZHAO Min

(Chifeng Academy of Agricultural and Animal Husbandry Sciences, Chifeng 024031, China)

Abstract: The differences of nitrogen absorption and utilization efficiency of main millet varieties in Chifeng under low nitrogen stress were studied by pot experiment and field cultivation experiment. The pot experiment showed that the root length of Chigu 6, Chigu 8 and Chigu 9 increased significantly compared with nitrogen treatment, and Chigu 5, Chigu 6 and Chigu 9 had strong tolerance to low nitrogen stress. The nitrogen use efficiency of Chigu 10 was the most stable. Chigu 5 and Chigu 6 had higher tolerance index to low nitrogen. Chigu 5 showed good tolerance to low nitrogen stress in agronomic traits, nitrogen accumulation and low nitrogen tolerance index. Field experiments showed that Chigu 6 and Chigu 8 had strong tolerance to low nitrogen stress. During the whole growth period of millet, low nitrogen stress had great influence on the height of jointing stage, and the accumulation of dry matter in heading stage, filling stage and mature period had great influence on low nitrogen stress. Ear related agronomic traits were more susceptible to low nitrogen stress than other agronomic traits. In panicle, the effect of ear length on other traits is relatively slow and other traits are more sensitive, and low nitrogen stress sensitive index can be used as an indicator of low nitrogen tolerance in millet. The results of comprehensive pot experiment and field cultivation test showed that Chigu 5, Chigu 6 and Chigu 8 were resistant to low nitrogen, and were suitable for planting in relatively poor soil in Chifeng area.

Key words: Millet; Nitrogen utilization; Agronomic trait; Yield

1 材料与方 法

1.1 试验地区及试验地概况

试验于2017年在赤峰市农科院试验地进行。该试验地年平均气温6~8℃,日照时数2 750 h左右,年均降水量350 mm,无霜期132 d。试验地肥力中等,土壤类型为沙壤土,土壤主要理化特性:全氮0.81 g/kg、全磷0.46 g/kg、全钾40.4 g/kg、速效氮111 mg/kg、速效磷56.8 mg/kg、速效钾97 mg/kg、有机

收稿日期:2019-01-29

基金项目:国家谷子高粱产业技术体系项目(CARS-06-13.5-B12)

作者简介:张立媛(1985-),女,副研究员,硕士,主要从事谷子糜子栽培与育种研究。

质 12.8 g/kg、pH 值 7.50,前茬作物为荞麦。

1.2 试验设计

供试品种为赤峰主栽的 9 个谷子品种,分别是赤谷 5 号、赤谷 6 号、赤谷 8 号、赤谷 9 号、赤谷 10 号、峰谷 12、峰谷 13、赤谷 16、赤谷 17。

1.2.1 营养液盆栽试验

选取籽粒饱满的谷子种子置于培养皿中,(25±2)℃光照培养箱中培养。生根发芽后挑选生长一致的幼苗移栽到盆中培养,每隔 2 d 浇灌等量 1/4 Hogland 营养液。三叶期开始处理,设对照组和低氮处理组。对照组营养液成分及浓度为 Ca(NO₃)₂ 1.5 mmol/L, KH₂PO₄ 1 mmol/L, NaCl 0.5 mmol/L, KNO₃ 2 mmol/L, MgSO₄·7H₂O 1 mmol/L, Fe-EDTA 88.13μmol/L,微量元素 1 mmol/L,施氮处理 5 mmol/L。低氮胁迫氮浓度为 0.1 mmol/L,用 CaSO₄ 代替 Ca(NO₃)₂, K₂SO₄ 代替 KNO₃,其他同对照组。处理 4 周后进行指标测定。每个处理 3 次重复。

1.2.2 低氮土壤条件下的大田栽培试验

试验采用裂区设计,主区为施氮水平:设低氮胁迫和施氮处理 150 kg/hm²(60%基施,40%拔节期追施)2 个处理;副区为 9 个不同谷子品种。行长 5 m,6 行,小区面积 13.5 m²,3 次重复,随机区组排列。播前施底肥 P₂O₅(重过磷酸钙)90 kg/hm², K₂O(硫酸钾)45 kg/hm²。

1.2.3 测定项目及方法

苗期测定:盆栽试验中考查株高、根长、干重、地上部含氮量、地上部生物量。

干物质积累:在谷子生育期,按部位取样,在 105℃下杀青 20 min,80℃烘至恒重,冷却至室温后称重。

氮素含量:测定盆栽谷子苗期地上部和大田成熟期籽粒中氮含量,采用过硫酸钾法。

成熟期考种、测产:成熟期测定有代表性的 10 株株高、穗长、穗粗、穗重、粒重和千粒重,小区除边行进行实收测产。

1.3 数据处理

运用 Excel 2003、DPS 9.50 软件处理数据。

2 结果与分析

2.1 盆栽试验

2.1.1 低氮胁迫对谷子苗高的影响

由表 1 可以看出,低氮胁迫下,9 个谷子品种除赤谷 5 号在两个处理中苗高无显著差异外,其他品种苗高则表现为低氮胁迫较施氮显著降低,说明赤谷 5 号苗期耐低氮胁迫能力较其他品种强。

2.1.2 低氮胁迫对谷子苗期根长的影响

如表 1 所示,在低氮胁迫和施氮两个处理下,赤谷 5 号、赤谷 16、赤谷 17 根长差异不显著。赤谷 6 号、赤谷 8 号和赤谷 9 号根长表现为低氮胁迫较施氮处理显著增长,说明低氮胁迫使根长增长;赤谷 10 号、峰谷 12 和峰谷 13 根长表现为低氮胁迫处理较施氮处理显著缩短,说明低氮胁迫可能影响根的正常生长发育。

表 1 不同品种谷子低氮胁迫下苗高、根长的变化

性状		苗高		根长		
品种名称	低氮胁迫(cm)	施氮 CK(cm)	降低率(%)	低氮胁迫(cm)	施氮 CK(cm)	增长率(%)
赤谷 5 号	25.62a	29.93a	14.4	19.80a	17.90a	10.61
赤谷 6 号	20.98b	31.25a	32.86	18.95a	17.25b	9.86
赤谷 8 号	23.33b	30.75a	24.13	19.39a	18.15b	6.83
赤谷 9 号	18.76b	26.36a	28.83	19.54a	18.37b	6.37
赤谷 10 号	20.05b	28.13a	28.72	18.30b	18.40a	-0.54
峰谷 12	23.21b	31.61a	26.57	19.40b	20.75a	-6.51
峰谷 13	22.53b	29.62a	23.94	18.74b	20.55a	-8.81
赤谷 16	21.41b	28.70a	25.4	19.76a	17.76a	11.26
赤谷 17	24.26b	30.31a	19.96	21.20a	18.80a	12.77

2.1.3 低氮胁迫对谷子苗期氮累积量的影响

如表 2 所示,9 个供试品种在低氮胁迫和施氮处理中氮累积量差异均达到显著水平,低氮处理均使氮累积量下降,下降率大小为:赤谷 17>赤谷 8 号>赤谷 16>峰谷 13>赤谷 10 号>峰谷 12>赤谷 9 号>赤谷 6 号>赤谷 5 号。

2.1.4 低氮胁迫对谷子苗期氮利用率的影响

从表 2 可知,除赤谷 10 号在两种处理苗期 N 利用率无显著差异外,其他品种均表现为低氮胁迫较施氮处理 N 利用率显著降低。降低率大小为:赤谷 17>赤谷 8 号>赤谷 16>峰谷 12>峰谷 13>赤谷 5 号>赤谷 6 号>赤谷 9 号>赤谷 10 号。

表2 不同品种谷子低氮胁迫下N累积量、N利用效率、耐低氮指数的变化

性状	N 累积量			N 利用效率			耐低氮指数		
	低氮胁迫	施氮 CK	降低率	低氮胁迫	施氮 CK	降低率	低氮胁迫	施氮 CK	降低率
品种名称	($\mu\text{g/g}$)	($\mu\text{g/g}$)	(%)	($\mu\text{g/g}$)	($\mu\text{g/g}$)	(%)	($\mu\text{g/g}$)	($\mu\text{g/g}$)	(%)
赤谷 5 号	1.98b	3.33a	40.54	0.031470b	0.045028a	43.08	1.98b	3.33a	0.5946
赤谷 6 号	2.09b	3.77a	44.56	0.030002b	0.040015a	33.37	2.09b	3.77a	0.5544
赤谷 8 号	1.79b	5.20a	65.57	0.027945b	0.048901a	74.99	1.79b	5.20a	0.3442
赤谷 9 号	1.86b	3.52a	47.15	0.035841b	0.044789a	24.96	1.86b	3.52a	0.5284
赤谷 10 号	1.42b	3.49a	59.31	0.033264a	0.040417a	21.50	1.42b	3.49a	0.4069
峰谷 12	1.31b	2.90a	54.82	0.029302b	0.046201a	57.67	1.31b	2.90a	0.4517
峰谷 13	1.58b	4.12a	61.65	0.025694b	0.038471a	49.72	1.58b	4.12a	0.3835
赤谷 16	1.69b	4.64a	63.57	0.030045b	0.052470a	74.63	1.69b	4.64a	0.3642
赤谷 17	1.64b	5.05a	67.52	0.027500b	0.051902a	88.73	1.64b	5.05a	0.3248

2.1.5 低氮胁迫对谷子苗期耐低氮指数的影响

从表 2 可知,在 9 个谷子品种中,赤谷 5 号、赤谷 6 号耐低氮指数较大,即耐低氮能力强;赤谷 10 号、峰谷 12 耐低氮指数较小,耐低氮能力弱。

2.2 大田栽培试验

2.2.1 低氮胁迫对谷子株高的影响

由表 3 可知,拔节期除赤谷 5 号和赤谷 17 之外,其他 7 个品种株高表现为施氮较低氮胁迫处理显著增高;拔节至抽穗期赤谷 8 号、赤谷 10 号、

峰谷 13 和赤谷 16 株高表现为施氮较低氮胁迫显著增高,其他品种无显著差异;抽穗期赤谷 10 号和峰谷 12 株高施氮处理较低氮胁迫显著增高,其他品种无显著差异;灌浆期赤谷 6 号、赤谷 8 号、赤谷 10 号和赤谷 16 株高表现为施氮处理较低氮胁迫显著增高,其他品种无显著差异;成熟期只有赤谷 6 号和赤谷 10 号株高表现为施氮处理较低氮胁迫显著增高,其他品种无显著差异。

在 9 个品种中,赤谷 5 号和赤谷 17 全生育期

表 3 不同品种谷子低氮胁迫下株高方差分析

cm

品种名称	拔节期		拔节至抽穗期		抽穗期		灌浆期		成熟期	
	低氮胁迫	施氮	低氮胁迫	施氮	低氮胁迫	施氮	低氮胁迫	施氮	低氮胁迫	施氮
赤谷 5 号	26.4±1.11a	28.4±2.69a	103.3±3.11a	105.5±5.24a	142.3±3.03a	145.1±4.11a	158.0±3.74a	160.3±3.03a	158.6±3.37a	160.7±3.13a
赤谷 6 号	24.3±1.26b	32.3±0.63a	119.6±1.58a	120.3±4.12a	150.3±4.82a	150.6±5.00a	140.6±5.57b	160.7±3.08a	140.4±1.90b	160.8±4.44a
赤谷 8 号	31.3±1.16b	35.4±2.82a	100.2±2.49b	114.2±5.40a	150.1±4.74a	150.3±3.46a	147.7±3.72b	155.3±1.06a	148.0±2.47a	154.7±3.91a
赤谷 9 号	20.8±0.98b	27.4±1.85a	113.1±3.34a	118.3±2.10a	150.4±2.95a	154.9±2.55a	155.8±3.49a	158.3±3.05a	154.6±0.81a	158.4±3.30a
赤谷 10 号	22.1±0.81b	26.2±0.76a	93.8±3.50 b	104.2±3.20a	135.2±2.81b	149.8±2.62a	154.8±2.27b	160.3±2.17a	153.5±1.50b	160.0±4.35a
峰谷 12	24.0±1.33b	28.0±1.11a	140.1±2.20a	144.5±3.94a	155.2±2.61b	160.4±0.69a	160.0±3.42a	165.4±3.25a	160.2±3.00a	165.5±3.15a
峰谷 13	24.2±0.76b	26.3±1.04a	111.7±2.39b	117.7±2.37a	143.9±1.49a	147.7±2.49a	162.7±2.57a	164.1±1.04a	162.3±2.82a	164.7±3.65a
赤谷 16	23.3±1.25b	27.2±0.93a	87.37±4.43b	104.4±2.10a	145.8±2.89a	150.5±3.86a	160.3±4.95b	170.6±2.80a	160.5±2.00a	164.7±2.98a
赤谷 17	25.2±1.23a	27.2±1.54a	116.3±1.76a	119.2±1.42a	145.3±4.51a	148.2±2.52a	163.4±2.15a	165.8±2.60a	163.1±1.71a	165.3±1.76a

低氮胁迫对株高均无显著影响,而赤谷 10 号全生育期低氮胁迫对株高的影响均表现为显著降低。

2.2.2 低氮胁迫对谷子穗部性状的影响

由表 4 可知,赤谷 9 号、赤谷 10 号、峰谷 12 和峰谷 13 穗长低氮胁迫较施氮处理显著缩短;9 个品种穗粗、穗重、穗粒重均表现为低氮胁迫较施氮处理显著降低;出谷率表现为赤谷 5 号和赤谷 16 低氮胁迫较施氮处理显著增高,其他品种表现为显著降低。整体而言,穗部 5 个农艺性状,穗长相对于其他性状对低氮胁迫影响较为迟钝,其他性状表现对低氮胁迫较为敏感。

2.2.3 低氮胁迫对谷子产量及产量构成因素的影响

由表 5 可知,赤谷 9 号、峰谷 13、赤谷 16 和赤谷 17 千粒重低氮胁迫较施氮处理显著降低,其他品种无显著差异;赤谷 5 号、赤谷 9 号、峰谷 12、峰谷 13、赤谷 16 和赤谷 17 产量低氮胁迫较施氮处理显著降低,表明施氮可增加部分品种产量。

3 结论与讨论

3.1 结论

综合苗期盆栽试验结果,赤谷 5 号在农艺性状和氮累积量及耐氮指数上均表现出较好的耐低

表 4 不同品种谷子低氮胁迫下穗部相关农艺性状方差分析

品种名称	穗长(g)		穗粗(g)		穗重(g)		穗粒重(g)		出谷率(%)	
	低氮胁迫	施氮	低氮胁迫	施氮	低氮胁迫	施氮	低氮胁迫	施氮	低氮胁迫	施氮
赤谷 5 号	24.0±0.63a	24.9±0.61a	3.31±0.02b	4.12±0.03a	40.4±1.05b	62.4±0.60a	18.2±0.25b	26.4±0.40a	0.451±0.0057a	0.424±0.0046b
赤谷 6 号	23.3±0.71a	24.8±0.61a	3.52±0.09b	3.83±0.05a	36.0±0.45b	40.2±0.92a	15.1±0.45b	21.6±0.60a	0.419±0.0108b	0.537±0.0168a
赤谷 8 号	23.2±0.62a	25.3±1.36a	3.84±0.09b	4.11±0.06a	37.5±0.45b	44.5±0.15a	20.4±0.40b	25.5±0.45a	0.544±0.0075b	0.571±0.0057a
赤谷 9 号	24.8±1.53b	28.2±0.93a	3.22±0.03b	4.26±0.04a	46.0±0.63b	60.1±0.35a	21.7±0.68b	35.9±0.31a	0.471±0.0191b	0.596±0.0046a
赤谷 10 号	25.1±0.53b	27.3±0.68a	3.66±0.06b	4.67±0.03a	44.3±0.51b	50.4±0.64a	21.4±0.60b	30.1±0.51a	0.483±0.0139b	0.595±0.0080a
峰谷 12	23.1±0.35b	27.1±0.51a	3.83±0.03b	4.35±0.04a	49.4±0.60b	50.4±0.64a	21.4±0.20b	32.4±0.68a	0.433±0.0081b	0.596±0.0137a
峰谷 13	24.1±0.36b	26.1±0.66a	3.61±0.04b	4.69±0.04a	42.5±0.50b	52.3±0.83a	20.3±0.23b	31.5±0.42a	0.479±0.0078b	0.603±0.0126a
赤谷 16	25.3±1.15a	26.7±0.40a	3.83±0.04b	5.17±0.03a	38.2±0.25b	45.4±0.51a	24.2±0.53b	27.5±0.25a	0.633±0.0105a	0.607±0.0966b
赤谷 17	26.1±0.62a	27.7±0.73a	3.54±0.03b	4.78±0.05a	39.3±0.42b	48.2±0.29a	19.0±0.55b	35.2±0.25a	0.484±0.0142b	0.732±0.0074a

表 5 不同品种谷子低氮胁迫下产量及产量构成因素方差分析及降低率

编号	产量(kg/hm ²)			千粒重(g)		
	低氮胁迫	施氮	降低率(%)	低氮胁迫	施氮	降低率(%)
赤谷 5 号	5285.3±212.47b	6290.0±62.45a	15.97%	3.29±0.04a	3.31±0.03a	0.60%
赤谷 6 号	5800.0±391.54a	6150.0±176.92a	5.69%	3.51±0.05a	3.56±0.03a	1.40%
赤谷 8 号	6996.7±361.16a	7536.7±415.01a	7.16%	3.34±0.06a	3.39±0.05a	1.47%
赤谷 9 号	6085.0±347.31b	7185.0±347.74a	15.31%	3.13±0.02b	3.25±0.04a	3.69%
赤谷 10 号	7720.0±504.78a	7963.3±396.27a	3.06%	3.49±0.06a	3.53±0.06a	1.13%
峰谷 12	6088.3±43.11b	6455.0±119.48a	5.68%	3.45±0.06a	3.39±0.04a	-1.77%
峰谷 13	5457.0±205.69b	6510.3±146.70a	16.18%	3.17±0.03b	3.28±0.04a	3.35%
赤谷 16	6536.7±402.16b	7955.0±683.17a	17.83%	3.30±0.05b	3.93±0.02a	16.03%
赤谷 17	5464.3±82.97b	6497.3±133.45a	15.90%	3.23±0.04b	3.32±0.02a	2.71%

氮胁迫能力,其他品种在各个指标上表现不一,耐低氮胁迫能力还需要通过大田栽培试验验证。

在低氮胁迫下,赤谷 5 号和赤谷 17 株高上表现为耐低氮胁迫能力较强。成熟期赤谷 6 号、赤谷 10 号株高受低氮胁迫影响较大。穗部相关性状上赤谷 6 号和赤谷 8 号表现耐低氮胁迫能力较强。赤谷 6 号、赤谷 8 号和赤谷 10 号的产量及产量构成因素方面表现稳定,未受低氮胁迫影响。综合农艺性状和产量性状,赤谷 6 号和赤谷 8 号耐低氮胁迫能力较强,赤谷 16 耐低氮胁迫能力较差。

3.2 讨论

多年来对不同植物在低氮水平下的表现进行评价已有不少研究,但哪些指标最能反映植物耐低氮能力,很多研究者的看法不尽相同。裴雪霞、秦俊梅、李继云等^[1-3]认为,植株干重是评价耐低氮能力的重要指标,李丹丹、王艳等^[4-5]认为,植株氮积累量和地上干重的耐性指数适合作为耐低氮品种筛选的指标。张定一等^[6]认为根系的形态与生理活性对氮素的高效吸收有重要的作用。通过研究低氮胁迫对不同谷子品种生理指标的影响,并筛选耐低氮胁迫品种,研究结果支持以上

观点。低氮胁迫下,赤谷 6 号、赤谷 8 号和赤谷 10 号的根生长状况反而好于对照,并表现出较高的氮吸收效率;说明谷子幼苗对氮的吸收直接与根系的大小相关。根长较长、侧根多而发达、根系活力较强的植物,其根系与介质中氮素的接触面积大、吸收速率快,因而对氮素的吸收有更大的潜力。赵营等认为较强的氮素吸收能力和较好的植株生长特性是氮胁迫条件下获得高氮效率的生理学基础^[7]。根长增加率越大的说明该品种耐低氮能力越强,增长率越小的耐低氮能力越弱。如果降低氮素的施用量,既有利于促进根系自我调节能力的增加,也有利于肥料利用率的提高,表明根系对环境有高度适应性与调节能力。

除以上指标外,还要考虑氮素营养效率相关指标。孙敏等研究表明相对植株干重与相对株高、相对植株吸 N 量和相对 N 利用效率间呈极显著正相关^[8]。童依平等^[9]认为氮素利用效率的品种差异主要与氮素吸收效率和氮素生理利用效率有关,并认为氮素吸收效率是影响氮素利用效率的主要原因。耐低氮能力是复杂的数量性状、受多因素影响,不同谷子品种对某(下转第 124 页)

度,以提高生态空间划分的可操作性与科学性。

生态空间的划分标准存在一定的弹性,各地区生态要素的种类与重要性、社会经济发展水平都存在一定的差异性,尚不能构建严格统一的控制标准^[17]。如何因地制宜地选择需要保护的生态要素和制定生态空间划分标准是划分生态空间的重中之重。本文从实证区现有重要生态因子的研究入手,以妥善处理“三生”空间之间的矛盾、生态环境与经济发展之间的关系为目标,探索湘阴县生态空间的划定方法,以期对其他地区生态空间的划定提供参考。

参考文献:

- [1] 胡本跃. H省省级空间类规划之间的问题及对策研究[D]. 郑州:郑州大学, 2018.
- [2] 王 昆. 基于适宜性评价的生产-生活-生态(三生)空间划定研究[D]. 杭州:浙江大学, 2018.
- [3] 朱 明. 推进农业工程科技创新, 建设社会主义新农村[J]. 农业工程学报, 2006(6): 193-196.
- [4] 洪惠坤. “三生”功能协调下的重庆市乡村空间优化研究[D]. 重庆:西南大学, 2016.
- [5] 易秋圆. 县域城市土地利用功能分类与评价—以中方县为例[D]. 长沙:湖南农业大学, 2013.
- [6] 龙花楼, 刘永强, 李婷婷, 等. 生态用地分类初步研究[J]. 生态环境学报, 2015, 24(1): 1-7.

- [7] 朱媛媛, 余 斌, 曾菊新, 等. 国家限制开发区“生产-生活-生态”空间的优化—以湖北省五峰县为例[J]. 经济地理, 2015, 35(4): 26-32.
- [8] 刘 鹏, 陈荣蓉, 杨朝现, 等. 基于“三生空间”协调的农村居民点布局优化研究[J]. 水土保持研究, 2017, 24(2): 283-288.
- [9] 张 洪, 宋贝扬, 张雪岩. 大理市土地利用变化模拟及景观效应分析[J]. 安徽农业科学, 2018, 46(36): 48-52, 56.
- [10] 许景权. 基于空间规划体系构建对我国空间治理变革的认识与思考[J]. 城乡规划, 2018(5): 14-20.
- [11] 李璐璐, 江 韬, 闫金龙, 等. 三峡库区典型消落带土壤及沉积物中溶解性有机质(DOM)的紫外-可见光谱特征[J]. 环境科学, 2014, 35(3): 933-941.
- [12] 林 航. 基于GIS与物元模型技术的区域耕地利用系统健康评价[D]. 福州:福建农林大学, 2015.
- [13] 黄 健, 李会民, 张惠琳, 等. 基于GIS的吉林省县级耕地地力评价与评价指标体系的研究[J]. 吉林农业科学, 2007, 32(1): 57-62.
- [14] 宋 峰, 陈桂芬, 王国伟. 基于GIS与空间数据库技术的土壤肥力评价研究[J]. 吉林农业科学, 2014, 39(6): 43-46.
- [15] 赵 全, 赵新华, 董国风, 等. 基于GIS的地下水环境安全评价模型[J]. 中国给水排水, 2005(3): 98-101.
- [16] 南瑞江, 李雪涛, 陈迪芳. 新型城镇化协调发展测度及其空间格局—以东北三省为例[J]. 东北农业科学, 2020, 45(4): 90-94.
- [17] 曹 靖, 王 岚, 陈婷婷, 等. 从理想到现实:城市基本生态空间构建—以《合肥市肥东县基本生态空间规划》为例[J]. 规划师, 2014, 30(6): 51-57.

(上接第16页)一单项理化指标的耐低氮能力反应不一定相同。因此,用单一指标难以全面准确地反映品种耐低氮能力强弱,必须运用多个指标进行综合评价。本研究盆栽试验中,赤谷5号和赤谷6号在低氮胁迫下,其株高、根长、氮累积量、氮利用效率和耐低氮指数均比其他品种高,表明谷子不同品种对低氮的适应性存在明显差异,而这种差异在谷子生长初期表现明显,造成这种差异的原因可能是不同谷子品种之间对氮素的利用效率存在差异。在低氮胁迫下,谷子的氮素利用效率均得到了提高,植株通过增加根长来增大与氮素的接触面积,从而提高氮素利用效率^[10-11],所以在耕作中适当降低氮肥使用量有利于提高氮肥利用效率。

参考文献:

- [1] 裴雪霞, 王秀斌, 何 萍, 等. 氮肥后移对土壤氮素供应和冬小麦氮素吸收利用的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2009, 15(1): 9-15.
- [2] 秦俊梅, 裴雪霞, 班桂琴, 等. 新型长效尿素对小麦、谷子氮素利用状况的影响[J]. 山西农业大学学报, 2005, 25(2): 115-118.

- [3] 李继云, 孙建华, 刘全友, 等. 不同小麦品种的根系生理特性、磷的吸收及利用效率对产量影响的研究[J]. 西北植物学报, 2000, 20(4): 503-510.
- [4] 李丹丹, 田梦雨, 崔 昊, 等. 小麦苗期耐低氮胁迫的基因型差异[J]. 麦类作物学报, 2009, 29(2): 222-227.
- [5] 王 艳, 米国华, 陈范骏, 等. 玉米氮素吸收的基因型差异及其与根系形态的相关性[J]. 生态学报, 2003, 23(2): 297-302.
- [6] 张定一, 张永清, 闫翠萍, 等. 基因型、播期和密度对不同成穗型小麦籽粒产量和灌浆特性的影响[J]. 应用与环境生物学报, 2009, 15(1): 28-34.
- [7] 赵 营, 同延安, 赵护兵. 不同施氮量对夏玉米产量、氮肥利用率及氮平衡的影响[J]. 土壤肥料, 2006(2): 30-33.
- [8] 孙 敏, 郭平毅, 高志强, 等. 水旱条件下小麦不同抗旱性品种籽粒蛋白质积累的差异及施氮量的调控效应[J]. 作物学报, 2010, 36(3): 486-495.
- [9] 童依平, 李继云, 李振声, 等. 不同小麦品种吸收利用氮素效率的差异及有关机理研究 I. 吸收和利用效率对产量的影响[J]. 西北植物学报, 1999, 19(2): 270-277.
- [10] 任永哲. 低氮胁迫对不同小麦品种苗期性状的影响[J]. 种子, 2012, 31(5): 91-93.
- [11] 王洪预, 崔正果, 伍舒悦, 等. 氮磷钾肥料配施对粒用高粱籽粒产量的影响[J]. 东北农业科学, 2018, 43(3): 1-4.

(责任编辑:刘洪霞)