

糯玉米耐低氮胁迫的苗期生理效应

姚启伦 (长江师范学院生命科学系, 重庆 408003)

摘要 [目的] 为耐低氮糯玉米种质的遗传改良提供理论依据。[方法] 以30个糯玉米品种为材料, 设置低氮和正常施氮两个处理, 通过盆栽试验, 研究低氮胁迫对糯玉米苗期主要生理特性的影响。[结果] 低氮胁迫下, 各糯玉米品种的生物量、植株吸氮量、硝酸还原酶活性、叶绿素和可溶性蛋白质含量明显下降, 而过氧化氢酶活性和过氧化物歧化酶活性明显提高。糯玉米出苗前期对低氮胁迫的反应大于后期。不同品种的耐低氮性存在明显的生理差异, 以糯玉米品种 Wk-235 表现出较强的耐低氮生理特性, 而以 Wk-092 对低氮胁迫表现出较敏感的生理特性。[结论] 糯玉米出苗前期对低氮胁迫反应敏感。

关键词 糯玉米; 低氮胁迫; 生理; 耐低氮指数

中图分类号 S311 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2008)19-07987-03

The Physiological Effect of Waxy Maize with Tolerance to Low Nitrogen Stress in Seedling Stage

YAO Q-lun (Department of Life Science, Yangtze Normal College, Chongqing 408003)

Abstract [Objective] The study was to provide a theoretical base for the genetic improvement of waxy maize with tolerance to low N. [Method] With 30 waxy maize varieties as tested materials, 2 treatments of low N and normal N application were set up, and a pot culture trial was conducted to investigate the main physiological characteristics of waxy maize under low N stress in the stage of seedling. [Result] Under low N stress, the biomass, N absorption in plant, the activity of NR, the content of chlorophyll and soluble protein were decreased obviously and the activity of CAT and SOD were increased significantly. The reaction of waxy maize in the early stage of seedling to low N stress was bigger than that in late stage. There were significantly physiological differences on the tolerance to low N among those varieties. The variety Wk-235 had a physiological trait with stronger tolerance to low N stress and Wk-092 had a physiological trait with more sensitivity to low N stress. [Conclusion] The reaction of waxy maize in the early stage of seedling to low N stress was sensitive.

Key words Waxy maize; Low N stress; Physiology; Tolerance index to low N

氮是植物生长发育的必需营养元素, 玉米与多数其他作物一样是缺氮敏感作物^[1-2]。土壤缺氮是玉米获得高产的主要限制因素之一, 农业生产中人们主要是通过施用化肥和有机肥来改善玉米的氮素营养, 然而 NO_3^- 的淋失和 NH_3 的挥发与反硝化损失等在高施氮量的情况下极为严重, 使氮肥效益明显下降, 也带来严重的环境污染^[3]。糯玉米地方品种是特用玉米的一种, 长期在低氮胁迫下的品种存在着丰富的耐低氮种质, 发掘这一特殊种质以培育耐低氮糯玉米品种是玉米育种界面临的一项重要课题^[4]。玉米及其他主要作物耐低氮胁迫的研究已有相关报道^[5-7], 但多数研究均以普通玉米自交系或杂交种为材料^[8]。目前尚未见有关糯玉米地方品种耐低氮胁迫研究的报道。为此, 笔者以糯玉米品种为材料, 通过盆栽试验, 研究低氮胁迫对糯玉米主要生理特性的影响, 进而探讨糯玉米耐低氮胁迫的生理机制, 旨在为耐低氮糯玉米种质的筛选及其遗传改良提供理论依据。

1 材料与试验方法

1.1 试验材料 选取当前糯玉米生产上的糯玉米品种30个作为该研究的试验材料, 为提高工作效率, 基于生物量耐低氮胁迫指数的聚类分析结果, 从中选取5个代表性品种作生理指标的测定和分析。试验材料由长江师范学院生命科学系玉米课题组提供。

1.2 试验设计 将低氮黄壤土与河沙1:1掺合后作为盆栽基质, 基质含有效氮15.2 ng/kg、速效氮7.5 ng/kg、有效钾12.3 ng/kg。试验设不施氮(L_N)和正常施氮(H_N)2种处理; 采用随机区组设计, 3次重复; 试验施肥为氮素224.8 ng/盆, 钾素147.50 ng/盆, H_N 处理施氮素81.24 ng/盆。试验于2007

年3月12日播种, 于3月27日、4月10日、4月18日施肥3次, 并及时补充水分, 各生理指标分别于出苗后20、25、30、35、40 d进行5次取样测定。

1.3 试验方法 于出苗后20 d, 每处理挖取完整植株3株, 用水浸泡洗净泥土后烘干称重, 计算干物重, 即生物量。6个生理指标植株吸氮量、叶绿素含量、可溶性蛋白质含量、硝酸还原酶活性、过氧化氢酶活性和过氧化物歧化酶活性的测定参照张志良等的方法进行^[9]。

5次测量值的平均值用于分析6个生理指标在低氮处理下的差异, 即低氮胁迫对各生理指标的影响。耐低氮指数(IN)为低氮条件下某一性状调查值与正常氮条件下该性状调查值的比值^[3], 各生理指标的5个IN值用于分析低氮胁迫下各生理指标的变化。各项数据统计采用EXCEL和SAS软件。

2 结果与分析

2.1 生物量耐低氮胁迫指数的聚类分析 生物量是作物干物质积累的结果, 反映作物的生长发育潜势。有研究表明, 苗期生物量是玉米耐低氮胁迫的重要指标^[3-4]。该研究以生物量耐低氮胁迫指数为指标, 根据最短距离法将30个糯玉米品种分为4类(图1), 类A、B、C和D分别包括6、22、1和1个品种, 从而表明各糯玉米品种生物量耐低氮胁迫的差异。基于这一聚类结果, 从30个糯玉米品种中选取5个代表性品种作为其他生理指标测定和分析的材料。

2.2 低氮对糯玉米植株吸氮量、叶绿素含量、可溶性蛋白质含量的影响 低氮胁迫抑制糯玉米植株的氮素代谢, 影响代谢产物的合成。由表1可知, 低氮胁迫下, 植株吸氮量、叶绿素含量、可溶性蛋白质含量均一致下降, 除糯玉米品种Wk-235外, 其余4个品种在2种施氮处理下存在显著差异。从这3个生理指标的耐低氮指数(IN)来看, 5个糯玉米品种呈一致下降趋势, 以糯玉米品种Wk-235的最大, 其植株吸氮量、叶绿素含量和可溶性蛋白质的IN分别为0.933、0.966和

基金项目 重庆市教委科研项目(KJ051309)。

作者简介 姚启伦(1964-), 男, 重庆人, 副教授, 从事作物遗传育种方面的研究。

收稿日期 2008-04-23

0.912,表现出较强的耐低氮生理特性,而以 Wx-092 的耐低氮

指数最小(0.366、0.518 和 0.479),对低氮胁迫表现出较敏感

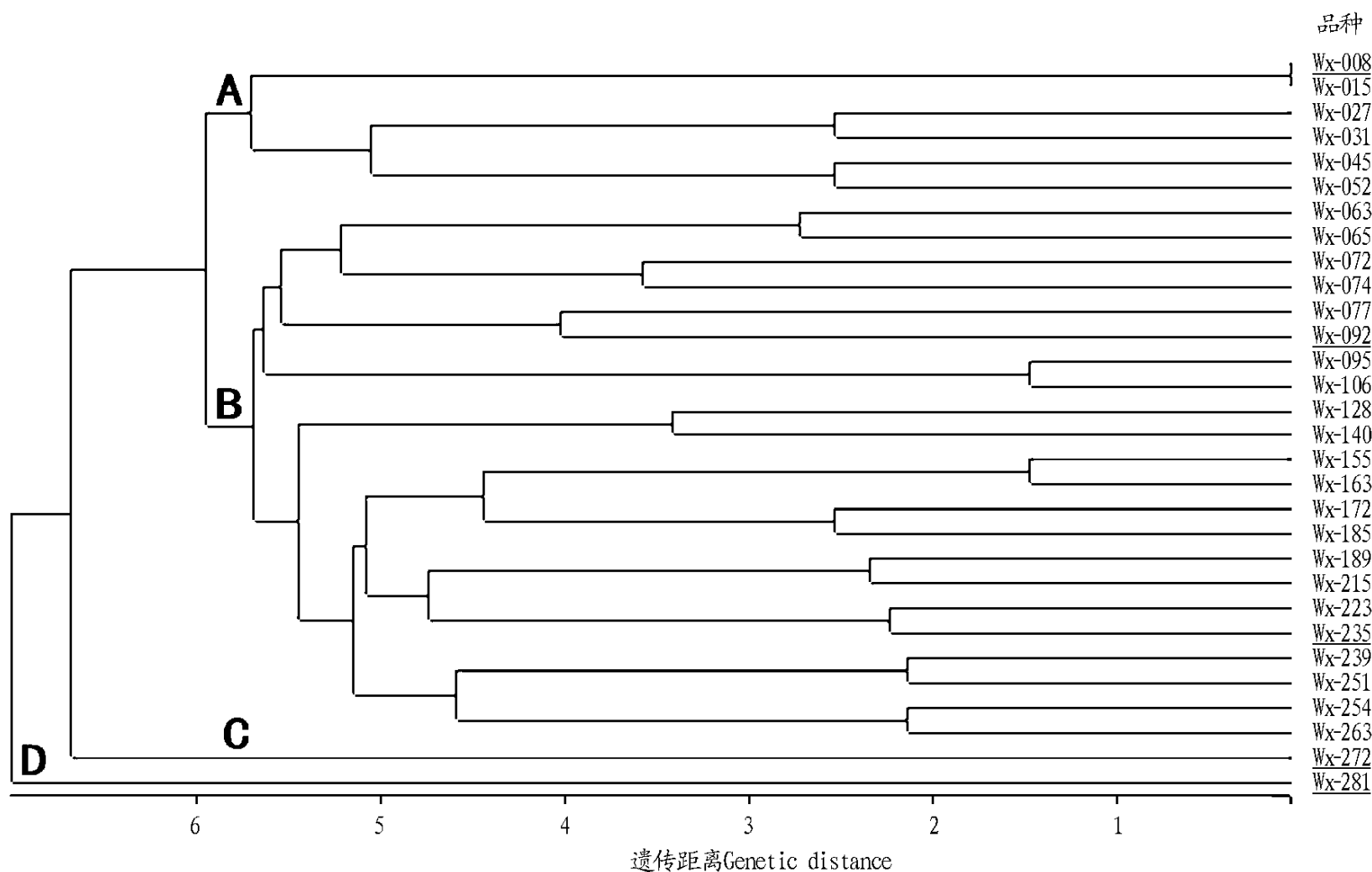


图1 基于生物量耐低氮指数的30个糯玉米品种聚类

Fig.1 Clustering results of 30 glutinous maize varieties based on low-nitrogen tolerance index of biomass

表1 低氮对植株吸氮量、叶绿素含量、可溶性蛋白质含量的影响

Table 1 Effects of low nitrogen on N uptake, chlorophyll content and soluble protein content of plants

| 品种 Cultivar | 处理 Treatment | 植物吸氮 N uptake of plants | | 叶绿素 Chlorophyll | | 可溶性蛋白 Soluble protein | |
|----------------|-----------------|-------------------------|---------|-----------------|---------|-----------------------|---------|
| | | 含量 Content g/株 | IN | 含量 Content ng/g | IN | 含量 Content ng/g | IN |
| Wx-235 | H _N | 9.251 ± 0.204 | 0.933 d | 5.352 ± 0.127 | 0.966 a | 13.835 ± 0.457 | 0.912 a |
| | L _N | 8.628 ± 0.095 | | 5.146 ± 0.125 | | 12.627 ± 0.412 | |
| Wx-281 | H _N | 9.046 ± 0.211 | 0.723 c | 5.244 ± 0.119 | 0.885 a | 13.499 ± 0.432 | 0.818 b |
| | L _N | 6.543 ± 0.157* | | 4.640 ± 0.108* | | 11.036 ± 0.409* | |
| Wx-272 | H _N | 8.357 ± 0.210 | 0.613 c | 5.056 ± 0.133 | 0.780 a | 13.277 ± 0.427 | 0.754 b |
| | L _N | 5.129 ± 0.093* | | 3.945 ± 0.128* | | 10.008 ± 0.397* | |
| Wx-008 | H _N | 8.941 ± 0.165 | 0.471 b | 5.229 ± 0.136 | 0.595 b | 13.614 ± 0.451 | 0.620 c |
| | L _N | 4.215 ± 0.096* | | 3.110 ± 0.120* | | 8.442 ± 0.367* | |
| Wx-092 | H _N | 8.632 ± 0.212 | 0.366 a | 5.084 ± 0.121 | 0.518 b | 13.102 ± 0.445 | 0.479 d |
| | L _N | 3.162 ± 0.143* | | 2.635 ± 0.094* | | 6.278 ± 0.281* | |

注: * 表示 t 检验在 5% 显著水平, 不同小写字母表示用邓肯氏多重比较的 5% 显著水平, 下同。

Note: * stands for significant difference at 0.05 level by t test; Different lowercases means significant difference at 0.05 level by using Duncan's multiple comparison. The same as below.

的生理特性。

2.3 低氮对硝酸还原酶活性、过氧化氢酶活性和过氧化物歧化酶活性的影响 硝酸还原酶是同化硝态氮的限速酶, 其活性与植株体内的氮素水平密切相关^[8,10]。由表2可知, 低氮胁迫下5个糯玉米品种的硝酸还原酶活性显著下降, 其耐低氮指数的变幅为0.366~0.933, 糯玉米品种 Wx-235 的硝酸还原酶相对活性最大, 而 Wx-092 的最小。与此相反, 过氧化氢酶活性和过氧化物歧化酶活性在低氮胁迫下明显提高, 这2个生理指标的耐低氮指数大于1, 除糯玉米品种 Wx-235 的过氧化氢酶活性外, 其余均在2种施氮处理下存在显著差异。过氧化氢酶活性和过氧化物歧化酶活性的耐低氮胁迫指数变幅分别为1.173~2.030和1.629~2.602, 表明低氮胁迫增强这2种酶活性。

2.4 低氮胁迫下糯玉米植株吸氮量、叶绿素含量、可溶性蛋白质含量的变化 由图2可见, 在糯玉米出苗后20~40 d, 其植株吸氮量、叶绿素含量、可溶性蛋白质含量 IN 均一致上升, 总趋势是前期(20~30 d)上升较快, 后期(35~40 d)上升较慢; 以植株吸氮量 IN 的上升幅度较大, 而以可溶性蛋白质含量 IN 的上升幅度较小。这3个生理指标的 IN 随时间增大的结果表明, 糯玉米出苗前期对低氮胁迫相对敏感。

2.5 低氮胁迫下硝酸还原酶活性、过氧化氢酶活性和过氧化物歧化酶活性的变化 由图3可见, 低氮胁迫下, 糯玉米品种苗期硝酸还原酶活性 IN 一致上升, 而过氧化氢酶活性和过氧化物歧化酶活性的 IN 却一致下降, 就3个指标 IN 的变幅而言, 均表现出前期(20~30 d)变幅较大, 后期(25~40 d)变幅较小, 且以过氧化氢酶活性的 IN 变幅最大。这一结果表

表2 低氮对硝酸还原酶活性、过氧化氢酶活性和过氧化物歧化酶活性的影响

Table 2 Effects of low nitrogen on the activities of nitrate reductase, catalase and superoxide dismutase

| 品种 Cultivar | 处理 Treatment | 硝酸还原酶 Nitrate reductase | | 过氧化氢酶 Catalase | | 过氧化物歧化酶 Peroxide dismutase | |
|----------------|-----------------|---|---------|---|----------|---|----------|
| | | 活性 Activity U ($\mu\text{g}\cdot\text{FW}\cdot\text{min}$) | IN | 活性 Activity U ($\mu\text{g}\cdot\text{FW}\cdot\text{min}$) | IN | 活性 Activity U ($\mu\text{g}\cdot\text{FW}\cdot\text{min}$) | IN |
| Wk-235 | H _N | 9.385 ±0.216 | 0.875 d | 6.264 ±0.268 | 1.173 a | 0.272 ±0.005 | 1.629 a |
| | L _N | 8.215 ±0.194* | | 7.351 ±0.294 | | 0.443 ±0.008* | |
| Wk-281 | H _N | 9.172 ±0.220 | 0.745 c | 6.341 ±0.271 | 1.475 ab | 0.283 ±0.006 | 1.799 a |
| | L _N | 6.834 ±0.163* | | 9.345 ±0.329* | | 0.509 ±0.009* | |
| Wk-272 | H _N | 8.932 ±0.208 | 0.586 c | 7.106 ±0.274 | 1.781 c | 0.209 ±0.004 | 2.602 d |
| | L _N | 5.230 ±0.127* | | 12.657 ±0.501* | | 0.544 ±0.011* | |
| Wk-008 | H _N | 8.952 ±0.201 | 0.450 b | 6.945 ±0.275 | 1.907 d | 0.273 ±0.005 | 2.249 c |
| | L _N | 4.032 ±0.119* | | 13.245 ±0.514* | | 0.614 ±0.015* | |
| Wk-092 | H _N | 8.731 ±0.215 | 0.362 a | 7.025 ±0.283 | 2.030 d | 0.288 ±0.007 | 2.382 cd |
| | L _N | 3.157 ±0.150* | | 14.261 ±0.547* | | 0.686 ±0.012* | |

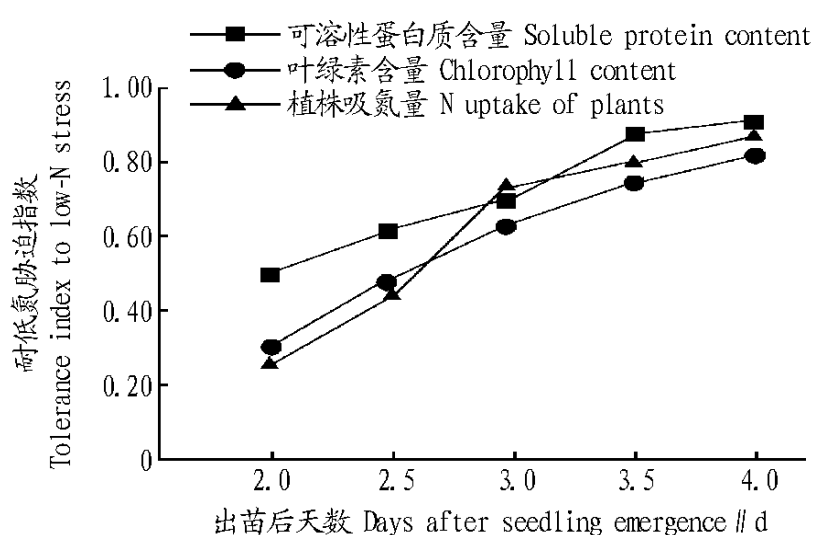


图2 低氮胁迫下糯玉米植株吸氮量、叶绿素含量、可溶性蛋白质含量的变化

Fig 2 Changes of N uptake, chlorophyll content and soluble protein content of glutinous maize plants under low- N stress

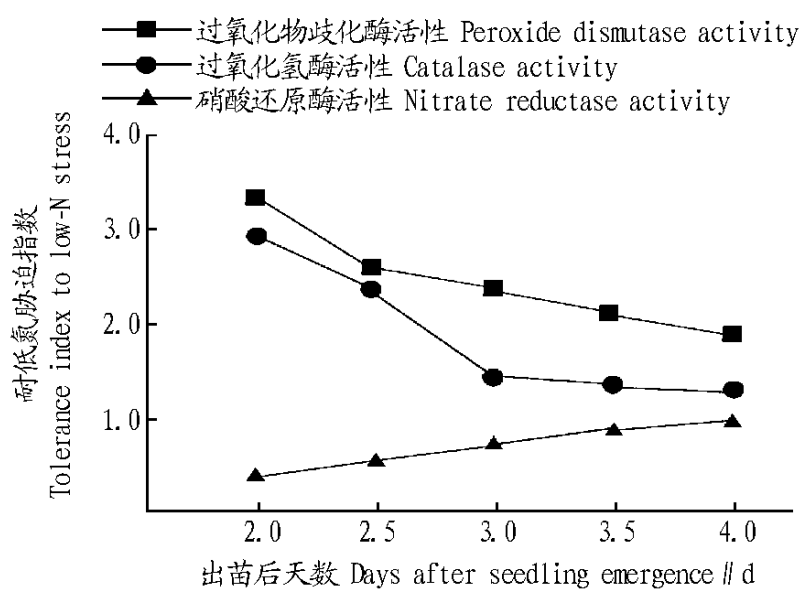


图3 低氮胁迫下硝酸还原酶活性、过氧化氢酶活性和过氧化物歧化酶活性的变化

Fig 3 Activity changes of nitrate reductase, catalase and peroxide dismutase under low- N stress

明,糯玉米出苗前期对低氮胁迫有较强的生理效应。

3 结论与讨论

低氮诱导一系列生理代谢过程从而调节植物的生长发

育。研究结果初步表明,低氮胁迫对糯玉米品种生理生化特性的影响主要表现在一方面降低植株吸氮量、叶绿素含量和可溶性蛋白质含量以及提高硝酸还原酶活性;另一方面提高过氧化氢酶活性和过氧化物歧化酶活性,从而调节其生理生化机制。氮是植物的必需营养元素,并参与一系列生理生化反应,过氧化氢酶和过氧化物歧化酶等生理活性物质通常视为植物在逆境下的指示因子,低氮胁迫下,这些物质活性的提高是一种逆境生理反应^[11-12]。

糯玉米出苗前期对低氮敏感,对低氮胁迫表现出较强的生理效应,表明育种上对糯玉米耐氮种质的筛选应侧重于生长前期,尤其是出苗前期。不同糯玉米品种具有不同程度的耐低氮胁迫效应,这表明了耐低氮糯玉米品种遗传改良的可能。

参考文献

- [1] LAHTTE H R, EDMEADES G O. Improvement for tolerance to low nitrogen in tropical maize. I. Selection criteria [J]. *Field Crops Res*, 1993, 39: 1-14.
- [2] 向春阳, 常强, 马兴林, 等. 玉米不同基因型对氮营养胁迫的反应 [J]. *黑龙江八一农垦大学学报*, 2002, 14(4): 5-7.
- [3] 曹敏建, 衣莹, 佟占昌, 等. 耐低氮胁迫玉米的筛选与评价 [J]. *玉米科学*, 2000, 8(4): 64-69.
- [4] 张凤路, BECK D. 耐旱和低氮胁迫玉米种质筛选技术 [J]. *玉米科学*, 2001, 9(2): 14-17.
- [5] RADNJ W. Control of plant growth by nitrogen differences between cereals and broadleaf species [J]. *Plant Cell Environ*, 1983, 6: 65-68.
- [6] TSAI C Y, HUBER D M, GLOVER D V. Relationship of N deposition to grain yield and response of three maize hybrids [J]. *Crop Sci*, 1984, 24: 277-281.
- [7] ZIGER BA, BETRAN MF J, LAHTTE H R. Efficiency of high nitrogen selection environments of improving maize for low nitrogen target environments [J]. *Crop Sci*, 1997, 37: 1103-1109.
- [8] 曹翠玲, 郝红梅, 李生秀. 氮素水平对作物膜透性等生理特性的影响 [J]. *西北植物学报*, 2002, 22(6): 1343-1347.
- [9] 张志良, 瞿伟菁. *植物生理学实验指导* [M]. 北京: 高等教育出版社, 2002.
- [10] 汤继华, 谢惠玲, 黄绍敏, 等. 缺氮条件下玉米自交系叶绿素含量和光合效率的变化 [J]. *华北农学报*, 2005, 20(5): 10-12.
- [11] BANIGER M G, EDMEADES O, LAHTTE H R. Selection for drought tolerance increase maize yields across a range of nitrogen levels [J]. *Crop Sci*, 1999, 39: 1035-1040.
- [12] JOHNSON C B, WHINGTON W J, BLACKWOOD G C. Nitrate reductase in higher plants [J]. *Annu Rev Plant Physiol*, 1969, 20: 495-522.