

近等基因系抗旱性小麦氮素营养遗传性状的研究^{*}

IV. 硝酸还原酶活力与小麦抗旱性指标的研究

樊小林¹ 李玲² 何文勤³ 汪沛洪⁴

(1 华南农业大学资源环境学院, 广州, 510642; 2 华南农业大学科研处; 3 陕西烟草总公司汉中烟草集团宁强县烟草有限公司; 4 西北农业大学基础科学系)

摘要 用盆栽试验在无氮(N_0)、每公斤土壤 0.15 g 氮(N_1)、0.30 g 氮(N_2)和干旱胁迫(正常供水 W_1 、轻度干旱 W_2 、中度干旱 W_3 、重度干旱 W_4)以及品系抗旱性差异(TAM 品种的高抗 V_1 和低抗 V_3)的条件下研究冬小麦抗旱性和硝酸还原酶活性(NRA)的关系。结果表明, 近等基因系抗旱性小麦高抗(V_1)和低抗(V_3)品系孕穗期功能叶 NRA 存在显著的差异, 在 W_2 到 W_4 的干旱胁迫过程中, V_1 的 NRA 大于 V_3 。 N_1 下 V_1 的 NRA 也大于 V_3 。对品系、干旱胁迫、氮肥 3 因素试验结果, 通过把同一品系同一水分处理的 NRA 平均消除氮素的干扰; 把同一品系同一氮肥处理的 NRA 平均消除水分的干扰的结果分别证明, 在中等氮肥水平内, 任何干旱强度(轻度、中度、重度干旱胁迫)下, 高抗小麦 V_1 的 NRA > 低抗小麦 V_3 的 NRA。在此条件 NRA 作为抗旱性的指标。同时 V_1 和 V_3 可用于筛选小麦抗旱的形态学、生理和生化指标。

关键词 硝酸还原酶活性; 抗旱指标; 干旱胁迫; 氮素营养

中图分类号 S 332.4

氮是肥料三要素之首, 硝酸还原酶活性(NRA)又是小麦等旱地作物氮素代谢的关键酶。NRA 不仅与子粒产量和蛋白质含量相关(李春喜等, 1995), 与品种和环境因素相关(Cregan et al., 1984), 而且硝酸还原酶活性还与作物耐肥性有关(方昭希等, 1979; 李振武等, 1983; 李豪哲等, 1985)。最近亦有研究报道, NRA 可作为甜菜氮素营养诊断及产量和产糖量的指标(马凤鸣等, 1996)。NRA 也公认为是小麦对干旱逆境反应和适应的生理代谢表现(山仑等, 1993)。我们最新的研究结果表明, 在无氮时随干旱胁迫强度增至重度干旱, 无论小麦抗旱性高低, 供试近等基因型小麦的 NRA 在中度干旱以内变化不大, 中度干旱到重度干旱时急剧增强; 在施用 337.5 和 675 kg/hm² 纯氮(尿素)的肥力基础上, 在中度干旱以内随干旱胁迫强度增大而迅速提高。虽然这一结论与水分胁迫(通常指干旱胁迫)使硝酸还原酶活性迅速减弱的观点相反, 但是试验结果却表现出完全一致的规律性。正象山仑院士在其著作中所述(山仑等, 1993), 植物遗传基因和环境之间相互影响, 对植物体内一系列生理代谢, 形态发生和生长的影响是非常复杂的, 许多问题有待于进一步弄清。重点不在于弄清各种生理代谢变化的细节, 而是要掌握在水分胁迫下的变化规律和彼此间的内在联系。鉴于试验结果具有一定的规律性以及供试小麦为近等基因型抗旱性品系, 本文将从不同的角度深入讨论 NRA 与小麦抗旱性的关系。为抗旱育种和筛选小麦抗旱性的生理指标提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

试验小麦品种为近等基因系抗旱性小麦, 是由美国华盛顿国立大学植物系提供的高抗(抗旱性强) V_1 、中抗性(抗旱性中等) V_2 、低抗(抗旱性低) V_3 硬粒红皮抗旱性冬小麦 (*Triticum aestivum* L. Em Thell.) TAM 108, TAM 105 和 TAM W-101 3 个品系。做为筛选抗旱性指标研究, 故此选用高抗和低抗 2 个品系进行讨论, 以使比较更加鲜明。供试土壤采自西北农业大学农作 1 站大田耕层, 属黄土母质发育的塋土类红油土亚类。其主要性状见表 1。

表 1 盆栽试验土壤基本理化性状							g/ kg
pH	w(CaCO ₃)	w(有机质)	w(全 氮)	w(全 磷)	w(速效氮)	w(速效磷)	w(速效钾)
7. 73	63. 60	14. 4	1. 085	0. 474	10. 31	5. 26	147. 4

1.2 试验方法

1.2.1 试验方案 采用 3 因素完全方案设计: (1)氮肥水平: N_0 , 不施氮肥(对照); N_1 , 0. 15 g/kg; N_2 , 0. 30 g/kg 纯氮, 氮肥一律用尿素。(2)土壤水分: W_1 正常供水, 土壤湿度保持田间持水量或重量含水量 W_g 的 24%; W_2 , 轻度干旱, 土壤湿度保持田间持水量的 83%或重量含水量 W_g 的 20%; W_3 , 中度干旱, 土壤湿度保持田间持水量的 67%或重量含水量 W_g 的 16%; W_4 , 重度干旱, 土壤湿度保持田间持水量的 58%或重量含水量 W_g 的 14%。(3)近等基因型抗旱性品系: V_1 ; V_2 ; V_3 。共 36 个处理, W_1 , W_2 , W_3 每个处理重复 4 次, W_4 处理重复 3 次, 共 135 盆。均以磷肥(P_2O_5 0. 15 g/kg)、钾肥(K_2O 0. 15 g/kg)为肥底。

1.2.2 培育方法 用口径 20 cm 的塑料盆进行盆栽试验, 每盆装土 4. 5 kg, 播种 25 粒, 开春后间苗, 定植 15 株。播前均浇水至土质量的 20%重量含水量(W_g), 出苗后用称重法控制土壤湿度, 小麦生长期控制无自然降雨。

1.2.3 测定项目 及方法 小麦孕穗期, 在晴日上午 8: 00~9: 00 间采取功能叶(从上向下第 2 片叶), 立即用外源法测定硝酸还原酶活性(NRA)。

2 结果与分析

2.1 小麦孕穗期功能叶 NRA

试验材料为近等基因系抗旱性小麦, 为探讨抗旱性品系间 NRA 的差异, 可将每一干旱胁迫强度下小麦孕穗期功能叶的硝酸还原酶活性以正常供水条件下(W_1)的 NRA 为基础(视为零), 按下列方法换算为 NRA 的相对值。

$$NRA \text{ 相对值} = (NRA_{W_x} - NRA) / NRA_{W_1}$$

式中 $x = 1, 2, 3, 4$.

图 1 是根据 W_1 下 N_0 , N_1 , N_2 处理高抗(V_1), 低抗(V_3) 2 个品系的 NRA (依次为 0. 20, 0. 58, 7. 49, 17. 69, 27. 44, 22. 44 $\mu\text{g/g}\cdot\text{h}$) 所得小麦孕穗期功能叶 NRA 的相对值。由图 1 可以看出许多问题: 首先, 在无氮处理(N_0)下, V_1 及 V_3 在轻度干旱胁迫(W_2)时, NRA 有所降低,

但是随干旱胁迫强度增大, NRA 却反而增高, 其中较为突出和规律的是 $V_1 > V_3$, 即在无氮条件下在轻度干旱以后干旱胁迫加剧, 高抗、低抗小麦的 NRA 均急剧增加, 而且抗旱性强的小麦的酶活性增幅较大。

其次在中度氮肥处理(N_1)下, 无论是轻度干旱还是中度干旱(W_3)胁迫下, V_1 及 V_3 小麦的 NRA 都随干旱强度增大而明显增加, 而且酶活性还大于 N_0 处理的同样情况。然而当干旱胁迫强度至重度干旱(W_4)时, 高抗和低抗小麦的 NRA 都降低。说明在适当干旱胁迫时(W_2, W_3), 中度氮肥处理均使 V_1 和 V_3 的 NRA 增强。而且值得注意的是在轻度、中度、重度各干旱强度胁迫过程中, 也都是高抗小麦的酶活性 $>$ 低抗的。

大量施用氮肥情况下(N_2), 小麦孕穗期功能叶 NRA 随干旱胁迫序变与 N_1 处理的情况有相似之处, 可是在 W_3 和 W_4 时, V_1 和 V_3 小麦的 NRA 都低于 N_1 处理的酶活性。不同的是低抗小麦 NRA 在中度干旱胁迫以内的增加率远小于 N_1 的, 高抗的只在轻度干旱胁迫内增加, 而且在整个干旱胁迫过程, 即从 W_1 经过 W_2 和 W_3 到 W_4 都是 $V_3 > V_1$ 。

由上述结果分析可见, 在品系、氮肥和水分(干旱)胁迫对不同抗旱性小麦孕穗期功能叶 NRA 都有一定影响。究竟品系间的差异如何? 还需在只有干旱胁迫或只有氮肥施用量差异, 或消除氮肥处理或消除干旱胁迫处理的情况下对此作进一步的分析。

2.2 干旱胁迫下抗旱性品系间 NRA 的效应

虽然图 1 结果表明在氮肥、水分、品系 3 因素共同作用下随干旱胁迫强度增加, 品系间 NRA 有一定的差别, 但是由于影响因素较多, 可能会使试验结果不太清晰。为深入了解品系对 NRA 的效应, 我们将各水分处理同一品系同一水分处理的 NRA 相对值求平均, 如此消除氮肥的效应。结果一致表明(图 2), 在各干旱强度(W_2, W_3, W_4)下, 均是高抗小麦的硝酸还原酶活性显著大于低抗品系。而且干旱胁迫强度愈重, 酶活性愈大, 但品系间的差异在 W_2 时最大, W_3 和 W_4 时的差异较小, 且两者的数值接近。 W_2 下 V_1 的 NRA 相对值平均值是 V_3 的 9.72 倍, W_3 和 W_4 下的相应值分别是 2.79 和 2.85。可以肯定, 随干旱强度加大, 不仅抗旱性品系的 NRA 迅速提高, 而且高抗品系的酶活性明显地大于低抗品系的酶活性。

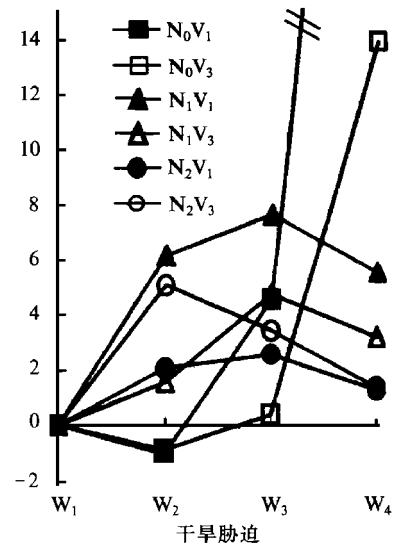


图 1 小麦孕穗期 NRA 的相对值

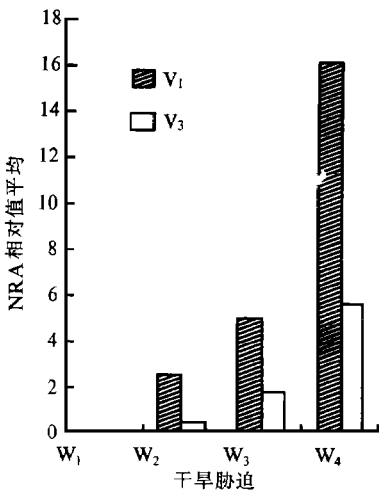


图 2 各种干旱胁迫强度下品系间 NRA 相对值的差异

2.3 水分胁迫下抗旱性品系间 NRA 的效应

同样为进一步深入探讨各种氮肥水平下品系对 NRA 的效应, 我们将各氮肥处理同一品系同一氮素水平的轻度、中度、重度干旱下的 NRA 相对值求平均, 如此消除干旱胁迫的效应。结果表明(图 3), 在无氮和中度氮肥处理下, 不仅品系抗旱性差异明显影响小麦 NRA, 而且也是高抗品系的酶活性大于低抗品系的。高氮下虽品系间的 NRA 也有区别, 但与 N_0 和 N_1 下的正好相反。 N_0 和 N_1 下, V_1 的硝酸还原酶活性分别是 V_3 的 3.36 和 2.00 倍, N_2 下 V_3 则是 V_1 的 1.64 倍。图 3 似乎还说明, 氮肥水平高时 NRA 小, 但是这与事实恰恰相反(图 1)。那么为什么会出现这一结果呢? 这是因为图 3 中的 NRA 是以 W_1 时的 NRA 为基础换算出来的相对值, 可视为各氮肥处理干旱胁迫下的 NRA 是正常供水时的倍数, 加之 W_1 处理 N_2 时的 NRA 远大于 N_0 的。由此也能够肯定, 在中度氮素营养水平以内, 高抗小麦的 $NRA >$ 低抗的 NRA。

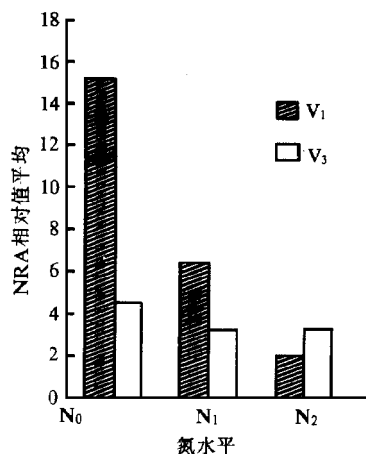


图3 不同氮肥水平下品系间 NRA 相对值的差异

3 讨论

由上述试验结果及分析显而易见, 供试抗旱性近等基因型小麦对于干旱逆境的反应和适应的表现是, 孕穗期功能叶的硝酸还原酶活性随干旱胁迫强度加剧而显著增加, 并呈现出明显的规律性, 这可能是由品系特性决定的。因此, 小麦孕穗期功能叶的硝酸还原酶活性可以作为小麦抗旱性的指标。同时可应用 V_1 和 V_3 2 个品系, 在中等氮肥水平, 任何干旱胁迫强度 (W_2, W_3, W_4) 下开展工作, 深入研究和筛选小麦抗旱的形态和生理、生化(如氮营养)等指标, 因为在此干旱和氮素营养水平高抗小麦(V_1)孕穗期功能叶的 $NRA >$ 低抗小麦(V_3)的 NRA。正因为抗旱性是一个综合而又复杂的概念, 所以作为抗旱育种指标和抗旱性鉴定方法, 不能仅停留在诸如分蘖多而细小、叶形窄长、叶色暗淡等形态学指标上(山仑等, 1993)。而应结合一些生理指标(如 NRA), 但是应用 NRA 这一生理指标时, 还应该考虑品系、土壤的水肥状况, 使抗旱性与生产实践紧密联系。

在无氮(N_0)和中等氮肥水平(N_1)下高抗小麦(V_1)孕穗期功能叶的 NRA 很大, 理论上该品系氮的代谢力强(还原 NO_3^- 的能力大或数量多), 那么该小麦的氮素利用率就可能比低抗小麦(V_3)的大; 而高氮处理(N_2)时 V_3 的 $NRA >$ V_1 的, 是不是 V_3 的氮素利用率就 $>$ V_1 的? 由于 NRA 受水肥品系等多因素的影响, 而且因素间相互影响, 所以这一问题尚需进一步深入研究, 以探讨 NRA 和小麦氮素利用效率的关系。为培育既抗旱又耐低氮的小麦品系提供理论依据。

参 考 文 献

山 仑, 陈国良. 1993. 黄土高原旱地农业的理论与实践. 北京: 科学出版社, 145~161

方昭希, 王明录, 彭代平, 等. 1979. 硝酸还原酶活性与氮素营养的关系. 植物生理学报, 5(2): 123~129

- 马凤鸣, 高继国. 1996. 硝酸还原酶活力作为甜菜氮素营养诊断及预测产量糖量指标的研究. 中国农业科学, 29(5): 16~22
- 李春喜, 张根发, 石惠恩, 等. 1995. 氮肥对小麦硝酸还原酶活性和籽粒蛋白质含量变化动态的影响. 西北植物学报, 15(4): 276~281
- 李振武, 陈敬祥, 汤玉玮, 等. 1983. 硝酸还原酶活力与作物耐肥性的研究. 中国农业科学, 16(3): 37~43
- 李豪喆, 廉贞德, 路桂, 等. 1985. 硝酸还原酶活力与作物耐肥性的研究. 植物生理学通讯, (5): 14~16
- Cregan P B, Nair J V R. 1984. Genetics of nitrogen metabolism and physiological/biochemical selection for increased grain productivity. Theor Appl Genet, 67(4): 97~111.

NITROGEN NUTRITION PROPERTIES OF DROUGHT TOLERANCE WINTER WHEAT OF NEAR ISOGENIC LINES

IV. STUDIES ON NITRATE REDUCTASE ACTIVITY AT THE BOOTING STAGE AS INDEX OF DROUGHT TOLERANCE OF WINTER WHEAT

Fan Xiaolin¹ Li Ling² He Wenqin³ Wang Peihong⁴

(1 College of Natural Resources and Environmental Sciences, South China Agric. Univ., Guangzhou, 510642;

2 South China Agric. Univ. Scientific Research Management Office; 3 Ning Qiang County Tobacco Company,

Shaanxi Tobacco Inc. 4 Department of Basic Science, North West Agric. Univ.,)

Abstract

Pot experiment was applied to study the relationship among NRA and drought—tolerance of winter wheat under the treatment of nitrogen fertilization (N_0 of no nitrogen, N_1 of 0.15 g/kg soil and N_2 of 0.3 g/kg soil as urea), water stress (normal irrigation W_1 , slight drought W_2 , medium grade drought W_3 and heavy drought W_4) and variety difference (V_1 of high and V_3 of low tolerance of TAM 108,) of near isogenic lines. Results show that the NRA of V_1 is bigger than that of V_3 during the drought stress process from W_2 to W_4 . The NRA of V_1 is also greater than that of V_3 within N_1 treatment. When eliminate the influence of nitrogen and water respectively, the NRA of V_1 is bigger than that of V_3 from W_1 to W_4 within N_1 . It can be concluded from the experiment that NRA is able to apply as indices of drought tolerance of winter wheat. Drought indices can be screened by use of V_1 and V_3 under any water stress within medium nitrogen fertilization rate.

Key words NRA; indices of drought tolerance; drought stress; N nutrition

[责任编辑 李玲]