

花后干旱和渍水下氮素供应对小麦旗叶衰老 和粒重的影响*

范雪梅 姜 东 戴廷波 荆 奇 曹卫星†

(南京农业大学农业部作物生长调控重点开放实验室, 南京 210095)

EFFECTS OF NITROGEN SUPPLY ON FLAG LEAF SENESCENCE AND GRAIN WEIGHT IN WHEAT GROWN UNDER DROUGHT OR WATERLOGGING FROM ANTHESIS TO MATURITY

Fan Xuemei Jiang Dong Dai Tingbo Jing Qi Cao Weixing

(Key Laboratory of Crop Growth Regulation, MOA, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China)

关键词 小麦; 干旱; 渍水; 氮肥; 衰老; 粒重

中图分类号 S512.1 文献标识码 A

小麦生育后期的显著特征是叶片衰老与籽粒生长发育同步进行。花后土壤干旱和渍水状况下, 小麦发生早衰, 植株光合功能不可逆转地迅速下降, 物质运转分配等生理过程发生紊乱, 导致生长发育和衰老进程及生理代谢功能失调, 最终影响其产量和品质^[1, 2]。研究表明, 小麦灌浆期土壤干旱或渍水导致旗叶细胞内活性氧的生成与清除平衡遭到破坏, 引起自由基的积累和膜脂过氧化, 使膜系统的结构和功能受到损伤, 从而造成植物细胞的伤害, 降低了清除自由基能力, 加速旗叶衰老^[3, 4], 最终导致粒重下降^[5]。因此, 改善花后水分逆境状况下小麦的严重早衰问题成为提高水分逆境条件下小麦产量和品质的重要途径。研究证明, 合理施肥如有机无机肥料配合施用或增施氮肥均能改善小麦植株体内活性氧清除酶的代谢合成, 维持其较高的生理活性, 能明显延缓叶片衰老^[6-8], 提高粒重。在土壤干旱条件下, 适当的氮素营养明显促进了小麦叶片渗透调节物质脯氨酸的累积, 增强了渗透调节强度^[8]。但渍水条件下氮肥对小麦衰老生理的影响鲜有研究,

而同时开展花后干旱和渍水胁迫下氮肥对小麦衰老和粒重影响的研究尚未见报道。为此, 本试验选用两个蛋白质含量不同的小麦品种, 同时研究了花后土壤干旱和渍水条件下氮素供应对小麦旗叶衰老和粒重的影响, 以期对不同生态条件下小麦抗逆调优栽培提供理论依据与技术支持。

1 材料与方 法

1.1 试验设计

试验于 2001 年 ~ 2003 年两个小麦生长季节在南京农业大学卫岗试验站网室配有防雨篷的水泥池中进行。水泥池面积为 1m × 1m, 深 0.8m。土壤养分状况为有机质 8.7 g kg⁻¹, 全氮 1.0 g kg⁻¹, 水解氮 47.8 mg kg⁻¹, 速效磷 22.0 mg kg⁻¹, 速效钾 145 mg kg⁻¹。供试品种为高蛋白品种徐州 26(蛋白质含量 15%左右)和低蛋白品种扬麦 9 号(蛋白质含量 11.5%左右)。试验设 3 个水分处理: 对照(相当于田间持水量的 70% ~ 80%)、干旱(相当于田间持水

* 国家自然科学基金项目(30170544, 30200166)和江苏省自然科学基金项目(BK2002205)资助

† 通讯作者, E-mail: caow@njau.edu.cn

作者简介: 范雪梅(1978-), 女, 山东泰安人, 硕士, 主要从事小麦生理生态方面的研究。E-mail: fanxm@njau.edu.cn

收稿日期: 2004-07-12; 收到修改稿日期: 2004-12-02

量的45%~50%)和渍水(保持1~2 cm的水层)。每个水分处理均设置2个施氮水平:纯氮120 kg hm⁻²和240 kg hm⁻²,分别以N240和N120表示。试验为随机区组设计,2次重复。水分处理时期为开花期至成熟期,于开花前将美国Wescor公司产HR-33T露点微伏压计的探头埋入池中,用露点微伏压计测定土壤水势值,同时结合酒精烧土法来测定土壤含水量。从开花期开始,根据实测的土壤含水量,通过人工补水将对照和干旱处理的土壤水分调节至预设值,之后每隔5d测定1次土壤含水量,以严格控制各小区土壤含水量。氮肥按1:1的比例,分别在播种前和拔节期分2次施入。除基施氮肥外,每公顷再施厩肥6000 kg、P₂O₅120 kg、K₂O 40 kg作为基肥施入。基本苗165万株hm⁻²,其余管理措施同一般高产大田。

开花期选择同日开花的单茎挂牌标记,用于测定和取样。

1.2 试验测定项目

旗叶丙二醛(MDA)含量测定参考林植芳等的方法^[9],超氧化物歧化酶(SOD)活性测定参照王爱国等的方法^[10],过氧化氢酶(CAT)活性测定参照

Chance 等的方法^[11],可溶性蛋白含量采用考马斯亮蓝法^[12],脯氨酸含量测定采用磺基水杨酸法^[13]。

1.3 数据分析与利用

采用SPSS(Statistical Package for the Social Science)软件对试验数据进行方差分析和显著性测验。由于两年度试验结果表现为基本一致的趋势,图中所示资料为两年数据的平均值。

2 结果与分析

2.1 花后干旱和渍水下氮素对旗叶丙二醛(MDA)含量的影响

MDA是细胞膜脂过氧化作用的产物,其含量标志着叶片脂质过氧化程度。花后两小麦品种旗叶MDA含量呈上升趋势(图1)。同一氮素处理下,旗叶MDA含量表现为渍水>干旱>对照处理,表明水分逆境加剧了小麦旗叶膜脂过氧化作用,加速了旗叶衰老进程。同一水分处理下,旗叶MDA含量表现为N120>N240,说明增施氮肥可以降低不同水分处理下小麦生育后期叶片MDA含量,延缓旗叶衰老。

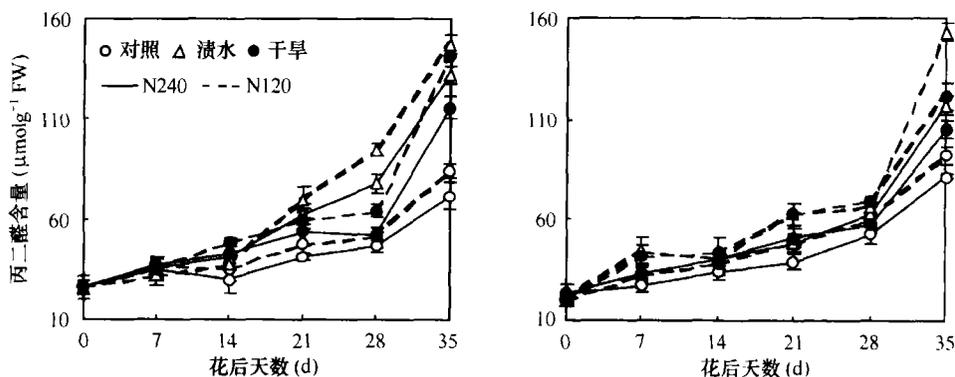


图1 花后不同水分处理下氮素对徐州26(左)和扬麦9号(右)旗叶丙二醛含量的影响

2.2 花后干旱和渍水下氮素对旗叶超氧化物歧化酶和过氧化氢酶活性的影响

超氧化物歧化酶(SOD)是细胞膜脂过氧化作用中氧自由基清除系统关键酶之一,主要催化细胞膜脂过氧化作用产生的超氧阴离子自由基,使之发生歧化反应生成H₂O₂(过氧化氢),H₂O₂再在过氧化氢酶(CAT)的作用下分解为H₂O和O₂,从而解除或减轻膜脂过氧化作用对细胞膜的损伤。灌浆期小麦旗叶SOD活性呈下降趋势(图2)。品种间比较,低蛋白小麦品种扬麦9号旗叶SOD活性较高蛋白品

种徐州26高。在同一氮素处理下,两小麦品种旗叶SOD活性均表现为对照>渍水>干旱处理,表明水分逆境降低了小麦旗叶SOD活性,标志着植株体内清除氧自由基能力衰退。在同一水分处理下,小麦旗叶SOD活性均表现为N240>N120,表明增施氮肥可以提高旗叶SOD活性,进而有利于延缓植株的衰老。

花后小麦旗叶CAT活性呈下降趋势(图2)。品种间比较,低蛋白小麦品种扬麦9号旗叶CAT活性较高蛋白品种徐州26高。在N240处理下,两小麦

品种旗叶 CAT 活性均表现为对照 > 干旱 > 渍水处理,而在 N120 处理下,旗叶 CAT 活性均表现为对照 > 渍水 > 干旱,表明水分逆境降低了小麦旗叶 CAT 活性,小麦衰老加速。在对照和干旱处理下,小

麦旗叶 CAT 活性均表现为 N240 > N120,而渍水下则相反,表明在土壤水分适宜或缺条件下增施氮肥可以提高旗叶 CAT 活性,延缓植株衰老,而渍水下增施氮肥不利于 CAT 活性提高。

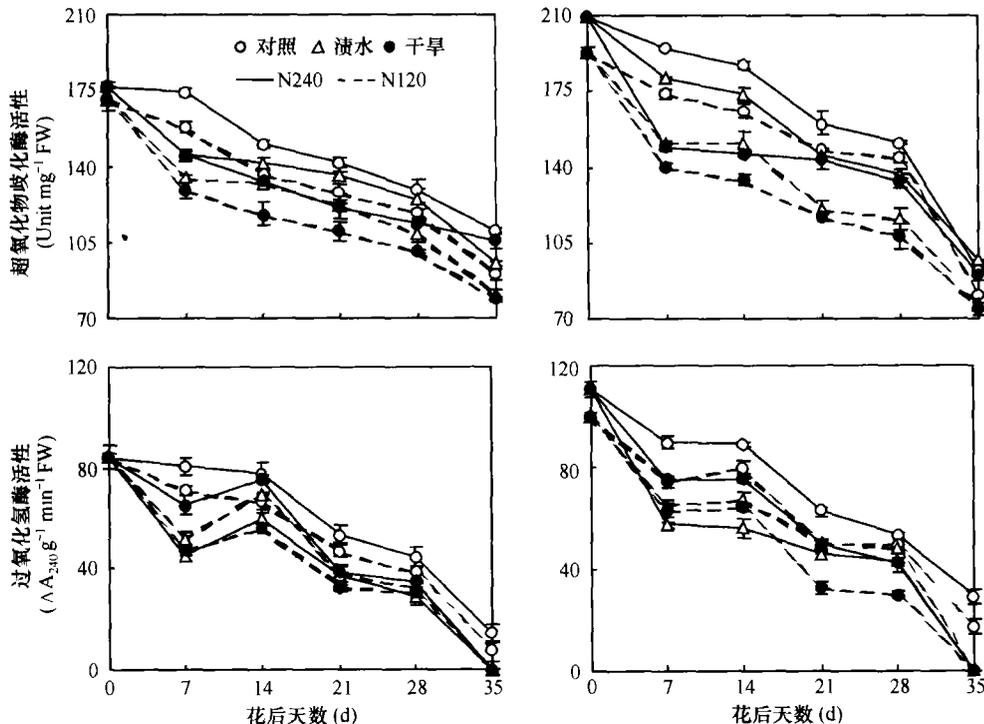


图 2 花后不同水分处理下氮素对徐州 26(左)和扬麦 9 号(右)旗叶超氧化物歧化酶活性和过氧化氢酶活性的影响

2.3 花后干旱和渍水下氮素对旗叶可溶性蛋白和脯氨酸含量的影响

花后旗叶可溶性蛋白呈下降趋势(图 3)。品种间比较,高蛋白小麦品种徐州 26 旗叶可溶性蛋白含量较低蛋白品种扬麦 9 号高。在同一氮素水平下,两小麦品种旗叶可溶性蛋白含量均表现为对照 > 渍水 > 干旱,表明水分逆境使旗叶可溶性蛋白含量降低。旗叶在同一水分处理下可溶性蛋白含量表现为 N240 > N120,表明增施氮肥可以提高旗叶可溶性蛋白含量。小麦旗叶脯氨酸含量开花后逐渐升高(图 3),到花后 21 d 降至低谷,之后又上升,最后又下降。在同一氮素水平下,两小麦品种旗叶脯氨酸含量均表现为干旱 > 渍水 > 对照,表明水分逆境使旗叶脯氨酸含量上升。在同一水分处理下,旗叶脯氨酸含量表现为 N240 > N120,表明增施氮肥可以提高旗叶脯氨酸含量。

2.4 花后干旱和渍水下氮素对籽粒灌浆速率和粒重的影响

两小麦品种籽粒灌浆速率均呈单峰曲线,高峰

期出现在花后 28 d(图 4)。两小麦品种在对照和干旱处理下籽粒灌浆速率表现为 N240 > N120,渍水处理下趋势相反,表明在水分适宜或缺条件下,增施氮肥有利于提高灌浆速率,而渍水逆境下过高施氮不利于籽粒灌浆。在 N240 条件下,花后 28 d 前籽粒灌浆速率表现为对照 > 干旱 > 渍水处理,28 d 后则表现为对照 > 渍水 > 干旱;N120 条件下,两小麦品种籽粒灌浆速率在 28 d 前以对照处理较高,而 28 d 后表现为对照 > 渍水 > 干旱处理,表明水分逆境均降低了籽粒灌浆速率。

整个灌浆期小麦籽粒重呈上升趋势(图 4)。在对照处理下,两小麦品种均表现为 N240 > N120;在渍水处理下,籽粒重表现为 N120 > N240,而干旱处理下花后 35 d 前表现为 N120 > N240,成熟期以 N240 处理较高,表明在水分适宜或缺条件下,增施氮肥有利于增加单粒重,而渍水下施氮过多降低粒重。在 N240 处理下,粒重表现为对照 > 干旱 > 渍水处理,且徐州 26 和扬麦 9 号在干旱和渍水处理下分别降低了 5.18%、21.74% 和 5.96%、10.94%;在

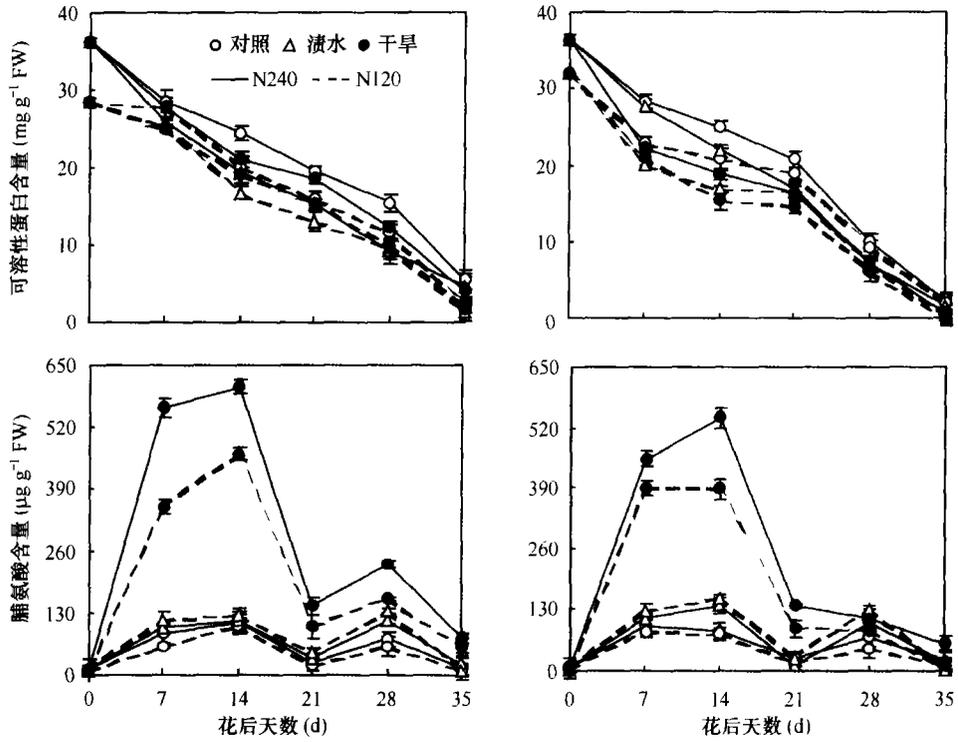


图3 花后不同水分处理下氮素对徐州26(左)和扬麦9号(右)旗叶可溶性蛋白和脯氨酸含量的影响

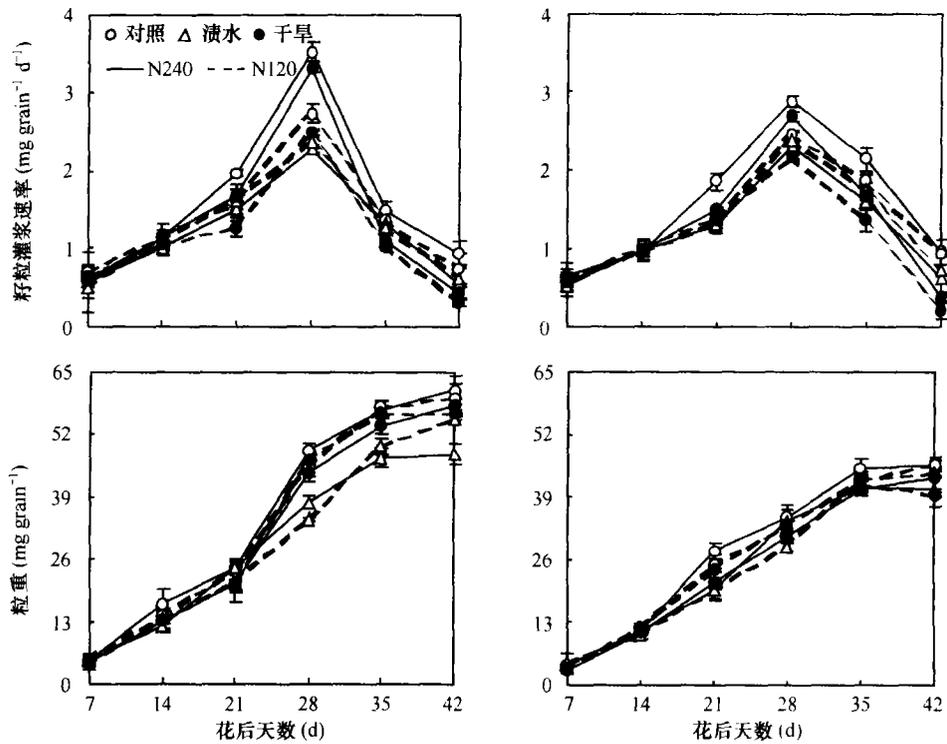


图4 花后不同水分处理下氮素对徐州26(左)和扬麦9号(右)籽粒灌浆速率和粒重的影响

N120 处理下徐州 26 表现为对照 > 干旱 > 渍水处理,且在干旱和渍水处理下分别降低了 5.67%、7.10%,扬麦 9 号表现为对照 > 渍水 > 干旱,且在渍水和干旱处理下分别降低了 3.61%、13.05%,表明水分逆境下小麦籽粒重明显降低。

3 讨 论

前人的研究表明,植物生育后期细胞中活性氧生成与清除之间的平衡受到破坏,活性氧积累对细胞造成伤害^[14]。SOD 和 CAT 是植物活性氧代谢过程中两个极为重要的清除酶类,在生物体内具有清除氧自由基的作用。MDA 是膜脂过氧化的主要产物之一,其含量多少标志着叶片脂质过氧化水平。因此,目前常用 SOD 活性、可溶性蛋白质和 MDA 含量等作为指示衰老进程的生理生化指标^[14]。大量研究表明,小麦灌浆期土壤干旱或渍水使旗叶 SOD、CAT 活性受抑,清除氧自由基的能力下降,膜脂过氧化产物 MDA 含量升高,可溶性蛋白质含量下降,加重了膜脂过氧化程度,加速旗叶衰老^[3, 4],导致灌浆速率和粒重下降^[5]。追施氮肥有利于提高叶片 SOD 活性,降低 MDA 的含量,延缓衰老,有利于籽粒进行灌浆^[8]。游离脯氨酸的积累是植物对水分胁迫的一种普遍性反应,土壤干旱或渍水引起的水分胁迫,都会使植物体内游离脯氨酸含量明显增高^[4, 15]。游离脯氨酸对干旱下植物维持膨压和保护细胞膜有重要作用,氮素营养可明显增加小麦旗叶脯氨酸的累积^[8]。本试验结果进一步证实了上述文献结论,同时还明确了渍水条件下氮肥对小麦衰老和粒重的影响。本试验表明,水分逆境下增施氮肥可以提高旗叶 SOD 活性、可溶性蛋白含量和脯氨酸含量,减少 MDA 的积累。水分适宜或亏缺条件下增施氮肥可以提高旗叶 CAT 活性,而渍水下增施氮肥不利于其活性的提高。干旱和渍水处理均降低了籽粒灌浆速率和粒重,增施氮肥可以提高水分适宜或亏缺条件

下籽粒灌浆速率,增加粒重,而渍水下施氮过多降低灌浆速率和粒重。因此,在小麦生产中通过氮肥施用技术,可以调控土壤干旱和渍水条件下不同类型小麦植株衰老和籽粒生长,确定相应小麦抗逆调优栽培模式。

参 考 文 献

- [1] 李德全,郭清福,张以勤,等. 冬小麦抗旱光合特性研究. 作物学报, 1993, 19(2): 125 ~ 134
- [2] Musgrave M E. Waterlogging effects on yield and photosynthesis in eight wheat cultivars. Crop Science, 1994, 34: 1314 ~ 1320
- [3] 何忠诚,石岩,孙萍,等. 干旱对小麦生育后期旗叶衰老的影响. 莱阳农学院学报, 2000, 17(1): 35 ~ 37
- [4] 蔡永萍,陶汉之,张玉琼. 土壤渍水对小麦开花后叶片几种生理特性的影响. 植物生理学通讯, 2000, 36(2): 110 ~ 113
- [5] 林琪,侯立白,韩伟,等. 干旱胁迫对小麦旗叶活性氧代谢及灌浆速率的影响. 西北植物学报, 2003, 23(12): 2152 ~ 2156
- [6] 姜东,于振文,许玉敏,等. 有机无机肥料配合施用对冬小麦根系和旗叶衰老的影响. 土壤学报, 1999, 36(4): 440 ~ 447
- [7] 李卫民,周凌云,徐梦雄. 土壤水分胁迫下氮素营养对冬小麦光合生理和环境的的影响. 土壤学报, 2002, 39(3): 397 ~ 403
- [8] 陈建军,任永浩,陈培元,等. 干旱条件下氮营养对小麦不同抗旱品种生长的影响. 作物学报, 1996, 22(4): 483 ~ 489
- [9] 林植芳,李双顺,林桂珠,等. 水稻叶片的衰老与超氧化物歧化酶活性及脂质过氧化作用的关系. 植物学报, 1984, 26(6): 605 ~ 615
- [10] 王爱国,罗广华,邵从本,等. 大豆种子超氧化物歧化酶的研究. 植物生理学报, 1983, 9(1): 77 ~ 84
- [11] Chance B, Maehly A C. Assays of catalase and peroxidase. In: Colowick S P, Kaplan N O. eds. Methods of Enzymology, Vol II. New York: Academic Press, 1955. 764
- [12] Bradford M M. A rapid and sensitive method for the determination of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Annul Bio. chem., 1976, 72: 248 ~ 255
- [13] 张殿忠,汪沛洪,赵会贤. 测定小麦叶片游离脯氨酸含量的方法. 植物生理学通讯, 1990, 4: 62 ~ 65
- [14] 刘道宏. 植物叶片的衰老. 植物生理学通讯, 1983, 2: 14 ~ 19
- [15] 吴诗光,陈龙,殷贵鸿,等. 灌浆期干旱对高产小麦某些生理生化特性的影响. 河南农业科学, 2001, 9: 6 ~ 7