

玉米雄穗发生发展规律及保护酶活性研究

徐洪文^{1 2}, 宋凤斌², 童淑媛²

(1. 淮阴师范学院, 江苏 淮安 223300; 2. 中国科学院 东北地理与农业生态研究所, 吉林 长春 130012)

摘要:以东北黑土区主推玉米品种郑单 958 和农大 364 为研究材料, 对大田条件下玉米雄穗形态变化、保护酶体系及细胞膜透性进行了比较分析。结果表明: 在玉米整个生育期, 雄穗形态指标均呈“S”型曲线变化, 且其生长发育和播后天数之间符合二次多项式关系。随着玉米生育进程的推进, 雄穗细胞膜透性和丙二醛(MDA)含量均呈现不断递增的趋势, 在成熟期达最高值。过氧化氢酶(CAT)和过氧化物酶(POD)活性均在散粉期达到最高峰, 随后不断下降, 其中 POD 活性降幅不大, 说明在散粉期后雄穗主要负责清除活性氧任务的是 POD。

关键词:玉米; 雄穗; 形态; 保护酶; 膜透性

中图分类号:S513.01 文献标识码:A 文章编号:1000-7091(2011)06-0141-04

Study on Morphology and Protective Enzymes of Tassels of Maize

XU Hong-wen^{1 2}, SONG Feng-bin², TONG Shu-yuan²

(1. Huaiyin Normal University, Huaian 223300, China; 2. Northeast Institute of Geography and Agricultural Ecology, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130012, China)

Abstract: Zhengdan 958 and Nongda 364 were adopted in this experiment, morphology, protective enzymes and membrane permeability of tassels of maize (*Zea mays* L.) varieties were comparatively studied under field condition. The results showed that morphology index changed with an "S" curve of shape during the whole growth period, and all the indexes fit a polynomial model. Membrane lipid peroxidation and cell membrane permeability in tassel increased gradually as a whole, and reached its peak value at mature period. Activity of CAT and POD of tassel of two maize genotypes reached peak value at dispersing period and then decreased continuously, lower decline rate was found in POD activity, indicating POD was mainly responsible for scavenging against active oxygen.

Key words: Maize; Tassel; Morphology; Protective enzyme; Membrane permeability

雄穗作为玉米主要生殖器官之一, 发挥着重要的生理功能。从植物生理的“源、流、库”学说来看, 雄穗既是光合产物供应的重要“库”之一, 又可视作光合产物的“源”及输送养分的“流”。保护酶体系是雄穗中活性氧的主要清除剂, 它们能够消除猝灭活性氧, 使得雄穗细胞内氧自由基的产生和清除维持一种动态平衡^[1], 因此保护酶活性的变化反映了其对活性氧自由基的清除能力, 对玉米散粉作用的完成具有重要的生理意义。就目前而言, 关于玉米 (*Zea mays* L.) 保护酶体系的研究主要集中在叶片上^[2-5], 而在雄穗方面尚缺乏系统研究。本试验选择东北黑土区主推玉米品种农大 364 和郑单 958 为

供试材料, 对雄穗生长发育和保护酶体系动态变化差异进行分析, 并探讨雄穗膜脂过氧化产物积累动态和细胞膜透性变化规律, 旨在补充和完善玉米产量形成的生物学基础。为玉米雄穗生长发育调控研究提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 试验设计

试验于中国科学院东北地理与农业生态研究所德惠农业示范试验基地(东经 125°33′, 北纬 44°12′)进行。试验地共分为 2 个小区, 每一品种为一个小区, 每小区面积为 1 500 m², 每个小区按“S”型

收稿日期:2011-09-01

基金项目:国家“863”计划项目(2006AA10Z227)

作者简介:徐洪文(1979-), 男, 黑龙江齐齐哈尔人, 副教授, 博士, 主要从事环境生态方面的研究。

采样法进行样品测定,采集 5 个样点的植株样品,每个样点 3 次重复。供试品种为农大 364 和郑单 958,南北行向种植。磷肥、钾肥和部分氮肥作基肥(每小区施入养分含量为 $N:P_2O_5:K_2O = 15\%:15\%:15\%$ 的玉米专用复合肥 90 kg),其余氮肥于拔节前作追肥(每小区施入 NH_4NO_3 60 kg)。

1.2 测定方法

1.2.1 采样 在玉米抽雄、散粉、散粉后期及成熟期取雄穗材料,选长势一致的玉米植株,于 9:00 – 11:00 用干燥洁净的自封袋收集,并迅速置于冰盒中,以备处理取样。

1.2.2 测定方法 形态指标:雄穗主轴长和平均分枝长用直尺测量;雄穗体积:排水法;穗粗:游标卡尺测量。生理指标:细胞膜透性:DDS-11A 型电导率仪法;MDA:硫代巴比妥酸法;CAT:紫外吸收法^[6];POD:愈创木酚显色法^[7]。

1.2.3 系统分析方法 试验中数据均采用 Excel 2003 统计标准差;采用 SPSS 11.3 软件根据最小显著差数法(LSD 法)进行差异显著性($P < 0.05$)分析;作图采用 Origin Pro 7.5 软件。

2 结果与分析

2.1 雄穗发生发展动态规律研究

玉米的雄穗是玉米育种与种子生产过程中被研究的重要农艺性状,具有较小雄穗的植株,有助于增加下层叶片的透光性并减少对养分的消耗,因而有助于产量的提高。玉米雄穗随着生育进程的推进存在发生、发展和衰老的生长过程且存在一定规律。从本研究结果来看(图 1),在玉米整个生育时期中雄穗主轴长、平均分枝长、体积和穗粗生长过程均呈“S”型曲线。

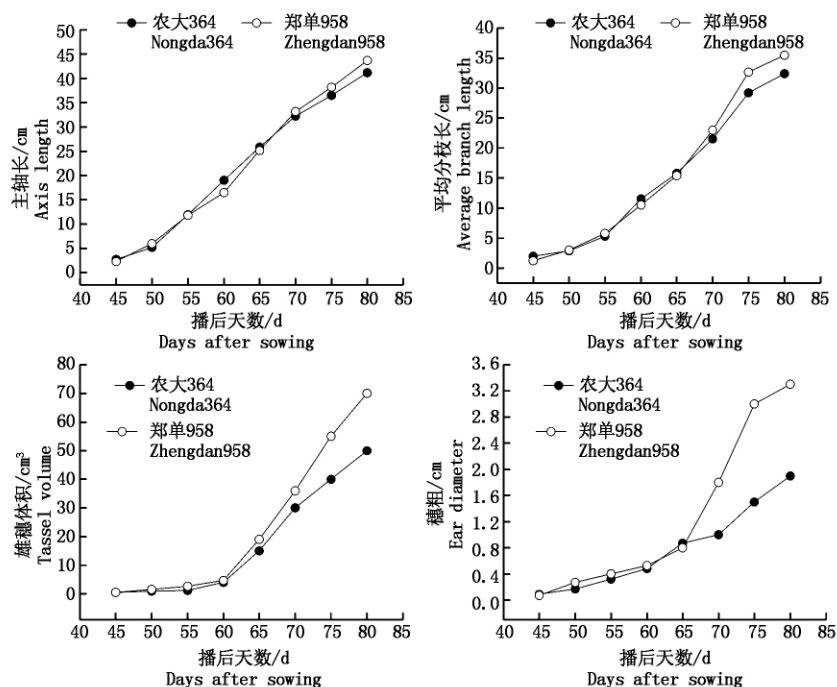


图 1 玉米雄穗生长发育动态变化

Fig. 1 Dynamic changes of growth and development of tassel in maize

从播后 45 ~ 65 d,农大 364 和郑单 958 的各指标变化不大,播后 65 d,二者雄穗主轴长、平均分枝长、雄穗体积、雄穗粗度分别相差 0.67,0.40,4.00 和 0.07。说明在此之前二者生长速度比较接近,以后随着播后天数的增加,各指标生长速度变化较大,导致各个指标差距逐渐变大。播后 80 d 时,分别相差 2.47,3.10,20.00 和 1.40。雄穗各个指标增幅表现为:雄穗体积 > 平均分枝长 > 穗粗 > 主轴长。可见,玉米雄穗的体积不断增大是平均分枝增长和雄穗不断增粗的综合结果。此外,雄穗主轴增长也

是促使雄穗体积变大的主要因子。

玉米雄穗主轴长、平均分枝长、穗体积和穗粗等指标的生长发育和播后天数之间的关系符合二次多项式关系: $Y = AX^2 + BX + C$ 。不同指标的数学模型见表 1。

2.2 雄穗细胞膜透性的动态变化

植物细胞膜系统是细胞与外界环境进行物质交换和信息传递的界面和屏障,其稳定性和完整性是细胞进行正常生理功能的基础^[8]。玉米雄穗生长过程中,其细胞膜结构的破坏可导致细胞膜透性增

大,因此细胞膜透性的高低反映细胞完整性的高低。随着生育进程的推进,2个品种玉米雄穗细胞膜透性动态变化规律基本一致(图2),总体呈现缓慢递增的趋势,但不同品种玉米雄穗的细胞膜透性增高幅度不同。从抽雄期到成熟期,农大364雄穗的细胞膜透性分别增加了36.87%,而郑单958增加56.65%。农大364的细胞膜透性增幅程度显著低于郑单958,且在不同生育期均低于郑单958,说明农大364的雄穗细胞膜的损害程度比后者较轻。

表1 玉米雄穗生长发育数学模型
Tab.1 Model of development process of tassel in maize

品种 Cultivar	指标 Index	方程 Equation	R ²
农大364 Nongda 364	主轴长	$Y = -0.0018X^2 + 1.4019X - 58.48$	0.9918
	平均分枝长	$Y = 0.132X^2 - 0.7018X + 5.6909$	0.9884
	穗体积	$Y = 0.049X^2 - 4.6068X + 107.7$	0.9811
	穗粗	$Y = 0.0012X^2 - 0.0938X + 1.9498$	0.9933
郑单958 Zhengdan 958	主轴长	$Y = 0.0054X^2 + 0.5728X - 35.429$	0.9930
	平均分枝长	$Y = 0.0183X^2 - 1.2283X - 18.753$	0.9868
	穗体积	$Y = 0.0751X^2 - 7.3189X + 177.96$	0.9901
	穗粗	$Y = 0.0032X^2 - 0.3081X + 7.443$	0.9663

从图2还可以看出,玉米抽雄后,随着玉米衰老进程的推进,参试品种雄穗中MDA含量(以鲜质量计)逐渐升高,与细胞膜透性变化基本一致,说明膜脂过氧化作用的加剧伴随细胞原生质大量外渗,膜完整性遭破坏^[9,10]。2个品种相比较,农大364在抽雄期、散粉期、散粉后期和成熟期的MDA含量分别比郑单958低25.29%,8.73%,21.45%和7.91%,可见农大364和郑单958的雄穗MDA含量差距因生育时期的不同有所差异,在散粉期二者差距最大,成熟期MDA含量比较接近。由此可见,MDA含量的变化和雄穗衰老进程有关,在散粉期农大364的雄穗膜脂过氧化程度较低,细胞膜结构和功能受伤害程度较轻,生理代谢比郑单958更加旺盛,从而比后者有利于散粉的正常进程和衰老程度的减弱。

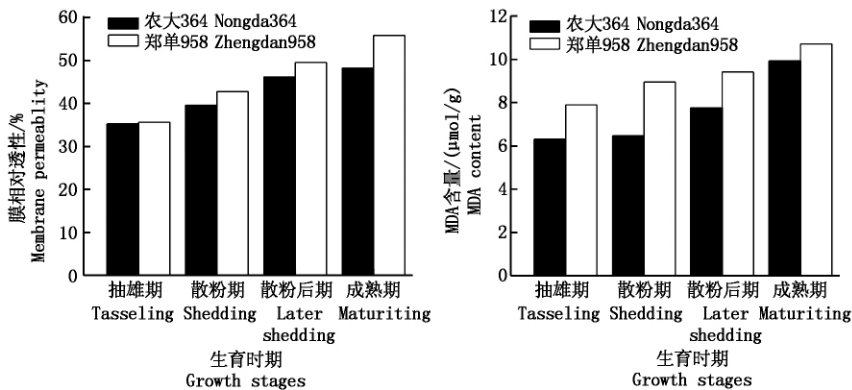


图2 玉米雄穗细胞膜透性动态变化

Fig.2 Dynamic changes of cell membrane in tassel of maize

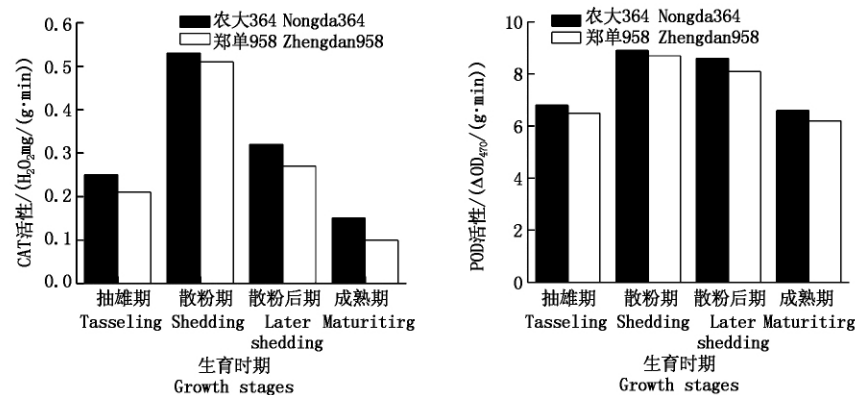


图3 玉米雄穗保护酶活性的动态变化

Fig.3 Dynamic changes of protective enzyme in tassel of maize

2.3 雄穗保护酶活性的动态变化

雄穗过氧化氢酶和过氧化物酶活性测定结果如图 3 显示。不同品种玉米间雄穗保护酶活性有所差异,体现在郑单 958 低于农大 364。但总体的变化趋势基本一致,都是随生育进程的推进,表现为先上升后下降的变化趋势,保护酶活性的最高峰位于散粉期,最低值则处于成熟期。比较雄穗中的两种保护酶活性可以看出,CAT 属于升快降快的类型,散粉期后 CAT 活性明显降低,说明雄穗细胞内产生过多的活性氧远远超出了它的防御能力,造成了酶活性伤害。而从整个生育时期来看,POD 活性变化不大,在散粉期之后仍然保持较高的活性,说明在散粉期后雄穗中主要起清除活性氧任务的就是 POD。

3 讨论

玉米雄穗是种子生产过程中的重要农艺性状^[11],较小的雄穗有益于玉米高产,分枝数减少和籽粒产量提高^[12-15]。雄穗主轴长通过平均分枝长度间接影响每穗的小穗数,分枝过多或过长会导致过量的营养消耗、不利于籽粒产量的提高^[16]。同时适当的雄穗主轴长也可作为选择茎秆抗折断力强的玉米品种的重要参考性状^[17]。对于理想的雄穗穗型来说,其主轴和分枝都不应过长,由此可见雄穗性状是玉米高产、高质的重要形态指标。本研究通过对玉米雄穗形态指标的研究指出,玉米雄穗的体积不断增大是平均分枝增长和雄穗不断增粗的综合结果,这对选育小穗着生密度大、小穗数量多和花粉质量高^[18,19]的玉米品种具有重要的参考依据。

CAT 和 POD 是细胞内重要的保护酶,能够清除雄穗在生长发育过程中不断产生的活性氧自由基,分解细胞内过多的 H_2O_2 ,起到保护膜结构的作用。从本研究来看,农大 364 的细胞膜透性和 MDA 含量均显著低于郑单 958,说明农大 364 细胞膜结构和功能受伤害程度较轻,生理代谢旺盛,这有利于保持雄穗较高的生理活性,是保证散粉正常进程的重要生理基础。雄穗保护酶活性在不同品种间存在一定差异,这与植株体内组织所具有的活性氧清除系统的整体活力密切相关,表明在玉米生长发育过程中抗氧化作用是由各种保护酶类相互协调共同完成的。所以在农业生产过程中,可以利用雄穗保护酶活性作为鉴定和筛选优质玉米品种的辅助指标,同时,应采取适当的农艺措施增强雄穗活性氧清除能力,并保持生物膜结构的稳定性,使其在散粉过程中保持较高的生理活性。

参考文献:

- [1] Cabello P, Agüera E, Haba P. Metabolic changes during natural ageing in sunflower (*Helianthus annuus*) leaves: expression and activity of glutamine synthetase isoforms are regulated differently during senescence [J]. *Physiologia Plantarum* 2006, 128(11): 175-185.
- [2] 刘天学, 李潮海, 马新明, 等. 不同基因型玉米间作对叶片衰老、籽粒产量和品质的影响 [J]. *植物生态学报* 2008, 32(4): 914-921.
- [3] Ermekei Y, Tanyolac D, Ayhan B. Effects of cadmium on antioxidant enzyme and photosynthetic activities in leaves of two maize cultivars [J]. *Journal of Plant Physiology*, 2008, 165(6): 600-611.
- [4] 张立新, 李生秀. 氮、钾、甜菜碱对水分胁迫下夏玉米叶片膜脂过氧化和保护酶活性的影响 [J]. *作物学报*, 2007, 33(3): 482-490.
- [5] 徐洪文, 宋凤斌, 朱先灿, 等. 两种基因型玉米苞叶保护酶及膜透性研究 [J]. *农业系统科学与综合研究*, 2009, 25(3): 307-311.
- [6] 陈建勋, 王晓峰. *植物生理学实验指导* [M]. 广州: 华南理工大学出版社, 2006: 115-116.
- [7] 李合生. *植物生理生化实验原理和技术* [M]. 北京: 高等教育出版社, 2000: 164-165.
- [8] 齐春艳, 梁正伟, 杨福, 等. 水稻耐碱突变体 ACR78 在苏打盐碱胁迫下的生理响应 [J]. *华北农学报*, 2009, 24(1): 20-25.
- [9] Dong Bin, Sang Weilian, Jiang Xin *et al.* Effects of aluminum on physiological metabolism and antioxidant system of wheat [J]. *Chemosphere* 2002, 47(1): 87-92.
- [10] 刘宛, 李培军, 周启星, 等. 氯苯类胁迫对蚕豆幼苗超氧化物歧化酶活性的影响 [J]. *农业环境科学学报* 2004, 23(3): 432-436.
- [11] 高世斌, 赵茂俊, 兰海, 等. 玉米雄穗分枝数与主轴长的 QTL 鉴定 [J]. *遗传* 2007, 29(8): 1013-1017.
- [12] 霍仕平. 玉米雄穗的遗传和相关性研究 [J]. *作物学报*, 1993, 16(6): 515-519.
- [13] Lambert R J, Johnson R R. Leaf angle, tassel morphology and the performance of maize hybrids [J]. *Crop Science*, 1978, 18(3): 499-502.
- [14] 冀华, 李宏, 张树伟. 玉米雌雄穗发育及其与产量的关系 [J]. *山西农业科学*, 2011, 39(7): 754-755, 774.
- [15] 崔坤, 王晓梅, 刘玉兰. 播期对玉米不同自交系出苗率及雌雄穗开花期的影响 [J]. *山西农业科学*, 2008, 36(11): 64-66.
- [16] 董海合, 李凤华, 才卓, 等. 热带玉米与温带玉米种质杂交农艺性状的差异 [J]. *华北农学报*, 2005, 20(5): 17-20.
- [17] 张芳魁, 霍仕平, 张健, 等. 玉米茎秆性状与抗折断力的相关和通径分析 [J]. *玉米科学* 2006, 14(6): 46-49.
- [18] 王君, 籍秀梅, 于海秋, 等. 玉米植株抗旱性状的杂种优势分析 [J]. *玉米科学* 2006, 14(5): 9-14.
- [19] 杨玲, 郭敏. PEG 渗透胁迫下玉米幼苗叶片保护酶活性昼夜变化 [J]. *安徽农业科学*, 2011, 12: 41-44.