



许健,于海林,王宇先,等. 苗期玉米对 PEG-6000 胁迫的生理响应[J]. 黑龙江农业科学,2021(8):8-11.

苗期玉米对 PEG-6000 胁迫的生理响应

许 健,于海林,王宇先,周 超,兰宏宇,徐莹莹,李青超

(黑龙江省农业科学院 齐齐哈尔分院,黑龙江 齐齐哈尔 161000)

摘要:为探讨玉米苗期的抗旱性,针对玉米抗旱种质资源的筛选提供可借鉴的指标及方法,以 3 个不同生态类型的玉米品种为试验材料,采用盆栽法在苗期对玉米的抗旱特性生理指标进行了测定和分析。结果表明:干旱胁迫下 3 个玉米幼苗的 SOD、POD 和 CAT 活性较对照显著提高,在 A3(10%PEG-6000)处理下活性达到最高;叶片脯氨酸含量有所增加,并在浓度为 A3(10%PEG-6000)时脯氨酸的积累效果最好;干旱胁迫处理下 3 个品种与对照的叶绿素、叶绿素初始荧光数值(F_0)、光能化学效率值(F_v/F_m)差异显著。综上所述,3 个玉米品种抗旱性由强至弱顺序为嫩单 23>绥玉 23>合玉 29。

关键词:玉米;抗旱性;生理指标;PEG-6000

玉米作为黑龙江省第一大粮食作物,在粮食生产中占有举足轻重的地位。然而黑龙江省地处中高纬度,近年来气候多出现高温少雨情况,干旱有进一步加剧的趋势^[1],玉米生育周期中萌发期至出苗期对水分变化敏感,不同玉米品种对干旱的适应性和抵御能力表现不同,在形态结构特征与生理生化特性及生长发育指标等方面,形成了抵御外界干旱的适应机制^[2-3]。已有研究表明,利用模拟土壤干旱条件,可通过玉米苗期生理指标的变化来评价玉米苗期的抗旱性程度,认为 SOD、POD、CAT 活性及脯氨酸含量可作为玉米抗旱的评价指标^[4]。种子萌发至苗期需要充足的水分,水分缺乏会延缓出苗,破坏玉米幼苗正常的生长发育,最终导致产量下降,干旱已成为制约黑龙江省玉米生产的重要因素^[5]。因此,本研究通过对 3 个玉米品种苗期的抗旱特性生理指标进行测定,分析其在干旱胁迫下相关指标变化及规律,旨在为玉米抗旱节水及其抗旱机制的研究提供依据。

1 材料与方法

1.1 材料

试验于 2019 年 12 月在黑龙江省农业科学院齐齐哈尔分院实验基地进行。供试材料采用 3 个

不同生态类型的玉米品种,分别为嫩单 23(黑龙江省农业科学院齐齐哈尔分院)、绥玉 23(黑龙江省农业科学院绥化分院)和合玉 29(黑龙江省农业科学院佳木斯分院)。聚乙二醇(PEG-6000)由天津天泰精细化学品有限公司提供。

1.2 方法

1.2.1 试验设计 供试玉米品种的种子按照《国际种子检验规程》进行处理,每盆内均匀播种 5 粒。设置 4 个聚乙二醇(PEG-6000)浓度模拟干旱胁迫处理,分别为 A1(清水对照)、A2(5%PEG-6000)、A3(10%PEG-6000)、A4(20%PEG-6000)。当玉米长至 3 叶 1 心时,通过浇灌 4 个浓度的 PEG-6000 高渗溶液模拟干旱胁迫,每个处理 3 次重复,处理 7 d 后,取鲜样进行分析测定。

1.2.2 测定项目及方法 参照白宝璋^[6]的方法,采用 NBT(氮蓝四唑)光还原法测定 SOD 活性;参考王晶英^[7]的方法,通过分光光度法间接测定 POD 活性;采用碘量滴定法^[8]测定玉米组织中 CAT 活性;参照李合生等^[9]的磺基水杨酸法测定玉米组织中脯氨酸的含量;根据叶绿素对可见光的吸收光谱,利用分光光度计在特定波长下测定其吸光度,计算植株叶绿素含量^[10]。参照高俊凤^[11]的方法,采用 TEACHING-PAM 叶绿素荧光测定仪测定叶绿素荧光参数。

1.2.3 数据分析 采用 Excel 2013 对试验数据进行整理,采用 DPS 7.55 对试验数据进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 干旱处理对玉米幼苗抗氧化酶活性的影响
有研究表明植物在长期进化中形成了完善的

收稿日期:2021-05-01

基金项目:黑龙江省农业科学院“农业创新跨越工程”专项(HNK2019CX1305);齐齐哈尔市科技计划创新激励项目(CNYGG-2020022)。

第一作者:许健(1985-),男,硕士,助理研究员,从事玉米遗传育种研究。E-mail:359583628@qq.com。

通信作者:于海林(1963-),男,硕士,研究员,从事作物高产栽培研究。E-mail:yuhailin863@126.com。

活性氧防御系统,为了在干旱环境中维持相对正常的生长,通过提高体内 SOD、POD 和 CAT 的活性,减轻膜脂过氧化,达到对活性氧进行清除,保护了生物膜系统,削弱了水分亏缺对作物的伤害,表现出植物对干旱逆境的适应性^[12]。

2.1.1 SOD 活性 由图 1 可知,3 个玉米品种 SOD 活性均随 PEG-6000 溶液浓度的增大表现出相同趋势,先升高再降低,在 A3 处理下达到峰值,随后下降,说明 A3 处理下玉米 SOD 酶系统发挥了最大作用,到 A4 处理时,可能由于细胞内活性氧的产生大于清除效率,从而使细胞膜的过氧化程度加剧,降低了活性氧清除能力。不同胁迫处理下 3 个玉米品种 SOD 活性排序依次为嫩单 23>绥玉 23>合玉 29,除 A1 处理,其他各处理下各品种间差异均显著。

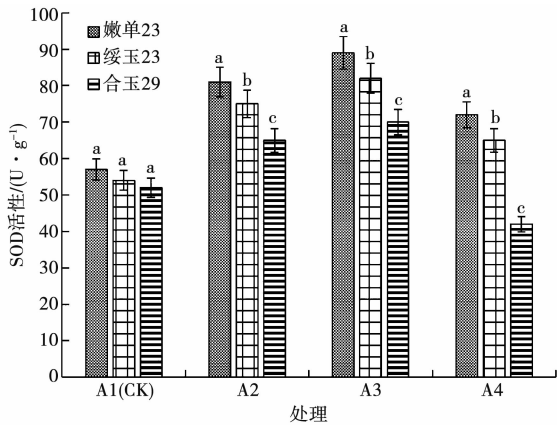


图 1 不同干旱胁迫处理对玉米幼苗 SOD 活性的影响
注:不同小写字母表示在 0.05 水平上显著差异,下同。

2.1.2 POD 活性 由图 2 可知,不同玉米品种 POD 活性对干旱胁迫的响应结果与 SOD 活性相一致,也呈现出先升高再降低的趋势,在 A3 处理下达到峰值。不同胁迫处理下 3 个玉米品种 POD 活性排序依次为嫩单 23>绥玉 23>合玉 29,且各处理下各品种间差异均达显著水平,说明在逆境条件下,不同玉米品种通过调节自身的酶系统来抵御不良环境。

2.1.3 CAT 活性 由图 3 可知,干旱胁迫条件下不同玉米品种 CAT 响应特性与 SOD、POD 的趋势相同,表现为先升高再降低,在 A3 处理下出现峰值;但不同干旱胁迫处理下各个品种表现不

尽相同,CAT 对于干旱胁迫的反应排序由强至弱为嫩单 23>绥玉 23>合玉 29,且各处理下各品种间差异均达显著水平,表明不同玉米品种间,CAT 对于干旱胁迫的反应具有差异性。

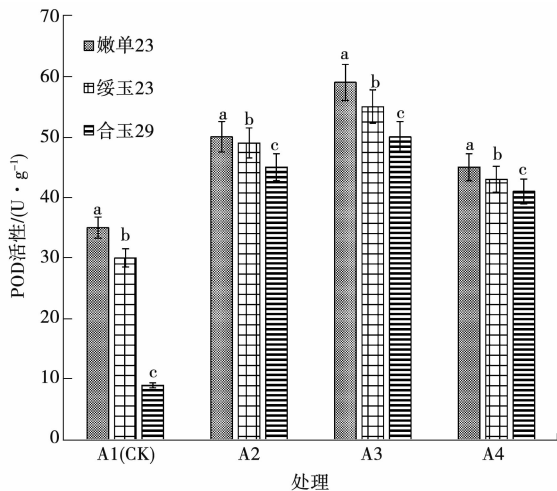


图 2 不同干旱胁迫处理对玉米幼苗 POD 活性的影响

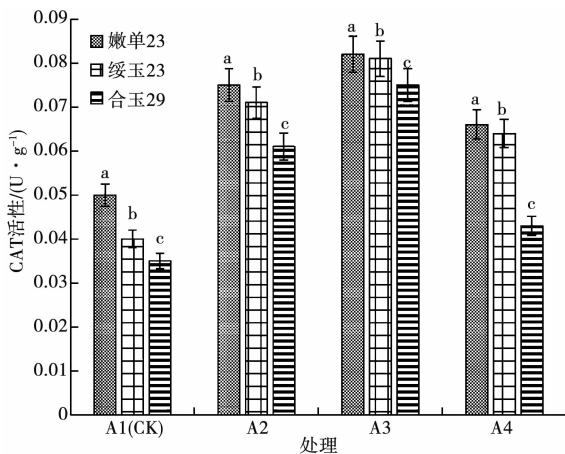


图 3 不同干旱胁迫处理对玉米幼苗 CAT 活性的影响

2.2 干旱处理对玉米幼苗叶片脯氨酸含量的影响

脯氨酸是植物遭受逆境胁迫时的主要渗透调节物质之一,其积累量可作为抗旱适应性的指标。在水分亏缺条件下,脯氨酸的积累降低细胞渗透势,维持细胞膨压、促进光合作用、增强组织的抗脱水力;对膜蛋白结构的完整性起保护作用,增强膜的柔韧性,因此认为植物可以通过提高体内脯氨酸含量来增强抗逆性^[13]。由表 1 可知,在干旱胁迫条件下,3 个玉米品种幼苗叶片中脯氨酸含量都显著增加,均在 A3 处理下积累量达到峰值,分别为 300.50、293.75 和 282.00 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$,说明合玉 29 对

于干旱胁迫较其他两品种敏感。A3 干旱胁迫条件下 3 个玉米品种脯氨酸含量排序为嫩单 23>绥玉 23>合玉 29,说明干旱胁迫促进了幼苗叶片脯氨酸的积累,也说明嫩单 23 抗旱性强于其他两个品种。合玉 29 各处理间脯氨酸的含量差异达到显著水平,嫩单 23 与绥玉 23 在处理 A1、A2、A3 间均达显著水平。

表 1 不同干旱胁迫处理下玉米幼苗叶片的脯氨酸含量

处理	嫩单 23	绥玉 23	合玉 29
A1(CK)	101.50±17.21 d	95.57±4.98 c	88.64±8.11 d
A2	255.25±19.23 c	275.13±15.36 b	214.14±7.21 c
A3	300.50±12.58 ab	293.75±3.77 a	282.00±4.24 a
A4	280.25±7.63 bc	291.25±4.03 ab	253.25±8.73 b

注:同列数据后不同小写字母表示不同处理间差异达到显著水平($P<0.05$),下同。

2.3 干旱处理对玉米幼苗叶片叶绿素含量和荧光参数的影响

叶绿素荧光动力技术在测定叶片光合作用过程中具有独特的作用^[14]。与表观性的气体交换

指标相比,叶绿素荧光参数更具有内在性特点^[15-16]。由表 2 可知,在不同浓度 PEG-6000 干旱条件下,玉米幼苗叶片的 Fv/Fm(表示植物光系统Ⅱ最大光能化学效率)和叶绿素含量整体均显著低于对照,说明干旱胁迫抑制了玉米植株光合作用。与 A1 相比,干旱胁迫条件下嫩单 23、绥玉 23、合玉 29 叶绿素含量最大降幅分别为 74.49%、81.45%、84.27%;F₀(表示植物光系统Ⅱ叶绿素初始荧光数值)最大降幅分别为 49.45%、55.73%、66.05%;Fv/Fm 最大降幅分别为 57.43%、65.24%、67.90%。由叶绿素含量、F₀及 Fv/Fm 值光合作用指标响应可知,干旱胁迫对 3 个供试玉米品种光合作用影响由大到小顺序为合玉 29>绥玉 23>嫩单 23,说明在不同干旱胁迫条件下,合玉 29 的光合作用指标响应最强烈,绥玉 23 次之,嫩单 23 最小,即嫩单 23 的抗旱性最强。3 个品种在干旱胁迫处理下与对照 A1 的叶绿素、F₀、Fv/Fm 值差异显著,且绥玉 23 的叶绿素与 Fv/Fm 值,合玉 29 的叶绿素与 F₀值各处理间差异均达到显著水平。

表 2 不同干旱胁迫处理下各玉米品种幼苗叶片的叶绿素含量和荧光参数变化

品种	处理	叶绿素含量	F ₀	Fv/Fm
嫩单 23	A1(CK)	22.30±0.95 a	0.0271±0.0023 a	0.855±0.027 a
	A2	12.10±0.63 bc	0.0224±0.0035 b	0.624±0.033 c
	A3	15.50±0.53 b	0.0184±0.0007 bc	0.662±0.029 bc
	A4	5.69±0.84 d	0.0137±0.0009 c	0.364±0.014 bc
绥玉 23	A1(CK)	21.56±0.65 a	0.0253±0.0014 a	0.722±0.011 a
	A2	10.21±0.55 c	0.0112±0.0016 d	0.624±0.027 c
	A3	11.83±0.78 b	0.0122±0.0010 bc	0.640±0.008 b
	A4	4.00±0.34 d	0.0156±0.0012 b	0.251±0.008 d
合玉 29	A1(CK)	19.14±0.87 a	0.0215±0.0008 a	0.732±0.019 a
	A2	8.75±0.65 bc	0.0073±0.0007 d	0.586±0.016 bc
	A3	10.35±1.02 b	0.0157±0.0013 b	0.621±0.010 b
	A4	3.01±0.56 d	0.0172±0.0011 bc	0.235±0.007 d

3 讨论与结论

苗期干旱致使水分亏缺,造成植株叶绿素的破坏,光合作用的下降,抑制玉米幼苗生长。Bouslama^[17]研究表明,植物组织中超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化物酶(POD)、过氧化氢

酶(CAT)是植物体清除细胞中超氧自由基·O₂,降解 H₂O₂重要的保护酶。玉米幼苗在干旱胁迫下细胞内产生过多超氧自由基,从而使膜质过氧化过程加剧,出现代谢紊乱。

本试验研究表明,玉米在干旱胁迫下,SOD、

POD 和 CAT 活性显著升高, 当喷施 10% PEG-6000 溶液时 SOD、POD、CAT 活性达到峰值, 说明不同玉米品种在应对干旱时, 通过调节自身保护酶系统活性来应对不利条件造成的伤害; 而在不同干旱胁迫条件下, 3 个玉米品种叶片脯氨酸含量较清水对照增加, 并在浓度为 10% PEG-6000 时脯氨酸的积累量最高; 在不同 PEG-6000 干旱条件下, 玉米幼苗叶片的叶绿素含量和 Fv/Fm 值呈下降趋势, 说明光合作用受到抑制; 3 个品种干旱胁迫处理与对照的叶绿素、F₀、Fv/Fm 值差异显著; 综上所述, 3 个玉米品种苗期抗旱性存在差异, 由强到弱排序为嫩单 23 > 绥玉 23 > 合玉 29, 嫩单 23 苗期的抗旱性最强。

参考文献:

- [1] 任小燕, 段运平, 刘守渠, 等. 早熟玉米新品种并单 70 的选育及高产栽培技术[J]. 中国种业, 2020(11): 104-105.
- [2] 吴学有, 李红萍, 严文伟, 等. 杂交玉米新品种红单 21 号的选育[J]. 中国种业, 2020(11): 118-120.
- [3] 徐明慧, 关义新, 马兴林. 玉米芽苗期抗旱性研究进展综述[J]. 玉米科学, 2002, 10(4): 35-38.
- [4] 马建勇, 许吟隆. 东北地区作物生长季干旱时空分布特征及其环流背景[J]. 中国农业气象, 2013, 34(1): 81-87.
- [5] 张淑杰, 张玉书, 孙龙或. 东北地区玉米生育期干旱分布特

- 征及其成因分析[J]. 中国农业气象, 2013, 34(3): 350-357.
- [6] 白宝璋. 植物生理学[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 2001.
- [7] 王晶英. 植物生理生化实验技术与原理[M]. 哈尔滨: 东北林业大学出版社, 2003.
- [8] 晏斌汪, 宗立, 刘晓忠, 等. 涝渍逆境下玉米叶片中谷胱甘肽的含量变化及其作用[J]. 植物生理学通讯, 1993, 29(6): 416-419.
- [9] 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.
- [10] 潘瑞炽. 植物生理学[M]. 北京: 高等教育出版社, 1995.
- [11] 高俊凤. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 高等教育出版社, 2006.
- [12] 王学智, 曹敏建, 蒋文春. 抗旱剂处理对玉米种子的萌发及苗期抗旱力的影响[J]. 玉米科学, 2005, 13(2): 84-89.
- [13] 胡兴波, 曹敏建, 王学智, 等. 不同玉米品种萌芽期及苗期抗旱性初步研究[J]. 玉米科学, 2004, 12(3): 66-67, 70.
- [14] 谢腾龙. DCPTA 提高玉米抗旱性调控机理与途径的研究[D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2015.
- [15] 赵丽英, 邓西平, 山仑. 渗透胁迫对玉米幼苗水分状况及生长的影响[J]. 华北农学报, 2003, 18(2): 33-35.
- [16] 王德信, 杨晓莹. 玉米幼苗对干旱胁迫的生理响应[J]. 贵州农业科学, 2018, 46(4): 26-29.
- [17] BOUSLAMA M. Stress tolerance in soybeans[J]. Evaluation Crop Scinece, 1984, 24: 933-937.

Physiological Response of Maize to PEG-6000 Stress at Seedling Stage

XU Jian, YU Hai-lin, WANG Yu-xian, ZHOU Chao, LAN Hong-yu, XU Ying-ying, LI Qing-chao
(Qiqihar Branch, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Qiqihar 161000, China)

Abstract: In order to explore the drought resistance of maize at seedling stage and provide reference indexes and methods for screening drought resistant germplasm resources of maize, the physiological indexes of drought resistance characteristics of maize at seedling stage were measured and analyzed by pot culture method with three maize varieties of different ecological types as experimental materials. The results showed that the activities of SOD, POD and CAT of three maize seedlings under drought stress were significantly higher than those of the control, and reached the highest under A3(10% PEG-6000) treatment. The content of proline in leaves increased, and the accumulation effect of proline was the best at the concentration of A3(10% PEG-6000). Under drought stress, there were significant differences in chlorophyll, chlorophyll initial fluorescence (F₀) and light chemical efficiency (Fv/Fm) between the three varieties and the control under drought stress. In conclusion, the order of drought resistance of three maize varieties from strong to weak is Nendan 23 > Suiyu 23 > Heyu 29.

Keywords: maize; drought resistance; physiological index; PEG-6000