



徐婷,王俊强,韩业辉,等.外源甜菜碱浸种对低温胁迫下玉米种子萌发及幼苗生长的影响[J].黑龙江农业科学,2023(8):8-11,12.

外源甜菜碱浸种对低温胁迫下玉米种子萌发及幼苗生长的影响

徐婷,王俊强,韩业辉,周超,曲忠诚,韩冬伟,高盼,徐莹莹

(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:为探究外源甜菜碱(GB)的最佳施用浓度,以玉米齐禾 401 种子为试材,8℃低温胁迫下,调查玉米种子发芽率、发芽势、发芽指数和玉米幼苗的农艺指标、生理指标,分析外源甜菜碱对低温胁迫下玉米种子萌发和幼苗生长的影响。结果表明,低温显著影响玉米种子的萌发和幼苗生长,T4 处理(GB 浸种)显著提高了低温胁迫下玉米幼苗的发芽率、发芽势、发芽指数,缓解了低温对玉米幼苗生长的影响,SOD 活性提高 49.80%,POD 活性提高 42.81%,CAT 活性提高 159.79%,脯氨酸含量增加 172.13%。说明施用适量的 GB,可有效缓解低温对玉米萌发和幼苗生长的抑制作用,从而提高了玉米萌发期和苗期的抗寒性,对保证玉米苗齐苗壮有显著作用。

关键词:甜菜碱;低温;玉米;种子萌发

玉米是我国第一大粮食作物,同时也是重要的饲料、化工原料,玉米的安全生产在保障国家粮食安全中占重要地位^[1]。玉米是一种 C₄ 作物,对温度十分敏感,尤其在萌发期和苗期^[2-3]。随着气候变暖,极端气候事件时有发生,受地理位置和气候的影响,黑龙江春玉米苗期常遭受低温,导致玉米种子长时间不发芽或发生吸胀冷害,降低种子活力,造成玉米种子萌发障碍,幼苗生长受限,导致缺苗断垄,从而造成玉米严重减产^[4]。春季低温冷害成为黑龙江省半干旱区玉米减产的主要因素^[5-6]。

甜菜碱(Glycine Betaine,GB)是一类重要的渗透调节物质,广泛存在于动物、植物及微生物体内。很多研究表明当植物受到逆境(低温、高温、干旱、盐渍、重金属离子、水涝等)胁迫时,外源 GB 可参与植物细胞的渗透调节、稳定膜和蛋白等亚细胞结构及清除活性氧、进而能够有效地保护细胞抵御逆境胁迫造成的伤害^[7-9]。对于甜菜碱提高玉米抗寒性的报道已有很多,但多集中于叶面喷施方式对渗透调节物质、细胞膜透性、抗氧化酶活性等方面,且具体针对黑龙江省西部半干旱区玉米如何合理施用甜菜碱的研究较少。玉米品

种齐禾 401 是黑龙江省农业科学院齐齐哈尔分院选育的玉米新品种,2021 年通过黑龙江省农作物品种审定委员会审定,审定编号为黑审玉 2021L0024。该品种具有丰产、多抗、优质等特点,适宜黑龙江省西部半干旱区第二积温带种植。为探究外源甜菜碱浸种对低温胁迫下玉米种子萌发和幼苗生长的影响,以玉米品种齐禾 401 种子为试材,研究 8℃低温胁迫下玉米种子发芽率、发芽势、发芽指数和玉米幼苗的农艺指标、生理指标,确定甜菜碱的最佳施用浓度,为外源甜菜碱的合理使用奠定基础。

1 材料与方法

1.1 材料

试验于 2022 年在黑龙江省农业科学院齐齐哈尔分院实验室进行。供试玉米品种为齐禾 401,由黑龙江省农业科学院齐齐哈尔分院玉米研究所提供。

1.2 方法

1.2.1 试验设计 种子预处理:选择均匀饱满的玉米种子,用 0.5%的次氯酸钠溶液消毒 10 min,之后用无菌水冲洗,吸干水分后将玉米种子分别用不同浓度的 GB 溶液浸种 24 h,GB 溶液浓度分别为 10,20,30 和 40 $\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 。

种子萌发试验:将预处理好的种子避光吸胀 8 h 后,转入 8℃低温培养箱进行避光发芽,记录发芽种子数,以胚根突破种皮长出 0.5 cm 为发芽。以 25℃常温下发芽为对照,记录发芽种子数,直到 7 d 后为止,每处理 100 粒种子,3 次重复。

幼苗生长试验:将预处理的种子种于高

收稿日期:2023-02-21

基金项目:黑龙江省应用技术与开发计划项目(GA20-B102-06);齐齐哈尔市科技局创新激励项目(CNYGG-2022039,CNYGG-2022033);黑龙江省中国科学院关义新玉米遗传育种工作室。

第一作者:徐婷(1983—),女,硕士,助理研究员,从事玉米栽培与育种工作。E-mail:30606079@qq.com。

8 cm、直径 12 cm 装满灭菌蛭石的盆中。待玉米幼苗 3 叶 1 心时定植每盆 3 棵苗,将幼苗分为两部分,对照组放在 25 ℃ 的光照培养箱中培养,另一部分放在 8 ℃ 的光照培养箱中培养。低温处理组在低温下培养 7 d,取整株用于生长参数测量,取植株倒数第二片全展叶,用于生理指标测定,每个指标测定 3 个重复。具体试验处理详见表 1。

表 1 试验设计		
处理	温度/℃	GB 浓度/(μmol·L ⁻¹)
CK1	25	0
CK2	8	0
T1	8	10
T2	8	20
T3	8	30
T4	8	40

1.2.2 测定项目及方法 种子萌发指标测定:每天统计发芽情况,在第 4 天计算发芽势,第 8 天计算发芽率。

发芽势(%)=(2 d 时萌发的种子数/总数量)×100

发芽率(%)=(种子萌发数/总数量)×100

发芽指数(GRI)=Σ(Gt/Dt)

其中,Gt 为萌发开始后第 t 天的发芽数;Dt 为相应的发芽天数。

相对发芽率、相对发芽势和相对发芽指数分别为种子在 8 ℃ 的性状值与对照(25 ℃)性状值的比值,单位均为 %。

幼苗生长指标测定:试验处理每个处理选长势中等的幼苗 3 株,测量其株高、茎粗、叶面积(叶面积仪)、叶绿素含量(叶绿素仪 SPAD-502)、地下部分干重、地上部分干重(植株于 105 ℃ 烘箱内杀青 30 min,80 ℃ 烘箱烘干)。

幼苗生理指标测定:超氧化物歧化酶(SOD)活性采用氮蓝四唑光化学反应法^[10];过氧化物酶(POD)活性采用愈创木酚法测定^[11];过氧化氢酶(CAT)活性采用 Velikova 等方法测定。脯氨酸含量测定采用酸性茚三酮法^[12]。

1.2.3 数据分析 采用 Excel 2010 和 SPSS 19.0 软件进行数据分析和处理。

2 结果与分析

2.1 低温胁迫下外源 GB 对玉米种子萌发相关性状的影响

2.1.1 发芽率 由图 1 可知,常温条件下玉米种子发芽率均在 95% 以上,各处理无显著差异;低

温胁迫条件下各处理差异显著,CK 处理种子发芽率受低温影响较大,较常温条件下发芽率降低 16.8%,T3、T4 处理发芽率最高,与常温条件发芽率差异不显著,显著高于低温下 CK、T1、T2 处理。相对发芽率 T3、T4 处理最高,差异不显著,显著高于 CK、T1、T2 处理。

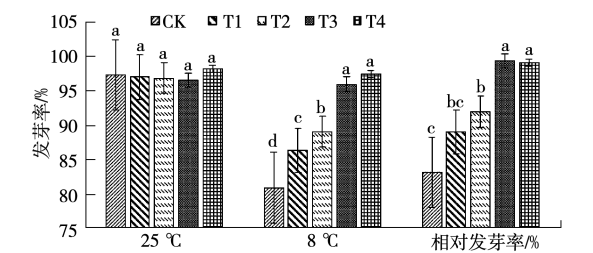


图 1 低温胁迫下外源 GB 对玉米种子发芽率的影响
注:不同小写字母表示同一温度不同处理间在 $P<0.05$ 水平差异显著。下同。

2.1.2 发芽势 由图 2 可知,常温条件下种子发芽势 CK、T1 处理显著低于 T4 处理,与其他处理差异不显著。低温条件下,CK 处理发芽势受影响最大,较常温降低 46.9%,T3、T4 处理发芽势最高,与 CK、T1、T2 处理差异显著。相对发芽势 T3、T4 处理最高且二者差异不显著,显著高于 CK、T1、T2 处理。

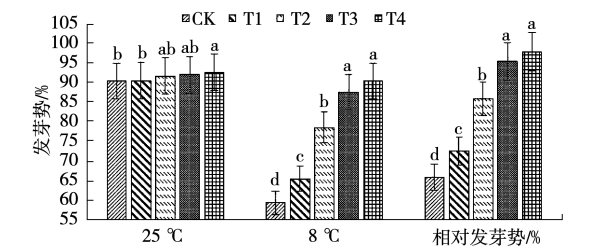


图 2 低温胁迫下外源 GB 对玉米种子发芽势的影响

2.1.3 发芽指数 由图 3 可知,常温条件下种子发芽指数 CK、T1 和 T2、T3、T4 处理差异显著。低温条件下,CK 处理发芽指数受影响最大,较常温处理降低 51.7%,T3 处理发芽指数最高,与其他处理差异显著。相对发芽指数 T3、T4 处理最高,与 CK、T1、T2 处理差异显著。

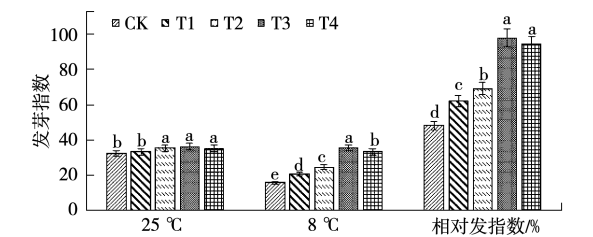


图 3 低温胁迫下外源 GB 对玉米种子发芽指数的影响

低温对种子发芽率、发芽势、发芽指数均有较大影响,随着 GB 浓度的增加,有效缓解了低温对种子萌发的影响,T3、T4 处理效果最好。

2.2 低温胁迫下外源 GB 对玉米幼苗农艺性状的影响

由表 2 可知,低温对未使用 GB 玉米幼苗生长影响较大,CK2 处理株高、茎粗、叶面积、叶绿素含

量、地下干物质含量、地上干物质含量均较 CK1 显著降低。其中株高较常温降低 50.05%,茎粗降低 33.89%,叶面积降低 39.06%,叶绿素含量降低 20.88%,地下干物质含量降低 48.15%,地上干物质含量降低 44.83%。随着 GB 施用浓度的增加,各性状低温胁迫均显著缓解,其中 T3、T4 处理与 CK1 处理差异不显著,有效缓解了低温对玉米的伤害。

表 2 低温胁迫下外源 GB 对玉米幼苗农艺性状影响

处理	株高/cm	茎粗/mm	叶面积/cm ²	叶绿素含量/ (mg·L ⁻¹)	地下部干物质含量/g	地上部干物质含量/g
CK1	10.27 a	7.85 ab	23.40 a	2.49 ab	0.54 abc	1.74 a
CK2	5.13 d	5.19 c	14.26 d	1.97 d	0.28 d	0.96 d
T1	6.76 c	5.85 c	18.61 c	2.12 cd	0.34 cd	1.15 c
T2	9.05 b	6.34 bc	21.33 b	2.28 bc	0.43 bcd	1.39 b
T3	9.62 ab	8.37 a	23.54 a	2.55 a	0.60 ab	1.74 a
T4	10.43 a	8.37 a	24.76 a	2.72 a	0.64 a	1.80 a

注:表中不同小写字母表示同一性状不同处理间在 $P<0.05$ 水平差异显著。下同。

2.3 低温胁迫下外源 GB 对玉米幼苗生理性状的影响

由表 3 可知,低温条件下,CK2 幼苗叶片的 SOD 活性、POD 活性、CAT 活性、脯氨酸含量最低,且与其他处理差异显著,说明低温对未施用 GB 处理的玉米幼苗抗氧化酶和脯氨酸含量有较

大影响。随着 GB 施用量的增加,各指标均有显著提高,T4 处理效果最显著,与 CK2 相比,SOD 活性提高 49.80%,POD 活性提高 42.81%,CAT 活性提高 159.79%,脯氨酸含量增加 172.13%,有效缓解了低温对玉米幼苗生理性状的影响。

表 3 低温胁迫下外源 GB 对玉米幼苗生理性状的影响

单位: $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$

处理	SOD 活性	POD 活性	CAT 活性	脯氨酸含量
CK1	110.92 b	339.62 bc	13.44 c	8.62 b
CK2	81.02 d	258.37 d	7.46 e	4.27 d
T1	87.79 d	279.56 d	9.36 d	6.33 c
T2	101.68 c	313.14 c	11.25 d	8.21 bc
T3	125.84 a	357.64 ab	15.69 b	9.63 ab
T4	121.37 a	368.97 a	19.38 a	11.62 a

3 讨论

玉米种子萌发和幼苗阶段是最易受低温冷害的关键阶段,低温冷害会造成种子活力下降、发芽率降低,玉米幼苗生长受限,生理代谢紊乱,从而导致苗弱甚至死苗。玉米种子萌发期在遭遇 10℃ 以下的低温时,种子活力受到影响,发芽率发芽势都显著降低^[3,13-14]。本研究在 8℃ 低温胁迫下,玉米种子的发芽率、发芽势、发芽指数均显著降低,种子萌发受到低温的抑制。玉米苗期遭遇到 10℃ 以下低温时,玉米幼苗生长受到影响,生理生化指标紊乱,更低温度会导致幼苗死亡,造

成不可逆的伤害^[15-16]。本研究在 8℃ 低温胁迫下,玉米种子的株高、茎粗、叶面积、叶绿素含量、地下部干物质含量、地上部干物质含量均显著降低,玉米幼苗的生长受到抑制。同时幼苗叶片的脯氨酸含量、SOD 活性、POD 活性、CAT 活性显著降低,理化指标紊乱。

甜菜碱是一种重要的渗透调节物质,在逆境胁迫下甜菜碱具有渗透调节、清除活性氧,维持细胞膜的稳定性,保护光合机构,保护转录和翻译机制等多种功能^[17]。近年来广泛应用于缓解植物逆境胁迫的伤害。目前很多研究表明外源甜菜碱

可有效缓解低温胁迫对植物的伤害,董文科等^[18]发现施用外源甜菜碱可缓解低温对紫花苜蓿幼苗的伤害,调节其生理指标,提高抗氧化酶活性。这与本研究结果相同,低温下外源甜菜碱处理的玉米株高、茎粗、叶面积、叶绿素含量、地下干物质含量、地上干物质含量均较 CK 处理显著增加, SOD、POD、CAT 活性显著提高,外源甜菜碱能有效缓解低温对玉米幼苗的伤害,提高其抗氧化酶活性。梁小红等^[19]发现外源甜菜碱可通过调节结缕草的理化指标,增强其渗透调节能力,从而提高结缕草的抗寒性。赵小强等^[20]研究发现,外源甜菜碱可通过调节膜的透性、增加脯氨酸含量、可溶性糖含量和抗氧化酶活性,进而提高玉米自交系的抗寒性,缓解低温冷害对玉米的损伤。这与本研究结果一致,本研究结果显示外源甜菜碱可有效增加低温下玉米幼苗体内脯氨酸含量,增加玉米幼苗渗透调节能力,从而提高玉米萌发期和苗期的抗寒性,保证低温条件下玉米的出苗率和幼苗的生长,对促进低温条件下玉米苗齐苗壮有显著作用。

本研究仅对不同浓度甜菜碱浸种 24 h 的作用进行研究,未对甜菜碱不同浸种时间和幼苗叶面喷施的应用进行对比研究,下一步将从这两方面进行研究,为外源甜菜碱在提高玉米萌发期和苗期的抗寒性提供技术支持。

4 结论

低温可显著降低玉米种子的发芽率、发芽势和发芽指数,影响种子的出苗率和整齐度。同时降低玉米幼苗的株高、茎粗、叶面积、叶绿素含量、干物质含量,降低玉米幼苗的抗氧化酶活性和脯氨酸含量,抑制玉米幼苗的生长。外源 GB 溶液最适宜的浸种浓度为 $40 \mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$,可通过增强其渗透调节能力、抗氧化酶的活性等,显著缓解低温对玉米萌发和幼苗生长的抑制作用。

参考文献:

- [1] 张邵星,肖春华,邹楠,等.玉米品种高产稳产的综合评价研究[J].石河子大学学报(自然科学版),2017,35(4):425-430.
- [2] SALTIVEOT M E, MORRIS L L. Overview on chilling injury of horticultural crops[C]//WANG C Y. Chilling injury of Horticultural Crops. Florida: CRC Press. 1990:3-15.
- [3] 马延华,王庆祥,陈绍江.玉米耐寒性鉴定研究进展[J].作物杂志,2012(4):1-8.
- [4] 杨津艳,高山,任志华,等.温度对黑龙江玉米生长发育的影响[J].安徽农业科学,2011,39(27):16499-16502.
- [5] 杨晓光,刘志娟,陈阜,等.全球气候变暖对中国种植制度可能影响 I. 气候变暖对中国种植制度北界和粮食产量可能影响的分析[J].中国农业科学,2010,43(2):329-336.
- [6] 杨若子,周广胜.东北三省玉米主要农业气象灾害综合危险性评估[J].气象学报,2015,73(6):1141-1153.
- [7] HOQUE M A, OKUMA E, BANU M N A, et al. Exogenous proline mitigates the detrimental effects of salt stress more than exogenous betaine by increasing antioxidant enzyme activities[J]. Journal of Plant Physiology, 2007, 164(5): 553-561.
- [8] HOSSAIN M A, FUJITA M. Evidence for a role of exogenous glycine betaine and proline in antioxidant defense and methylglyoxal detoxification systems in mung bean seedlings under salt stress[J]. Physiology and Molecular Biology of Plants, 2010, 16: 19-29.
- [9] 罗丹,张喜春,田硕.低温胁迫对番茄幼苗脯氨酸积累及其代谢关键酶活性的影响[J].中国农学通报,2013,29(16):90-95.
- [10] PARIDA A K, DAS A B. Salt tolerance and salinity effects on plants: a review [J]. Ecotoxicology and Environmental Safety, 2005, 60: 324-349.
- [11] 赵可夫.植物抗盐生理[M].北京:中国科技出版社,1993:25-30.
- [12] 华东师范大学.植物生理学实验指导[M].北京:人民教育出版社,1983:143-144.
- [13] 郑琪,王汉宁,常宏,等.低温冻害对玉米种子发芽特性及其内部超微结构的影响[J].甘肃农业大学学报,2010,45(5):35-39.
- [14] 马金虎,刑国芳,杨小环,等.外源 EBR 和 NO 信号对低温胁迫下玉米种胚抗氧化系统和低温响应基因表达的影响[J].应用生态学报,2015,26(5):1411-1418.
- [15] BACK K H, SKINNER D Z. Alteration of antioxidant enzyme gene expression during cold acclimation of near-isogenics wheat lines[J]. Plant Science, 2003, 165: 1221-1227.
- [16] FRYER M J, ANDREWS J R, OXBOROUGH K. Relationship between CO_2 assimilation, photosynthetic electron transport, and active O_2 metabolism in leaves of maize in the field during periods of low temperature [J]. Plant Physiol, 1998, 116: 571-580.
- [17] CHEN T H H, MURATA N. Glycinebetaine protects plants against abiotic stress: mechanisms and biotechnological applications[J]. Plant, Cell and Environment, 2010, 34(1): 1-20.
- [18] 董文科,马祥,周学文,等.外源甜菜碱对低温胁迫下紫花苜蓿幼苗生理特性的影响[J].草地学报,2019,27(1):130-140.
- [19] 梁小红,安颖颖,宋峥,等.外源甜菜碱对低温胁迫下结缕草生理特性的影响[J].草业学报,2015,24(9):181-188.
- [20] 赵小强,彭云玲,方鹏,等.不同外源调节物质对低温胁迫下玉米的缓解效应分析[J].干旱地区农业研究,2018,36(3):184-193.



李艳杰. 黑河地区极早熟酿造高粱品种筛选[J]. 黑龙江农业科学, 2023(8):12-17.

黑河地区极早熟酿造高粱品种筛选

李艳杰

(黑龙江省农业科学院 黑河分院, 黑龙江 黑河 164399)

摘要:为筛选出适宜黑龙江省北部黑河地区及相似生态条件区域种植的优质酿造高粱品种,选择黑龙江省目前普遍种植的 15 个极早熟酿造高粱品种,进行田间比较试验,明确各品种在本地区丰产性和适应性。结果表明,15 个品种在本地均能正常成熟,其中绥杂 7 号表现最佳,产量较其他参试品种增产 7.47%~54.55%,适合在黑河市及相似生态区域大面积推广种植;龙杂 18、龙杂 19、龙杂 27、龙杂 28 和龙杂 29 等 5 个品种产量较为接近,丰产性较好,也可以根据种植习惯在当地推广应用;齐杂 722、克杂 19、龙杂 20、齐杂 107 这 4 个品种丰产性一般,可以作为更新换代品种,适当调整种植密度进行小面积推广种植。

关键词:极早熟;酿造高粱;产量;品种筛选

黑河地区位于黑龙江省北部,地处中国高纬度地带。此地气候昼夜温差大,冬季寒冷干旱,冰冻期长达 150 d。全区各地年平均气温在 $-2.0\sim 1.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 之间,最低气温一般在 $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 左右,有些

地区甚至达到 $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。这里夏季时间短,雨热同季。全年降水量在 500 mm 左右,一般年份日照时间为 2 450~2 800 h,无霜期为 80~130 d。全区各地 $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的活动积温为 1 500~2 450 $^{\circ}\text{C}$,是黑龙江省商品粮和大豆出口的重要基地^[1]。

作为世界上第五大禾谷类作物,高粱具有抗旱、耐涝、耐盐碱、耐贫瘠,耐高温等特点^[2-3],在我国东北、华北、西北等旱区广泛种植^[4]。高粱在我国有 5 000 多年的栽培历史,在我国旱作农业生

收稿日期:2023-04-17

基金项目:黑龙江省重点研发计划项目(GA21B009-11)。

作者简介:李艳杰(1970—),女,学士,副研究员,从事植物保护与杂粮高产栽培工作。E-mail:1249884663@qq.com。

Effects of Exogenous Glycine Betaine Seed Soaking on Maize Seed Germination Under Low Temperature Stress and Seedling Growth

XU Ting, WANG Junqiang, HAN Yehui, ZHOU Chao, QU Zhongcheng, HAN Dongwei, GAO Pan, XU Yingying

(Qiqihar Branch, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Qiqihar 161000, China)

Abstract: In order to explore the optimal concentration of exogenous glycine betaine(GB), the seeds of maize Qihe 401 were used as test materials to investigate the germination rate, germination potential, germination index, agronomic and physiological indicators of maize seedlings under 8 $^{\circ}\text{C}$ low temperature stress, and analyze the effects of exogenous GB on maize seed germination and seedling growth under low temperature stress. The results showed that low temperature significantly affected the germination and seedling growth of maize seeds. T4 treatment (GB soaking) significantly increased the germination rate, germination potential, and germination index of maize seedlings under low temperature stress, alleviated the impact of low temperature on maize seedling growth, increased SOD enzyme activity by 49.8%, POD enzyme activity by 42.81%, and CAT enzyme activity by 159.79%, Proline content increased by 172.13% in antioxidant enzyme activity (SOD, POD, CAT) and proline content. The application of an appropriate amount of GB content can effectively alleviate the inhibitory effect of low temperature on maize germination and seedling growth, thereby improving the cold resistance of maize during the germination and seedling stages, and has a significant effect on ensuring that maize seedlings are healthy and healthy.

Keywords: Glycine Betaine; low temperature; maize; seed germination