

小黑麦不同材料的抗寒性评价

马文馨, 宋 谦, 田新会, 杜文华

(甘肃农业大学 草业学院/草业生态系统教育部重点实验室/甘肃省草业工程实验室/中-美草地畜牧业可持续发展研究中心, 甘肃 兰州 730070)

摘要:以甘农 2 号小黑麦和小黑麦新品系 P4 为试验材料, 石大 1 号小黑麦(CK₁)和中饲 1048 小黑麦(CK₂)为对照, 测定低温胁迫(0℃、-10℃、-20℃、-30℃)供试材料的可溶性糖, 脯氨酸和丙二醛含量, 以及超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化物酶(POD)和过氧化氢酶(CAT)的活性, 以评价甘农 2 号小黑麦抗寒性强弱。结果表明: 小黑麦材料间除 P4 的 MDA 含量(0.29 μmol/g)显著高于其他 3 个材料外, 其他指标均无显著差异; 随着低温胁迫加剧, 小黑麦叶片的可溶性糖在 -20℃ 时最高, 脯氨酸含量在 -10℃ 时最高, MDA 含量和 SOD, POD 和 CAT 活性均在 -30℃ 时最高; 从小黑麦材料×低温胁迫交互作用分析, 抗寒性相关生理指标均存在极显著差异, 在 0℃ 和 -10℃ 时, CK₂ 的各项抗寒性生理指标显著高于甘农 2 号小黑麦和小黑麦品系 P4, 但随着低温胁迫程度加剧, 甘农 2 号小黑麦和小黑麦 P4 的脯氨酸含量, SOD, POD, CAT 活性迅速上升, 甘农 2 号小黑麦和小黑麦品系 P4 表现出较强的抗寒性。总体的变化趋势为 CK₁ 的各项生理指标均低于 CK₂, 说明 CK₁ 的抗寒性低于 CK₂。基于隶属函数的综合评价也同样表明, 甘农 2 号小黑麦的抗寒性最强, 其次为 P4, CK₁ 和 CK₂ 的抗寒性较弱。

关键词: 小黑麦; 生理生化指标; 抗寒性评价

中图分类号: S512.4 **文献标志码:** A **文章编号:** 1009-5500(2019)03-0085-07

青藏高原气候寒冷, 自然环境恶劣, 植物生长季短, 能够适应该地区生长的优质牧草较少, 饲草缺乏是制约其畜牧业发展的重要因素, 引进高产, 稳产和抗寒性强的牧草品种是当前亟待解决的问题^[1]。小黑麦(*Triticale*)是小麦属(*Triticum*)和黑麦属(*Secale*)经属间有性杂交, 育成的异源多倍体新物种^[2]。小黑麦不仅生物量高、营养品质好, 而且可以利用冬闲田种植, 在冬春枯草季节为家畜提供优质饲料^[3]。小黑麦发达的根系对土壤中水分、养分具有较强的吸收能力,

因此, 可在土层浅薄的坡地和贫瘠的土壤种植^[4]。小黑麦耐寒性较强, 冬季能够抵御 -20℃ 低温, 在 2~ -10℃ 条件下能够正常生长, 且具有较高生物量^[5]。

目前, 小黑麦研究多集中于遗传多样性^[6]、遗传图谱构建^[7]、基因定位^[8]、生产性能和营养价值^[9-11]等方面, 对于小黑麦抗寒性的研究较少。张舒芸^[12]测定了小黑麦和黑麦叶片的含水量, 可溶性糖含量, SOD, POD, CAT 等生理指标, 对黑麦和小黑麦抗寒性进行综合评价, 结果表明, 小黑麦抗寒性显著优于黑麦。刘杰^[13]研究了小黑麦对低温复合胁迫的抗逆性, 综合评价了小黑麦的抗逆性。以甘农 2 号小黑麦和小黑麦新品系 P4 为试验材料, 国家草品种审定委员会指定的小黑麦区域试验统一对照石大 1 号小黑麦(CK₁)和中饲 1048(CK₂)作为对照, 通过研究小黑麦材料在低温胁迫处理(0℃、-10℃、-20℃、-30℃)下可溶性糖含量、脯氨酸含量和丙二醛含量, 以及 SOD, POD 和 CAT 活性的变化, 并利用隶属函数法进行综合评价, 以评价甘农 2 号小黑麦的抗寒性强弱, 为其在青藏高原高寒牧区和西北、华北的秋闲田种植提供参考。

收稿日期: 2018-10-30; **修回日期:** 2019-03-28

基金项目: 甘肃省草地畜牧业可持续发展创新团队项目(2017C-11); 国家重点研发计划(2018YFD0502402-3); 国家自然科学基金项目(31760702)资助

作者简介: 马文馨(1994-), 女, 内蒙古乌兰察布人, 在读硕士。

E-mail: 634355044@qq.com

杜文华为通讯作者。

E-mail: duwh@gsau.edu.cn

1 材料和方法

1.1 试验地概况

试验设在甘肃农业大学牧草试验地。N 36°03'76", E 103°53'24", 海拔 1 600 m, 年均温 7.9℃, 无霜期 150 d, 年降水量 320 mm。土壤类型为黄绵土, 土壤有机质 2.3 g/kg, 碱解氮 90.05 mg/kg, 速效磷 7.36 mg/kg, 速效钾 172.8 mg/kg, pH 7.35。播种时间为 2016 年 10 月 26 日, 前茬作物为小黑麦, 有灌溉条件。

1.2 试验材料

参试材料为甘肃农业大学草业学院培育的甘农 2 号小黑麦品种和小黑麦新品系 P4。对照为国家草品种委员会审定的小黑麦品种石大 1 号(CK₁)和中饲 1048(CK₂)。

1.3 试验设计及方法

试验采取随机区组设计, 小区面积 2 m×5 m, 行距 0.3 m, 播种深度 3~4 cm。播种量按照 750 万基本苗/hm² 计算而得。生长发育期间进行正常灌水施肥, 并及时防除杂草。于小黑麦出苗 40 d, 从其上部采集长势良好的叶片。每个材料取样 20 g。将样品放入速封袋, 存放在装有液氮的保鲜盒中带回实验室。叶片先用自来水冲洗干净, 再用蒸馏水冲洗 1 遍, 然后用吸水纸吸干。将每个小黑麦材料的叶片分为 3 份, 3 个重复, 用锡箔纸包好分别放入超低温冰箱中进行人工模拟低温处理。处理温度根据甘肃省高寒牧区冬季的最低温, 分别为 0℃, -10℃, -20℃, -30℃, 先在不同温度下处理 8 h, 取出在常温下放置 8 h, 重复 3 次^[14-15]。处

理结束后测定叶片的生理指标。

1.4 测定指标与方法

可溶性糖含量用蒽酮比色法测定, 游离脯氨酸含量用水合茚三酮法测定, MDA 含量用硫代巴比妥酸法测定, SOD 活性用氮蓝四唑(NBT)法测定, POD 活性采用愈创木酚法测定, CAT 活性采用紫外吸收法测定^[16-17]。

1.5 数据处理与分析

试验数据采用 Excel 2013 和 SPSS 19.0 进行数据处理。抗寒性综合评价应用隶属函数法^[18]。生理指标与抗寒性正相关时, 用公式:

$$U_{ij} = (X_{ij} - X_{j\min}) / (X_{j\max} - X_{j\min})$$

负相关公式:

$$U_{ij} = 1 - (X_{ij} - X_{j\max}) / (X_{j\max} - X_{j\min})$$

式中: i 表示某一小黑麦材料, j 表示测定指标, X_{ij} 表示某一小黑麦材料第 j 指标的测定值, $X_{j\min}$ 表示所有小黑麦材料 j 指标的最小值, $X_{j\max}$ 表示所有小黑麦材料 j 指标的最大值, U_{ij} 表示某一小黑麦材料 j 指标的抗寒隶属函数值。

2 结果与分析

F 测验表明, 除小黑麦材料间可溶性糖含量、脯氨酸含量、SOD、POD 和 CAT 活性无显著差异外, 低温胁迫间、小黑麦材料间和低温胁迫×小黑麦材料交互作用间的其他生理生化指标均存在极显著差异($P < 0.01$), 需要进行多重比较(表 1)。

表 1 小黑麦生理指标的方差分析

Table 1 Variance analysis on the physiological indexes of triticale

变量	F 值					
	可溶性糖含量	脯氨酸含量	MDA 含量	SOD 活性	POD 活性	CAT 活性
小黑麦材料间	1.47	1.47	5.61**	1.84	0.2	2.47
低温胁迫间	68.9**	15.43**	21.50**	10.65**	16.25**	20.58**
小黑麦材料×低温胁迫	918.22**	374.33**	124.01**	100.59**	2275.65**	503.54**

注: ** 表示差异达极显著水平($P < 0.01$)

2.1 小黑麦材料间生理生化指标的差异

4 个参试材料中, P4 的 MDA 含量(0.36 μmol/g)显著高于其他 3 个材料, 甘农 2 号小黑麦的 MDA 含量(0.29 μmol/g)和 CK₁、CK₂ 无显著差异。

2.2 低温胁迫下小黑麦生理生化指标的差异

随着低温胁迫程度的不断增加, 小黑麦叶片中的

可溶性糖含量先升高后下降, -20℃ 时可溶性糖含量达到最大值, 且显著高于其他低温胁迫处理。低温胁迫处理对小黑麦叶片的脯氨酸含量有极显著影响, -10℃ 时小黑麦叶片的脯氨酸含量极显著高于其他低温胁迫处理。随着低温胁迫程度加剧, 小黑麦叶片的 MDA 含量呈现出不断升高的变化趋势, -30℃ 时

MDA 含量达到最大值,且与其他各处理间的 MDA 含量均有极显著性差异。-30℃处理下小黑麦叶片的 SOD 活性显著高于其他低温处理,-10℃处理的 SOD 活性显著低于 0℃处理,但与-20℃处理无显著差异。低温胁迫下小黑麦的 POD 在-30℃时平均 POD 活性

最大,且与其他各处理间的 POD 活性均有显著性差异。随着低温胁迫加剧,小黑麦叶片的 CAT 活性呈现出不断升高的变化趋势,-30℃时大值,且显著高于其他处理。其余处理间的 CAT 活性无显著差异(表 2)。

表 2 不同低温胁迫处理下小黑麦的生理指标

Table 2 Differences of physiological indexes of triticale materials under low temperature stress

生理指标	低温胁迫处理			
	0℃	-10℃	-20℃	-30℃
可溶性糖含量/(mg·g ⁻¹)	1.56±0.04 ^b	1.63±0.04 ^b	2.36±0.04 ^a	1.60±0.07 ^b
脯氨酸含量/(μg·g ⁻¹)	51.95±3.13 ^b	73.25±5.40 ^a	58.80±4.60 ^b	36.41±0.89 ^b
MDA 含量/(μmol·g ⁻¹)	0.22±0.01 ^c	0.27±0.02 ^b	0.30±0.01 ^b	0.38±0.02 ^a
SOD 活性/(U·g ⁻¹)	57.73±3.60 ^b	40.82±4.48 ^c	52.43±2.10 ^b	72.76±5.33 ^a
POD 活性/(U·g ⁻¹ ·min ⁻¹)	38.05±3.46 ^c	34.84±2.38 ^c	71.35±3.16 ^b	121.24±2.54 ^a
CAT 活性/(U·g ⁻¹ ·min ⁻¹)	27.29±1.35 ^b	33.47±4.52 ^b	40.45±4.61 ^b	61.23±6.70 ^a

注:同行不同字母表示差异显著(P<0.05)

2.3 小黑麦材料×低温胁迫交互作用间生理生化指标的差异

0℃时,甘农 2 号小黑麦的可溶性糖含量显著低于 P4 和 CK₂; -10℃时,与 P4 和 CK₁ 无显著差异,但显著低于 CK₂; -20℃和-30℃时显著高于 CK₁,但显著低于 P4 和 CK₂。0℃和-20℃时,甘农 2 号小黑麦的脯氨酸含量显著低于 P4,但显著高于 CK₁ 和 CK₂ 对照;-10℃时其脯氨酸含量显著低于 P4,和 CK₁ 和 CK₂; -30℃时,显著低于 P4,与 CK₁ 和 CK₂ 对照无显著差异。0℃时,甘农 2 号小黑麦的 MDA 含量显著低于 P4 和 CK₂,与 CK₁ 无显著差异;-10℃和-20℃时,甘农 2 号小黑麦的 MDA 含量显著低于 P4,但显著高于 CK₁ 和 CK₂; -30℃时,其 MDA 含量显著高于 CK₂,但低于 P4 和 CK₁。0℃和-10℃时,甘农 2 号小黑麦的 SOD 活性和 P4 相近,显著低于 CK₁ 和 CK₂; -20℃时其 SOD 活性显著高于 P4 和 CK₂,但显

著低于 CK₁; -30℃时显著高于 CK₁ 和 CK₂ 对照,但显著低于 P4。0℃时,甘农 2 号小黑麦的 POD 活性显著高于 CK₁ 和 P4,但显著低于 CK₂; -10℃时其 POD 活性显著高于 P4,但显著低于 CK₁ 和 CK₂; 随着低温胁迫加剧,其 SOD 活性急剧增加,-20℃时显著高于 P4 和 2 对照,-30℃时虽然低于 P4,但显著高于 2 对照除-10℃处理下甘农 2 号小黑麦和 P4 的 CAT 活性显著低于 CK₂ 外,其余低温胁迫处理下甘农 2 号小黑麦和 P4 的 CAT 活性均显著高于 CK₁ 和 CK₂ (图 1)。

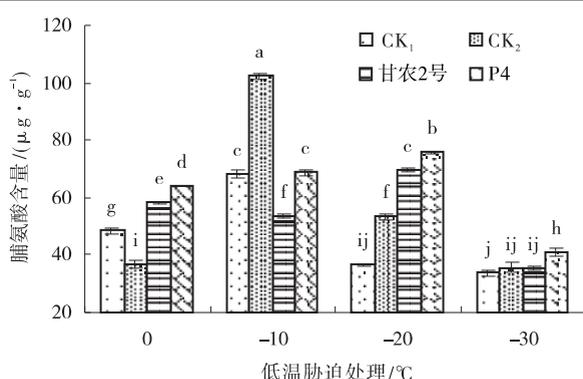
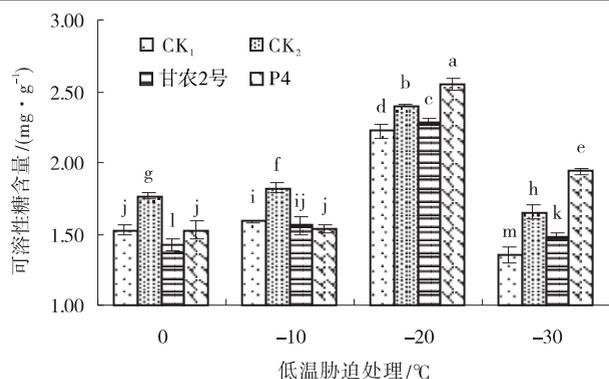
2.4 小黑麦材料间抗寒性综合评价

利用可溶性糖含量、脯氨酸含量、MDA 含量、SOD 活性、POD 活性、CAT 活性 6 个抗寒性指标对 4 个小黑麦材料的抗寒性进行综合评价,用隶属函数法进行综合评价结果为甘农 2 号小黑麦>P4>CK₁>CK₂(表 3)。

表 3 不同小黑麦材料抗寒性排序

Table 3 Comprehensive evaluations on the cold resistance of different triticale materials

小黑麦材料	指标隶属度						平均隶属度	排名
	可溶性糖含量	脯氨酸含量	MDA 含量	SOD 活性	POD 活性	CAT 活性		
甘农 2 号	0.31	0.55	0.54	0.46	0.42	0.45	0.68	1
P4	0.35	0.62	0.50	0.40	0.38	0.40	0.66	2
CK ₁	0.37	0.38	0.35	0.57	0.40	0.30	0.59	3
CK ₂	0.35	0.32	0.44	0.41	0.40	0.29	0.55	4



3 讨论

3.1 小黑麦材料间生理生化指标的差异

植物在逆境条件下会产生活性氧代谢,破坏植物的组织与功能^[19]。随着低温胁迫程度加剧,抗寒性强的材料能积累更多的可溶性糖和脯氨酸^[20]。研究中,随着低温胁迫的加剧,小黑麦的可溶性糖含量和脯氨酸含量先增高后降低,CK₂的可溶性糖含量最高,P4的脯氨酸含量最高。MDA是植物膜质过氧化作用的主要产物之一,对细胞膜有毒害作用,低温胁迫程度越大,植物积累的MDA越多^[21]。植物细胞内的保护酶SOD,POD和CAT可清除植物细胞产生的自由基,使植物细胞的膜系统不被损伤^[22]。逆境胁迫下SOD与CAT的变化趋势相似,与抗寒性呈正相关;POD活性变化较复杂,有报道寒冷条件下抗寒品种叶片POD活性上升或维持较高水平,并随低温胁迫程度增强而增加。抗寒性越强的植物叶片中SOD,POD和CAT活性越大^[22-23]。4个参试小黑麦材料的其他指标无显著差异,只有P4的MDA含量显著高于其他3个材料,说明P4的抗寒性最强。

3.2 不同低温胁迫下小黑麦生理生化指标的差异

随着低温胁迫加剧,小黑麦叶片的可溶性糖和脯氨酸含量呈现先升高后降低的趋势,-20℃时可溶性糖最高,-10℃时脯氨酸含量最高,是因为一定程度的低温胁迫有利于提高植物的可溶性糖和脯氨酸含量。但随着胁迫程度加剧植物叶片的组织细胞受到破坏,小黑麦叶片的可溶性糖和脯氨酸含量降低。这与张基德等^[24]的研究结果一致。植物受到低温胁迫时,叶片的MDA含量和POD、SOD、CAT活性会持续上升或维持较高水平以降低伤害^[25-26],试验得出相似结论,即随着低温胁迫程度增强,参试小黑麦材料的MDA含量和POD、SOD、CAT活性呈持续上升的趋势。

3.3 小黑麦材料×低温胁迫交互作用间生理生化指标的差异

可溶性糖通过糖代谢来增加细胞液浓度,增加细胞中的非结冰水,保护植物受到逆境胁迫,抗寒性强的植物可溶性糖含量高^[27]。MDA是膜脂过氧化的产物,在逆境胁迫下随着低温胁迫的加剧,细胞的过氧化物会增多,植物体内的MDA含量会增高^[28]。SOD,POD和CAT作为细胞的酶保护物质,共同作用清除植物因逆境产生的过多的O₂⁻,防止膜脂过氧化,保护植物细胞受到低温胁迫带来的伤害^[29]。试验的参试小黑麦材料受到低温胁迫时,表现各异。0℃和-10℃时CK₂的可溶性糖、脯氨酸和MDA含量,以及POD,SOD和CAT活性显著高于甘农2号小黑麦和小黑麦品系P4,但随着胁迫程度加剧,其含量显著低于2材料,说明其难以抵抗-10℃以下的低温,抗寒性较甘农2号小黑麦和小黑麦品系P4弱;从总体分析,CK₁的可溶性糖、脯氨酸和MDA含量,以及POD,SOD和CAT活性均低于CK₂,说明其抗寒性比CK₂弱,这与综合评价的结果一致(表3)。对于甘农2号小黑麦和小黑麦品系P4分析,虽然0℃和-10℃时,和抗寒相关的生理生化指标与CK₁和CK₂相近或低于对照,但随着低温胁迫程度加剧,各指标迅速上升,表现出较强的抗寒性^[30-31]。分析图1结果后发现,0℃和-10℃时CK1和CK2的相关生理生化指标值

较高,甘农2号小黑麦和小黑麦品系P4则较低,温度低于-10℃时则相反,因此,4份参试材料在不同低温胁迫下各生理生化指标平均值的差异就缩小,小黑麦材料间除MDA含量外其他生理生化指标就无显著差异(表1)。这一结果进一步说明了小黑麦材料和低温胁迫天数交互作用分析的重要性。由于4份参试小黑麦材料对不同生理生化指标的反应各异,为准确评价其抗寒性强弱。

4 结论

从渗透调节物质、酶保护物质两方面相应指标的变化,基于隶属函数综合评价结果表明,参试小黑麦材料的抗寒性强弱依次为甘农2号小黑麦>P4>CK₁>CK₂,甘农2号小黑麦和小黑麦新品系P4的抗寒性较强,适宜于甘肃省高寒牧区及其他气候相似区种植,该研究将为高寒牧区饲草品种的选择奠定基础。

参考文献:

- [1] 汪玺,严学兵.小黑麦在高寒地区的适应性[J].甘肃农业大学学报,2002,37(4):428-432.
- [2] Raheja P C. Aridity and salinity(A Survey of Soils and Land Use)[M]//Boyko H. Salinity and Aridity, New Approaches to Old Problems, Netherlands: Dr. Junk Publishers,1996:43-127
- [3] 杨蕊菊.小黑麦抗旱生态适应性研究[D].兰州:甘肃农业大学,2003.
- [4] 吴艳.值得大面积推广的优质粮饲兼用作物—小黑麦[J].种子,2004,23(1):74-76.
- [5] 王庆华.粮饲兼用型作物小黑麦的适应性[J].安徽农业科学,2008,36(6):2279-2279.
- [6] 郭建文,李冬梅,田新会,等.小黑麦杂交F₁代真假杂种的ISSR标记鉴定及遗传多样性分析[J].麦类作物学报,2017,37(8):1031-1037
- [7] 赵方媛,李冬梅,田新会,等.饲草型小黑麦遗传图谱的构建及抗条锈QTL定位[J].农业生物技术学报,2018,26(4):576-584.
- [8] 李冬梅.饲草型小黑麦的遗传图谱构建及草产量和抗锈病相关基因的QTL定位[D].兰州:甘肃农业大学,2016.
- [9] 宋谦,田新会,杜文华.甘肃省高寒牧区小黑麦新品系的生产性能[J].草业科学,2016,33(7):1367-1374.
- [10] 郭建文,李林渊,田新会,等.饲草型小黑麦新品系在甘肃高海拔地区的生产性能和品质研究[J].草原与草坪,2018,38(4):72-77.
- [11] 李冬梅,田新会,杜文华.小黑麦新品系的草产量及营养价值研究[J].草地学报,2016,24(6):1164-1169.
- [12] 张舒芸.小黑麦和黑麦的抗旱性与抗寒性研究[D].兰州:甘肃农业大学,2018.
- [13] 刘杰.低温干旱复合胁迫对黑麦、小黑麦、短芒披碱草幼苗的抗逆性研究[D].拉萨:西藏大学,2017.
- [14] 高志强,张国红,张爱芝,等.不同小麦品种对低温的生理反应研究[J].山西农业大学学报(自然科学版),2002,22(2):109-112.
- [15] 衣莹,张玉龙,郭志富,等.冬小麦叶片对低温胁迫的生理响应[J].华北农学报,2013,28(1):144-148.
- [16] 李合生,孙群,赵世杰.植物生理生化实验原理和技术[M].北京:高等教育出版社,2000.
- [17] 高俊凤.植物生理学实验技术[M].北京:高等教育出版社,2006.
- [18] 赵东风,郭勤卫,项小敏,等.利用隶属函数法对观赏辣椒种质资源耐热性的评价[J].浙江农业科学,2019,60(1):64-66.
- [19] 朱文哲,李景富,王傲雪.低温胁迫对多毛番茄幼苗生理

- 生化特性的影响[J]. 东北农业大学学报, 2011, 42(4): 57-62.
- [20] 张瑜, 严琳玲, 虞道耿, 等. 柱花草种质抗寒性评价与筛选[J]. 热带作物学报, 2018, 39(10): 1887-1892.
- [21] 杨慧菊, 郭华春. 马铃薯不同品种抗寒性综合评价[J]. 分子植物育种, 2017, 15(2): 716-724.
- [22] 李艳芳, 包国章, 刘晓婷, 等. 冻融及碱性盐胁迫下紫花苜蓿幼苗的生理响应[J]. 江苏农业科学, 2016, 44(7): 278-281.
- [23] 李春燕, 陈思思, 徐雯, 等. 苗期低温胁迫对扬麦 16 叶片抗氧化酶和渗透调节物质的影响[J]. 作物学报, 2011, 37(12): 2293-2298.
- [24] 张基德, 李玉梅, 陈艳秋, 等. 梨品种枝条可溶性糖、脯氨酸含量变化规律与抗寒性的关系[J]. 延边大学农学学报, 2004, 26(4): 281-285.
- [25] 王兆. 低温胁迫对彩叶草的生理效应及抗寒性研究[D]. 福州: 福建农林大学, 2014.
- [26] 李翠红, 张永茂, 冯毓琴, 等. 苹果矮化砧木抗寒性的评价与比较[J]. 西南农业学报, 2017, 30(5): 1183-1188.
- [27] 李小安. 低温胁迫对不同扁蓿豆种子内游离脯氨酸和可溶性糖含量的影响[J]. 青海科技, 2011, 18(2): 40-42.
- [28] 刘松虎, 任毛飞, 李蒙, 等. 不同黄心菜品种的抗寒生理比较研究[J]. 安徽农学通报, 2019, 25(4): 18-19+53.
- [29] 冯坤, 郑青松, 俞佳虹, 等. 超氧化物歧化酶的遗传特征及其在植物抗逆性中的研究进展[J]. 分子植物育种, 2017, 15(11): 4498-4505.
- [30] 李雪, 田新会, 杜文华. 小黑麦品系成株期抗旱性研究[J]. 核农学报, 2018, 32(2): 377-388.
- [31] 王敏, 曲存民, 刘晓兰, 等. 温度胁迫下甘蓝型油菜苗期生理生化指标的研究[J]. 作物杂志, 2013(2): 53-59.

Evaluation on the cold resistance of different *Triticale wittmack* materials

MA Wen-xin, SONG Qian, TIAN Xin-hui, DU Wen-hua

(College of Grassland Science, Gansu Agricultural University/Key Laboratory for Grassland Ecosystem of Ministry of Education/Pratacultural Engineering Laboratory of Gansu Province/Sino-U. S. Centers for Grazing Land Ecosystem Sustainability, Lanzhou 730070, China)

Abstract: The cold resistance of *Triticale wittmack* cv. Gannong No. 2 and new line P4 was evaluated by using *Triticale wittmack* cv. Shida No. 1 (CK₁) and Zhongsi 1048 (CK₂) as the control. Parameters including the contents of soluble sugar, proline and MDA, and activities of SOD, POD and CAT were determined at different low temperature treatments (0°C, -10°C, -20°C, -30°C). Results showed that no significant differences existed among the triticale materials except for the MDA content of P4, which was significantly higher than that of the other materials. Along with the cold stress, the contents of soluble sugar and proline in triticale leaf reached the highest at -20°C and -10°C respectively, but for the MDA content, activities of SOD, POD and CAT, the highest values were obtained at -30°C. Based on the interaction between triticale materials and low temperature stress days, there were significant differences in physiological indexes related to cold resistance. When the temperature varied from 0°C to -10°C, the physiological indexes of cold resistance of CK₂ were significantly higher than Gannong No. 2 and P4, but along with the cold stress, the contents of proline, SOD, POD and CAT in Gannong No. 2 and P4 increased rapidly, and these two materials showed strong cold resistance. In general, all physiological indexes of CK₁ were lower than CK₂, indicating that the cold resistance of CK₁ was lower than CK₂. Comprehensive evaluation showed that Gannong No. 2 had the strongest cold resistance, followed by line P4, and the cold resistance of CK₁ and CK₂ was poor.

Key words: *Triticale wittmack*; physiological index; cold resistance evaluation

(上接 84 页)

Isolation and identification of soil-borne pathogenic fungi and biocontrol bacteria

SU Jing¹, LI Shuang-ming²

(1. College of Plant Protection, Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070, China; 2. Pathology Department, 940 Hospital, PLA Joint Logistics Support Force, Lanzhou 730050, China)