

春季低温胁迫对不同小麦品种结实率及叶片生理特性的影响

谢凤仙¹, 王智煜², 张自阳^{2*} (1. 武陟县农业技术推广站, 焦作武陟 454950; 2. 河南科技学院, 河南新乡 453003)

摘要 [目的]研究低温胁迫对小麦生长发育的影响。[方法]以百农207、AK58、郑麦366叶片为材料,在小麦四分体时期对其进行低温(0℃, 3 d)处理,测定四分体时期小麦叶片中超氧化物歧化酶(SOD)活性、过氧化物酶(POD)活性、过氧化氢酶(CAT)活性、可溶性蛋白含量、丙二醛(MDA)含量等生理指标,并调查小麦结实率。[结果]3个小麦品种遭到低温胁迫后的抗氧化酶活性增加,对小麦起到保护作用,其中百农207和AK58抗氧化酶活性相比于对照增长较大,而郑麦366抗氧化酶活性相比于对照增长幅度较小;同时郑麦366受到低温胁迫MDA含量明显高于百农207和AK58,即郑麦366叶片发生脂质过氧化作用,细胞膜破坏最严重。[结论]百农207、AK58四分体时期抗倒春寒能力比较强,而郑麦366抗倒春寒性较差。

关键词 小麦;四分体时期;低温胁迫;结实率;生理特性

中图分类号 S512.1 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2018)32-0033-03

Effects of Low Temperature Stress on the Seed Yield and Physiological Characteristics of Different Wheat Varieties in Spring

XIE Feng-xian¹, WANG Zhi-yu², ZHANG Zi-yang² (1. Wuzhi Station for Popularizing Agricultural Technique, Wuzhi, Jiaozuo 454950; 2. Henan Institute of Science and Technology, Xinxing, Henan 453003)

Abstract [Objective] To study the effect of low temperature stress on the growth and development of wheat. [Method] The leaves of Bainong 207, AK 58 and Zhengmai 366 were treated at low temperature (0) at tetrad stage to determine the activity of superoxide dismutase (SOD) in wheat leaves at tetrad stage. The activity of peroxidase (POD), the content of malondialdehyde (MDA) and other physiological indexes were investigated, and the seed setting rate of wheat was investigated. [Result] The antioxidant enzyme activities of the three wheat varieties increased after being subjected to low temperature stress, which played a protective role in wheat. The antioxidant enzyme activities of Bainong 207 and AK 58 were higher than those of the control. The antioxidant enzyme activity of Zhengmai 366 was smaller than that of control. At the same time, the MDA content of Zhengmai 366 was significantly higher than that of Bainong 207 and AK 58 under low temperature stress, indicating that the leaves of Zhengmai 366 had lipid peroxidation and cell membrane damage was the most serious. [Conclusion] Bainong 207 and AK 58 had a strong ability to resist the cold in the spring. However, Zhengmai 366 had poor resistance to inverted spring cold.

Key words Wheat; The tetrad period; Low temperature stress; Seed setting rate; Physiological characteristics

近年来,黄淮麦区爆发大面积的早春(倒春寒)冻害。2004年,受害的冬小麦面积为333万hm²[1]。仅河南省发生倒春寒的面积超过133.3万hm²,其中几乎26.7万hm²出现绝收。2009、2013和2018年,黄淮麦区和长江中下游麦区再次经历了大面积的倒春寒。倒春寒的频繁发生严重影响了小麦的高产稳产,其特点具有随机性和不可预测性,使得人为的农艺预防和补救方法难以跟上,容易造成小麦产量不可逆转的损失。

低温胁迫下植物产生大量过氧化氢和O₂⁻、OH⁻等活性氧自由基,活性氧会导致膜脂质过氧化和膜系统氧化损伤[2]。植物体内有一系列的酶和非酶抗氧化剂清除活性氧自由基,保护植物细胞免受活性氧损伤,维持细胞膜系统的稳定性,增加植物的耐寒性[3]。前人研究表明,清除活性氧过程中最重要的抗氧化酶有SOD、POD、CAT等。这些抗氧化酶能够使植物在一定程度上具有耐受、减缓或抵抗低温胁迫的能力[4]。植物在温度降低的过程中,临界低温会导致膜的相变,以及细胞膜的通透性和细胞膜结构的改变,导致细胞代谢紊乱和细胞功能的丧失,从而对植物体造成损害。低温胁迫下小麦能够产生一系列的生理生化变化,如超氧化物歧化酶(SOD)活性和过氧化氢酶(CAT)活性、过氧化物酶(POD)活性和MDA含量的变化,这些均可作为植物抗寒性鉴定的指标[5-8]。

笔者以半冬性小麦品种百农207、AK58、郑麦366为试验材料,研究低温胁迫对小麦结实率、抗氧化酶活性的影响,找出小麦对低温胁迫的响应机制,为小麦抗倒春寒种质资源筛选及品种选育提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料 试验材料为百农207、AK58、郑麦366,均由河南省小麦杂交工程中心提供。

1.2 试验方法 试验于2016—2017年在河南省新乡市河南科技学院作物育种实验室进行,材料的种植采用盆栽方法,盆栽土取大田耕层0~25 cm深处土壤,土壤平均碱解氮含量62.1 mg/kg,速效磷11.1 mg/kg,速效钾130.5 mg/kg,有机质1.15 mg/kg。盆直径22 cm,高25 cm,每盆装土8 kg,盆底部钻5个小孔,保证盆内土壤与与大田土壤的温度一致、水分和空气流通。将盆埋入大田后,盆内泥土与盆外大田齐平。泥土用水浇透沉实后于10月10日播种,3叶期定苗,每盆留苗8株。3个品种分别设对照和处理2组,每组6桶。

待小麦幼穗发育到四分体时期时,放入人工气候箱0℃低温处理3 d,对照为正常环境中生长,取小麦叶片放入-80℃低温冰箱备用。

1.3 测定指标与方法 过氧化物酶(POD)活性采用愈创木酚法测定;超氧化物歧化酶(SOD)活性采用氮蓝四唑法测定;过氧化氢酶(CAT)采用过氧化氢法测定;可溶性蛋白含量采用考马斯亮蓝染色法测定;MDA含量采用硫代巴比妥酸法测定。将处理后盆栽的小麦埋于田间自然生长至成熟时调查结实率,每处理调查10株,求平均结实率。结实率(%)=单穗小花结实总数/单穗小穗基部小花总数×100%。

基金项目 河南省基础与前沿技术研究计划项目(162300410142)。

作者简介 谢凤仙(1966—),女,河南武陟人,高级农艺师,从事小麦高产栽培技术研究。*通讯作者,副教授,从事小麦遗传育种研究工作。

收稿日期 2018-09-27

1.4 数据处理 采用 Excel 2017 及 DPS 数据分析软件对试验数据进行分析 and 处理。

2 结果与分析

2.1 低温胁迫对不同小麦品种结实率的影响 从表 1 可以看出,在正常生长情况下,AK58 的结实率较高,达到 99.5%,其次是百农 207、郑麦 366;在低温处理条件下,AK58、百农 207 的结实率依然较高,但是受低温的影响,郑麦 366 结实率显著下降,仅为 10.5%。

表 1 不同小麦品种结实率的比较

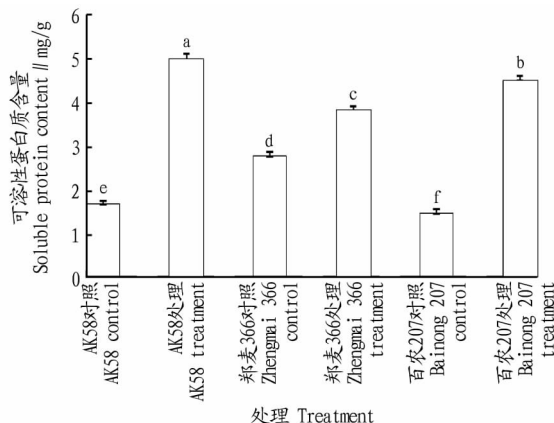
Table 1 Comparison of the seed-setting rates of different wheat varieties

品种名称 Variety name	对照 Control // %	低温胁迫处理 Treatment of low temperature stress // %
百农 207 Bainong 207	98.3 a	86.6 a
AK58	99.5 a	88.3 a
郑麦 366 Zhengmai 366	97.3 a	10.5 b

注:同列不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著

Note: Different lowercases in the same column indicated significant differences at 0.05 level

2.2 四分体期低温胁迫对 3 个小麦品种叶片可溶性蛋白含量的影响 从图 1 可以看出,低温下 3 个小麦品种百农 207、郑麦 366、AK58 的可溶性蛋白质含量均比对照高,差异显著。与对照相比,低温胁迫下 AK58、百农 207 处理可溶性蛋白质含量明显增加,而郑麦 366 处理增加不大。



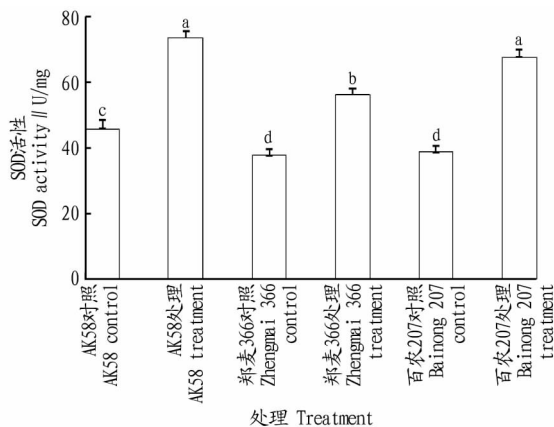
注:不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著

Note: Different lowercases indicated significant differences at 0.05 level

图 1 低温胁迫对不同小麦品种叶片可溶性蛋白质含量的影响

Fig.1 Effects of low temperature stress on the soluble protein content in leaves of different wheat varieties

2.3 四分体期低温胁迫对 3 个小麦品种叶片 SOD 活性的影响 由图 2 可知,在正常生长条件下,3 个小麦品种百农 207、郑麦 366、AK58 的 SOD 活性分别为 37.81、37.84 和 45.93 U/mg;低温胁迫后,百农 207、郑麦 366、AK58 共 3 个品种 SOD 活性均显著高于其对照,并且达到显著水平。其中百农 207 和 AK58 受到低温胁迫后 SOD 活性较高,而郑麦 366 受低温胁迫后 SOD 活性比前 2 个品种低。SOD 活性大小顺序依次为 AK58 处理、百农 207 处理、郑麦 366 处理、AK58 对照、百农 207 对照、郑麦 366 对照。



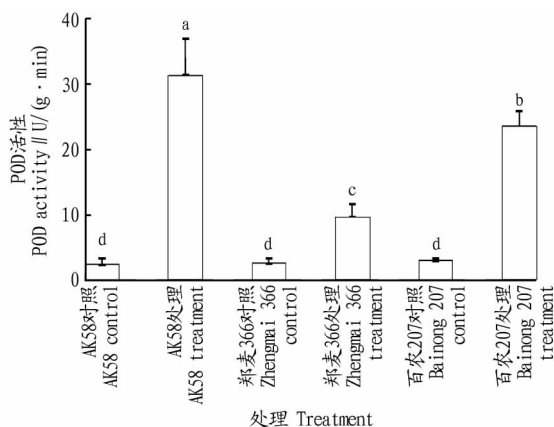
注:不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著

Note: Different lowercases indicated significant differences at 0.05 level

图 2 低温胁迫对不同小麦品种叶片 SOD 活性的影响

Fig.2 Effects of low temperature stress on the SOD activity in leaves of different wheat varieties

2.4 四分体期低温胁迫对 3 个小麦品种叶片 POD 活性的影响 由图 3 中可知,低温胁迫下,3 个小麦品种百农 207、郑麦 366、AK58 的 POD 活性均比对照明显增加,差异显著。其中,百农 207、AK58 的 POD 活性上升幅度大于郑麦 366,表明百农 207、AK58 受到低温胁迫后 POD 活性较高,而郑麦 366 受到低温胁迫后 POD 活性低于前 2 个品种,POD 有利于清除过氧化物、降低活性氧对细胞的损伤。



注:不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著

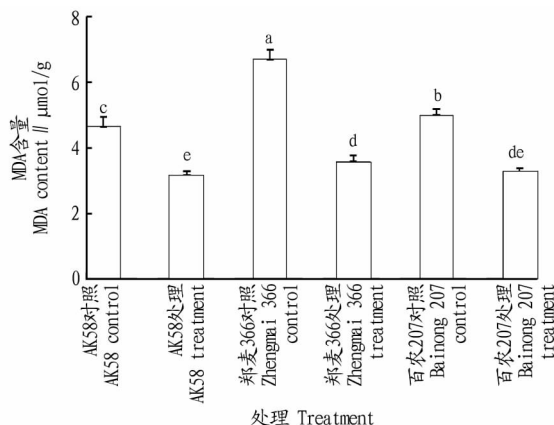
Note: Different lowercases indicated significant differences at 0.05 level

图 3 低温胁迫对不同小麦品种叶片 POD 活性的影响

Fig.3 Effects of low temperature stress on the POD activity in leaves of different wheat varieties

2.5 四分体期低温胁迫对 3 个小麦品种叶片 MDA 含量的影响 由图 4 可知,在正常条件下,3 个小麦品种郑麦 366 的 MDA 含量较高,而百农 207 和 AK58 的 MDA 含量较低;低温处理后,3 个品种的 MDA 含量均比对照明显下降,差异显著。然而郑麦 366 的 MDA 含量仍然高于百农 207 和 AK58。

2.6 四分体期低温胁迫对 3 个小麦品种叶片 CAT 含量影响 由图 5 可知,与对照相比,3 个小麦品种百农 207、郑麦



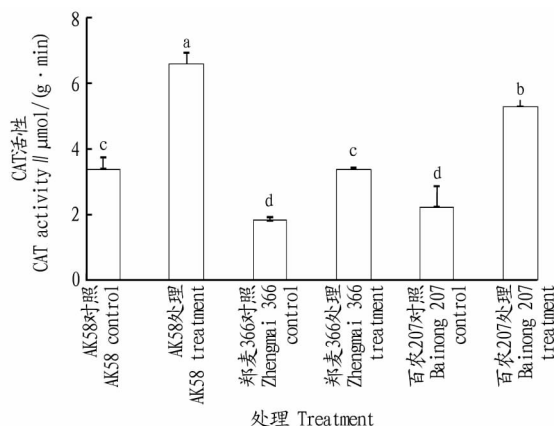
注:不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著

Note: Different lowercases indicated significant differences at 0.05 level

图 4 低温胁迫对不同小麦品种叶片 MDA 含量的影响

Fig.4 Effects of low temperature stress on the MDA content in leaves of different wheat varieties

366、AK58 的 CAT 活性显著升高,达到显著水平。其中,AK58 和百农 207 增加幅度较大,显著高于郑麦 366 低温处理下的 CAT 活性。



注:不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著

Note: Different lowercases indicated significant differences at 0.05 level

图 5 低温胁迫对不同小麦品种叶片 CAT 活性的影响

Fig.5 Effects of low temperature stress on the CAT activity in leaves of different wheat varieties

3 结论与讨论

有研究表明春季低温(倒春寒)严重影响小麦的结实性,使小麦的结实率下降,最终影响小麦的产量。该研究发现,在低温胁迫下百农 207、AK58、郑麦 366 结实率分别下降 11.7%、11.2%、86.8%。其中,百农 207、AK58 的结实率降低不明显,而郑麦 366 下降比较明显,表明百农 207、AK58 抗倒春寒能力强,而郑麦 366 的抗倒春寒能力较弱。

许多研究者认为,低温胁迫对植物的影响主要集中在蛋白质、酶活性、膜系统、细胞失水等,最终导致机体代谢紊乱,甚至细胞死亡^[9]。春季低温逆境下(倒春寒),植物组织细胞内部生理生化发生改变。植物细胞内的可溶性蛋白具有较

强的吸水性,它能够降低细胞内部束缚水的冰点,减少细胞内部结冰从而导致植物细胞被伤害的机会^[10]。植物细胞膜的空间构像和物理状态改变很大程度上受到低温胁迫的影响。膜相的改变可以很好地抑制细胞膜正常功能的运行,使蛋白质从膜上解离,并切发生膜融合,从而造成植物细胞组织的破坏。植株在低温胁迫条件下常诱导产生较多的蛋白质来提高细胞膜的完整性与稳定性,从而提高抗寒性^[11-12]。但是,不同的小麦品种在抵御低温胁迫的过程中产生出的可溶性蛋白质含量不同,从而表现出不同的抗寒能力。该研究表明,低温胁迫下 AK58 和百农 207 的可溶性蛋白质含量明显增加,而郑麦 366 可溶性蛋白质含量与对照相比增加较少。这说明低温胁迫下 AK58 和百农 207 能够产生较多的可溶性蛋白质来抵御低温胁迫的伤害,不耐低温的郑麦 366 由于产生可溶性蛋白质较少而容易受到伤害,从而造成结实率显著下降。

低温逆境会引起植物体内发生一系列的生理生态变化,由逆境导致的活性氧的积累及其引起的氧化胁迫被认为是植物受低温胁迫的重要原因^[13-15]。抗氧化酶系统能清除活性氧,抵御活性氧带来的损害,进而提高植物细胞抗氧化保护的能力;SOD 对 O₂⁻的歧化作用被认为是抵御低温胁迫的主要因素之一,CAT、POD 能清除氧代谢过程中产生的 H₂O₂ 以及细胞体内产生的有害物质^[16-17]。活性氧代谢的平衡一旦被打破,ROS 的高度氧化活性对细胞膜有强烈的破坏性影响,导致不饱和脂肪酸的过氧化作用形成 MDA,MDA 会导致交联和失活的酶蛋白膜,进一步损伤细胞膜结构和功能,MDA 的积累能间接地反映植物体内受氧化胁迫伤害的状况^[18-19]。该试验中百农 207、AK58、郑麦 366 的 SOD、CAT 和 POD 活性均上升,其中百农 207、AK58 上升比较明显;3 个品种 MDA 含量均下降,但受到低温胁迫后百农 207、AK58 的 MDA 含量相对比较低,其膜质过氧化程度小,这可能是由于细胞中 SOD 和 POD 活性上升,清除自由基能力提高,从而减少膜脂发生过氧化。

综上所述,不同的小麦品种抗春季低温胁迫的能力不同,小麦叶片四分体时期 AK58 和百农 207 抗春季低温胁迫能力要显著高于郑麦 366。低温胁迫下,AK58 和百农 207 积累了较高的可溶性蛋白质来抵御低温胁迫的伤害,同时具有较强的抗氧化酶活性来抵御活性氧代谢带来的损伤,这可能是 AK58 和百农 207 具有耐春季低温胁迫的原因。

参考文献

- [1] 高媛,齐晓花,杨景华,等.高等植物对低温胁迫的响应研究[J].北方园艺,2007(10):58-61.
- [2] 李美如,刘鸿先,王以柔.细胞氧化应激机制与植物抗冷性机理的研究[J].生命科学,1996(4):30-34.
- [3] WISE R R, NAYLOR A W. Chilling-enhanced photooxidation: Evidence for the role of singlet oxygen and superoxide in the break down of pigments and endogenous antioxidants [J]. Plant physiology, 1987, 83(2): 278-282.
- [4] KORNYEYEV D, LOGAN B A, PAYTON P, et al. Enhanced photochemical light utilization and decreased chilling-induced photoinhibition of photosystem II in cotton overexpressing genes encoding chloroplast-targeted antioxidant enzymes [J]. Physiologia plantarum, 2001, 113(3): 323-331.

(下转第 39 页)

续表 2

处理编号 Treatment code	品种名称 Variety name	株高 Plant height cm	有效分枝数 Effective branching number//个	单株有 效角果数 Effective pods per plant//个	角粒数 Seeds per silique//个	千粒重 1 000-grain weight//g	单株产量 Yield per plant//g	小区产量 Plot yield//kg
C	嘉油 1427	145.2	4.7	133.1	19.6	4.34	8.9	6.402
	秦优 29	158.6	5.0	159.8	20.2	3.68	6.7	6.647
	秦优 10 号(CK)	157.3	4.8	157.7	21.5	3.71	8.6	6.769
	金地油 559	160.4	4.7	181.0	22.5	4.25	12.7	6.529
	浙核杂 1401	150.2	4.9	137.0	24.1	4.57	9.3	5.678
	华油杂 29	153.8	5.5	185.4	23.6	3.79	10.1	6.066
	湘杂油 456	171.7	5.6	193.6	24.6	4.27	15.8	6.028
	浙杂 1314	163.3	5.1	198.1	19.1	3.99	14.1	5.998
	陕油 98	179.7	5.9	193.5	23.6	4.18	14.5	5.541
	秦荣 6 号	160.2	5.3	172.7	24.8	4.88	15.0	7.889
D	金油杂 6 号	163.0	5.4	202.0	22.6	4.87	14.6	6.117
	镇 13S629	161.8	3.5	137.5	16.4	4.89	10.6	5.507
	沪油杂 19 号	162.4	4.2	139.7	22.8	4.08	10.0	5.770
	秦优 10 号(CK)	183.0	6.9	231.3	17.8	3.73	11.9	5.229
	蒙油 38	143.0	5.7	130.2	21.0	4.94	9.5	5.092
	泮油 640	138.9	3.8	149.8	17.3	3.77	6.0	6.360
	合油杂 555	156.8	5.7	212.2	17.3	4.71	6.0	5.757
	浙油杂 315	188.3	4.1	133.3	19.0	3.91	9.6	6.142
	庆油 1 号	138.8	4.0	114.2	21.9	4.35	5.9	6.289
	浙油杂 413	144.4	3.0	84.1	21.4	4.11	5.2	6.126
	秦优 99	147.9	5.3	188.8	19.2	4.28	9.3	6.073
	陕油 1203	153.4	3.8	138.2	19.1	4.63	9.9	6.273
	合油杂 2501	127.2	2.7	104.4	17.3	4.43	4.0	5.686
	天禾油 17	165.0	4.3	136.3	17.0	4.24	6.6	5.809
	圣光 158	159.3	4.6	173.9	19.5	3.20	10.7	6.545
	南油 758	164.5	4.3	152.1	22.4	3.41	7.2	5.668
	秦优 10 号(CK)	151.9	3.5	118.2	19.9	4.09	4.5	6.073

3 小结

对 4 个处理不同参试品种的生育期、一致性、抗逆性、农艺性状及产量等进行综合分析比较,结果显示秦荣 6 号、荣华油 50、创油 17 号、浙杂 108、科乐油 2 号、圣光 158 在六安地区种植的田间生长整齐一致,生长势强,生育期适中,抗倒性强,菌核病发病率优于或与对照相当,产量和其他综合性状表现好,符合六安市选种目标,可进入下一年试验示范,如果继续表现好可作为六安市油菜推广品种。

参考文献

- [1] 杨湄,郑畅,黄凤洪,等.国家油菜区试品系的主要营养成分及评价[J].中国油料作物学报,2012,34(6):604-612.
- [2] 陈萌,杨湄,刘昌盛,等.菜籽多酚的制备、检测及其在加工过程中的变
- [5] 刘艳阳,李俊周,陈磊,等.低温胁迫对小麦叶片细胞膜脂质过氧化产物及相关酶活性的影响[J].麦类作物学报,2006,26(4):70-73.
- [6] 左芳,范宝莉.低温胁迫下小麦生理生化及蛋白组分变化研究[J].安徽农业科学,2009,37(4):1430-1431.
- [7] 段民孝,宋同明,赵久然,等.低温胁迫下冬小麦幼苗期和拔节期某些生理生化特性的变化[J].种子,2001(2):19-21.
- [8] 陈龙,吴诗光,李淑梅,等.低温胁迫下冬小麦拔节期生化反应及抗性分析[J].华北农学报,2001,16(4):42-46.
- [9] 徐燕,薛立,屈明.植物抗寒性的生理生态学机制研究进展[J].林业科学,2007,43(4):88-94.
- [10] 高媛,齐晓花,杨景华,等.高等植物对低温胁迫的响应研究[J].北方园艺,2007(10):58-61.
- [11] 赵军,赵玉田,梁博文.寒胁迫过程中冬小麦叶片组织可溶性蛋白质含量的变化和生理功能[J].中国农业科学,1994,27(2):57-61.
- [12] 康国章,岳彩凤,彭慧芳,等.冻害胁迫对小麦叶片抗寒生理生化指标的影响[J].河南农业科学,2011,40(12):56-60.

化研究进展[J].中国油料作物学报,2013,35(1):102-108.

- [3] 熊秋芳,张晓明,文静,等.菜籽油与不同食用植物油营养品质的比较——兼论油菜品质的遗传改良[J].中国粮油学报,2014,29(6):122-128.
- [4] 李殿荣,陈文杰,于修焯,等.双低菜籽油的保健作用与高含油量优质油菜育种及高效益思考[J].中国油料作物学报,2016,38(6):850-854.
- [5] 张芳,郭瑞星,罗莉霞,等.2015-2016 年度冬油菜国家区试品种报告[M].北京:中国农业出版社,2016.
- [6] 张芳.我国油菜品种审定管理与育种趋势研究[D].北京:中国农业科学院,2012.
- [7] 傅延栋.油菜科学研究与生产有关问题的思考[C]//中国作物学会油料作物专业委员会第七次会员代表大会暨学术年会综述与摘要集.北京:中国作物学会,2013:1-5.
- [8] 王汉中.我国油料产业形势分析与对策建议[C]//中国作物学会油料作物专业委员会第七次会员代表大会暨学术年会综述与摘要集.北京:中国作物学会,2013:17-23.
- [13] BAEK K H,SKINNER D Z.Alteration of antioxidant enzyme gene expression during cold acclimation of near-isogenic wheat lines[J].Plant science,2003,165(6):1221-1227.
- [14] XU S,LI J L,ZHANG X Q,et al.Effects of heat acclimation pretreatment on changes of membrane lipid peroxidation,antioxidant metabolites and ultrastructure of chloroplasts in two cool-season turfgrass species under heat stress[J].Environmental and experimental botany,2006,56(3):274-285.
- [15] 刘慧英,朱祝军,吕国华,等.低温胁迫对嫁接西瓜耐冷性和活性氧清除系统的影响[J].应用生态学报,2004,15(4):659-662.
- [16] 李品明,孙玉芳,杨丙贤,等.低温胁迫对黄连膜脂过氧化作用和抗氧化酶活性的影响[J].中国农学通报,2011,27(15):117-120.
- [17] 张俊环,黄卫东.葡萄幼苗在温度逆境交叉适应过程中活性氧及抗氧化酶的变化[J].园艺学报,2007,34(5):1073-1080.
- [18] 高小丽,孙健敏,高金峰,等.不同基因型绿豆叶片衰老与活性氧代谢研究[J].中国农业科学,2008,41(9):2873-2880.
- [19] 罗娅,汤浩茹.丰香草果实发育过程中抗氧化物质与活性氧代谢研究[J].园艺学报,2011,38(8):1523-1530.

(上接第 35 页)