

石 瑞,杨丽丽,刘树楠,等. 外源 NO 对 NaCl 胁迫下高粱幼苗生理响应的调节[J]. 江苏农业科学,2016,44(8):139-142.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.08.037

外源 NO 对 NaCl 胁迫下高粱幼苗生理响应的调节

石 瑞,杨丽丽,刘树楠,罗立璐

(忻州师范学院生物系,山西忻州 034000)

摘要:以晋杂 12 号高粱为研究对象,采用营养液水培法,以 100 mmol/L NaCl 为胁迫条件,用浓度为 0、0.01、0.05、0.10、0.25、0.50 mmol/L 的外源 NO 供体硝普钠(SNP)处理高粱幼苗,研究外源 NO 对 NaCl 胁迫下高粱幼苗生理响应的调节。结果表明,100 mmol/L NaCl 盐胁迫显著抑制了高粱幼苗的生长,降低了可溶性糖含量和叶绿素含量,促进了幼苗硝态氮及脯氨酸的积累,增加了叶片中丙二醛(MDA)的含量。施加外源 NO 可有效缓解 NaCl 胁迫对高粱幼苗生长的抑制作用,提高可溶性糖、脯氨酸和叶绿素的含量,促进硝态氮的分解,并能缓解叶片中 MDA 含量的升高。因此,外源 NO 可缓解 NaCl 盐胁迫的危害,对高粱幼苗具有保护和促进生长的作用,其中以 0.10 mmol/L SNP 处理效果最显著。

关键词:NO;硝普钠;盐胁迫;高粱;生理响应

中图分类号:S514.01 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2016)08-0139-03

随着现代工业的发展和化肥的大量使用,以及其他因素的影响,盐碱化土地所占面积不断扩大,已成为制约我国农作物产量的主要原因之一^[1]。通过生物技术改良和利用,盐碱地将成为将来发展农业的重要课题^[2]。有关盐胁迫影响植物生长和发育的研究表明,化学调控手段是提高作物抗盐胁迫的有效措施之一^[3]。高粱为一年生禾本科植物,有很强的抗旱、耐涝、耐盐碱性,由于生长快、产量高、茎秆富含糖分,被誉为“生物能源系统中很强的竞争者”^[4]。

NO 是生物体内一种关键的信号分子,广泛存在于植物组织中,调节植物对生物和非生物胁迫的反应^[5]。越来越多的研究表明,NO 能够调节植物的生长发育,并参与植物对各种盐胁迫的响应^[6];例如:外源 NO 对 NaCl 胁迫下玉米^[7]、燕麦^[8]、紫苏^[9]、沙葱^[10]、水飞蓟^[11]种子萌发具有促进作用;方淑梅等研究发现:NO 能增强水稻幼苗对碳酸钠胁迫的耐性^[12];据报道:外源 NO 能缓解碳酸氢钠胁迫对黄瓜幼苗生长的抑制,提高植株的耐盐性^[13];但有关 NO 对于黄土高原地区植物的影响研究资料甚少,尤其是关于 NO 对晋杂高粱幼苗抗盐作用机理方面的研究尚未见报道。

硝普钠(SNP)是外源 NO 常用的供体。本试验以晋杂 12 号高粱种子为材料,通过 NaCl 模拟盐害环境,研究不同浓度 SNP 处理对 NaCl 胁迫下高粱幼苗生长、丙二醛含量、脯氨酸含量等生理指标的影响。旨在了解 NO 在 NaCl 胁迫下的作用机理,为增强高粱耐盐能力及高粱在盐碱化土壤中的栽培提供理论依据,为培育新的具有抗逆性的高粱品种提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料培养与处理

收稿日期:2015-08-19

基金项目:忻州师范学院青年基金(编号:20126)。

作者简介:石 瑞(1985—),女,山西忻州人,硕士,主要从事植物营养及逆境生理生化研究。E-mail:shirui0624@163.com。

供试材料为高粱品种晋杂 12 号,选取籽粒饱满、大小一致的种子若干粒。1% NaClO 溶液消毒 20 min,用蒸馏水反复冲洗后,再用蒸馏水浸泡 24 h。然后接种到铺有 8 层纱布事先高温灭菌的培养皿中,1 个培养皿接种 20 粒,最后置于恒温光照培养箱培养。试验设 7 个处理,在 Hoagland 营养液基础上按表 1 进行处理,NaCl 浓度为 100 mmol/L。再加入不同浓度的外源 NO 供体 SNP 溶液处理,最后进行各项生理指标的测定。处理分组如表 1 所示。

表 1 高粱幼苗的不同处理		mmol/L
处理	NaCl	SNP
空白对照(CK)	0	0.00
盐对照(SS)	100	0.00
处理 1(SS + SNP10)	100	0.01
处理 2(SS + SNP50)	100	0.05
处理 3(SS + SNP100)	100	0.10
处理 4(SS + SNP250)	100	0.25
处理 5(SS + SNP500)	100	0.50

1.2 测定方法

根系活力的测定和叶绿素含量的测定参照文献^[14],可溶性糖含量的测定采用蒽酮比色法^[14],硝态氮含量的测定采用水杨酸-硫酸测定法^[14],丙二醛含量的测定采用硫代巴比妥酸(TBA)比色法^[15],脯氨酸含量的测定采用酸性茚三酮比色法^[16]。

1.3 数据分析

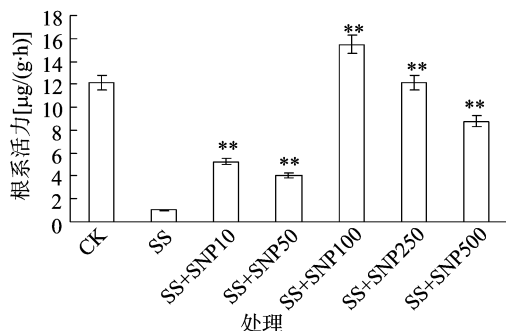
用 Excel 2003 和 SPSS 17.0 软件对数据进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同浓度 SNP 溶液对 NaCl 胁迫下高粱幼苗根系活力的影响

由图 1 可见,100 mmol/L NaCl 单独处理(SS)的幼苗根系活力显著低于对照组(CK),降低了 11.123 $\mu\text{g}/(\text{g} \cdot \text{h})$,说明 100 mmol/L NaCl 已经对高粱产生了盐胁迫。在

100 mmol/L NaCl 处理的基础上,外源施加不同浓度的 SNP 溶液,与 SS 相比,SNP 处理均可增加幼苗的根系活力,促进幼苗的生长。其中以 (SS + SNP100) 效果最为显著 ($P < 0.01$),即当 SNP 溶液的浓度为 0.10 mmol/L 时,可明显提高幼苗的根系活力,与盐对照组(SS)相比,提高了 14.44 $\mu\text{g}/(\text{g} \cdot \text{h})$ 。SNP 溶液的浓度高于 0.10 mmol/L 时,随着 SNP 浓度的增加,根系活力反而开始减弱,但其根系活力[(SS + SNP500)处理组]仍比盐处理但未施加 SNP(SS)时的根系活力要高($P < 0.01$)。



显著性均与未添加外源SNP的盐处理组SS对比: *表示差异显著 ($P < 0.05$), **表示差异极显著 ($P < 0.01$)。下图同

图1 不同处理条件下高粱幼苗的根系活力

2.2 不同浓度 SNP 溶液对 NaCl 胁迫下高粱幼苗脯氨酸含量的影响

由图 2 可见,100 mmol/L NaCl 单独处理(SS)高粱幼苗的脯氨酸含量比对照组(CK)的高 4.42 $\mu\text{g}/\text{g}$ 。在 100 mmol/L NaCl 处理的基础上,外源施加 0.01 ~ 0.25 mmol/L 的 SNP 溶液,与 SS 相比,均能显著提高高粱幼苗脯氨酸的含量,其中 0.10 mmol/L 的 SNP(SS + SNP100)溶液效果最为显著,比 SS 提高了 19.45 $\mu\text{g}/\text{g}$ ($P < 0.01$)。当 SNP 溶液浓度继续升高时,植物体的脯氨酸含量开始下降,(SS + SNP500)(0.50 mmol/L 的 SNP)处理组下降比较明显,说明外源施加 SNP 溶液,在 0.01 ~ 0.25 mmol/L 时,对盐胁迫有一定缓解作用,但是并不是 SNP 的浓度越高越好。

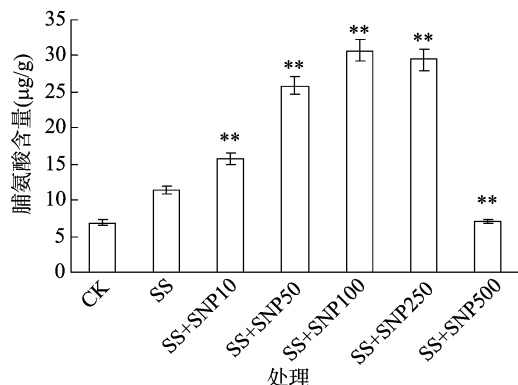


图2 不同处理条件下高粱幼苗的脯氨酸含量

2.3 不同浓度 SNP 溶液对 NaCl 胁迫下高粱幼苗可溶性糖含量的影响

由图 3 可见,100 mmol/L NaCl 单独处理(SS)高粱幼苗的可溶性糖含量比对照组(CK)的低 0.098 mg/g。说明 100 mmol/L NaCl 已经对高粱产生了盐胁迫。在 100 mmol/L NaCl 处理的基础上,外源施加不同浓度的 SNP 溶液均可缓解可溶性糖含量的下降。与盐对照(SS)相比,不同浓度的 SNP

溶液对可溶性糖含量影响不同,以 (SS + SNP100) 最为突出,上升了 0.177 2 mg/g ($P < 0.05$)。当 SNP 溶液浓度继续上升时,可溶性糖含量开始下降,(SS + SNP500)较 (SS + SNP100)下降了 0.076 mg/g。

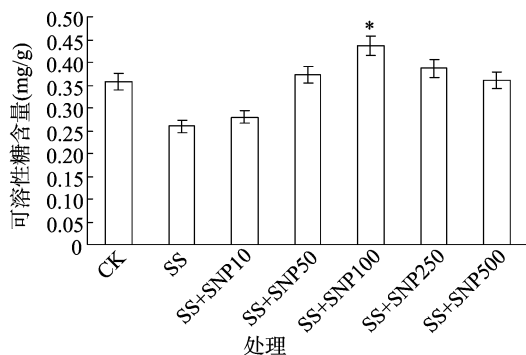


图3 不同处理条件下高粱幼苗的可溶性糖含量

2.4 不同浓度 SNP 溶液对 NaCl 胁迫下高粱幼苗硝态氮含量的影响

由图 4 可见,与对照组(CK)相比,100 mmol/L NaCl 单独处理(SS)高粱幼苗的硝态氮含量增加了 0.304 mg/g。说明 100 mmol/L NaCl 已经对高粱产生了盐胁迫。在 100 mmol/L NaCl 处理的基础上,外源施加不同浓度的 SNP 溶液,与 SS 相比,幼苗的硝态氮含量开始下降,随着 SNP 溶液浓度的增加 (SS + SNP50) ~ (SS + SNP500),硝态氮含量均发生了显著的变化 ($P < 0.01$)。其中 (SS + SNP100) (0.10 mmol/L) 比 SS (盐对照)硝态氮含量下降了 0.374 8 mg/g。

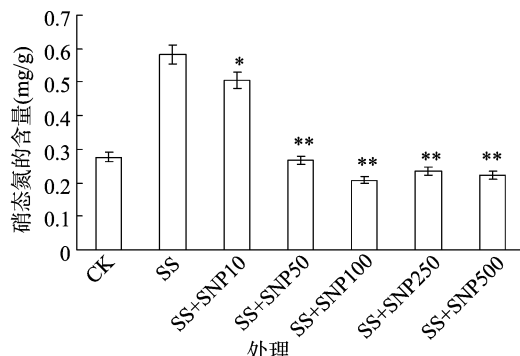


图4 不同处理条件下高粱幼苗的硝态氮含量

2.5 不同浓度 SNP 溶液对 NaCl 胁迫下高粱幼苗丙二醛含量的影响

由图 5 可见,100 mmol/L NaCl 单独处理(SS)高粱幼苗的丙二醛含量明显高于对照组(CK),上升了 0.056 4 $\mu\text{mol}/\text{g}$ 。说明 100 mmol/L NaCl 已经对高粱产生了盐胁迫。在 100 mmol/L NaCl 处理的基础上,外源施加不同浓度的 SNP 溶液处理的幼苗 (SS + SNP10) ~ (SS + SNP500)可缓解丙二醛含量的增加。0.10 mmol/L 的 SNP 溶液处理 (SS + SNP100),丙二醛含量下降最突出,下降了 0.081 $\mu\text{mol}/\text{g}$ ($P < 0.01$)。

2.6 不同浓度 SNP 溶液对 NaCl 胁迫下高粱幼苗叶绿素含量的影响

由图 6 可见,100 mmol/L NaCl 单独处理(SS)的高粱幼苗叶绿素含量明显低于对照组(CK)。叶绿素 a 含量、叶绿素

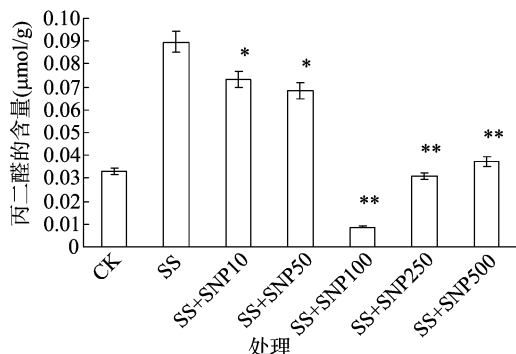


图5 不同处理条件下高粱幼苗的丙二醛含量

b 含量分别比对照组 (CK) 下降了 0.076、0.029 mg/g。说明 100 mmol/L NaCl 已经对高粱产生了盐胁迫。在 100 mmol/L NaCl 处理的基础上,外源施加 SNP 与 SS 相比,不同浓度的 SNP 溶液均可缓解总叶绿素含量的降低。随着 SNP 溶液浓度的增加,叶绿素 a 含量、叶绿素 b 含量与总叶绿素含量的变化趋势是一致的,均呈上升趋势,其中叶绿素 a 的变化最显著 ($P < 0.01$)。

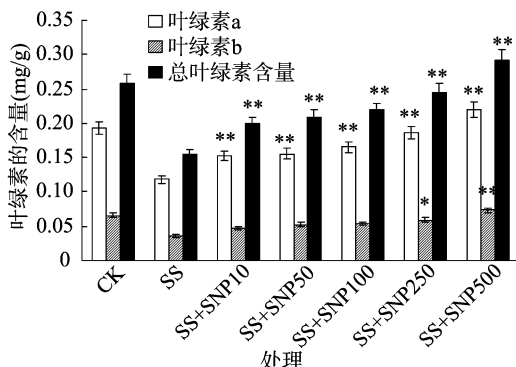


图6 不同处理条件下高粱幼苗的叶绿素含量

3 讨论与结论

植物根系的作用主要是吸收无机盐离子和水分,合成蛋白质、激素等物质。因此根系活力的强弱可以判断植物生长是否良好,直接影响植物整体的生长情况。本试验表明:不同浓度的 SNP 溶液 (0.01 ~ 0.50 mmol/L) 均可提高植物的根系活力,缓解盐胁迫对植物根系活力的抑制作用。

脯氨酸是种亲水性极强的氨基酸,可以稳定细胞内的代谢过程,有防止细胞脱水的作用。脯氨酸的含量一定程度上反映了植物的抗逆性,抗逆性越强的植物体内积累的脯氨酸含量越多。可溶性糖是植物体内较为有效的渗透物质之一,可以降低细胞两侧的渗透势,维持细胞体内恒定的渗透压,防止细胞大量失水^[17]。本试验证实:不同浓度的 SNP 溶液促进了 NaCl 胁迫下高粱幼苗的可溶性糖和脯氨酸含量的增加。其中以 0.10 mmol/L 的 SNP 溶液处理效果最好。外源 NO 可缓解盐胁迫对高粱幼苗生长的抑制作用,原因之一是促进可溶性糖和脯氨酸的积累。

硝态氮是植物体内最重要的氮源,是调控氮代谢的关键因素,植物体内硝态氮的含量可反映植物氮素的供应情况,硝态氮的含量易受环境条件的影响^[18]。本试验证明:盐胁迫增加硝态氮的含量,施加外源 NO 后,可缓解硝态氮含量的上

升。这可能是由于外源 NO 提高了高粱幼苗的根系活力,加快了植物体对硝酸根离子的吸收。

植物衰老或是受逆环境损害的情况下,组织或是器官发生过氧化反应容易产生丙二醛,它的含量与植物衰老及逆环境伤害有密切关系。本试验中:在盐单独处理时,丙二醛的含量显著升高,施加不同浓度的 SNP 溶液后,降低了丙二醛的含量,对细胞膜有很好的保护作用。

叶绿体色素是植物体进行光合作用的重要物质,主要由叶绿素 a、叶绿素 b 等组成。叶绿体色素的含量多少直接反映了植物进行光合作用的强弱,是植物体生长发育的重要指标^[12]。盐胁迫破坏了植物体内的光合作用系统,加剧了叶绿素的分解。本试验表明:盐胁迫降低了叶绿体色素的含量,外源 NO 可缓解胁迫下叶绿素的降解,促进植物生长。

综上所述,100 mmol/L NaCl 处理,明显抑制了高粱幼苗的生长和发育。外源施加不同浓度的 SNP 溶液,可以缓解盐胁迫对高粱幼苗的影响。SNP 溶液浓度为 0.01 ~ 0.50 mmol/L 时,对植物有一定的保护作用,其中 0.10 mmol/L 的 SNP 溶液处理效果最好 ($P < 0.01$)。显著增强了根系活力,提高了可溶性糖和脯氨酸的含量,增加了叶绿素的含量,降低了丙二醛的含量,促进了硝态氮的吸收,提高了高粱幼苗的抗逆性。试验结果为指导高粱种子在盐碱化土壤中的栽培提供了理论依据,对大面积规范种植高粱具有指导意义。

参考文献:

- [1] 王翠花,李春龙,张冬梅,等. 盐胁迫对不同品种小麦种子萌发的影响[J]. 内蒙古民族大学学报:自然科学版,2009,24(3):291-293.
- [2] Wang H, Wu Z, Chen Y, et al. Effects of salt and alkali stresses on growth and ion balance in rice (*Oryza sativa* L.) [J]. Plant Soil Environment, 2011, 57(6):286-294.
- [3] 贾海凤,张海燕. 外源 NO 对 NaCl 胁迫下板蓝根种子萌发和幼苗生理特性的影响[J]. 中草药,2014,45(1):118-124.
- [4] 黎大爵. 亟待开发的甜高粱酒精燃烧[J]. 中国农业科技导报, 2003,5(4):48-51.
- [5] Beligni M V, Lamattina L. Is nitric oxide toxic or protective? [J]. Trends Plant Sci, 1999,4(8):299-300.
- [6] Qiao W H, Fan L M. Nitric oxide signaling in plant responses to abiotic stresses [J]. Journal of Integrative Plant Biology, 2008, 50(10):1238-1246.
- [7] 王芳,王汉宇. 外源 NO 对 NaCl 胁迫下玉米幼苗氧化损伤的保护作用[J]. 草地学报,2012,20(6):1117-1122.
- [8] 苏桐,龙瑞军,魏小红,等. 外源 NO 对 NaCl 胁迫下燕麦幼苗氧化损伤的保护作用[J]. 草地学报,2008,17(5):48-53.
- [9] 张春平,何平,杜丹丹,等. 外源 NO 供体硝普钠 (SNP) 对盐胁迫下紫苏种子萌发及幼苗抗氧化酶活性的影响[J]. 中药材, 2011,34(5):665-669.
- [10] 陆莹,王萍,宋兆伟. 外源一氧化氮浸种对 NaCl 胁迫下沙葱种子萌发和生理特性的影响[J]. 华北农学报,2011,26(2):207-212.
- [11] 张晓倩,王康才,张彦南,等. 外源 NO 对 NaCl 胁迫下水飞蓟种子萌发和幼苗生理特性的影响[J]. 中草药,2013,44(22):3216-3222.
- [12] 方淑梅,梁喜龙,纪伟波,等. 外源 NO 对盐碱胁迫下水稻幼苗生

张网定,田晨,朱庆洋,等. 气象因素对油菜品种苏油211生长发育和产量的影响[J]. 江苏农业科学,2016,44(8):142-144.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.08.038

气象因素对油菜品种苏油211生长发育和产量的影响

张网定¹,田晨²,朱庆洋³,刘浩³,左青松³

(1. 江苏省扬州市气象局,江苏扬州 225000;2. 江苏省靖江市气象局,江苏靖江 214500;

3. 扬州大学江苏省作物遗传生理重点实验室,江苏扬州 225009)

摘要:以甘蓝型常规油菜苏油211为试验材料,研究了2013—2014年和2014—2015年不同年度气象因素对油菜生长的影响。结果表明,气象因素对油菜生长发育时期有明显影响,其中2014年3月高温(日平均气温)出现时间早,油菜初花期提早。2013—2014年度,试验现蕾前有效光照时数高,分化花芽多,最终形成的角果数多。4月是油菜开花结实关键时期,2014年4月降雨量大,菌核病发生严重,千粒质量下降幅度较大,2013—2014年度千粒质量与2014—2015年度相比,下降幅度为13.2%。千粒质量下降,籽粒含油率降低。

关键词:油菜;气象因素;有效积温;菌核病;生长发育;产量

中图分类号: S565.401 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2016)08-0142-03

中国是油菜生产大国,常年种植面积约700万hm²,菜籽油也是我国自产的第一大食用植物油^[1-2]。油酸可降低人体血液中低密度脂蛋白胆固醇含量,阻止血管硬化,双低油菜因油酸含量高,具有较高的营养价值^[3]。随着植物油脂人均摄入量的增加,油菜生产的重要性亦随之增加^[4]。我国油菜生产主要集中在南方的长江流域,该地区面积和总产均占全国面积和总产的80%^[5],而油菜收获的初夏时节长江流域通常雨水相对较多,对油菜生长和收获均会有较大影响。同时长江流域冬油菜是越冬作物,也容易遭受冻害的影响。本研究以甘蓝型常规油菜品种苏油211为试验材料,研究2013—2014年、2014—2015年不同年度气象因素对油菜生长的影响,以期对油菜生产上合理田间管理措施的制定提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

扬州大学培育的甘蓝型常规油菜品种苏油211。

1.2 试验设计

收稿日期:2015-06-26

基金项目:国家科技支撑计划(编号:2014BAD11B03);江苏省扬州市科技计划(编号:YZ2014034, YZ2014172)。

作者简介:张网定(1975—),男,江苏扬州人,工程师,主要从事农业气象研究。E-mail:517331202@qq.com。

通信作者:左青松,博士,副教授,主要从事油菜栽培生理研究。Tel:(0514)87970015;E-mail:qsuo@yzu.edu.cn。

长抑制的缓解作用[J]. 江苏农业科学,2013,41(8):67-69。

[13]林燕,洪艳艳,史庆华,等. SNP对NaHCO₃胁迫下黄瓜幼苗生长及氮代谢酶活性的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2010,16(5):1294-1298。

[14]邹琦. 植物生理生化实验指导[M]. 北京:中国农业出版社,1995:33-36。

[15]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,2000:258-260。

试验于2013—2014年度、2014—2015年度在扬州大学试验农场同一块试验田进行,试验田为水稻轮作,2013—2014年度油菜移栽前的土壤肥力为速效氮96.6 mg/kg、速效磷21.8 mg/kg、速效钾86.5 mg/kg,2014—2015年度油菜移栽前的土壤肥力为速效氮101.3 mg/kg、速效磷23.0 mg/kg、速效钾87.6 mg/kg。2个试验年度均在10月12日人工条直播方式播种,行距30 cm,3叶期定苗,田间留苗密度30万株/hm²。试验田氮肥(纯氮)用量为240 kg/hm²,磷肥(P₂O₅)、钾肥(K₂O)用量均为150 kg/hm²;氮肥按基、苗、薹肥比5:2:3的方式施入,磷肥全部基施,钾肥1/2作基肥,1/2作薹肥。试验小区面积60 m²,设置3个重复。

1.3 测定内容与方法

1.3.1 植株取样 现蕾期取样5株,从子叶节处剪掉根系,于105℃条件下杀青30 min,再于80℃恒温条件下烘干后称质量。成熟期(全田70%角果变黄日期)在各小区连续取样10株,晾晒5 d,从子叶节处剪掉根系,分开茎枝、果壳和籽粒,于80℃恒温条件下烘干后称质量。

1.3.2 籽粒品质测定及菌核分级 采用近红外反射光谱法(NIRS3700)测定油菜籽粒含油率和蛋白质含量。

菌核病病级调查:按照袁谦的菌核病病级分级标准^[6]进行分析:0级,不发病;1级,1/3以下分枝数发病或主茎病斑不超过3 cm;2级,1/3~2/3分枝数发病或发病分枝数在1/3以下,主茎病斑超过3 cm;3级,2/3以上分枝数发病或发病分枝数2/3以下及主茎中下部病斑3 cm以上;4级,2/3以上分枝数发

[16]西北农业大学. 基础生物化学实验指导[M]. 西安:陕西科学技术出版社,1986:55-56。

[17]郝岗平,杜希华,史仁玖. 干旱胁迫下外源一氧化氮促进银杏可溶性糖、脯氨酸和次生代谢产物合成[J]. 植物生理与分子生物学报,2007,33(6):499-506。

[18]Datta R, Sharma R. Temporal and spatial regulation of nitrate reductase and nitrite reductase in greening maize leaves[J]. Plant Science, 1999, 144(2):77-83。