

植物生长调节剂 GGR-6 对 苜蓿种子萌发及芽苗生理特性的影响

王 香, 高 永, 汪 季, 蒙仲举, 陈士超, 刘宗奇

(内蒙古农业大学 生态环境学院, 内蒙古 呼和浩特 010018)

摘 要:以紫花苜蓿种子为试材,采用不同浓度 GGR-6(GGR-6 号生根粉)溶液(0、50、100、150、200 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)处理苜蓿种子,研究了 GGR-6 对紫花苜蓿种子萌发及芽苗生理特性的影响。结果表明:GGR-6 能够显著提高苜蓿种子的发芽率、发芽势;苜蓿芽苗叶片中叶绿素含量、过氧化物酶(POD)、超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化氢酶(CAT)活性和相对电导率(REC)均随 GGR-6 浓度的增加呈上升趋势;游离脯氨酸含量(Pro)和丙二醛(MDA)含量均随 GGR-6 浓度的增加呈下降趋势;利用隶属函数法对苜蓿芽苗 11 个指标的隶属函数值进行计算,综合评定 GGR 质量浓度($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)从高到低的排序为 $100 > 150 > 200 > 50 > 0(\text{CK})$ 。筛选出 GGR-6 对苜蓿种子萌发及芽苗生理特性的最佳浓度为 $100 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$,为提高紫花苜蓿产量和质量提供了一定理论依据。

关键词:紫花苜蓿;GGR-6;种子萌发;生理特性

中图分类号:S 551+.7 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2016)15-0067-05

种子是植物所特有的延存器官,种子萌发期是植物生命周期中最敏感、脆弱而又非常关键的时期,只有在适宜的条件时,种子才能开始其活跃的生命活动,种子的发芽阶段和芽苗的生长时期是植物在其生长过程中最重要的 2 个阶段^[1-4]。紫花苜蓿(*Medicago sativa* L.) (简称“苜蓿”)是一种高产、稳产,具有抗寒、耐旱、耐盐碱等优点的豆科牧草。其可促进土壤有机质、全氮在土壤表层的积累,有丰富的种质资源优势 and 极大的区域特殊性^[5]。在播种当年,紫花苜蓿即可完全地郁蔽地面,在保持水土、防风固沙、防治土壤退化、控制坡地土壤侵蚀方面起到了积极的作用^[6]。植物生长调节剂 GGR-6(即 GGR-6 号生根粉)是一种易溶于水、易储藏,对环境无污染的新型高效复合型植物生长调节剂。能够有效提高酶活性,加快细胞分裂速度,调节植物内源激素的含量和新陈代谢,促使植物种子解除休眠,打破抑制种子发芽的活性物质,诱导植物不定根的形态建成,使根系发达,达到促进植物生长发育的作用^[7-8]。因此,以紫花苜

蓿为研究对象,研究 GGR-6 对紫花苜蓿种子萌发及芽苗生理生化特性的影响,从而选择浓度适宜的 GGR-6 作用于苜蓿,对于改善生态环境、退耕还草以及调整农业产业结构,解决干旱半干旱地区植被的恢复与重建等相关方面具有一定的现实意义^[9]。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验于内蒙古农业大学生态环境学院水土保持与荒漠化防治实验室进行。供试紫花苜蓿种子由内蒙古乌审旗国营纳林河林场提供。GGR-6 为可溶性粉剂,由中国林业科学研究院艾比蒂(ABT)研究开发中心研制。

1.2 试验方法

1.2.1 种子预处理 筛选大小均匀一致、无病虫害、饱满的紫花苜蓿种子。用砂纸打磨种皮 50 次,破除休眠,用 0.1% HgCl_2 溶液浸泡消毒 10 min,再用去离子水冲洗 3 次,沥干备用。

1.2.2 GGR-6 溶液的配制 按照 GGR-6 与蒸馏水质量百分比梯度配制不同浓度溶液,溶液浓度分别为 0、50、100、150、200 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$,分别记作 CK、G50、G100、G150、G200。

1.2.3 种子发芽试验 将预处理后的种子在 20℃ 黑暗条件下,用不同处理浓度 GGR-6 溶液浸种 24 h。沥干水分后按 50 粒·皿⁻¹均匀置于铺有 2 层无菌定量滤纸的培养皿中,分别加入 10 mL 对应浓度 GGR-6 处理液,每

第一作者简介:王香(1990-),女,内蒙古乌海人,硕士研究生,研究方向为荒漠化防治。E-mail:844199417@qq.com.

责任作者:汪季(1957-),男,山东济南人,博士,教授,博士生导师,研究方向为荒漠化防治。E-mail:wangji1957@163.com.

基金项目:内蒙古农业大学优秀青年基金资助项目(2014XYQ-8);国家林业公益性行业科研资助项目(201204205)。

收稿日期:2016-04-20

处理重复 5 次,放入恒温 20 ℃、相对湿度 80% 的光照培养箱中(光照 12 h/黑暗 12 h)培养。每日定时通风 3 次,及时补充各处理所散失的水分以维持恒定的处理液水势,每 2 d 更换 1 次滤纸。每日 18:00 观察种子发芽情况,有明显的胚根“露白”认定为发芽。第 10 天结束发芽试验。发芽率(GP,%)=发芽种子数/供试种子总数×100;发芽势(GE,%)=前 1/3 时间内发芽种子数/供试种子数×100。

1.3 项目测定

1.3.1 芽苗生理指标的测定 第 10 天结束发芽试验后,于 08:00 取上述不同处理的芽苗置于冰浴中备用。各生理生化指标参照李合生^[10]、张志良^[11]的方法测定。采用愈创木酚显色法测定过氧化物酶(POD)活性;采用氮蓝四唑(NBT)法测定超氧化物歧化酶(SOD)活性;采用紫外吸收法测定过氧化氢酶(CAT)活性;采用磺基水杨酸提取法测定游离脯氨酸(Pro)含量;采用硫代巴比妥酸(TBA)比色法测定丙二醛(MDA)含量;采用电导法测定叶片相对电导率(REC);采用分光光度法测定叶绿素含量。

1.3.2 隶属函数的综合评定 选取隶属函数法对其进行综合评价,将各指标的隶属函数值求和后求平均值,对最终的均值进行排序,序号越小说明其所对应的处理越好,反之亦然。各指标隶属函数值公式:若指标与紫花苜蓿生长呈正相关,则 $X(U) = (X - X_{\min}) / (X_{\max} - X_{\min})$;若指标与紫花苜蓿生长呈负相关,则 $X(U) = 1 - (X - X_{\min}) / (X_{\max} - X_{\min})$ 。式中: X 为指标的实测值; X_{\max} 、 X_{\min} 分别指测定值的最大值和最小值。

1.4 数据分析

采用 Excel 2003 软件进行表格绘制和数据处理,采用 SAS 9.0 软件对试验数据进行单因素方差分析(One-Way ANOVA),采用 Sigma Plot 12.0 软件对数据进行绘图,再用隶属函数法对各指标进行综合评定。

2 结果与分析

2.1 GGR-6 对苜蓿种子萌发特性的影响

2.1.1 种子发芽率 发芽率和累积发芽率是反映种子萌发能力和质量的重要参数。由图 1 可知,随着时间的增加,种子日发芽动态(除 CK 和 G200 外)呈“单峰型”,种子的发芽率呈下降趋势。第 1 天时,CK 处理下种子发芽率最大;其它处理在发芽第 3 天时,日发芽率均达到最大值,第 7 天后基本趋于稳定。由图 2 可知,随着时间的增加,累积发芽率在前 4 d 时,呈近似直线型增长($y_{CK} = 14.34x + 21.88, R^2 = 0.96$; $y_{G50} = 18.66x + 14.42, R^2 = 0.99$; $y_{G100} = 19.91x + 12.00, R^2 = 0.964$; $y_{G150} = 21.43x + 7.96, R^2 = 0.92$; $y_{G200} = 19x + 16.5, R^2 = 0.91$)。浓度越大增加的速率越大,经方差检验 G100、G150、G200 处理间差异不显著($P > 0.05$),到第 4 天时显著大

于 CK 与 G50 处理($P < 0.05$);在第 5 天以后趋于平缓,到第 10 天结束发芽时最终发芽率的顺序大小为 $G200 > G150 > G100 > G50 > CK$ 。

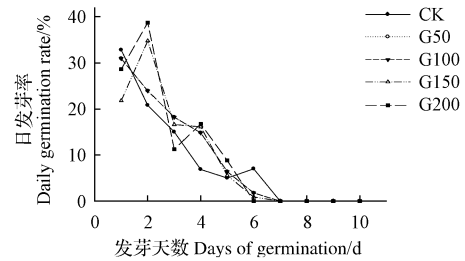


图 1 GGR-6 对苜蓿种子日发芽率的影响

Fig. 1 Effect of GGR-6 on seed daily germination rate

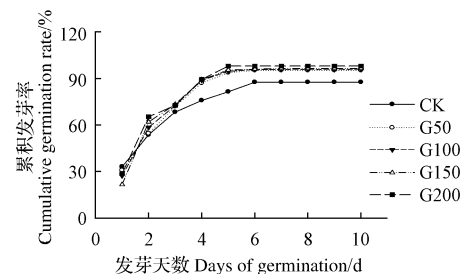


图 2 GGR-6 对苜蓿种子累积发芽率的影响

Fig. 2 Effect of GGR-6 on seed cumulative germination rate

2.1.2 种子发芽势 发芽势是反映种子发芽能力的重要指标,是种子出芽整齐和出苗一致的综合表现。由图 3 可知,发芽势在各浓度处理下从低到高顺序是 $CK < G50 < G100 < G150 < G200$ 。G50、G100、G150 较 CK 增加了 1.24%、8.69%、14.90%,各处理间差异不显著($P > 0.05$);G200 较 CK 增加了 21.74%,且达到显著性差异($P < 0.05$)。说明 GGR-6 浓度对苜蓿种子发芽势影响显著,当其浓度超过 $100 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时对种子发芽势的促进作用愈加明显。

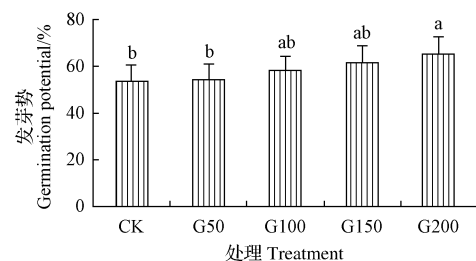


图 3 GGR-6 对苜蓿种子发芽势的影响

Fig. 3 Effect of GGR-6 on seed germination potential

2.2 GGR-6 对苜蓿芽苗叶绿素含量的影响

叶绿素是植物进行光合作用的基础。由图 4 可以看出,苜蓿芽苗叶片中叶绿素含量随着 GGR-6 浓度的增加呈上升趋势,且 GGR-6 的浓度为 $200 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,叶绿素 a、叶绿素 b、类胡萝卜素和叶绿素总量达到最大值,

CK 处最小。各处理叶绿素 a、叶绿素 b、叶绿素总量均大于 CK; 叶绿素 a、类胡萝卜素在 G150、G200 处理与 CK、G50、G100 处理间差异显著 ($P < 0.05$); 叶绿素 b 在 G150、G200 和 G50、G100 处理间差异不显著 ($P > 0.05$), 但均与 CK 处理间差异显著 ($P < 0.05$); 类胡萝卜素在 G50、G100 处理间不显著 ($P > 0.05$), 与其它处理差异显著 ($P < 0.05$)。

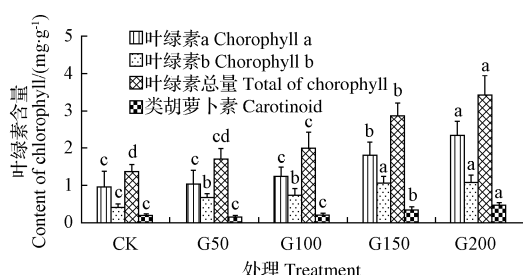


图4 GGR-6对苜蓿芽苗叶片中叶绿素含量的影响

Fig. 4 Effect of GGR-6 on the content of chlorophyll in the seedling

2.3 GGR-6对苜蓿芽苗抗氧化酶活性的影响

2.3.1 过氧化物酶(POD)活性 过氧化物酶作为细胞保护酶可消除自由基,减轻膜脂过氧化,增加植株耐热性^[12]。由图5可知,苜蓿芽苗 POD 活性随着 GGR-6 浓度的增加而呈上升趋势,其中 GGR-6 的浓度为 $200 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,POD 活性达到最大值,为 $3237 \text{ U} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$,CK 值最小,为 $560 \text{ U} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ 。各处理间均存在显著性差异 ($P < 0.05$),各处理较 CK 增加了 124.90%、246.13%、362.18%和 477.68%。

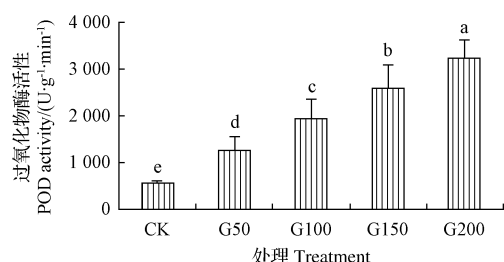


图5 GGR-6对苜蓿芽苗叶片中 POD 活性的影响

Fig. 5 Effect of GGR-6 on the activity of POD in the seedling

2.3.2 超氧化物歧化酶(SOD)活性 SOD 是消除超氧阴离子自由基的关键酶,使植物体免受活性氧的伤害。由图6可知,苜蓿芽苗 SOD 的活性随着 GGR-6 浓度的增加呈上升趋势,其中 GGR-6 的浓度为 $200 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,SOD 活性达到最大值,为 $1477 \text{ U} \cdot \text{g}^{-1}$,CK 值最小,为 $468 \text{ U} \cdot \text{g}^{-1}$,最大值较最小值增加了 209.19%。G50、G100 与 G150、G200 处理间差异不显著 ($P > 0.05$),但均与 CK 差异显著 ($P < 0.05$)。

2.3.3 过氧化氢酶(CAT)活性 过氧化氢酶(CAT)是

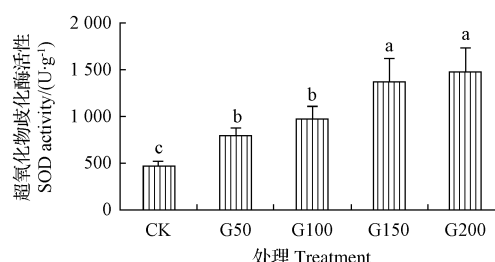


图6 GGR-6对苜蓿芽苗叶片中 SOD 活性的影响

Fig. 6 Effect of GGR-6 on the activity of SOD in the seedling
生物演化过程中建立起来的生物防御系统的关键酶之一,能催化细胞内过氧化氢的分解防止过氧化^[13]。由图7可知,苜蓿芽苗叶片中 CAT 的活性随着 GGR-6 浓度的增加而增加,其中 GGR-6 的浓度为 $200 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,CAT 活性达到最大值,CK 值最小。G100 和 G150 处理间差异不显著 ($P > 0.05$),且与 CK、G50、G200 处理间差异显著 ($P < 0.05$)。

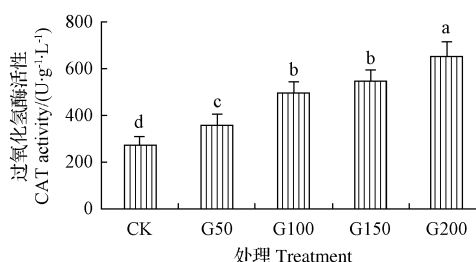


图7 GGR-6对苜蓿芽苗叶片中 CAT 活性的影响

Fig. 7 Effect of GGR-6 on the activity of CAT in the seedling

2.4 GGR-6对苜蓿芽苗应激性指标的影响

2.4.1 丙二醛(MDA)含量 MDA 是膜脂过氧化作用的最终产物,同时反映出植物对逆境条件反应的强弱^[14]。MDA 含量越高,说明叶片受到伤害的程度越深。由图8可知,苜蓿芽苗叶片中 MDA 的含量随着 GGR-6 浓度的增加呈下降趋势,其中 GGR-6 的浓度为 $200 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,MDA 含量最低,为 $3.05 \text{ nmol} \cdot \text{g}^{-1}$,CK 值最高,为 $41.33 \text{ nmol} \cdot \text{g}^{-1}$ 。各处理均与 CK 差异显著 ($P < 0.05$),其中 G150 与 G200 间差异不显著 ($P > 0.05$)。

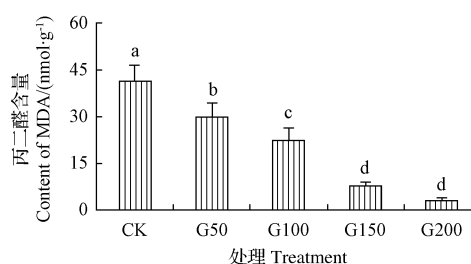


图8 GGR-6对苜蓿芽苗叶片中 MDA 含量的影响

Fig. 8 Effect of GGR-6 on the content of MDA in the seedling

2.4.2 游离脯氨酸(Pro)含量 游离脯氨酸是植物在逆境胁迫下的产物。由图 9 可以看出,苜蓿芽苗游离脯氨酸的含量随着 GGR-6 浓度的增加而呈下降趋势,CK 最大,为 $52 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$,GGR-6 的浓度为 $200 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,游离脯氨酸含量最小,为 $25 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ 。最小值较最大值减小了 51.92%。各处理与 CK 差异显著($P < 0.05$),其中 G150 与 G200 处理间差异不显著($P > 0.05$)。

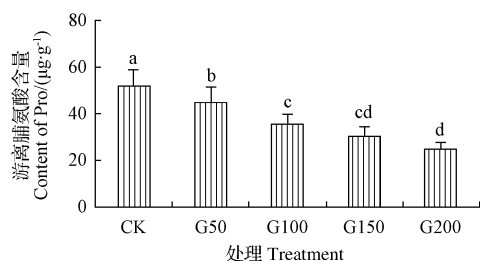


图 9 GGR-6 对苜蓿芽苗叶片中 Pro 含量的影响

Fig. 9 Effect of GGR-6 on the content of Pro in the seedling

2.4.3 相对电导率(REC) 相对电导率是衡量植物抗性的一个重要指标,其变化能反映植物受逆境伤害时细胞膜功能受损程度。由图 10 可以看出,苜蓿芽苗叶片中相对电导率随着 GGR-6 浓度的增加而呈上升趋势,其

中在 GGR-6 的浓度为 $200 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,苜蓿芽苗叶片电导率最大,CK 为最小;最大值较最小值增加了 84.89%。G100、G150、G200 处理与 CK 差异显著($P < 0.05$),其中 G100 与 G150 处理间差异不显著($P > 0.05$);G50 与 CK 处理间差异不显著($P > 0.05$)。

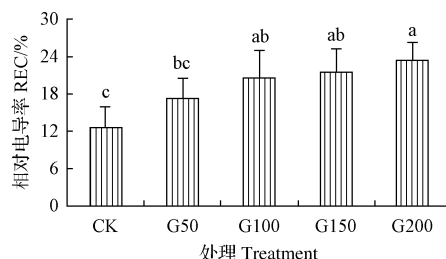


图 10 GGR-6 对苜蓿芽苗叶片中 REC 的影响

Fig. 10 Effect of GGR-6 on REC in the seedling

2.5 隶属函数综合评定

表 1 是利用隶属函数法得出的不同浓度对苜蓿芽苗生理指标的综合评定,综合评定从高到低的排序为 $G100 > G150 > G200 > G50 > CK$ 。因此,综合考虑对苜蓿种子处理最适合的 GGR-6 浓度为 $100 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

表 1 GGR-6 对苜蓿芽苗生理影响综合评定

Table 1 Comprehensive assessment on the effect of GGR-6 on the physiological characteristics of *Medicago sativa* seedling

处理编号 Treatment No.	发芽率 Germination rate	发芽势 Germination potentia	过氧化物酶 POD	超氧化物歧化酶 SOD	过氧化氢酶 CAT	丙二醛 MDA	游离脯氨酸 Pro	相对电导率 REC	叶绿素 a Chlorophyll a	叶绿素 b Chlorophyll b	叶绿素总量 Total chlorophyll	均值 Mean	排序 Sorting
CK	0.42	0.58	0.44	0.43	0.52	0.41	0.57	0.33	0.47	0.48	0.50	0.47	5
G50	0.52	0.43	0.48	0.52	0.52	0.60	0.62	0.47	0.50	0.40	0.35	0.49	4
G100	0.60	0.87	0.49	0.48	0.57	0.49	0.53	0.42	0.50	0.58	0.46	0.55	1
G150	0.67	0.54	0.49	0.54	0.63	0.29	0.41	0.72	0.57	0.50	0.46	0.53	2
G200	0.59	0.22	0.54	0.59	0.56	0.56	0.44	0.63	0.38	0.46	0.62	0.51	3

3 讨论与结论

种子的发芽率和发芽势是反映种子萌发特性的最直接指标。该试验表明苜蓿种子日发芽动态呈“单峰型”,GGR-6 处理显著提高了种子发芽速度,缩短发芽日数。戎聪敏^[15]指出,GGR-6 试剂浸种处理对油菜种子发芽率和芽苗生长的影响与试剂种类及所用浓度均有关,适当的浓度对其有促进作用。齐秀娟等^[16]研究结果表明,低质量浓度的 IAA、NAA、2,4-D、GA₃ 能促进花粉萌发,超过一定的质量浓度则对花粉萌发起抑制作用。张福平等^[17-18]的试验结果表明,采用植物生长调节剂浸种是提高种子发芽率、改善田间生产性能的一种简易有效方法,IBA 能够提高韭菜种子的发芽率。发芽率、发芽势均随着 GGR-6 浓度升高而显著升高,利用隶属函数法得出 GGR-6 $100 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 处理能较好的促进苜蓿种子的萌发。LUO 等^[19]研究发现利用外源赤霉素与低温层积处理不同时间可解除 4 种苔草属植物种子的生理休

眠、促进萌发。孟梦等^[20]研究得出,ABT1 生根粉水剂 $50 \sim 500 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 对思茅松种子的萌发起到抑制作用,浓度为 $500 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,抑制作用显著。可能原因是:种子萌发是各种生态因子互作的产物,但种子本身的生物学特性促使种子萌发对生态因子的响应程度不同而异^[21]。该研究进行种子发芽试验,符合植物种子正常生活节律。曲昭琪等^[22]研究发现生根粉使约书亚树芽苗的 POD 活性显著提高,以此来减少植物在逆境条件下产生的氧自由基对膜系统的破坏作用。吴娟等^[23]在研究植物生长调节剂对香樟叶片生理代谢的影响时发现低温处理后,香樟叶片的 CAT 活性明显提高;随 GGR-6 处理浓度升高,丙二醛和游离脯氨酸呈现上升趋势,而相对电导率呈下降趋势,与该研究所得出的结论大体一致。覃世杰等^[24]在研究 GGR-6 对中国无忧花生理生化影响时发现,MDA 含量随生长调节剂 GGR-6 浓度的升高而持续降低,说明对中国无忧花喷施生长调节剂 GGR-6 可在一定程度抑制植株膜脂过氧化进程,保护生物膜,延缓

植株衰老,与该研究一致。原因可能是正常条件下,细胞内的活性氧与防御系统之间保持着平衡,当植物受到外界影响时,活性氧的酶促清除系统发挥作用,并使酶活性维持较高水平,当活性氧的产生超过其清除能力,活性氧未能及时清除而损坏生物膜系统,对植物细胞产生很强的毒害作用^[25],酶活性也会随之下降。不同植物清除活性氧系统的阈值有所不同,则会出现不同的结果。

该研究结果表明,种子日发芽动态呈“单峰型”,GGR-6处理显著提高了种子发芽速度,缩短发芽过程。苜蓿芽苗叶片中叶绿素含量、过氧化物酶(POD)、超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化氢酶(CAT)活性和相对电导率(REC)均随GGR-6浓度的增加呈上升趋势;而游离脯氨酸含量(Pro)和丙二醛(MDA)含量均随GGR-6浓度的增加呈下降趋势。GGR-6处理浓度为 $100\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 时,紫花苜蓿各指标隶属函数平均值最大。

参考文献

- [1] 陈丽培,沈永宝.油松种子萌发初始阶段物质代谢的研究[J].北京林业大学学报,2010,32(2):69-73.
- [2] 张荟荟,甄世财,张一弓,等.12份苜蓿种质材料苗期抗旱性综合评价[J].草业科学,2014,31(4):737-743.
- [3] 王彦荣,张巨明,聂斌.兰引3号草坪型结缕草发芽生态适应性研究[J].草业学报,1996,5(2):49-55.
- [4] 刘宗奇,高永,汪季,等.不同浓度PPP₃₃₃和GGR-6对紫花苜蓿种子发芽的影响[J].北方园艺,2015(20):61-64.
- [5] 张荟荟,甄世财,张一弓,等.12份苜蓿种质材料苗期抗旱性综合评价[J].草业科学,2014,31(4):737-743.
- [6] 秦峰梅,张红香,武伟,等.盐胁迫对黄花苜蓿发芽及芽苗生长的影响[J].草业学报,2010,19(4):71-78.
- [7] 贾娟,姚延寿,史敏华,等.生根剂促进槭树植物扦插繁殖的研究进展[J].西北林学院学报,2010,25(4):107-109.
- [8] 北京艾比蒂研究开发中心.ABT生根粉系列产品使用说明[EB/OL].http://web.zgny.com.cn/stencil/152/list_cn.asp?Client_ID=720&Edition_ID=1&mid=10952. [2015-07-02].

- [9] 张姝振,金樑,周虹,等.生长调节剂和基质对紫花苜蓿扦插繁殖效率的影响[J].草业科学,2013,30(6):874-879.
- [10] 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,2000:260-261.
- [11] 张志良.植物生理学试验指导[M].北京:高等教育出版社,1990.
- [12] 吴国胜,曹婉虹,王永健,等.赖膜热敏性及保护酶和大白菜耐热性的关系[J].园艺学报,1995,22(4):353-358.
- [13] 张坤生,田荟琳.过氧化氢酶的功能及研究[J].食品科技,2007,32(1):8-11.
- [14] 徐兴友,王子华,张凤娟,等.干旱胁迫对6种野生耐旱花卉芽根系保护酶活性及脂质过氧化作用的影响[J].林业科学,2008,44(2):41-47.
- [15] 戎聪敏.不同条件下药剂浸种对油菜发芽率及芽苗长势的影响[D].南京:华中农业大学,2013.
- [16] 齐秀娟,张绍龄,方金豹,等.植物生长调节剂对猕猴桃花粉萌发影响[J].经济林研究,2010,28(3):45-50.
- [17] 张福平,曾瑶琴.植物生长调节剂对韭菜种子发芽与芽苗生长的影响[J].贵州农业科学,2009,37(11):160-163.
- [18] 张福平,赖秋纯.6-BA等对番茄种子发芽与芽苗生长的影响[J].农业科技通讯,2008(6):36-38.
- [19] LUO X, PAN Y Z, YANG X J, et al. Effect of cold stratification on dormancy germination of four and *Carex* species seeds[J]. Acta Prataculturae Sinica, 2010, 19(3):117-123.
- [20] 孟梦,李莲芳,周云,等.不同处理对思茅松种子发芽的影响[J].种子,2011,30(3):88-90.
- [21] 杨景宁,王彦荣.PEG模拟干旱胁迫对四种荒漠植物种子萌发的影响[J].草业学报,2012,21(6):23-29.
- [22] 曲昭琪,满秀玲,段亮亮.生物制剂对约书亚树芽苗成活及生理生化影响的综合评价[J].北京林业大学学报,2012,34(4):67-72.
- [23] 吴娟,陈金苗,马长江.植物生长调节剂对香樟叶片生理代谢的影响[J].湖北农业科学,2012,51(2):329-332.
- [24] 覃世杰,谭长强,侯文娟,等.植物生长调节剂GGR6对中国无忧花生理生化的影响[J].北方园艺,2014(4):72-75.
- [25] CHEN Y J, ZU Y G, LIU H M, et al. Effect of drought on membrane lipid peroxidation and protective enzymes activities in cells of different kentucky bluegrass cultivars[J]. Chinese Journal of Grassland, 2008, 30(5):32-36.

Effect of GGR-6 on the Seed Germination and Seedling Physical Characteristics of *Medicago sativa*

WANG Xiang, GAO Yong, WANG Ji, MENG Zhongju, CHEN Shichao, LIU Zongqi

(College of Ecology and Environmental Science, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot, Inner Mongolia 010018)

Abstract: Taking *Medicago sativa* as material, the effect of different concentration of GGR-6 ($0\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, $50\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, $100\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, $150\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, $200\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$) on seed germination and seedling physiological characteristics of *Medicago sativa* was studied. The results showed that the seed germination rate and germination potential could be increased by GGR-6, the chlorophyll content, POD, SOD, CAT activities and REC in the seedling leaves were all increased with the concentration of GGR-6 increasing. The content of Pro and MDA showed the opposite trend as above; the membership function values of the 11 indexes were calculated by use of membership function, the comprehensive assessment of the values from high to low was $G100 > G150 > G200 > G50 > \text{CK}$. The most suitable concentration of GGR-6 was $100\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ for the best growth of the *Medicago sativa* seedling. It could provide theoretical basis for the promotion of the output and quality of the *Medicago sativa*.

Keywords: *Medicago sativa*; GGR-6; seed germination; physiological characteristics