

# 外源赤霉素 GA<sub>3</sub>对偃麦草属植物种子萌发特性的影响

田小霞,孟庆沂,毛培春,郑明利,孟林\*

(北京市农林科学院草业花卉与景观生态研究所,北京 100097)

**摘要:**促进偃麦草属植物种子萌发是偃麦草属植物栽培草地成功建植的关键。通过不同浓度外源赤霉素 GA<sub>3</sub>溶液(0、500、1 000、1 500和2 000 mg/L)对长穗偃麦草、中间偃麦草和偃麦草种子进行浸种处理,分析外源 GA<sub>3</sub>对3种偃麦草属植物种子萌发及生理特性的影响。结果表明:随外源 GA<sub>3</sub>处理浓度的增加,3种偃麦草属植物种子发芽率和发芽势均显著提高,1 500 mg/L是最适合打破种子休眠而萌发的浓度;GA<sub>3</sub>浸种处理促进了3种偃麦草属植物种子胚根和胚芽的生长,提高了内源生长促进物质 IAA 和 GA<sub>3</sub>含量,降低生长抑制物质 ABA 含量,且提高了胚芽的 POD 活性,降低了 MDA 含量。1 500 mg/L 外源 GA<sub>3</sub>浸种处理可较好地调控种子内源激素含量继而促进种子萌发,为偃麦草属植物种子高效生产和草地建植提供了理论依据。

**关键词:**偃麦草属植物;赤霉素 GA<sub>3</sub>;种子萌发;生理特性

**中图分类号:**S633.9 **文献标志码:**A **文章编号:**1009-5500(2022)06-0095-06

**DOI:**10.13817/j.cnki.cycp.2022.06.013



偃麦草属(*Elytrigia*)植物是禾本科小麦族多年生根茎疏丛型草本植物,全世界已知40余种,起源于欧洲、中亚和中东,主要分布在温带、寒温带和寒带,我国有栽培历史和野生分布的约有11种,如偃麦草(*E. repens*)、长穗偃麦草(*E. elongata*)、中间偃麦草(*E. intermedia*)、毛偃麦草(*E. trichophora*)和硬叶偃麦草(*E. smithii*)<sup>[1-2]</sup>。其中,因长穗偃麦草、中间偃麦草和偃麦草具有较强的抗寒性、抗旱性、耐盐碱性及强抗病性,已成为小麦(*Triticum aestivum*)远缘杂交的重要亲本材料,也是我国北方地区防风固沙、水土保持和改良盐碱地等生态环境建设用的理想草种和重

要的优质牧草资源<sup>[2-3]</sup>。中间偃麦草和长穗偃麦草具短根茎,偃麦草具长根茎,均存在抽穗率和结实率相对较低的缺点,特别是在旱、盐等非生物逆境胁迫下种子发芽率低的问题更加突出,成为偃麦草属植物草地建植的主要限制条件<sup>[4]</sup>。种子萌发是植物生长发育的前提,而且种子萌发是一个复杂的生理生化变化过程,与内部贮藏的营养物质和内源激素变化密切相关。因此,寻找合适的外源赤霉素浓度处理偃麦草属植物种子,研究外源赤霉素作用下偃麦草属植物的种子发芽率、内源激素含量和POD酶活性的变化,为外源赤霉素 GA<sub>3</sub>应用于促进偃麦草属植物种子萌发期生长机制提供理论依据,同时也为偃麦草属植物草地建植提供新的技术手段。

赤霉素是一种天然植物生长调节剂,在植物的生长发育过程中发挥着重要作用,已在农业和园艺行业有多种应用。赤霉素可以打破种子的休眠,促进基因的表达,在短时间内提高种子的发芽率,还可通过激活种子内部的水解酶,刺激淀粉水解为葡萄糖,以提高种子的活力<sup>[5-6]</sup>。Kwon等<sup>[7]</sup>研究发现用1.0 g/L的GA<sub>3</sub>对杜茎山(*Maesa japonica*)种子浸泡后发芽率达

**收稿日期:**2021-11-05;**修回日期:**2021-11-18

**基金项目:**北京市农林科学院科技创新能力建设专项(KJ CX20200107,KJ CX20170110);河北省重点研发计划项目(19224205D)

**作者简介:**田小霞(1980-),女,山西长治人,副研究员,主要从事植物生理生态学研究。

E-mail:tianxi8002@126.com.

\*通信作者。E-mail:menglin9599@sina.com

到了100%。穆红梅等<sup>[8]</sup>对七叶树(*Aesculus chinensis*)种子萌发特性的研究发现,150 mg/L的GA<sub>3</sub>浸种后种子发芽率可提高至82%。邹竣竹<sup>[9]</sup>研究报道赤霉素浸种可有效增强野牛草(*Buchloe dactyloides*)种子发芽率、发芽势和发芽指数,其中2 000 mg/L浓度的处理效果最佳。基于此,通过外源GA<sub>3</sub>浸种处理方法,对3种偃麦草属植物种子萌发和生理特性开展试验研究,旨在筛选适宜的外源GA<sub>3</sub>处理浓度和方法,揭示GA<sub>3</sub>对偃麦草属植物种子萌发特性的影响,为偃麦草属植物种子生产、草地高效建植及产业化应用提供理论依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 试验材料

供试材料中的2份偃麦草(ER049、ER057)、1份长穗偃麦草(EE024)和2份中间偃麦草(EI018和EI026)的种子由美国国家植物种质资源库(USANational Plant Germplasm System, NPGS)提供,1份长穗偃麦草(EE030)种子由北京百斯特草业有限公司从加拿大引进并提供。

### 1.2 试验方法

1.2.1 种子处理 试验筛选3种偃麦草属植物的6份种质材料成熟饱满、大小一致的种子,用5%次氯酸钠消毒20 min后,蒸馏水冲洗2~3次,吸干种子表面水分,放置于的铺放2层滤纸培养皿中,每培养皿50粒种子。GA<sub>3</sub>处理浓度为0、500、1 000、1 500和2 000 mg/L,每处理用相应的GA<sub>3</sub>溶液10 mL浸种,每处理6次重复,放入光照培养箱培养,培养箱内的条件控制为25 °C(光照16 h,黑暗8 h)。种子发芽试验共10 d,期间保持滤纸湿润并每天统计种子发芽数(以芽长超过种子长度的1/2或超过根长视为发芽)。

1.2.2 测定指标与方法 种子发芽率(GP):(第10天发芽种子数/供试种子总数)×100%;

种子发芽势(GV):(第5天发芽种子数/供试种子总数)×100%;

发芽指数(GI): $GI = \sum(Gt/Dt)$

式中:Gt为处理后t日的发芽数,Dt为相应的发芽日数。

种子活力指数(VI): $VI = GI \times S$

式中:GI为发芽指数,S为胚根长。

胚根长和胚芽长:用直尺测量胚根和胚芽的自然伸长长度,每处理每重复随机选取10株测定。

生理指标测定:处理第10天每处理每重复分别称取整株胚芽0.1 g,加入1 mL预冷提取液(甲醇:水:乙酸=80:20:1),4 °C浸提过夜,8 000 r/min离心10 min,取上清液,置冰上测定内源GA<sub>3</sub>、生长素(IAA)和脱落酸(ABA)含量,均采用RIGOL L3000高效液相色谱仪测定。过氧化物酶(POD)活性和丙二醛(MDA)含量均采用可见分光光度法测定(苏州科铭生物技术公司试剂盒),样品取自处理第10 d的整株胚芽0.1 g,3次重复。

1.2.3 数据处理与分析 试验数据处理分析和绘制图表采用Excel 2010,数据方差分析和Duncan多重比较采用SPSS 19.0数据软件。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同浓度GA<sub>3</sub>处理对种子发芽率、发芽势、发芽指数和活力指数的影响

与对照相比较,2 000 mg/L的GA<sub>3</sub>对偃麦草属种质材料的发芽率和发芽势有显著抑制作用(图1-A,图1-B)。经外源GA<sub>3</sub>浸种处理后,3种偃麦草属植物的种子发芽率和发芽势均随GA<sub>3</sub>浓度的增加而呈先升后降趋势。当1 500 mg/L GA<sub>3</sub>处理时,3种偃麦草属植物的种子发芽势和发芽率均达到峰值,其中长穗偃麦草种质材料EE024和EE030的种子发芽率分别为88.67%和94.67%,发芽势分别为84.67%和84.00%,发芽率和发芽势均高于中间偃麦草和偃麦草;中间偃麦草种质材料EI018和EI026的发芽率和发芽势均高于偃麦草种质材料ER049和ER057。当GA<sub>3</sub>处理浓度是2 000 mg/L时,长穗偃麦草、中间偃麦草和偃麦草种子发芽率和发芽势均呈下降趋势,低于其他GA<sub>3</sub>浓度处理。

随外源GA<sub>3</sub>浓度的增加,3种偃麦草属植物种子发芽指数亦呈先升后降的趋势,在GA<sub>3</sub>浓度为1 500 mg/L时,供试材料种子发芽指数均达到最大值,其中长穗偃麦草种质材料EE024和EE030的发芽指数分别为33.66和31.43,比对照分别高10.79和5.9(图2-A)。随着外源GA<sub>3</sub>浓度增加,长穗偃麦草、中间偃麦草和偃麦草种子活力指数呈上升趋势,在GA<sub>3</sub>浓度1 500 mg/L处理后达到最大值,其中长穗偃麦草

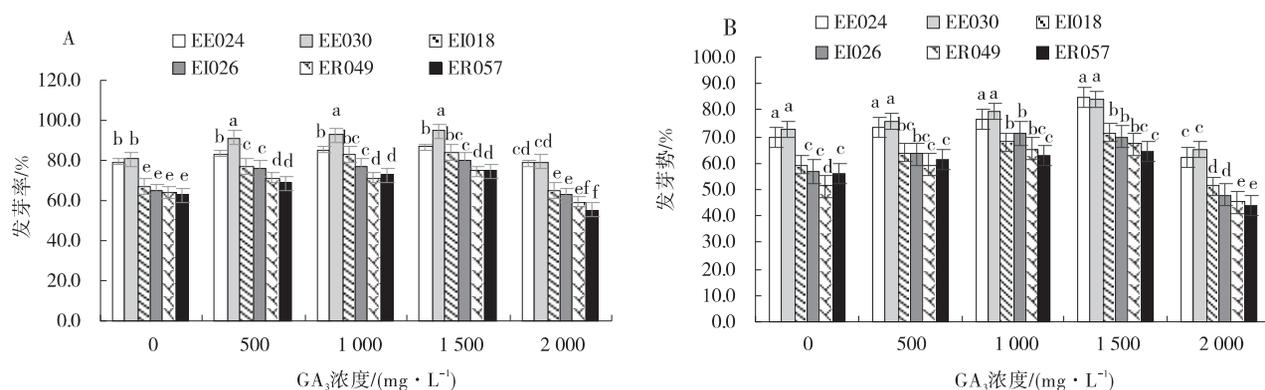


图1  $GA_3$ 处理下3种偃麦草属植物的种子发芽率和发芽势

Fig. 1  $GA_3$  treatment on seed germination rate and seed germination potential of three *Elytrigia* species

注:不同小写字母表示不同材料不同浓度间在 $P < 0.05$ 水平上差异显著,下同

EE024和EE030的活力指数分别由对照的149.10和166.43增加到331.90和309.85。 $GA_3$ 浓度为2000 mg/L时活力指数下降,长穗偃麦草EE024和EE030

的活力指数分别下降到了162.14和161.50,仍显著高于对照(图2-B)。

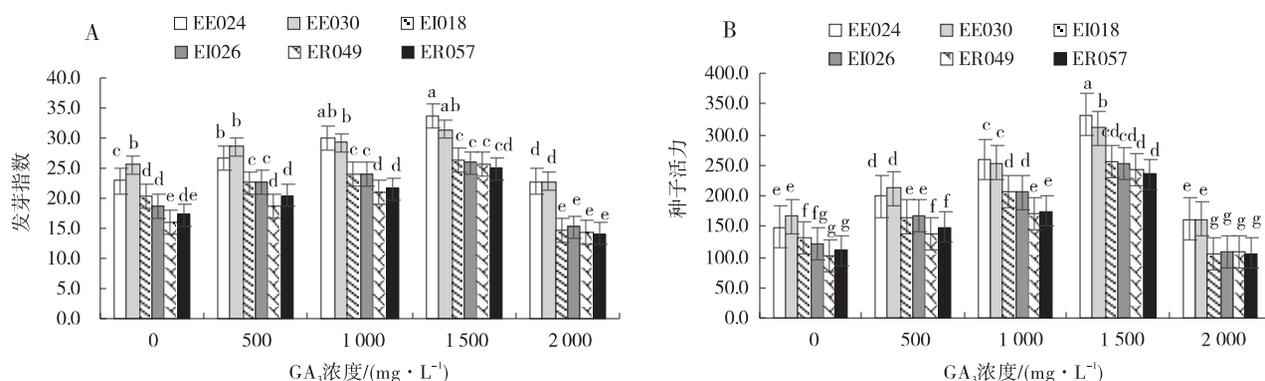


图2  $GA_3$ 处理下3种偃麦草属植物的种子发芽指数和活力指数

Fig. 2  $GA_3$  treatment on seed germination index and seed vigor index of three *Elytrigia* species

## 2.2 不同浓度激素处理对种子胚根和胚芽生长的影响

随外源 $GA_3$ 浓度的增加,3种偃麦草属植物种子的胚根长和胚芽长均呈先升后降趋势,当 $GA_3$ 浓度达到1500 mg/L时达到最大值(图3-A,图3-B)。在 $GA_3$ 浓度达到2000 mg/L时,胚根长和胚芽长下降,其中,长穗偃麦草、中间偃麦草和偃麦草的胚根长比 $GA_3$ 浓度1500 mg/L分别下降了27.89%、27.15%和20.02%,比对照高9.05%、9.78%和18.52%;长穗偃麦草、中间偃麦草和偃麦草的胚芽长比 $GA_3$ 浓度1500 mg/L分别下降了15.31%、4.70%和3.30%,比对照分别高8.80%、7.47%和6.06%。

## 2.3 不同浓度激素处理对种子内源赤霉素、生长素和脱落酸含量的影响

3种偃麦草属植物种子胚芽的内源 $GA_3$ 含量和生

长素IAA含量随外源 $GA_3$ 浓度的增加均呈上升的趋势(图4-A和图4-B),在外源 $GA_3$ 浓度1500 mg/L和2000 mg/L下,长穗偃麦草的内源 $GA_3$ 含量分别较对照增加了134.86%和177.17%,中间偃麦草内源 $GA_3$ 含量分别增加了91.41%和147.20%,偃麦草分别增加了42.89%和73.55%;长穗偃麦草的内源IAA含量分别较对照增加了21.24%和30.29%,中间偃麦草生长素IAA含量分别增加了32.29%和41.20%,偃麦草分别增加了28.13%和32.24%;但长穗偃麦草的内源IAA含量分别较对照增加了21.24%和30.29%,中间偃麦草IAA含量分别增加了32.29%和41.20%,偃麦草分别增加了28.13%和32.24%(图4-B)。3种偃麦草属植物种子胚芽的内源ABA含量随外源 $GA_3$ 浓度的增加则呈逐渐降低趋势(图4-C)。在外源 $GA_3$ 浓度1500、2000 mg/L下,长穗偃麦草的内

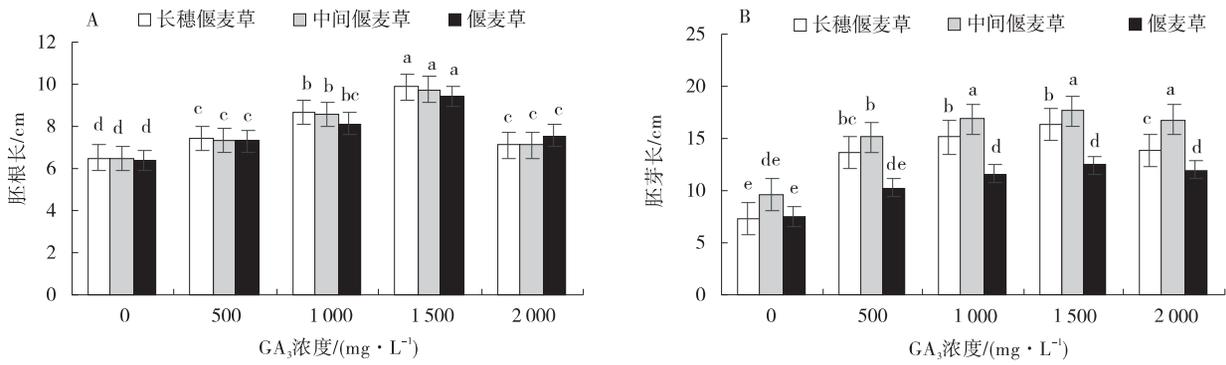


图3 GA<sub>3</sub>处理下3种偃麦草属植物种子胚根长(A)和胚芽长(B)

Fig. 3 GA<sub>3</sub> treatment on radicle length (A) and sprout length (B) of three *Elytrigia* species

源 ABA 含量分别较对照降低了 18.38% 和 26.16%， 24.36%，偃麦草降低了 20.08% 和 22.45%  
中间偃麦草内源 ABA 含量降低了 17.41% 和 (图4-C)。

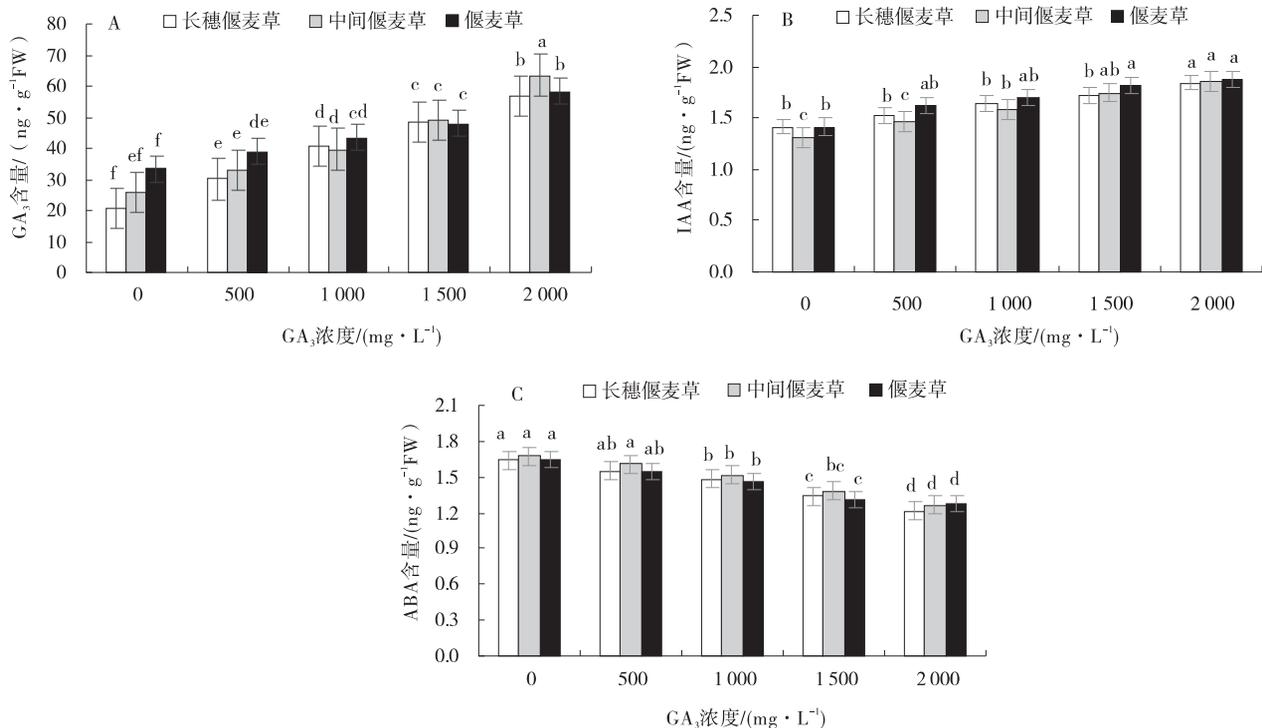


图4 GA<sub>3</sub>处理下种子胚芽内源赤霉素(A)、生长素(B)和脱落酸(C)含量

Fig. 4 GA<sub>3</sub> treatment on endogenous gibberellin (A), IAA (B) and ABA (C) in the seeds of different *Elytrigia* species

### 2.4 不同浓度激素处理对种子 POD 活性和 MDA 含量的影响

外源 GA<sub>3</sub> 浸种处理显著提高了 3 种偃麦草属植物种子胚芽的 POD 活性, 随 GA<sub>3</sub> 浓度的增加 POD 活性呈逐渐上升趋势。当 GA<sub>3</sub> 浓度达到 1 500、2 000 mg/L 时, 长穗偃麦草胚芽 POD 活性比对照分别增加了 112.82% 和 131.91%, 中间偃麦草比对照分别增加了 127.14% 和 142.38%, 偃麦草比对照分别增加了 119.45% 和 136.68% (图 5-A)。随 GA<sub>3</sub> 浓度的增加 3 种偃麦草属植物种子胚芽 MDA 含量呈下降趋势。当

GA<sub>3</sub> 浓度达到 1 500、2 000 mg/L 时, 长穗偃麦草胚芽 MDA 含量比对照分别降低了 56.95% 和 59.86%, 中间偃麦草比对照分别降低了 48.95% 和 52.49%, 偃麦草比对照分别降低了 45.39% 和 50.62% (图 5-B)。

### 3 讨论

赤霉素是正常植物体内一定部位产生的可以促进植物生长的激素, 对植物生命活动具有重要意义。研究报道, GA<sub>3</sub> 是与种子萌发生理最相关的植物激素, 它可以解除植物种子的生理性休眠, 提高种子发芽

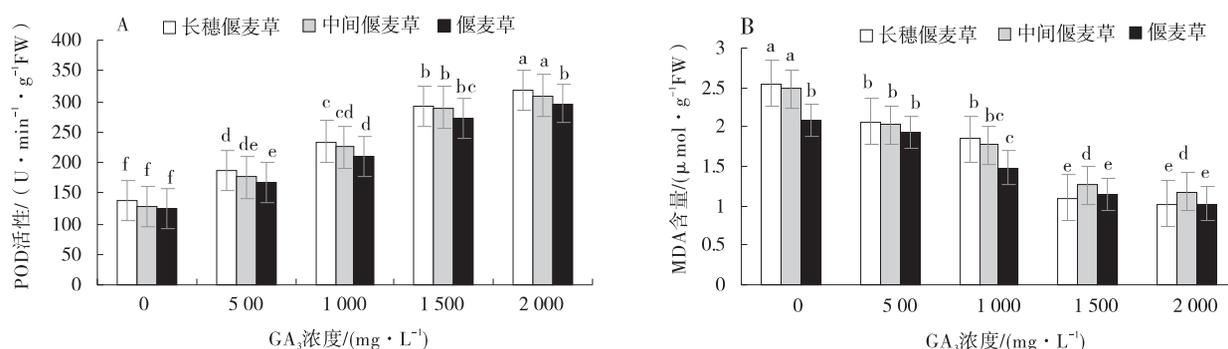


图5 GA<sub>3</sub>处理下3种偃麦草属植物种子胚芽POD活性(A)和MDA含量(B)

Fig. 5 GA<sub>3</sub> treatment on POD (A) and MDA (B) in the seeds of three *Elytrigia* species

率<sup>[10]</sup>。但外源赤霉素处理浓度不同时,对植物种子萌发的促进效果也不尽相同,研究报道200 μg/g的外源GA<sub>3</sub>浸种去稗羊草(*Leymus chinensis*)种子,发芽率可达83.29%,明显高于100、300 μg/g GA<sub>3</sub>处理组<sup>[11]</sup>。刘美茹等<sup>[12]</sup>对收集自内蒙古锡林浩特天然草地的羊草种子用GA<sub>3</sub>浸种处理以提高种子萌发率的试验研究,筛选出300 mg/L的GA<sub>3</sub>浸泡种子24 h后羊草种子发芽率高达57.8%,发芽势为34.43%。赤霉素是与种子萌发生理最相关的植物激素,与细胞分裂素一起促进种子发芽。据报道赤霉素是一种能够打破休眠和改善生长调节剂,通过促进萌发物质与抑制物质之间的平衡,与脱落酸拮抗,进而诱导休眠来提高种子发芽率<sup>[13]</sup>。此外,GA<sub>3</sub>还刺激α-淀粉酶分泌,导致降解胚乳中的淀粉和蛋白质,诱导胚胎发育和促进发芽<sup>[14]</sup>。

朱艳芳等<sup>[15]</sup>研究报道用0.1 mmol/L的GA<sub>3</sub>溶液浸种处理黑种草(*Nigella damascena*),并在15℃交替光照条件下黑种草种子发芽率从33.5%提高到76.7%。邹竣竹等<sup>[9]</sup>发现赤霉素浸种可有效提高野牛草种子的发芽率、发芽势、发芽指数和种子活力指数。焦德志等<sup>[16]</sup>研究还发现,用300 μg/g外源赤霉素处理羊草种子可使发芽率提高到41.2%,比对照组提高了9.7%。本试验发现3种偃麦草属植物种子经外源GA<sub>3</sub>浸种处理后,种子发芽率和发芽势均随GA<sub>3</sub>浓度的增加而呈先升后降的趋势,当外源GA<sub>3</sub>浓度达1500 mg/L时,种子发芽率和发芽势均达到峰值;发芽指数和种子活力结果与发芽率和发芽势的趋势相同,随GA<sub>3</sub>浓度增加呈先升后降趋势,且在外源GA<sub>3</sub>浓度达1500 mg/L时达到峰值。以上研究结果表明,外源GA<sub>3</sub>浓度1500 mg/L处理偃麦草属植物可显著

提高其发芽率。

内源激素作为植物各项生理活动的重要调控因素,参与了一系列的生理生化过程<sup>[17]</sup>。邹竣竹<sup>[9]</sup>研究外源激素浸种对野牛草种子发芽与生理特性的试验结果表明,外源赤霉素浸种处理后,野牛草种子内源赤霉素含量呈先升后降的趋势,内源生长素含量呈逐渐下降的趋势,内源脱落酸的含量呈先升后降的趋势。相对于单一内源激素,不同激素间的平衡变化对种子的发芽具有重要意义,尤其是生长激素之间的比例<sup>[18-19]</sup>。本试验结果表明,外源GA<sub>3</sub>对3种偃麦草属植物种子浸种处理后,幼苗内源赤霉素含量和生长素含量呈上升趋势,但内源生长素增加的数值相对内源赤霉素要小,且内源赤霉素含量和生长素含量明显高于对照,可能是外源GA<sub>3</sub>处理种子后促进了内源赤霉素和生长素的转化有关。随外源GA<sub>3</sub>浸种处理浓度的增加,3种偃麦草属植物的内源脱落酸含量呈逐渐降低趋势,且本研究中经过GA<sub>3</sub>处理的3种偃麦草植物GA<sub>3</sub>/ABA和IAA/ABA值均显著高于对照,这表明外源GA<sub>3</sub>处理种子发芽过程中,为保证不同激素之间的平衡,在提高种子赤霉素和生长激素含量的同时,降低了内源激素脱落酸的含量,最终促进种子的萌发。

GA<sub>3</sub>处理种子发芽过程中会发生各种生理响应及其调控响应,而这些生理响应过程中会产生活性氧(ROS),进而通过增加内源赤霉素的生物合成和减少内源脱落酸的生物合成来最终促进种子的萌发<sup>[20]</sup>。本研究表明,与蒸馏水处理相比较,GA<sub>3</sub>处理提高了幼苗的POD活性和减少了MDA含量,究其原因GA<sub>3</sub>处理提高了POD保护酶活性,增强对活性氧的清除能力,以减少ROS损伤,从而减轻了质膜氧化损伤程

度,致使 MDA 含量持续下降,来维持细胞膜结构和功能的稳定,从而促使种子发芽和胚芽的生长。此外,GA<sub>3</sub>处理在提高 GA<sub>3</sub>和 IAA 的同时,降低了内源 ABA 含量。进而说明外源赤霉素 GA<sub>3</sub>通过提高内源 GA<sub>3</sub>和减少 ABA 含量以促进种子发芽<sup>[21]</sup>。

#### 4 结论

外源 GA<sub>3</sub>浸种可以提高偃麦草属植物种子的发芽率、发芽势、种子活力,促进种子胚根和胚芽的生长,其中,1 500 mg/L GA<sub>3</sub>浸种处理效果最佳。外源 GA<sub>3</sub>浸种处理提高了内源生长促进物质 GA<sub>3</sub>和 IAA 含量,降低了生长抑制物质 ABA 含量;增加了 POD 酶活性,减少了 MDA 含量;表明适量外源 GA<sub>3</sub>处理可调控种子内源激素含量,增强抗氧化酶活性和减轻质膜氧化损伤,促进种子萌发。

#### 参考文献:

- [1] 陈默君,贾慎修. 中国饲用植物[M]. 北京:中国农业出版社,2010.
- [2] 孟林,毛培春,郭强,等. 偃麦草属植物种质资源研究[M]. 北京:科学出版社,2020.
- [3] 孟庆沂,毛培春,田小霞,等. 偃麦草属3种植物种子形态解剖结构研究[J]. 草原与草坪. 2020,40(2):67-72.
- [4] Tian X X, Mao P C, Zheng M L, *et al.* Seed germination and biochemical responses of two *Elytrigia elongata* accessions exposed to abiotic stresses [J]. Grassland Science, 2021, 67:369-379.
- [5] 邱鹏飞. 赤霉素浸种对沙冬青、花棒、柠条种子萌发的影响[D]. 呼和浩特:内蒙古农业大学,2010.
- [6] 杜晨曦,王金丽,周华坤,等. 赤霉素对植物种子萌发及幼苗生长影响的研究进展[J]. 湖北农业科学, 2019, 58(22):9-14.
- [7] Kwon H J, Shin S L, Kim Y R, *et al.* Effects of temperature, gibberellic acid, and KNO<sub>3</sub> treatment on seed germination of the wild plant *Maesa japonica* [J]. Seed Science and Technology, 2020, 48(1):65-72.
- [8] 穆红梅,李鹏丽,时明芝. 赤霉素对七叶树种子萌发的影响研究[J]. 林业实用技术, 2012(3):22-23.
- [9] 邹竣竹,韩蕾,李德颖,等. 赤霉素和生长素浸种对野牛草种子萌发及幼苗生长生理的影响[J]. 草业科学, 2017, 34(9):1838-1846.
- [10] Lin L, Ping Y, Qian S L. Gibberellic acid and cold stratification improve sparkleberry (*Vaccinium arboreum*) germination under different collection times [J]. Scientia Horticulturae, 2022, 291:110606.
- [11] 王倩南. 赤霉素处理提高羊草种子萌发率的分子调控网络初步分析[D]. 沈阳:东北农业大学,2019.
- [12] 刘美茹,李金还,牛建行,等. 赤霉素与化学试剂提高羊草种子萌发率及活力的比较研究[J]. 西南农业学报, 2014, 27(6):2687-2691.
- [13] Rehman S, Park I H. Effect of scarification, GA and chilling on the germination of goldenrain-tree (*Koelreuteria paniculate* Laxm.) seeds [J]. Scientia Horticulturae, 2000, 85(4):319-324.
- [14] Abeles, FB. Role of ethylene in *Lactuca saliva* cv. 'Grand Rapids' seed germination [J]. Plant Physiology, 1986, 81:780-787.
- [15] 朱艳芳,向先斌,熊莉军,等. 温度、光照和 GA<sub>3</sub>对黑种草 (*Nigella damascene* L.) 种子萌发的影响[J]. 种子, 2017, (2):15-18.
- [16] 焦德志,龚孟,潘学岩,等. 不同植物激素对羊草种子萌发和幼苗生长的影响[J]. 安徽农业科学, 2010, 38(3):1188-1190.
- [17] Rubio V, Bustos R, Irigoyen M L, *et al.* Plant hormones and nutrient signaling [J]. Plant Molecular Biology, 2009, 69(4):361-373.
- [18] 王宁,付亚军,袁美丽,等. GA<sub>3</sub>浸种对入侵植物节节麦种子破眠及发芽特性的影响[J]. 草业学报, 2020, 29(2):73-81.
- [19] 刘玉洋. 大叶朴种子休眠与发芽的机理研究[D]. 泰安:山东农业大学,2017.
- [20] Simlata M, Skrzypek E, Warchoła M, *et al.* Evaluation on *Stevia rebaudiana* Bertoni seed germination and seedling development under phytohormones treatment [J]. Scientia Horticulturae, 2019, 257:108717
- [21] Brady S M, Mc Court P. Hormone cross-talk in seed dormancy [J]. Journal of Plant Growth Regulation, 2003, 22(1):25-31.

(下转 109 页)

creased, root length and MDA content significantly increased with the increasing of PEG—6000 concentration. Under severe stress, root volume, total root surface, average root diameter of P1 decreased the least, and MDA content of P1 was the lowest. The Root soluble protein content of P2 increased the most. Root shoot ratio of CK1 decreased the least, whereas soluble sugar content of CK1 increased the most. Root activity and root tip number of CK2 decreased the least, and root length of CK2 was the longest. According to the membership function analysis, the drought resistance order of the tested sainfoin was as follows: P1>P3>P2>CK1>CK2. Principal component analysis indicated average root diameter, proline, and soluble sugar were the most suitable indicators for the tolerance to drought.

**Key words:** sainfoin; PEG stress; root morphological characters; root physiological traits; drought resistance evaluation

(上接 100 页)

## Effects of exogenous gibberellin on seed germination characteristics of *Elytrigia* species

TIAN Xiao-xia, MENG Qing-yi, MAO Pei-chun, ZHENG Ming-li, MENG Lin\*

(*Institute of Grassland, Flowers and Ecology, Beijing Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Beijing 100097, China*)

**Abstract:** Promoting the seed germination of *Elytrigia* species is the key to the successful establishment of cultivated grassland. In this study, the seed germination and physiological characteristics of *E. elongata*, *E. intermedia* and *E. repens* were studied by soaking the seeds in the different concentrations of exogenous gibberellin GA<sub>3</sub> solution (0, 500, 1 000, 1 500, and 2 000 mg/L). The results showed that with the increase of GA<sub>3</sub> concentration, the seed germination rate and germination potential of the three *Elytrigia* species were significantly increased. The 1 500 mg/L GA<sub>3</sub> concentration was the most suitable concentration for breaking seed dormancy and improving germination. After soaking the seeds with GA<sub>3</sub> solution, both radicle length and sprout length were promoted. The IAA and GA<sub>3</sub> contents of seeds were increased, while the ABA content was decreased. Furthermore, the POD activity of the sprouts of three *Elytrigia* species was increased, while the content of MDA was decreased. In conclusion, seed soaking with 1 500 mg/L exogenous gibberellin GA<sub>3</sub> could regulate the endogenous hormone content and promote seed germination. The results provide an important theoretical basis for the efficient seed production and grassland establishment of *Elytrigia* species.

**Key words:** *Elytrigia* species; gibberellin GA<sub>3</sub>; seed germination; physiological characteristics