

# 叠氮化钠对燕麦种子萌发及幼苗生长的影响

蔺豆豆, 赵桂琴\*, 宫文龙, 苏玮娟, 张丽睿

(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:**【目的】明确不同  $\text{NaN}_3$  浓度及处理时间对燕麦种子萌发及幼苗生长的影响。【方法】筛选半致死剂量, 以 2 个燕麦品种爱沃和青永久 709 子为材料, 设置不同  $\text{NaN}_3$  浓度 (0、5、10、15、20 mmol/L) 和处理时间 (1、2、3 h), 测定种子萌发活力及幼苗生长指标。【结果】 $\text{NaN}_3$  浓度是影响燕麦种子萌发及幼苗生长的最主要因子。燕麦种子的相对发芽率、相对发芽势及相对发芽指数随  $\text{NaN}_3$  浓度的升高而显著下降, 当  $\text{NaN}_3$  浓度为 10 mmol/L、处理时间为 1 h 时, 青永久 709 的相对发芽率为 51.08%、相对致死率为 47.92%; 同一浓度下处理 2 h 时, 爱沃的相对发芽率为 51.47%、相对致死率为 48.53%。 $\text{NaN}_3$  浓度超过 10 mmol/L, 两品种的相对致死率均大于 60%, 最高浓度 (20 mmol/L) 下种子完全丧失发芽能力。 $\text{NaN}_3$  处理还显著抑制了幼苗生长, 同一条件下青永久 709 的出苗率、根长和苗高受到抑制的程度重于爱沃。【结论】青永久 709 和爱沃的半致死剂量分别为 10 mmol/L 处理 1 h 和 10 mmol/L 处理 2 h, 青永久 709 对  $\text{NaN}_3$  处理比爱沃更敏感。

**关键词:** 燕麦; 叠氮化钠; 种子萌发; 幼苗生长; 半致死剂量

中图分类号: S543 文献标志码: A 文章编号: 1009-5500(2023)05-0084-07

DOI: 10.13817/j.cnki.cyyep.2023.05.011



化学诱变是指利用化学诱变剂对植物种子、幼苗等进行诱变处理, 从而获得突变体的一种方法, 具有诱变效率高, 成本低廉、操作步骤简单, 育种周期较短等特点。其最大优势在于它可以产生高比例的点突变且突变类型多样<sup>[2-4]</sup>。叠氮化钠 ( $\text{NaN}_3$ ) 是叠氮化物中最具代表性的化学诱变剂。当  $\text{NaN}_3$  进入细胞后会通过碱基替换的方式影响 DNA 的结构及合成, 诱发点突变<sup>[6]</sup>, 是一种高效、易操作的化学诱变剂<sup>[7]</sup>。Spence 于 1965 年首次报道了  $\text{NaN}_3$  的诱变效应<sup>[8]</sup>。此后,  $\text{NaN}_3$  在动植物领域中得到了广泛应用<sup>[9-11]</sup>。化学诱变剂在诱发突变的同时也对植物产生了毒害和损伤, 导致种子活力下降、发芽率降低、幼苗弱小或畸形

乃至死亡。李明飞等<sup>[12]</sup>用不同浓度的  $\text{NaN}_3$  处理小麦 (*Triticum aestivum*) 种子, 结果表明, 当  $\text{NaN}_3$  浓度达到 5 mmol/L 时, 即对小麦种子的萌发产生明显抑制作用, 发芽率较对照下降 11.80%; 而 15 mmol/L 与 20 mmol/L 处理下各指标差异均不显著, 表明损伤程度并不随着  $\text{NaN}_3$  浓度的升高而持续增大, 15 mmol/L 浓度下损伤程度已接近饱和。 $\text{NaN}_3$  不仅会对植物种子的萌发产生影响, 同时也会阻碍其幼苗的生长发育<sup>[13]</sup>。张希太<sup>[14]</sup>以山农 8533 号小麦种子为试验材料, 探讨  $\text{NaN}_3$  对小麦生长发育的影响, 发现经  $\text{NaN}_3$  处理后的种子, 其发芽率随  $\text{NaN}_3$  浓度的升高而下降, 大田播种后出苗较正常种子推迟 4~5 d, 麦苗明显细弱, 生长缓慢。张超美<sup>[15]</sup>发现, 低浓度的  $\text{NaN}_3$  会刺激小麦幼苗的生长, 其苗高显著高于对照, 但高浓度处理均对幼苗生长产生了抑制作用, 且浓度越大抑制作用越明显, 表明不同植物对  $\text{NaN}_3$  处理的反应不尽相同。

燕麦 (*Avena sativa*) 为禾本科燕麦属一年生草本植物, 粮、饲兼用, 适应性强, 在世界各地广泛栽培, 我

收稿日期: 2022-03-09; 修回日期: 2022-03-29

基金项目: 甘肃省重大专项 (19ZD2NA002-3-1); 农业农村部草种质资源项目 (XMZZ172021069)

作者简介: 蔺豆豆 (1995-), 女, 甘肃敦煌人, 硕士研究生。

E-mail: 1843118097@qq.com

\*通信作者。E-mail: zhaogq@gsau.edu.cn

国主要分布于华北、西北和西南高寒地区<sup>[16-17]</sup>。目前我国燕麦种质同质化、品种混杂退化严重,限制了燕麦的新品种培育<sup>[18]</sup>。创制优质多样的种质资源是进行品种改良和选育的基础,利用化学诱变技术可在短时间内获得新基因新性状。但有关叠氮化钠在燕麦诱变方面的研究报道较少,何种处理下诱变效果最佳不得而知。目前化学诱变研究中筛选最佳诱变剂量多通过研究诱变剂对种子萌发的影响,按照半致死剂量来确定<sup>[19]</sup>。因此本研究拟用NaN<sub>3</sub>不同浓度和时间处理燕麦种子,分析它对种子萌发和幼苗生长的影响,筛选半致死剂量,为NaN<sub>3</sub>在燕麦化学诱变中的应用提供理论数据。

## 1 材料和方法

### 1.1 试验材料

供试燕麦品种为爱沃和青永久709,种子由甘肃农业大学草业学院提供。爱沃植株低矮、叶量丰富,但生育期长、极晚熟;青永久709生育期适中,但植株高大、易倒伏。

### 1.2 供试药剂

叠氮化钠(NaN<sub>3</sub>)由上海源聚生物科技有限公司生产,试剂为分析纯。

### 1.3 试验设计

1.3.1 NaN<sub>3</sub>处理 试验设置5个NaN<sub>3</sub>浓度梯度(0、5、10、15、20 mmol/L),每个浓度3个时间(1、2、3 h),共15个处理,3次重复。每重复取200粒大小一致、籽粒饱满的燕麦种子放入玻璃杯中,加蒸馏水淹没种子,置于4℃冰箱吸胀14 h。取出后室温放置4 h,沥干水分,加入100 mL磷酸缓冲液。之后依次加入0、1.0、1.5、2.0、2.5 mL的NaN<sub>3</sub>母液,使其浓度分别为0、5、10、15、20 mmol/L。置于智能恒温培养振荡器中(25℃、150 r/min)分别处理1、2、3 h。处理结束后流水冲洗2 h,沥干水分,置于4℃冰箱12 h待用。

1.3.2 萌发试验 在发芽盒(10 cm×10 cm)中铺入两层定性滤纸置于紫外灯下照射30 min,注入7 mL蒸馏水,从每个重复的200粒种子中取100粒布于发芽盒,置于培养箱,每天补水7 mL。自种子发芽(以胚根与种子等长、胚芽长度约为种子长度的1/2作为发芽标准)之日起,每天上午10:00观察记录发芽种子数,8 d<sup>[12]</sup>后结束。

1.3.3 土培试验 在白色塑料方盒(35 cm×25 cm×15 cm),加入营养土(体积约为方盒体积的2/3),整平,浇透水,将每个重复剩余的100粒种子播入,播深4 cm,然后置于生长室昼/夜温度25℃/18℃,相对湿度65%~75%,光照强度500~700 μmol/(m<sup>2</sup>·s),8 d后开始调查出苗情况,直至出苗数连续5 d不变为止<sup>[20-21]</sup>。

### 1.4 测定指标及方法

相对发芽势(%)=[诱变处理材料的发芽势/对照材料的发芽势]×100%

相对发芽率(%)=(诱变处理材料的发芽率/对照材料的发芽率)×100%<sup>[12]</sup>

相对发芽指数=(各处理种子发芽指数/对照组种子发芽指数)×100%<sup>[22]</sup>

相对致死率(%)=[(对照组发芽总数-各处理种子发芽总数)/对照组种子发芽总数]×100%<sup>[23]</sup>

出苗率(%)=(观察终期出苗数/种子总数)×100%<sup>[23]</sup>

根长:发芽试验结束后,用直尺测定每株苗从种子胚到最长根根尖的长度,以10株的平均值作为该处理幼苗的根长。

苗高:发芽试验结束后,用直尺测定每株苗从种子胚到最长叶叶尖的长度,以10株的平均值作为该处理幼苗的苗高<sup>[24]</sup>。

### 1.5 数据分析

利用Microsoft Excel 2010和SPSS 25.0软件进行方差分析和显著性检验,并利用Duncan氏新复极差法进行多重比较。

## 2 结果与分析

### 2.1 叠氮化钠对燕麦种子萌发的影响

对不同NaN<sub>3</sub>处理下燕麦种子的相对发芽势、相对发芽率、相对发芽指数及相对致死率进行联合方差分析(表1)。结果表明,除品种×时间的交互作用外,品种、浓度和时间及其两两交互和三者的交互均对各指标造成极显著影响( $P<0.01$ ),其中浓度的影响最大,其次是时间,品种的影响最小。

随着NaN<sub>3</sub>浓度的升高,参试品种的相对发芽率、相对发芽势及相对发芽指数均降低(表2)。5 mmol/L下,青永久709的相对发芽率随处理时间的变化最明

表1 NaN<sub>3</sub>处理下燕麦种子相对发芽势、相对发芽率、相对发芽指数和相对致死率的方差分析Table 1 Variance analysis of relative germination potential, relative germination rate, relative germination index and relative lethal rate of oat seed under NaN<sub>3</sub> treatments

变异来源	自由度 df	相对发芽势		相对发芽率		相对发芽指数		相对致死率	
		均方	显著性	均方	显著性	均方	显著性	均方	显著性
		MS	Sig.	MS	Sig.	MS	Sig.	MS	Sig.
品种(V)	1	1 027.71	<0.001	624.93	<0.001	1 242.51	<0.001	624.99	<0.001
浓度(C)	3	1 6210.97	<0.001	14 877.23	<0.001	14 560.42	<0.001	14 877.45	<0.001
时间(T)	2	1 210.59	<0.001	1128.58	<0.001	782.51	<0.001	1128.51	<0.001
品种×浓度(V×C)	3	62.36	<0.001	23.15	<0.001	69.63	<0.001	23.14	<0.001
浓度×时间(C×T)	6	17.81	0.010	24.40	<0.001	42.48	<0.001	24.40	<0.001
品种×时间(V×T)	2	17.22	0.050	7.94	0.170	21.97	<0.001	7.94	<0.001
品种×浓度×时间 (V×C×T)	6	70.26	<0.001	31.27	<0.001	36.22	<0.001	31.27	<0.001
SEM		0.274		0.244		0.150		0.244	

显,由处理1 h时的78.98%下降至3 h时的57.15%,相对致死率由21.02%上升至42.85%;爱沃的相对发芽率由83.73%降至72.06%,相对致死率由16.27%增至27.94%。当浓度进一步增大到10 mmol/L时,爱沃的相对发芽率由1 h的60.79%下降至3 h的40.82%,在处理2 h时其相对发芽率为51.47%,相对致死率为48.53%,最接近半致死剂量;而同一浓度下

青永久709的相对发芽率由1 h的51.08%下降至3 h的39.71%,相对致死率由47.92%降至60.29%,因此10 mmol/L处理1 h为其半致死剂量。高浓度下(20 mmol/L)两品种的相对发芽势均降至10.00%以下,且随处理时间由1 h延长至3 h,爱沃的相对发芽指数由8.24下降至0.23,青永久709的相对发芽指数则由2.15降至0.05,种子丧失萌发能力。

表2 NaN<sub>3</sub>诱变处理对燕麦种子相对发芽势、相对发芽率、相对发芽指数和相对致死率的影响Table 2 Effects of NaN<sub>3</sub> mutation treatments on relative germination potential, relative germination rate, relative germination index and relative lethality of oat seeds

NaN <sub>3</sub> 浓度/ (mmol·L <sup>-1</sup> )	时间/ h	爱沃				青永久709			
		相对发芽 势/%	相对发芽 率/%	相对发芽 指数	相对致死 率/%	相对发芽 势/%	相对发芽 率/%	相对发芽 指数	相对致死 率/%
0	1	—	—	—	—	—	—	—	—
	2	—	—	—	—	—	—	—	—
	3	—	—	—	—	—	—	—	—
5	1	88.42±2.41 <sup>a</sup>	83.73±1.81 <sup>a</sup>	81.48±0.32 <sup>a</sup>	16.27±1.81 <sup>j</sup>	81.08±0.77 <sup>a</sup>	78.98±1.37 <sup>a</sup>	72.79±0.26 <sup>a</sup>	21.02±1.37 <sup>j</sup>
	2	79.78±1.30 <sup>b</sup>	76.15±2.57 <sup>b</sup>	69.87±1.21 <sup>b</sup>	23.85±2.57 <sup>i</sup>	70.15±2.38 <sup>b</sup>	68.81±0.74 <sup>b</sup>	63.81±1.52 <sup>b</sup>	31.19±0.74 <sup>i</sup>
	3	79.70±2.49 <sup>b</sup>	72.06±0.09 <sup>b</sup>	70.03±1.36 <sup>b</sup>	27.94±0.09 <sup>j</sup>	56.38±2.13 <sup>c</sup>	57.15±0.78 <sup>c</sup>	50.99±0.43 <sup>c</sup>	42.85±0.78 <sup>b</sup>
10	1	63.53±1.90 <sup>d</sup>	60.79±1.75 <sup>c</sup>	50.98±0.54 <sup>c</sup>	39.21±1.75 <sup>b</sup>	46.78±1.09 <sup>d</sup>	51.08±1.2 <sup>d</sup>	39.39±0.61 <sup>d</sup>	47.92±1.20 <sup>e</sup>
	2	51.35±0.69 <sup>e</sup>	51.47±0.98 <sup>d</sup>	43.97±0.99 <sup>d</sup>	48.53±0.98 <sup>e</sup>	42.10±0.92 <sup>d</sup>	47.12±0.44 <sup>e</sup>	35.92±0.11 <sup>e</sup>	53.88±0.44 <sup>f</sup>
	3	44.04±1.25 <sup>f</sup>	40.82±1.74 <sup>e</sup>	35.72±0.38 <sup>e</sup>	59.18±1.74 <sup>f</sup>	34.64±0.07 <sup>e</sup>	39.71±1.01 <sup>f</sup>	27.24±0.72 <sup>f</sup>	60.29±1.01 <sup>e</sup>
15	1	39.82±0.97 <sup>f</sup>	35.90±0.91 <sup>f</sup>	31.29±0.62 <sup>f</sup>	64.10±0.91 <sup>e</sup>	20.73±1.10 <sup>f</sup>	28.96±0.96 <sup>e</sup>	16.39±0.71 <sup>e</sup>	71.04±0.96 <sup>d</sup>
	2	34.64±0.54 <sup>e</sup>	33.36±1.12 <sup>f</sup>	23.73±0.23 <sup>e</sup>	66.64±1.12 <sup>e</sup>	16.92±0.50 <sup>e</sup>	23.73±0.64 <sup>b</sup>	13.10±0.74 <sup>b</sup>	76.27±0.64 <sup>c</sup>
	3	22.50±1.79 <sup>b</sup>	23.21±1.97 <sup>e</sup>	15.96±1.41 <sup>b</sup>	76.79±1.97 <sup>d</sup>	14.85±0.68 <sup>e</sup>	21.62±0.89 <sup>b</sup>	11.29±0.62 <sup>b</sup>	78.38±0.89 <sup>c</sup>
20	1	8.73±1.51 <sup>i</sup>	15.91±1.21 <sup>b</sup>	8.24±0.81 <sup>i</sup>	84.09±1.21 <sup>c</sup>	0.72±0.64 <sup>b</sup>	9.30±0.54 <sup>i</sup>	2.15±0.36 <sup>i</sup>	90.70±0.54 <sup>b</sup>
	2	1.55±1.13 <sup>j</sup>	5.41±1.04 <sup>i</sup>	1.66±0.29 <sup>j</sup>	94.59±1.04 <sup>b</sup>	0.00±0.39 <sup>j</sup>	1.36±0.34 <sup>j</sup>	0.35±0.08 <sup>j</sup>	98.64±0.34 <sup>a</sup>
	3	0.00±0.73 <sup>k</sup>	1.09±0.62 <sup>j</sup>	0.23±0.13 <sup>j</sup>	98.91±0.62 <sup>a</sup>	0.00±0.37 <sup>i</sup>	0.35±0.35 <sup>j</sup>	0.05±0.05 <sup>j</sup>	99.65±0.35 <sup>a</sup>

注:表中同列不同小写字母表示差异显著(P<0.05)

### 2.2 叠氮化钠对燕麦幼苗生长的影响

NaN<sub>3</sub> 诱变不仅抑制燕麦的萌发和出苗,对幼苗生长也产生了较大影响。变异来源中,只有浓度×时间

和品种×浓度×时间的互作效应对根长和苗高无明显影响,其余变异来源的影响均达到极显著水平 ( $P < 0.01$ )。

表 3 NaN<sub>3</sub>处理下燕麦出苗率、根长和苗高的方差分析

Table 3 Variance analysis of emergence rate and root length and seedling height of oat under NaN<sub>3</sub> treatments

变异来源	自由度 df	出苗率		根长		苗高	
		均方 MS	显著性 Sig.	均方 MS	显著性 Sig.	均方 MS	显著性 Sig.
品种(V)	1	683.38	<0.001	19.73	<0.001	44.21	<0.001
浓度(C)	4	17 617.18	<0.001	75.50	<0.001	88.79	<0.001
时间(T)	2	1 606.34	<0.001	35.09	<0.001	41.38	<0.001
品种×浓度(V×C)	4	117.41	<0.001	26.99	<0.001	9.75	<0.001
浓度×时间(C×T)	8	152.78	<0.001	1.34	0.580	0.36	0.760
品种×时间(V×T)	2	15.34	<0.001	11.83	<0.001	9.64	<0.001
品种×浓度×时间(V×C×T)	8	25.58	<0.001	1.11	<0.001	0.25	0.900
SEM		0.092		0.078		0.046	

参试品种的出苗率随 NaN<sub>3</sub> 浓度的增加及处理时间的延长而显著降低 ( $P < 0.05$ ) (图 1)。低浓度 (5 mmol/L) 下,爱沃的出苗率与对照差异不大,处理 3 h 时仅较对照下降了 0.84%;而此时青永久 709 的出苗率较对照的降幅已达 16.14%。当 NaN<sub>3</sub> 浓度增大

至 10 mmol/L,两品种的出苗率均较对照急剧下降,青永久 709 的出苗率平均降幅为 46.86%,爱沃的为 45.83%。高浓度 NaN<sub>3</sub> 进一步抑制了两品种的出苗率,在 20 mmol/L 处理 3 h 下,爱沃的出苗率为 10.00%,青永久 709 为 8.33%。

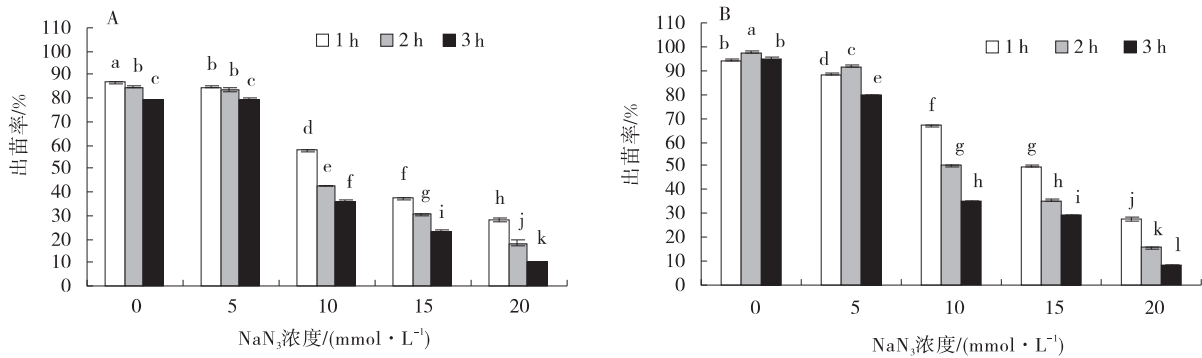


图 1 NaN<sub>3</sub>处理对燕麦种子出苗率的影响

Fig. 1 Effect of NaN<sub>3</sub> treatment on emergence rate of oat seeds

注:A为爱沃,B为青永久709;不同小写字母表示差异显著 ( $P < 0.05$ )。

NaN<sub>3</sub> 处理显著抑制了燕麦幼苗的生长。随 NaN<sub>3</sub> 浓度的增大,爱沃的根长和苗高显著下降。而青永久 709 的根长和苗高却随 NaN<sub>3</sub> 浓度的增大呈现先降后升再降的趋势。NaN<sub>3</sub> 浓度为 5 mmol/L 时,青永久 709 的平均根长和苗高较对照分别降低了 20.30% 和 22.31%;10 mmol/L 处理下,其平均根长和苗高的降幅分别为 7.83% 和 5.52%,且在处理 1 h 时其根长和苗高分别较同一时间 5 mmol/L 处理下增加了 21.58% 和 11.20%。随着 NaN<sub>3</sub> 浓度进一步增加,青永久 709 的生长进一步受抑,根长和苗高均显著下降(图 2)。

### 3 讨论

Upadhyay 等<sup>[25]</sup> 利用 NaN<sub>3</sub> 处理燕麦种子,发现 NaN<sub>3</sub> 浓度在 0.6~2 mmol/L 能够有效打破种子休眠,刺激萌发,当浓度超过 2 mmol/L 时,就会显著抑制种子萌发。本研究经过预实验发现低浓度的 NaN<sub>3</sub> 确实能够刺激供试燕麦种子萌发,且由于不同品种对 NaN<sub>3</sub> 的响应有所差异,无法筛选除供试材料的半致死处理。本试验所采用的 NaN<sub>3</sub> 处理组合,在起始浓度 5 mmol/L 处理下即对燕麦种子的萌发产生明显的抑制效应,且能准确筛选出 NaN<sub>3</sub> 处理供试材料的半致死



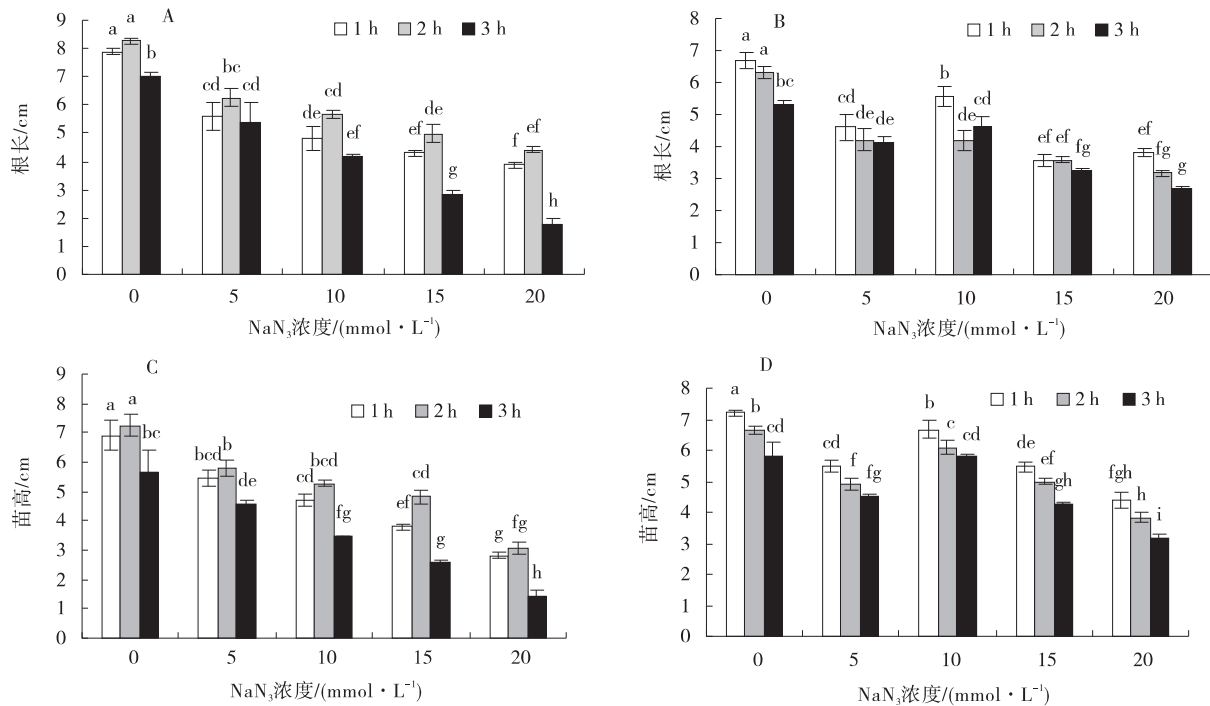


图2  $\text{NaN}_3$ 处理对燕麦幼苗根长及苗高的影响

Fig. 2 Effects of  $\text{NaN}_3$  treatments on root length and seedling height of oat seeding

注:A为爱沃根长;B为青永久709根长;C为爱沃苗高;D为青永久709苗高

处理。本研究结果表明,随着  $\text{NaN}_3$  浓度的逐渐升高,相对发芽率、相对发芽势及相对发芽指数均呈明显下降趋势,且处理时间越长,种子萌发活力越低,最高浓度下种子已丧失萌发能力,这与王彩莲<sup>[26]</sup>的研究结果一致。在相对发芽率下降的同时,相对致死率升高。高浓度、长时间的处理对燕麦造成不可逆损伤,导致种子死亡。因此,选择适宜的诱变剂剂量非常关键,一般用半致死剂量作为最佳处理<sup>[27-28]</sup>。在彭绍民<sup>[29]</sup>的研究中,经  $\text{NaN}_3$  处理的水稻 (*Oryza sativa*) 种子发芽势和发芽率随浓度的加大和处理时间的延长均明显下降,0.5%/24 h、0.7%/20 h 是致死剂量,0.1%/12 h 和 0.3%/8 h 是半致死剂量,王永芳等<sup>[30]</sup>发现  $\text{NaN}_3$  诱导小麦的最佳剂量为 1 mmol/L, Awan 等<sup>[31]</sup>认为 1 mmol/L 处理 2 h 是  $\text{NaN}_3$  诱变水稻的半致死剂量。本研究中,青永久 709 和爱沃的半致死剂量分别为 10 mmol/L 处理 1 h 和 10 mmol/L 处理 2 h, 远高于前人在小麦和水稻上的研究结果。这可能是由于燕麦带壳,对  $\text{NaN}_3$  的耐受性更好。

$\text{NaN}_3$  能够造成植物细胞染色体的损伤,导致细胞质内  $\text{Ca}^{2+}$  的水平发生变化,从而抑制 ATP 的形成<sup>[6]</sup>。因此  $\text{NaN}_3$  处理后首先引起种子萌发活力的下降,其次由于供能受到抑制,幼苗的生长速率及生物量也会明

显降低<sup>[12]</sup>。李社荣等<sup>[32]</sup>用不同浓度  $\text{NaN}_3$  处理冬小麦,发现其对幼苗生长的抑制效应随浓度增加和处理时间的延长而加大。 $\text{NaN}_3$  处理会显著抑制水稻幼苗的生长,且随着  $\text{NaN}_3$  处理剂量加大,水稻幼苗受到的抑制作用也越强,苗高逐渐下降<sup>[33]</sup>。本研究中,浓度是影响燕麦幼苗生长的最主要因素,时间次之。随着  $\text{NaN}_3$  浓度的升高,爱沃的幼苗根长及苗高总体呈下降趋势,而青永久 709 的根长和苗高则呈现先降后升再降的趋势。也有研究发现,用  $\text{NaN}_3$  处理小麦种子,在半致死剂量下小麦幼苗的根长约为对照的一半,但苗高降幅不大<sup>[12]</sup>。这与本研究结果存在差异,半致死处理下燕麦幼苗的根长降幅为 16.89%~31.27%,苗高降幅为 7.63%~27.29%。这可能与所用试验材料有关。另外,本研究发现不同燕麦品种对  $\text{NaN}_3$  的敏感度不同,青永久 709 对  $\text{NaN}_3$  的反应更为敏感,这可能与品种本身的特性有关。品种对诱变剂的反应会因种皮的透水性、种子的大小及种子内部休眠机制的不同而有差异<sup>[34]</sup>。青永久 709 的种子较小,千粒重只有 24.5 g,  $\text{NaN}_3$  更易进入细胞内部,因而对其种子萌发及幼苗生长影响更大<sup>[7,19]</sup>。

明确  $\text{NaN}_3$  对不同燕麦品种的诱变效应,是开展燕麦化学诱变育种研究的前提。有关  $\text{NaN}_3$  对燕麦产生

的诱变效应,目前国内报道较少。本研究利用 $\text{NaN}_3$ 对两个燕麦品种进行诱变处理,详细阐明了 $\text{NaN}_3$ 对燕麦萌发及幼苗生长产生的影响,旨在为燕麦诱变育种提供理论数据。在此基础上,应进一步探究 $\text{NaN}_3$ 在燕麦全生育期产生的影响,构建燕麦突变体库,并结合基因测序等技术,快速确定突变基因及其功能,从而快速高效地选育出符合市场特定需求的燕麦品种。

## 4 结论

1)  $\text{NaN}_3$ 处理显著抑制了燕麦种子萌发及幼苗生长,其中浓度是最主要的影响因素,处理时间次之。

2) 不同品种对 $\text{NaN}_3$ 处理的反应不尽相同,青永久709较爱沃对 $\text{NaN}_3$ 更敏感。

3)  $\text{NaN}_3$ 对青永久709半致死剂量分别为0 mmol/L,处理1 h和。对爱沃的是10 mmol/L处理2 h。

### 参考文献:

- [1] Auerbach C, Robson J M. The production of mutations by chemical substances [J]. *Proceedings of the Royal Society of Edinburgh*, 1947, 62(62): 271.
- [2] 隋馨瑶, 孙二娜, 王莹, 等. 空间搭载长双歧杆菌BBMN68耐氧株筛选及其耐酸耐胆盐特性[J]. *甘肃农业大学学报*, 2019, 54(3): 186-192.
- [3] 于沐, 周秋峰. 小麦诱发突变技术育种研究进展[J]. *生物技术通报*, 2017, 33(3): 45-51.
- [4] 王曾珍, 张玉, 白史且. 植物诱变育种研究进展[J]. *草业与畜牧*, 2009(6): 1-5+23.
- [5] 程志锋. 小麦近等基因系 TcLr10, TcLr21 和 TcLr44 的诱变研究[D]. 张家口: 河北农业大学, 2008.
- [6] Alqurainy F, Khan S. Mutagenic effects of sodium azide and its application in crop improvement. [J]. *World Applied Sciences Journal*, 2009, 6(12): 1589-1601.
- [7] 王伟, 钮力亚, 于亮, 等. 小麦叠氮化钠诱变群体籽粒品质性状的遗传特性分析[J]. *江苏农业科学*, 2019, 47(6): 58-60.
- [8] Rines H W. Sodium azide mutagenesis in diploid and hexaploid oats and comparison with ethyl methanesulfonate treatments [J]. *Environmental and Experimental Botany*, 1985, 25(1): 7-16.
- [9] 付以同, 焦小云, 张寿林, 等. 叠氮化钠所致大鼠中枢神经系统的病理改变[J]. *卫生研究*, 1995(1): 1-4.
- [10] 刘晴, 古佳玉, 赵紫伟. 小麦矮秆突变体DC20的转录组分析[J]. *核农学报*, 2019, 33(8): 1451-1458.
- [11] 王文秀, 郑红艳, 徐妙云, 等. 玉米矮秆突变体的筛选与候选基因鉴定[J]. *中国农业科技导报*, 2019, 21(11): 27-34.
- [12] 李明飞, 谢彦周, 刘录祥, 等. 叠氮化钠诱变普通小麦陕农33突变体库的构建和初步评估[J]. *麦类作物学报*, 2015, 35(1): 22-29.
- [13] Valentina Talamè, Bovina R, Sanguineti M C, et al. TILLMore, a resource for the discovery of chemically induced mutants in barley[J]. *Plant Biotechnology Journal*, 2010, 6(5): 477-485.
- [14] 张希太.  $\text{NaN}_3$ 诱变小麦山农8355后代变异的研究及SSR分析[J]. *农业与技术*, 2011, 31(2): 38-42.
- [15] 张超美. 叠氮化钠对小麦的诱变效应[J]. *湖北农学院学报*, 1994(3): 56-60.
- [16] 孙浩洋. 燕麦种质白粉病抗性评价及生物防治研究[D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2019.
- [17] 刘云梅. 燕麦栽培技术[J]. *云南农业*, 2020(1): 86.
- [18] 孙蕊, 刘泽东, 高海娟. 燕麦的栽培技术[J]. *现代畜牧科技*, 2021(10): 60+62.
- [19] 李娟宁, 吕英, 赵桂琴, 等. 化学诱变剂EMS和MNU对燕麦种子萌发和幼苗生长的影响[J]. *草原与草坪*, 2021, 41(3): 108-118.
- [20] 李鹏志, 孟维韧, 黄好文, 等. 不同温度和覆土厚度对粳稻出苗的影响[J]. *种子*, 2020, 39(6): 91-93+98.
- [21] 任祥, 王琦, 张恩和, 等. 覆盖材料和沟壑比对土壤贮水量和燕麦出苗率的影响[J]. *草原与草坪*, 2016, 36(1): 78-82+88.
- [22] 金小雯, 赵桂琴, 柴继宽, 等. 不同贮藏年限对燕麦种子活力的影响[J]. *草原与草坪*, 2019, 39(2): 54-59+65.
- [23] 王平, 王春语, 丛玲, 等. PEG-6000模拟干旱胁迫下高粱种子萌发期抗旱、敏感材料筛选、鉴定[J]. *山西农业大学学报(自然科学版)*, 2020, 40(3): 30-36.
- [24] 陈新, 张宗文, 吴斌. 裸燕麦萌发期耐盐性综合评价与耐盐种质筛选[J]. *中国农业科学*, 2014, 47(10): 2038-2046.
- [25] Upadhyay M K, Naylor J M, Simpson G M. The physiological basis of seed dormancy in *Avena fatua* L. I. Action of the respiratory inhibitors sodium azide and salicylhydroxamic acid[J]. *Physiologia Plantarum*, 1952, 54(4): 419-424.
- [26] 王彩莲. 无原花色素大麦的诱发突变及遗传分析[J].

- 核农学通报,1996(6):296—299.
- [27] 闫炯. EMS诱导小麦突变及突变的鉴定和筛选[D]. 张家口:河北农业大学,2007.
- [28] 谭美莲,汪磊,严明芳,等. 辐射对蓖麻种子生长及生理指标的影响[J]. 作物研究,2012,26(1):35—39+42.
- [29] 彭绍民. 叠氮化钠诱变水稻生物学效应研究[J]. 湖南省作物学会刊,1987(1):11.
- [30] 王永芳,窦有恒. 叠氮化钠诱导太谷核不育小麦后代性状效应初探[J]. 甘肃农业科技,1994(2):7—8.
- [31] M Afsar Awan,童渭渔,王彩莲. 叠氮化钠对水稻的诱变效应[J]. 核农学通报,1982(1):22—28.
- [32] 李社荣,王琳清,施巾帼. 叠氮化钠处理预辐照冬小麦适宜方法的研究[J]. 核农学报,1991(2):65—71.
- [33] 谢嘉华,夏英武等. 水稻离子注入和叠氮化钠复合处理生物学效应研究[J]. 核农学通报,1993(2):34—37.
- [34] 秦思思,颜玉娟,曾倩玉. 甲基磺酸乙酯(EMS)对醉鱼草种子萌发的影响[J]. 种子,2020,39(2):73—76+81.

## The effect of sodium azide on seed germination and seedling growth of oat

LIN Dou-dou, ZHAO Gui-qin\*, GONG Wen-long, SU Wei-juan, ZHANG Li-rui

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

**Abstract:** [Objective] In order to clarify the effects of different  $\text{NaN}_3$  concentrations and treatment time on oat seed germination and seedling growth of oat, and select half lethal dose. [Method] The seeds of two varieties (Everleaf and Qingyongjiu 709) were used as materials. Different  $\text{NaN}_3$  concentrations (0, 5, 10, 15, 20 mmol/L) and treatment time (1, 2, 3 h) were set to analyze the seed germination activity and seedling growth after treatment. [Result] The results showed that  $\text{NaN}_3$  concentration was the main factor affecting oat seed germination and seedling growth. The relative germination rate, relative germination potential and relative germination index of oat seeds decreased significantly with the increase of  $\text{NaN}_3$  concentration. When the  $\text{NaN}_3$  treatment of 10 mmol/(L·1 h), the relative germination rate of Qingyongjiu 709 was 51.08% and the relative lethal rate was 47.92%. When treated for 2 h at the same concentration, the relative germination rate of Everleaf was 51.47% and the relative lethal rate was 48.53%. When the concentration of  $\text{NaN}_3$  was greater than 10 mmol/L, the relative mortality of the two varieties was greater than 60%. The seeds completely lost germination ability at the highest concentration (20 mmol/L).  $\text{NaN}_3$  treatment also significantly inhibited seedling growth. The emergence rate, root length and seedling height of Qingyongjiu 709 were more restricted than that of Everleaf under the same condition. [Conclusion] The half lethal treatment combinations of Qingyongjiu 709 and Everleaf were 10 mmol/L, 1 h and 10 mmol/L, 2 h, respectively. Qingyongjiu 709 was more sensitive to  $\text{NaN}_3$  treatment than Everleaf.

**Key words:** oats; sodium azide; seed germination; seedling growth; half lethal dose