

苘麻种子休眠机理及破眠方法

常青山¹, 张利霞^{2*}, 刘晶¹, 吕凤娟¹, 张天蒙¹, 朱荣玮¹, 沙晨霞¹, 赵运发¹, 王倩丽¹, 韩晓鹏¹

河南科技大学¹林学院, ²农学院, 河南洛阳471003

摘要: 本文对苘麻种子吸水率进行测定, 对其种皮与种仁中萌发抑制物质活性进行分析, 并采用GA₃对苘麻进行促萌试验, 探索了苘麻种子的休眠机理与打破休眠的方法。结果表明: 造成苘麻种子休眠的原因包括种皮障碍以及种皮与种仁中存在的抑制物质, 其中种皮透水性差与种子中存在内源抑制物质是限制苘麻种子萌发的主要原因, 其休眠属于综合休眠。在60°C温水中浸30 min后, 再用GA₃处理可以促进苘麻种子的萌发; 其中, 采用400 mg·kg⁻¹ GA₃溶液处理种子24 h可以有效打破苘麻种子休眠, 较好地提高苘麻种子的萌发能力。

关键词: 苘麻; 种子; 休眠机理; 内源抑制物; 破眠方法

苘麻(*Abutilon theophrasti* Medicus)又名青麻、麻果, 为锦葵科苘麻属的一年生亚灌木状草本植物, 我国除青藏高原外, 其他各省区均有分布, 在东北部分地区多有栽培(邓天福和王霞2015)。苘麻茎皮有较强耐盐与耐水浸能力, 可以用于制作绳索(李法曾等1997)。其种子含油量可达15%~16%, 常用于制皂、工业用润滑油及能源植物(邓天福和王霞2015; 李星霖等2015)。苘麻茎叶中含有黄酮类、有机酸、皂苷类、萜类等化合物(买提卡思木等2008; 宋爱华等2013; 阳丽华2010)。全草入药, 具有清热解毒、利湿退翳的作用, 主治痢疾、中耳炎、耳鸣、耳聋、关节痛、痈疽肿毒等病(国家药典委员会2010; 阳丽华2010)。苘麻因其具有重要的药用与经济利用价值而日益受到重视。然而, 苘麻种子具有休眠特性, 这对于苘麻的开发与利用造成了严重不利影响。目前, 国内一些学者对苘麻种子的休眠与萌发进行了一定的探索, 王金淑(2012)研究发现, 采用30~60°C的温水浸种, 可以显著提高苘麻种子的发芽率。邓天福和王霞(2015)发现在低温处理下, 苘麻种子的发芽率显著提高。然而, 苘麻种子的休眠机理尚未见报道, 有关提高苘麻种子萌发能力的破眠技术研究整体较少。有研究表明, 生长调节剂GA₃可以打破种子的休眠、提高种子的萌发能力(丁兰等2014; 田美华等2016)。本试验以洛阳本地苘麻种子为试材, 对其种子吸水率及内源抑制物质活性进行初步研究, 探索苘麻种子的休眠机制, 并采用GA₃对种子处理以促进种子萌发, 以期苘麻经济价值与药用价值的开发和利用奠定基础。

材料与方法

1 材料

供试苘麻(*Abutilon theophrasti* Medicus)种子于2015年9月采自河南省洛阳市郊区。内源抑制物质的生物活性测定所用白菜和小麦种子均为市售。

2 方法

2.1 苘麻种子透水性测定

参考李兵兵等(2013)的方法进行苘麻种子透水性实验。分别称取完整种子、破皮种子(用刀割破种皮, 以种子刚好露白为标准)各1.0 g, 4个重复, 称重后在20°C恒温条件下用10倍体积蒸馏水浸泡。分别在0、2、8、12、24、36、72、96和120 h时取出种子, 用吸水纸吸干表面水分, 万分之一电子天平称重, 并记录数据, 120 h后实验结束。

种子吸水率(%)=[(吸水后种子质量-吸水前种子质量)/吸水前种子质量]×100

2.2 不同浓度粗提物制备及抑制活性测定

参考赵敏和王炎(2001)与罗夫来和郭巧生(2007)的方法, 采用浸提法制备种子粗提物。称取20.0 g苘麻种子, 放入烧杯中, 加入10倍种子体积的蒸馏水, 于56°C浸提24 h后过滤得粗提液, 种子用蒸馏水清洗2次, 收集滤液。种子再次用10倍体积的蒸馏水进行第2次浸提24 h后, 得粗提液, 蒸馏水

收稿 2016-04-27 修定 2016-05-20

资助 河南省高等学校重点科研项目(15A180037和16A220005)、河南省科技攻关计划项目(162102110095)、河南科技大学高级别项目培育基金(2015GJB029)、河南科技大学青年基金项目(4024-13350066和4026-13350041)和河南科技大学博士科研启动基金项目(4024-13480054和4026-13480038)。

* 通讯作者(E-mail: hkdzlx@126.com)。

清洗2次,收集滤液。将两次收集的粗提液在56°C水浴下蒸发浓缩并定容至50 mL容量瓶中,使每0.4 g种子获浸提液1 mL。

参考赵敏等(2001)与罗夫来和郭巧生(2007)的方法,分别用小麦和白菜种子对苘麻种子粗提液进行生物活性测定。用0.4 g·mL⁻¹苘麻种子浸提液配制0.08、0.12和0.16 g·mL⁻¹三个实验浓度,用小麦种子对苘麻种子浸提液进行生物活性测定。小麦采用25°C黑暗培养,以蒸馏水为对照,每个重复50粒种子,每组处理设3次重复。用0.4 g·mL⁻¹苘麻种子浸提液配制0.02、0.04、0.08、0.12和0.16 g·mL⁻¹共五个实验浓度,用白菜种子对苘麻种子浸提液进行生物活性测定,白菜在光照培养箱中21°C,黑暗/光照各12 h条件下培养,每个重复50粒种子,每组处理设3次重复。24 h后统计小麦与白菜的发芽率,48 h后测定小麦胚芽鞘长、根长,以及白菜根长,对数据进行差异显著性分析。

2.3 种子不同部位粗提物制备及活性测定

采用浸提法,参考王艳华等(2005)的方法。分别称取5.0 g完整种子,用种子破碎机获取种皮与种仁,加入10倍体积蒸馏水,于56°C浸提24 h,浓缩并定容至25 mL,使每0.2 g种子获浸提液1 mL,用小麦种子进行生物活性测定,每组3次重复,每个重复50粒种子,其余同2.2。

2.4 GA₃处理

GA₃处理苘麻种子实验设计如表1。苘麻种子萌发实验每组均设3个重复,每个重复50粒种子。

从发芽开始,每天统计发芽率,第3天计算发芽势,第8天统计总发芽率,并测定根长、苗高、鲜重,计算发芽指数与活力指数。发芽指数(GI)= $\sum(G_t/D_t)$ (G_t为第t天的种子发芽数, D_t为对应G_t的发芽天数);活力指数(VI)=GI×S (GI代表发芽指数, S为苘麻全株总长度)。

3 数据分析

采用SPSS 16.0、Origin 8.0和Excel 2003软件进行数据分析和图表绘制。

实验结果

1 苘麻种子的透水性

对苘麻完整种子与破皮种子进行吸水率测试,结果如图1所示,随着浸泡时间的延长,苘麻种子吸水率均逐渐升高,完整种子与破皮种子的吸水率曲线存在显著不同。吸水的前2 h为快速吸水期,完整种子与破皮种子均直线升高,2 h测得的破皮种子的吸水率为90.24%,而完整种子仅为7.95%,两者相差82.29%。2 h后完整种子的吸水率速率放缓,吸水36 h后吸水趋于平缓。破皮种子在2~24 h依然有较高的吸水速率,在36 h后吸水速率放缓,在72 h后吸水率才趋于平缓。在吸水120 h后,破皮种子的吸水率为146.71%,而完整种子的吸水率为14.23%,两者相差132.48%,达到极显著差异(P<0.01)。在种子吸水的各个阶段,破皮种子与完整种子相比吸水更快,吸水率更高,说明苘麻的种皮对种子的透水性有极大的阻碍作用。

表1 赤霉素对苘麻种子的不同处理

Table 1 The different GA₃ treatments on the seeds of *A. theophrasti*

名称	处理方法
对照	完整种子直接在蒸馏水中发芽
T1	完整种子60°C蒸馏水浸30 min, 在蒸馏水中再浸12 h, 蒸馏水中发芽
T2	破皮种子直接在蒸馏水中发芽
T3	破皮种子浸24 h, 蒸馏水中发芽
T4	完整种子60°C蒸馏水浸30 min, 200 mg·kg ⁻¹ GA ₃ 再浸24 h, 蒸馏水中发芽
T5	完整种子60°C蒸馏水浸30 min, 300 mg·kg ⁻¹ GA ₃ 再浸24 h, 蒸馏水中发芽
T6	完整种子60°C蒸馏水浸30 min, 400 mg·kg ⁻¹ GA ₃ 再浸24 h, 蒸馏水中发芽
T7	完整种子60°C蒸馏水浸30 min, 500 mg·kg ⁻¹ GA ₃ 再浸24 h, 蒸馏水中发芽
T8	破皮种子浸200 mg·kg ⁻¹ GA ₃ 24 h, 蒸馏水中发芽
T9	破皮种子浸300 mg·kg ⁻¹ GA ₃ 24 h, 蒸馏水中发芽
T10	破皮种子浸400 mg·kg ⁻¹ GA ₃ 24 h, 蒸馏水中发芽
T11	破皮种子浸500 mg·kg ⁻¹ GA ₃ 24 h, 蒸馏水中发芽

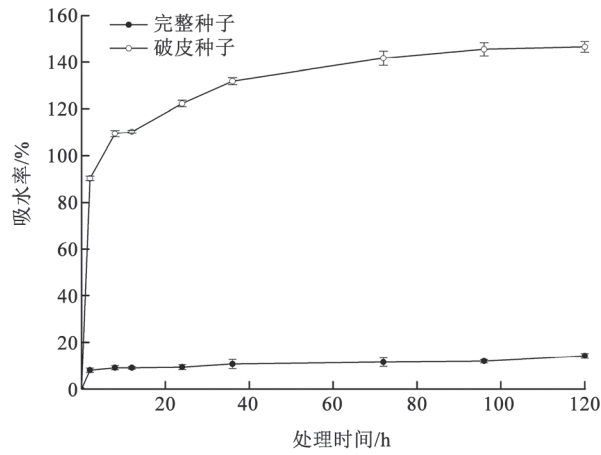


图1 苘麻种子吸水率随浸泡时间的变化
Fig.1 Changes of water absorption rate of *A. theophrasti* seeds to soaking time

表2 苘麻种子水浸提液对小麦种子萌发及幼苗的抑制作用

Table 2 The inhibitory activity of water extracts of *A. theophrasti* seeds on seed germination and seedling growth of wheat

粗提物浓度/g·mL ⁻¹	相对发芽率/%	相对主根长/%	相对胚芽鞘长/%
0	100.00±0.00 ^a	100.00±0.00 ^a	100.00±0.00 ^a
0.08	89.36±2.13 ^b	40.70±1.99 ^b	58.28±3.49 ^b
0.12	44.68±7.37 ^c	25.60±3.66 ^c	31.29±4.25 ^c
0.16	30.85±10.53 ^d	11.88±0.91 ^d	22.45±2.89 ^c

差异显著性分析取 $P<0.05$ 水平, 同一列不含相同字母者为差异显著; 相对发芽率、相对主根长、相对胚芽鞘长数值由以对照相应值100%计算而得。表3和表4同此。

表3 苘麻粗提液对白菜种子萌发及根长的影响

Table 3 The inhibitory activity of water extracts of *A. theophrasti* seeds on seed germination and root length of cabbage

粗提物浓度/g·mL ⁻¹	相对发芽率/%	相对主根长/%
0	100.00±0.00 ^a	100.00±0.00 ^a
0.02	95.90±3.38 ^a	93.41±6.12 ^a
0.04	95.90±0.00 ^b	55.21±6.41 ^b
0.08	28.28±5.22 ^b	26.15±2.18 ^c
0.12	3.69±1.74 ^c	0.00±0.00 ^d
0.16	0.00±0.00 ^c	0.00±0.00 ^d

子发芽率和根长与对照相比差异不显著。当粗提物浓度达到0.08 g·mL⁻¹时, 白菜种子的发芽率与根长均受到了显著抑制。当粗提物浓度达到0.12 g·mL⁻¹时, 白菜种子的发芽率为3.69%, 其根长为0; 当粗提物浓度增加到0.16 g·mL⁻¹时, 白菜种子发芽率与根长均为0, 粗提液完全抑制了白菜种子的萌发。

2 苘麻种子粗提物的生物活性研究

2.1 苘麻种子粗提物抑制小麦种子萌发及幼苗生长

从表2可以看出: 当抑制物浓度达到0.08 g·mL⁻¹时, 小麦发芽率、主根长和胚芽鞘长均显著低于对照。当抑制物重量浓度达到0.16 g·mL⁻¹时, 小麦萌发受到极强的抑制作用, 相对发芽率、相对主根长及相对胚芽鞘长降低到最低值。从下降幅度来看, 各浓度粗提物对小麦主根长的抑制作用最强, 其次为胚芽鞘与发芽率。

2.2 苘麻种子粗提物抑制白菜种子萌发及根生长

从表3可以看出: 苘麻种子粗提物对白菜种子发芽率和根长的抑制作用随粗提物浓度的升高而增强。当粗提物质量浓度为0.02 g·mL⁻¹时, 白菜种

2.3 苘麻种子不同部位浸提液对小麦相对发芽率、相对主根长、相对胚芽鞘的抑制作用

从表4可以看出: 苘麻种子不同部位浸提液对小麦相对发芽率、相对根长和相对胚芽鞘长均有不同程度的抑制作用。种皮浸提液对小麦的发芽率与胚芽鞘生长的抑制影响较小, 与清水对照相比均未达显著水平; 但对小麦主根长的抑制相对较强, 其主根长下降了37.77%。完整种子浸提液对小麦的发芽率、主根长和胚芽鞘长的抑制作用

表4 苘麻种子不同部位水浸提液对小麦种子萌发和生长的影响
Table 4 Effects of water extracts from different *A. theophrasti* seed tissues on seed germination and seedling growth of wheat

种子部位	相对发芽率/%	相对主根长/%	相对胚芽鞘长/%
清水	100.00±0.00 ^a	100.00±0.00 ^a	100.00±0.00 ^a
种皮	96.67±3.06 ^a	62.23±0.62 ^b	90.86±9.74 ^a
完整种子	75.33±7.57 ^b	46.04±3.47 ^c	22.64±2.54 ^b
种仁	34.67±3.03 ^c	13.67±2.25 ^d	11.81±3.30 ^c

与清水对照相比均达显著水平, 该处理的发芽率、主根长与胚芽鞘长分别比对照下降了24.67%、53.96%与77.36%。种仁浸提液对小麦发芽率、主根长和胚芽鞘长的抑制作用最强, 该处理下的发芽率、主根长和胚芽鞘长分别比对照下降了65.33%、86.33%与88.19%。总体上, 不同部位浸提液抑制活性从小到大的顺序为: 种皮<全种子<种仁。

2.4 不同激素处理对苘麻种子萌发的影响

从表5中可以看出, 完整苘麻种子(对照)的发芽率极低, 发芽势为0, 而发芽指数与活力指数均为所有处理中数值最低。当完整种子经60°C温水浸种30 min后, 再在清水中浸泡12 h的苘麻种子的发芽率得到进一步地提高, 其发芽率比对照提高了9.50倍, 发芽势、活力指数均显著高于对照及破

表5 不同浓度GA₃浸种对苘麻种子发芽率、发芽势、发芽指数与活力指数的影响
Table 5 Effects of different GA₃ concentrations on seed germination, germination energy, germination index and vigor index of *A. theophrasti*

处理	发芽率/%	发芽势/%	发芽指数(GI)	活力指数(VI)
对照	5.33±1.15 ^t	0.00±0.00 ^f	0.49±0.11 ^e	2.92±0.52 ^f
T1	56.00±5.29 ^s	38.67±7.57 ^e	9.68±1.39 ^d	78.24±9.28 ^c
T2	45.33±1.15 ^h	4.00±0.00 ^f	6.07±0.23 ^d	30.02±1.52 ^f
T3	82.00±5.29 ^{cd}	74.00±3.46 ^b	33.79±1.52 ^a	148.99±27.31 ^d
T4	72.00±0.00 ^{ef}	46.00±2.83 ^{de}	18.03±0.06 ^c	138.49±8.22 ^d
T5	78.00±3.46 ^{de}	55.33±2.31 ^{cd}	22.37±2.86 ^{bc}	175.62±28.31 ^{cd}
T6	91.33±2.31 ^{ab}	61.33±11.02 ^c	23.94±2.43 ^b	196.46±6.76 ^{bc}
T7	70.67±8.08 ^f	55.33±8.08 ^{cd}	21.40±3.53 ^{bc}	170.06±37.09 ^{cd}
T8	86.50±3.79 ^{abc}	79.50±5.74 ^{ab}	37.50±3.53 ^a	226.49±27.87 ^b
T9	92.67±2.31 ^a	86.67±7.02 ^a	38.56±3.01 ^a	278.78±25.06 ^a
T10	90.00±2.00 ^{ab}	80.67±4.62 ^{ab}	37.06±2.72 ^a	237.76±20.69 ^b
T11	84.67±4.16 ^{bcd}	72.00±4.00 ^b	33.99±3.35 ^a	230.05±26.60 ^b

差异显著性分析取 $P<0.05$ 水平, 同一列不含相同字母者为差异显著。

皮种子(T2)。经过破皮的种子直接在蒸馏水中的发芽率达到45.33%, 显著高于对照; 其发芽势、发芽指数与活力指数均高于对照, 其中发芽指数与对照相比达显著水平。破皮种子经24 h蒸馏水浸种后(T3)的发芽率高达82%, 发芽率、发芽势、发芽指数与活力指数均显著高于对照、T1和T2。完整种子在经60°C水浸30 min, 然后在200~500 mg·kg⁻¹ GA₃溶液浸种24 h后(T4~T7), 苘麻种子的发芽率、发芽势、发芽指数与活力指数随GA₃浓度的升高呈现先上升后下降的趋势。在400 mg·kg⁻¹ GA₃处理(T6)下, 苘麻种子的发芽率比对照提高了16.13倍, 比T2提高了1.01倍, 显著高于T4、T5和T7处理; 其发芽势比T2提高了14.33倍, 与300及500 mg·kg⁻¹ GA₃处理(T5和T7)相比差异不显著, 但显著高于对照、T1、T2和T4处理; 其发芽指数与活力指数分别比T2提高了2.95倍和5.54倍, 除与300及500 mg·kg⁻¹ GA₃处理(T5和T7)相比差异不显著外, 显著高于对照、T1、T2和T4处理。而500 mg·kg⁻¹

GA₃溶液处理(T7)下苘麻的发芽率、发芽势、发芽指数和活力指数则呈现降低趋势, 但均显著大于对照、T1和T2处理。

破皮种子在清水中浸24 h后(T3), 苘麻种子的发芽率、发芽势、发芽指数与活力指数均显著高于对照、T1和T2。破皮种子在200~500 mg·kg⁻¹的GA₃溶液中浸种24 h后(T8~T11), 苘麻种子发芽率、发芽势、发芽指数与活力指数随着GA₃浓度的增加呈现先升高后下降的趋势, 均显著高于对照、T1和T2处理, 除发芽势外均高于T3处理。其中破皮种子在300 mg·kg⁻¹ GA₃溶液浸24 h处理(T9)的发芽率与发芽势最高, 显著高于T3和T11处理, 分别比T3处理提高了13.01%和17.12%; 其发芽指数则与T3、T8、T10和T11差异不显著, 活力指数则显著高于T3、T8、T10和T11处理, 比T3处理提高了87.12%。

完整苘麻种子在60°C水浸30 min, 再在不同浓度的赤霉素溶液中浸24 h处理后(T4~T7), 可以

发现苘麻种子发芽率中最高值与最低值相差20.66%,而在破皮种子经不同浓度的赤霉素处理后(T8~T11),其发芽率最高与最低值相差5.33%;与未经破皮进行GA₃处理的苘麻种子相比,破皮后进行GA₃处理的苘麻种子发芽率相差幅度缩小。从发芽势来看,破皮种子经GA₃处理后的发芽势均显著高于完整种子进行GA₃处理的发芽势。从发芽指数来看,破皮种子经GA₃处理后下发芽指数差异不显著,但是均高于完整种子经GA₃处理后的发芽指数。从活力指数来看,破皮种子经GA₃处理后的活力指数均显著高于完整种子经GA₃处理的活力指数,也显著高于破皮种子用清水浸24 h的活力指数。

讨 论

1 苘麻种子透水性及与种皮的关系

种子萌发首先从吸胀开始,当种皮具有蜡质、胶质或革质化,紧密性好的特性时,水分与氧气不易通过种皮,阻碍抑制物的溢出而形成休眠(潘琳和徐程扬2010;杨期和等2003)。苘麻种子的吸水率实验表明,完整种子与破皮种子在120 h吸水实验后,吸水率相差132.48%,差异极显著($P < 0.01$),说明种皮在较大程度上阻止了胚对水分的吸收。种子的充分吸胀对于种子萌发至关重要,完整种子在吸水120 h后种子的吸水率达到14.23%,低于种子萌发所需要的30%含水量(张国盛等2001),因此苘麻的自然萌发率较低。一方面,割破种皮使苘麻种子迅速吸胀,最终其吸水率显著大于对照(图1);另一方面,在羊草(*Leymus chinensis*)种子中研究发现,羊草种子在种皮被刺破后,萌发率得以大幅度提高,说明种皮的透水性显著影响种子的萌发(何学青等2010);同样苘麻种子种皮在割破后,其发芽率、发芽势、发芽指数、活力指数才大幅度高于对照(表5),这充分说明苘麻种子种皮透水性差阻碍了胚对水分的吸收。Baskin和Baskin(2004)将种子休眠分为物理休眠、生理休眠等五种类型,苘麻种皮坚硬,种皮透水性差,说明苘麻种子存在物理休眠。

2 苘麻种子粗提物对小麦、白菜种子萌发及幼苗生长的影响

苘麻种子中存在生物活性较强的内源抑制物,

可显著抑制小麦和白菜种子的萌发、幼根和胚芽鞘(小麦)的生长,使小麦与白菜的生长受到抑制。抑制物质的生物活性随质量浓度的增大而增大。当粗提物质量浓度达到0.12 g·mL⁻¹时,小麦发芽率、主根长和胚芽鞘长的下降幅度均超过50%,而此处理下白菜的发芽率、幼苗根长的下降幅度超过90%。由此可知,苘麻种子粗提物对小麦、白菜种子萌发及生长有不同程度的抑制作用,粗提物浓度越高,抑制作用越强。尽管其抑制效果因受试种子不同而有所差异,但均说明了苘麻种子中存在可抑制种子萌发的内源抑制物质。种子中由于内源抑制物质而降低胚的活力属于生理休眠(喻梅等2012),因此,苘麻种子中存在生理休眠。

3 苘麻种子不同部位浸提液对小麦生长抑制研究

本研究发现,苘麻种子的种皮与种仁都含有抑制物质,种仁的抑制物质活性强于种皮,两者达显著差异。说明苘麻种皮与种仁中存在萌发抑制物质是引起苘麻种子休眠的原因之一,属于由内源抑制物质存在而引起的休眠。综上所述,苘麻种子的休眠是由种皮与种仁中存在内源抑制物共同造成的。种子不同部位所含抑制物质在活性上的差异,是因为所含抑制物质多少不同,还是因为所含抑制物质种类或性质不同,抑或是由于苘麻种子中激素的缺乏而形成苘麻的休眠,有待于进一步研究。

4 苘麻种子休眠的解除方法

完整苘麻种子在蒸馏水中的发芽率极低,而经破皮处理的苘麻种子发芽率得到大幅度的提高,说明种子经破皮处理后,提高了种子的吸胀能力,从而提高了种子的萌发率,从而说明苘麻种皮的不透水性是导致其发芽率低的原因之一。而单单进行种子破皮直接在蒸馏水中发芽,苘麻种子的萌发能力没有得到充分提高,说明除了种皮不透水性外,种子内还存在一些抑制物质,这与苘麻种子浸提液可以抑制小麦与白菜的萌发生长相一致。破皮种子经24 h浸种后与破皮种子直接在清水中发芽相比,其发芽率、发芽势、发芽指数与活力指数显著提高,说明经24 h浸种,有利于抑制物质的溶出,进一步佐证了苘麻种子中存在内源抑制物质。完整种子在经60℃温水处理30 min,再浸种12 h后,苘麻种子的发芽率进一步得到提高,

且其发芽势、发芽指数与活力指数均显著高于破皮种子直接在清水中发芽, 由于温水浸种可以在一定程度上去除种子内的内源抑制物质并增加种皮的透水性(周艳玲等2009), 因此苘麻种子吸胀能力增加, 以及部分内源抑制物质得以渗出是导致该处理下苘麻种子萌发率提高的原因。

邓天福和王霞(2015)在用NAA处理苘麻种子时, 将苘麻种子泡在NAA中20 h, 结果发现NAA对苘麻种子发芽率、发芽势、发芽指数与活力指数与对照相比无显著差异。同样经实验证实, 如果不经60°C温水浸种, 而直接在GA₃溶液中浸24 h, 其发芽能力与对照的萌发能力一样, 几乎没有效果。只有经60°C温水浸种处理30 min后, 苘麻种子种皮的通透性与吸水能力增加后, 再用GA₃浸种24 h后, GA₃才可以进入种子内部发挥作用, 方能够打破休眠, 促进种子的萌发, 说明了苘麻种皮的透水性差, 使得GA₃无法渗入种子内部发挥作用并影响种子的萌发能力, 这与苘麻种子的吸水率结果相互印证。在菟丝子(*Cuscuta chinensis*)的相关研究中发现, NaOH与浓硫酸可以软化菟丝子的外壳, 便于GA₃快速进入种子内部发生作用, 从而明显提高种子的发芽率与发芽势(汪学敏等2010), 说明增加种皮的透水性才可使得GA₃发挥作用, 本研究结果与之类似。与破皮种子在经24 h蒸馏水浸种处理相比, 采用破皮种子经GA₃处理24 h后苘麻的发芽率与发芽指数均有不同程度的提高, 而活力指数则显著提高, 说明单单经破皮的苘麻种子虽然在清水浸泡下可以促进其内源抑制物质的溶出, 仍有一些内源抑制物质不易溶出, 而采用GA₃处理后由于没有种皮的阻隔苘麻破皮种子不易溶出的那部分内源抑物质得以在GA₃处理下进行物质转化从而打破种子的休眠, 从而提高苘麻种子的萌发指标。破皮处子经GA₃处理24 h下的发芽势、发芽指数与活力指数均明显高于完整种子经GA₃处理下的相应指标, 充分说明没有种皮的阻隔, GA₃更易于进入种子内部发挥作用, 从侧面进一步证明了种皮的不透水性影响GA₃向种子内部渗透。GA₃可以打破苘麻种子休眠提高萌发能力的原因可能在于, GA₃可以提高内源GA₃与生长素的生成, 激活种子中的水解酶如淀粉酶的活性, 促进核酸与蛋白质的形成, 并降低种子内部抑制物水平, 从

而打破休眠, 提高种子的萌发能力(孙荣进和罗光明2012; 汪学敏等2010)。

综上所述, 苘麻种子萌发率较低的原因在于其种皮透水性较差, 并且其种皮与种仁中均存在内源抑制物质, 苘麻种子的休眠应当是种皮不透水性与种子内存在内源抑制物质相结合的一种综合休眠。在先经适当温水浸种后, 再用适当GA₃浓度进行浸种处理后可以较好地打破苘麻种子的休眠, 提高其萌发能力。

参考文献

- Baskin JM, Baskin CC (2004). A classification system for seed dormancy. *Seed Sci Res*, 14 (1): 1–16
- Deng TF, Wang X (2015). Effect of different plant growth regulators and temperature treatment on germination of velvetleaf seeds. *J Henan Institute Sci Tech (Nat Sci)*, 43 (1): 20–24 (in Chinese with English abstract) [邓天福, 王霞(2015). 不同植物生长调节剂和温度处理对苘麻种子萌发的影响. *河南科技学院学报(自然科学版)*, 43 (1): 20–24]
- Ding L, Zhang L, Guo L, Sang J, Qin LX, Wang BQ (2014). Asymbiotic seed germination and rapid seedling regeneration of endangered *Gymnadenia conopsea* (L.) R. Br. *Plant Physiology J*, 50 (1): 77–82 (in Chinese with English abstract) [丁兰, 张丽, 郭柳, 桑杰, 秦临喜, 王保强(2014). 濒危植物佛手参种子的非共生萌发及种苗的快速繁殖. *植物生理学报*, 50 (1): 77–82]
- He XQ, Hu XW, Wang YR (2010). Study on seed dormancy mechanism and breaking technique of *Leymus chinensis*. *Acta Bot Bor-Occid Sin*, 30 (1): 120–125 (in Chinese with English abstract) [何学青, 胡小文, 王彦荣(2010). 羊草种子休眠机制及破除方法研究. *西北植物学报*, 30 (1): 120–125]
- Li BB, Wei XH, Xu Y (2013). The causes of *Gentiana straminea* Maxim. seeds dormancy and the methods for its breaking. *Acta Ecol Sin*, 33 (15): 4631–4638 (in Chinese with English abstract) [李兵兵, 魏小红, 徐严(2013). 麻花秦艽种子休眠机理及其破除方法. *生态学报*, 33 (15): 4631–4638]
- Li FZ, Chen HB, Zhen YL (1997). *Flora of Shandong*. Qingdao, Shandong: Qingdao Press (in Chinese) [李法曾, 陈汉斌, 郑亦律(1997). *山东植物志*. 山东青岛: 青岛出版社]
- Li XL, Liu QX, Cheng ZQ, Hu C, Ge BJ, Li HQ, Tian HZ (2015). Investigation, oleaginousness of the major nonfood bio-diesel plant resources in Shanghai, Jiangsu and Anhui provinces. *J East China Normal Univ (Nat Sci)*, (1): 212–223 (in Chinese with English abstract) [李星霖, 刘巧霞, 程志全, 胡超, 葛斌杰, 李宏庆, 田怀珍(2015). 沪苏皖主要非粮生物柴油能源植物资源的调查与含油量分析. *华东师范大学学报(自然科学版)*, (1): 212–223]
- Luo FL, Guo QS (2007). Study on endogenesis inhibitory substances in seed of *Thesium chinense*. *Chin J Chin Mater Med*, 32 (17): 1737–1740 (in Chinese with English abstract) [罗夫来, 郭巧生(2007). 百蕊草种子内源抑制物质的初步研究. *中国中药杂志*, 32 (17): 1737–1740]

- Matkasim K, Kurax M, Abbas A (2008). Study on extraction technological conditions of total flavonoids from *Abutilon theophrasti* Medic. Food Sci, 29 (6): 156–158 (in Chinese with English abstract) [库尔班尼沙·买提卡思木, 穆拉丁·库热西, 阿不都拉·阿巴斯(2008). 苘麻总黄酮提取工艺的研究. 食品科学, 29 (6): 156–158]
- National Pharmacopoeia Commission (2010). Pharmacopoeia of the People's Republic of China. Beijing: China Press of Traditional Chinese Medicine (in Chinese) [国家药典委员会(2010). 中华人民共和国药典一部. 北京: 中国医药科技出版社]
- Pan L, Xu CY (2010). Review on mechanisms of physiological modulation in the process of seed dormancy and germination. Seed, 29 (6): 42–47 (in Chinese with English abstract) [潘琳, 徐程扬(2010). 种子休眠与萌发过程的生理调控机理. 种子, 29 (6): 42–47]
- Song AH, Tian CL, Liu XK, Zhao CJ (2013). Analysis of the low polar components extracted from the roots of *Abutilon theophrasti* Medic. Malv. by GC-MS. J Shenyang Pharm Univ, 30 (2): 132–135 (in Chinese with English abstract) [宋爱华, 田春莲, 刘晓坤, 赵春杰(2013). 中药材苘麻根中弱极性成分的GC-MS分析. 沈阳药科大学学报, 30 (2): 132–135]
- Sun RJ, Luo GM (2012). Seed dormancy characteristics for *Vitex trifolia* var. *simplicifolia*. Chin Tradit Herbal Drugs, 43 (8): 1621–1625 (in Chinese with English abstract) [孙荣进, 罗光明(2012). 单叶蔓荆种子休眠特性研究. 中草药, 43 (8): 1621–1625]
- Tian MH, Zhao ZW, Tang AJ (2016). Desiccation sensitivity and effects of temperature and moisture content of the substrate during storage on after-ripening in seeds of *Cycas revolute*. Plant Physiology J, 52 (2): 225–233 (in Chinese with English abstract) [田美华, 赵正武, 唐安军(2016). 苏铁种子的脱水敏感性及温湿条件对种子后熟的影响. 植物生理学报, 52 (2): 225–233]
- Wang JS (2012). Effect of the light and temperature on the germination characteristics of the velvetleaf seed. Northern Hortic, (1): 50–51 (in Chinese with English abstract) [王金淑(2012). 光照和温度等因素对苘麻种子萌发特性的影响. 北方园艺, (1): 50–51]
- Wang XM, He JQ, Cai J, Dong ZG (2010). Reason for dormancy of *Cuscuta chiriensis* seed and solving method. Chin J Chin Mater Med, 35 (3): 268–271 (in Chinese with English abstract) [汪学敏, 何家庆, 蔡静, 董振国(2010). 菟丝子种子休眠原因及解除方法初探. 中国中药杂志, 35 (3): 268–271]
- Wang YH, Gao SM, Li FL, Zhao W, Sun YH, Lu L (2005). Discussion of dormancy mechanism of *Prunus Sargentii* seeds. Seed, 24 (5): 12–16 (in Chinese with English abstract) [王艳华, 高述民, 李凤兰, 赵伟, 孙玉红, 路莲(2005). 大山樱种子休眠机理的探讨. 种子, 24 (5): 12–16]
- Yang LH (2010). Studies on pharmacognosy and effective anti-inflammatory and analgesic components from the stem and leaf of *Abutilon Theophrasti* (Master's thesis). Harbin: Heilongjiang University of Chinese Medicine (in Chinese with English abstract) [阳丽华(2010). 苘麻茎叶生药学及其抗炎镇痛有效部位的研究(硕士论文). 哈尔滨: 黑龙江中医药大学]
- Yang QH, Ye WH, Sun SQ, Yin SH (2003). Summarization on causes of seed dormancy and dormancy polymorphism. Acta Bot Bor-Occid Sin, 23 (5): 837–843 (in Chinese with English abstract) [杨期和, 叶万辉, 宋松泉, 殷寿华(2003). 植物种子休眠的原因及休眠的多形性. 西北植物学报, 23 (5): 837–843]
- Yu M, Zhou SB, Wu XY, Wang J, Chang LL, Wang JM (2012). Dormancy break approaches and property of dormant seeds of wild *Cryptotaenia japonica*. Acta Ecol Sin, 32 (4): 1347–1354 (in Chinese with English abstract) [喻梅, 周守标, 吴晓艳, 汪劫, 常琳琳, 王继明(2012). 野生鸭儿芹种子休眠特性及破除方法. 生态学报, 32 (4): 1347–1354]
- Zhang GS, Wang LH, Wei H, Yao QZ, Tian YL (2001). Study on the inhibition of water extract of *Sabina vulgaris* fruit skin on seeds germination and characterization of seeds water absorption. J Inner Mongolia Agric Univ (Nat Sci), 22 (2): 1–6 (in Chinese with English abstract) [张国盛, 王林和, 魏宏, 姚庆智, 田有亮(2001). 臭柏果实浸泡液萌发抑制作用及种子吸水特性研究. 内蒙古农业大学学报(自然科学版), 22 (2): 1–6]
- Zhao M, Wang Y (2001). Elementary studies on intrinsic inhibitor that retards germination of seed of *Astragalus membranaceus*. Chin Tradit Herbal Drugs, 32 (7): 643–646 (in Chinese with English abstract) [赵敏, 王炎(2001). 膜荚黄芪种子萌发抑制物质特性的初步研究. 中草药, 32 (7): 643–646]
- Zhao M, Wang Y, Kang L (2001). Study on activity of inner inhibitory substances of *Acanthopanax senticosus* (Rupr. et Maxim) harms fruits and seeds. Chin J Chin Mater Med, 26 (8): 534–538 (in Chinese with English abstract) [赵敏, 王炎, 康莉(2001). 刺五加果实及种子内源萌发抑制物质活性的研究. 中国中药杂志, 26 (8): 534–538]
- Zhou YL, Zhao M, Zhao YS (2009). Seed dormancy mechanism for *Saposhnikovia divaricata*. J Northeast Forestry Univ, 37 (3): 16–17 (in Chinese with English abstract) [周艳玲, 赵敏, 赵雨森(2009). 防风种子的休眠机制. 东北林业大学学报, 37 (3): 16–17]

Dormancy mechanism and breaking approaches of *Abutilon theophrasti* seeds

CHANG Qing-Shan¹, ZHANG Li-Xia^{2*}, LIU Jing¹, LÜ Feng-Juan¹, ZHANG Tian-Meng¹, ZHU Rong-Wei¹, SHA Chen-Xia¹, ZHAO Yun-Fa¹, WANG Qian-Li¹, HAN Xiao-Peng¹

¹College of Forestry, ²College of Agriculture, Henan University of Science and Technology, Luoyang, Henan 471003, China

Abstract: In this experiment, *Abutilon theophrasti* seeds were used as experimental material, the dormancy mechanism and dormancy breaking approaches of *A. theophrasti* seeds were investigated by water absorption rate test and biological activity tests of crude extracts, and the feasible measures of improving germination rate were found by treating *A. theophrasti* seeds with gibberellin germination. These results showed that: the reasons of seed dormancy mechanism could be attributed to water absorption barrier caused by seed testa, germination endogenous inhibiting substance existing in testa and kernel, which were the primary limit factor. In conclusion, *A. theophrasti* seeds were featured multiple dormancies, the treatment (pre-soaking with 60°C water for 30 min, then soaked in 400 mg·kg⁻¹ GA₃ for 24 h) could break its dormancy effectly.

Key words: *Abutilon theophrasti*; seeds; dormancy mechanism; endogenous inhibitor; dormancy breaking approaches

Received 2016-04-27 Accepted 2016-05-20

This work was supported by Key Scientific Research Projects of Henan Province (Grant Nos. 15A180037 and 16A220005), Project of Science and Technology Project of Henan Province (Grant No. 162102110095), Henan University of Science and Technology Senior Project Fund (Grant No. 2015GJB029), Henan University of Science and Technology Youth Fund Project (Grant Nos. 4024-13350066 and 4026-13350041), Henan University of Science and Technology Doctoral Research Fund Project (Grant Nos. 4024-13480054 and 4026-13480038).

*Corresponding author (E-mail: hkdzlx@126.com).