

环境因子对黄顶菊种子萌发的影响

张凤娟¹, 李继泉², 徐兴友¹, 郭艾英¹, 胡京蕊¹, 杜淑欣¹, 万方浩^{3,*}

(1. 河北科技师范学院野生植物资源应用研究所, 昌黎 066600; 2 河北农业大学林学院, 保定 071000;

3. 中国农业科学院植物保护研究所植物病虫害生物学国家重点实验室, 北京 100193)

摘要:黄顶菊是一种入侵性极强的外来杂草,其种子对环境的适应是其成功入侵的前提。通过室内条件下黄顶菊种子的物理特性、环境因子对其种子萌发及幼苗生长影响等方面的研究,可为探讨黄顶菊快速蔓延的原因与揭示黄顶菊成功入侵机制提供理论依据。结果表明,黄顶菊种子极多而轻与黄顶菊大面积扩散密切相关,温度、光照和种子埋藏深度是决定黄顶菊种子萌发的关键因素。黄顶菊种子萌发的温度范围为 5~40℃,25℃最适于种子的萌发,25~35℃条件下有利于幼苗的生长;黄顶菊种子是光敏感型种子,在土壤表面的萌发率最高(74.44%),大于 3cm 的深层土壤中则不能萌发;pH 对黄顶菊种子的萌发影响不明显,但其幼苗在酸性条件下生长较好;黄顶菊种子的萌发能忍受一定的盐胁迫和干旱胁迫,但随着胁迫程度的加重,根长和苗长逐渐降低,50% 的土壤含水量对黄顶菊种子萌发和幼苗生长比较适宜。

关键词:黄顶菊;种子萌发;环境因子

文章编号:1000-0933(2009)04-1947-07 中图分类号:Q948 文献标识码:A

Influence of environmental factors on seed germination of *Flaveria bidentis* (L.) Kuntza

ZHANG Feng-Juan¹, LI Ji-Quan², XU Xing-You¹, GUO Ai-Ying¹, HU Jing-Rui¹, DU Shu-Xin¹, WAN Fang-Hao^{3,*}

1 Research Institute of Wild Plant Resources Application, Hebei Normal University of Science & Technology, Changli, Hebei 066600, China

2 Forestry College, Agricultural University of Hebei, Baoding 071000, China

3 State Key Laboratory for Biology of Plant Diseases and Insect Pests, Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Science, Beijing 100193, China

Acta Ecologica Sinica, 2009, 29(4): 1947 ~ 1953.

Abstract: *Flaveria bidentis* (L.) Kuntza is an alien weed with a strong ability to invade. The successful invasion by this weed might be related to its ability to readily adjust to the environment. A laboratory study of the physical characteristics of *Flaveria bidentis* and the effect of environmental factors on its seed germination and seedling growth was conducted to determine the factors that enable it to rapidly invade new environments. The results showed that a single plant can produce more than ten thousand seeds and the seeds are very small. This accounted for its ability to rapidly invade new areas. Temperature, light, and seed burial depth were the key factors affecting seed germination. Seeds germinated at a constant temperature of 5 to 40℃ with optimum seed germination at 25℃ and optimum seedling growth at 25—35℃. Seed germination was light sensitive. Maximum germination (74.44%) occurred when seeds were planted on the soil surface. No seedlings emerged when planted at a depth of 3 cm. The effect of pH on seed germination was not significant, but the seedlings grew better under acidic conditions than in alkaline soils. The seed could endure NaCl stress and drought stress to some extent, but root length and seedling length became shorter when the stress became severe. A soil water content of 50% was the best condition for the seed germination and seedling growth.

基金项目:国家重点基础研究发展计划资助项目(2009CB119200);河北科技师范学院博士基金资助项目

收稿日期:2007-11-09; **修订日期:**2008-10-31

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: wanfanghao@cjac.org.cn

Key Words: *Flavera bidentis* (L.) Kuntza; seed germination; environmental factor

黄顶菊(*Flavera bidentis* (L.) Kuntza)为菊科堆心菊族黄顶菊属的1年生草本植物,原产于南美洲,适应性极强,根系发达,耐盐碱且耐贫瘠,有“生态杀手”之称。黄顶菊一般株高25~170cm,叶子椭圆形,交互对生,叶片边缘有稀疏而整齐的锯齿,花冠为鲜黄色,非常醒目。黄顶菊繁殖力很强。花期长,8~9月份为盛花期,可产生12~30个1级分枝,有1~18个2级分枝,5~7个3级分枝,每个分枝上有15~30个花序,其中一个花序有5~6个聚伞花序,每个聚伞花序有10~80个头状花序,每个头状花序有2~10朵小花。整株花多达上万朵,花粉量大,提高了传粉和授粉的概率。种子数目多,提高了延续后代的能力^[1]。一旦入侵农田,将与农作物争水、争肥、争阳光,将会严重影响农作物的生长,特别是对农业生态系统有极大的破坏性,使许多生物灭亡。2003年9月接连在河北衡水和天津南开大学发现了该种植物,2006年该植物在河北省境内疯狂蔓延,目前已经入侵全省47个县(市、区),面积达到2万hm²,除治黄顶菊已经到了刻不容缓的地步^[2]。

种子萌发是植物发育过程中的一个关键阶段,每一种种子的萌发都有一个特定的环境范围^[3]。环境因子,例如,温度、光照、pH、土壤水分都可以影响种子萌发^[4,5]。目前国内关于黄顶菊形态学、生理学、生态学等方面的研究已有简单介绍^[6]。但迄今为止,关于黄顶菊种子萌发方面的研究仍是空白。本文对黄顶菊种子的物理特性、种子萌发特性等方面作了研究,探讨对黄顶菊种子扩散的各种限制因素,旨在为进一步研究外来入侵杂草的入侵机制、预测潜在分布范围以及综合治理提供依据。

1 研究方法

1.1 种子物理特性

2006年10月在河北衡水野外随机采收黄顶菊的成熟种子,随机抽取种子100粒,用AL型万分之一电子天平测千粒重,10个重复;随机抽取50粒种子,用游标卡尺准确测定种子的大小(包括长、宽、厚),3次重复;种子含水量的测定采用烘干法,即随机抽取种子100粒,在105℃的烘箱中烘5h后称重,然后计算种子水分含量,10个重复。

1.2 种子活力的测定

种子活力测定采用氯化三苯四氮唑(TTC)法^[7],将50粒成熟种子置于38~40℃温水中浸泡24h后去皮,然后将胚浸于38℃的0.1%的TTC溶液中浸泡12h,取出观察并记录结果,染色程度深的为高活力种子,试验共设4个重复。

1.3 环境因子对种子萌发和幼苗生长的影响

种子的室内萌发试验在12月份进行,挑选黑色饱满的黄顶菊种子,用0.5% H₂O₂消毒后用无菌水冲洗5次,用蒸馏水浸泡24h后放在直径10cm、垫有两层滤纸的培养皿中进行试验。每天补充1~3ml蒸馏水,以维持适宜的湿度。每个处理各选种子50粒于人工智能培养箱进行培养,培养条件为光照时间12L/12D,光照强度250μmol·m⁻²·s⁻¹,除了检测温度和土壤埋藏深度对种子萌发的影响两个试验外,其余所有实验都在25℃下进行。不同环境因子的每个处理水平均设4个重复。

种子萌发以胚根露出种皮1mm为标准,逐日统计发芽数,并于实验的第7天测定根长和苗长,计算萌发指数、活力指数。其中萌发指数 $G_t = \sum G_t / D_t$ (G_t 为第 t 日的萌发数, D_t 为相应的萌发日数);活力指数 $V_i = S \sum G_t / D_t$ (S 为幼苗的平均长度)。

1.3.1 不同温度的试验

采用纸碟法。培养温度分为5、10、15、25、35、40、45℃ 7个水平。

1.3.2 不同pH处理试验

采用纸碟法。用Na₂HPO₄和磷酸缓冲液将培养液配成pH值为5.07、5.92、6.8、7.73和8.61等5个处理水平进行种子萌发实验^[7]。

1.3.3 不同浓度盐胁迫试验

采用纸碟法。分别以 0(蒸馏水)、0.05、0.10、0.20、0.40 mol·L⁻¹ 5 个不同浓度的 NaCl 溶液对种子进行处理。

1.3.4 不同干旱处理试验

采用 PEG(8000)胁迫处理和不同土壤湿度两种方法。

PEG(8000)水分胁迫溶液,质量浓度分别设 0(蒸馏水)、0.05、0.1、0.15、0.2 g·ml⁻¹ 5 个水平,与之相对应的溶液水势梯度大约为 0、-0.10、-0.20、-0.40、-0.60^[8~10]。

不同土壤湿度试验采用砂培法。细沙用 0.5% H₂O₂ 消毒后,用蒸馏水洗 5 次,自然晾干备用。在铺有滤纸的直径 10cm 的培养皿中各装砂子 20g,分别喷洒 1.0、3.0、10、20ml 不同量的蒸馏水,即土壤含水量分别为 5%、15%、50% 和 100%。将种子置于砂层表面进行培养。

1.3.5 光照对黄顶菊种子萌发的影响

持续黑暗处理(在培养皿外层包裹 2 层锡箔纸)和正常光照(250 μmol·m⁻²·s⁻¹) 12h 情况下的发芽率进行对比。在正常光照发芽结束时将持续处理的锡箔纸去掉,检测发芽率。

1.3.6 覆土深度对种子萌发的影响

覆土深度对黄顶菊种子萌发影响的实验在温室内进行。设置了 0、0.3、0.6、0.9、1.2、1.5、1.8、2.1、2.4、2.7、3.0 cm 10 个水平处理。

1.4 数据处理与分析

数据统计分析所采用的软件为 SPSS,利用 Duncan 新复极差法进行单因素方差分析。

2 结果与分析

2.1 黄顶菊种子大小、千粒重、含水量和种子活力

黄顶菊种子的大小为 2.44mm×0.52mm×0.22 mm,千粒重约为 2.105g,含水量为 10.3% (表 1)。黄顶菊种子的千粒重小,所含营养物质有限,这对于种子繁殖力有一定的负面效应。因此,黄顶菊采取 *r*-对策种子繁殖策略是适应环境对其繁殖限制的结果^[11,12]。

50 粒成熟的黄顶菊种子的活力试验表明,49 粒种子的胚染成了红色,黄顶菊种子活力高达 98%。

表 1 衡水地区黄顶菊种子大小、千粒重、含水量和种子活力

Table 1 1000- seed weight, seed moisture content and root vitality of *Flaveria bidentis* from Hengshui

项目 Items	平均值 Mean value	重复数 No.	标准差 Sd	变异系数 CV (%)
种子大小 Size of seed (mm)	2.44 × 0.52 × 0.22	3	0.18 × 0.07 × 0.07	7.4 × 13.5 × 31.8
种子千粒重 1000 seed weight (g)	2.105	10	0.013	0.62
种子含水量 Seed moisture content (%)	10.3	10	1.01	9.8
种子活力 Root vitality	98%	4	0.25	0.5

2.2 环境因子对黄顶菊种子萌发的影响

2.2.1 温度对黄顶菊种子萌发的影响

图 1 为不同温度下黄顶菊种子的发芽率。黄顶菊种子可以在很广的温度范围内发芽(10~40℃),这个温度可以保证在我国的大部分地区的春天和夏天完成种子的萌发,而这个温度范围出现在华北的 3 月到 10 月之间,可供种子萌发的时间较长。黄顶菊种子萌发的最低温度相对较低(10℃),在河北,它可以在 4 月中旬萌发,这一点具有重要意义,因为这样很可能使其先于其他植物生长,从而提前进入生长。25℃ 最适于种子的萌发,其发芽率为 99.3%。但是,高温(≥40℃)强烈抑制其发芽,所以黄顶菊较适宜在相对凉爽的温度下萌发,黄顶菊的扩散很可能会限制在气候温和的地方。因此,从实验结果也说明,黄顶菊向河北以南地区具有很强的扩散能力,其主要原因是早春该地区的温度均大于 10℃。

表 2 为温度对黄顶菊幼苗生长的影响。结果显示,在 25℃ 和 35℃ 条件下培养幼苗的根长和苗长差异不

明显, 15℃和 40℃条件下培养幼苗的根长和苗长分别极显著低于 25℃和 35℃条件下培养幼苗的根长和苗长。

表 2 温度对黄顶菊幼苗发芽率、根长和苗长的影响

Table 2 Effect of temperature on the germination ratio, the length of roots and seedlings

项目 Item	温度 Temperature(℃)					
	5	10	15	25	35	40
发芽率 Germination ratio	0.00 ± 0.00cC	12.12 ± 1.12bB	36.21 ± 2.65bB	89.33 ± 4.93aA	40.33 ± 0.58bB	0.67 ± 0.58cC
根长 Root length(mm)	0.00 ± 0.00cC	2.11 ± 0.25bB	3.90 ± 0.55bB	13.26 ± 1.42aA	14.85 ± 2.00aA	0.01 ± 0.01cC
苗长 Seedling length(mm)	0.00 ± 0.00cC	1.01 ± 0.21aA	1.62 ± 0.39aA	3.46 ± 0.11bB	5.95 ± 0.39bB	0.00 ± 0.00cC

小写字母表示 0.05 水平上的差异;大写字母表示 0.01 水平上的差异;以下同 The data with different lowercase and uppercase letters in the same row are significantly different at 0.05 and 0.01 levels, respectively; the same below

2.2.2 pH 对黄顶菊种子萌发及幼苗生长的影响

黄顶菊种子在不同 pH 环境条件下的发芽率及幼苗的根长和苗长见表 3。培养液的 pH 值在 5.07、5.92、6.8、7.73 和 8.61 等 5 个水平上发芽率均大于 93%,最高的可达 99.3%(pH = 5.07)。方差分析表明,对于发芽率,培养液的 pH 值为 5.07、5.92 和 6.8 时的发芽率极显著高于 pH 为 7.73 和 8.61 的发芽率;而幼苗的根长和苗长,培养液 pH 值为 6.8 时的幼苗根长显著长于其他 4 个条件下的幼苗根长,培养液 pH 值为 5.07 和 5.92 时的幼苗根长显著大于 pH 为 7.73 和 8.61 条件下培养的根长,培养液的 pH 值为 5.07、5.92 和 6.8 时幼苗苗长显著长于 pH 为 7.73 和 8.61 的幼苗苗长。因此,培养条件为偏酸性环境时有利于黄顶菊种子的萌发与幼苗的生长。

表 3 不同 pH 环境条件下的黄顶菊种子发芽率及幼苗的根长和苗长

Table 3 Effect of pH on the ratio of germination, the length of roots and seedlings of *Flaveria bidentis*

项目 Item	pH				
	5.07	5.92	6.8	7.73	8.61
发芽率 Germination ratio(%)	99.33 ± 1.15aA	96.67 ± 3.05aA	98.67 ± 2.31aA	93.33 ± 2.31bB	94.67 ± 3.06bB
根长 Root length(mm)	9.10 ± 1.03bB	8.90 ± 1.53bB	18.01 ± 2.54aA	0.93 ± 0.23cC	0.50 ± 0.07cC
苗长 Seedling length(mm)	4.43 ± 0.35aA	4.61 ± 0.49aA	4.10 ± 0.70aA	2.00 ± 0.08bB	1.62 ± 0.24bB

2.2.3 盐胁迫对黄顶菊种子萌发的影响

不同 NaCl 浓度胁迫处理对黄顶菊种子萌发的影响不同(表 4),随着 NaCl 胁迫浓度的升高,黄顶菊种子发芽率逐渐降低。培养第 5 天,在 0.05 ~ 0.1 mol·L⁻¹ NaCl 胁迫下,黄顶菊种子发芽率介于 93.23% ~ 98.33% 之间,且与对照差异不显著。当 NaCl 浓度为 0.2 mol·L⁻¹ 时,黄顶菊种子发芽率为 66.0%,显著低于对照。当 NaCl 浓度为 0.4 mol·L⁻¹ 时,黄顶菊种子不能萌发。随着盐浓度的增加种子发芽率逐渐降低的现象在其他杂草中也有报道^[11,12]。

表 4 不同浓度 NaCl 对黄顶菊种子萌发和幼苗生长的影响

Table 4 Effect of NaCl on the seed germination and growth of the seedlings

项目 Item	浓度 Concentration(mol·L ⁻¹)			
	0	0.05	0.10	0.20
发芽率 Germination ratio(%)	100.00 ± 0.00aA	96.00 ± 3.46aA	98.67 ± 1.15aA	66.00 ± 10.39bB
萌发指数 Germination index	108.17 ± 12.30aA	95.14 ± 3.46aA	67.29 ± 1.15bB	20.53 ± 10.39cC
活力指数 Vitality index	1434.58 ± 0.12aA	945.65 ± 10.65aA	549.59 ± 21.045bB	48.43 ± 6.59cC
根长 Root length(mm)	13.26 ± 1.42aA	10.94 ± 2.06aA	8.17 ± 1.64bB	2.36 ± 0.36cC
苗长 Seedling length(mm)	3.46 ± 0.11abA	3.57 ± 0.07aA	2.88 ± 0.15bA	1.86 ± 0.61cB

随着 NaCl 胁迫浓度的升高,黄顶菊种子的萌发指数、活力指数、根长和苗长是逐渐降低的。当 NaCl 浓度为 0.05 mol·L⁻¹ 时,黄顶菊种子的萌发指数和活力指数、幼苗的根长和苗长与对照差异不显著;其它 2 个浓度

下与对照差异极显著。

2.2.4 干旱胁迫对黄顶菊种子萌发的影响

(1) PEG 胁迫对黄顶菊种子萌发的影响

如表 5 所示,当 PEG 浓度为 0.05 时,种子的发芽率、萌发指数、活力指数、幼苗的根长和苗长等指标均较对照有所升高,但差异不显著;随着胁迫程度的增加,种子的发芽率、萌发指数、活力指数、幼苗的根长和苗长等指标逐渐降低。当 PEG 浓度为 $0.10\text{ g}\cdot\text{ml}^{-1}$ 时,只有根长 1 个指标与对照差异显著;当 PEG 浓度为 $0.15\text{ g}\cdot\text{ml}^{-1}$ 时,种子的萌发指数、活力指数与对照差异显著,幼苗根长与对照差异极显著;当渗透势为 $0.20\text{ g}\cdot\text{ml}^{-1}$ 时,种子的发芽率、萌发指数、活力指数、幼苗的根长和苗长与对照差异极显著。表明黄顶菊能忍受一定的渗透胁迫,因此推测黄顶菊有可能向较干旱地区扩散。

表 5 不同浓度 PEG 处理对黄顶菊种子萌发和幼苗生长的影响
Table 5 Effect of PEG on the seed germination and growth of seedlings

项目 Item	浓度 Concentration($\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$)				
	0	0.05	0.10	0.15	0.20
发芽率 Germination ratio(%)	$99.33 \pm 3.34\text{aA}$	$100.00 \pm 4.34\text{aA}$	$96.00 \pm 3.54\text{aA}$	$95.33 \pm 2.01\text{aA}$	$80.00 \pm 3.23\text{bB}$
萌发指数 Germination index	$18.87 \pm 2.31\text{aA}$	$19.65 \pm 3.24\text{aA}$	$15.70 \pm 0.34\text{aA}$	$13.71 \pm 1.02\text{bA}$	$8.49 \pm 0.21\text{cC}$
活力指数 Vitality index	$75.18 \pm 4.05\text{aA}$	$96.74 \pm 5.98\text{aA}$	$70.61 \pm 2.90\text{aA}$	$53.31 \pm 5.24\text{bA}$	$18.18 \pm 2.12\text{cC}$
根长 Root length(mm)	$13.26 \pm 3.42\text{aA}$	$18.99 \pm 3.42\text{bAB}$	$9.93 \pm 0.12\text{bAB}$	$8.16 \pm 0.21\text{bB}$	$2.36 \pm 0.12\text{cC}$
苗长 Seedling length(mm)	$3.46 \pm 0.78\text{abA}$	$5.02 \pm 1.01\text{aA}$	$3.57 \pm 0.21\text{aA}$	$2.88 \pm 0.26\text{aAB}$	$1.86 \pm 0.03\text{bB}$

(2) 土壤含水量对黄顶菊种子萌发的影响

表 6 显示了土壤含水量对黄顶菊种子萌发和幼苗生长的影响。随着土壤含水量的增加,种子的发芽率、萌发指数、活力指数、幼苗的根长和苗长呈现逐渐增加的趋势,土壤含水量为 50% 时达到最大值,其中萌发指数、活力指数、根长和苗长与土壤含水量为 5%、15% 条件下的各指标呈显著差异;土壤含水量为 100% 条件下各指标都比土壤含水量为 50% 条件下各指标有所降低,其中只有根长差异极显著,其它指标差异不显著。表明 50% 的土壤含水量是黄顶菊的种子萌发和幼苗的生长是最适条件。

实验结果表明黄顶菊种子较能忍受水分胁迫,即使土壤含水量较低(5%)时,种子萌发率仍高达 68.00%,说明土壤水分不是黄顶菊种子萌发主要的限制因子,而且河北省地处华北地区,为干旱半干旱地区,进一步表明黄顶菊在河北省大量生长的原因。

表 6 土壤含水量对黄顶菊种子萌发和幼苗生长的影响
Table 6 Effect of water content on the germination of seeds and growth of seedlings

项目 Item	含水量 water content(%)			
	5	15	50	100
发芽率 Germination ratio(%)	$68.00 \pm 3.23\text{bB}$	$94.00 \pm 4.05\text{aA}$	$94.67 \pm 6.54\text{aA}$	$89.33 \pm 7.02\text{aA}$
萌发指数 Germination index	$5.09 \pm 0.13\text{bB}$	$9.36 \pm 1.02\text{aA}$	$13.65 \pm 4.01\text{cA}$	$12.15 \pm 2.03\text{cA}$
活力指数 Vitality index	$20.16 \pm 4.56\text{cC}$	$54.30 \pm 5.62\text{bB}$	$123.85 \pm 3.43\text{aA}$	$115.30 \pm 5.64\text{aA}$
根长 Root length(mm)	$13.37 \pm 4.03\text{cB}$	$19.41 \pm 3.01\text{bB}$	$46.81 \pm 5.91\text{aA}$	$16.90 \pm 2.05\text{bcB}$
苗长 Seedling length(mm)	$3.41 \pm 0.12\text{cC}$	$5.80 \pm 0.23\text{bBC}$	$9.07 \pm 0.23\text{aAB}$	$8.89 \pm 1.02\text{aA}$

2.2.5 光照和埋藏深度对黄顶菊种子萌发的影响

当黄顶菊种子处于持续黑暗条件下,其种子萌发率为 19.8%,显著小于正常光照条件(光照 12h)下的 99.3%(表 7);而随着埋藏深度的加深黄顶菊种子萌发率迅速降低,在土壤表面黄顶菊种子的萌发率最高,为 74.4%,在 3cm 土层则没有种子的萌发(图 1),光照和埋藏深度对黄顶菊种子萌发影响的结果说明黄顶菊种子是一种光敏感型种子。黄顶菊种子数量巨大且不具有休眠,而且黄顶菊可以在较广的温度范围内萌发,所以当受到扰动时埋藏在深层土壤中的种子一旦接近土壤表层,其萌发的可能性很大。这就加大了控制黄顶菊的难度和时间。

表 7 光照时间对黄顶菊种子萌发的影响

Table 7 Effect of sun time on the germination of the seeds

	光照时间 Sun time (h)		
	0	6	12
发芽率 Germination ratio(%)	19.8 ± 1.02aA	67.9 ± 2.12bA	99.3 ± 7.02cC

3 讨论

黄顶菊原产于南美洲巴西、阿根廷等国,扩散到美洲中部、北美洲南部及西印度群岛,后来由于引种等原因而传播到埃及、南非、英国、法国、澳大利亚和日本等地,于 2001 年首次在我国天津、河北发现^[6]。目前黄顶菊已经入侵河北省 47 个县(市、区),以河北省南部最为集中,面积达到 2 万 hm^2 ,其中侵入农田的面积为 0.333 万 hm^2 。在其分布及扩散的地区,黄顶菊被称之为农业或环境杂草。外来入侵种在异质性环境下产生可塑性反应是其生态入侵的重要机制之一,主要包括

对环境变化的敏感性和反应能力两方面^[13]。揭示已经杂草化的外来植物在不同土壤质地、酸碱度、盐度、温度和湿度等异质环境下的生理生态适应对策,可以帮助制定有效的综合治理方案,预测其潜在的分布范围,并为建立其他外来植物杂草化风险评价体系积累资料。

外来种的入侵过程被认为是一系列连续阶段组成的链式过程^[14,15],包括引入、建群、扩散和危害等阶段。种群的建立是决定外来种是否成功入侵过程中很重要的一个阶段,其中入侵种的扩散是关键因子之一。对于入侵植物黄顶菊而言,在新生境中种群的建立主要取决于种子的传播和分布。本实验结果表明黄顶菊种子极多,一株黄顶菊能产十几万粒种子,而且其种子非常轻。已有一些研究证明,外来植物的种子通常会随水流向下游扩散,如外来植物 *Fraxinus ornus* L. 在法国南部沿 Herault 河向下游扩散^[16]。Weiher 等认为,种子重量与种子的传播距离、种子库寿命、定居成功率、繁殖力相关^[17,18],小粒种子不仅使植物在不增大生殖投资的情况下增加了种子生产量,而且可能至少部分地表现了抵御捕食的功能^[19,20]。小粒种子使植物有更大的多度范围、更广泛的空间占有量,出现的年份更多^[21]。黄顶菊种子极多,而且其种子非常轻,这样的特性可以使其漂浮在水面,顺水流向下扩散,这一现象能说明 2006 年衡水湖畔黄顶菊大量繁殖的原因。黄顶菊种子也可随皮毛或进口粮谷掺入其它地方^[2],因此黄顶菊种子极易传播。

入侵种种群的建立与环境因素有很大关系,因为环境因素对种子萌发能力的影响直接决定入侵植物的蔓延和种群数量。本试验结果表明,温度、光照、埋藏深度、土壤状况(如盐分、pH 值、土壤含水量等)均能影响黄顶菊种子的萌发和幼苗的生长,其中温度、光照和埋藏深度是影响种子萌发的关键因素。黄顶菊种子萌发温度范围广($5 \sim 40^\circ\text{C}$),在较低温度(5°C)条件下就可萌发,很可能使其在早春先于其他植物生长,而且优先建立黄顶菊种群;黄顶菊种子宽的萌发温度范围,会对我国华北、东北、华中、华东、华南及沿海等大部分地区产生潜在的威胁。黄顶菊种子对光敏感,埋藏在深层土壤时,种子不会萌发;但深层土壤中的种子由于扰动一旦接近土壤表层,其萌发的可能性很大,使得黄顶菊经常入侵于频繁遭受干扰的地区,尤其是地表裸露的空地。黄顶菊种子极多,1 株黄顶菊能产十几万粒种子,预示着黄顶菊可能具有强大的种子库,这更增大了黄顶菊控制的难度。同时也表明黄顶菊种子的萌发需要一个高光环境。种子萌发需光现象比较普遍,尤其是在种子比较小的情况下^[3]。同时应注意到,黄顶菊种子在持续黑暗条件下仍有一部分种子可以萌发,因此,比较郁闭的、光照条件弱的林下地区也会发现它的踪影。pH 不是影响黄顶菊分布的主要限制因素,但其幼苗在酸性条件下更有利于黄顶菊种群的建立。在较高盐分的土壤中,黄顶菊种子仍有一部分可以萌发,随着盐浓度的增加发芽率逐渐降低的这种现象在其他杂草中也有报道,例如, *Campsis radicans* 和 *Caperonia palustris*^[22,23],

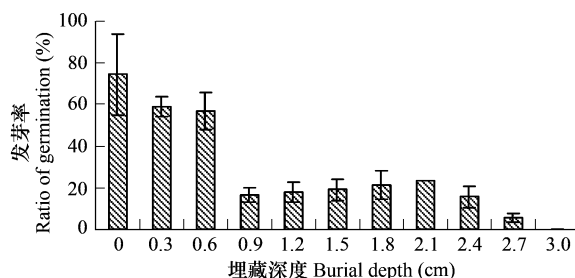


图 1 埋藏深度对黄顶菊种子萌发的影响

Fig. 1 Effect of seed burial depth on the germination of the seeds

比起这两种植物,黄顶菊的盐分忍耐力要强。黄顶菊喜欢在湿润的土壤环境中生长。2006 年 4 月下旬,衡水地区的气温为 16.0 ~ 19.7℃,且 10cm 土壤相对湿度在 30% ~ 60% 左右,在此温湿度下,黄顶菊种子能较好的萌发,这可能是造成黄顶菊在衡水泛滥的主要原因之一。

以上结果表明黄顶菊种子轻、极易扩散、且对环境具有较强的适应性,所以导致其在河北省内大面积的泛滥,并有可能向周边其他地区扩散,应采取有效措施加以控制与治理。

References:

- [1] Lu Z G, Zhou W J. Risk evaluation and control strategy of the invasion plant *Flaveria bidentis* (L.) Kuntza. Pratacultural Science, 2006, 4: 4—5, 53.
- [2] Zheng Y X, Zhen B Y. *Flaveria bidentis* (L.) Kuntza dispersal and its effect on ecological environment. Pratacultural Science, 2007, 2: 30—31.
- [3] Baskin J M, Baskin C C. Physiology of dormancy and germination in relation to seed bank ecology. In: Leck M, Parker V, Simpson R. eds. Ecology of Soil Seed banks. San Diego. CA: Academic, 1989. 53—65.
- [4] Chachalis D, Reddy K N. Factors affecting *Campsis radicans* seed germination and seedling emergence, Weed Sci, 2000, 48: 212—216.
- [5] Taylorson R B. Environmental and chemical manipulation of weed dormancy. Rev Weed Sci, 1987, 3: 135—154.
- [6] Gao X M, Tang T C, Liang Y, et al. An alert regarding biological invasion by a new exotic plant, *Flaveria bidentis*, and strategies for its control. Biodiversity Science, 2004, 12(2): 274—279.
- [7] Zhang Z L, Di W Q. Plant physiology experiment guidance. Beijing: Higher Education Press, 2002. 206.
- [8] Ismail B S, Chong T V. Effects of aqueous extracts and decomposition of *Mikania micrantha* H. B. K. debris on selected agronomic crops. Weed Biology and Management, 2002, 2: 31—38.
- [9] Shi J Y, Ding G J. The effect of water stress on germination of Masson Pine seeds from different provenance. J Mountain Agri & Biol, 2000, 19(5): 332—337.
- [10] Su X H, Song X L, Qiang S, Duan H. Response of seed germination of different populations of *Eupatorium adenophorum* Spreng. to drought stress. China J Appl Environ Biol, 2005, 11(3): 308—311.
- [11] Rejmanek M, Richardson D M. What attributes make some plant species more invasive? Ecology, 1996, 77(6): 1655—1661.
- [12] Guo S L, Fang F, Huang H, Qiang S. Studies on the reproduction and photosynthetic ecophysiology of the exotic invasive plant, *Plantago virginica*. Acta Phytocologica Sinica, 2004, 28(6): 787—793.
- [13] Callaway R M, Aschehoude E T. Invasion plants versus their new and old neighbors: a mechanism for exotic invasion. Science, 2000, 290: 521—523.
- [14] Stanton L E. The establishment, expansion and ecosystem effects of *Phragmites Australis*, an invasive species in coastal Louisiana. A doctoral dissertation, the Louisiana State University, 2005, 1—102.
- [15] Xu R M, Ye W H. Biology Invasion—Theory and Practice. Beijing: Science Press, 2003. 1—98.
- [16] Thompson J D, McNeilly T, Gray A J. Population variation in *Spartina anglica* C. E. Hubbard. I. Evidence from a common garden experiment. New Phytol, 1991, 117: 115—128.
- [17] Weiher E, vander Werf A, Thompson K, et al. Challenging the phorastus: A common core list of plant traits for functional ecology. J Veg Sci, 1999, 10: 609—620.
- [18] Thompson K. Genomesize, seed size and germination temperature in herbaceous angiosperms. Evol Trends Plants, 1990, 42: 113—116.
- [19] Thompson K. Seed and seedbanks. New Phytol, 1987, 106: 23—34.
- [20] Guo Q, Brown J H, Valone T J, et al. Constraints of seed size on plant distribution and abundance. Ecology, 2000, 81: 2149—2155.
- [21] Callaway R M, Aschehoude E T. Invasion plants versus their new and old neighbors: a mechanism for exotic invasion. Science, 2000, 290: 521—523.
- [22] Chachalis D, Reddy K N. Factors affecting *Campsis radicans* seed germination and seedling emergence. Weed Sci, 2000, 48: 212—216.
- [23] Koger C H, Reddy K N, Poston D H. Factors affecting seed germination, seedling emergence, and survival of texasweed (*Caperonia palustris*). Weed Sci, 2004, 52: 989—995.

参考文献:

- [1] 芦站根, 周文杰. 外来植物黄顶菊潜在危险性评估及防除对策. 杂草科学, 2006, 4: 4~5, 53.
- [2] 郑云翔, 郑博颖. 黄顶菊的传播及对生态环境的影响. 杂草科学, 2007, 2: 30~31.
- [6] 高贤明, 唐廷贵, 梁宇. 等. 外来植物黄顶菊的入侵警报及防控对策. 生物多样性, 2004, 12(2): 274~279.
- [7] 张志良, 翟伟菁. 植物生理学实验指导. 北京: 高等教育出版社, 2002. 206, 307.
- [9] 施积炎, 丁贵杰. 水分胁迫对不同种源马尾松种子发芽的影响. 山地农业生物学报, 2000, 19(5): 332~337.
- [10] 苏秀红, 宋小玲, 强胜, 段惠. 不同地理种群紫茎泽兰种子萌发对干旱胁迫的响应. 应用与环境生物学报, 2005, 11(3): 308~311.
- [12] 郭水良, 方芳, 黄华, 强胜. 外来入侵植物北美车前繁殖及光合生理生态学研究. 植物生态学报, 2004, 28(6): 787~793.
- [15] 徐汝梅, 叶万辉. 生物入侵——理论与实践. 北京: 科学出版社, 2003. 1~98.