

生化他感作用与高寒草甸上人工草场自然退化现象的研究

张宝琛 白雪芳 顾立华 甄润德

(中国科学院西北高原生物研究所, 西宁)

摘要

细叶亚菊是海北地区垂穗披碱草人工草场上主要入侵杂草之一。本文探讨了垂穗披碱草和细叶亚菊草种间抑制与促进作用以及细叶亚菊各种代谢产物对垂穗披碱草种子萌发与幼苗生长的抑制作用。实验表明: 在垂穗披碱草人工草场自然退化过程中存在着生化他感作用。牧草的自然退化速度与主要杂草入侵程度呈明显的相关性。

关键词: 生化他感, 人工草场, 自然退化。

前言

植物生化他感作用 (Allelopathy) 是指植物在其生长发育过程中, 通过排出体外的代谢产物改变其周围的微生态环境, 从而导致同一生境中植物与植物 (以及微生物) 之间相互排斥和促进的一种自然现象。由于人们过去只注意到相互排斥这一侧面, 因此被称之为生化相克作用。随着植物与植物 (以及微生物) 之间生化相促关系研究的陆续报道, 这一概念应该被修改成包括生化相克和相促两方面内容在内的植物生化他感作用^[1]。

在高寒草甸人工草场自然退化现象调查过程中发现, 垂穗披碱草 (*Elymus nutans* 以下简称披碱草) 人工草场上, 牧草自然退化速度与主要杂类草细叶亚菊 (*Ajantia tenuifolia* 以下简称亚菊) 入侵程度有明显的相关性^[2]。本文对披碱草植物种内及披碱草与亚菊种间生化他感作用进行了实验验证, 以期揭示人工草场自然退化原因及寻找克服退化现象途径的研究提供依据。

一、材料和方法

实验用披碱草及亚菊种子均为1985年10月在海北高寒草甸生态系统定位站第2年披碱草人工草场上采集的, 亚菊挥发油及鲜草提取物所需植物材料为1985年5—6月在第3年披碱草人工草场上采集的, 收集亚菊根系排出物所需沙培亚菊幼苗也在第3年人工草场上挖取。

1. 发芽试验

培养条件: 白昼 28—30°C, 夜晚 10—15°C; 用600瓦白炽灯照明, 光照时间每日10小时。

第一组播入培养皿的披碱草种子量均为0.2克 (相当可萌发种子密度50粒/100厘米²)。各

* 国家自然科学基金资助项目。
本文于1987年8月25日收到。

组混播亚菊种子量分别为每皿0、0.01、0.05、0.1、0.2及0.3克。3次重复。观察9天内披碱草种子萌发率、萌发势及幼苗初期生长情况。第二组播入培养皿的亚菊种子量均为0.1克，混播披碱草种子分别为每皿0、0.1、0.2、0.4、0.8克。3次重复。观察15天内亚菊种子萌发率。

2. 代谢产物收集

以直径25厘米，铺有2厘米厚脱脂棉的布氏漏斗为萌发床，均匀播种5克亚菊种子，每隔6小时用100毫升蒸馏水淋洗萌发床一次，每次收集得到的洗涤液立即通过处理好的聚酰胺柱和XAD-4树脂柱，流速为2毫升/分。

3. 根系排出物的收集

在长、宽、高分别为 $50 \times 30 \times 20$ 厘米³的白色洗涤盆中，由下而上铺5厘米厚一层洗净的大卵石，5厘米厚小卵石及一层10厘米细沙，用作亚菊培养床。瓷盆底部漏水孔处插入直径0.5厘米玻璃管一支并用锡箔严密包裹的橡皮塞塞紧，玻管下端可联接XAD-4树脂吸附柱。将人工草场上挖取的芽长1厘米左右的亚菊苗用自来水冲净后，以每盆150克量栽入培养盆细沙层中。30天后，植株生长整齐旺盛，然后用培养液回流浇灌植物培养床72小时，流速为5毫升/分钟，以洗脱培养床中植物根系排出物。然后将培养盆底部玻璃导管连接上XAD-4树脂吸附柱。

4. 亚菊全草水提取液的制备

将人工草场上采集的新鲜亚菊全草用水冲净，切成段，在研钵中加入石英砂及适量冷蒸馏水，在黑暗条件下研磨提取。用脱脂棉过滤，收集提取液到滤液无色（需提取5次）。用蒸馏水调整浓度为1克鲜草/毫升，置棕色瓶内冰箱冷冻保存。

二、实验结果

1. 披碱草种子萌发过程中，种内生化相克作用

由表1可看出种子播种密度与萌发率之间的关系。当播种量由0.2克/皿提高到0.4、0.6、0.8克/皿时，萌发率分别下降28.2%、34.9%和39.6%。播种量由0.2克/皿提高到0.6克/皿时，

表1 不同播种密度对垂穗披碱草种子萌发率与幼苗初期生长的影响

Table 1 The influence on germination rate and seedling initial growth of *Elymus nutans* by different sowing densities

播种密度 (克/皿)	种子萌发率(对照%)			幼苗生长状况	
	第7天	第8天	第9天	株高(mm)	根长(mm)
0.2	36.8±4.6	73.7±5.2	100±4.4	51.0±3.2	26.7±3.0
0.4	43.9±4.1	56.7±4.1	71.8±4.9	50.5±2.0	26.7±2.2
0.6	32.4±2.9	51.9±2.4	65.1±1.9	50.2±3.0	26.7±2.2
0.8	32.6±2.0	48.4±1.9	60.4±1.4	37.0±2.7	24.2±2.1
1.0	23.0±2.2	32.9±2.4	42.1±2.2	30.0±2.5	20.5±3.1
1.2	19.0±0.8	31.5±1.7	35.1±1.7	25.0±1.6	15.2±1.9

各组披碱草幼苗生长均未见明显的差异，只有播种量继续提高时，幼苗初期生长被抑制现象才明显地表现出来。这种仅仅因为播种密度增加而导致自身种子萌发率及萌发势被抑制的现象应与种子萌发过程中排出物质（包括种皮可能含有的抑制萌发物质）、排入培养液的积累浓

度有关，从而证明了披碱草种子萌发过程中存在种内生化相克作用。

2. 亚菊与披碱草种间的生化他感作用

当亚菊混播量达到0.1克/皿时，披碱草种子萌发率与对照相比，下降32.8%。50%种子萌发所需时间比对照延长35小时，随着亚菊混播量的增加，披碱草种子所受到的抑制作用也随之加强。同时，亚菊混播对披碱草幼苗初期生长的影响实验结果也表明，当混播量低于

表 2 细叶亚菊种子混播量对垂穗披碱草种子萌发率及幼苗初期生长的影响
Table 2 The influence on germination rate and seedling growth of *Elymus nutans* by mixed sowing different amounts of *Ajania tenuifolia* seeds

细叶亚菊混播量 (克/皿)	垂穗披碱草种子萌发率 (%)			幼苗生长状况	
	第 7 天	第 8 天	第 9 天	株高 (mm)	根长 (mm)
对照	54.8±3.3	74.3±4.4	100±3.3	48.6±2.9	32.8±2.9
0.01	49.5±7.3	69.0±7.9	90.7±5.6	51.9±2.6	34.1±3.2
0.05	43.3±3.1	61.0±3.3	92.8±7.7	48.5±2.4	29.6±2.7
0.10	28.8±5.5	40.2±6.9	67.2±9.0	37.7±3.2	28.3±2.4
0.20	18.6±6.0	26.9±4.5	34.1±7.1	34.2±2.9	25.6±2.6
0.30	10.2±4.5	12.4±4.4	14.6±2.4	32.7±4.0	22.3±2.6

0.05 克/皿时，亚菊种子混播对披碱草幼苗初期生长影响不大。混播量增加到0.1克/皿时，披碱草初期生长就表现出明显的被抑制现象，株高和根长与对照组相比，分别下降10.9和4.5毫米 (t 检验, p 值均 < 0.01)。随着亚菊播种量的继续增高，披碱草幼苗初期生长被抑制现象也表现得更强烈。从而证明了亚菊对披碱草种间生化相克作用的存在。

不同量披碱草种子与0.1克/皿亚菊种子混播实验表明：披碱草种子的萌发对亚菊种子的萌发率有明显的促进作用，其中以每皿混播披碱草种子 100 粒组为最明显，该组亚菊种子萌发率为对照组的 3 倍。亚菊种子萌发被促进的现象可被解释为：披碱草种子萌发排入培养液中代谢产物的积累有关，表现出披碱草种子萌发对亚菊种子萌发可能有生化相促作用存在。

3. 亚菊各类代谢产物对披碱草种子萌发幼苗初期生长的生化相克作用

化学分析证明各部分代谢产物主要化学组成为：D——黄酮类化合物，其他酚类化合物，X——香豆精类及酚类化合物，E——多糖、氨基酸及无机盐等混合物。根系排出物主要化学组成为黄酮类化合物及其它酚类化合物。

由于各部分代谢产物收集得率不同，为利于相互比较生化相克作用能力的强弱，以确定主要活性化学部分，在配制培养液时均换算成克种子排出量/100毫升单位。

(1) 每皿播种披碱草种子100粒分别加入以上 3 种不同浓度的代谢产物的水溶液 15 毫升进行萌发培养、3 次重复，观察 9 天内披碱草种子萌发及幼苗初期生长情况。实验结果列入表 3，实验结果表明，用代谢产物配制的培养液培养披碱草种子，对种子正常萌发和幼苗初期生长均有明显的抑制作用。以 XAD-4 柱吸附部分化学物质抑制能力最强，当浓度达到 2 克种子排出量/100毫升时 (实际浓度187ppm)披碱草种子萌发率降低25%，幼苗株高及根长分别下降21.0和17.5毫米 (t 测验, p 值均 < 0.01)；当浓度达到 8 克种子排出量/100毫升时 (实际浓度750ppm)披碱草种子萌发几乎完全被抑制，幼苗株高下降48.5毫米，幼根生长也完全被抑制了。

(2) 在培养皿中分别播种披碱草种子100粒、分成 4 组，每组加 15 毫升根系排出物水

表 3 细叶亚菊种子萌发过程中排出体外代谢产物水溶液对垂穗披碱草种子萌发率及幼苗初期生长的影响
Table 3 The influence of aqueous solution of seeds germination metabolites of *Ajania tenuifolia* on the seeds germination rate and the seedling initial growth of *Elymus nutans*

培养液 浓度 克种子/ 100毫升	P-部位			X-部位			E-部位		
	种子萌发率 (对照%)	幼苗株高 (毫米)	幼苗根长 (毫米)	种子萌发率 (对照%)	幼苗株高 (毫米)	幼苗根长 (毫米)	种子萌发率 (对照%)	幼苗株高 (毫米)	幼苗根长 (毫米)
对照	100.0±8.1	62.0±0.5	42.2±0.6	100.0±8.1	62.0±0.5	42.2±0.6	100.0±8.1	62.0±0.5	42.2±0.6
1	120.8±5.4	49.5±0.6	38.1±0.8	105.2±8.3	40.1±0.6	29.5±0.5	102.3±4.4	61.2±0.4	41.0±0.2
2	104.0±1.9	42.3±0.6	42.3±0.6	75.0±4.5	41.0±0.8	24.7±0.5	92.2±3.5	57.4±0.5	42.2±0.6
3	95.1±12.0	42.8±0.8	43.8±0.6	62.6±0.6	28.9±0.7	16.6±1.1	80.4±5.4	49.2±0.4	39.8±1.2
4	97.3±4.4	43.1±0.8	41.5±0.7	4.5±0.3	13.5±0.5	1.50±0.1	70.8±2.4	45.0±0.1	32.0±0.2

溶液, 其浓度为 0 (对照)、5 毫克、10 毫克、50 毫克/100 毫升, 观察培养 9 天内披碱草幼苗的生长情况 (结果见表 4)。

表 4 细叶亚菊根系排出物水溶液及鲜草水提液对垂穗披碱草种子萌发率与幼苗初期生长的影响
Table 4 The influence of aqueous solution of root exudates and aqueous extraction solution of the whole *Ajania tenuifolia* plants on the seeds germination rate and seedling initial growth of *Elymus nutans*

浓度值(毫克/100毫升)		萌发率(%)	幼苗株高(毫米)	根长(毫米)
根系排出 物水溶液	对照	—	62.0±0.5	42.2±0.6
	5	—	41.5±0.7	35.6±0.6
	10	—	39.3±0.6	34.6±0.8
	50	—	37.9±1.0	28.5±0.7
鲜草水提 取液	对照	100.0±8.3	61.9±0.5	42.2±0.6
	200	101.2±2.2	55.5±0.7	38.3±0.6
	1000	88.4±6.2	47.2±0.8	32.8±1.1
	2000	77.2±5.5	29.3±0.5	20.7±0.3
	10000	5.0±0.9	16.4±0.4	7.0

亚菊根系排出物水溶液浓度达到 5 毫克/100 毫升时, 披碱草幼苗株高和根长分别下降 20.5 和 6.6 毫米; 浓度增加到 10 毫克/100 毫升时, 幼苗株高和根长分别下降 22.7 和 7.6 毫米。随着根系排出物浓度的增加, 披碱草幼苗初期生长被抑制的现象也更趋严重。

由表 4 可见, 亚菊全株水提取液对披碱草种子正常萌发及幼苗初期生长也表现出明显的抑制作用。化学分析证明, 提取液含有大量酚类化合物, 有

机酸及脂类化合物等化学成份。其浓度为 1 克/100 毫升时, 提取液对种子萌发率的影响不明显, 但幼苗初期生长与对照相比, 株高和根长分别下降 14.7 和 9.4 毫米 (t 测验 p 值均 < 0.01), 当提取液浓度提高到 10 克鲜草/100 毫升时, 披碱草种子萌发几乎完全被抑制。

(3) 亚菊地上部分挥发油的收集工作在海北定位站进行。先将日出前采集的亚菊材料立即用水蒸汽蒸馏法将挥发油蒸出。亚菊挥发油对披碱草种子萌发的影响实验在长 40 厘米、宽 30 厘米、高 20 厘米的有机玻璃箱中进行。箱盖上有 6 个加水小孔, 箱底可同时放置 8 个直径 11.2 厘米培养皿, 其中 6 个培养皿对准顶盖小孔, 即为 6 次重复。铺以滤纸作种子萌发床, 分别播入披碱草种子 100 粒。余下两培养皿中, 均铺以适量脱脂棉, 分别加入水及一定量挥发油。实验开始时, 密闭各加水孔, 使挥发油完全挥发, 弥漫整个实验箱, 种子在挥发油气中熏蒸 24 小时。然后逐个小心打开加水孔, 向种子培养皿中分别加入 15 毫升蒸馏水, 培养 9 天, 计算各组披碱草种子萌发率。

实验结果表明, 亚菊挥发油对披碱草种子萌发有强烈的抑制作用, 即使在 1 米³ 体积中

只有 1 毫升挥发油的蒸气存在。达到 5 毫升/米³时, 披碱草种子萌发完全停止。将挥发油熏蒸过的种子取出进行再萌发时发现, 萌发被抑制的现象是不可逆的。用酸性品红染色检查证明, 种子已全部被杀死。

上述亚菊生长发育过程中排出体外的代谢产物对披碱草种子正常萌发及幼苗初期生长所表现出来的抑制作用证明了亚菊对披碱草植物种间生化相克作用。虽然披碱草本身存在有种内生化相克作用, 但与亚菊和披碱草两植物之间的种间生化他感作用相比, 后者比前者要强烈得多。因此, 进一步研究的重点应放在植物种间生化他感作用方面。

讨 论

本文主要讨论了人工草场自然退化过程中生化他感作用表现形式及发生规律。海北高寒草甸上垂穗披碱草人工草场主要入侵杂类草细叶亚菊与牧草之间生化他感作用主要表现为:

1. 披碱草植物种内生化相克作用 表现为披碱草种子密度增大时, 其萌发过程中排出体外代谢产物有抑制自身种子萌发的能力。在幼苗期这种种内生化相克作用表现就不明显。

2. 披碱草对亚菊植物的生化相促作用 表现为披碱草种子萌发过程中排出体外的代谢产物有促进亚菊种子萌发的能力。

3. 亚菊对披碱草植物的生化相克作用 表现在亚菊生长发育过程中各种排出体外的代谢产物对披碱草植物种子萌发和幼苗初期生长的抑制能力。

以上实验均局限于植物种子萌发及幼苗初期生长阶段, 而在人工草场上植物生长和发育过程中, 还可能有其它生化他感作用表现形式存在。但这 3 种表现形式的存在证明, 在披碱草人工草场退化过程中确实有明显的植物生化他感作用, 这种作用是导致草场自然退化的重要原因之一, 有必要进行深入研究。

参 考 文 献

- [1] Rice, E.L. 1984 "Allelopathy" academic press inc, 1-4, 206-230.
- [2] Tang, C.S. and C.C. Young 1982 Collection of Allelopathic inhibitors from root systems by continuous trapping on an XAD-4 resin column. *Plant Physiol*, 69:155-157.
- [3] 张宝琛、顾立华等 1988 I、细叶亚菊入侵与高寒草甸垂穗披碱草人工草场自然退化现象的相关性调查 中国草地 (6): 21-27.

STUDY ON ALLELOPATHY AND NATURAL DEGENERATION PHENOMENA OF ARTIFICIAL GRASSLAND ON ALPINE MEADOW

Zhang Baochen Bai Xuefang Gu Lihua Zhen Runde

(Northwest Plateau Institute of Biology, Academia Sinica)

Ajania tenuifolia is one of the main species of invasion weeds on artificial *Elymus nutans* grassland in Haibei. For the sake of proving that the relationship

of allelopathy exists in the natural degeneration process of artificial *E. nutans* grassland, the experiments of intraspecific inhibitory effect of *E. nutans*, interspecific inhibitory and stimulated effects between *E. nutans* and *Ajania tenuifolia*; inhibitory effects of various metabolites of *A. Tenuifolia* on the seeds germination and seedling growth of *Elymus nutans* have been carried out, the results are as follows.

1. The experimental results of intraspecific inhibitory effect of *E. nutans* showed that when the sowing densities raised from 0.2g/p.d to 0.4, 0.6 and 0.8g/p.d, the germination rates of seeds were reduced by 28.2, 34.9 and 39.6%, respectively, the germination time of 50% seeds was delayed by 5, 20 and 30 hours respectively.

2. The experimental results of interspecific inhibitory and stimulated effects of *Ajania tenuifolia* on seeds germination and seedling initial growth of *Elymus nutans* showed that when the mixed amount of *Ajania tenuifolia* seeds was 0.1g/p.d, compared with contrast, the germination rate of *Elymus nutans* seeds was reduced by 32.8%, their seedling height and root length were reduced by 10.9 and 4.5mm respectively. When the mixed amount of *Elymus nutans* seeds was 100/p.d, compared with contrast the germination rate of *Ajania tenuifolia* seeds could be raised by 3 times.

3. The experiments results of inhibitory effects of *Ajania Tenuifolia* various metabolites on seeds germination and seedling growth of *Elymus nutans* showed that after the secretion of germinating *Ajania tenuifolia* seeds was separated into three parts by polyamide and XAD-4 resin. It was noticed that, the XAD-4 fraction had stronger inhibitory effect on seeds germination and seedling initial growth of *E. nutans*.

The roots exudats of *Ajania tenuifolia* which was collected by XAD-4 rasin also has inhibitory effect on the seedling initial growth of *E. nutans*. The volatile oil *Ajania tenuifolia* has strong inhibitory effect on the seeds gemination of *Elymus nutans*.

All above results proved that the relationship of allelopathy in the natural degeneration process of artificial *E. nutans* grassland is entirely possible.

Key words: allelopathy, natural degeneration, artificial *Elymus nutans* grassland.