

燕麦地上部分提取物对油菜的化感作用研究

黎 蓉,赵桂琴,刘 欢,柴继宽,琚泽亮,苟智强,金小雯,孙浩洋

(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:以燕麦品种百绿 1 号地上部分为供体,用 80%乙醇、甲醇、水、石油醚和乙腈 5 种溶剂分别在 4℃,15℃和 25℃温度下提取燕麦地上部分化感物质,通过生物活性测定法分析不同提取条件下的燕麦地上部分提取物对油菜种子萌发及幼苗生长的化感作用。结果表明:不同溶剂及提取温度下燕麦地上部分提取物的化感潜力差异显著($P < 0.05$),各处理均能显著抑制油菜种子萌发和幼苗根的生长,对其芽长的化感效应指数在 $-0.39 \sim 0.15$,既有抑制作用也有促进作用。水提取物、80%乙醇提取物均对油菜种子萌发表现强烈化感作用,但作用强度不及 25℃下的甲醇提取物;三者对油菜幼苗生长的影响没有明显规律。

关键词:燕麦;油菜;化感作用;提取剂

中图分类号:S451 **文献标志码:**A **文章编号:**1009-5500(2019)05-0113-07

DOI: 10.13817/j.cnki.cyyep.2019.05.016

杂草是影响作物产量和品质的重要因素,但化学除草剂在控制杂草的同时,不仅会引起药害问题,而且导致杂草产生抗药性^[1-2],如何在生态安全的前提下实现杂草的可持续治理,已成为当前研究热点,尤其是利用作物本身潜在的化感作用防除杂草越来越受到科学家们的重视^[3-5]。化感作用是指植物在生长过程中通过淋溶、挥发、根系分泌、残株和凋落物降解等途径向环境释放一些影响邻近生物生长发育,行为和种群生物学的化学物质,而这些物质会对邻近植物产生直接或间接的有害或有益作用,称为化感作用^[6]。植物间的化感作用普遍存在于整个生态环境中,主要以化感物质为媒介对邻近植物产生化感效应^[7]。

作物化感作用的研究从现象的描述深入到对其化感物质的研究上。研究报道一些作物自身也能释放

“除草剂”限制杂草种子萌发和幼苗生长,进而降低杂草在群落中的多样性,保证自身的竞争优势,如小麦(*Triticum aestivum*)、水稻(*Oryza sativa*)、红薯(*Ipomoea batatas*)等^[8-10]。油菜(*Brassica juncea*)为十字花科一年生油料作物^[11],在北方农业生产中通常与燕麦(*Avena sativa*)、马铃薯(*Solanum tuberosum*)等作物轮作,但油菜在成熟和收获过程中容易裂荚,种子落入土壤长出的自生苗经常成为下茬作物田的优势杂草。燕麦具有抗寒耐瘠薄、适应性强、产草量高、营养价值高等特点,是世界范围广泛种植的饲、粮兼用作物。20 世纪 60 年代,就有相关报道证实燕麦的一些品种中也存在化感潜力物质,Duke 等^[12]在盆栽试验中发现燕麦分泌的化感物质东莨菪亭能强烈抑制野芥菜(*Raphanus raphanistrum*)根的生长。Guenzi 和 McCalla^[13]在燕麦残茬中分离并鉴定出了 5 种能抑制植物生理生化过程的酚酸,分别为对香豆酸、阿魏酸、对羟基苯甲酸、香草酸和丁香酸;Tsuzuki^[14]进一步证实了这些酚酸类物质具有化感活性。Gfeller 等^[15]发现黑燕麦(*Avena strigosa*)对反枝苋(*Amaranthus retroflexus*)具有明显的化感作用,其化感效应可达 0.97。因此,针对以燕麦和油菜轮作的生产方式,以燕麦品种百绿 1 号为供体,油菜为受体,分析物种间的相

收稿日期:2018-11-26; **修回日期:**2019-04-19

基金项目:青海省青藏高原优良牧草种质资源利用重点实验室(2017-ZJ-Y12);国家燕麦荞麦产业体系(CARS-7-C)资助

作者简介:黎蓉(1991-),女,甘肃华亭人,在读硕士。

E-mail:1554360123@qq.com

赵桂琴为通讯作者。

E-mail:zhaogq@gsau.edu.cn

互作用关系与规律,为燕麦田间油菜等杂草的管理提供一定参考依据。

1 材料和方法

1.1 供试材料

供试燕麦品种为百绿1号,2017年4月中旬在甘肃省定西市香泉镇种植,6月上旬在燕麦分蘖期采集地上部分并带回实验室阴干、粉碎、备用。试验所用燕麦种子和油菜种子由甘肃农业大学草业学院提供。

1.2 试验方法

1.2.1 不同提取剂及温度下燕麦浸提液对油菜的化感效应 选用极性不同的溶剂石油醚、80%乙醇、乙腈、甲醇和无菌水作为提取剂,分别在4℃,15℃和25℃条件下对燕麦地上部分以料:液=1:10的比例提取24h,期间手摇5~6次。提取结束后先用纱布过滤,再将滤液进行二次抽滤。即得到不同提取条件下质量浓度为100 mg/mL的浸提液。

1.2.2 燕麦地上部分提取物化感活性测定 油菜种子用2%次氯酸钠溶液消毒15 min,再用无菌水反复冲洗5~6次,晾干备用。采用培养皿(9 cm)滤纸发芽试验法,每皿分别加5 mL不同提取剂和温度条件下的燕麦地上部分浸提液,对照加5 mL相应的纯溶剂,铺入2层滤纸,各处理均3次重复,待所有溶剂挥发后,于每个培养皿加入5 mL无菌水,为反映有机溶剂对油菜的种子萌发及幼苗生长的影响,设置5 mL无菌水空白对照。然后每皿均匀播入30粒油菜种子,所有处理置于智能光照培养箱中(温度 $28 \pm 1^\circ\text{C}$,相对湿度70%,光照时间14 h/d)。每隔24 h观察并记录一次油菜种子发芽数(种子发芽均以胚根长 ≥ 1 mm为标准),每皿在第3 d补加2 mL无菌水以保证油菜正常生长。7 d结束发芽,每皿随机拔取10株完整油菜幼苗,采用精度为0.01的游标卡尺测定其根长和芽长,并称量鲜重。

1.3 燕麦地上部分化感潜力综合评价标准

发芽率=(发芽的种子数/供试种子数) $\times 100\%$

发芽势=(规定天数发芽的种子数/供试种子数) $\times 100\%$ (这里规定为第2 d)

萌发速度指数(I)= $2 \times (7X_1 + 6X_2 + 5X_3 + 4X_4 + 3X_5 + 2X_6 + X_7)$ 。

X 为每隔24 h种子萌发个数。

化感效应指数 参照 Williamson 等^[16]对化感效

应的评价方法对燕麦地上部分浸提液的化感效应进行评价,用化感效应指数(RI)评价化感作用的强弱。

$T \geq C$ 时, $RI = 1 - C/T$, RI 越大,促进作用越强;

$T < C$ 时, $RI = T/C - 1$, RI 越小,抑制作用越强。

式中: C 为对照值, T 为处理值。

综合化感效应(SE)是供体对同一受体各项指标(发芽率、发芽势、种子萌发速度指数、根长、芽长) RI 值的算数平均值,用 SE 绝对值的大小来综合评价化感综合作用强度。

1.4 数据分析

试验数据均采用 Excel 2007 输入,通过 SPSS 19.0对各测定数据进行方差分析以及显著性检验(LSD和Duncan)。

2 结果与分析

2.1 不同提取条件下燕麦的地上部分提取物对油菜种子萌发及幼苗的影响

提取剂和温度交互作用下对燕麦地上部分进行提取,研究提取物对油菜种子萌发及幼苗生长的影响。方差分析表明,提取剂、提取温度及其互作对油菜种子萌发各项指标有显著影响。提取剂、提取温度、提取剂与温度的互作对油菜种子萌发和幼苗生长各指标的影响均达极显著水平($P < 0.01$)(表1)。

表1 提取剂、提取温度及其交互作用下油菜种子萌发及幼苗生长各指标的 P 值

Table 1 P value of indexes of rapeseed seed germination and seedling growth under extractant, extraction temperature and the interaction

项目	P 值		
	提取剂	温度	提取剂 \times 温度
发芽率/%	<0.001	0.005	<0.001
发芽势/%	<0.001	<0.001	<0.001
种子萌发速度指数	<0.001	<0.001	<0.001
根长/mm	<0.001	<0.001	<0.001
芽长/mm	<0.001	0.001	<0.001

2.1.1 不同提取条件下的燕麦地上部分提取物对油菜种子萌发的影响 5种不同溶剂提取物对油菜种子发芽率、发芽势、萌发速度指数均表现抑制作用。3个温度的水提取物处理下,油菜种子发芽率,发芽势和萌发速度指数均显著降低,其中,油菜的发芽率受4℃的水提取物的影响最大,较对照降低了70.37%,其发芽势和萌发速度指数均受25℃的水提取物的影响最大,

分别较对照降低了 76.11% 和 75.15%。80% 乙醇提取物处理下,油菜种子萌发也受到显著抑制,其发芽率、发芽势和萌发速度指数均受 15℃ 下提取物的抑制最强,抑制率分别为 90.14%、96.50% 和 93.59%。3 个温度的甲醇提取物对油菜种子萌发也有显著抑制作用,

其中,25℃ 下提取物对油菜种子的发芽率、发芽势和萌发速度指数的抑制最强,其抑制率分别达到 89.66%、97.50% 和 94.17%。3 个温度的乙腈提取物和石油醚提取物对油菜种子萌发的抑制较弱,其中乙腈提取物的抑制作用最弱(表 2)。

表 2 不同提取条件下燕麦地上部分提取物对油菜种子萌发的影响

Table 2 Effect of extracts from oat aboveground part under different extraction conditions on seed germination of rapeseed

项目	温度/℃	水提取物	80%乙醇提取物	乙腈提取物	甲醇提取物	石油醚提取物
发芽率/%	CK	90.00±0.00 ^a	90.13±1.93 ^a	95.56±2.94 ^a	96.67±1.93 ^a	93.33±1.93 ^a
	4	26.67±0.00 ^c	14.44±1.11 ^b	90.00±1.92 ^a	17.78±1.11 ^c	57.78±1.11 ^b
	15	34.44±1.11 ^b	8.89±1.11 ^c	77.78±1.11 ^b	31.11±1.11 ^b	48.89±1.11 ^c
	25	28.89±1.11 ^c	13.33±0.00 ^b	82.22±1.11 ^b	10.00±0.00 ^d	60.00±0.00 ^b
发芽势/%	CK	74.44±1.11 ^a	76.22±0.22 ^a	76.65±1.05 ^a	74.67±0.93 ^a	75.56±1.11 ^a
	4	18.89±1.11 ^c	13.33±1.33 ^b	73.50±1.05 ^a	14.00±1.62 ^b	55.56±1.11 ^b
	15	28.89±1.11 ^b	2.67±1.33 ^c	55.65±1.05 ^c	17.73±0.93 ^b	41.11±1.11 ^c
	25	17.78±1.11 ^c	4.00±0.00 ^c	64.05±1.05 ^b	1.87±1.87 ^c	57.78±1.11 ^b
萌发速度指数	CK	1314.67±8.51 ^a	1292.13±22.59 ^a	1353.24±13.63 ^a	1380.00±22.87 ^a	1362.00±18.90 ^a
	4	348.67±9.82 ^c	186.27±25.67 ^b	1253.07±17.04 ^b	214.8±17.89 ^c	899.33±12.2 ^b
	15	479.33±8.11 ^b	82.87±10.19 ^c	1036.35±24.41 ^d	349.2±16.72 ^b	707.33±16.18 ^c
	25	326.67±7.06 ^c	119.53±5.73 ^c	1131.48±15.48 ^c	80.4±17.40 ^d	945.33±10.73 ^b

注:同一项目同列不同小写字母表示差异显著($P<0.05$),下同

2.1.2 不同提取条件下的燕麦地上部分提取物对油菜幼苗生长的影响 不同提取条件下燕麦地上部分提取物对油菜幼苗生长表现抑制作用,且对油菜幼苗根的抑制作用强于芽(表 3)。各温度下 5 种不同溶剂提取物对油菜幼苗根的生长均有抑制作用,但化感强度各异,油菜根长受 80% 乙醇提取物的抑制作用最强,4℃、15℃ 和 25℃ 下其提取物对油菜根长的抑制率分别为 80.23%、78.91% 和 80.03%;油菜幼苗根长受乙腈提取物的抑制最弱,4℃、15℃ 和 25℃ 下其提取物的

抑制率分别为 14.26%、14.95% 和 1.27%。各提取条件下的燕麦地上部分提取物对油菜幼苗芽的化感作用不尽相同。其中,乙腈提取物和石油醚提取物对油菜芽长均表现为抑制作用;80% 乙醇提取物对其芽长表现为促进作用;而水提取物和甲醇提取物对其表现促进和抑制双重作用,4℃ 下的水提取物和 25℃ 甲醇提取物对油菜芽的生长表现为抑制作用,其抑制率分别为 9.31% 和 4.57%,其余处理均促进了油菜芽的生长。

表 3 不同提取条件下燕麦地上部分提取物对油菜幼苗生长的影响

Table 3 Effect of extracts from oat aboveground part under different extraction conditions on seedling growth of rapeseed

项目	温度/℃	水提取物	80%乙醇提取物	乙腈提取物	甲醇提取物	石油醚提取物
根长/mm	CK	52.71±0.04 ^a	54.67±0.28 ^a	55.20±0.31 ^a	56.85±0.32 ^a	53.35±0.33 ^a
	4	10.63±0.58 ^c	10.81±0.12 ^b	47.33±0.28 ^b	42.93±0.16 ^b	21.97±0.30 ^b
	15	18.33±0.14 ^b	11.53±0.42 ^b	46.95±0.09 ^b	30.66±0.11 ^c	20.63±0.36 ^c
	25	17.36±0.32 ^b	10.92±0.33 ^b	54.50±0.20 ^a	11.00±0.28 ^d	18.19±0.12 ^d
芽长/mm	CK	11.60±0.30 ^b	11.36±0.20 ^b	12.00±0.13 ^a	11.38±0.03 ^b	11.54±0.17 ^a
	4	10.52±0.28 ^c	12.82±0.49 ^a	7.43±0.22 ^c	11.25±0.36 ^b	11.35±0.29 ^a
	15	12.95±0.49 ^a	13.36±0.24 ^a	7.32±0.40 ^c	12.75±0.29 ^a	10.29±0.18 ^b
	25	12.51±0.06 ^{ab}	12.30±0.27 ^{ab}	10.80±0.43 ^b	10.84±0.44 ^b	11.42±0.19 ^a

2.2 不同提取条件下的提取物对油菜的化感效应

化感效应指数是用来衡量化感作用的类型和强度的重要指标^[16],不同提取条件下燕麦地上部分提取物对油菜种子萌发和幼苗生长的化感效应的影响各不相同(表 4)。3 个温度下各溶剂提取物处理,油菜的发芽率、发芽势、萌发速度指数和根长的化感效应指数均为负值,即表现化感负效应。但对油菜芽长的化感效应较弱,乙腈提取物和石油醚提取物均对其芽长表现为化感负效应,而 80%乙醇提取物则表现为化感正效应。其中对油菜化感作用最强的是 25℃ 下的甲醇提取物,该处理下油菜发芽率、发芽势、萌发速度指数、根

长和芽长的化感效应指数分别为 -0.90、-0.98、-0.94、-0.81 和 -0.05;其次为 3 种温度下的 80%乙醇提取物,4℃ 下的其提取物处理下,油菜发芽率、发芽势、萌发速度指数、根长和芽长化感效应指数分别为 -0.84、-0.79、-0.86、-0.80 和 0.11,15℃ 下的其提取物处理下,上述各指标的化感效应指数分别为 -0.89、-0.96、-0.94、-0.79 和 0.15,25℃ 下的其提取物处理下,各指标的化感效应指数分别为 -0.85、-0.94、-0.91、-0.80 和 -0.07。各温度下的乙腈提取物对油菜发芽率、发芽势、萌发速度指数和根长的化感作用较弱,但对其芽长具有较明显化感负效应。

表 4 不同提取条件下燕麦地上部分提取物对油菜的化感效应

Table 4 Allelopathic effect of extracts from oat aboveground part on rapeseed under different extraction conditions

提取剂	温度/℃	RI _{发芽率}	RI _{发芽势}	RI _{萌发速度指数}	RI _{根长}	RI _{芽长}
水	4	-0.70	-0.75	-0.73	-0.80	-0.09
	15	-0.62	-0.61	-0.64	-0.65	0.10
	25	-0.68	-0.76	-0.75	-0.67	0.07
80%乙醇	4	-0.84	-0.79	-0.86	-0.80	0.11
	15	-0.89	-0.96	-0.94	-0.79	0.15
	25	-0.85	-0.94	-0.91	-0.80	0.07
乙腈	4	-0.06	-0.04	-0.08	-0.14	-0.38
	15	-0.19	-0.27	-0.24	-0.15	-0.39
	25	-0.14	-0.17	-0.16	-0.01	-0.10
甲醇	4	-0.82	-0.81	-0.84	-0.24	-0.01
	15	-0.68	-0.77	-0.75	-0.46	0.11
	25	-0.90	-0.98	-0.94	-0.81	-0.05
石油醚	4	-0.38	-0.26	-0.34	-0.59	-0.01
	15	-0.47	-0.46	-0.48	-0.62	-0.11
	25	-0.36	-0.24	-0.31	-0.66	-0.01

各处理对油菜的综合化感效应均为负值,表现为抑制作用。其中,25℃ 的甲醇提取物对油菜的综合化感效应最小,为 -0.74,即对油菜的化感作用最强;其次为 15℃ 下 80%乙醇提取物,综合化感效应为 -0.69;25℃ 乙腈提取物化感作用最弱(图 1)。

3 讨论

化感物质存在于植物的根、茎、叶和种子等组织器官中,可抑制一些特定物种种子的萌发,并因其本身特性,溶解性也不同^[17-19]。研究采用无菌水、乙醇、甲醇、乙腈、石油醚为提取剂,分别在 4℃,15℃ 和 25℃ 条

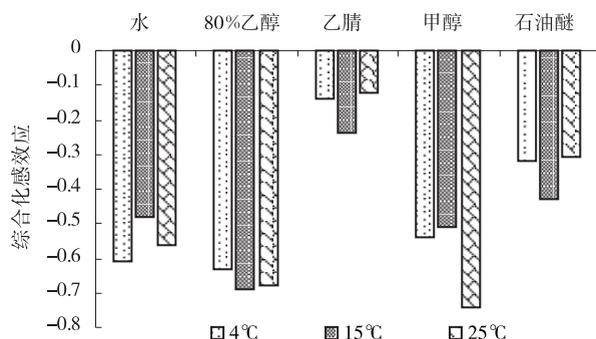


图 1 不同提取条件对油菜的综合化感效应

Fig. 1 The comprehensive allelopathic effects of extracts from oat aboveground part under different extraction conditions on rapeseed

件下对燕麦地上部分化感物质进行提取^[20],以油菜为受体对其化感潜力研究表明不同提取条件下的燕麦地上部分提取物对油菜种子的发芽率、发芽势、萌发速度指数具有显著抑制作用,说明燕麦地上部分提取物对油菜种子萌发具有强烈化感作用。但王霞霞等^[21]研究报告(*Lagenaria siceraria*)、四季豆(*Phaseolus vulgaris*)、大豆(*Glycine max*)、紫花苜蓿(*Medicago sativa*)、燕麦(*Avena sativa*)茎叶提取物对紫茎泽兰的化感作用结果表明,燕麦茎叶提取物对紫茎泽兰表现较弱化感作用,这与此次研究结果不一样。这是因为受体植物种类不同,对化感物质的耐受性不同所致^[22]。此外,同一作物的不同品种所具有的化感能力也有一定差异,有研究发现 700 个水稻种质资源中,仅有 35 个品种能抑制白菜(*Brassica pekinensis*)生长^[23],参试燕麦品种不同也是导致其化感作用强度存在差异的另一个原因。

各提取条件下的燕麦地上部分提取物均能抑制油菜根的生长;15℃和 25℃下水提取物、3 个温度下的 80%乙醇提取物和 15℃下的甲醇提取物却对油菜芽的生长表现为促进作用。这是由于油菜固着生长,无法通过移动来逃避燕麦地上部分提取物的化感作用,只能通过改变自身的形态结构(根生长减缓)以及生理生化反应来适应环境^[24];在油菜幼苗根的生长减缓后营养物质转运到芽,促进了芽的生长^[25]。但各温度下的乙腈和石油醚提取物对油菜的芽的生长表现为抑制作用。类似的报道也发现提取剂种类不同,所提取到的化感物质的种类和数量也不同,对植物化感作用的强度和类型也存在差异^[26]。

化感效应指数用来反应供体植物对受体植物某一项指标的化感作用强度和类型的重要指标,综合化感效应指数从整体衡量供体植物对受体植物的综合化感作用强度^[16,27-29]。25℃甲醇提取物对油菜种子发芽率、发芽势和种子萌发速度指数的化感效应指数分别为-0.90,-0.98和-0.94,显著抑制了油菜种子的萌发。即使 25℃甲醇提取物对少数已发芽的油菜幼苗生长也具有抑制作用,且对油菜根的抑制最显著,其化感效应指数为-0.81;但对其芽的化感效应指数为-0.05,化感作用不明显,因此导致综合化感作用强度降低。3 个温度下的水提取物也对油菜化感作用强烈,但其对油菜种子萌发和幼苗生长的化感作用强度均不及 25℃下的甲醇提取物,表明 25℃下的百绿 1 号

燕麦地上部分的甲醇提取物中含有大量能抑制油菜种子萌发和幼苗生长的化感潜力物质,因此,在 25℃下用甲醇提取可增加其化感物质的提取率。

由于提取剂种类和性质不同,提取到的化感物质浓度和种类也不尽相同,且植物化感作用是由几种或多种化感物质共同作用的结果^[30]。试验中用石油醚和乙腈作为提取剂时,其浸提液对油菜的化感强度较弱,一方面是因为燕麦化感物质只有一小部分被提取出来,表现较弱化感活性^[31];再者,由于植物化感物质对受体植物的化感作用具有选择性特点,石油醚和乙腈提取物中没有能对油菜具有化感作用的物质^[32]。3 种温度下的水提取物、甲醇提取物和 80%乙醇提取物对油菜化感作用强烈,说明燕麦中的化感物质易溶于水 and 亲水性的溶剂中^[33]。也表明了自然状态下,百绿 1 号燕麦地上部分中的化感物质主要是通过雨雾淋溶的途径进入环境,从而影响邻近植物的生长。在提取剂和温度互作对植物化感物质的提取率和作用效果也不同^[34]。各提取条件下,燕麦地上部分提取物均能对油菜表现化感作用,但作用强度不同,其中甲醇在 25℃下的提取物对油菜的综合化感效应指数最小为-0.64,表明 25℃下用甲醇能最大可能地提取到燕麦地上部分化感物质。

4 结论

不同提取剂和温度下的燕麦地上部分浸提物对油菜种子萌发及幼苗生长的影响有差异。各处理均能显著抑制油菜种子萌发和幼苗根的生长,对其芽长的化感效应指数在-0.39~0.15,既有抑制作用也有促进作用。其中不同温度下的水提取物、80%乙醇提取物和甲醇提取物均对油菜化感作用强烈,而石油醚提取物和乙腈提取物化感作用则较弱。和有机溶剂相比,虽然水提取物对油菜也有较强化感作用,但各温度下其提取物对油菜种子发芽率,发芽势和种子萌发速度指数的作用强度均不及 25℃甲醇提取物。

参考文献:

- [1] Heap I. Global perspective of herbicide-resistant weeds [J]. Pest Management Science, 2014, 70(9): 1306-1315.
- [2] Chen G Q, Wang Q, Yao Z W, et al. Penoxsulam-resistant barnyardgrass (*Echinochloa crusgalli*) in rice fields in China [J]. Weed Biology & Management, 2016, 16(1): 16-23.

- [3] Macias F A, Molinillo J M G, Varela R M, *et al.* Allelopathy; a natural alternative for weed control[J]. *Pest Management Science*, 2007, 63(4): 327—348.
- [4] Albuquerque M B D, Santos R C D, Lima L M, *et al.* Allelopathy, an alternative tool to improve cropping systems. A review[J]. *Agronomy for Sustainable Development*, 2011, 31(2): 379—395.
- [5] Jabran K, Mahajan G, Sardana V, *et al.* Allelopathy for weed control in agricultural systems[J]. *Crop Protection*, 2015, 72: 57—65.
- [6] Rice E L. Allelopathy[M]. New York: Academic Press, 1984.
- [7] 孔垂华. 植物化感作用研究中应注意的问题[J]. *应用生态学报*, 1998, 9(3): 332—336.
- [8] 郭怡卿, 陆永良. 水稻化感作用与杂草的生物防治[J]. *中国生物防治学报*, 2015, 31(2): 157—165.
- [9] 刘小民, 边全乐, 李乘华, 等. 小麦秸秆不同部位水浸液对牛筋草的化感作用研究[J]. *中国农学通报*, 2013, 29(27): 58—63.
- [10] 申时才, 徐高峰, 张付斗, 等. 红薯叶片浸提液对 5 种主要农田杂草种子萌发及幼苗生长的化感作用[J]. *生态学报*, 2017, 37(6): 1931—1938.
- [11] 郑菲菲. 稻秸干粉对灰绿藜和油菜种苗的化感效应[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2015.
- [12] Duke W B, Fay P K. An assessment of allelopathic potential in *Avena* germ plasm[J]. *Weed Science*, 1977, 25(3): 224—228.
- [13] Guenzi W D, Mccalla T M. Phenolic acids in oats, wheat, sorghum, and corn residues and their phytotoxicity[J]. *Agronomy Journal*, 1966, 58(3): 303—304.
- [14] Tsuzuki E, Yamamoto Y, Shimizu T. Fatty acids in buckwheat are growth inhibitor[J]. *Annals of Botany*, 1987, 60(1): 69—70.
- [15] Gfeller A, Herrera J M, Tschuy F, *et al.* Explanations for *Amaranthus retroflexus*, growth suppression by cover crops[J]. *Crop Protection*, 2018, 104(37): 11—20.
- [16] Williamson G B, Richardson D. Bioassays for allelopathy; measuring treatment responses with independent controls[J]. *Chemical Ecology*, 1988, 14(1): 181—187.
- [17] Rice E L. Allelopathy[M]. New York: Academic Press, 1974: 166—179.
- [18] Aburomman S, Shatnawi M, Shibli R. Allelopathic effects of spurge (*Euphorbia hierosolymitana*) on wheat (*Triticum durum*) [J]. *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Science*, 2010, 7(3): 298—302.
- [19] Alam M A, Hakim M A, Juraimi A S, *et al.* Potential allelopathic effects of rice plant aqueous extracts on seedling growth of some rice field common weeds[J]. *Italian Journal of Agronomy*, 2018, 13(2): 134—140.
- [20] 田迎迎. 野燕麦地上部分化感潜力物质的分离与鉴定及对小麦的化感作用[D]. 北京: 中国农业科学院, 2012.
- [21] 王霞霞, 曹劫程, 郭美霞, 等. 5 种植物化感作用对紫茎泽兰种子萌发影响的研究[J]. *种子*, 2014, 33(6): 28—31.
- [22] Valeraburgos J, Diazbarradas M C, Zunzunegui M. Effects of *Pinus pinea* litter on seed germination and seedling performance of three Mediterranean shrub species [J]. *Plant Growth Regulation*, 2012, 66(3): 285—292.
- [23] 汤陵华, 孙加祥. 水稻种质资源的化感作用[J]. *江苏农业科学*, 2002(1): 13—14.
- [24] Hong Y L, Kilung. A new bioassay method for evaluation allelopathic potential of rice germplasm[J]. *Life Sciences*, 2016, 46(3): 128—133.
- [25] 安培坤, 王引权, 窦莉莉, 等. 岷山红三叶茎叶水浸液对 3 种植物种子萌发及幼苗生长的影响[J]. *草业科学*, 2012, 29(6): 960—963.
- [26] 黄云霄, 齐勇, 杨晓娜, 等. 龙葵提取物对不同作物幼苗的化感效应[J]. *杂草学报*, 2017, 35(2): 40—45.
- [27] 郑丽, 冯玉龙. 紫茎泽兰叶片化感作用对 10 种草本植物种子萌发和幼苗生长的影响[J]. *生态学报*, 2005, 25(10): 2782—2787.
- [28] Harrison J R H F, Peterson J K. Allelopathic effects of sweet potatoes (*Ipomoea batatas*) on yellow nutsedge (*Cyperus esculentus*) and alfalfa (*Medicago sativa*) [J]. *Weed Science*, 1986, 34(4): 623—627.
- [29] Xuan T D, Toyama T, Khanh T D, *et al.* Allelopathic interference of sweet potato with cogongrass and relevant species[J]. *Plant Ecology*, 2012, 213(12): 1955—1961.
- [30] Blum U. Allelopathic interactions involving phenolic acids[J]. *Nematology*, 1996, 28(3): 259—267.
- [31] Blum U, Gerig T M, Worsham A D, *et al.* Allelopathic activity in wheat-conventional and wheat-no-till soils: Development of soil extract bioassays[J]. *Chemical Ecology*, 1992, 18(12): 2191—2221.
- [32] 刘成. 芦苇化感作用及其化感物质分离与鉴定[D]. 重庆: 西南大学, 2014.
- [33] 孔垂华. 植物化感作用: 问题与思考[C]. 中国植物化感作用学术研讨会, 2009.
- [34] 李明强. 分蘖洋葱化感物质的分离、鉴定及其对番茄的化感作用研究[D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2016.

Study on allelopathic potential of aboveground extract from *Avena sativa* to *Brassica juncea*

LI Rong, ZHAO Gui-qin, LIU Huan, CHAI Ji-kuan, JU Ze-liang,
GOU Zhi-qiang, JIN Xiao-wen, SUN Hao-yang

(College of Pratacultural Science, Gansu Agricultural University/Key Laboratory of Grassland Ecology System of Education Ministry, Sino-U. S. Centers for Grazingland Ecosystem Sustainability, Lanzhou 730070, China)

Abstract: The aboveground part of *Avena strigosa* cv. Bailv No. 1 was used as donor, and 80% ethanol, methanol, water, petroleum ether and acetonitrile were used to extract allelochemicals at 4°C, 15°C and 25°C. The allelopathic effect of the extracts on the seed germination and seedling growth of *Brassica juncea* under different conditions was analyzed by bioactivity assay. The results showed that the allelopathic potential of the extracts was significantly different under extraction conditions ($P < 0.05$). All treatments could significantly inhibit the seed germination and seedling root growth of *Brassica juncea*, and the allelopathic effect index on shoot length ranged from -0.39 to 0.15, which showed both inhibitory and promoting effects. Both water extract and ethanol extract performed strong allelopathic effects on *Brassica juncea* seed germination, but the effect intensity was less than that of methanol extract at 25°C.

Key words: *Avena sativa*; *Brassica juncea*; allelopathic potential; extractant

中国科学引文数据库(CSCD)来源期刊 收录证书

草原与草坪

依据文献计量学的理论和方法,通过定量与定性相结合的综合评审,贵刊被收录为中国科学引文数据库(CSCD)来源期刊,特颁发此证书。

证书编号: CSCD2019-0262

有效期: 2019年-2020年

发证日期: 2019年5月

查询网址: www.sciencechina.cn



中国科学院文献情报中心
中国科学引文数据库
引文数据库