



沈硕.青藏高原地区马铃薯主栽品种水浸提液的化感抑草作用[J].江西农业大学学报,2021,43(3):511-521.
SHEN S. Allelopathic effect of aqueous extracts from main potato (*Solanum tuberosum*) varieties in Qinghai-Tibet plateau on weeds [J]. Acta agriculturae universitatis Jiangxiensis, 2021, 43(3): 511-521.

青藏高原地区马铃薯主栽品种水浸提液的化感抑草作用

沈 硕

(青海大学 农林科学院/青海省农林科学院/青海省马铃薯育种重点实验室/青藏高原生物技术教育部重点实验室/省部共建三江源生态与高原农牧业国家重点实验室,青海 西宁 810016)

摘要:【目的】马铃薯田杂草危害给马铃薯生产带来巨大损失。为探索青藏高原地区马铃薯主栽品种的化感抑草潜力,研究青藏高原地区马铃薯主栽品种青薯9号和175号不同器官的化感抑草作用。【方法】以野燕麦(*Avena fatua* L.)和自生油菜(*Brassica napus* L.)为受体,采用滤纸片生测法,分别测定铃薯青薯9号和175号根、茎、叶部分5个质量浓度水浸提液(6.3, 12.5, 25, 50, 100 g/L)的化感抑草作用。【结果】当水浸提液浓度大于25 g/L时,2种马铃薯不同器官水浸提液对受体植物种子萌发和幼苗生长的化感作用明显,总体表现出随着水浸提液浓度的升高而增强的趋势。2种马铃薯不同器官水浸提液对自生油菜的化感作用强于野燕麦,且对受体植物根长的化感作用强于芽长和鲜质量。当水浸提液浓度为100 g/L时,水浸提液对自生油菜种子萌发和幼苗生长的化感指数RI为-1.00,完全抑制自生油菜的种子萌发和幼苗生长。【结论】总体而言,175号化感作用强于青薯9号。就不同器官而言,175号叶部分和青薯9号茎部分化感作用较强。研究结果将为应用马铃薯化感物质进行生防除草剂及其先导化合物的开发提供理论基础。

关键词:青藏高原地区;马铃薯主栽品种;水浸提液;抑草;化感作用

中图分类号:S451;S532 **文献标志码:**A **文章编号:**1000-2286(2021)03-0511-11

Allelopathic Effect of Aqueous Extracts from Main Potato (*Solanum tuberosum*) Varieties in Qinghai-Tibet Plateau on Weeds

SHEN Shuo

(Academy of Agriculture and Forestry Sciences of Qinghai University; Qinghai Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Key Laboratory of Potato Breeding of Qinghai Province, The Tibet Plateau Biotechnology Key Lab of Ministry of Education, State Key Laboratory of Plateau Ecology and Agriculture, Qinghai, University, Xining 810016, China)

收稿日期:2021-01-05 **修回日期:**2021-03-15

基金项目:国家自然科学基金项目(31360445)、青海省科技厅国际合作专项(2021-HZ-804)、青海省“高端创新人才千人计划”(20180703)和国家现代农业产业技术体系专项资金(CARS-10)

Project supported by National Natural Science Foundation of China (31360445), Special Project of International Cooperation of Science and Technology Department of Qinghai Province (2021-HZ-804), Higher-level New-type of Thousands Talent Project (20180703) and Special Funds for Modern Agricultural Industrial Technology system (CARS-10)

作者简介:沈硕,副研究员,博士,博士生导师,主要从事植物病害生物防治研究, orcid.org/0000-0002-3633-6708, fjfzss@126.com。

Abstract: [Objective] The damage of weeds in potato fields brings huge losses to potato production. In order to explore the allelopathic potential of main potato cultivars in Qinghai-Tibet Plateau, the allelopathic effects of different organs of Qinshu 9 and 175 were studied. [Method] The allelopathic effects of aqueous extracts from root, stem and leaf of Qinshu 9 and 175 at five concentrations (0.63%, 1.25%, 2.50%, 5.00%, and 10.00%) on *Avena fatua* L. and *Brassica napus* L. were determined by the filter bioassay method. [Result] The results showed that when the concentration of aqueous extract was higher than 25 g/L, the allelopathy of the aqueous extract from different organs of these two potato varieties on seed germination and seedling growth of the receptor plants was significant, showing a dose-increasing manner. The allelopathic effect of the aqueous extracts from different organs of the two potato varieties on *B. napus* was more significant than that on *A. fatua*. Moreover, the allelopathic effect of the aqueous extracts from different organs of the two potato varieties on root length of receptors was more significant than that on shoot length and fresh weight. When the concentration of aqueous extract was at 100 g/L, the response index of the aqueous extract on the seed germination and seedling growth of *Brassica napus* L. was -1.00, which showed a completely inhibitory effect on seed germination and seedling growth of *B. napus*. [Conclusion] In general, the allelopathic effect of the aqueous extracts from variety 175 was higher than that of variety Qinshu 9. In terms of the allelopathic effect of different organs, the allelopathic effect of the aqueous extracts from variety 175's leaf and Qinshu 9's stem was much higher than that of other parts. The results will provide theoretical basis for the development of herbicides and their precursor compounds using allelochemicals from potato.

Keywords: Qinghai-Tibet plateau; main varieties of potato; aqueous extracts; weed suppression; allelopathic effect

【研究意义】马铃薯(*Solanum tuberosum*)是茄科(Solanaceae)1年生草本植物,是位居小麦、玉米和水稻之后的世界第四大粮食作物^[1]。2015年我国马铃薯主粮化战略的提出使得马铃薯生产在保障我国粮食安全中具有举足轻重的地位。长期以来,马铃薯田杂草危害给马铃薯生产带来巨大的损失^[2]。植物的化感作用,是指植物通过一系列途径,向其所处环境中释放化学物质,进而影响周围植物生长发育的过程。截至目前,化感抑草作用的研究主要集中以下4个方面:利用植物的化感物质来开发相关的除草剂产品;利用作物的化感作用进行地面覆盖来控制杂草的萌发;利用含有化感基因的植物培育对杂草具有抗性的作物品种;利用在化感作物之间进行合理地间作或轮作来抑制杂草的生长发育等^[3]。【前人研究进展】大量研究^[4-8]发现对农田杂草具有化感作用的作物主要包括水稻、黑麦、大麦、小麦和大豆等。此外,与马铃薯同为薯类作物的红薯对禾草类杂草及阔叶草类杂草具有显著的化感抑制作用^[9-10]。然而,马铃薯化感作用的研究主要集中于秸秆和根际土壤水浸提液对番茄、茄子及辣椒等茄科植物的自毒作用以及对白菜、甜玉米的化感促进作用^[11-12],有关马铃薯化感抑草的研究目前国内外还未见报道。【本研究切入点】为了维持和增加作物的产量,化学除草剂已被广泛用于农田杂草的防除。但是,长期大量使用化学除草剂会造成环境污染、农药残留、杂草抗药性等相关严重的问题^[13]。因此,通过生物防治手段安全、有效地控制马铃薯田间杂草,尤其是利用植物化感作用防治田间杂草,被认为是21世纪农田除草的重要生防手段之一^[14]。【拟解决的关键问题】为明确马铃薯对禾草类杂草及阔叶草类杂草的化感作用,本研究测定了青薯9号和175号2个青藏高原地区马铃薯主栽品种的不同器官水浸提液对野燕麦和自生油菜的种子萌发及幼苗生长的抑制活性,明确了青藏高原马铃薯主栽品种的化感抑草潜力及其化感作用来源,为开发马铃薯生防除草剂及其先导化合物、选育马铃薯抑草品种等研究提供了理论依据,同时对实现国家“双减”目标具有重要意义。

1 材料与方法

1.1 试验材料

马铃薯青薯9号和175号的完整植株于2017年9月采集自青海大学农林科学院试验田,将采集的马

铃薯植株的根、茎、叶分别于室温下避光晾干,置于4℃冰箱中保存;野燕麦(*A. fauta*)和自生油菜(*B. napus*)浩油11号的种子由青海省农林科学院保存。从保存的野燕麦和自生油菜种子中挑选颗粒饱满、均一的种子作为实验对象,其中野燕麦千粒质量为30.12 g,自生油菜千粒质量为3.75 g。

1.2 马铃薯不同器官水浸提液的制备

将已采集保存的马铃薯青薯9号和175号的根、茎、叶部分,分别粉碎过2 mm筛,称取各部分100 g浸泡于1 000 mL的蒸馏水中,于4℃、180 r/min摇床浸提72 h,得到质量浓度为100 g/L的水浸提液。水浸提液经过滤后,用蒸馏水依次将浓度稀释为50,25,12.5,6.3 g/L,置于4℃冰箱保存备用。

1.3 水浸提液对野燕麦和自生油菜种子萌发及幼苗生长的化感作用测定

采用滤纸片生测法^[15],选取大小一致、颗粒饱满的野燕麦和自生油菜种子,用5%次氯酸钠溶液浸泡15 min,再用无菌水搅拌冲洗3次(每次3 min),种子经滤纸吸干后,于25℃下催芽24 h,挑选露白一致的种子进行活性测定。

向高压灭菌的玻璃培养皿($d=9$ cm)中铺双层滤纸,分别向不同的培养皿中加入1.2中制备好的不同质量浓度(100,50,25,12.5,6.3 g/L)的水溶液5 mL,以清水为对照(CK)。向每个培养皿中放置露白一致的种子16粒,每个处理3次重复,将培养皿置于25℃的恒温培养箱、黑暗培养3 d。从第4天开始,将培养箱内的光照周期设置为16 h光照/8 h黑暗。于培养后的第3天测定种子发芽率(种子发芽标准为胚根突破种皮2 mm),第7天同时测定根长、芽长、鲜质量并计算化感指数(RI)。

采用Williamson^[16]提出的化感指数RI作为衡量化感强度的指标: $RI=1-C/T$ (当 $T\geq C$); $RI=T/C-1$ (当 $T<C$),其中C是对照值,T是处理值,RI则代表化感指数,当 $RI>0$ 时表现为促进作用,当 $RI<0$ 时表现为抑制作用,RI的绝对值代表作用强度的大小。

1.4 数据统计分析

采用SPSS 19.0软件进行统计分析,应用Duncan氏新复极差法进行各处理间的差异显著性分析,采用系统聚类法对不同马铃薯品种不同器官水浸提液对2种杂草受体的化感作用进行聚类分析。

2 结果与分析

2.1 2种马铃薯根水浸提液对受体植物种子萌发及幼苗生长的影响

如表1、2和图1所示,5个供试浓度下的青薯9号和175号根水浸提液,均能够不同程度地抑制野燕麦和自生油菜种子萌发及幼苗生长。当青薯9号和175号根水浸提液质量浓度大于25 g/L时,随着根水浸提液浓度的升高,野燕麦和自生油菜的发芽率、芽长、根长和鲜质量逐渐减小,化感作用逐渐增强。

如图1所示,2个马铃薯品种的根水浸提液对野燕麦和自生油菜的化感作用不同。当质量浓度大于25 g/L时,2个品种的马铃薯根水浸提液对自生油菜芽长和根长的化感作用均强于其对野燕麦的化感作用;当质量浓度为100 g/L时,2个品种的马铃薯根水浸提液对自生油菜的发芽率、芽长和根长的化感指数均为-1.00,即能够完全抑制其种子萌发和幼苗生长。值得注意的是,2个马铃薯品种的根水浸提液对2种杂草根长的化感作用明显强于其对芽长和鲜质量的化感作用。就品种而言,马铃薯175号不同浓度的根水浸提液对自生油菜芽长、根长和鲜质量的化感指数明显低于青薯9号对自生油菜的化感指数,表现出较强的化感作用(图1)。

2.2 2种马铃薯茎水浸提液对受体植物种子萌发及幼苗生长的影响

如表3、4和图2所示,2个马铃薯品种不同浓度的茎水浸提液对受体植物种子萌发及幼苗生长均具有化感作用。当青薯9号和175号茎水浸提液质量浓度大于25 g/L时,随着马铃薯茎水浸提液浓度的升高,野燕麦和自生油菜的发芽率、芽长、根长和鲜质量明显减小,化感作用逐渐增强。

2个品种的马铃薯茎水浸提液对野燕麦和自生油菜的化感作用不同。当质量浓度大于25 g/L时,2个品种的马铃薯茎水浸提液对自生油菜发芽率、芽长和根长的化感作用均强于其对野燕麦的化感作用;当质量浓度为100 g/L时,2个品种的马铃薯茎水浸提液对自生油菜发芽率、芽长和根长的化感指数

表 1 2 种马铃薯根水浸提液对野燕麦种子萌发及幼苗生长的影响
Tab.1 Impact of aqueous extracts from two potato varieties' root part on seed germination and seedling growth of *A. fatua*

品种 Varieties	质量浓度/(g·L ⁻¹) Mass concentration	发芽率/% Seed germination	芽长/cm Shoot length	根长/cm Root length	鲜质量/g Fresh weight
CK	0	100.00±0 ^a	11.14±0 ^a	9.65±0 ^a	2.76±0 ^a
青薯 9 号	6.3	96.67±0.06 ^a	9.86±0.70 ^{ab}	9.30±0.45 ^{ab}	1.95±0.46 ^{bc}
Qingshu 9	12.5	90.00±0 ^{ab}	9.51±1.01 ^{ab}	8.49±0.05 ^b	2.06±0.24 ^{bc}
	25.0	91.67±0.08 ^a	7.78±2.38 ^{bc}	6.50±1.04 ^c	2.14±0.42 ^{bc}
	50.0	86.67±0.12 ^{abc}	6.39±0.41 ^c	3.73±0.46 ^d	1.88±0.25 ^{bcd}
	100.0	58.33±0.15 ^d	2.46±2.06 ^d	0.58±0.57 ^e	1.21±0.18 ^e
175 号	6.3	93.33±0.07 ^a	10.75±0.94 ^a	9.57±0.76 ^a	2.34±0.24 ^{ab}
175	12.5	100.00±0.12 ^a	10.47±1.21 ^a	9.27±0.58 ^{ab}	2.82±0.36 ^a
	25.0	71.11±0.10 ^{cd}	10.10±0.77 ^a	6.69±0.73 ^c	2.25±0.25 ^{bc}
	50.0	70.33±0.07 ^{bcd}	7.83±0.34 ^{bc}	2.92±0.48 ^d	1.79±0.11 ^{cd}
	100.0	66.67±0.18 ^d	2.83±1.15 ^d	0.44±0.08 ^e	1.40±0.10 ^{de}

同列数据后不同小写字母表示 5% 差异显著。下同。
Data with different lowercase letters within a column indicated a significant 5% difference.The same as below.

表 2 2 种马铃薯根水浸提液对自生油菜种子萌发及幼苗生长的影响
Tab.2 Impact of aqueous extracts from two potato varieties' root part on seed germination and seedling growth of *B. napus*

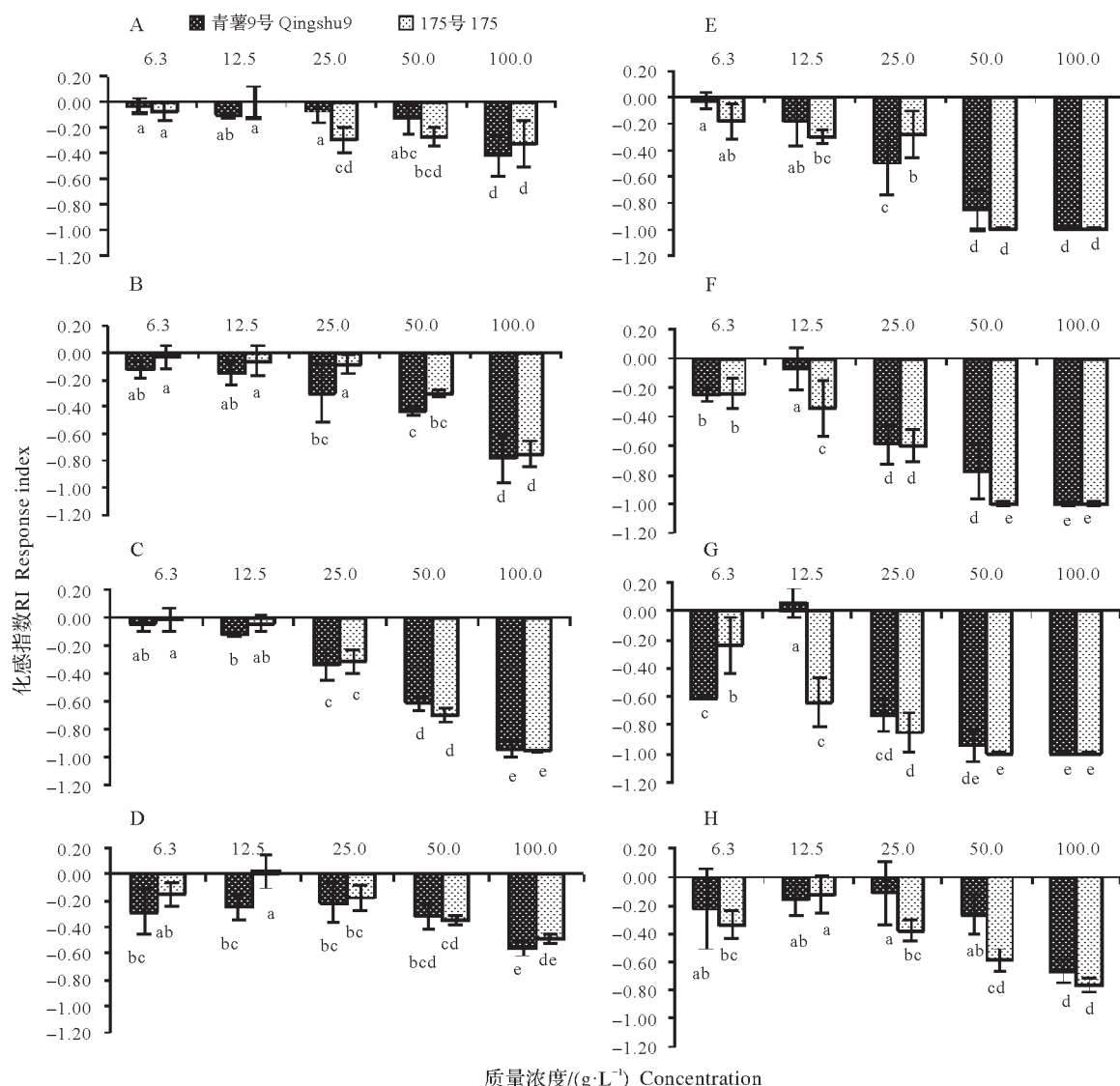
品种 Varieties	质量浓度/(g·L ⁻¹) Mass concentration	发芽率/% Seed germination	芽长/cm Shoot length	根长/cm Root length	鲜质量/g Fresh weight
CK	0	100.00±0 ^a	3.33±0 ^a	5.15±0 ^a	1.66±0 ^a
青薯 9 号	6.3	96.67±0.06 ^a	2.49±0.18 ^{bc}	5.93±0.74 ^a	1.28±0.46 ^{abc}
Qingshu 9	12.5	81.67±0.19 ^{ab}	3.11±0.46 ^{ab}	5.44±1.09 ^a	1.39±0.19 ^{abc}
	25.0	50.00±0.23 ^c	1.35±0.47 ^d	1.38±0.62 ^{cd}	1.47±0.36 ^{ab}
	50.0	15.00±0.15 ^d	0.72±0.63 ^d	0.33±0.58 ^{de}	1.21±0.23 ^{bc}
	100.0	0±0 ^d	0±0 ^e	0±0 ^e	0.54±0.13 ^c
175 号	6.3	81.67±0.13 ^{ab}	2.54±0.35 ^{bc}	3.89±1.05 ^b	1.09±0.17 ^c
175	12.5	70.00±0.05 ^{bc}	2.21±0.62 ^c	1.86±0.86 ^c	1.45±0.21 ^{abc}
	25.0	71.67±0.18 ^b	1.32±0.35 ^d	0.75±0.74 ^{cd}	1.02±0.13 ^{bcd}
	50.0	0±0 ^d	0±0 ^e	0±0 ^e	0.68±0.14 ^{de}
	100.0	0±0 ^d	0±0 ^e	0±0 ^e	0.38±0.09 ^e

均为-1.00,即能够完全抑制其种子萌发和幼苗生长。值得注意的是,2 个品种的马铃薯茎水浸提液对 2 种杂草种子根长的化感作用明显强于其对芽长和鲜质量的化感作用。除野燕麦发芽率和自生油菜鲜质量外,青薯 9 号不同浓度的茎水浸提液对野燕麦和自生油菜的化感指数明显小于 175 号,表现出较强的化感作用(图 2)。

2.3 2 种马铃薯叶水浸提液对受体植物种子萌发及幼苗生长的影响

如表 5、6 和图 3 所示,青薯 9 号和 175 号 5 个浓度的叶水浸提液,均能不同程度抑制野燕麦和自生油菜的种子萌发及幼苗生长。当青薯 9 号和 175 号根水浸提液质量浓度大于 25 g/L 时,随着马铃薯叶水浸提液浓度的升高,野燕麦和自生油菜的发芽率、芽长、根长和鲜质量逐渐减小,化感作用逐渐增强。

2 个品种的马铃薯叶水浸提液对野燕麦和自生油菜的化感作用不同。当质量浓度大于 25 g/L 时,2 个



A、B、C、D分别表示:燕麦发芽率RI、芽长RI、根长RI和鲜质量RI;E、F、G、H分别表示:油菜发芽率RI、芽长RI、根长RI和鲜质量RI;不同小写字母表示2种马铃薯器官水浸提液对同一种杂草的化感作用在不同浓度下具有显著差异性($P < 0.05$),下同。

A、B、C和D presented RI response index of germination rate, shoot length, root length, and fresh weight of *A. fatua*, respectively; E、F、G and H presented RI response index of germination rate, shoot length, root length, and fresh weight of *B. napus* respectively; different lowercase letters in a figure indicated significant difference of allelopathic effect of aqueous extracts from two potato varieties' part at $P < 0.05$ level, the same as below.

图1 2种马铃薯根水浸提液对野燕麦和自生油菜种子萌发及幼苗生长的化感作用

Fig.1 Allelopathic effect of aqueous extracts from two potato varieties' root part on seed germination and seedling growth of *A. fatua* and *B. napus*

品种的马铃薯叶水浸提液对自生油菜发芽率、芽长和根长的化感作用均强于其对野燕麦的化感作用;当质量浓度为100 g/L时,2个品种的马铃薯叶水浸提液对自生油菜发芽率、芽长和根长的化感指数均为-1.00,即能够完全抑制其种子萌发和幼苗生长。值得注意的是,马铃薯叶水浸提液对2种杂草种子根长的化感作用明显强于其对芽长和鲜质量的化感作用。就品种而言,175号不同浓度叶水浸提液对2种受体植株的化感指数明显小于青薯9号,表现出较强的化感作用(图3)。

2.4 2种马铃薯不同器官水浸提液化感作用聚类分析

由结果2.1至2.3所述可知,当质量浓度大于25 g/L时,青薯9号和175号不同器官的水浸提液对2种杂草种子的萌发和幼苗生长的化感作用明显。因此,就马铃薯青薯9号和175号根、茎、叶25 g/L浓度水浸提液抑制野燕麦和自生油菜种子萌发及幼苗生长的化感指数进行聚类分析。

表 3 2 种马铃薯茎水浸提液对野燕麦种子萌发及幼苗生长的影响
Tab.3 Impact of aqueous extracts from two potato varieties' stem part on seed germination and seedling growth of *A. fatua*

品种 Varieties	质量浓度/(g·L ⁻¹) Mass concentration	发芽率/% Seed germination	芽长/cm Shoot length	根长/cm Root length	鲜质量/g Fresh weight
CK	0	100.00±0 ^a	11.14±0 ^a	9.65±0 ^{ab}	2.76±0 ^a
青薯 9 号 Qingshu 9	6.3	91.67±0.14 ^a	8.96±0.63 ^b	8.65±0.58 ^{bc}	2.14±0.32 ^{bc}
	12.5	95.00±0.05 ^a	8.44±0.55 ^{bc}	7.64±0.96 ^{cd}	1.97±0.34 ^{bc}
	25.0	83.33±0.08 ^{ab}	6.87±1.70 ^c	4.18±1.26 ^c	1.87±0.43 ^{cd}
	50.0	58.33±0.16 ^{bc}	2.62±0.35 ^d	0.35±0.14 ^e	1.26±0.16 ^c
	100.0	41.67±0.25 ^{cd}	1.53±0.39 ^d	0.20±0.13 ^e	1.08±0.16 ^c
175 号 175	6.3	88.89±0.14 ^a	10.93±0.72 ^a	9.99±1.40 ^a	2.40±0.17 ^{ab}
	12.5	84.44±0.17 ^{ab}	10.04±0.35 ^{ab}	8.13±0.56 ^{cd}	2.11±0.17 ^{bc}
	25.0	77.78±0.20 ^{ab}	9.88±0.32 ^{ab}	7.09±0.46 ^d	2.21±0.36 ^{bc}
	50.0	51.11±0.04 ^c	6.86±0.90 ^c	2.89±0.83 ^f	1.44±0.26 ^{de}
	100.0	20.00±0.18 ^d	2.21±2.08 ^d	0.42±0.38 ^e	1.16±0.33 ^e

表 4 2 种马铃薯茎水浸提液对自生油菜种子萌发及幼苗生长的影响
Tab.4 Impact of aqueous extracts from two potato varieties' stem part on seed germination and seedling growth of *B. napus*

品种 Varieties	质量浓度/(g·L ⁻¹) Mass concentration	发芽率/% Seed germination	芽长/cm Shoot length	根长/cm Root length	鲜质量/g Fresh weight
CK	0	100.00±0 ^a	3.33±0 ^a	5.15±0 ^a	1.66±0 ^a
青薯 9 号 Qingshu 9	6.3	78.33±0.03 ^b	2.71±0.15 ^a	3.38±1.32 ^b	1.47±0.34 ^{ab}
	12.5	83.33±0.06 ^{ab}	3.02±0.30 ^a	2.69±0.89 ^b	1.31±0.38 ^{abc}
	25.0	30.00±0.26 ^c	1.32±1.47 ^{bc}	0.15±0.26 ^c	1.21±0.45 ^{bc}
	50.0	0±0 ^e	0±0 ^d	0±0 ^e	0.59±0.10 ^e
	100.0	0±0 ^e	0±0 ^d	0±0 ^e	0.41±0.15 ^e
175 号 175	6.3	81.67±0.16 ^{ab}	3.27±0.26 ^a	4.97±1.06 ^a	1.13±0.13 ^{bed}
	12.5	86.67±0.12 ^{ab}	3.16±0.25 ^a	3.09±0.43 ^b	0.91±0.18 ^{cd}
	25.0	73.33±0.06 ^b	1.87±0.54 ^b	0.82±0.61 ^c	0.99±0.22 ^{cd}
	50.0	33.33±0.15 ^c	0.51±0.14 ^c	0.46±0.50 ^c	0.42±0.18 ^e
	100.0	0±0 ^e	0±0 ^d	0±0 ^e	0.20±0.20 ^e

由图 4 可知,12 个处理分为 3 类:第 1 类聚集了马铃薯青薯 9 号和 175 号根、茎、叶部分水浸提液对野燕麦的化感作用,且青薯 9 号茎和 175 号叶的化感作用最强;第 2 类聚集了马铃薯青薯 9 号根、茎、叶部分和 175 号根、茎水浸提液对自生油菜的化感作用,且青薯 9 号茎部分的化感作用最强;第 3 类聚集了马铃薯 175 号叶部分水浸提液对自生油菜的化感作用。在这 3 类中,第 3 类化感作用最强,第 2 类次之、第 1 类最小。

3 结论与讨论

3.1 水浸提液浓度对马铃薯化感抑草作用的影响

2 个品种的马铃薯不同器官的水浸提液均对 2 种杂草种子的萌发及幼苗生长具有明显的化感作用,其化感作用随着水浸提液浓度的升高而增强。当浓度小于 25 g/L 时,2 个品种的马铃薯不同器官水浸提液对 2 种受体无明显的化感作用,浓度大于 25 g/L 时,化感作用明显。这就说明水浸提液中化感物质的浓度是影响马铃薯化感效应的主要因素之一,马铃薯化感抑草强度与浓度紧密相关^[10,17-18]。

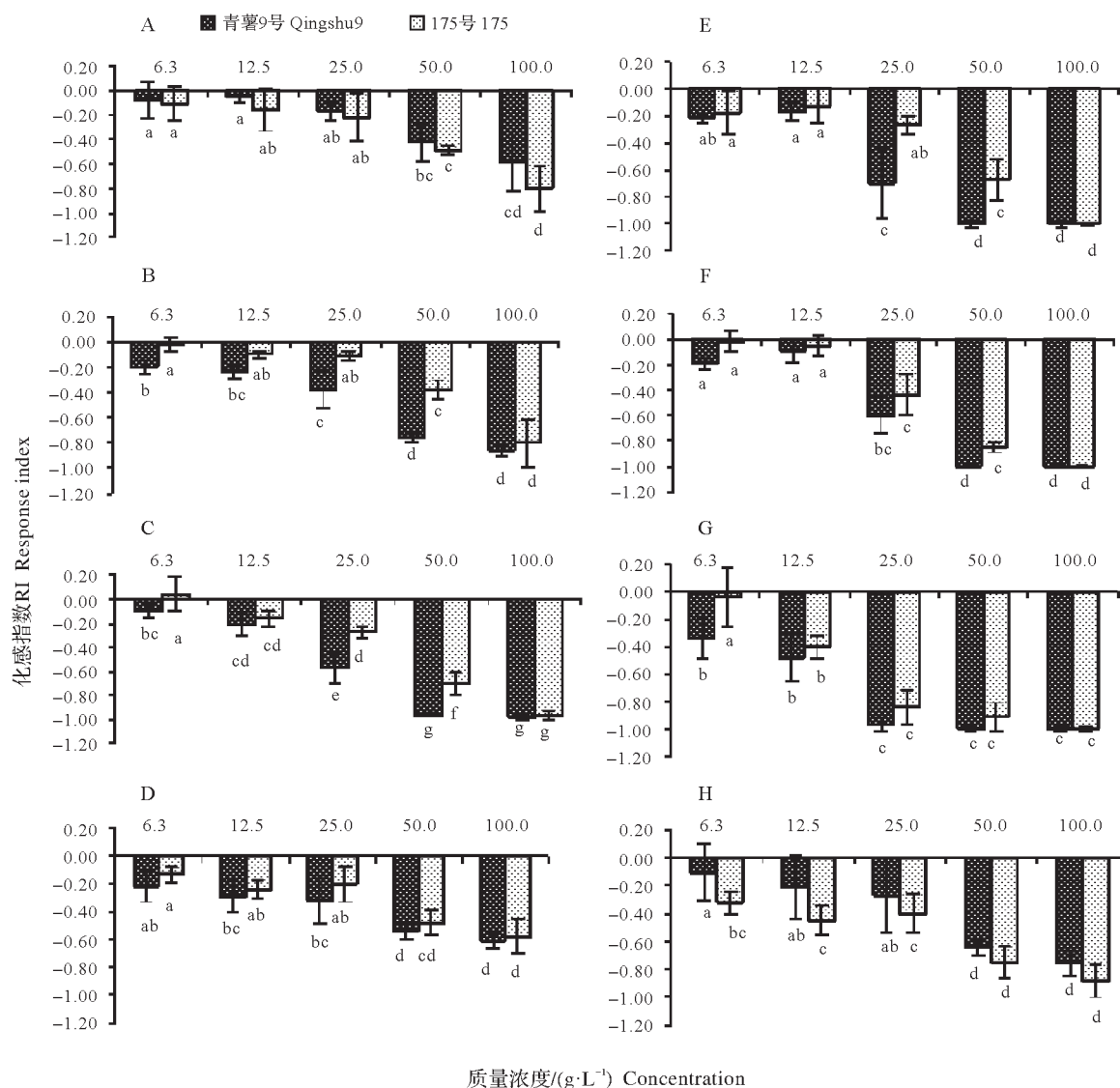


图2 2种马铃薯茎水浸提液对野燕麦和自生油菜种子萌发及幼苗生长的化感作用
Fig.2 Allelopathic effect of aqueous extracts from two potato varieties' stem part on seed germination and seedling growth of *A. fatua* and *B. napus*

3.2 受体植物对马铃薯化感抑草作用的影响

供体植物对不同受体植物以及同一受体的不同器官的化感作用存在一定的差异。在不同受体方面, Far等^[19]研究发现:印度藏茴香茎部分水浸提液对玉米和大麦的化感作用较强,而对小麦和红花的化感作用较弱。余婷等^[20]发现白三叶的根系分泌物对5种植物表现出的化感作用不同,由强到弱依次为紫羊茅、高羊茅、草地早熟禾、黑麦草、匍匐剪股颖。郑丽等^[21]对紫茎泽兰叶片的化感作用研究也发现其水浸提液对不同受体植物的化感作用不同,紫茎泽兰对无芒虎尾草、细叶苦苣菜、白三叶和莎的化感作用较强,而对紫花苜蓿的化感作用较弱^[20]。本研究表明,2种马铃薯不同器官水浸提液对自生油菜的化感作用较强,而对野燕麦的化感作用较弱。另外,化感作用与受体植物种子大小密切相关,受体植物种子越大,供体对其的化感作用越弱,种子越小,供体对其的化感作用越强^[22]。当水浸提液质量浓度为10.00 g/L时,能够完全抑制自生油菜的发芽率、芽长和根长,说明种子较大的野燕麦对马铃薯化感作用可能具有一定的耐受性。同一植物的不同器官研究方面,王杰等^[23]研究表明铁杆蒿对其伴生植物达乌里胡枝子、狗尾草、茵陈蒿根的化感作用强于其对芽的化感作用。本研究也发现,2个马铃薯品种的不同器官的水浸提液对2种受体杂草根长的化感作用更强,而对芽长和鲜质量的化感作用较弱。这可能是由于根系的主要生理功能是吸收水分和营养物质,长期处于水浸提液中的根吸收化感物质较多所导致的^[24]。

表 5 2 种马铃薯叶水浸提液对野燕麦种子萌发及幼苗生长的影响
Tab.5 Impact of aqueous extracts from two potato varieties' leaf part on seed germination and seedling growth of *A. fatua*

品种 Varieties	质量浓度/(g·L ⁻¹) Mass concentration	发芽率/% Seed germination	芽长/cm Shoot length	根长/cm Root length	鲜质量/g Fresh weight
CK	0	100.00±0 ^a	11.14±0 ^a	9.65±0 ^a	2.76±0 ^a
青薯 9 号 Qingshu 9	6.3	91.67±0.03 ^a	9.76±0.36 ^{abc}	8.71±0.30 ^{ab}	2.23±0.18 ^b
	12.5	81.67±0.08 ^{abc}	8.78±0.71 ^{bc}	8.02±0.26 ^b	2.02±0.10 ^{bcd}
	25.0	88.33±0.10 ^{ab}	8.26±0.70 ^c	7.94±0.27 ^b	2.21±0.29 ^b
	50.0	78.33±0.14 ^{abc}	6.25±1.87 ^d	4.00±1.19 ^d	1.76±0.50 ^{cd}
	100.0	48.33±0.28 ^d	3.85±0.53 ^f	0.85±0.84 ^{ef}	1.23±0.17 ^e
175 号	6.3	64.44±0.20 ^{bcd}	10.36±0.42 ^{ab}	9.22±1.63 ^{ab}	2.12±0.24 ^{bc}
175	12.5	75.56±0.17 ^{abc}	9.73±0.63 ^{abc}	7.83±1.28 ^b	2.20±0.14 ^b
	25.0	64.44±0.04 ^{bcd}	8.33±0.70 ^c	6.00±1.06 ^c	1.64±0.26 ^d
	50.0	57.78±0.08 ^{cd}	6.20±0.33 ^d	2.27±0.18 ^e	1.65±0.06 ^d
	100.0	4.44±0.08 ^e	0.83±1.44 ^e	0±0 ^f	1.04±0.06 ^e

表 6 2 种马铃薯叶水浸提液对自生油菜种子萌发及幼苗生长的影响
Tab.6 Impact of aqueous extracts from two potato varieties' leaf part on seed germination and seedling growth of *B. napus*

品种 Varieties	质量浓度/(g·L ⁻¹) Mass concentration	发芽率/% Seed germination	芽长/cm Shoot length	根长/cm Root length	鲜质量/g Fresh weight
CK	0	100.00±0 ^a	3.33±0 ^a	5.15±0 ^a	1.66±0 ^a
青薯 9 号 Qingshu 9	6.3	88.33±0.03 ^{ab}	3.16±0.20 ^{ab}	4.64±0.45 ^a	1.56±0.18 ^a
	12.5	78.33±0.03 ^{bc}	3.24±0.42 ^{ab}	3.55±0.90 ^b	1.35±0.07 ^{ab}
	25.0	61.67±0.12 ^{cd}	2.24±0.45 ^c	1.43±0.79 ^d	1.54±0.24 ^a
	50.0	15.00±0.05 ^e	0.83±0.29 ^d	0±0 ^e	1.09±0.54 ^b
	100.0	0±0 ^e	0±0 ^e	0±0 ^e	0.57±0.22 ^c
175 号	6.3	65.00±0.25 ^{cd}	2.78±0.24 ^{ab}	3.42±0.18 ^b	0.92±0.23 ^c
175	12.5	53.33±0.15 ^d	2.71±0.45 ^{bc}	2.55±0.24 ^c	0.99±0.06 ^{bc}
	25.0	11.67±0.10 ^e	0.48±0.50 ^{de}	0.08±0.13 ^e	0.56±0.23 ^c
	50.0	0±0 ^e	0±0 ^e	0±0 ^e	0.37±0.05 ^c
	100.0	0±0 ^e	0±0 ^e	0±0 ^e	0.12±0.10 ^d

3.3 供体植物对马铃薯化感抑草作用的影响

同种植物的不同品种由于亲本来源不同、生存环境不同导致其化感作用有所不同;同时,同一品种的不同器官在植物生长发育过程中生理机能不同使其化感作用也有所不同。在同种植物不同品种的化感作用研究方面,李明哲等^[25]发现 7 个马铃薯品种对谷子萌发的化感作用存在差异;王钟等^[26]发现 4 个马铃薯品种中“夏波蒂”可诱发瓜列当种子萌发后找不到寄主根系,缺乏营养物质供给而死去,从而减少土壤中瓜列当种子库,达到防除瓜列当危害的目的;李玮等^[27]对青藏高原 10 个小麦主栽品种进行聚类分析得出,高原 448 号、阿勃对田间优势杂草自生油菜和密花香薷的化感作用较强。本研究中青藏高原马铃薯品种 175 号的化感作用强于青薯 9 号。同一品种不同器官化感作用研究方面,姚树宽^[28]研究发现假苍耳茎水浸提液对 5 种十字花科植物化感作用强于根水浸提液;薛启等^[29]研究发现藿香叶浸提液对其种子萌发及幼苗生长的化感作用强于根浸提液;刘小明等^[30]研究发现小麦茎、穗不同部位浸提液对牛筋草的

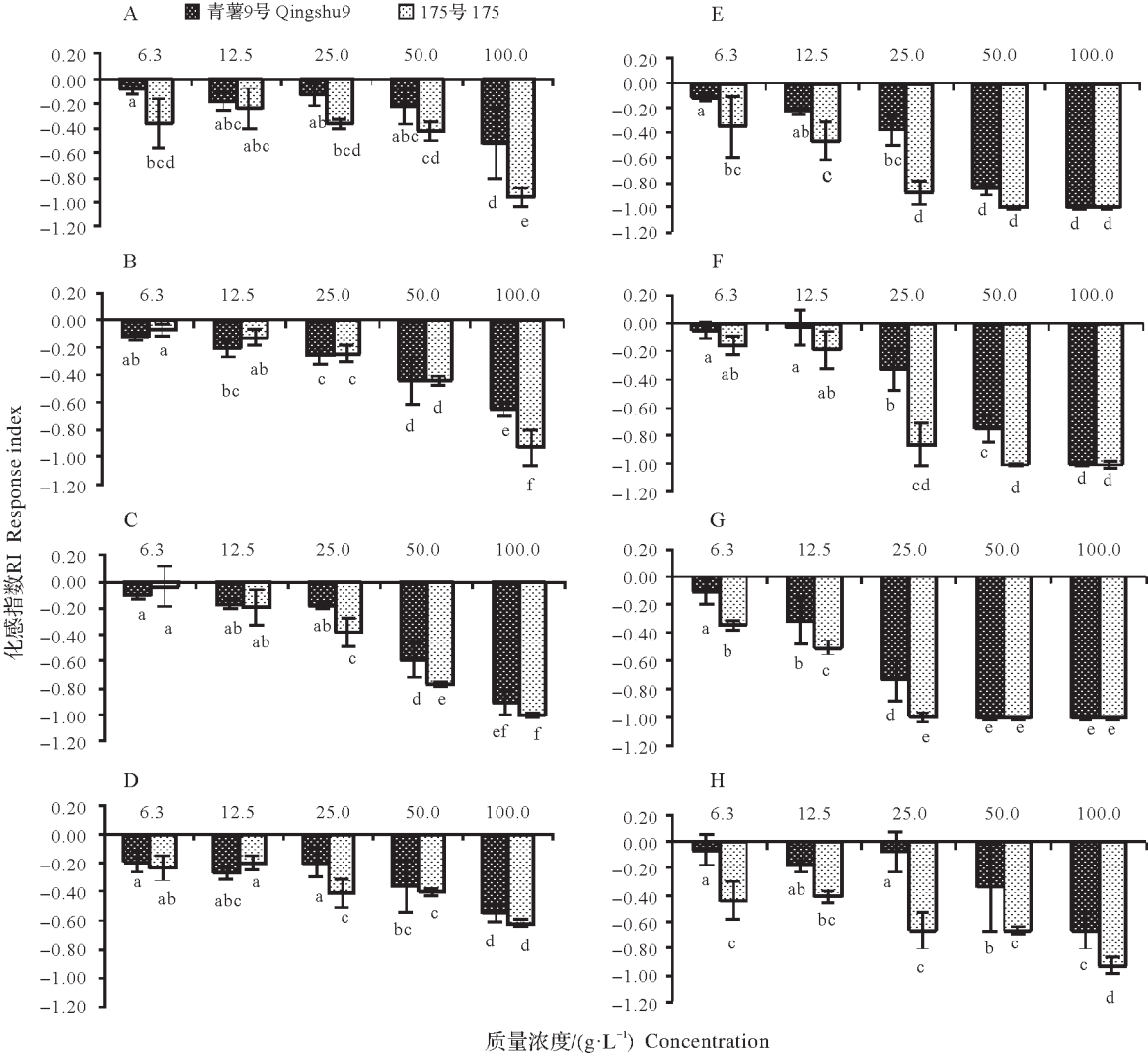
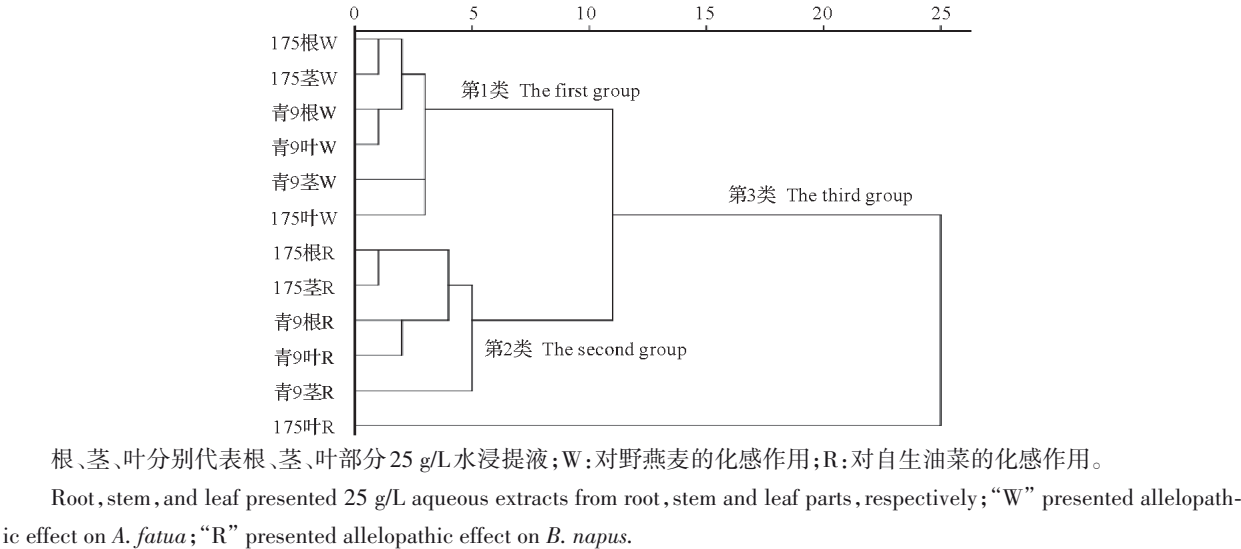


图3 2种马铃薯叶水浸提液对野燕麦和自生油菜种子萌发及幼苗生长的化感作用
Fig.3 Allelopathic effect of aqueous extracts from two potato varieties' leaf part on seed germination and seedling growth of *A. fatua* and *B. napus*



根、茎、叶分别代表根、茎、叶部分 25 g/L 水浸提液; W: 对野燕麦的化感作用; R: 对自生油菜的化感作用。
Root, stem, and leaf presented 25 g/L aqueous extracts from root, stem and leaf parts, respectively; "W" presented allelopathic effect on *A. fatua*; "R" presented allelopathic effect on *B. napus*.
图4 马铃薯青薯9号和175号根、茎、叶部分 25 g/L 水浸提液对野燕麦和自生油菜的化感指数聚类分析
Fig.4 Cluster analysis for RI values of 25 g/L aqueous extracts from root, stem and leaf parts of Qingshu 9 and 175 on *A. fatua* and *B. napus*

化感作用强于根浸提液。本研究表明,175号根和叶水浸提液的化感作用强于青薯9号根和叶水浸提液;青薯9号茎水浸提液化感作用强于175号茎水浸提液。聚类分析表明:马铃薯175号化感作用强于青薯9号;马铃薯175号叶部分化感能力强于茎和根部分,马铃薯青薯9号茎部分化感能力强于叶和根部分。由此可见,马铃薯化感抑草物质来源主要是茎、叶地上部分,这可能是茎叶作为植物进行光合作用以及呼吸作用的重要器官,光合作用合成的各类有机物质首先存储于茎叶,使得茎叶的化感物质含量较高,从而能浸提出较多的化感物质,表现出的化感作用也更强^[23]。

综上所述,青藏高原马铃薯主栽品种青薯9号和175号具有生物防除田间杂草的潜力,可以开发为马铃薯化感品种。

参考文献 References:

- [1] 郭文超,吐尔逊,程登发,等.我国马铃薯甲虫主要生物学、生态学技术研究进展及监测与防控对策[J].植物保护,2014,40(1):1-11.
GUO W C, TU E X, CHENG D F, et al. Main progress on biology & ecology of Colorado potato beetle and countermeasures of its monitoring and controlling in China[J]. Plant protection, 2014, 40(1): 1-11.
- [2] JABRAN K, MAHAJAN G, SARDANA V, et al. Allelopathy for weed control in agricultural systems[J]. Crop protection, 2015, 72: 57-65.
- [3] SINGH H P, BATISH D R, KOHLI R K. Allelopathic interactions and allelochemicals: new possibilities for sustainable weed management[J]. Critical reviews in plant sciences, 2003, 22(3): 239-311.
- [4] GEALY D R, YAN W G. Weed suppression potential of 'Rondo' and other Indica rice germplasm lines[J]. Weed technology, 2012, 26(3): 517-524.
- [5] SCHULZ M, MAROCCO A, TABAGLIO V, et al. Benzoxazinoids in rye allelopathy from discovery to application in sustainable weed control and organic farming[J]. Journal of chemical ecology, 2013, 39(2): 154-174.
- [6] LI W, SHEN S, GUO Q Y. Allelopathic effects of Hulless barley (*Hordeum vulgare* L.) on rape (*Brassica campestris* L.) [J]. Allelopathy journal, 2017, 41(1): 1-24.
- [7] ASLAM F, KHALIQ A, MATLOOB A, et al. Allelopathy in agro-ecosystems: a critical review of wheat allelopathy-concepts and implications[J]. Chemoecology, 2017, 27(1): 1-24.
- [8] ZHANG W, MA Y, WANG Z, et al. Some soybean cultivars have ability to induce germination of sunflower Broomrape [J]. PLoS one, 2013, 8(3): 1-11.
- [9] 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.
SHEN S C, XU G F, ZHANG F D, et al. Allelopathic effect of water extracts from sweet potato (*Ipomoea batatas*) leaves on five major farming weeds[J]. Acta ecologica Sinica, 2017, 37(6): 1931-1938.
- [10] SHEN S C, XU G F, LI D Y, et al. Allelopathic potential of sweet potato (*Ipomoea batatas*) germplasm resources of Yunnan Province in southwest China[J]. Acta ecologica Sinica, 2018, 38(6): 444-449.
- [11] 杜茜,童娟,卢迪.马铃薯连作对茄科植物的化感效应[J].北方园艺,2012(20):1-4.
DU Q, TONG J, LU D. Allelopathic effect of potato continuous cropping on Solanaceae[J]. Northern horticulture, 2012(20): 1-4.
- [12] MILLER D A. Allelopathy in forage crop systems[J]. Agronomy journal, 1996, 88(6): 854-859.
- [13] WALKER S, WIDDERICK M, MCLEAN A, et al. Improved chemical control of *Conyza bonariensis* in wheat limits problems in the following fallow[J]. Weed biology and management, 2013, 13(4): 144-150.
- [14] 孙红艳,林瑞余,叶陈英,等.化感小麦种质资源的筛选与评价[J].中国生态农业学报,2008,16(4):894-899.
SUN H Y, LIN R Y, YE C Y, et al. Screening and evaluating allelopathic potential of wheat germplasm[J]. Chinese journal of eco-agriculture, 2008, 16(4): 894-899.
- [15] 李玮,沈硕,郭青云.青稞白酒糟醅粗提物抑草活性研究[J].西北农业学报,2017,26(6):916-925.
LI W, SHEN S, GUO Q Y. Study on inhibitory activity of crude extracts from distiller's grains of hulless barley against weeds [J]. Acta agriculturae boreali-occidentalis Sinica, 2017, 26(6): 916-925.
- [16] WILLAMSON B. Bioassays for allelopathy: measuring treatment responses with independent controls[J]. Journal of chemical ecology, 1988, 14(1): 181-187.

- [17] 孙庆花,张超,刘国彬,等.黄土丘陵区草本群落演替中先锋种群茵陈蒿浸提液的化感作用[J].生态学报,2016,36(8):2233-2242.
- SUN Q H,ZHANG C,LIU G B,et al.Allelopathy of extracts from the pioneer population,*Artemisia capillaries*, during succession of the herbaceous community in the hilly-gully region of Loess Plateau[J].Acta ecologica Sinica,2016,36(8):2233-2242.
- [18] 王辉,谢永生,杨亚利,等.云雾山铁杆蒿茎叶浸提液对封育草地四种优势植物的化感效应[J].生态学报,2011,31(20):6013-6021.
- WANG H,XIE Y S,YANG Y L,et al.Allelopathic effect of extracts from *Artemisia sacrorum* leaf and stem on four dominant plants of enclosed grassland on Yunwu Mountain[J].Acta ecologica Sinica,2011,31(20):6013-6021.
- [19] FAR M H,BAGHERZADEH A.Assessing allelopathic index for estimating allelopathic potential of ajowan extracts[J].Journal of crop science and biotechnology,2018,21(2):165-172.
- [20] 余婷,孟焕文,温艳斌,等.白三叶根系分泌物对5种草坪草的化感作用[J].草地学报,2013,21(4):729-736.
- YU T,MENG H W,WEN Y B.Allelopathy of *Trifolium repense* L. exudates on five turf grass types[J].Acta agrestia Sinica,2013,21(4):729-736.
- [21] 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.
- ZHENG L,FENG Y L.Allelopathic effects of *Eupatorium adenophorum* Spreng on seed germination and seedling growth in ten herbaceous species[J].Acta ecologica Sinica,2005,25(10):2782-2787.
- [22] 李苇洁,罗开源,吴迪,等.乡土植物白刺花对紫茎泽兰化感作用的响应[J].生态学报,2017,37(16):5361-5367.
- LI W J,LUO K Y,WU D,et al.Response of native plant species *Sophora davidii* to allelopathy of *Eupatorium adenophorum* [J].Acta ecologica Sinica,2017,37(16):5361-5367.
- [23] 王杰,张超,刘国彬,等.黄土丘陵区退耕还草植被恢复阶段优势种铁杆蒿的化感效应[J].生态学报,2018,38(19):1-12.
- WANG J,ZHANG C,LIU G B,et al.The allelopathic effect of dominant population,*Artemisia sacrorum*, during the stage of "Grain for Grain" vegetation restoration in the hilly-gully region of the Loess Plateau[J].Acta ecologica Sinica,2018,38(19):1-12.
- [24] TURK M A,ABDEL-RAHMAN,TAWAHA M.Inhibitory effects of aqueous extracts of black mustard on germination and growth of lentil[J].Journal of agronomy,2002,1(1):28-30.
- [25] 李明哲,高汝勇,李会芬,等.不同品种马铃薯对谷子萌发的化感作用研究[J].中国农学通报,2017,33(18):13-20.
- LI M Z,GAO R Y,LI H F,et al.Allelopathy of different potato varieties on millet germination[J].Chinese agricultural science bulletin,2017,33(18):13-20.
- [26] 王钟,马永清,贾锦楠,等.马铃薯对瓜列当种子萌发的化感作用研究[J].中国生态农业学报,2013,21(3):333-339.
- WANG Z,MA Y Q,JIA J N,et al.Allelopathic effect of potato on *Orabanche aegyptiaca* Pers. seed germination[J].Chinese journal of eco-agriculture,2013,21(3):333-339.
- [27] 李玮,沈硕,郭青云.青海高原干旱地区小麦主栽品种田间化感作用评价[J].干旱地区农业研究,2017,35(1):289-294.
- LI W,SHEN S,GUO Q Y.Evaluation on the allelopathic effect of the main wheat varieties in arid areas on Qinghai plateau [J].Agricultural research in the arid areas,2017,35(1):289-294.
- [28] 姚树宽,李凤兰,彭丽娜,等.假苍耳不同部位水浸提液对五种十字花科植物化感作用的研究[J].草业学报,2018,27(9):56-66.
- YAO S K,LI F L,PENG L N,et al.A study of the allelopathic effect of extracts from different parts of *Iva xanthiifolia* on five Brassicaceae species[J].Acta prataculturae Sinica,2018,27(9):56-66.
- [29] 薛启,王康才,梁永富,等.藿香不同部位浸提液对其种子萌发及幼苗生长的化感作用[J].南京农业大学学报,2017,40(4):611-617.
- XUE Q,WANG K C,LIANG Y F,et al.Allelopathic effect of aqueous extracts from different parts of *Agastache rugosa* on its seed germination and seedling growth[J].Journal of Nanjing agricultural university.2017,40(4):611-617.
- [30] 刘小民,边全乐,李秉华,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.
- LIU X M,BIAN Q L,LI B H,et al.Allelopathic effects of aqueous extracts of different segments of wheat straw on the seed germination and seedling growth of goosegrass (*Eleusine indica*) [J].Chinese agricultural science bulletin,2013,29(27):58-63.