

利用前茬作物残茎根防除直播稻田杂草

王敬亚¹ 董立尧^{1*} 李 俊¹ 张宏军²

(1. 南京农业大学植物保护学院农药科学系, 农业部作物病虫害监测与防控重点开放实验室, 南京 210095; 2. 农业部农药检定所生物测定室, 北京 100026)

摘要: 采用滤纸培养皿法, 研究了五种油菜和七种小麦残茎根对直播稻田主要杂草千金子、稗草和鳢肠的化感抑草作用, 并采用模拟大田环境的盆钵法对抑草作用较强的品种进行验证试验和对下茬水稻的安全性进行评估。结果显示: 史力丰和汇油 50 两个油菜品种的水提取液对三种杂草均表现出较好的抑制作用, 尤其对千金子的萌发抑制作用较强, 抑制率分别为 65.33% 和 55.33%, 对杂草的幼根也具有十分明显的抑制作用, 化感指数 *RI* 值分别达到 -0.82 和 -0.85; 不同浓度的史力丰残茎根的水提取液对杂草表现出低浓度促进、高浓度抑制的现象; 模拟大田试验中, 史力丰的残茎根在 25 kg/m³ 的混土用量下能很好地抑制千金子、稗草和鳢肠生长, *RI* 值分别可达 -0.91、-0.64 和 -0.67, 且对水稻较安全。研究表明, 在田间留一定量的史力丰残茎根进行浅耕混土处理是杂草生态防除的一项有效措施。

关键词: 作物残茎根; 化感抑草作用; 生态防除

The utilization of crop residues from former rotation to control weeds in direct-seeding rice field

Wang Jingya¹ Dong Liyao^{1*} Li Jun¹ Zhang Hongjun²

(1. Department of Pesticide Science, College of Crop Protection, Nanjing Agricultural University, Key Laboratory of Monitoring and Management of Crop Diseases and Pest Insects, Ministry of Agriculture, Nanjing 210095, Jiangsu Province, China; 2. Institute for the Control of Agrochemicals, Ministry of Agriculture, Beijing 100026, China)

Abstract: The allelopathy of the straws of five oilseed rape varieties and seven wheat varieties was investigated by using petri dish bioassay on the predominant weeds in direct-seeding rice field, such as *Leptochloa chinensis*, *Echinochloa crusgall* and *Eclipta prostrate*. Subsequently, the control effects of screened varieties were confirmed under simulated field conditions in green house, as well as its safety to rice. The results showed that two oilseed rape varieties, Shilifeng and Huiyou 50, exhibited great inhibition to all the three species weeds mentioned above, especially on the seed germination of *L. chinensis* with percentage inhibition of seed germination of 65.33% and 55.33%, respectively. Also they could inhibit the root growth of weeds, of which the response index (*RI*) could reach to -0.82 and -0.85, respectively. It was observed that the aqueous extraction from residues of Shilifeng could promote weed growth at low concentrations and inhibit the growth at high concentrations. In greenhouse experiment, the straws of Shilifeng could effectively control weeds, of which the response index could reach to -0.91, -0.64,

基金项目: 国家“十一五”科技支撑计划(2006BAD08A09)

作者简介: 王敬亚, 女, 1984 年生, 硕士研究生, 研究方向为除草剂毒理及抗药性, email: 2006102106@njau.edu.cn

* 通讯作者 (Author for correspondence), email: dly@njau.edu.cn, Tel: 025-84395672

收稿日期: 2008-10-30

-0.67, respectively, and be safe to rice growth at the rate of 25 kg/m³. The experiments showed that superficial incorporation with the straws of Shilifeng could be adopted as an effective strategy in integrated weed management.

Key words: crop straws; allelopathy; ecological control

自然界中的植物能够通过根系分泌、雨雾淋溶、挥发或者残体分解等途径向周围环境释放化学物质,从而抑制或促进周围其它植物的生长发育^[1]。有关小麦秸秆对其它植物的化感作用已有报道。美国 Hicks 等^[2]研究认为麦秸对棉花的发芽、幼苗生长有抑制作用。Steinsiek 等^[3]报道,小麦秸秆水提取液对有关供试杂草萌发和生长的抑制作用强弱依次为:裂叶牵牛 *Ipomoea hederacea*、苘麻 *Abutilon theophrasti*、小白花牵牛 *Ipomoea lacunosa*、长果田菁 *Sesbania exaltata*、日本稗 *Echinochloa crusgalli* var. *frumetaceae*。董立尧等^[4]研究表明扬麦 158 和扬麦 10 号不同生育期的水提取液对千金子种子萌发均有抑制作用,而对幼苗生长无抑制作用。关于油菜的化感作用也有报道,芸苔属的一些物种有被广泛用作覆盖物或绿色肥料的潜势^[5],通过将其残茎根浅耕混土可在短时间内抑制杂草的发生^[6]。Petersen 等^[7]评价了甘蓝型油菜中释放的六种不同的硫氰酸盐在植株体和根际土中的含量及化感活性,认为土壤中杂草种子萌发受到抑制很可能是由于油菜中释放的大量硫氰酸盐所致。杨瑞吉^[8]研究显示,油菜根系分泌物的化感累加作用对小麦、油菜、蚕豆和玉米种子活力、幼苗生长发育及生理生化特性均具有显著影响。

为了筛选出华东地区主要油菜、小麦品种中对杂草萌发或幼苗生长有抑制作用的化感品种,作者系统地研究了该地区主要油菜、小麦品种残茎根对下茬直播稻田主要杂草种子的萌发与幼苗生长的影响,并以模拟大田环境的盆钵法进行验证。

1 材料与方法

1.1 材料

供试油菜及小麦茎根均于 2007 年 6 月田间收获后采集。油菜品种:汇油 50、秦油 9 号、史力丰、92-13 系、沪油 15;小麦品种:扬麦 11、扬麦 158、郑 9203、镇麦 6 号、宁麦 13、淮麦 20、徐麦 26。供试水稻品种 9746,由江苏练湖农场提供。供试杂草种子:千金子 *Leptochloa chinensis*,2006 年采自南京农业大学江浦农场;稗草 *Echinochloa crusgalli*,2006 年

采自阜宁;鳢肠 *Eclipta prostrata*,2007 年采自句容。供试土壤:从南京农业大学附近农田取得土壤,土壤为中壤土,pH 5.59,含氮量 1.37 g·kg⁻¹,有机质含量 13.76 g·kg⁻¹,在自然状态下风干备用。

1.2 方法

1.2.1 不同品种的油菜、小麦残茎根对杂草种子萌发及幼苗生长的影响

先将采集的五种油菜和七种小麦残茎根去除根部泥土,晒干后粉碎,加 15 倍重量比的蒸馏水 25℃ 条件下振荡 24 h,三层纱布、定性滤纸过滤后得水提取液的原液(浓度记为 0.067 g·mL⁻¹)。采用滤纸培养皿法^[9],设置不同品种的残茎根水提取液原液(0.067 g·mL⁻¹)处理,蒸馏水为对照,每处理 3 次重复。将供试种子先用 0.5% KMnO₄ 溶液浸泡 1 h,蒸馏水冲洗干净,在直径 10 cm 的培养皿中铺 2 层滤纸,杂草种子每皿放 50 粒,加 10 mL 提取液,光照培养箱中培养。温度设白天 30℃,晚上 25℃,光照周期 12L/12D(h)。10 天后计算发芽数、统计种子萌发率^[10]、抑制萌发率^[11],测定根长、芽长,参照 Williamson 等^[12]的方法,计算化感指数 *RI*(response index)。

$$\text{萌发率}(\%) = \frac{\text{萌发种子总数}}{\text{供试种子总数}} \times 100$$

$$\text{抑制萌发率}(\%) = \frac{\text{对照萌发数} - \text{处理萌发数}}{\text{对照萌发数}} \times 100$$

$$\text{化感指数 } RI = \begin{cases} 1 - C/T & \text{当 } T \geq C \\ T/C - 1 & \text{当 } T < C \end{cases}$$

其中:*RI* 为化感指数;*RI* > 0 为促进,*RI* < 0 为抑制,绝对值的大小与作用强度一致。*C* 为对照值,*T* 为处理值。

1.2.2 不同浓度的史力丰残茎根水提取液对杂草和水稻种子萌发及幼苗生长的影响

将 1.2.1 中筛选的化感抑草作用较强的油菜品种史力丰的残茎根水提取原液进行等比梯度稀释,设 6.67 × 10⁻²、3.33 × 10⁻²、1.67 × 10⁻² g·mL⁻¹ 3 个浓度处理,以蒸馏水为对照,每处理 3 次重复。培养条件及测定方法同上。

1.2.3 不同史力丰残茎根量对杂草和水稻生长的影响

将 1.2.1 中筛选的化感抑草作用较强的油菜品种史力丰的残茎根进一步进行模拟大田试验。将从农田取得的土壤在自然状态下风干,依据大田情况设置 0、6.25、12.5、25、37.5 kg/m³ 5 个处理。分别将 1.2、2.4、4.8、7.2 g 史力丰残茎根与 1.92 × 10⁻⁴ m³ 土壤充分混合,装入塑料盆钵中,土层深度为 4 cm。加水浸泡 3 天后,将 20 粒杂草及水稻种子播入盆钵中,在温室中生长 15 天后统计种子的萌发率,测量株高、根长、地上部鲜重和地下部鲜重,计算化感指数^[9-10]。

1.2.4 统计分析

数据采用 DPS V3.01 进行差异显著性分析。

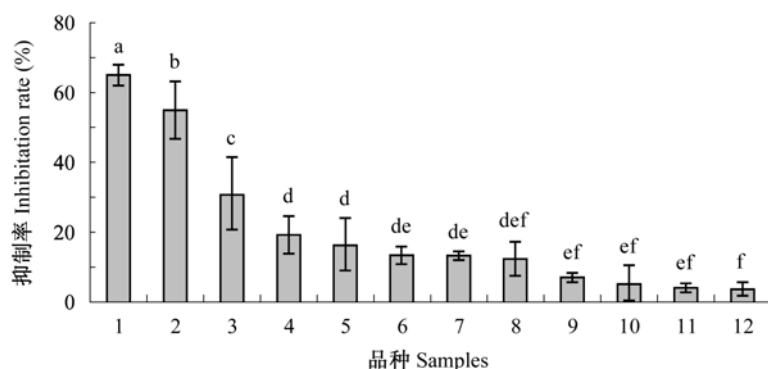


图 1 不同品种的油菜、小麦残茎根水提取液对千金子种子萌发的影响

Fig. 1 Effects of aqueous extracts from different kinds of straws of oilseed rape and wheat on seed germination of *Leptochloa chinensis*

注:横坐标 1-12 依次代表史力丰、汇油 50、扬麦 158、郑 9203、沪油 15、宁麦 13、92-13 系、秦油 9 号、扬麦 11、淮麦 20、徐麦 26、镇麦 6 号。不同字母表示在 0.05 水平上差异显著。下同。Note: The abscissas show Shilifeng, Huiyou50, Yangmai158, Zheng9203, Huyou15, Ningmai13, 92-13xi, Qinyou9, Yangmai11, Huaimai20, Xumai26, Zhenmai6 in turn. Different letters meant significant difference at 0.05 level. The same as below.

2.1.2 对稗草种子萌发及幼苗生长的影响

由上述相同的各品种水提取液原液对稗草进行萌发试验,其中油菜品种中的 92-13 系、秦油 9 号和汇油 50 的水提取液对稗草抑制作用较大,萌发率与对照差异显著;7 个小麦品种水提取液对稗草的萌发抑制作用较小,萌发率与对照均无显著差异(表 1)。

各油菜、小麦品种水提取液对稗草幼芽的 *RI* 值均大于 0,表现出不同程度的促进作用,对稗草幼根的化感作用随品种的不同而不同,其抑制作用由强到弱依次为史力丰、汇油 50、扬麦 11、郑 9203、镇麦 6 号、92-13 系、沪油 15、秦油 9 号,其余 4 个品种的水提取液均表现为促进作用。

2 结果与分析

2.1 不同品种的油菜、小麦残茎根对杂草种子萌发及幼苗生长的影响

2.1.1 对千金子种子萌发的影响

12 个不同品种的前茬作物残茎根在 0.067 g · mL⁻¹ 的浓度下进行千金子萌发试验,各样品的水提取液对千金子萌发均有一定的抑制作用,且不同的油菜、小麦品种,抑制作用也不同(图 1)。油菜品种对千金子萌发抑制作用较大,史力丰和汇油 50 水提取液对千金子的抑制率分别为 65.33% 和 55.33%,显著高于其余油菜品种。小麦品种中仅扬麦 158 水提取液对千金子萌发的抑制作用较大,抑制率为 31.00%,显著高于其余小麦品种。

2.1.3 对鳢肠种子萌发及幼苗生长的影响

各油菜、小麦品种的水提取液对鳢肠萌发的抑制作用较小,仅淮麦 20 和扬麦 158 水提取液中的萌发率显著低于对照,其余品种的水提取液与对照相比均无显著性差异。各油菜、小麦品种水提取液对鳢肠幼芽的 *RI* 值均大于 0,表现出不同程度的促进作用,而对鳢肠幼根的 *RI* 值均小于 0,表现出不同程度的抑制作用,其中抑制作用较大的品种为汇油 50、郑 9203 和史力丰, *RI* 值 < -0.80(表 2)。

2.2 不同浓度的史力丰残茎根水提取液对杂草和水稻种子萌发及幼苗生长的影响

不同浓度的史力丰残茎根水提取液对杂草表现低浓度促进、高浓度抑制的化感作用,并且幼根较幼

表 1 不同品种的油菜、小麦残茎根水提取液对稗草种子萌发及幼苗生长的影响
Table 1 Effects of aqueous extracts from different crop residues of oilseed rape and wheat on seed germination and the growth of seedlings of *Echinochloa crusgalli*

供试材料 Proffer material	萌发率(%) Germination rate	芽长(cm) Shoot length	化感指数 Response index	根长(cm) Root length	化感指数 Response index	平均化感指数 Average response index
CK	94.00 ± 2.00 a	4.95 ± 0.11 f	—	4.32 ± 0.50 abc	—	—
史力丰 Shilifeng	85.33 ± 5.03 ab	5.17 ± 0.99 ef	0.04	2.50 ± 1.09 ef	-0.54	-0.19
汇油 50 Huiyou50	82.67 ± 6.11 b	6.31 ± 0.06 abc	0.22	2.00 ± 0.23 f	-0.42	-0.16
扬麦 11 Yangmai11	93.33 ± 5.03 a	5.77 ± 0.18 bcde	0.14	2.59 ± 0.76 ef	-0.40	-0.13
郑 9203 Zheng9203	93.33 ± 5.03 a	6.43 ± 0.42 ab	0.23	3.17 ± 0.69 de	-0.27	-0.02
92-13 系 92-13xi	78.00 ± 5.29 b	5.42 ± 0.14 def	0.09	3.98 ± 0.13 bcd	-0.08	0.00
镇麦 6 号 Zhenmai6	94.00 ± 3.46 a	6.44 ± 0.33 ab	0.23	3.85 ± 0.72 cd	-0.11	0.06
沪油 15 Huyou15	86.67 ± 1.15 ab	6.08 ± 0.28 abcd	0.19	4.06 ± 0.22 abcd	-0.06	0.06
秦油 9 号 Qinyou9	78.67 ± 8.08 b	5.54 ± 0.37 def	0.11	4.08 ± 0.29 abcd	-0.05	0.03
宁麦 13 Ningmai13	85.33 ± 5.03 ab	5.67 ± 0.28 cde	0.13	4.39 ± 0.27 abc	0.02	0.07
淮麦 20 Huaimai20	94.00 ± 2.00 a	6.44 ± 0.25 ab	0.23	4.52 ± 0.36 abc	0.30	0.26
徐麦 26 Xumai26	86.00 ± 5.29 ab	6.78 ± 0.22 a	0.27	4.99 ± 0.53 ab	0.13	0.20
扬麦 158 Yangmai158	92.67 ± 4.16 a	6.10 ± 0.45 abcd	0.19	5.07 ± 0.31 a	0.15	0.17

表 2 不同品种的油菜、小麦残茎根对鳢肠种子萌发及幼苗生长的影响
Table 2 Effects of aqueous extracts from different crop residues of oilseed rape and wheat on seed germination and the growth of seedlings of *Eclipta prostrate*

供试材料 Proffer material	萌发率(%) Germination rate	芽长(cm) Shoot length	化感指数 Response index	根长(cm) Root length	化感指数 Response index	平均化感指数 Average response index
CK	100.00 ± 0.00 a	1.12 ± 0.05 f	—	3.50 ± 0.33 a	—	—
史力丰 Shilifeng	100.00 ± 0.00 a	1.44 ± 0.09 cde	0.22	0.63 ± 0.35 e	-0.82	-0.30
汇油 50 Huiyou50	98.67 ± 2.31 abc	1.54 ± 0.05 bde	0.27	0.51 ± 0.05 e	-0.85	-0.29
扬麦 11 Yangmai11	99.33 ± 1.15 ab	1.34 ± 0.12 def	0.16	1.15 ± 0.25 de	-0.67	-0.25
郑 9203 Zheng9203	100.00 ± 0.00 a	1.73 ± 0.19 abc	0.35	0.55 ± 0.31 e	-0.84	-0.24
92-13 系 92-13xi	97.33 ± 1.15 bc	1.18 ± 0.01 ef	0.05	2.16 ± 0.60 bc	-0.38	-0.17
镇麦 6 号 Zhenmai6	96.67 ± 1.15 c	1.59 ± 0.25 bcd	0.29	1.41 ± 0.17 cde	-0.60	-0.15
沪油 15 Huyou15	100.00 ± 0.00 a	1.61 ± 0.04 bcd	0.31	1.41 ± 0.06 cde	-0.60	-0.15
秦油 9 号 Qinyou9	98.67 ± 2.31 abc	1.60 ± 0.31 bcd	0.30	1.79 ± 0.46 bcd	-0.49	-0.09
宁麦 13 Ningmai13	100.00 ± 0.00 a	1.80 ± 0.03 ab	0.38	1.67 ± 0.33 cd	-0.52	-0.07
淮麦 20 Huaimai20	99.33 ± 1.15 ab	1.77 ± 0.10 ab	0.37	1.77 ± 0.34 bcd	-0.49	-0.06
徐麦 26 Xumai26	99.33 ± 1.15 ab	1.93 ± 0.27 a	0.42	1.98 ± 1.59 bcd	-0.43	-0.01
扬麦 158 Yangmai158	99.33 ± 1.15 ab	1.95 ± 0.11 a	0.43	2.67 ± 0.72 ab	-0.24	0.09

芽敏感,三种杂草相比,鳢肠的幼根对水提取液最敏感。最高浓度的史力丰残茎根水提取液对千金子幼芽有抑制作用,*RI* 值为 -0.20,其余浓度下有促进作用;各浓度的史力丰残茎根水提取液对稗草、鳢肠的幼芽均有促进作用,*RI* 值为 0.04~0.37。各浓度的史力丰残茎根水提取液均对鳢肠幼根有抑制作用,*RI* 为 -0.82~-0.49;在高、中浓度下对稗草幼

根有抑制作用;在最高浓度下对千金子幼根有抑制作用(表 3)。

各浓度的史力丰残茎根水提取液对水稻萌发均无影响,对水稻的幼芽和幼根均为促进作用,尤其对幼根的促进作用较强,*RI* 值为 0.41~0.56。

2.3 不同史力丰残茎根量对杂草及水稻生长的影响

随着史力丰残茎根混土重量的增加,千金子、鳢

表 3 不同浓度的史力丰水提取液对杂草和水稻种子萌发及幼苗生长的影响

Table 3 Effects of different concentrations of aqueous extracts from the straw of Shilifeng on seed germination and the growth of weeds and rice seedlings

供试材料 Proffer material	水提取液浓度 Aqueous extract concentration (10 ⁻² g·mL ⁻¹)	萌发率(%) Germination rate	芽长(cm) Shoot length	化感指数 Response index	根长(cm) Root length	化感指数 Response index	平均化感 指数 Average response index
千金子 <i>Leptochloa</i>	0.00	96.00 ± 1.63 a	0.33 ± 0.00 c	—	0.26 ± 0.01 c	—	—
	6.67	34.67 ± 3.06 c	0.26 ± 0.08 c	-0.20	0.09 ± 0.04 d	-0.66	-0.43
<i>chinensis</i>	3.33	88.67 ± 1.15 b	0.45 ± 0.08 b	0.27	0.40 ± 0.04 b	0.35	0.31
	1.67	93.33 ± 7.02 ab	0.71 ± 0.03 a	0.53	0.52 ± 0.08 a	0.50	0.52
稗草 <i>Echinochloa</i>	0.00	94.00 ± 2.00 a	4.95 ± 0.11 a	—	4.32 ± 0.50 ab	—	—
	6.67	82.67 ± 6.11 b	5.17 ± 0.99 a	0.04	2.50 ± 1.09 c	-0.42	-0.19
<i>crusgalli</i>	3.33	94.17 ± 3.82 a	5.73 ± 0.77 a	0.14	3.41 ± 0.41 bc	-0.21	-0.04
	1.67	95.00 ± 2.50 a	5.11 ± 0.34 a	0.03	5.21 ± 0.36 a	0.17	0.10
鳢肠 <i>Eclipta</i>	0.00	100.00 ± 0.00 a	1.12 ± 0.05 b	—	3.50 ± 0.33 a	—	—
	6.67	98.67 ± 1.15 a	1.44 ± 0.09 ab	0.22	0.63 ± 0.35 c	-0.82	-0.30
<i>prostrata</i>	3.33	100.00 ± 0.00 a	1.72 ± 0.10 a	0.35	1.73 ± 0.70 b	-0.51	-0.08
	1.67	100.00 ± 0.00 a	1.78 ± 0.37 a	0.37	1.80 ± 0.22 b	-0.49	-0.06
水稻 <i>Oryza sativa</i>	0.00	94.44 ± 6.94 a	4.85 ± 0.12 b	—	4.40 ± 0.39 c	—	—
	6.67	94.44 ± 5.09 a	5.83 ± 0.44 a	0.17	9.89 ± 2.42 a	0.56	0.36
	3.33	97.78 ± 3.85 a	5.90 ± 0.12 a	0.18	10.05 ± 0.48 a	0.56	0.37
	1.67	94.44 ± 3.85 a	5.88 ± 0.08 a	0.18	7.43 ± 0.73 b	0.41	0.29

肠种子的萌发率逐渐下降,在 37.5 kg/m³ 混土用量下萌发率显著低于对照,稗草的萌发率与对照无显著性差异,并且各处理杂草种子萌发的时间较对照延长;三种杂草的株高、根长、地上部及地下部鲜重随着混土重量的增加也逐渐降低,在 25 kg/m³ 混土用量时,千金子、稗草和鳢肠的 *RI* 值分别可达 -0.91、-0.64 和 -0.67,在 37.5 kg/m³ 混土用量下千金子几乎不能生长,鳢肠各指标均有所下降,稗草各指标下降不明显(表 4)。

在 6.25 ~ 25 kg/m³ 史力丰残茎根混土重量下,水稻的萌发率较对照有所降低,但无显著性差异,而在 37.5 kg/m³ 混土重量下萌发率为 66.67%,显著低于对照。在 6.25 ~ 25 kg/m³ 混土重量下水稻的株高略低于对照,但无显著性差异;根长、地上部鲜重和地下部鲜重均高于对照,但亦无显著性差异;在 37.5 kg/m³ 混土重量下对水稻的各指标均有一定的抑制作用。

3 讨论

不同的供试材料对小麦、油菜水提取液的敏感程度不同。Steinsiek 等^[3] 研究结果表明,不同的杂草种子对小麦秸秆水提取液的敏感程度不同;Pe-

tersen 等^[7] 研究发现,将甘蓝型油菜秸秆混土后播种千穗谷、淡甘菊和续断菊,前者萌发率升高,后两种杂草萌发率降低。本研究结果表明,在小麦和油菜水提取液中,千金子最敏感,稗草次之,鳢肠和水稻均不敏感,这与前者的结论相似,表明杂草敏感程度的差异性主要取决于种子自身的大小,种子越小越敏感。

芸苔属的一些物种普遍具有化感抑草作用。Jason 等^[5] 研究表明,前茬作物为油菜的田块抑草作用明显大于前茬为小麦的田块。本研究结果表明,所筛选的油菜品种的化感抑草作用普遍强于小麦品种,并进一步确定化感抑草作用最强的两个油菜品种为史力丰和汇油 50。

化感作用具有明显的浓度效应,即低浓度促进高浓度抑制。周艳丽等^[13] 研究大蒜根系水浸液的化感作用时也得出了相同的结论。郭晓霞等^[14] 报道供试草种浸提液对稗草的化感作用,随着浓度的升高,抑制作用随之增强。本研究结果显示,史力丰残茎根水提取液在低浓度时对三种杂草表现出一定的促进作用,高浓度则表现出显著的抑制作用,其中对根长的抑制作用大于芽长,这与王大力等^[15] 报道的稗草幼根对化感物质较为敏感的结论相似。

表 4 不同史力丰残茎根量对杂草及水稻生长的影响

Table 4 Effects of different doses of Shilifeng's straw on the growth of weed and rice seedlings

供试材料 Proffer material	残茎根量 The weight of straw (kg/m ³)	萌发率(%) Germination rate	株高(cm) Plant height	化感指数 Response index	根长(cm) Root length	化感指数 Response index	地上部鲜重 Fresh weight of the aerial part (g/10 plants)	化感指数 Response index	地下部鲜重 Fresh weight of the underground part (g/10 plants)	化感指数 Response index
千金子	0.00	83.33 ± 2.89 a	3.63 ± 0.30 a	—	7.58 ± 0.46 a	—	0.18 ± 0.02 a	—	0.23 ± 0.17 a	—
<i>Leptochloa</i>	6.25	75.00 ± 0.00 ab	2.24 ± 0.33 b	-0.38	5.10 ± 0.96 b	-0.33	0.10 ± 0.02 b	-0.47	0.13 ± 0.06 ab	-0.67
<i>chinensis</i>	12.50	66.70 ± 12.47 bc	1.62 ± 0.23 c	-0.55	4.10 ± 0.82 bc	-0.46	0.05 ± 0.02 bc	-0.72	0.05 ± 0.04 b	-0.79
	25.00	76.70 ± 6.91 ab	1.54 ± 0.03 c	-0.57	3.77 ± 0.71 c	-0.50	0.08 ± 0.01 c	-0.56	0.07 ± 0.02 b	-0.91
	37.50	58.30 ± 3.46 c	0.34 ± 0.12 d	-0.91	0.74 ± 0.27 d	-0.90	—	—	—	—
稗草	0.00	75.56 ± 15.40 a	14.89 ± 4.90 a	—	8.53 ± 1.17 a	—	1.03 ± 0.27 a	—	0.95 ± 0.10 a	—
<i>Echinochloa</i>	6.25	73.33 ± 12.17 a	7.81 ± 0.36 b	-0.48	8.53 ± 0.97 a	0.00	0.80 ± 0.12 a	-0.22	0.84 ± 0.10 ab	-0.11
<i>crusgalli</i>	12.50	78.33 ± 13.74 a	6.29 ± 0.40 b	-0.58	6.97 ± 0.95 ab	-0.18	0.71 ± 0.11 ab	-0.30	0.64 ± 0.11 bc	-0.32
	25.00	71.11 ± 16.78 a	5.41 ± 0.73 b	-0.64	5.60 ± 1.01 b	-0.34	0.43 ± 0.29 b	-0.58	0.38 ± 0.28 c	-0.60
	37.50	75.00 ± 19.15 a	5.50 ± 0.99 b	-0.63	5.31 ± 2.01 b	-0.38	0.43 ± 0.17 b	-0.58	0.43 ± 0.17 c	-0.54
鳢肠	0.00	92.50 ± 8.29 a	3.14 ± 0.18 a	—	3.77 ± 0.95 abc	—	0.37 ± 0.07 a	—	0.10 ± 0.04 a	—
<i>Eclipta</i>	6.25	81.25 ± 0.96 ab	2.29 ± 0.32 b	-0.27	3.88 ± 0.60 ab	0.03	0.19 ± 0.05 b	-0.48	0.07 ± 0.04 ab	-0.29
<i>prostrata</i>	12.50	73.75 ± 1.41 ab	2.25 ± 0.26 b	-0.28	4.18 ± 0.78 ab	0.10	0.23 ± 0.10 b	-0.37	0.08 ± 0.02 ab	-0.18
	25.00	65.00 ± 1.41 b	1.91 ± 0.22 bc	-0.39	2.61 ± 0.56 b	-0.38	0.12 ± 0.05 bc	-0.67	0.06 ± 0.03 ab	-0.39
	37.50	65.00 ± 7.07 b	1.60 ± 0.10 c	-0.49	2.60 ± 1.01 b	-0.43	0.09 ± 0.03 c	-0.76	0.05 ± 0.02 b	-0.54
水稻	0.00	91.67 ± 8.39 a	13.42 ± 0.26 a	—	8.40 ± 0.33 a	—	1.14 ± 0.12 a	—	1.76 ± 0.26 a	—
<i>Oryza sativa</i>	6.25	91.11 ± 3.85 a	12.73 ± 0.52 ab	-0.05	8.93 ± 0.66 a	0.06	0.98 ± 0.09 a	-0.14	1.79 ± 0.38 a	0.02
	12.50	91.67 ± 6.38 a	13.03 ± 0.71 ab	-0.03	8.84 ± 0.76 a	0.05	1.19 ± 0.08 a	0.04	2.12 ± 0.14 a	0.17
	25.00	85.00 ± 8.39 a	12.87 ± 0.63 ab	-0.04	9.00 ± 1.20 a	0.07	1.18 ± 0.07 a	0.04	1.93 ± 0.09 a	0.09
	37.50	66.67 ± 13.33 b	12.35 ± 0.78 b	-0.08	7.82 ± 1.66 a	-0.07	1.07 ± 0.31 a	-0.06	1.63 ± 0.45 a	-0.07

通过滤纸培养皿法筛选的抑草作用较强的油菜品种史力丰,在模拟大田试验中也表现了较好的抑草效果。史力丰残茎根在 $6.25 \sim 25 \text{ kg/m}^3$ 混土剂量下对杂草均有一定的抑制作用,尤其在 25 kg/m^3 用量时能较好地抑制杂草且对水稻安全。因此在收割油菜时,应尽可能留高秆,用旋耕机旋耕土地,一方面打碎秸秆和根系,另一方面起到浅耕的作用,然后上水泡田 2~3 天,以便浸出化感物质,从而有效防除杂草。Norsworthy 等^[5]研究了相同前茬作物在不同地点化感作用的差异性,认为化感抑草作用还与环境条件等诸多因素有关。本研究仅在温室模拟大田环境进行试验,还需进一步做田间试验。

前茬作物残茎根的资源量大,如能合理利用,既能充分利用自然资源,又能减少化学除草剂的使用量,从而实现对杂草的生态防除。因此,前茬作物秸秆还田有望成为农田杂草综合治理中的一项有效措施。

参 考 文 献 (References)

- [1] 卫新菊. 小麦化感作用及其应用. 小麦研究, 2005, 26(2): 25-29
- [2] Hicks S K, Wendt C W, Gannaway J R, et al. Allelopathic effect of wheat straw on cotton germination, emergence, and yield. Crop Science, 1989, 29: 1057-1061
- [3] Steinsiek J W, Oliver L R, Collins F C. Allelopathic potential of wheat (*Triticum aestivum*) straw on selected weed species [seed germination, phytotoxicity]. Weed Science, 1982, 30(5): 495-497
- [4] 董立尧, 王鸣华, 武淑文, 等. 小麦对直播稻田千金子的化感作用及化感物质分离鉴定. 中国水稻科学, 2005, 19(6): 551-555
- [5] Norsworthy J K, Brandenberger L, Burgos N R. Weed suppression in *Vigna unguiculata* with a spring-seeded brassicaceae green manure. Crop Protection, 2005, 24: 441-447
- [6] Al-Khatib K, Libbey C, Boydston R. Weed suppression with *Brassica* green manure crops in green pea. Weed Science, 1997, 45: 439-445
- [7] Petersen J, Belz R, Walker F, et al. Weed suppression by release of isothiocyanates from turnip-rape mulch. Agronomy Journal, 2001, 93(1): 37-43
- [8] 杨瑞吉. 油菜根系分泌物对不同作物幼苗生长的化感效应. 生态环境, 2006, 15(5): 1062-1066
- [9] 曾任森. 化感作用研究中的生物测定方法综述. 应用生态学报, 1999, 10(1): 123-126
- [10] 许岳飞, 毕玉芬, 金晶炜. 木豆化感作用对 6 种灌草种子萌发和幼苗生长的影响. 云南农业大学学报, 2008, 23(3): 375-380
- [11] 魏艳, 陈茎, 郝双红, 等. 银杏外种皮提取物除草作用初步研究. 陕西农业科学, 2008(1): 53-55
- [12] Williamson G B, Richardson D. Bioassays for allelopathy: measuring treatment responses with independent controls. Journal of Chemical Ecology, 1988, 14(1): 181-187
- [13] 周艳丽, 程智慧, 孟焕文, 等. 大蒜根系水浸液及根系分泌物的化感作用评价. 西北农林科技大学学报, 2007, 35(10): 87-92
- [14] 郭晓霞, 沈益新, 李志华. 几种豆科牧草地上部水浸提液对稗草种子和幼苗的化感效应. 草地学报, 2006, 14(4): 356-359
- [15] 王大力, 马瑞霞, 刘秀芬. 水稻化感抗草种质资源的初步研究. 中国农业科学, 2000, 33(3): 94-96