

doi:10.3969/j.issn.1002-2481.2024.06.08

油菜秸秆水浸液对花生种子萌发及幼苗生长的影响

金迪¹, 郭怀刚¹, 艾堂顺¹, 雷然¹, 孙千涛¹, 朱家成², 吴亚滨¹

(1. 河南省农业科学院 长垣分院, 河南 长垣 453400; 2. 河南省农业科学院 经济作物研究所, 河南 郑州 450002)

摘要:为探究油菜秸秆对花生生长发育的影响,为油菜新品系PW-1B的示范推广及油菜与花生的轮作倒茬提供参考,以5个花生品种豫花22、豫花37、豫花65、远杂9102、濮科花9号为受体材料,研究不同质量浓度(0、0.03、0.06、0.10 g/mL)油菜秸秆水浸液对花生种子萌发、幼苗生长及生理特性的影响。结果表明,油菜秸秆水浸液对种子发芽率影响较小,但会抑制花生种子发芽势;低质量浓度的油菜秸秆水浸液处理增加了豫花22幼苗和濮科花9号幼苗的侧枝长、豫花65和濮科花9号幼苗的主茎高,随着质量浓度增加促进效应不显著,0.10 g/mL的水浸液显著抑制了豫花37幼苗的根长、豫花65幼苗的单株鲜质量;3种质量浓度水浸液处理均显著增加了远杂9102幼苗的根长。水浸液处理对远杂9102全部表现出化感促进效应,而对其他4个花生品种的化感作用则表现为低促高抑。豫花22、豫花65、远杂9102幼苗的可溶性蛋白质含量在不同质量浓度处理下均显著高于对照;豫花37、濮科花9号幼苗的可溶性蛋白质含量在水浸液质量浓度为0.03 g/mL时显著高于对照。水浸液处理后豫花22、豫花65幼苗的3种抗氧化酶的活性均降低,豫花37的POD活性降低。综上,油菜秸秆水浸液对花生品种的化感效应因受试品种不同存在差异,且水浸液处理对远杂9102全部表现出促进效应,表明远杂9102更适合与油菜新品系PW-1B轮作。

关键词:油菜秸秆水浸液;花生;种子萌发;幼苗生长;化感作用

中图分类号:S565.04

文献标识码:A

文章编号:1002-2481(2024)06-0061-09

Effects of Rape Straw Aqueous Extract on the Seed Germination and the Seedling Growth of Peanut

JIN Di¹, GUO Huaigang¹, AI Tangshun¹, LEI Ran¹, SUN Qiantao¹, ZHU Jiacheng², WU Yabin¹

(1. Changyuan Branch, Henan Academy of Agricultural Sciences, Changyuan 453400, China;

2. Institute of Industrial Crops, Henan Academy of Agricultural Sciences, Zhengzhou 450002, China)

Abstract: In order to explore the effects of rape straw on peanuts and provide reference for the demonstration and promotion of new rape lines PW-1B and the rotation of rape and peanuts, in this study, five peanut varieties such as Yuhua 22, Yuhua 37, Yuhua 65, Yuanza 9102, and Pukehua 9 were taken as the receptor materials, the effects of different mass concentrations of aqueous extract of rape straw on peanut seed germination, seedling growth, and physiological characteristics were studied. The results showed that the rape straw aqueous extract had an inhibitory effect on the germination potential of peanut seeds but had no significant impact on the germination rate. The low concentration of rape straw aqueous treatment increased the lateral branch length of Yuhua 22 and Pukehua 9 and the main stem height of Yuhua 65 and Pukehua 9, and the promoting effect was not significant with increasing concentration, and the 0.1 g/mL of rape straw aqueous treatment significantly inhibited the root length of Yuhua 37 and the fresh weight of Yuhua 65 seedling. The three treatments with rape straw aqueous extract significantly increased the root length of Yuanza 9102 seedlings. Within the concentration range, the synthesis effect of the aqueous extract was promoted on Yuanza 9102, in contrast, the aqueous extract showed the allelopathic effect of promotion by low concentration and inhibition by high concentration on the other four varieties. The soluble protein content of Yuhua 22, Yuhua 65, and Yuanza 9102 was significantly higher than that of the control at different concentration treatments. The soluble protein of Yuhua 37 and Pukehua 9 was significantly higher than that of the control at 0.03 g/mL. The antioxidant enzyme activities of Yuhua 22 and Yuhua 65 were reduced after aqueous treatment with rape straw, and the POD activities of Yuhua 37 were reduced. In conclusion, the allelopathic effects of rape straw aqueous extract on peanut varieties varied among the varieties tested. All the aqueous extract treatments showed promoting effects on Yuanza 9102, indicating that Yuanza 9102 was more suitable for crop rotation with the new rape lines PW-1B.

Key words: rape straw aqueous extract; peanuts; seed germination; seedling growth; allelopathy

收稿日期: 2024-01-29

基金项目: 河南省创新引导计划(2021—2023); 河南省现代农业产业技术体系(HARS-22-06-G1)

作者简介: 金迪(1994-), 女, 河南长垣人, 硕士, 主要从事油菜栽培技术研究工作。

通信作者: 吴亚滨(1984-), 男, 河南兰考人, 助理研究员, 博士, 主要从事油菜遗传育种与栽培技术研究工作。

油菜 (*Brassica napus* L.) 为十字花科芸薹属作物, 是我国主要的油料作物^[1]。油菜是植物食用油、能源、青贮饲料和工业原料的重要来源^[2]。“十四五”期间, 我国大力实施乡村振兴战略, 推动乡村产业升级, 休闲农业和乡村旅游成为亮点。油菜因易栽培、花期长、花色多, 逐渐成为热门的观赏植物, 国内已经逐步形成多个油菜观赏区, 极大地促进了当地旅游业的发展^[3]。目前, 生产上广泛种植的油菜主要是甘蓝型油菜, 其植株高大, 生物产量高, 干物质积累量大, 产生的秸秆还田之后, 可以改善土壤性质、提高土壤肥力^[4-6]。但还田的秸秆还会产生一些次生代谢产物, 这些产物会促进或者抑制后茬作物的发芽和幼苗生长, MOLISCH^[7]将由植物间相互作用产生的积极或消极效应定义为化感作用。油菜等十字花科植物会产生特有的次生代谢物质硫代葡萄糖苷, 在秸秆分解过程中释放到环境中, 对其他植物产生化感作用^[8]。李茹等^[9]研究表明, 油菜秸秆水浸液可以抑制千金子的发芽和幼苗生长。AZHAR 等^[10]研究发现, 甘蓝型油菜秸秆水浸液对绿豆萌发和生长具有强烈的抑制作用。朱吉凤等^[11]研究表明, 油菜秸秆水浸液可以抑制水稻种子发芽势, 但会促进高粱种子发芽势。魏云霞等^[12]研究发现, 油菜秸秆水浸液抑制水稻种子的发芽势, 但能促进幼苗的鲜质量。油菜水浸液对其他作物的化感作用也会有低促高抑的浓度效应。邹子湘等^[13]研究表明, 水稻种子的发芽率、发芽指数及幼苗的根长在油菜秸秆水浸液低浓度作用下提高, 而高浓度则起抑制作用。朱芸等^[14]研究表明, 油菜秸秆水浸液低浓度时能够促进水稻幼苗生长, 高浓度时抑制幼苗生长。因为有机化合物释放到环境中后所经历的转化过程不同, 所以, 不同物种之间的化感效应也存在差异^[15]。

花生 (*Arachis hypogaea* L.) 在山东、河南、河北等地常作为油菜的后茬作物, 也是一种重要的油料作物和经济作物^[16]。花生也是我国重要的净出口农产品, 在推动国家经济增长和对外贸易中扮演着至关重要的角色^[17]。在我国, 花生种植区域广泛, 其中, 在山东、河南、河北等地的面积和产量总计占全国的 1/2 以上^[18]。目前, 油菜秸秆水浸液对花生种子萌发及幼苗生长的研究较少, 根据前人的研究结果, 为了避免油菜秸秆分解释放的化合物对花生生长产生负面影响, 开展油菜与花生之间化感效应的研究有助于了解油菜秸秆对花生生长的潜在影响, 以确保通过轮作实现更高的生产力。

本研究以自主选育的甘蓝型彩色油菜品系 PW-1B^[3] 为供体材料。PW-1B 是由河南省农业科学院长垣分院彩色油菜课题组自主选育的甘蓝型粉白花油菜品系, 该品系花期较长, 具有较强的耐寒性, 综合农艺性状表现较好。选择目前已大面积推广种植的花生品种为受体材料, 分析不同浓度的油菜秸秆水浸液对不同花生品种种子萌发、幼苗生长及生理特性的影响, 以期探究油菜与花生之间的化感效应, 为彩色油菜品系 PW-1B 的示范推广及与后茬作物的轮作倒茬提供技术指导。

1 材料和方法

1.1 试验材料

供体材料为彩色油菜品系 PW-1B; 油菜后茬作物花生为受体材料, 花生品种选用豫花 22、豫花 65、豫花 37、远杂 9102、濮科花 9 号。

1.2 试验方法

1.2.1 水浸液的制备 于河南省农业科学院长垣分院试验基地采集成熟油菜秸秆, 参考魏云霞等^[12]、李茹等^[9]的方法将油菜秸秆晒干后粉碎, 称取碎样 10.0 g, 加入 100 mL 蒸馏水, 放置于摇床中, 摇床设置为 25 °C、200 r/min, 振荡浸泡 24 h, 之后先用 2 层纱布过滤, 再将滤液离心 5 min, 转速 1 500 r/min, 上层清液即为质量浓度为 0.10 g/mL 的水浸液母液, 将母液保存于 4 °C 冰箱。使用蒸馏水将母液稀释成质量浓度为 0.03、0.06 g/mL 的溶液, 试验设 0.03、0.06、0.10 g/mL 共 3 个处理, 对照为蒸馏水, 每个处理设置 3 个重复。

1.2.2 调查发芽率 选取大小一致、饱满的花生种子进行发芽试验。每个发芽盒铺 2 层滤纸, 每盒放置 20 粒种子, 然后向发芽盒中分别添加 20 mL 不同质量浓度的水浸液, 以蒸馏水为对照 (CK), 每个处理 3 个重复。随后, 将发芽盒放于温度为 20 °C 的恒温培养箱中, 每天观察并记录发芽数量, 种子胚根刚突破种皮为萌发^[19], 当连续 3 d 种子发芽数没有变化时, 统计发芽数量。

1.2.3 调查幼苗生长状况 将发芽后的种子种入育苗穴盘中, 穴盘中加入相应质量浓度秸秆水浸液, 每穴每 2 d 补充水浸液 50 mL。25 d 后, 从每个处理的每个重复选取长势良好的 5 株幼苗, 参考《植物新品种特异性、一致性和稳定性测试指南—花生》(NY/T 2237—2012)^[20] 测量幼苗主茎高、侧枝长、根长, 称量植株鲜质量。

1.2.4 幼苗生理指标的测定 25 d 后同时使用试

剂盒测定超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化物酶(POD)、过氧化氢酶(CAT)3种酶活性和丙二醛(MDA)含量、可溶性蛋白质含量等生理指标。其中,SOD活性、POD活性测定使用比色法;CAT活性测定使用钼酸铵法;MDA含量测定使用硫代巴比妥酸法;可溶性蛋白质含量测定使用考马斯亮蓝法。试剂盒购于南京建成生物工程研究所。

1.3 数据分析

数据整理使用Excel 2019软件,用SPSS 26.0对数据进行方差分析和多重比较LSD检验($P < 0.05$),作图使用GraphPad Prism 9.0软件。

计算对应发芽率(GR)、发芽势(GE)^[21-22],并计算化感指数(RI)和综合化感效应指数(SE)。

$$\text{发芽率} = \frac{\text{发芽种子数}}{\text{种子总数}} \quad (1)$$

$$\text{发芽势} = \frac{3 \text{ d发芽种子数}}{\text{种子总数}} \quad (2)$$

处理组数值(T)大于或等于对照组数值(C)时, $RI = 1 - C/T$;处理组数值(T)小于对照组数值(C)时, $RI = T/C - 1$ 。RI值介于-1~1时,RI的绝对值越大表示化感作用越强,RI>0为促进,RI<0为抑制^[23]。

综合化感效应指数作为评价综合化感作用的指标,是指同一处理下对同一受体各测试项目(发芽势、发芽率、主茎高、侧枝长、根长、鲜质量)化感效应指数的算术平均值。

2 结果与分析

2.1 油菜秸秆水浸液对花生种子萌发进程的影响

油菜秸秆水浸液处理对不同花生品种种子萌发进程有不同程度的影响。由图1可知,水浸液的处理使得花生种子发芽进程延长,豫花22经过0.03 g/mL水浸液处理后,在5 d后发芽率达到90%以上,而对照在第3天发芽率已达到90%以上。豫花37、豫花65的对照分别在第3天和第4天种子的发芽率达到最高值,经0.03 g/mL水浸液处理的种子在7 d后发芽率达到最高值,经0.06 g/mL和0.10 g/mL水浸液处理的种子在8 d后发芽率达到最高值。水浸液的处理也使得远杂9102、濮科花9号萌发进程延长,对照的种子发芽率分别在第6、7天达到峰值,不同质量浓度水浸液处理的花生种子发芽率在8 d后达到峰值。

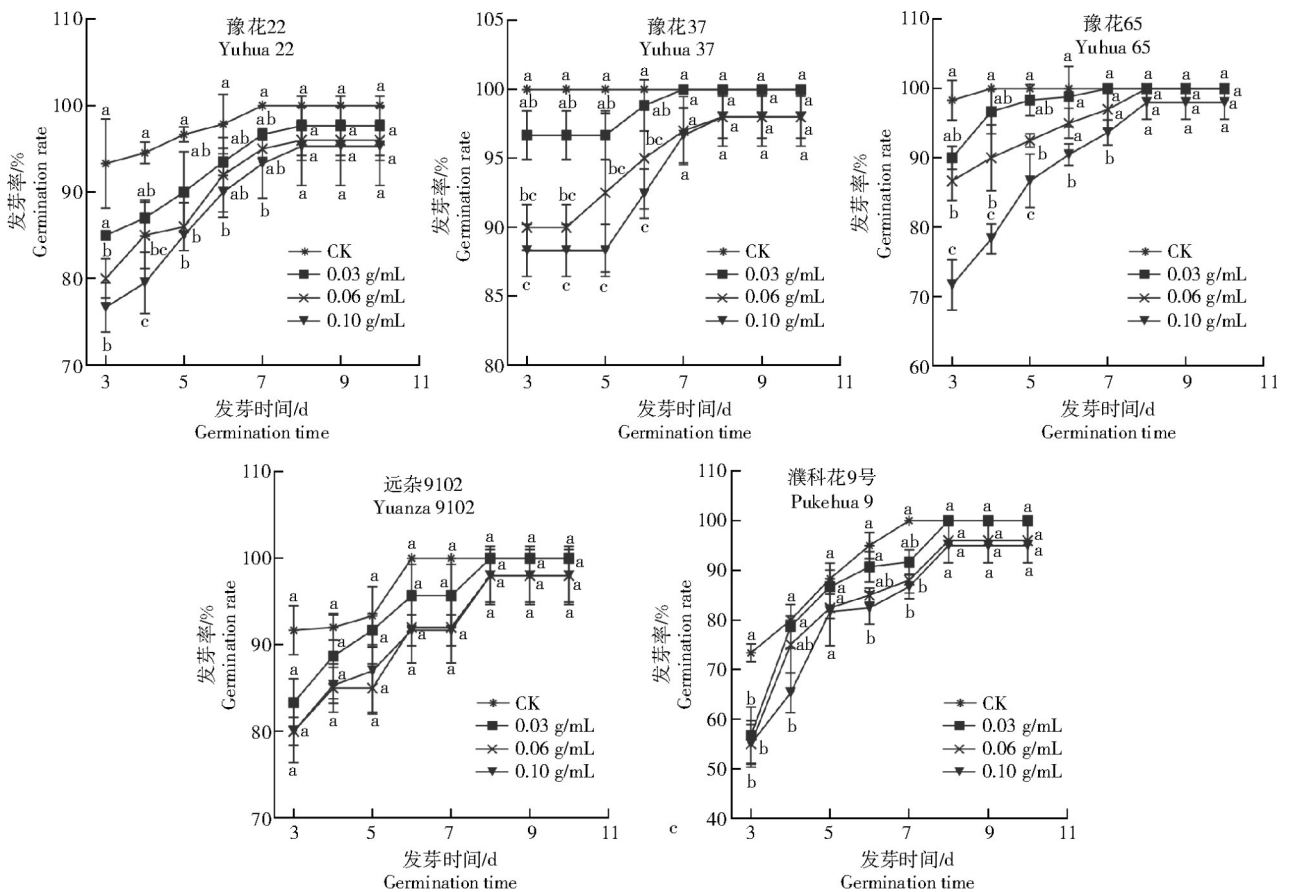


图1 油菜秸秆水浸液对豫花22、豫花37、豫花65、远杂9102、濮科花9号发芽率的影响
Fig.1 Effects of rape straw aqueous extract on germination rate of Yuhua 22, Yuhua 37, Yuhua 65, Yuanza 9102, and Pukehua 9

2.2 油菜秸秆水浸液对花生种子发芽率和发芽势的影响

从表 1 可以看出,水浸液不同质量浓度处理

下花生种子发芽率均在 95% 以上,且与对照间均无显著差异,说明水浸液处理不影响花生种子发芽。

表 1 不同品种花生种子的发芽率
Tab.1 Germination of different varieties of peanut seeds

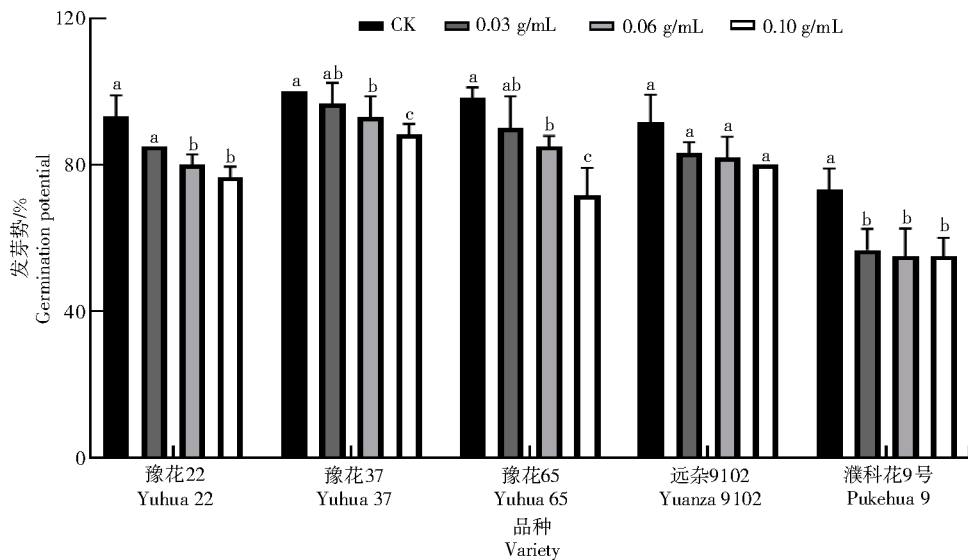
| 水浸液质量浓度/(g/mL) Aqueous extract mass concentration | 发芽率 Germination rate | | | | |
|--|----------------------|-------------------|-------------------|------------------------|----------------------|
| | 豫花 22 Yuhua 22 | 豫花 37 Yuhua 37 | 豫花 65 Yuhua 65 | 远杂 9102 Yuanza 9102 | 濮科花 9 号 Pukehua 9 |
| CK | 100.00±0.00a | 100.00±0.00a | 100.00±0.00a | 100.00±0.00a | 100.00±0.00a |
| 0.03 | 97.67±3.45a | 100.00±0.00a | 100.00±0.00a | 100.00±0.00a | 100.00±0.00a |
| 0.06 | 96.00±2.34a | 98.00±2.12a | 100.00±0.00a | 98.00±3.37a | 96.00±4.48a |
| 0.10 | 95.33±4.56a | 98.00±1.54a | 98.00±2.42a | 98.00±3.02a | 95.00±0.90a |

注:数据均为平均值±标准差。同列不同小写字母表示同一品种不同处理下差异显著(P<0.05)。表 2 同。

Note: The data were presented as average ± standard deviation. Different lowercase letters indicated significant differences among different concentrations of the same variety(P<0.05). The same as Tab.2.

由图 2 可知,水浸液质量浓度为 0.03 g/mL 时,濮科花 9 号种子的发芽势显著低于对照(P<0.05),其余品种与对照间无显著差异;水浸液质量浓度为 0.06 g/mL 和 0.10 g/mL 时,豫花 22、豫花 37、豫

花 65、濮科花 9 号种子发芽势均显著低于对照(P<0.05)。油菜秸秆水浸液处理对远杂 9102 种子发芽势无显著影响。



不同小写字母表示处理间差异显著(P<0.05)。图 3—5 同

Different lowercase letters indicated significant differences among treatments(P<0.05). The same as Fig.3-5

图 2 不同质量浓度油菜秸秆水浸液对花生种子发芽势的影响

Fig.2 Effects of different mass concentrations of rape straw aqueous extract on germination potential of peanut seeds

2.3 油菜秸秆水浸液对花生幼苗生长的影响

油菜秸秆水浸液对不同花生品种幼苗的主茎高、侧枝长、植株鲜质量的影响不同。由表 2 可知,对于豫花 22、豫花 37、豫花 65、濮科花 9 号这 4 个品种,水浸液质量浓度为 0.03 g/mL 时,豫花 22 和濮科花 9 号幼苗的侧枝长、豫花 65 和濮科花 9 号幼苗的主茎高较对照显著增加(P<0.05)。水浸液质量浓度为 0.06 g/mL 时,豫花 22、豫花 37、豫花 65、濮

科花 9 号各品种的性状与对照相比均无显著性差异;水浸液质量浓度为 0.10 g/mL 时,豫花 37 幼苗的根长、豫花 65 幼苗的鲜质量较对照显著下降(P<0.05)。对于远杂 9102,水浸液质量浓度为 0.03 g/mL 时,主茎高、侧枝长、根长、鲜质量较对照显著上升(P<0.05),水浸液质量浓度为 0.06、0.10 g/mL 时,根长、鲜质量较对照显著上升(P<0.05)。

表2 油菜秸秆水浸液对花生幼苗主茎高、侧枝长、根长、植株鲜质量的影响
 Tab.2 Effects of rape straw aqueous extract on main stem height, lateral branch length, root length, and fresh weight of peanut seedlings

| 品种 Variety | 水浸液质量浓度/(g/mL) Aqueous extract mass concentration | 主茎高/cm Main stem height | 侧枝长/cm Lateral branch length | 根长/cm Root length | 单株鲜质量/g Fresh weight per plant |
|------------------------|--|----------------------------|---------------------------------|----------------------|-----------------------------------|
| 豫花 22 Yuhua 22 | CK | 13.07±0.45a | 8.00±1.47b | 27.00±1.55a | 19.39±4.92a |
| | 0.03 | 13.80±0.65a | 10.86±0.60a | 29.30±0.62a | 20.56±1.32a |
| | 0.06 | 13.55±0.76a | 9.54±1.30ab | 28.10±0.24a | 18.36±2.10a |
| | 0.10 | 12.68±1.02a | 8.95±0.45ab | 25.83±0.75a | 17.48±0.85a |
| 豫花 37 Yuhua 37 | CK | 13.78±1.32a | 7.85±1.02a | 23.13±2.62a | 18.00±0.78a |
| | 0.03 | 14.65±1.46a | 9.20±1.68a | 25.38±3.66a | 18.13±0.87a |
| | 0.06 | 13.44±2.11a | 8.57±2.01a | 22.45±2.06ab | 16.73±0.35a |
| | 0.10 | 13.15±0.36a | 8.37±0.22a | 19.32±3.29b | 16.55±2.11a |
| 豫花 65 Yuhua 65 | CK | 15.60±0.14b | 11.80±0.84a | 28.00±9.47a | 19.74±1.11ab |
| | 0.03 | 17.80±0.14a | 12.75±1.76a | 28.55±0.07a | 20.32±0.56a |
| | 0.06 | 16.27±0.55ab | 10.87±1.02a | 28.35±3.33a | 18.85±0.38bc |
| | 0.10 | 15.10±1.21b | 9.76±2.05a | 28.80±0.51a | 17.65±0.59c |
| 远杂 9102 Yuanza 9102 | CK | 10.25±0.73b | 7.15±0.92b | 16.02±3.31c | 8.50±1.02b |
| | 0.03 | 13.25±1.07a | 9.23±1.02a | 19.42±4.70b | 15.20±5.20a |
| | 0.06 | 12.47±2.16ab | 7.73±0.74ab | 20.89±2.15a | 15.00±2.19a |
| | 0.10 | 10.80±2.12ab | 7.25±2.75b | 21.40±1.55a | 14.88±4.06a |
| 濮科花 9号 Pukehua 9 | CK | 18.45±0.95b | 12.45±2.46b | 25.45±2.47a | 20.15±0.54a |
| | 0.03 | 21.10±0.42a | 16.25±0.35a | 25.00±0.70a | 21.87±2.14a |
| | 0.06 | 19.76±2.15ab | 13.38±2.71ab | 25.14±2.70a | 21.19±1.00a |
| | 0.10 | 18.13±1.85b | 11.26±3.54b | 24.56±2.13a | 20.83±1.01a |

2.4 油菜秸秆水浸液对花生的综合化感效应

从表3可以看出,油菜秸秆水浸液对花生种子发芽和幼苗生长的化感效应因受试品种而异,在水浸液质量浓度为0.03~0.10 g/mL时,油菜水浸液对花生种子发芽势的化感效应指数均为负值,说明油菜秸秆水浸液对花生种子发芽势产生抑制效应;对花生种子发芽率的化感效应指数为负值或0,但RI绝对值较小,说明油菜秸秆水浸液对花生发芽率影响较小。低质量浓度水浸液普遍促进了幼苗的生长,中高质量浓度水浸液抑制部分品种的性状。水浸液质量浓度为0.03~0.10 g/mL时,对远杂9102

的综合化感效应均为正值(0.10~0.16),全部表现出促进效应;对于其余4个品种,水浸液质量浓度为0.03 g/mL时,油菜秸秆水浸液对豫花22、豫花37、豫花65、濮科花9号4个品种的综合化感效应均为正值;水浸液质量浓度为0.06 g/mL时,除对豫花22品种的综合化感效应为0外,对其余3个品种的综合化感效应均为负值;水浸液质量浓度为0.10 g/mL时,对4个品种的综合化感效应全部为负值。说明油菜秸秆水浸液对上述4个品种表现为低促高抑的化感效应。

表3 油菜秸秆水浸液对花生种子发芽和幼苗生长的化感效应
 Tab.3 Allelopathic effects of aqueous extract of rape straw on peanut seed germination and seedling growth

| 品种 Variety | 水浸液质量浓度/(g/mL) Aqueous extract mass concentration | 化感效应指数 Allelopathic index | | | | | | 综合化感效应 Comprehensive allelopathic effect |
|-------------------|--|------------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------------|-------------------|---------------------------------|---|
| | | 发芽势 Germination potential | 发芽率 Germination rate | 主茎高 Main stem height | 侧枝长 Lateral branch length | 根长 Root length | 单株鲜质量 Fresh weight per plant | |
| 豫花 22 Yuhua 22 | 0.03 | -0.09 | -0.02 | 0.05 | 0.26 | 0.08 | 0.06 | 0.06 |
| | 0.06 | -0.14 | -0.04 | 0.04 | 0.16 | 0.04 | -0.05 | 0.00 |
| | 0.10 | -0.18 | -0.05 | -0.03 | 0.11 | -0.04 | -0.10 | -0.05 |
| 豫花 37 Yuhua 37 | 0.03 | -0.03 | 0.00 | 0.06 | 0.15 | 0.09 | 0.01 | 0.04 |
| | 0.06 | -0.07 | -0.02 | -0.02 | 0.08 | -0.03 | -0.07 | -0.02 |
| | 0.10 | -0.12 | -0.02 | -0.05 | 0.06 | -0.16 | -0.08 | -0.06 |

续表 3 油菜秸秆水浸液对花生种子发芽和幼苗生长的化感效应

Tab.3 (Continued) Allelopathic effects of aqueous extract of rape straw on peanut seed germination and seedling growth

| 品种 Variety | 水浸液质量浓度/(g/mL) Aqueous extract mass concentration | 化感效应指数 Allelopathic index | | | | | 单株鲜质量 Fresh weight per plant | 综合化感效应 Comprehensive allelopathic effect |
|-----------------------|--|------------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------------|-------------------|---------------------------------|---|
| | | 发芽势 Germination potential | 发芽率 Germination rate | 主茎高 Main stem height | 侧枝长 Lateral branch length | 根长 Root length | | |
| 豫花 65 Yuhua 65 | 0.03 | -0.08 | 0.00 | 0.12 | 0.07 | 0.02 | 0.03 | 0.03 |
| | 0.06 | -0.14 | 0.00 | 0.04 | -0.09 | 0.01 | -0.05 | -0.04 |
| | 0.10 | -0.27 | -0.02 | -0.03 | -0.21 | 0.03 | -0.11 | -0.10 |
| 远杂 9102 Yuanza9102 | 0.03 | -0.09 | 0.00 | 0.23 | 0.23 | 0.18 | 0.44 | 0.16 |
| | 0.06 | -0.11 | -0.02 | 0.18 | 0.08 | 0.23 | 0.43 | 0.13 |
| | 0.10 | -0.13 | -0.02 | 0.05 | 0.01 | 0.25 | 0.43 | 0.10 |
| 濮科花 9 号 Pukehua 9 | 0.03 | -0.23 | 0.00 | 0.13 | 0.23 | -0.02 | 0.08 | 0.03 |
| | 0.06 | -0.25 | -0.04 | 0.07 | 0.07 | -0.01 | 0.05 | -0.02 |
| | 0.10 | -0.25 | -0.05 | -0.02 | -0.10 | -0.03 | 0.03 | -0.07 |

2.5 油菜秸秆水浸液处理对花生幼苗的生理特性的影响

由图 3 可知,水浸液质量浓度为 0.03 g/mL 时,所有品种幼苗的可溶性蛋白质含量较对照显著增加($P < 0.05$);水浸液质量浓度为 0.06、0.10 g/mL

时,豫花 37、濮科花 9 号幼苗的可溶性蛋白质含量与对照差异不显著,豫花 22、豫花 65、远杂 9102 幼苗的可溶蛋白含量均显著高于对照($P < 0.05$),但在水浸液质量浓度为 0.10 g/mL 时增幅最少,分别上升了 13.35%、98.96%、25.45%。

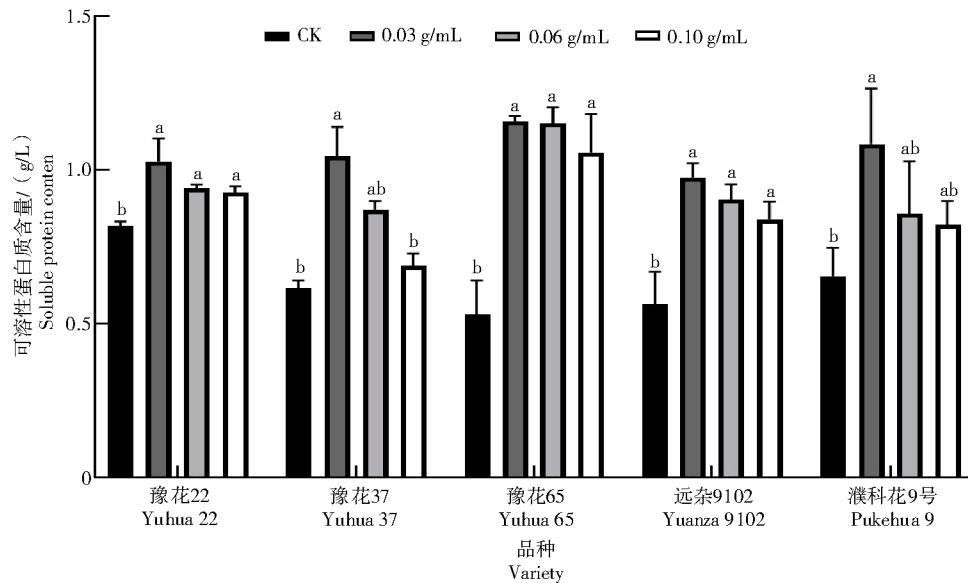


图 3 油菜秸秆水浸液对花生幼苗蛋白质合成的影响
Fig.3 Effects of rape straw aqueous extract on protein synthesis of peanut seedlings

从图 4 可以看出,经浸提液处理,豫花 22、豫花 65 的 SOD、POD 和 CAT 活性显著低于对照($P < 0.05$),豫花 37 的 POD 活性较对照显著降低($P < 0.05$)。随着浸提液质量浓度增加,豫花 65 的 SOD、POD 和 CAT 活性逐渐降低,水浸液质量浓度为 0.10 g/mL 时,SOD 活性、CAT 活性显著低于 0.03 g/mL($P < 0.05$)。远杂 9102、濮科花 9 号幼苗的 3 种抗氧化酶活性与对照相比均无显著差异。

MDA 含量变化可以衡量机体损伤程度。从图 5 可以看出,与对照相比,远杂 9102 幼苗在加入不同质量浓度油菜水浸液后 MDA 含量变化不大,豫花 22、豫花 65、豫花 37、濮科花 9 号幼苗的 MDA 含量稍有下降,但与对照间均未达到显著差异。说明本研究中使用的不同质量浓度油菜水浸液未导致花生幼苗机体损伤。

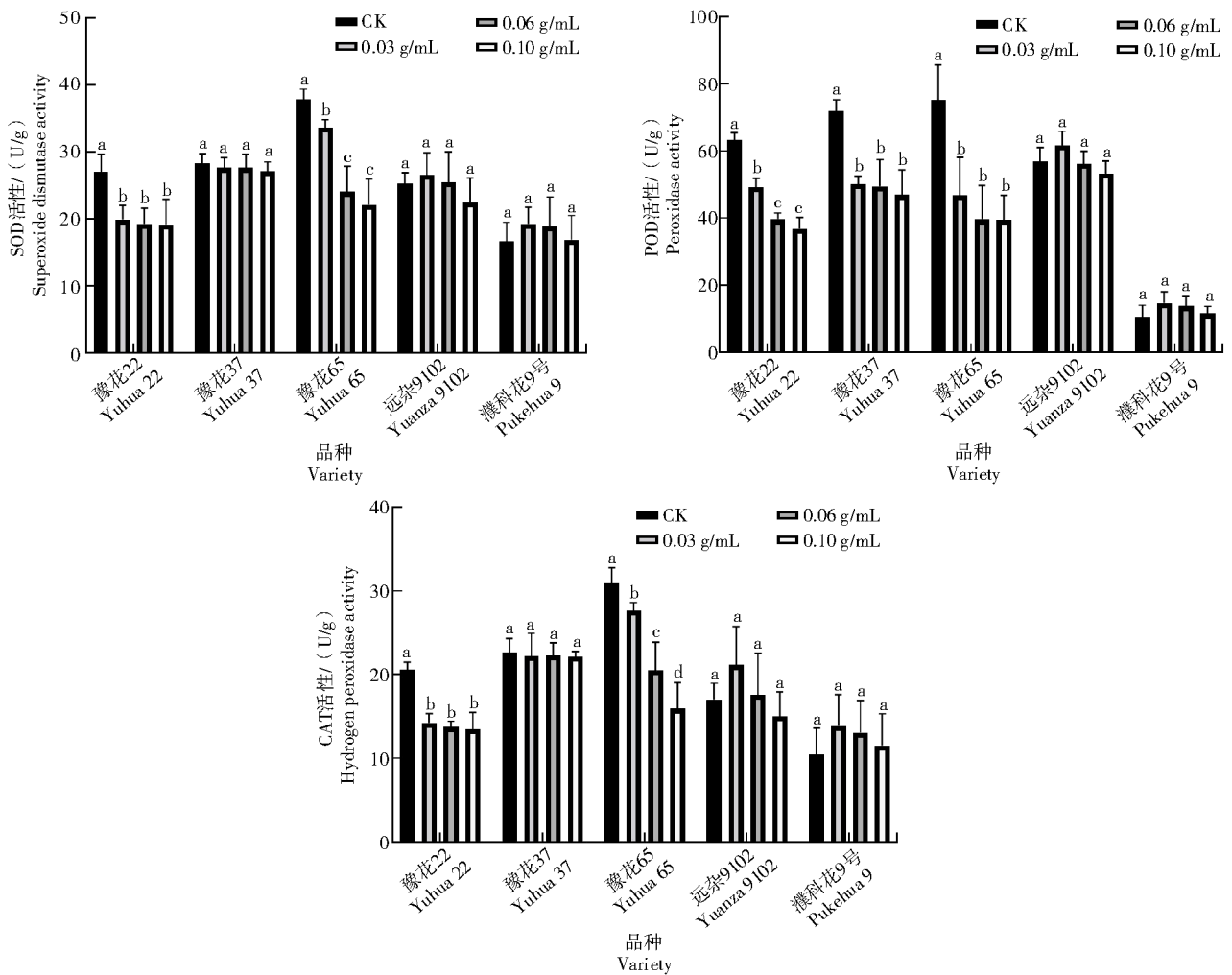


图4 油菜秸秆水浸液对花生幼苗抗氧化酶活性的影响
Fig.4 Effects of rape straw aqueous extract on antioxidant enzyme activity of peanut seedlings

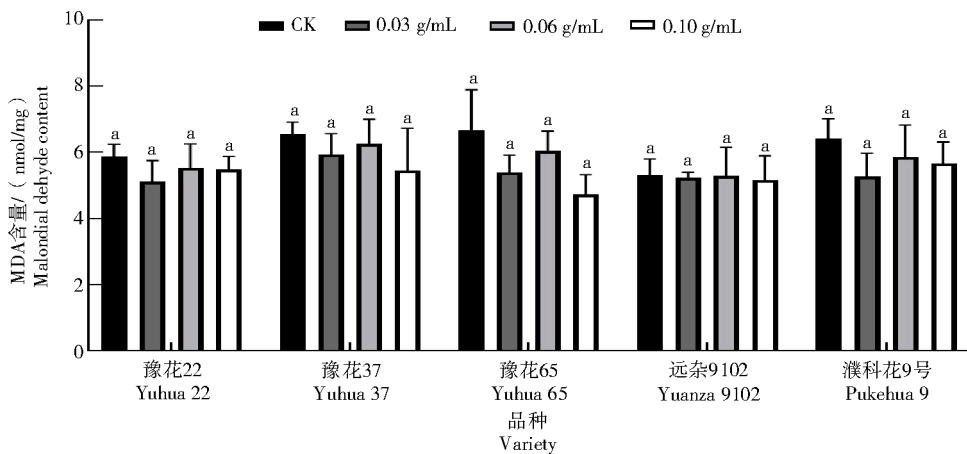


图5 油菜秸秆水浸液对花生幼苗MDA含量的影响
Fig.5 Effects of rape straw aqueous extract on MDA content of peanut seedlings

3 结论与讨论

化感作用在自然界中普遍存在,当土壤中化感物质积累到一定量时,会对附近植物的种子萌发造成影响^[24]。本研究中,油菜秸秆水浸液对花生种子

发芽势起抑制效应,但对发芽率影响较小,这与朱吉风等^[11]、魏云霞等^[12]研究发现的油菜水浸液可以抑制水稻种子发芽势结论一致。发芽势反映种子发芽速度和发芽整齐度,发芽率反映种子活性。结果表明,水浸液处理不会影响种子的活性,只是延

迟了种子的发芽进度。水浸液处理虽不影响种子发芽率,但花生播种时期一般高温多雨,若花生出苗周期长,遇上雨天,土地板结,花生种子顶土能力下降,种子虽发芽,但无法破土出苗,也会影响整体出苗率。在实际生产中,花生播种要选用优质种子,播种时土壤相对含水量应达 60% 以上,以降低田间油菜秸秆对花生种子出苗的影响。

轮作中前茬作物也会对后茬作物的幼苗生长产生影响^[25]。田间条件下,植物残留物会释放化感物质,当化感物质释放量较低时,可能有助于促进植物的生长发育;然而,如果化感物质的浓度过高,可能会对植物产生不利的影 响。本研究中,0.03 g/mL 的水浸液显著增加了豫花 22 和濮科花 9 号幼苗的侧枝长以及豫花 65 和濮科花 9 号幼苗的主茎高,随着质量浓度增加促进效应不显著,0.10 g/mL 的水浸液显著抑制了豫花 37 幼苗的根长、豫花 65 幼苗的鲜质量。除远杂 9102 外,油菜秸秆水浸液对其他 4 个品种表现为低促高抑的化感效应,这与 VELIKA 等^[26]研究发现的油菜水浸液对冬小麦根茎长有低促高抑的研究结果一致。但在试验的浓度范围内,水浸液处理对远杂 9102 的综合化感效应均为正值,全部表现出促进效应,但促进程度随质量浓度增加减少,这可能是因为水浸液质量浓度未到达抑制浓度阈值(>0.10 g/mL)。在田间生产过程中,前茬作物收获后秸秆大多直接粉碎还田,秸秆水浸液浓度不易控制。本研究中,不同质量浓度水浸液处理对远杂 9102 全部表现出促进效应,说明远杂 9102 更适合与 PW-1B 进行轮作。另外,由于本研究是基于 PW-1B 的研究,至于其他油菜品种是否有类似的结论还有待进一步研究。

在植物体内,蛋白质是生物生命活动的体现,而可溶性蛋白质含量则被认为是评估植物整体代谢活动的关键指标。本研究中,豫花 22、豫花 65、远杂 9102 幼苗的可溶性蛋白质含量在不同质量浓度处理下均显著高于对照。豫花 37、濮科花 9 号幼苗的可溶性蛋白质在水浸液质量浓度为 0.03 g/mL 时显著高于对照。这与高玉莲等^[27]关于油菜水浸液对向日葵、燕麦、玉米蛋白质含量影响的研究结果一致。推测可能是由于化感物质会抑制植物吸收水分的能力,导致植物体内可溶性蛋白质的积累,以此增强细胞的保水能力^[28]。植物生长受到胁迫会导致抗氧化酶活性增加^[29]。本研究中,与对照相比,水浸液处理后豫花 22、豫花 65 幼苗的 3 种抗氧化酶活性影响一致,均表现为显著低于对照,豫花 37 的 POD

活性较对照显著降低。远杂 9102、濮科花 9 号幼苗的 3 种抗氧化酶活性与对照间无显著差异。MDA 含量可以用来衡量植物膜质氧化损伤程度^[30]。花生幼苗在加入不同质量浓度油菜水浸液后,MDA 含量变化程度均未达到显著水平,这可能是由于加入油菜水浸液未胁迫植株生长,植物膜质未发生氧化损伤,抗氧化酶活性变化也佐证了这一点。

本研究表明,不同质量浓度的油菜秸秆水浸液对不同花生品种化感效应存在差异。在所试验的浓度范围内,油菜秸秆水浸液对远杂 9102 均有化感促进作用,而对其他 4 个花生品种则表现出低浓度促进、高浓度抑制的规律。因此,推断远杂 9102 更适合与彩色油菜轮作。但由于 PW-1B 为甘蓝型彩色油菜,植株较高大,生物量高,干物质积累量大,所以,在实际生产中也要控制秸秆还田量,避免因高浓度的化感物质造成花生生长受阻。本研究中,使用秸秆水浸液的成分类似于田间秸秆在自然条件下被雨水淋溶后释放到环境中的养分或次生代谢产物。但由于本研究仅为室内研究,在实际生产中,土壤中微生物、土壤温湿度都会影响秸秆释放的化感物质,可能导致田间环境中秸秆释放的化学物质的成分和浓度与试验中所用水浸液存在差异,因此,在田间油菜秸秆对花生种子萌发和幼苗生长的影响还有待进一步研究。

参考文献:

- [1] 刘成,冯中朝,肖唐华,等. 我国油菜产业发展现状、潜力及对策[J]. 中国油料作物学报,2019,41(4):485-489.
LIU C, FENG Z C, XIAO T H, et al. Development, potential and adaptation of Chinese rapeseed industry[J]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences, 2019, 41(4): 485-489.
- [2] 周清元. 甘蓝型油菜新种质资源创建及其株型性状遗传分析[D]. 重庆:西南大学,2013.
ZHOU Q Y. Study on germplasm creation of *Brassica napus* and genetic analysis of plant-type characters[D]. Chongqing: Southwest University, 2013.
- [3] 吴亚滨,李芬,金迪,等. 粉白花油菜品系 PW-1B 的选育及抗寒性分析[J]. 农业科技通讯,2022,(1):272-275.
WU Y B, LI F, JIN D, et al. Breeding and cold resistance analysis of pink and white colored rapeseed strains PW-1B[J]. Bulletin of Agricultural Science and Technology, 2022, (1): 272-275.
- [4] 丛艳静,韩萍. 连续 3 年玉米秸秆还田对土壤理化性状及作物产量的影响[J]. 中国农学通报,2018,34(17):95-98.
CONG Y J, HAN P. Maize straw returning for three consecutive years: effects on soil physical and chemical properties and crop yield[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin. 2018, 34(17): 95-98.
- [5] WANG J Z, WANG X J, XU M G, et al. Crop yield and soil organic matter after long-term straw return to soil in China[J]. Nu-

- trient Cycling in Agroecosystems, 2015, 102(3): 371-381.
- [6] YANG S Q, WANG Y S, LIU R L, et al. Improved crop yield and reduced nitrate nitrogen leaching with straw return in a rice-wheat rotation of Ningxia irrigation district[J]. Scientific Reports, 2018, 8(1): 1-8.
- [7] MOLISCH H. Der einfluss einer pflanze auf die andere, allelopathie[J]. Nature, 1938, 141(3568): 493-494.
- [8] FAHEY J W, ZALCMANN A T, TALALAY P. The chemical diversity and distribution of glucosinolates and isothiocyanates among plants[J]. Phytochemistry, 2001, 56(1): 5-51.
- [9] 李茹, 陈国奇, 张玉华, 等. 油菜和小麦秸秆水浸液对千金子种子萌发和幼苗生长的影响及其应用[J]. 江苏农业学报, 2018, 34(2): 293-298.
- LI R, CHEN G Q, ZANG Y H, et al. Influences of oilseed rape and wheat aquatic straw extract on *Leptochloa chinensis* seed germination and seedling growth, and the application potential [J]. Jiangsu Journal of Agricultural Science, 2018, 34(2): 293-298.
- [10] AZHAR M, MUHAMMAD N, FARHAN K, et al. Identification of phytotoxins in different plant parts of *Brassica napus* and their influence on mung bean[J]. Environmental Science and Pollution Research, 2018, 25(18): 18071-18080.
- [11] 朱吉凤, 王伟荣, 张俊英, 等. 油菜不同器官水浸液对水稻和高粱种子萌发的影响[J]. 上海农业学报, 2021, 37(3): 7-13.
- ZHU J F, WANG W R, ZHANG J Y, et al. Effects of water extracts from different organs of rape on seed germination of rice and sorghum[J]. Acta Agriculturae Shanghai, 2021, 37(3): 7-13.
- [12] 魏云霞, 鲁剑巍, 李小坤, 等. 不同秸秆及绿肥浸提液对水稻的化感作用研究[J]. 中国农学通报, 2013, 29(30): 18-22.
- WEI Y X, LU J W, LI X K, et al. Study on allelopathic effects of extracts of different kinds of straw and green manure on rice [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin. 2013, 29(30): 18-22.
- [13] 邹子湘, 刘营, 周定港, 等. 甘蓝型油菜秸秆水浸液对水稻萌发和生长的化感作用[J]. 中国油料作物学报, 2022, 44(6): 1286-1295.
- ZOU Z X, LIU Y, ZHOU D G, et al. Allelopathy of *Brassica napus* straw aqueous extract on germination and growth of rice [J]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences, 2022, 44(6): 1286-1295.
- [14] 朱芸, 闫金鑫, 丛日环, 等. 油菜与小麦秸秆浸出液对水稻种子萌发及幼苗生长的影响[J]. 中国油料作物学报, 2021, 43(2): 241-250.
- ZHU Y, YAN J Y, CONG R H, et al. Effects of rapeseed and wheat straw residue leachates on germination and growth of rice seedlings[J]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences, 2021, 43(2): 241-250.
- [15] HUSSAIN M I, EL-SHEIKH M A, ROGER M R. Allelopathic potential of aqueous extract from *Acacia Melanoxylon* R. Br. on *lactuca sativa*[J]. Plants, 2020, 9(9): 1228.
- [16] 万书波. 中国花生栽培学[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2003: 1-13.
- WAN S B. Chinese peanut cultivation[M]. Shanghai: Shanghai Scientific and Technical Publishers, 2003: 1-13.
- [17] 张雯丽, 李孝忠. 我国油料产需形势与产能提升对策[J]. 中国农民合作社, 2023(10): 24-27.
- ZHANG W L, LI X Z. The situation of oil production and demand in China and strategies for increasing production capacity [J]. China Farmers' Cooperatives, 2023(10): 24-27.
- [18] 王瑞元. 我国花生生产、加工及发展情况[J]. 中国油脂, 2020, 45(4): 1-3.
- WANG R Y. Peanut production, processing and development in China[J]. China Oils and Fats, 2020, 45(4): 1-3.
- [19] 郝西, 崔亚男, 张俊, 等. 过氧化氢浸种对花生种子发芽及生理代谢的影响[J]. 作物学报, 2021, 47(9): 1834-1840.
- HAO X, CUI Y N, ZHANG J, et al. Effects of hydrogen peroxide soaking on germination and physiological metabolism of seeds in peanut [J]. Acta Agronomica Sinica, 2021, 47(9): 1834-1840.
- [20] 中华人民共和国农业部. 植物新品种特异性、一致性和稳定性测试指南—花生 NY/T 2237—2012[S]. 北京: 中国农业出版社, 2013: 11-13.
- Ministry of Agriculture of the PRC. Distinctness, uniformity and stability for new varieties of plant peanut NY/T 2237-2012 [S]. Beijing: China Agriculture Press, 2013: 11-13.
- [21] 王晓晶, 呼凤兰, 秦燕阳. 重金属胁迫对不同花生种子萌发及生理的影响[J]. 种子, 2018, 37(10): 89-92.
- WANG X J, HU F L, QIN Y Y, et al. Effects of heavy metal stress on the germination and physiology of different peanut seeds [J]. Seed, 2018, 37(10): 89-92.
- [22] 黄金堂, 陈海玲, 李清华, 等. 春花生与秋花生种子活力比较研究[J]. 花生学报, 2007, 36(3): 30-33.
- HUANG J T, CHEN H L, LI Q H, et al. The comparative study of seed vigor between spring-planted and autumn-planted peanuts[J]. Journal of Peanut Science, 2007, 36(3): 30-33.
- [23] WILLIAMSON G B, DONALD R. Bioassays for allelopathy: measuring treatment responses with independent controls[J]. Journal of Chemical Ecology, 1988, 14(1): 181-187.
- [24] LIU J, XIE M, LI X, et al. Main allelochemicals from the rhizosphere soil of *Saussurea lappa* (Decne.) Sch. Bip. and their effects on plants' antioxidant systems[J]. Molecules, 2018, 23(10): 2506-2507.
- [25] REHMAN S, SHAHZAD B, BAJWA A, et al. Utilizing the allelopathic potential of *Brassica* species for sustainable crop production: a review[J]. Journal of Plant Growth Regulation, 2019, (1): 343-356.
- [26] VELIKA R, MARCINKAVIEN A, PUPALIEN R, et al. Allelopathic effects of aqueous extracts of rape residues on winter wheat seed germination and early growth[J]. Journal of Food Agriculture and Environment, 2012, 10(3/4): 1053-1057.
- [27] 高玉莲, 李睿光, 常静, 等. 油菜对3种作物种子萌发和幼苗生长的化感作用[J]. 应用生态学报, 2020, 31(12): 4153-4160.
- GAO Y L, LI R G, CHANG J, et al. Allelopathy of rape on seed germination and seedling growth of three crops[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2020, 31(12): 4153-4160.
- [28] ALHAWAS G H S, AZOOZ M M. Allelopathic potentials of *Artemisia monosperma* and *Thymus vulgaris* growth and physiobiochemical characteristics of pea seedlings[J]. Pakistan Journal of Biological Sciences, 2018, 21(4): 187-198.
- [29] GILL S S, TUTEJA N. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants[J]. Plant Physiology And Biochemistry, 2010, 48(12): 909-930.
- [30] BLOKHINA O, VIROLAINEN E, FAGERSTEDT K V. Antioxidants, oxidative damage and oxygen deprivation stress: a review[J]. Annals of Botany, 2003, 91(2): 179-194.