

# 全叶苦苣菜植株再生体系建立

陈子萱<sup>1</sup>, 胡宇<sup>2</sup>, 田福平<sup>2</sup>, 刘新星<sup>1</sup>, 李忠旺<sup>1</sup>

(1. 甘肃省农业科学院生物技术研究所, 甘肃 兰州 730070; 2. 中国农业科学院兰州畜牧与兽药研究所, 甘肃 兰州 730050)

**摘要:** 以全叶苦苣菜种子和植株为材料, 进行外植体的灭菌、植株再生体系建立研究。结果表明, 全叶苦苣菜的种子和茎段经过灭菌, 接种到 1/2MS 培养基上可获得无菌苗。用于愈伤组织诱导最佳的材料为无菌苗下胚轴, 最佳培养基为 MS+0.5 mg/L BA +1.5 mg/L 2, 4-D, 愈伤组织分化最佳培养基为 MS+ZT 2.0 mg/L +IAA 0.5 mg/L, 分化出的不定芽在培养基 1/2MS+IAA 0.2 mg/L 上生根效果较好, 可以获得健壮再生植株。试管苗移栽到温室, 成活率可达到 95% 以上。移栽后植株的植物学性状和野生植株基本一致。

**关键词:** 全叶苦苣菜; 无菌苗; 愈伤组织; 再生体系

**中图分类号:** S647 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-1463(2021)01-0009-06

**doi:** 10.3969/j.issn.1001-1463.2021.01.003

## Establishment of Plant Regeneration System of *Sonchus transcaspicus* Nevski

CHEN Zixuan<sup>1</sup>, HU Yu<sup>2</sup>, TIAN Fuping<sup>2</sup>, LIU Xinxing<sup>1</sup>, LI Zhongwang<sup>1</sup>

(1. Institute of Biotechnology, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou Gansu 730070, China; 2. Lanzhou Institute of Animal Husbandry and Veterinary Medicine, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou Gansu 730050, China)

**Abstract:** The seeds and plants the wild resources of *Sonchus transcaspicus* Nevski were used as materials to do the reseach on sterilization of explants, establishment of plant regeneration system. The results demonstrated that the seeds and stems of *Sonchus transcaspicus* Nevski are sterilized and inoculated on 1/2MS medium to obtain sterile seedlings. The most suitable material for callus induction is hypocotyl, and the ideal medium is MS+0.5 mg/L BA +1.5 mg/L 2,4-D. The ideal medium for callus differentiation is MS+ZT 2.0 mg/L + IAA 0.5 mg/L, The differentiated cluster buds can be proliferated and cultured by stem cutting. The differentiated adventitious buds have a better rooting effect on the medium 1/2MS+IAA 0.2 mg/L and healthy regenerated plants can be obtained. When the test-tube seedlings are transplanted into a nutrient bowl in greenhouse, the survival rate can reach more than 95%. The tube seedlings stable planted maintained all botany characteristics of the wild *Sonchus transcaspicus* Nevski.

**Key words:** *Sonchus transcaspicus* Nevski; Sterile seedling; Callus; Regeneration system

全叶苦苣菜(*Sonchus transcaspicus* Nevski) 俗称苦菜、苦苣菜, 菊科苦苣菜属多年生草本植物。苦苣菜属植物在世界上共有 50 种, 我国有 8 种<sup>[1]</sup>。全叶苦苣菜茎叶柔嫩多汁, 嫩茎叶含水量高达 90%, 无刺、无毛、稍有苦味, 其嫩茎叶是人们喜食的野菜,

**收稿日期:** 2020-10-19

**基金项目:** 兰州市人才创新创业项目“苦苣菜引种驯化及新品种选育”(2017-RC-55); 中国农业科学院基本科研业务费院级统筹专项“寒生早生灌草资源引种驯化及新品种示范”(Y2018PT77)。

**作者简介:** 陈子萱(1975—), 女, 甘肃武山人, 副研究员, 博士, 主要从事植物组织培养及药用植物次生代谢研究工作。Email: chenzxv@163.com。

也是一种良好的青绿饲料和药用植物<sup>[2]</sup>。我国苦苣菜属植物药用历史悠久,《神农本草经》和《本草纲目》都有记载,其性味苦寒,具有清热解毒,消肿排脓,凉血化瘀,消食和胃,清肺止咳,益肝利尿之功效,用于治疗急性痢疾、肠炎、痔疮肿痛等症,还具有抗肿瘤作用,它们当中有些长期被作为我国民间传统中药<sup>[3]</sup>。长期以来,采摘全叶苦苣菜使其野生资源遭到严重破坏,致使野生全叶苦苣菜大量减少。苦苣菜属其他种植物的组织培养和再生体系的研究已有报道<sup>[4-8]</sup>,但未见到全叶苦苣菜的相关报道。全叶苦苣菜种子繁育比较困难,为满足大众对苦苣菜日益增长的需求,我们进行了全叶苦苣菜再生体系研究,以实现全叶苦苣菜的快速繁殖,解决种苗短缺等问题,为全叶苦苣菜的繁育、种质的保存、转基因研究等奠定技术基础。

## 1 材料和方法

### 1.1 试验材料

供试材料为全叶苦苣菜种子和健壮的植株,均采自中国农业科学院兰州畜牧与兽药研究所兰州综合试验站试验地。

### 1.2 培养条件

MS 培养基中均添加 0.5% 琼脂和 3.0% 蔗糖,1/2MS 培养基添加 0.5% 琼脂和 1.5% 蔗糖,pH 为 5.8。培养基在高压灭菌锅中高温 121 ℃,灭菌 20 min。培养温度均为 25 ℃,每天光照/黑暗为 14 h/10 h,光照强度 2 500 lx,相对湿度 40%~60%。

### 1.3 无菌苗获得

1.3.1 种子灭菌 将种子去掉绒毛,挑选籽粒饱满的种子,先用流水冲洗 2 h,然后在超净工作台进行灭菌处理。用 75% 乙醇溶液灭菌 60 s,再用 10% 过氧化氢溶液分别灭菌 10、15、20 min,最后用 0.1% 氯化汞溶液分

别灭菌 5、10 min,灭菌后用无菌水冲洗 3~5 遍。

1.3.2 植株灭菌 采集的全叶苦苣菜植株带回实验室清洗泥沙,修剪成 3 cm 左右的带根茎段,流水冲洗 2 h 以上,以冲洗掉体外的泥污和杂菌。将冲洗好的外植体在超净工作台进行灭菌处理。先用无菌水冲洗 3 遍,再用 75% 乙醇溶液灭菌 30 s,再用 10% 过氧化氢溶液分别灭菌 10、15 min,然后用 0.1% 氯化汞溶液分别灭菌 5、10、15 min,灭菌后用无菌水冲洗 3~5 遍。

1.3.3 无菌苗培养 灭完菌的种子和茎段接种到 1/2MS 培养基诱导萌发。每个三角瓶接种 40 粒种子或 5 个茎段,种子均匀平铺在培养基表面,茎段将下端插入培养基中,诱导新芽萌发。

### 1.4 植株再生

1.4.1 愈伤组织诱导 将具有 2 片真叶的全叶苦苣菜无菌苗根部和上部剪掉,保留子叶以下的下胚轴,切成 1 cm 左右的段接种到愈伤组织诱导培养基。培养基为 MS 培养基附加 KT、6-BA 和 2,4-D,30 d 后统计愈伤组织诱导情况。筛选出最佳愈伤诱导培养基后,将具有 5~6 个叶片试管苗的茎剪成 1 cm 的小段、叶片剪成 0.5 cm<sup>2</sup> 的块状接种到该培养基,每个三角瓶接种 5 个,共 10 瓶,以下同。30 d 后统计不同材料愈伤组织诱导情况。

1.4.2 不定芽的诱导 将愈伤组织切成 0.3~0.5 cm<sup>2</sup> 的块,接种到分化培养基上。培养基为 MS 培养基附加 KT、ZT、IBA 和 IAA,30 d 后统计愈伤组织分化情况。先用下胚轴愈伤组织筛选最佳分化培养基,然后将茎段和叶片的愈伤组织接种到该培养基,30 d 后统计不同愈伤组织分化情况。

1.4.3 生根培养 将不定芽接种到生根培养

基 1/2MS、1/2MS+IBA 0.5 mg/L、1/2MS+IAA 0.2 mg/L 上，10 d 后观察生根情况，30 d 后统计生根和植株生长情况。

1.4.4 增殖培养 剪取试管苗单叶茎段，扦插到 1/2MS 培养基上，7 d 后观察和统计腋芽生长情况。试管苗除了诱导植株再生，还可以茎段扦插的方式进行增殖培养。

1.4.5 试管苗移栽 将培养健壮的试管苗移至温室在自然光下炼苗，3 d 后取出试管苗，洗去根部培养基，移栽到装有园土、草炭土和蛭石等量混合基质的营养钵中，适量浇水，搭小拱棚保湿，7 d 后可正常管理，15 d 后统计成活率。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同灭菌方法对全叶苦苣菜种子和茎段灭菌效果的影响

由表 1 可以看出，种子的灭菌相对较容易，依次用 75%乙醇溶液灭菌 60 s、10%过氧化氢溶液浸泡 10、15、20 min、0.1%氯化汞溶液灭菌 5、10 min，污染率均在 13% 以下。75%乙醇和 0.1%氯化汞的组合是普遍用于植物外植体的消毒<sup>[9]</sup>，10%过氧化氢溶液对种皮有一定的软化作用，可加快种子萌发，提高萌发率。种子萌发率低。除了灭菌

剂毒害作用外，种子本身发芽率较低也是一个主要因素。

全叶苦苣菜植株从田间采集，且茎间距极短，根茎部分完全接触土壤，携带杂菌较多，灭菌较为困难。从表 1 看出，用 75%乙醇、0.1%氯化汞、10%过氧化氢等消毒剂进行种子灭菌，最佳处理为流水冲洗 2 h，75%乙醇灭菌 30 s，10%过氧化氢灭菌 10 min，0.1%氯化汞灭菌 15 min，污染率为 20.0%，萌发率为 16.7%，可获得无菌茎段。

灭菌过程中发现，用 0.1%氯化汞灭菌时间少于 10 min，培养初期植株成活率较高，但后期霉菌细菌污染严重，不能利用；灭菌时间超过 10 min，污染率较低，但外植体大多褐化死亡。植株叶片和茎较为幼嫩，容易被消毒剂毒害褐变死亡，75%乙醇和 10%过氧化氢渗透性较强，但杀菌力较弱；0.1%氯化汞渗透性差，但表面灭菌力较强，复合使用有利于更好地灭菌且减少对外植体的伤害。由于野外环境差异较大，植株的生长状态不同，还需根据具体情况调整灭菌方案。

将灭菌后的种子接种到 1/2MS 培养基，10 d 左右种子开始萌发，萌发后可得实生无

表 1 不同灭菌方法的种子和茎段灭菌效果

| 灭菌方法        |                 |                 | 种子数/粒 |    |    | 茎段数/个 |    |    | 污染率/% |    | 萌发率/% |    |
|-------------|-----------------|-----------------|-------|----|----|-------|----|----|-------|----|-------|----|
| 75%乙醇<br>/s | 10%过氧化氢<br>/min | 0.1%氯化汞<br>/min | 灭菌    | 污染 | 萌发 | 灭菌    | 污染 | 萌发 | 种子    | 茎段 | 种子    | 茎段 |
| 60          | 10              | 5               | 200   | 26 | 22 |       |    |    | 13.0  |    | 11.0  |    |
| 60          | 15              | 5               | 200   | 23 | 33 |       |    |    | 11.5  |    | 16.5  |    |
| 60          | 20              | 5               | 200   | 15 | 55 |       |    |    | 7.5   |    | 27.5  |    |
| 60          | 10              | 10              | 200   | 11 | 38 |       |    |    | 5.5   |    | 19.0  |    |
| 60          | 15              | 10              | 200   | 8  | 45 |       |    |    | 4.0   |    | 22.5  |    |
| 60          | 20              | 10              | 200   | 0  | 18 |       |    |    | 0.0   |    | 9.0   |    |
| 30          | 10              | 5               |       |    |    | 30    | 30 | 15 | 100.0 |    | 50.0  |    |
| 30          | 15              | 5               |       |    |    | 30    | 30 | 12 | 100.0 |    | 40.0  |    |
| 30          | 10              | 10              |       |    |    | 30    | 28 | 16 | 93.3  |    | 53.3  |    |
| 30          | 15              | 10              |       |    |    | 30    | 26 | 10 | 86.7  |    | 33.3  |    |
| 30          | 10              | 15              |       |    |    | 30    | 6  | 5  | 20.0  |    | 16.7  |    |
| 30          | 15              | 15              |       |    |    | 30    | 0  | 0  | 0.0   |    | 0.0   |    |

菌苗(图1)。茎段接种到1/2MS培养基上,可诱导从生长点长出新芽(图2),新芽长到3~4片叶时从基部剪下,接种到1/2MS培养基,7d左右可生根,长成完整植株。



图1 种子在培养基上萌发



图2 茎段在培养基上新芽萌发

## 2.2 不同培养基对下胚轴愈伤组织诱导培养的影响

从表2可知,将全叶苦苣菜下胚轴接种于不同激素浓度和配比的愈伤组织诱导培养基上均可诱导出颗粒状愈伤组织,其中以

表2 不同培养基对下胚轴愈伤组织诱导效果<sup>①</sup>

| KT  | 激素浓度/(mg/L) |       | 下胚轴数/个 | 愈伤组织生长数/个 | 诱导率/% | 愈伤组织长势 |
|-----|-------------|-------|--------|-----------|-------|--------|
|     | 6-BA        | 2,4-D |        |           |       |        |
| 0.5 | 1.0         | 1.0   | 50     | 35        | 70    | +      |
| 1.0 | 1.0         | 1.0   | 50     | 37        | 74    | +      |
| 2.0 | 1.0         | 1.0   | 50     | 35        | 70    | +      |
| 0.5 | 1.5         | 1.5   | 50     | 35        | 70    | +      |
| 1.0 | 1.5         | 1.5   | 50     | 40        | 80    | ++     |
| 2.0 | 1.5         | 1.5   | 50     | 38        | 76    | ++     |
|     | 0.5         | 1.0   | 50     | 35        | 70    | ++     |
|     | 1.0         | 1.0   | 50     | 36        | 72    | ++     |
|     | 2.0         | 1.0   | 50     | 31        | 62    | ++     |
|     | 0.5         | 1.5   | 50     | 48        | 96    | +++    |
|     | 1.0         | 1.5   | 50     | 42        | 84    | +++    |
|     | 2.0         | 1.5   | 50     | 37        | 74    | ++     |

<sup>①</sup>+表示长势弱,++表示长势一般,+++表示长势旺盛(下同)。

培养基MS+BA 0.5 mg/L +2, 4-D 1.5 mg/L 诱导率最高,长势良好,为最佳诱导培养基。

由表3可知,以试管苗为材料进行增殖培养时,茎段和叶片愈伤组织也可用于愈伤组织诱导,以获取再生植株,从而实现植株增殖。将试管苗茎段和叶片接种到MS+BA 0.5 mg/L +2, 4-D 1.5 mg/L 培养基上,诱导率均在60%以上,与茎段和叶片相比,下胚轴的愈伤组织的诱导率最高且长势最好。

表3 不同接种材料愈伤组织的诱导效果

| 接种材料 | 接种数/个 | 愈伤组织生长数/个 | 诱导率/% | 愈伤组织长势 |
|------|-------|-----------|-------|--------|
| 下胚轴  | 50    | 48        | 96    | +++    |
| 茎段   | 50    | 37        | 74    | ++     |
| 叶片   | 50    | 32        | 64    | +      |

## 2.3 不同培养基对愈伤组织的增殖和分化的影响

从表4可知,全叶苦苣菜下胚轴在分化培养基MS+ZT 2.0 mg/L+IAA 0.5 mg/L上诱导效果较好,可分化出不定芽数量最多,且长势良好。

表4 添加不同激素的培养基上愈伤组织分化效果

| KT  | 激素浓度/(mg/L) |     |     | 愈伤组织数/个 | 不定芽数/个 | 分化率/% | 不定芽长势 |
|-----|-------------|-----|-----|---------|--------|-------|-------|
|     | ZT          | IBA | IAA |         |        |       |       |
| 1.0 |             | 0.2 |     | 50      | 15     | 30    | +     |
| 2.0 |             | 0.2 |     | 50      | 12     | 24    | +     |
| 1.0 |             | 0.5 |     | 50      | 20     | 40    | ++    |
| 2.0 |             | 0.5 |     | 50      | 19     | 38    | ++    |
|     | 1.0         |     | 0.2 | 50      | 15     | 30    | ++    |
|     | 2.0         |     | 0.2 | 50      | 23     | 46    | ++    |
|     | 1.0         |     | 0.5 | 50      | 21     | 42    | +++   |
|     | 2.0         |     | 0.5 | 50      | 24     | 48    | +++   |

将试管苗茎段和叶片诱导形成的愈伤组织分别接种到愈伤组织分化培养基MS+ZT 2.0 mg/L+ IAA 0.5 mg/L上观察到的分化结果见表5、图3。愈伤组织诱导分化率以下胚轴最高且长势最好,茎段次之;叶片愈伤组织较难分化且易形成畸形苗。这可能是由于



下胚轴相对分化程度较低，更易于脱分化和再分化。

表 5 不同外植体愈伤组织的诱导效果

| 接种材料 | 接种数<br>/个 | 不定芽数<br>/个 | 分化率<br>/% | 不定芽<br>状态 |
|------|-----------|------------|-----------|-----------|
| 下胚轴  | 50        | 24         | 48        | +++       |
| 茎段   | 50        | 19         | 38        | ++        |
| 叶片   | 50        | 3          | 6         | +         |

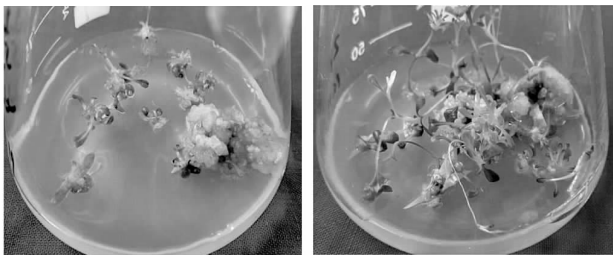


图 3 愈伤组织上分化出不定芽

#### 2.4 全叶苦苣菜不定芽生根培养和增殖培养

将培养 30 d 左右、长势旺盛的不定芽切下，接种到生根培养基上进行生根培养，30 d 后全叶苦苣菜不定芽在 3 种培养基上的生根率均达到 95% 以上，并可形成完整的再生植株(图4)。全叶苦苣菜是较易生根的植物，将芽接种在 1/2MS 培养基上，不添加任何激素，10 d 左右也可生根，与添加生长素 IBA 0.5 mg/L 和 IAA 0.2 mg/L 相比生根率差异不大。添加生长素后生根时间可提前 3~5 d，添加 IAA 后根量较多。

全叶苦苣菜的快速增殖可以试管苗茎段和叶片为材料，通过植株再生的方式进行增殖培养，也可以通过试管苗单叶茎段扦插诱导腋芽的离体快繁方式进行增殖培养。单叶



图 4 不定芽在生根培养基上诱导生根

茎段接种后 7 d 左右腋芽萌发，10 d 左右生根，30 d 腋芽可长到 5 cm 左右，具有 8~10 片叶，继续增殖培养可剪成 6~8 个外植体，短期内也可获得大量全叶苦苣菜无菌苗。图 5 为茎段扦插后腋芽萌发及茎段下端生根情况。



图 5 单叶茎段增殖培养腋芽萌发并生根

#### 2.5 炼苗和移栽

将试管苗移栽到园土、蛭石和草炭土等量混合配制的基质中，前期保湿遮阴，避免阳光直射，移栽成活率可达到 95% 以上。直接定植到土壤中，成活率达 85% 以上。图 6、7 为全叶苦苣菜田间生长和移栽不同阶段的生长状态，可以看出，移栽试管苗的植物学性状和野生苗基本一致，可正常开花结实。



图 6 试管苗移栽成活



图 7 试管苗移栽后开花

### 3 小结与讨论

本研究获得的全叶苦苣菜再生植株, 移栽后基本上保持了野生植株的植物学性状, 说明用全叶苦苣菜下胚轴、茎段和叶片诱导愈伤组织, 并通过愈伤组织分化成再生植株的组织培养技术是全叶苦苣菜野生资源保护和利用的一条新途径。

全叶苦苣菜的种子依次用 75%乙醇溶液灭菌 60 s, 10%过氧化氢溶液浸泡 10、15、20 min, 0.1%氯化汞溶液灭菌 5、10 min; 茎段依次用 75%乙醇溶液灭菌 30 s, 10%过氧化氢溶液灭菌 10 min, 0.1%氯化汞溶液灭菌 15 min, 可达到较好的灭菌效果, 将其接种到萌发培养基 1/2MS 获得无菌苗。75%乙醇和 0.1%升汞的组合是普遍用于植物外植体的消毒<sup>[9]</sup>, 10%过氧化氢溶液的使用对种皮有一定的软化作用, 可加快种子萌发, 提高萌发率。种子萌发率低, 除了灭菌剂毒害作用外, 种子本身发芽率较低也是一个主要因素。由于全叶苦苣菜植株从田间采集, 且茎间距极短, 根茎部分完全接触土壤, 携带杂菌较多, 灭菌较为困难。

灭菌过程中发现, 用氯化汞灭菌时间少于 10 min 时, 培养初期植株成活率较高, 但后期霉菌细菌污染严重, 不能利用; 灭菌时间超过 10 min, 污染率较低, 但外植体大多褐化死亡。植株叶片和茎较为幼嫩, 容易被消毒剂毒害褐变死亡, 乙醇和过氧化氢渗透性较强, 但杀菌力较弱, 升汞渗透性差, 但表面灭菌力较强, 合理的复合使用有利于更好地灭菌且减少对外植体的伤害。由于野外环境差异较大, 植株的生长状态不同, 还需根据具体情况调整灭菌方案。

用于愈伤组织诱导最佳的材料为无菌苗下胚轴, 其次为试管苗嫩茎。愈伤组织诱导的最佳培养基为 MS+BA 0.5 mg/L+2, 4-D

1.5 mg/L, 愈伤组织分化的最佳培养基为 MS+ZT 2.0 mg/L +IAA0.5 mg/L, 分化出的不定芽在培养基 1/2MS+IAA 0.2 mg/L 上的生根效果较好, IAA 有利于根数量的增加, 这与杜泽宇<sup>[10]</sup>的研究结果相似。

全叶苦苣菜的快速繁殖可用植株再生和离体快繁两种方式进行增殖培养。前者需通过愈伤组织诱导、愈伤组织分化和植株再生, 后者是基于试管苗在生长过程中茎间伸长, 剪成单叶茎段后, 扦插到培养基中诱导腋芽萌发, 茎段的下端生根, 形成新的植株。两种增殖方式都能使无菌苗快速增殖, 短期内可获得大量的试管苗。前者可为基因工程研究奠定基础, 后者为工厂化种苗繁育提供技术支撑。

健壮试管苗经过炼苗移栽到温室, 在营养钵中, 成活率可达到 95%以上; 直接移栽到土壤中成活率也在 85%以上。

#### 参考文献:

- [1] 中国科学院《中国植物志》编辑委员会. 中国植物志[M]. 北京: 科学出版社, 1997: 66.
- [2] 胡宇, 田福平, 于佳, 等. 苦苣菜类野菜资源的研究与利用[M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2019: 91.
- [3] 中国中医研究院中药研究所. 全国中草药名鉴[M]. 北京: 人民卫生出版社, 1996: 797.
- [4] 王晓炜, 孙媛, 张成鸿, 等. 苦苣菜下胚轴愈伤组织分化及试管苗培养研究[J]. 湖南文理学院学报(自然科学版), 2014, 26(4): 28-31.
- [5] 于颖, 何漫, 吴冰冰, 等. 苦苣菜再生体系建立研究[J]. 中国园艺文摘, 2009, 25(11): 20-22.
- [6] 张卓, 王艳, 王晓旭, 等. 山苦菜直接分化无性系的研究[J]. 河北大学学报, 2012, 32(1): 180-186.
- [7] 张卓, 王艳, 李慧, 等. 山苦菜无性系建立的研究[J]. 河南大学学报, 2012, 42(2): 187-191.

# 施磷水平对胡麻干物质积累和磷吸收与利用的影响

赵永伟<sup>1</sup>, 李 瑛<sup>1</sup>, 高玉红<sup>2,3</sup>, 马伟民<sup>1</sup>, 李文珍<sup>1</sup>, 刘宝文<sup>1</sup>, 汪国锋<sup>1</sup>, 王一帆<sup>2,3</sup>  
(1. 定西市农业科学研究所, 甘肃 定西 743000; 2. 甘肃省干旱生境作物学重点实验室, 甘肃 兰州 730070; 3. 甘肃农业大学农学院, 甘肃 兰州 730070)

**摘要:** 为明确胡麻品种对磷肥梯度的响应, 完善胡麻平衡施肥技术, 以胡麻品种轮选2号和定亚22号为指示品种, 在定西旱地梯田研究了不同磷肥水平( $P_2O_5$ 为0、45、90、135 kg/hm<sup>2</sup>)对胡麻不同品种各器官干物质积累、籽粒产量以及磷肥农学利用率的影响。结果表明, 在现蕾期, 轮选2号施 $P_2O_5$  135 kg/hm<sup>2</sup>时茎、叶和蕾的干物质积累量均较高; 而定亚22号施 $P_2O_5$  45 kg/hm<sup>2</sup>时蕾的干物质积累量较高, 但茎、叶的干物质积累量较低。在盛花期, 轮选2号的中磷处理(施 $P_2O_5$  90 kg/hm<sup>2</sup>)、定亚22号的高磷处理(施 $P_2O_5$  135 kg/hm<sup>2</sup>)和低磷处理(施 $P_2O_5$  45 kg/hm<sup>2</sup>)均具有显著提高胡麻各器官干物质积累量的优势。成熟期, 轮选2号施 $P_2O_5$  90 kg/hm<sup>2</sup>时有利于茎干物质的积累, 施磷水平对胡麻成熟期叶片干物质积累量影响不显著, 高磷处理(施 $P_2O_5$  135 kg/hm<sup>2</sup>)抑制了胡麻蒴果干物质的积累。高磷处理和中磷处理对轮选2号和定亚22号的茎干物质转运量均具有促进作用, 不施磷处理不利于茎干物质转运。定亚22号施 $P_2O_5$  45 kg/hm<sup>2</sup>时, 茎秆磷含量在盛花期增加, 而在成熟期降低, 从而增加了茎秆的磷素转运量, 显著提高了磷肥利用率, 使胡麻籽粒产量提高。综合考虑干物质积累量、籽粒产量、磷肥农学利用率及环境污染等因素, 适宜当地种植的胡麻品种为定亚22号, 施磷( $P_2O_5$ )量以45 kg/hm<sup>2</sup>为宜。

**关键词:** 胡麻; 磷肥梯度; 干物质积累量; 产量; 磷肥农学利用

**中图分类号:** S562.3; S147.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-1463(2021)01-0015-08

**doi:** 10.3969/j.issn.1001-1463.2021.01.004

## Effects of Phosphate Fertilizer Level on Dry Matter Accumulation, Phosphorus Absorption and Utilization of Flax

ZHAO Yongwei<sup>1</sup>, LI Ying<sup>1</sup>, GAO Yuhong<sup>2</sup>, MA Weiming<sup>1</sup>, LI Wenzhen<sup>1</sup>, LIU Baowen<sup>1</sup>, WANG Guofeng<sup>1</sup>, WANG Yifan<sup>2,3</sup>

(1. Dingxi Institute of Agricultural Sciences, Dingxi Gansu 743000, China; 2. Gansu Provincial Key Laboratory of Arid land Crop Science, Lanzhou Gansu 730070, China; 3. College of Agronomy, Gansu Agricultural University, Lanzhou Gansu 730070, China)

**Abstract:** In order to clarify the response of flax cultivars to the gradient of phosphate fertilizer and

**收稿日期:** 2020-09-14; **修订日期:** 2020-11-28

**基金项目:** 国家特色油料产业技术体系(CARS-14-2-25); 现代农业产业技术体系项目(CARS-14-1-16)。

**作者简介:** 赵永伟(1989—), 男, 甘肃定西人, 助理研究员, 主要从事作物栽培及遗传育种研究工作。联系电话: (0)18393235558。Email: 343687710@qq.com。

**通信作者:** 王一帆(1990—), 女, 甘肃庆阳人, 助理研究员, 主要从事胡麻栽培研究工作。Email: wangyf@gsau.edu.cn。

[8] 丘奉同, 张渝洁, 张 利. 苦菜组织培养与快速繁殖[J]. 安徽农业科学, 2005, 33(2): 241-242.

[9] 张雪冰, 王 鸿, 张 帆, 等. 山桃外植体的安全消毒方法研究[J]. 甘肃农业科技, 2019

(6): 29-32.

[10] 杜泽宇, 刘 丹, 宗宪春, 等. 雪樱子组织培养及植株再生体系的研究[J]. 甘肃农业科技, 2017(9): 27-29.

(本文责编: 杨 杰)