



半夏连作障碍效应及生理机制研究

安艳, 杨丹, 李鑫, 晋小军

(甘肃农业大学 农学院, 甘肃省中药材规范化生产技术创新重点实验室, 兰州 730070)

摘要 通过比较轮作和连作半夏的生理生化效应, 探讨连作对半夏生长发育的影响。试验测定并分析半夏的生长指标、叶片叶绿素质量分数、植株保护酶活性、MDA 质量摩尔浓度及渗透调节物质质量分数的变化。结果表明, 连作导致半夏生长发育受阻, 其中连作较轮作年平均株高、块茎直径、地上部分生物量及地下部分生物量分别降低 31.93%、19.86%、56.30% 和 38.32%; 叶片叶绿素、叶绿素 a、叶绿素 b 和类胡萝卜素质量分数均降低, 叶绿素 a/b 增大; 叶片保护酶 SOD、POD 和 CAT 活性降低; 叶片膜脂过氧化作用增强, MDA 质量摩尔浓度、脯氨酸、可溶性糖和可溶性蛋白质量分数增加。可见, 连作通过降低植株保护酶活性引起活性氧代谢失调, 导致活性氧积累和膜脂过氧化损伤。这种影响的表现表现为植株生长发育受到抑制, 光合色素质量分数降低, 可溶性糖和可溶性蛋白质量分数升高。

关键词 半夏; 连作障碍; 叶绿素; 活性氧代谢; 保护酶活性

中图分类号 R282.2

文献标志码 A

文章编号 1004-1389(2018)07-1017-06

半夏 [*Pinellia ternata* (Thunb.) Breit.] 为天南星科多年生草本植物, 以干燥块茎入药^[1-2]。具有燥湿化痰、降逆止呕、消痞散结等功效, 主要用于痰多咳嗽, 痰厥头痛, 痰饮眩悸, 风痰眩晕, 呕吐反胃, 胸脘痞闷, 梅核气; 生用外治痈肿痰核, 是我国常用的中药材^[3-6]。同一作物或者近缘植物在相同土地上连续种植, 会出现植株长势变弱、病虫害严重及产量品质降低等现象, 称为连作障碍^[7]。半夏连作导致病虫害严重及产量品质下降, 给当地经济带来严重影响。轮作能减轻半夏连作障碍的发生, 但由于轮作周期长, 当地种植面积有限, 严重制约了半夏的可持续发展。因此, 本试验通过对西和县轮作及连作半夏生长发育动态、叶绿素质量分数、植株保护酶活性、MDA 及渗透调节物质进行研究, 探讨连作对半夏生长发育的影响, 以为减轻半夏连作障碍, 提高半夏产量品质提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试区选择在陇南市西和县卢河乡王堡村庙子

沟, 海拔 1 692 m, 年均降水量 532 mm, 年蒸发量 1 236 mm, 空气相对湿度 73%, 平均无霜期 183 d, 年日照时数 1 757 h, 日照百分率 46%, 昼夜温差大, 气候偏旱^[8]。

试验地土层深厚, 地势平缓, 属中性或微酸性的棕壤, 富含 K 元素。土壤养分指标, 全氮 1.27 g · kg⁻¹, 全磷 0.17 g · kg⁻¹, 有机质 11.75 g · kg⁻¹, 速效磷 15.27 mg · kg⁻¹, 速效钾 105.60 mg · kg⁻¹, 铵态氮 0.57 mg · kg⁻¹, 硝态氮 14.9 g · kg⁻¹, pH 7.09。

供试植物半夏种茎均来自湖北天门, 经甘肃农业大学农学院晋小军研究员鉴定为天南星科植物半夏的块茎。

1.2 试验设计

试验于 2016 年 3—9 月在西和县卢河乡王堡村庙子沟进行, 采用对比试验。选择轮作(玉米—小麦—马铃薯—玉米—半夏)和连作(玉米—小麦—马铃薯—半夏—半夏)不同茬口的试验地, 小区面积为 3 m × 4 m, 设 3 次重复。选择无病、无伤痕、无腐烂, 直径为 0.5~1.5 cm 的半夏块茎进行种植, 不同小区田间管理一致, 具体为种植前施农

收稿日期: 2017-07-10 修回日期: 2017-09-05

基金项目: 甘肃主产大宗药材规范化栽培技术研究(035070003)。

第一作者: 安艳, 女, 硕士研究生, 研究方向为药用植物资源与利用。E-mail: 1697591274@qq.com

通信作者: 晋小军, 男, 研究员, 主要从事药用植物栽培研究与教学工作。E-mail: jingxj@gsau.edu.cn

家肥 15 000 kg · hm⁻², 纯 N 292 kg · hm⁻², P₂O₅ 225 kg · hm⁻², K₂O 60 kg · hm⁻² 作为基肥翻入土壤, 生长期及时除草。于 2016 年 4 月 26 日至 8 月 4 日每隔 25 d 取一次样并测定半夏的生长指标; 于 6 月 15 日、7 月 10 日及 8 月 4 日每小区按五点取样法选取健康半夏植株, 摘取健康成熟叶数片, 混合, 立即用去离子水冲洗, 装袋, 置于液氮带回实验室, 用于生理生化指标的测定。

1.3 测定指标及方法

1.3.1 生长指标的测定 在半夏生育期内每隔 25 d 每小区随机采取不同茬口的半夏植株各 10 株, 测定其株高、生物量及块茎直径等生长指标。

1.3.2 叶绿素质量分数的测定 将采集的半夏叶片剪碎混匀, 采用丙酮浸提法^[8]浸提测定。

1.3.3 植株保护酶活性及渗透调节物质的测定 超氧化物歧化酶(SOD)采用氮蓝四唑(NBT)光还原法^[9]测定; 过氧化物酶(POD)采用愈创木酚法^[10]进行测定; 过氧化氢酶(CAT)采用紫外吸收法^[10]测定; 丙二醛(MDA)采用硫代巴比妥酸

(TBA)法^[9]测定; 脯氨酸(Pro)质量分数用茚三酮显色法^[9]测定; 可溶性糖采用蒽酮比色法^[9]测定; 可溶性蛋白质质量分数采用考马斯亮蓝 G-250 染色法^[9]测定。

2 结果与分析

2.1 连作对半夏生长指标的影响

当植物受到某种外部不利环境因子影响时, 将通过其内部一系列生理生化变化反映在外观形态上。如表 1 所示, 轮作及连作栽培的半夏随时间变化, 其株高、块茎直径、地上部分生物量、地下部分生物量均逐渐增加; 在半夏生长发育的各个时期, 连作半夏株高、块茎直径、地上部分生物量和地下部分生物量均低于同时期轮作。其中株高及地上部分生物量除 4 月 26 日差异不显著外, 其他各个时期轮作均显著高于连作; 轮作半夏块茎直径、地下部分生物量在各个时期均显著高于同一时期连作。

表 1 连作对半夏植株生长的影响($\bar{x} \pm s, n=30$)

Table 1 Effects of continuous cropping on the growth of *Pinellia ternata*

日期 Date	处理 Treatment	株高/cm Plant height	块茎直径/cm Tubers diameter	单株地上 部分生物量/g Aboveground biomass	单株地下 部分生物量/g Underground biomass
04-26	轮作 Rotation cropping	12.00±1.12 a	1.03±0.03 a	0.44±0.01 a	0.77±0.03 a
	连作 Continuous cropping	10.43±1.20 a	0.86±0.05 b	0.31±0.06 a	0.39±0.10 b
05-21	轮作 Rotation cropping	15.77±0.26 a	1.18±0.04 a	0.73±0.02 a	1.09±0.03 a
	连作 Continuous cropping	12.91±0.75 b	0.98±0.05 b	0.49±0.08 b	0.76±0.04 b
06-15	轮作 Rotation cropping	21.04±0.27 a	1.51±0.08 a	1.23±0.03 a	1.59±0.03 a
	连作 Continuous cropping	13.36±0.53 b	1.22±0.06 b	0.54±0.02 b	1.12±0.02 b
07-10	轮作 Rotation cropping	23.43±0.48 a	1.62±0.07 a	1.63±0.06 a	2.18±0.04 a
	连作 Continuous cropping	14.05±0.30 b	1.27±0.02 b	0.59±0.01 b	1.34±0.03 b
08-04	轮作 Rotation cropping	24.06±0.33 a	1.72±0.02 a	1.90±0.01 a	2.73±0.04 a
	连作 Continuous cropping	14.79±0.36 b	1.30±0.03 b	0.67±0.02 b	1.52±0.07 b

注: 同列不同小写字母表示同一时期不同处理差异显著性($P < 0.05$)。下同。

Note: Different lowercase letters in same column indicate significant difference among various treatments in the same period ($P < 0.05$). The same as follows.

表 1 显示, 轮作半夏株高为 12.00~24.06 cm, 全年平均达 19.26 cm, 连作株高为 10.43~14.79 cm, 平均为 13.11 cm, 连作较轮作年平均株高低 31.93%; 轮作及连作块茎直径分别为 1.03~1.72 cm 和 0.86~1.30 cm, 年平均为 1.41 cm 和 1.13 cm, 连作较轮作年平均块茎直径低 19.86%; 轮作及连作单株地上部分生物量分

别为 0.44~1.90 g 和 0.31~0.67 g, 年平均为 1.19 g 和 0.52 g, 连作较轮作年平均单株地上部分生物量低 56.30%; 轮作及连作半夏单株地下部分生物量分别为 0.77~2.73 g 和 0.39~1.52 g, 年平均为 1.67 g 和 1.03 g, 连作较轮作年平均单株地下部分生物量低 38.32%。

2.2 连作对半夏叶片叶绿素质量分数的影响

叶绿素是一类植物体内与光合作用有关的重要色素,其质量分数变化不仅反映植物遭受到一定程度的胁迫,也直接影响光合效率和光合产物的累积^[11]。分析连作对半夏叶片叶绿素质量分

数的影响,结果见表 2。从表 2 看出,轮作半夏叶片叶绿素 a、叶绿素 b 及叶绿素质量分数随时间的变化均逐渐增加,连作半夏随时间变化均逐渐降低;轮作及连作半夏类胡萝卜素质量分数均呈先增后降的趋势。

表 2 连作对半夏叶绿素质量分数的影响($\bar{x} \pm s$)

Table 2 Effects of continuous cropping on chlorophyll mass fraction of *Pinellia ternata*

日期 Date	处理 Treatment	$w(\text{叶绿素})/(\text{mg} \cdot \text{g}^{-1})$ Chlorophyll	$w(\text{叶绿素 a})/(\text{mg} \cdot \text{g}^{-1})$ Chl a	$w(\text{叶绿素 b})/(\text{mg} \cdot \text{g}^{-1})$ Chl b	叶绿素 a/ 叶绿素 b Chl a/Chl b	$w(\text{类胡萝卜素})/(\text{mg} \cdot \text{g}^{-1})$ Carotenoid
06-15	轮作 Rotation cropping	1.93±0.04 a	1.38±0.03 a	0.55±0.02 a	2.51±0.03 b	0.35±0.016 a
	连作 Continuous cropping	1.65±0.01 b	1.24±0.01 b	0.41±0.02 b	3.02±0.14 a	0.29±0.009 b
07-10	轮作 Rotation cropping	2.21±0.02 a	1.59±0.02 a	0.62±0.04 a	2.56±0.18 b	0.40±0.015 a
	连作 Continuous cropping	1.47±0.04 b	1.11±0.04 b	0.36±0.02 b	3.08±0.03 a	0.32±0.011 b
08-04	轮作 Rotation cropping	2.67±0.06 a	1.93±0.03 a	0.74±0.04 a	2.61±0.15 b	0.31±0.009 a
	连作 Continuous cropping	1.36±0.02 b	1.03±0.01 b	0.33±0.01 b	3.12±0.11 a	0.26±0.012 b

进一步分析连作对半夏叶片叶绿素质量分数的影响,由表 2 可知,轮作叶绿素质量分数显著高于同一时期连作;连作半夏叶绿素质量分数较同一时期轮作分别下降 14.51%、33.48%、49.06%。从叶绿素组分看,连作叶绿素 a 和叶绿素 b 的质量分数均比同一时期轮作有不同程度的下降,其中,叶绿素 a 和叶绿素 b 的质量分数分别比同一时期轮作低 10.14%、30.19%、46.63%和 25.45%、41.94%、55.41%;连作半夏类胡萝卜素的质量分数显著低于同一时期轮作,比同一时期轮作分别低 17.14%、20.00%和 16.13%;但叶绿素 a/叶绿素 b 的值连作均高于同一时期轮作。连作半夏叶片叶绿素质量分数降低,这说明连作半夏叶片类囊体的垛叠程度降低,叶绿体的捕光

能力和能量传递速率降低^[12-13]。

2.3 连作对半夏叶片 SOD、POD 和 CAT 活性的影响

SOD、POD 和 CAT 为植物细胞内的重要保护酶,它们与其他抗氧化酶和抗氧化物质协同作用,共同防御产生过量的活性氧及自由基^[14]。由表 3 可知,轮作及连作半夏其叶片 SOD、POD 和 CAT 活性随时间变化均呈逐渐升高趋势;连作半夏 3 种保护酶活性在各个时期均显著低于轮作,其中轮作 SOD、POD 和 CAT 活性最高分别为 323.43 $\text{U} \cdot \text{g}^{-1}$ 、3 154.44 $\text{U} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ 和 605.28 $\text{U} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$,连作 SOD、POD 和 CAT 活性最高分别为 248.33 $\text{U} \cdot \text{g}^{-1}$ 、2 506.67 $\text{U} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ 和 426.67 $\text{U} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ 。

表 3 连作对半夏植株 SOD、POD 和 CAT 活性的影响($\bar{x} \pm s$)

Table 3 Effects of *Pinellia ternata* continuous cropping on activities of SOD, POD and CAT in plants

日期 Date	处理 Treatment	SOD/($\text{U} \cdot \text{g}^{-1}$)	POD/($\text{U} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$)	CAT/($\text{U} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$)
06-15	轮作 Rotation cropping	292.06±0.66 a	2 866.56±93.36 a	546.66±35.28 a
	连作 Continuous cropping	163.85±0.72 b	1 786.66±70.55 b	308.86±12.13 b
07-10	轮作 Rotation cropping	308.43±7.10 a	3 081.28±49.57 a	592.05±36.87 a
	连作 Continuous cropping	210.34±9.29 b	2 197.68±62.59 b	332.00±17.44 b
08-04	轮作 Rotation cropping	323.43±0.25 a	3 154.44±93.03 a	605.28±18.62 a
	连作 Continuous cropping	248.33±1.92 b	2 506.67±53.33 b	426.67±35.28 b

2.4 连作对半夏叶片 MDA 质量摩尔浓度和渗透调节物质质量分数的影响

丙二醛(MDA)是植物细胞内膜脂过氧化的产物,其摩尔质量浓度可反映植物膜脂过氧化和膜系统伤害程度^[13,15]。由表 4 可知,轮作及连作

半夏其叶片 MDA 质量摩尔浓度随时间变化呈逐渐升高趋势;连作半夏 MDA 质量摩尔浓度显著高于同一时期轮作。其中连作叶片 MDA 质量摩尔浓度比同一时期轮作分别高 37.78%、33.80%和 31.07%,MDA 质量摩尔浓度的增加说明连作

胁迫导致膜脂过氧化损伤。

可溶性糖和可溶性蛋白也是重要的渗透调节物质,在一定程度上说明植物在逆境下的受伤程度和抵抗能力^[16]。轮作及连作半夏其叶片可溶性糖、可溶性蛋白质量分数均随时间变化呈逐渐升高趋势;连作半夏叶片可溶性糖、可溶性蛋白

质量分数显著高于同一时期轮作,比同一时期轮作分别高 16.83%、19.85%、19.89%和 15.93%、25.04%、15.95%;连作半夏脯氨酸质量分数显著高于同一时期轮作,分别是同一时期轮作的1.55、2.11、2.03 倍。连作半夏植物体内渗透调节物质质量分数增加,说明半夏在连作条件下受到伤害。

表 4 连作对半夏叶片 MDA 和渗透调节物质的影响($\bar{x} \pm s$)

Table 4 Effects of *Pinellia ternata* continuous cropping on MDA and osmotic adjustment substances in leaves

日期 Date	处理 Treatment	MDA/ ($\mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1}$)	ω (脯氨酸)/ ($\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$) Proline	ω (可溶性糖)/% Soluble sugar	ω (可溶性蛋白)/ ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$) Soluble protein
06-15	轮作 Rotation cropping	3.15±0.04 b	29.56±1.39 b	5.17±0.06 b	6.53±0.40 b
	连作 Continuous cropping	4.34±0.06 a	45.93±0.94 a	6.04±0.03 a	7.57±0.13 a
07-10	轮作 Rotation cropping	3.61±0.04 b	30.31±1.57 b	5.49±0.09 b	6.71±0.19 b
	连作 Continuous cropping	4.83±0.03 a	64.04±0.73 a	6.58±0.13 a	8.39±0.07 a
08-04	轮作 Rotation cropping	3.83±0.04 b	37.22±1.01 b	5.63±0.04 b	7.40±0.06 b
	连作 Continuous cropping	5.02±0.07 a	75.41±0.98 a	6.75±0.11 a	8.58±0.06 a

3 小结与讨论

试验通过对连作和轮作半夏生长指标进行对比,结果表明,连作半夏较轮作年平均株高、块茎直径、地上部分生物量及地下部分生物量分别低 31.93%、19.86%、56.30%和 38.32%,说明连作半夏株高和块茎直径均受到抑制,导致各个时期地上和地下部分生物量分别比同一时期轮作明显降低,连作严重抑制半夏的生长发育。

造成这一现象的原因,从半夏生理指标可见,连作半夏叶片叶绿素 a、叶绿素 b 和叶绿素质量分数显著降低,叶绿素质量分数较同一时期轮作分别下降 14.51%、33.48%和 49.06%。而叶绿素在植物光合作用中起捕获光能的作用,其质量分数直接影响光合作用的强弱^[17]。因此,叶绿素质量分数降低直接影响半夏叶绿体的捕光能力和能量传递速率,导致光合能力减弱,光合产物减少。由此可见,叶绿素质量分数的降低,会造成植株生长下降,这是导致半夏连作减产的原因之一。试验发现连作半夏生长指标及叶片叶绿素质量分数显著低于轮作,这与前人在半夏^[18]中的研究结果一致。

在逆境胁迫下,植物叶绿体内的氧会被活化成对细胞有伤害的活性氧。试验结果表明,轮作及连作半夏叶片 SOD、POD、CAT 活性、MDA 质量摩尔浓度、脯氨酸、可溶性糖和可溶性蛋白的质量分数均随时间变化逐渐增加,这是因为西和县

8 月份温度高,说明在轻度胁迫下,叶绿体内的主要活性氧清除系统,如 SOD、POD 和 CAT 活性等明显升高,能够及时消除这些活性氧^[19];连作胁迫显著降低连作半夏 SOD、POD 和 CAT 活性,而 MDA 质量摩尔浓度及脯氨酸、可溶性糖和可溶性蛋白的质量分数显著增加,说明在重度胁迫下,叶绿体内主要活性氧清除系统活性明显下降,不能及时消除这些活性氧,对膜脂过氧化和蛋白质合成产生抑制,最终影响叶片的光合作用^[19]。正是生理代谢方面的改变导致连作半夏形态上的改变,这也是半夏连作减产的基本原因。

本试验结果发现,连作降低半夏叶片叶绿素质量分数、SOD、POD 和 CAT 活性,增加了 MDA 质量摩尔浓度及脯氨酸、可溶性糖和可溶性蛋白质量分数,与前人在当归^[12]中报道连作胁迫使植株叶片光合色素质量分数减少, SOD、POD 和 CAT 活性降低及可溶性糖和脯氨酸质量分数、MDA 质量摩尔浓度增加的结果一致。

参考文献 Reference:

[1] 何萍,李帅,王素娟,等.半夏化学成分的研究[J].中国中药杂志,2005,30(9):671-674.
HE P, LI SH, WANG S J, et al. Study on chemical constituents in rhizome of *Pinellia ternata* [J]. *China Journal of Chinese Materia Medica*, 2005, 30(9): 671-674.

[2] 胡龙娇,王康才,李灿雯.氮素形态对半夏植株氮代谢及主要化学成分的影响[J].中国中药杂志,2013,38(13):2073-2077.

- HU L J, WANG K C, LI C W. Effect of $\text{NH}_4^+ - \text{N}/\text{NO}_3^- - \text{N}$ ratio in applied supplementary fertilizer on nitrogen metabolism and main chemical composition of *Pinellia ternata* [J]. *China Journal of Chinese Materia Medica*, 2013, 38(13): 2073-2077.
- [3] 张之昊, 戴 忠, 胡晓茹, 等. 半夏化学成分的分离与鉴定 [J]. 中药材, 2013, 36(10): 1620-1622.
ZHANG ZH H, DAI ZH, HU X R, *et al.* Isolation and structure elucidation of chemical constituents from *Pinellia ternata* [J]. *Journal of Chinese Medicinal Materials*, 2013, 36(10): 1620-1622.
- [4] 许腊英, 夏 荃, 刘先琼. 半夏化学成分及饮片的现代研究进展 [J]. 时珍国医国药, 2004, 15(7): 441-443.
XU L Y, LIU Q, LIU X Q. Modern research progress of chemical components and pieces of *Pinellia ternata* [J]. *Lishizhen Medicine and Materia Medica Research*, 2004, 15(7): 441-443.
- [5] 曾建红, 彭正松, 陈 旭, 等. 半夏块茎不同粒径总生物碱含量的研究 [J]. 时珍国医国药, 2008, 19(4): 829-830.
ZENG J H, PENG ZH S, CHEN X, *et al.* Studies on the total alkaloid content from *Pinellia ternata* tuber with different particle diameters [J]. *Lishizhen Medicine and Materia Medica Research*, 2008, 19(4): 829-830.
- [6] 魏 波, 张 丹, 张兴翠. 氮磷钾对半夏块茎生物碱含量的影响研究 [J]. 中药材, 2011, 34(12): 1824-1826.
WEI B, ZHANG D, ZHANG X C. Study on the effect of nitrogen, phosphorus and potassium on the content of alkaloids of *Pinellia ternata* tuber [J]. *Journal of Chinese Medicinal Materials*, 2011, 34(12): 1824-1826.
- [7] 郭兰萍, 黄璐琦, 蒋有绪, 等. 药用植物栽培种植中的土壤环境恶化及防治策略 [J]. 中国中药杂志, 2006, 31(9): 714-717.
GUO L P, HUANG L Q, JIANG Y X, *et al.* Soil deterioration during cultivation of medicinal plants and ways to prevent it [J]. *China Journal of Chinese Materia Medica*, 2006, 31(9): 714-717.
- [8] 陈毓荃. 生物化学实验方法和技术 [M]. 北京: 科学出版社, 2002: 95-97.
CHEN Y Q. The Experimental Means and Technology of Biochemistry [M]. Beijing: Science Press, 2002: 95-97.
- [9] 李合生. 植物生理生化实验原理和技术 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2006.
LI H SH. Principle and Techniques of Plant Physiological and Biochemical Experiment [M]. Beijing: Higher Education Press, 2006.
- [10] 张以顺, 黄 霞, 陈云凤. 植物生理学实验教程 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2009.
ZHANG Y SH, HUANG X, CHEN Y F. Plant Physiology Experiment Tutorial [M]. Beijing: Higher Education Press, 2009.
- [11] 回振龙, 王 蒂, 李宗国, 等. 外源水杨酸对连作马铃薯生长发育及抗性生理的影响 [J]. 干旱地区农业研究, 2014, 32(4): 1-8.
HUI ZH L, WANG D, LI Z G, *et al.* Influences of exogenous salicylic acid on growth and resistance physiology of continuous cropping potato [J]. *Agricultural Research in the Arid Areas*, 2014, 32(4): 1-8.
- [12] 张新慧, 张恩和, 王惠珍, 等. 连作对当归生长的障碍效应及机制研究 [J]. 中国中药杂志, 2010, 35(10): 1231-1234.
ZHANG X H, ZHANG E H, WANG H ZH, *et al.* Effects of continuous cropping obstacle on growth of *Angelica sinensis* and its mechanism [J]. *China Journal of Chinese Materia Medica*, 2010, 35(10): 1231-1234.
- [13] 潘瑞焱. 植物生理学 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2008.
PAN R ZH. Plant Physiology [M]. Beijing: Higher Education Press, 2008.
- [14] LI C Z, WANG D, WANG G X. The protective rule of cobalt on membrane protective systems of potato seedlings leaves during osmotic stress [J]. *Botanical Bulletin of Academia Sinica*, 2005, 46: 119-125.
- [15] 徐雪凤, 回振龙, 李自龙, 等. 马铃薯连作障碍与土壤环境因子变化相关研究 [J]. 干旱地区农业研究, 2015, 33(4): 16-23.
XU X F, HUI ZH L, LI Z L, *et al.* Relationship between potato continuous cropping obstacle and soil environmental factors [J]. *Agricultural Research in the Arid Areas*, 2015, 33(4): 16-23.
- [16] 王春艳, 王康才, 汤兴利, 等. 外源 NO 对高温胁迫下半夏抗氧化系统的影响 [J]. 江西农业学报, 2010, 22(12): 41-43.
WANG CH Y, WANG K C, TANG X L, *et al.* Effect of exogenous nitric oxide on antioxidant system of *Pinellia ternata* under high temperature stress [J]. *Acta Agriculturae Jiangxi*, 2010, 22(12): 41-43.
- [17] 陈年来, 王兴虎, 安黎哲, 等. 低温对厚皮甜瓜幼苗光合特性的影响 [J]. 冰川冻土, 2009, 31(5): 986-991.
CHEN N L, WANG X H, AN L ZH, *et al.* Effect of low temperature on photosynthetic properties of melon seedlings [J]. *Glacier Permafrost*, 2009, 31(5): 986-991.
- [18] 马小奇, 许宏亮, 何志贵, 等. 半夏连作的障碍效应及其缓解措施初探 [J]. 西北农业学报, 2017, 26(1): 48-53.
MA X Q, XU H L, HE ZH G, *et al.* Obstruction effect of continuous cropping on *Pinellia ternata* (Thumb) Breit. and its mitigation measures [J]. *Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica*, 2017, 26(1): 48-53.
- [19] KRUSE O, HANKAMER B, KONCZAK C, *et al.* Phosphatidylglycerol is involved in the dimerization of photo system II [J]. *Journal of Biological Chemistry*, 2000, 275(9): 6509.

Study on the Effect and Physiological Mechanism of Continuous Cropping Obstruction of *Pinellia ternata*

AN Yan, YANG Dan, LI Xin and JIN Xiaojun

(College of Agronomy, Gansu Agricultural University, Gansu Province Key Laboratory of Chinese Herbal Medicine Standardized Production and Technical Innovation, Lanzhou 730070, China)

Abstract To explore the effects of continuous cropping on the growth and development of *Pinellia ternata*, the growth indexes, leaf chlorophyll mass fraction, plant protective enzyme activity, MDA and osmotic adjustment substance content of *Pinellia ternata* were determined. The results showed that the continuous cropping blocked the growth and development of *Pinellia ternata*. The means of plant height, tubers diameter, aboveground biomass and underground biomass in continuous cropping were 31.93%, 19.86%, 56.30% and 38.32% lower than in rotation cropping, respectively; the mass fractions of leaf chlorophyll, chlorophyll a, chlorophyll b and carotenoid decreased, chlorophyll a/b increased; the activities of leaf protective enzyme SOD, POD and CAT decreased; leaf membrane lipid peroxidation increased, MDA, proline, soluble sugar and soluble protein mass fraction increased. In conclusion, the continuous cropping cause disorder of active oxygen metabolism by reducing the plant protective enzyme activity, leading to active oxygen accumulation and membrane lipid peroxidation damage. The manifestation of this effect is to inhibit the growth and development of plant, decreasing the mass fraction of photosynthetic pigment, and increasing the content of soluble sugar and soluble protein.

Key words *Pinellia ternata*; Continuous cropping obstacle; Chlorophyll; Active oxygen metabolism; Protective enzyme activities

Received 2017-07-10

Returned 2017-09-05

Foundation item Study on Standardized Cultivation Techniques of Main Production Large Traditional Chinese Medicine in Gansu Province(No. 035070003).

First author AN Yan, female, master student. Research area: development and utilization of medicinal plant resources. E-mail: 1697591274@qq.com

Corresponding author JIN Xiaojun, male, research fellow. Research area: medicinal plant cultivation. E-mail: jingxj@gsau.edu.cn

(责任编辑:潘学燕 Responsible editor: PAN Xueyan)