

朱振兴,包婉玉,江林波,等. 半夏间作玉米对半夏生长及药材质量的影响[J]. 华中农业大学学报,2020,39(5):85-92.

DOI:10.13300/j.cnki.hnlkxb.2020.05.012

# 半夏间作玉米对半夏生长及药材质量的影响

朱振兴<sup>1</sup>,包婉玉<sup>1</sup>,江林波<sup>2</sup>,钟淑梅<sup>3</sup>,马毅平<sup>4</sup>,舒少华<sup>1</sup>

1.华中农业大学植物科学技术学院,武汉 430070; 2.湖北荆禾源生态农业有限公司,沙洋 448200;

3.九州通医药集团九信中药研究院,武汉 430050; 4.湖北省果茶办公室,武汉 430070

**摘要** 为探究间作玉米对半夏生长及药材质量的影响,在固定半夏播种密度条件下,设置玉米宽窄行和等行2种间作方式并分别设置35、50和65 cm 3种株距,分析间作玉米条件下半夏生长环境的改变、半夏生长状况、间作系统的土地当量比和种间竞争能力以及半夏产量和药材质量的变化。结果表明:随着玉米种植密度的增加,半夏冠层光照强度降低,半夏叶面温度降低,土壤温度降低;间作玉米显著增加了半夏主叶面积、半夏出土部分叶柄长及半夏叶片 SPAD 值;间作系统中土地当量比增加,玉米竞争力强于半夏;间作玉米显著提高了半夏产量以及千粒重,其中以玉米 35 cm 株距等行间作下半夏产量最高,较半夏单作增产 44%;间作玉米下的半夏药材质量和对照无显著性差异,均符合药典要求。间作玉米可为半夏提供更好的生长环境,增强半夏生长势,提高半夏产量。

**关键词** 半夏;玉米;间作方式;种植密度;生长环境;种间竞争能力;产量;药材质量

**中图分类号** S 344.2 : S 567.23<sup>+</sup>9 : S 513 **文献标识码** A **文章编号** 1000-2421(2020)05-0085-08

半夏 *Pinellia ternata* (Thunb.) Breit 以其干燥块茎入药,具有燥湿化痰、降逆止呕、消痞散结的功效<sup>[1]</sup>。半夏喜光、喜温、喜肥、喜湿,但忌阳光直射、忌高温、忌涝,在超过 35 °C 且缺水时就会倒苗<sup>[2]</sup>。遮阴可为半夏提供适宜的生长环境,提高半夏珠芽数量和质量,提高半夏产量<sup>[3-4]</sup>,但在实际生产中,搭建遮阴棚会耗费很多的人力物力,且不利于机械化管理。作物间作可以改变间作系统的光分布和提高光能利用率<sup>[5-6]</sup>。为此,本研究在半夏玉米间作系统中设置了不同的间作方式和玉米种植密度,探究不同间作方式和玉米种植密度对间作环境、半夏生长指标、间作、种间竞争能力、半夏产量以及半夏药材质量的影响,旨在为半夏玉米间作提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地点与材料

试验于 2019 年在湖北省荆门市沙洋县湖北荆禾源生态农业有限公司基地进行,试验地位于北纬 N30°38'19.55",东经 E112°34'15.82",为北亚热带湿润季风型气候,年平均气温 15.6~16.3 °C,年日照时间 1 997~2 100 h,年平均降水量 804~1 067 mm,

试验地土壤为沙壤,中等肥力。所用种源经华中农业大学植物科学技术学院舒少华鉴定为半夏 (*Pinellia ternate* (Thunb.) Breit),球茎,直径 0.6~0.8 cm,采自湖北荆门;玉米(*Zea mays* L.)品种为惠民 302,由湖北惠民农业科技有限公司供种。

### 1.2 试验设计

采取两因素随机区组设计,因素 1 为间作方式,A 为玉米单行同侧种植于半夏厢边上,B 为玉米单行异侧种植于半夏厢边上,因素 2 为玉米株距,I : 35 cm,II : 50 cm,III : 65 cm,玉米单作以及半夏单作为对照,共 8 个处理,24 个小区。每小区共 4 厢,厢宽 1.1 m,沟宽 0.4 m,长 7.5 m,厢上撒播半夏种茎,播种量为 3 750 kg/hm<sup>2</sup>,玉米单作株距为 35 cm,行距 50 cm。

半夏于 3 月 20 日播种,7 月 1 日收获,玉米于 4 月 10 日播种,7 月 20 日收获。所有处理于播种前撒施复合肥(20-8-14,总养分≥42%)600 kg/hm<sup>2</sup>并翻耕作为基肥,并于 5 月 1 日撒施复合肥(17-17-17,总养分≥51%)187.5 kg 作为基肥,试验田间除草及病虫害防治等管理同大田。

### 1.3 环境因子测定

1)土壤温湿度。在玉米进入抽穗期后,选择晴

收稿日期:2020-02-06

基金项目:国家重点研发计划项目(2017YFC1700704);湖北省重大科技项目(2017ACA175);湖北省农业科技创新行动计划

朱振兴,硕士研究生。研究方向:中药材栽培。E-mail: zhuzhenxing@webmail.hzau.edu.cn

通信作者:舒少华,副教授。研究方向:中药材栽培。E-mail: shushaohua@mail.hzau.edu.cn

朗天气,在 14:00—16:00,用便携式土壤温湿度计对土壤温湿度进行测定,每小区选取 5 个测定点,测定土层深度为 10 cm。

2)光照强度。在玉米进入抽穗期后,选择晴朗天气,分别在 09:00—11:00 和 14:00—16:00,用照度计对半夏冠层光照强度进行测定,每小区选取 6 个测定点。

3)叶面温度。在玉米进入抽穗期后,选择晴朗高温天气,分别在 09:00—11:00 和 14:00—16:00,用便携式红外测温仪对半夏叶面温度进行测定,每小区随机选取 12 株半夏植株进行测定。

#### 1.4 半夏植株生长指标测定

1)半夏主叶叶面积。于半夏出苗后 30、47、65 d 测定半夏主裂叶长宽,每小区随机选取 12 株进行测量。采用叶面积系数法计算半夏主叶叶面积<sup>[7-8]</sup>:

$$S = k \cdot a \cdot b \quad (1)$$

式中: $S$  表示半夏主叶叶面积, $k$  表示叶面积系数,取值为 0.666, $a$  表示半夏主叶长, $b$  表示半夏主叶宽。

2)出土部分叶柄长。于半夏出苗后 30、47、65 d 测定半夏出土部分叶柄长,每小区随机选取 12 株进行测量。

3)SPAD 值。于半夏出苗后 25、45、65 d,用便携式 SPAD 仪对半夏叶片 SPAD 值进行测定,每小区随机选取 12 株进行测定。

#### 1.5 干物质积累、产量及千粒重测定

1)干物质积累。于半夏出苗后 34、49、66 d,每小区取 10 株生长发育一致的植株,将块茎、叶分开,在 105 °C 下杀青 0.5 h,再在 85 °C 下烘干至恒质量,分别称量。

2)产量及千粒重。半夏倒苗后,于 7 月 1 日对半夏进行采挖测产,包括块茎和珠芽,采用 5 点取样法对每小区进行测产,并调查块茎千粒重。

#### 1.6 土地当量比及种间竞争能力测定

土地当量比(land equivalent ratio)是指同一农田中 2 种或 2 种以上作物间混作时的收益与各个作物单作时的收益的比率。用于衡量间作优势<sup>[9]</sup>:

$$LER = Y_{is}/Y_{ss} + Y_{im}/Y_{sm} \quad (2)$$

式中: $Y_{is}$  和  $Y_{im}$  分别表示间作总面积上玉米和半夏的籽粒产量和块茎产量,kg/hm<sup>2</sup>;  $Y_{ss}$  和  $Y_{sm}$  分别表示单作玉米和单作半夏的籽粒产量和块茎产量,kg/hm<sup>2</sup>。当  $LER > 1$  时,表示间作有优势;当  $LER < 1$  时,为间作劣势。

种间相对竞争能力(interspecific competitiveness, $A$ )指间作体系种一种作物相对另一种作物对水分、养分等与产量形成有关资源的竞争能力<sup>[10]</sup>:

$$A_{bp} = Y_{ib}/(Y_{sb} \times Z_s) - Y_{ip}/(Y_{sp} \times Z_m) \quad (3)$$

式中: $A_{bp}$  为玉米相对半夏的资源竞争能力; $Y_{ib}$  和  $Y_{sb}$  分别代表间作玉米和单作玉米的生物产量, $Y_{ip}$  和  $Y_{sp}$  分别代表间作半夏和单作半夏的生物产量; $Z_s$  和  $Z_m$  分别表示玉米和半夏在间作系统中所占的面积比例。当  $A_{bp} > 0$ ,表面玉米竞争力强于半夏; $A_{bp} < 0$ ,半夏竞争力强于玉米。

竞争比率(competitive ratio,CR)是评价间作系统中组分作物竞争的指标<sup>[11]</sup>:

$$CR_{bp} = [Y_{ib}/Y_{sb} \times Z_s] / [Y_{ip}/Y_{sp} \times Z_m] \quad (4)$$

式中:若  $CR_{bp} > 1$ ,表明玉米竞争力强于半夏;若  $CR_{bp} < 1$ ,则表明半夏竞争力强于玉米。

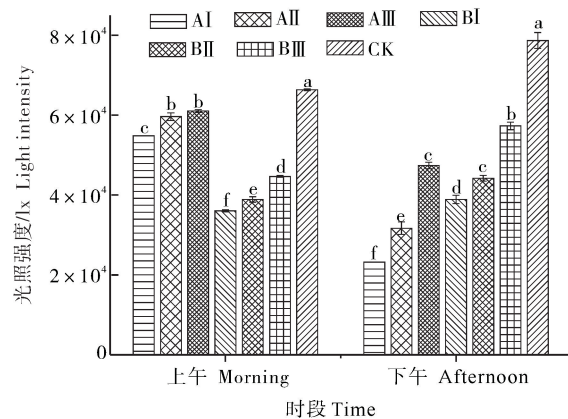
#### 1.7 半夏药用成分含量

将采挖的半夏块茎去皮洗净,置于烘箱中,50 °C 条件下烘干,烘干后研磨成粉末装袋保存于干燥器皿中。根据《中华人民共和国药典》规定进行半夏药材质量评价<sup>[1,12]</sup>。

## 2 结果与分析

### 2.1 间作玉米对半夏冠层光照、叶面温度及土壤湿度的影响

间作玉米对半夏冠层光照强度的影响如图 1 所示,不论上午还是下午,半夏单作的光照强度都显著



不同小写字母表示处理间差异显著( $P < 0.05$ ); CK 表示半夏单作。下同。Different lowercase letters on the columns indicate significant differences between treatments; CK: *P. ternata* monoculture. The same as follows.

图 1 半夏玉米间作系统条件下的光照强度

Fig.1 Light intensity under *P. ternata*-corn intercropping system

高于其他处理,分别为 66 679 和 78 714 lx,其中在上午时间段,间作方式 B 的光照强度显著低于间作方式 A,最小值为 B I 处理 36 061 lx,遮阴度为 45.7%,在下午时间段,间作方式 A 的光照强度显著低于作方式 B,最小值为 A I 处理 23 285 lx,遮阴度为 70.4%。

间作玉米对土壤温湿度的影响如表 1 所示,土壤温度最大值为半夏单作 35.7 °C,显著高于其他处理,间作方式 A 小于间作方式 B,玉米株距越小,土

壤温度越低,其中最小值为 A I 处理 31.4 °C。土壤湿度为 18.4%~18.9%,各处理间无显著性差异。

间作玉米对半夏叶面温度的影响如表 1 所示,无论上午还是下午,半夏叶面温度均为半夏单作最高,分别为 38.6 和 39.4 °C,其中在上午时间段间作方式 A 显著高于间作方式 B,最低叶面温度为 B I 处理 31.9 °C,在下午时间段间作方式 B 显著高于间作方式 A,最低叶面温度为 A I 处理 32.6 °C,同时叶面温度随着玉米密度的增高而降低。

表 1 半夏玉米间作系统中土壤温湿度和半夏叶面温度

Table 1 Soil temperature and humidity and *P. ternata* leaf temperature under the *P. ternata*-corn intercropping system

处理 Treatment	土壤温度/°C Soil temperature	土壤湿度/% Soil humidity	叶面温度/°C Leaf temperature	
			10:00 a.m.	15:00 p.m.
A I	31.4±0.8c	18.7±0.5a	34.6±0.5cd	32.6±0.7d
A II	33.2±0.6bc	18.4±0.4a	36.0±0.3bc	34.1±0.6c
A III	33.7±0.6b	18.7±0.2a	37.2±0.6b	34.9±0.5c
B I	33.0±0.6bc	18.9±0.4a	31.9±0.4f	35.0±0.4c
B II	32.9±0.5bc	18.7±0.4a	33.1±0.2ef	35.4±0.3bc
B III	34.2±0.4ab	18.7±0.1a	34.1±0.4de	36.8±0.4b
CK	35.7±0.8a	18.7±0.3a	38.6±0.9a	39.4±0.1a

## 2.2 间作玉米对半夏生长的影响

间作玉米对半夏主叶叶面积的影响结果(图 2A)显示:各个处理间半夏主叶叶面积在半夏出苗后 47 d 前无显著性差异,在出苗后 65 d 出现了显著性差异;其中 A I 处理半夏主叶叶面积最大,为 14.76 cm<sup>2</sup>;半夏单作半夏主叶叶面积最小,为 9.91 cm<sup>2</sup>;半夏叶面积随着玉米密度的增大而增大,间作方式 A 半夏叶面积显著大于间作方式 B。

间作玉米对半夏出土部分叶柄长的影响结果(图 2B)显示,各处理间半夏地上部分叶柄长在半夏出苗后 47 d 前无显著性差异,在出苗后 65 d 出现显著性差异;其中 A I 处理最长,为 7.38 cm;半夏单作最短,为 5.13 cm;半夏地上部叶柄长随着玉米密度的增大而增长,不同间作方式下的半夏地上部叶柄长无显著性差异。

间作玉米对半夏 SPAD 值的影响如图 2C 所示,半夏叶片 SPAD 值在半夏出苗后 45 d 前在各处理间无显著性差异,在出苗后 65 d 出现显著性差异;其中 A I 处理 SPAD 值最大,为 40.5;半夏单作最小,为 32.0;半夏叶片 SPAD 值随着玉米密度的增高而增大,间作方式 A 显著大于间作方式 B。

## 2.3 间作玉米对半夏生物量积累、产量及半夏块茎千粒重的影响

间作玉米对半夏生物量积累的影响结果(图 3A、B)显示:半夏叶干质量与半夏块茎干质量在半夏出苗后 49 d 前均无显著性差异,在半夏出苗后 66 d 出现显著性差异;其中半夏叶干质量最大的是 B I 处理,为 0.234 g;最小的是半夏单作,为 0.146 g;半夏块茎干质量最大的是 A II 处理,为 0.690 g;最小的是半夏单作,为 0.457 g;半夏的叶干质量及块茎干质量随着玉米株距的减小而增大,但是玉米株距减小至 50 cm 后,半夏的叶干质量及块茎干质量不再显著性增大。

间作玉米对半夏产量的影响结果(图 3C)显示:半夏产量最高的是 A I 处理,为 7 850 kg/hm<sup>2</sup>;最低的是半夏单作,为 5 444 kg/hm<sup>2</sup>;A I 处理较半夏单作增产 44%,其中 A II、A III、B I、B II、B III 处理分别较半夏单作增产了 34%、13%、44%、28%、6%,半夏产量随着玉米密度的增大而增高,间作方式 A 与间作方式 B 无显著性差异。

间作玉米对半夏块茎千粒重的影响结果(图 3D)显示:半夏块茎千粒重最高的是 B I 处理,为 970.3 g;最低的为半夏单作,为 776.2 g;不同间

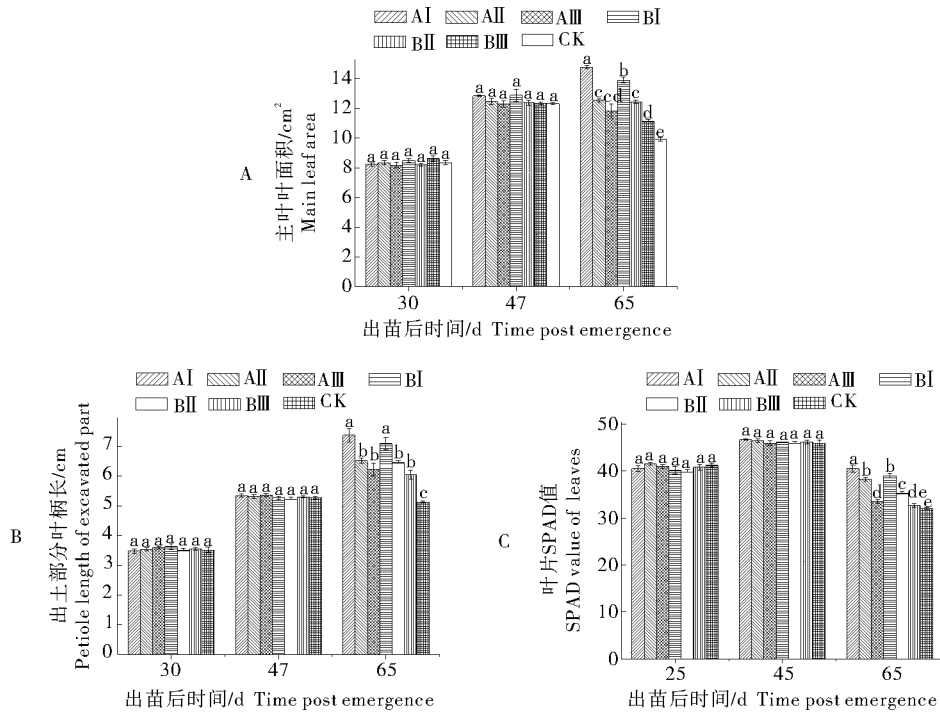


图 2 间作玉米对半夏生长的影响

Fig.2 Effect of intercropping corn on growth of *P. ternata*

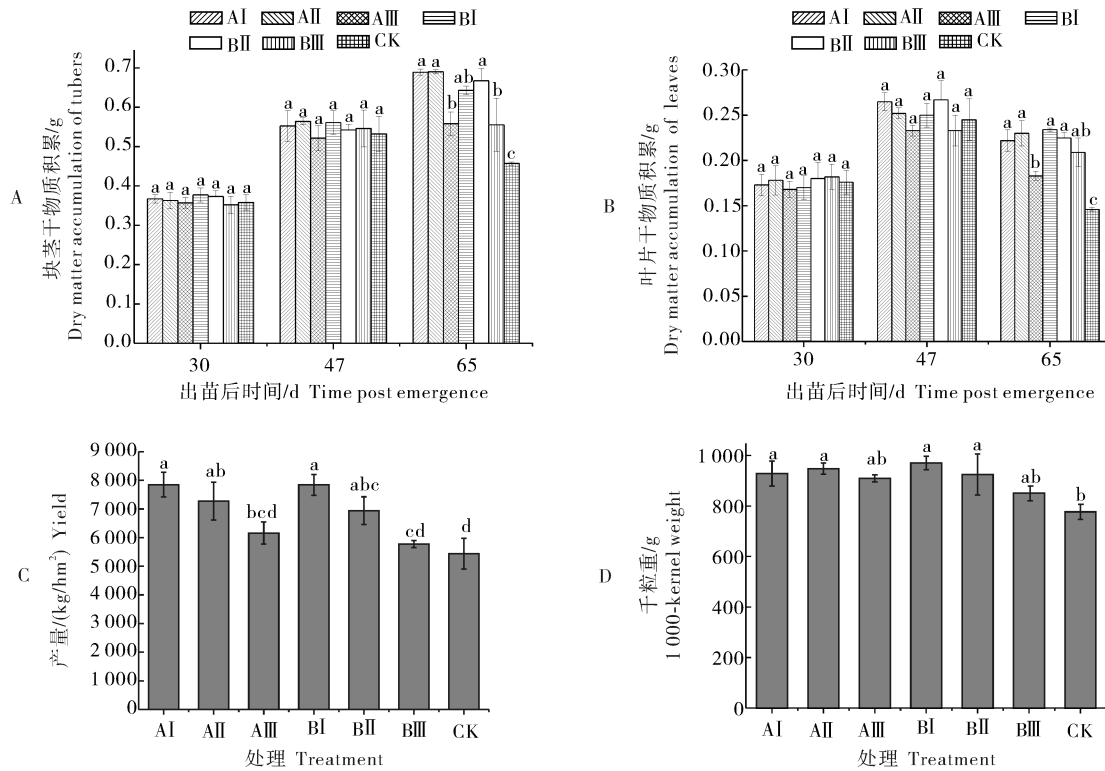


图 3 间作玉米对半夏生物量积累、产量及半夏块茎千粒重的影响

Fig.3 Effects of intercropping corn on biomass accumulation, yield of *P. ternata* and 1 000-kernel weight of *P. ternata* tuber

作方式及玉米株距之间的半夏块茎千粒重无显著性差异。

### 2.4 半夏玉米间作系统下的土地当量比和种间竞争能力

半夏玉米间作系统的土地当量比及种间竞争能力

结果(表 2)显示:各处理的土地当量比均大于 1,表明玉米半夏间作较单作具有优势;其中最大值是 A I 处理,为 1.76;最小值为 BⅢ处理,为 1.26;各处理  $A_{bp} > 0$ ,  $CR_{bp} > 1$ ,表明玉米竞争力强于半夏。

表 2 半夏玉米间作系统下的土地当量比和种间竞争能力

Table 2 Land equivalent ratio and interspecific competitiveness under the *P. ternata*-corn intercropping system

处理 Treatment	LER <sub>b</sub>	LER <sub>p</sub>	LER	A <sub>bp</sub>	CR <sub>bp</sub>
A I	0.32	1.44	1.76	5.28	4.54
A II	0.24	1.34	1.57	3.93	3.80
A III	0.19	1.13	1.32	4.17	4.50
B I	0.28	1.44	1.72	4.41	3.78
B II	0.23	1.28	1.50	3.04	3.15
B III	0.20	1.06	1.26	3.79	4.38

注 Note:LER<sub>b</sub>:间作下玉米的土地当量比 Land equivalent ratio of corn; LER<sub>p</sub>:间作下半夏的土地当量比 Land equivalent ratio of *P. ternata*; LER:半夏玉米间作总土地当量比 Land equivalent ratio; A<sub>bp</sub>:玉米相对半夏的种间竞争能力 The competitive ness of corn relative to *P. ternata*; CR<sub>bp</sub>:玉米相对半夏的竞争比率 The competitive ratio of corn relative to *P. ternate*.

### 2.5 间作玉米对半夏药材质量的影响

间作玉米对半夏药材质量的影响结果显示:半夏总灰分含量为 4.03%~4.22%,各处理与对照间无显著性差异(图 4A);半夏水溶性浸出物含量

(图 4B)最高的是半夏单作,为 13.57%,最低的是 A III 处理,为 11.49%;间作方式 B 高于间作方式 A,无明显规律;半夏总酸含量为 0.341%~0.366%(图 4C),各处理与对照间无显著性差异。

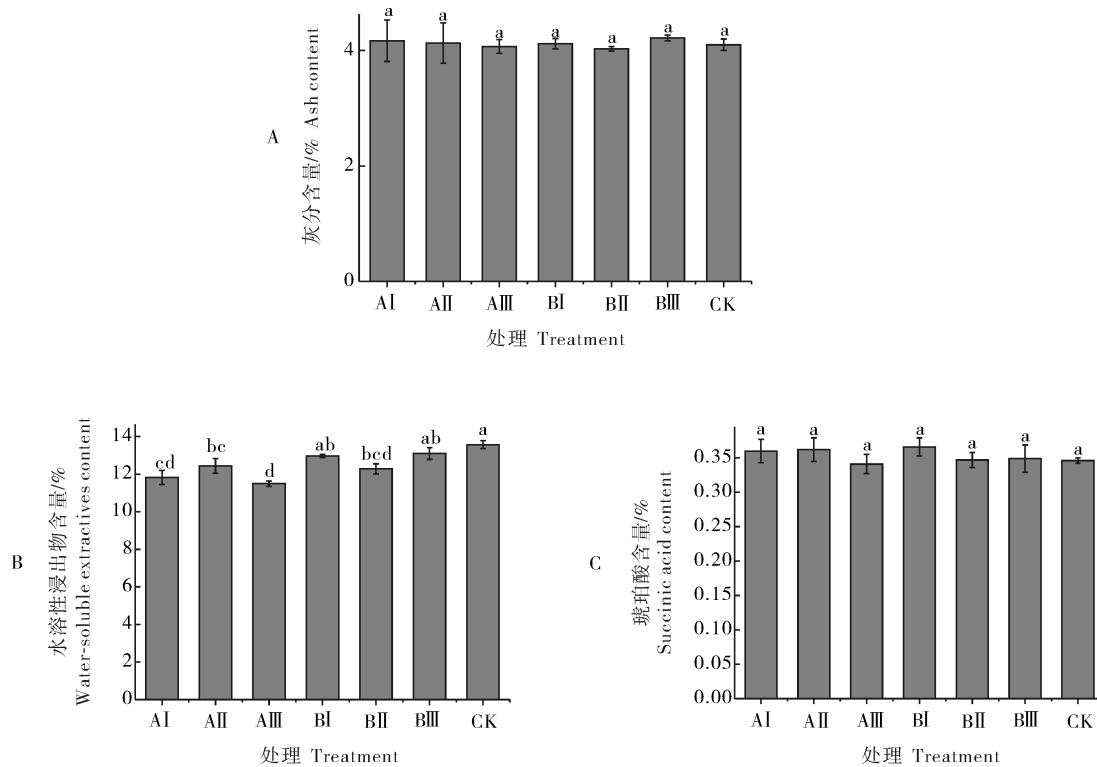


图 4 半夏玉米间作系统下的半夏药材质量评价

Fig.4 Quality evaluation of *Pinellia* tuber under the *P. ternata*-corn intercropping system

### 3 讨 论

本研究通过设置不同的间作方式以及不同的玉米株距进行半夏玉米间作试验,探讨了半夏玉米间作系统对半夏生长环境、半夏生长指标、半夏生物量积累、半夏产量及半夏药材品质的影响,结果表明:在半夏玉米间作系统中,半夏生长环境得到改善,具体为光照强度降低、叶面温度降低以及土壤温度降低,使得半夏能够避开夏季高温、高光强给半夏生长带来的不利因素,生长势较对照更好,增加了半夏的干物质积累,最终增加了半夏的产量,半夏的药材质量均符合药典要求,最优的半夏玉米间作系统为半夏与玉米 35 cm 株距等行间作。

间作系统中,下层作物的冠层光照强度以及环境温度会降低<sup>[13-14]</sup>,半夏喜温怕炎热、耐阴,适宜的生长温度为 10~27℃,超过 27℃时生长缓慢<sup>[15]</sup>。在本试验中,随着玉米种植密度的增大,间作环境下的遮阴度也随之增高,总体来说,间作方式 A 的遮阴度高于间作方式 B,所有处理的光照强度均显著低于对照,上午的遮阴度为 8.1%~45.7%,最大值出现在玉米 35 cm 株距宽窄行间作处理,下午的遮阴度为 27.2%~70.4%,最大值为玉米 35 cm 株距等行间作处理。随着遮阴度的增加,半夏的叶面温度也随之降低,呈现出半夏叶面温度随玉米种植密度的增大而降低的规律,上午间作较对照降低了 1.4~6.7℃,其中玉米 35 cm 株距宽窄行间作处理下半夏叶面温度最低,下午降低了 2.6~6.8℃,其中玉米 35 cm 株距等行间作条件下叶面温度最低,叶面温度的降低缓解了夏季高温对半夏生长所造成的不利影响。同时,在半夏玉米间作系统中,土壤温度也随着玉米密度的增大而降低,降幅为 1.5~3.8℃,其中玉米 35 cm 株距等行间作处理降幅最大。土壤湿度未出现显著性差异,原因可能是试验地在 5 月下旬至 6 月中旬长时间无降雨所致。本试验结果表明在半夏玉米间作系统中,玉米可以为半夏提供遮阴环境,同时半夏叶面温度和土壤温度得以降低。

半夏在适当遮阴的情况下生长更好,叶面积、株高显著增加,提高半夏叶绿素含量<sup>[16-17]</sup>,遮阴还能使半夏避免“光合午休”的出现<sup>[18]</sup>。在本试验中,半夏出苗后 45 d,半夏叶面积、地上部叶柄长及半夏叶片 SPAD 值在处理与对照间未出现显著性差异,是由于当时玉米生长处于大喇叭口时期,玉米不足以

为半夏提供遮阴环境,所以半夏的生长未出现显著性差异,在半夏出苗后 65 d,各处理半夏叶面积、地上部叶柄长及半夏叶片 SPAD 值较对照都显著性增加,各处理半夏叶面积较对照增加了 2.41~9.71 cm<sup>2</sup>,地上部分叶柄长增加了 0.92~2.25 cm,半夏叶片 SPAD 值增加了 0.6~8.5,其中以玉米 35 cm 株距等行间作处理的半夏生长势最优,并且半夏生长势随着玉米种植密度的增大变得更好。部分处理的叶面积、出土部分叶柄长及 SPAD 值在半夏出苗后 65 d 小于出苗后 45 d,是由于半夏在 6 月上旬出现倒苗,但是又很快出苗所导致,这与张明等<sup>[19]</sup>的研究结果一致。本研究设置的半夏玉米间作系统中,半夏生长环境发生改变,光照强度降低,半夏叶面温度降低以及土壤温度的降低,为半夏生长创造了有利的生长条件,使得半夏生长势更好。

半夏产量构成主要包括母茎的增长、母茎分生的子半夏及珠芽<sup>[20]</sup>。孟祥海等<sup>[3]</sup>研究表明,55%遮阴条件能使半夏珠芽数量及块茎鲜质量显著增加。在本试验中,半夏生物量在半夏出苗后 49 d 前,各处理间无显著性差异,可能是在半夏出苗后 49 d 前,玉米半夏间作模式下玉米植株较小,未显著改变半夏生长环境,因此,半夏生长状况在各处理与对照间未出现显著性差异;出苗后 66 d,各处理半夏生物量显著高于对照,其中叶干质量高于对照 0.037~0.088 g,并以玉米 35 cm 株距宽窄行间作处理下叶干质量最大,为 0.234 g,块茎干质量高于对照 0.098~0.232 g,其中以玉米 50 cm 株距等行间作处理下块茎干质量最大,为 0.690 g。半夏的生物量积累随着玉米种植密度的增大而增大,在玉米种植密度为 35 cm 和 50 cm 条件下无显著性差异。同时,各处理半夏产量较对照高 332~2 406 kg/hm<sup>2</sup>,其中半夏产量最高为玉米 35 cm 株距等行间作处理,为 7 850 kg/hm<sup>2</sup>,各处理千粒重较对照高 75~194 g,其中以玉米 50 cm 株距宽窄行间作处理下千粒重最高,在半夏玉米间作系统中,半夏产量和千粒重都随着玉米种植密度的增大而增高。表明间作玉米有利于半夏生物量积累、产量及千粒重的提高。

有研究表明半夏在 65%和 75%遮阴处理下有利于药用成分的积累<sup>[17]</sup>,但也有研究表明全光照有利于半夏药用成分积累<sup>[16]</sup>。在本试验中,半夏药材质量在各处理与对照之间并没有显著性差异;水溶

性浸出物含量在半夏单作中最高,但水溶性浸出物含量在各处理间并没有显著的规律性,具体原因尚不清楚。

## 参考文献 References

- [1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典一部[M]. 北京:中国医药科技出版社,2015. National Pharmacopoeia Commission. Pharmacopoeia of the People's Republic of China: Part 1[M]. Beijing: China Medical Science and Technology Press, 2015 (in Chinese).
- [2] 郭巧生. 药用植物栽培学[M]. 北京:高等教育出版社,2009. GUO Q S. Medicinal plant cultivation[M]. Beijing: Higher Education Press, 2009 (in Chinese).
- [3] 孟祥海, 张跃进, 张欢强, 等. 遮阴对半夏生物学特性的影响[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2007(3): 219-222. MENG X H, ZHANG Y J, ZHANG H Q, et al. Effects of shading treatment on biological characteristics of *Pinellia ternata* (Thunb.) Breit[J]. Journal of Northwest A&F University (natural science edition), 2007(3): 219-222 (in Chinese with English abstract).
- [4] 魏胜利, 王文全, 秦淑英, 等. 遮阴对掌叶半夏生长、产量及光合生理特性的影响研究[J]. 现代生物医学进展, 2011, 11(24): 4811-4815. WEI S L, WANG W Q, QIN S Y, et al. Effects of shading on growth, yield and photosynthesis physiological characteristics of *Pinellia pedatisecta* Schott[J]. Progress in modern biomedicine, 2011, 11(24): 4811-4815 (in Chinese with English abstract).
- [5] 张东升. 风沙半干旱区玉米/花生间作光能高效捕获和利用[D]. 北京: 中国农业大学, 2018. ZHANG D S. Study on high efficiency in capturing and using light in maize/peanut intercropping in semi-arid area[D]. Beijing: China Agricultural University, 2018 (in Chinese with English abstract).
- [6] 刘鑫. 玉豆带状间作系统光能分布、截获与利用研究[D]. 雅安: 四川农业大学, 2016. LIU X. Study of the light distribution, interception and use efficiency in maize-soybean strip intercropping system[D]. Ya'an: Sichuan Agricultural University, 2016 (in Chinese with English abstract).
- [7] 胡林. 植物叶面积系数法改进研究[J]. 中国农学通报, 2015, 31(5): 228-233. HU L. Research on improvement of plant leaf area coefficient method[J]. Chinese agricultural science bulletin, 2015, 31(5): 228-233 (in Chinese with English abstract).
- [8] 郁进元, 何岩, 赵忠福, 等. 长宽法测定作物叶面积的校正系数研究[J]. 江苏农业科学, 2007(2): 37-39. YU J Y, HE Y, ZHAO Z F, et al. Study on the correction coefficient of determining crop leaf area by length and width method[J]. Jiangsu agricultural sciences, 2007(2): 37-39 (in Chinese).
- [9] MAO L, ZHANG L, LI W, et al. Yield advantage and water saving in maize/pea intercrop[J]. Field crops research, 2012, 138: 11-20.
- [10] 陈国栋, 万素梅, 冯福学, 等. 带型对小麦间作玉米产量和种间竞争力的影响[J]. 西北农业学报, 2017, 26(7): 990-997. CHEN G D, WAN S M, FENG F X, et al. Effects of belt pattern on wheat yield and interspecific competitiveness in wheat intercropping[J]. Northwest agricultural journal, 2017, 26(7): 990-997 (in Chinese).
- [11] ZHANG G G, YANG Z B, DONG S T. Interspecific competitiveness affects the total biomass yield in an alfalfa and corn intercropping system[J]. Field crops research, 2011, 124(1): 66-73.
- [12] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典四部[M]. 北京: 中国医药科技出版社, 2015. National Pharmacopoeia Commission. Pharmacopoeia of the People's Republic of China: Part 4[M]. Beijing: China Medical Science and Technology Press, 2015 (in Chinese).
- [13] 林松明, 孟维伟, 南镇武, 等. 玉米间作花生冠层微环境变化及其与荚果产量的相关性研究[J]. 中国生态农业学报, 2020, 28(1): 31-41. LIN S M, MENG W W, NAN Z W, et al. Canopy microenvironment change of peanut intercropped with maize and its correlation with pod yield[J]. Chinese journal of eco-agriculture, 2020, 28(1): 31-41 (in Chinese with English abstract).
- [14] 高阳, 段爱旺, 刘祖贵, 等. 玉米和大豆条带间作模式下的光环境特性[J]. 应用生态学报, 2008, 19(6): 1248-1254. GAO Y, DUAN A W, LIU Z G, et al. Light environment characteristics in maize-soybean strip intercropping system[J]. Chinese journal of applied ecology, 2008, 19(6): 1248-1254 (in Chinese with English abstract).
- [15] 张国泰, 郭巧生, 王康才. 半夏生态研究[J]. 中国中药杂志, 1995(7): 395-397, 446. ZHANG G T, GUO Q S, WANG K C. *Pinellia* ecology research[J]. China journal of Chinese materia medica, 1995(7): 395-397, 446 (in Chinese).
- [16] 陈韵. 光照和土壤水分对半夏生长和品质的影响[D]. 南京: 南京农业大学, 2013. CHENG Y. Effects on the growth and quality of *Pinellia ternata* by light and soil water[D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2013 (in Chinese with English abstract).
- [17] 孟衡玲, 张薇, 卢丙越, 等. 不同遮阴处理对半夏生长、产量和质量的影响[J]. 云南农业大学学报(自然科学版), 2016, 31(6): 1080-1084. MENG H L, ZHANG W, LU B Y, et al. Effects of different shade treatments on the growth, yield and quality of *Piniella ternate*[J]. Journal of Yunnan Agricultural University (natural science edition), 2016, 31(6): 1080-1084 (in Chinese with English abstract).
- [18] 郑茹茹. 光照和水分对半夏生长及药材质量的影响[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2016. ZHENG R R. Light and fertilizer interaction on growth and quality of *Pinellia* [D]. Yangling:

- Northwest A&F University, 2016 (in Chinese with English abstract).
- [19] 张明, 钟国跃, 马开森, 等. 半夏倒苗原因的实验观察研究[J]. 中国中药杂志, 2004(3): 85-86. ZHANG M, ZHONG G Y, MA K S, et al. Experimental observation and research on the causes of sprout tumble of *Pinellia ternata* [J]. China journal of Chinese materia medica, 2004(3): 85-86 (in Chinese).
- [20] 潘世民, 刘伯坤, 李润霞. 半夏地下茎生长动态及产量构成因素[J]. 中国中药杂志, 1996(10): 18-20. PAN S M, LIU B K, LI R X. Growth dynamics and yield components of underground stems in *Pinellia ternata* [J]. China journal of Chinese materia medica, 1996 (10): 18-20 (in Chinese).

## Effects of *Pinellia ternata*-corn intercropping on growth and medicinal quality of *Pinellia ternata*

ZHU Zhenxing<sup>1</sup>, BAO Wanyu<sup>1</sup>, JIANG Linbo<sup>2</sup>, ZHONG Shumei<sup>3</sup>, MA Yiping<sup>4</sup>, SHU Shaohua<sup>1</sup>

1. College of Plant Science & Technology of Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China;

2. Hubei Jingheyuan Ecological Agriculture Co., Ltd., Shayang 448200, China;

3. Jiuxin Institute of Chinese Medicine of Jointown Pharmaceutical Group, Wuhan 430050, China;

4. Hubei Fruit & Tea Office, Wuhan 430070, China

**Abstract** Under normal *Pinellia* sowing density, two intercropping methods including corn wide-narrow rows and equal rows and three corn planting distances including 35, 50, and 65 cm were conducted to study the changes of *Pinellia ternata* growing environment, growth, yield and quality of *P. ternata*. The land equivalent ratio and interspecies competitiveness under the intercropping system were analyzed. The results showed that the leaf surface temperature, the soil temperature and the canopy light intensity of *P. ternata* were decreased with the increase of corn planting density in *P. ternata*/Corn intercropping system. Compared with the control, the leaf surface temperature of *P. ternata* decreased by 6.8 °C, and the soil temperature decreased by 4.3 °C. whereas the main leaf area, petiole length and SPAD value of *P. ternata* were significantly ( $P < 0.05$ ) increased in the intercropping system. The growth index of corn with a 35 cm equal rows plant spacing is the best compared with the control. The main leaf area, petiole length and the SPAD value increased by 4.85 cm<sup>2</sup>, 2.25 cm and 8.5, respectively. The land equivalent ratio in the intercropping system increased. Corn was more competitive than *P. ternata*. Intercropping corn significantly increased yield and single tuber weight of *P. ternata*. Under the condition of corn with a 35 cm equal rows plant spacing, the yield of *P. ternata* was the highest, with an increase of 44% compared with *P. ternata* monoculture. There is no significant difference in the medicinal quality of *P. ternata* under the intercropping corn, which meets the requirements of *Chinese Pharmacopoeia*.

**Keywords** *Pinellia ternata*; corn; intercropping methods; planting density; growth environment; interspecific competitiveness; yield; medicinal material quality

(责任编辑: 张志钰)