

不同间作模式下木薯花生光合效率比较^①

胡飞龙¹, 高倩圆¹, 焦加国¹, 黄欠如², 周 静³, 胡 锋^{1*}

(1 南京农业大学资源与环境科学学院, 南京 210095; 2 江西省红壤研究所, 江西进贤 331717;

3 中国科学院南京土壤研究所, 南京 210008)

摘 要: 田间设置木薯和花生的不同间作措施处理, 利用 LI-6400 光合仪测定不同处理的光合日变化。结果表明: ①木薯、花生的生长环境因子的日变化均为“单峰”型曲线, 其中光合有效辐射 (PAR)、田间 CO₂ 浓度 (Ca) 呈开口向下曲线, 大气相对湿度 (RH)、大气温度 (Ta) 的日变化曲线则开口向上。②不同间作措施中, 间作窄行并无绝对优势; 间作宽行可保证作物产量, 但其瞬时水分利用效率 (WUE) 和气孔限制值 (Ls) 均最低, 不利于在缺水环境下推广; 间作双行的 WUE 和 CO₂ 利用效率最高, 这在严重水分胁迫条件无疑是最优选择。③由统计分析可知, 对花生和木薯净光合速率 (Pn) 影响显著的因子均为作物蒸腾速率 (Tr)、胞间 CO₂ 浓度 (Ci)、气孔导度 (Cond) 和气孔限制值 (Ls), 其中 Pn 与 Tr、Cond、Ls 呈正相关, 与 Ci 呈负相关。木薯、花生的“午休”现象主要由非气孔因素决定, 其气孔机制是作物蒸腾速率 (Tr) 和胞间 CO₂ 浓度 (Ci) 双重起作用的结果, 首先起作用的是 Tr 诱发的光抑制, 之后气孔开关则是由 Ci 调控。

关键词: 木薯; 花生; 净光合速率; 产量; 日变化

中图分类号: S151.9+1

不同作物的间套作可以充分利用水土光热资源、单位面积获得更高产量, 在我国农业中具有举足轻重的地位。由于作物种类不同, 其高矮、株型、叶型的差异而在田间形成了许多通风走廊, 便于空气流通; 另外, 复合群体对光能的利用率也远远高于单一群体^[1], 在我国土地资源有限的前提下, 对间套种系统的研究无疑具有相当重要的现实意义。

木薯 (*Manihot esculenta*) 是世界三大薯类作物之一, 有着“地下粮仓”、“淀粉之王”之美誉, 也是我国南方红壤区重要经济作物, 随着技术的进步和人们生活水平的提高, 目前木薯的作用发生了根本性变化, 已成为世界公认的综合利用价值极高的经济作物。花生 (*Arachis hypogaea*) 是我国重要的经济作物和油料作物之一, 在油料作物中种植面积仅次于油菜, 居于第二位, 是国民经济发展的保障^[2]。

目前, 关于花生、木薯光合特征的研究有许多, 有关于新品种筛选的, 如李开锦等^[3-4]就系统比较了不同木薯品种间的光合差异, 以筛选出最优品种, 蓝新隆等^[5]则针对花生某一品种, 研究花生叶面积与干物质积累的关系; 也有相关间套作系统的, 如郭峰等^[6]

对小麦-花生套作系统的研究以及焦念元等^[7]对玉米-花生间套作群体的研究等等, 但这些研究主要停留在光物质的积累层面上, 对于微观上如光合的效率的影响很少涉及, 而对木薯-花生的间作系统的研究更是匮乏, 所以进行此项研究显得尤为必要。本文试图通过对不同间作措施下木薯、花生光合效率的比较, 寻找对木薯-花生间作的最优方案, 为农业生产提供帮助。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地设在江西红壤站试验基地, 供试土壤为第三纪红砂岩发育的红壤, 地属亚热带季风气候, 年平均气温 17.7 °C, 年无霜期 270 天左右, 年平均降雨量 1710.4 mm, 降雨主要集中在 3—6 月, 多雨季节水土流失严重, 7—9 月干旱少雨, 常出现严重的伏旱和秋旱。

1.2 试验设计和试验方法

1.2.1 试验设计 本实验选择木薯品种为华南 205, 属木薯苦品种, 又名细叶木薯, 薯块圆锥形, 喜肥, 栽后 8 个月即可收获, 为目前木薯主栽品种。花

①基金项目: 国家 863 计划项目 (2002AA2Z4331) 资助。

* 通讯作者 (fenghu@njau.edu.cn)

作者简介: 胡飞龙 (1985—), 男, 江苏连云港人, 硕士研究生, 主要从事恢复生态方面的研究。E-mail: hufeilong100@163.com

生品种选择赣花 3 号，该产品经江西省农业科学院选育，适于江西省红壤旱地和水旱轮作配套耕作栽培。

实验采用随机区组设计，小区面积 $12\text{ m} \times 8\text{ m} = 96\text{ m}^2$ ，分 5 个处理、3 个重复，共 15 个小区，实验区四周均设有保护行，具体处理见表 1。

表 1 花生、木薯不同处理措施

Table 1 Different treatments between peanut and cassava

| 组别 | 处理措施 |
|------|---|
| 纯作花生 | 每小区花生 31 行，每行 59 穴 |
| 纯作木薯 | 每小区木薯 12 行，每行 10 株 |
| 间作宽行 | 每小区花生 27 行，木薯 4 行，木薯中间间作 9 行花生 |
| 间作窄行 | 每小区花生 24 行，木薯 7 行，木薯中间 4 行花生 |
| 间作双行 | 每小区花生 23 行，木薯 8 行，2 行一组，木薯两侧夹 8 行花生，中间夹 7 行花生 |

1.2.2 试验方法 随机选取 1 个重复组，对花生、木薯分别随机选取大小、长势一致的 3 个植株。于 2009 年 7 月 23 日，即木薯花生的成熟期内（可以表征作物的产量指标），使用 LI-6400 便携式光合作用测定系统，对植株上部选择从顶部向下第 7~9 片叶（其中木薯为其掌状叶中间一裂），从 6:00—18:00 每 2 h 一次对其光合作用进行测定。

测定的光合生理生态指标为：叶片的净光合速率（ P_n ， $\text{CO}_2\ \mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ ）、蒸腾速率（ T_r ， $\text{H}_2\text{O}\text{ mmol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ ）、气孔导度（ Cond ， $\text{H}_2\text{O}\text{ mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ ）、胞

间 CO_2 浓度（ C_i ， $\mu\text{mol}/\text{mol}$ ）等生理因子和大气温度（ T_a ， $^\circ\text{C}$ ）、田间 CO_2 浓度（ C_a ， $\mu\text{mol}/\text{mol}$ ）、光合有效辐射（ PAR ， $\mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ ）、相对湿度（ RH ，%）、叶温下蒸汽压亏缺（ VPDL ， kPa ）等环境因子。同时利用公式计算气孔限制值（ L_s ，%）和叶片瞬时水分利用效率（ WUE ， $\text{CO}_2\ \mu\text{mol}/\text{mol}$ ），即 $L_s = 1 - C_i/C_a$ ^[8]； $\text{WUE} = P_n/T_r$ ^[9]。

产量收获期：花生为 8 月 18 日，木薯为 10 月 26 日。

1.3 数据分析

试验数据采用 Excel 和 SAS 统计软件进行方差分析，用 SAS 的 FACTOR 过程进行因子分析。

2 结果与分析

2.1 花生木薯生长环境因子的日变化规律

光合有效辐射（ PAR ）是太阳辐射能中可以被绿色植物用来进行光合作用的能量，波长在 $400 \sim 700\text{ nm}$ 之间。 PAR 与植物的光合速率有着显著相关关系，是植物生长所需的基本能量，也是影响陆地和海洋初级生产力的一个重要因子，与大气相对湿度（ RH ）、田间 CO_2 浓度（ C_a ）以及大气温度（ T_a ）均是作物生长重要的环境因子。

环境因子的日变化，在不同处理中呈现相似轨迹，为更好说明环境因子的总体变化趋势，对各种处理下木薯花生的光合数据均值进行分析，并绘制成图（图 1、图 2）。

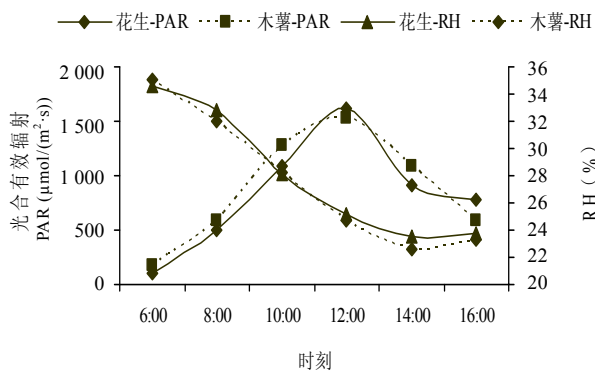


图 1 PAR 和 RH 日变化

Fig. 1 Diurnal variations of PAR and RH

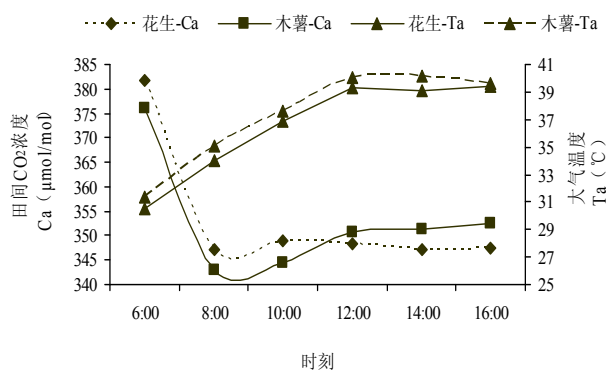


图 2 C_a 和 T_a 日变化

Fig. 2 Diurnal variations of C_a and T_a

由图 1、图 2 可以看出，花生和木薯测量时的 PAR 和 T_a 日变化均为开口向下的“单峰”曲线，其 PAR 在凌晨 6:00 最低（花生 $95.96\ \mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ 、木薯 169.50

$\mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ ），12:00 时达峰值（花生 $1\ 621.55\ \mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ 、木薯 $1\ 525.48\ \mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ ）； T_a 也在凌晨最低，之后逐渐增大，但和 PAR 不同的是， T_a 的峰值

出现较晚,即在 12:00 达峰值以后,Ta 一直延续到 14:00 左右才开始下降。

Ca 和 RH 的日变化与 PAR 和 Ta 相反,为开口向上的“单峰”曲线。Ca 在 6:00 时最高(花生 381.59 $\mu\text{mol}/\text{mol}$ 、木薯 375.99 $\mu\text{mol}/\text{mol}$),在 8:00 时降至最低值(花生 347.18 $\mu\text{mol}/\text{mol}$ 、木薯 342.89 $\mu\text{mol}/\text{mol}$),此后开始缓慢上升过程;测量花生木薯时的 RH 同样在 6:00 时最高(花生 34.58%、木薯 35.12%),之后直线下降,一直到下午 14:00 降到最低(花生 23.52%、木薯 22.59%)后又有所回升。

2.2 光合速率和蒸腾速率的日变化特征

2.2.1 光合速率日变化 图 3 表明,不同处理下花生叶片的光合速率(Pn)日变化为典型的“双峰”曲线,上午随着 PAR 的增强,Pn 在 8:00 时出现极大值(其中纯作花生的光合效率最高,可达 15.81 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$,间作宽行下花生的极值则延迟到 10:00 附近),下午 14:00 Pn 出现最低值,说明有明显的“午休”现象。16:00 时又出现另一个小型峰。Pn 的多重方差分析表明,不同处理措施下花生的 Pn 差异达到极显著水平($P<0.01$)。不同处理的产量数据依次为(表 2):纯作花生(3 220.5 kg/hm^2)>间作宽行(3 096.0 kg/hm^2)>间作窄行(2 292.0 kg/hm^2)>间作双行(2 046.0 kg/hm^2)。

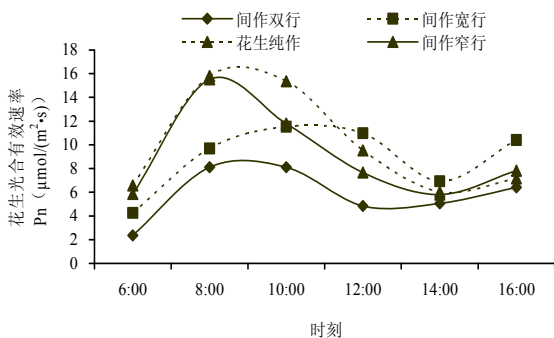


图 3 花生 Pn 日变化

Fig. 3 Diurnal variation of Pn of peanut

表 2 不同处理下木薯花生的产量

Table 2 The yields of both peanut and cassava under different treatments

| 不同处理 | 花生 (kg/hm^2) | 木薯 (kg/hm^2) |
|------|--------------------------------|--------------------------------|
| 花生纯作 | 3 220.5 | — |
| 间作宽行 | 3 096.0 | 23 368.5 |
| 间作窄行 | 2 292.0 | 21 144.0 |
| 间作双行 | 2 046.0 | 20 368.5 |
| 木薯纯作 | — | 39 160.5 |

与花生类似,木薯的 Pn 日变化规律也有显著的“双峰”曲线和“午休”现象(图 4)。但木薯和花生的 Pn 峰值在时间上有颠倒现象,即间作宽行下花生 Pn 峰值出现在 8:00,而木薯的 Pn 峰值则出现在 10:00;其他 3 种方式下花生的 Pn 峰值均出现在 10:00,而木薯的峰值则为 8:00。各种处理间存有显著差异,其产量大小为:纯作木薯(39 160.5 kg/hm^2)>间作宽行(23 368.5 kg/hm^2)>间作窄行(21 144.0 kg/hm^2)>间作双行(20 368.5 kg/hm^2)。方差分析表明,木薯 Pn 的模型差异同样显著($P<0.01$)。

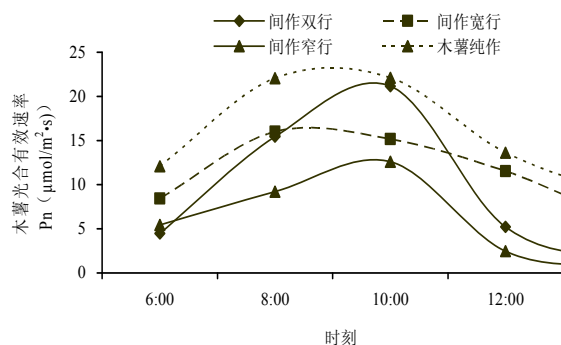


图 4 木薯 Pn 日变化

Fig. 4 Diurnal variation of Pn of cassava

2.2.2 蒸腾速率日变化 图 5 表明,花生蒸腾速率(Tr)的日变化趋势大体分为两类:间作双行和花生纯作皆于 10:00 时出现峰值,下午 14:00 左右出现低谷,并在 16:00 又开始攀升;间作宽行和间作窄行处理下的 Tr 日变化则相反,在 12:00 附近间作宽行呈现为峰,而间作窄行表现为谷,它们在 16:00 以后的变化趋势亦是相反,间作窄行开始下降,而间作宽行则呈继续上升态势。花生 Tr 的日平均水平依次为:间作宽行(3.25 $\text{mmol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$)>纯作花生(3.03 $\text{mmol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$)>间作窄行(2.85 $\text{mmol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$)>间作双行(1.33 $\text{mmol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$)。分析表明,花生各处理间 Tr 的差异均达显著水平($P<0.01$)。

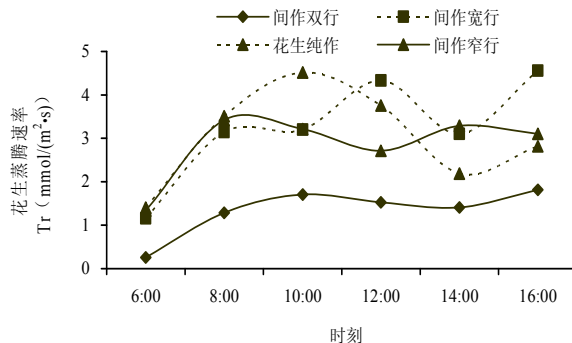
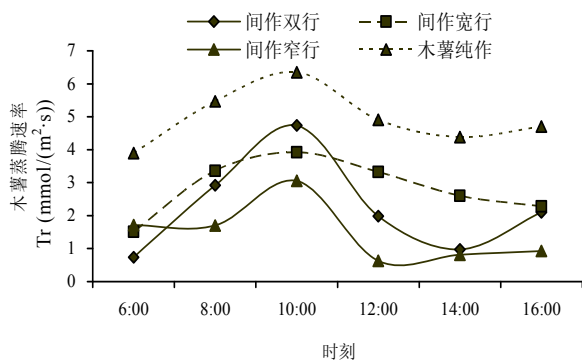


图 5 花生 Tr 日变化

Fig. 5 Diurnal variation of Tr of peanut

相对于花生的 Tr 而言, 木薯的 Tr 变化趋势则比较明朗, 如图 6 所示, 木薯 Tr 变化均为典型的“双峰”曲线, 在早上 10:00 达最大值, 到下午 16:00 附近 Tr 开始有小幅上升。此时, 木薯的 Tr 日平均水平为: 纯作木薯 ($4.95 \text{ mmol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$) > 间作宽行 ($2.83 \text{ mmol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$) > 间作双行 ($2.24 \text{ mmol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$) > 间作窄行 ($1.47 \text{ mmol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$)。分析表明, 木薯各处理间 Tr 的差异依然显著 ($P < 0.01$)。

图6 木薯 Tr 日变化Fig. 6 Diurnal variation of Tr of cassava

即在产量方面, 无论木薯还是花生都遵循这样一条定律: 纯作 (花生/木薯) > 间作宽行 > 间作窄行 > 间作双行。

2.3 水分利用效率的日变化

多数农作物在早晨的水分利用效率 (WUE) 最高, 由图 7 和图 8 亦可以看出, 花生和木薯的 WUE 也正遵循这一规律。

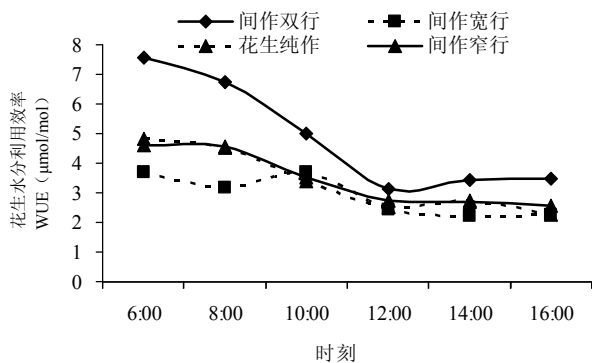


图7 花生 WUE 日变化

Fig. 7 Diurnal variation of WUE of peanut

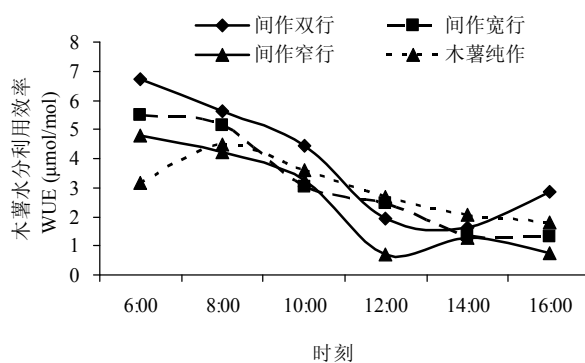


图8 木薯 WUE 日变化

Fig. 8 Diurnal variation of WUE of Cassava

花生和木薯的 WUE 均在凌晨最高, 在 12:00 附近达最低, 午后又开始缓慢上升过程。如图 7 所示, 花生早晨的 WUE 最高, 此后随着 PAR 的增强以及 T_a 的升高, WUE 开始下降, 特别是正午阶段的 12:00—14:00, 为 WUE 最低阶段, 符合植物的“午休”现象。日平均 WUE 大小依次为: 间作双行 ($4.89 \mu\text{mol}/\text{mol}$) > 间作窄行 ($3.46 \mu\text{mol}/\text{mol}$) > 纯作花生 ($3.38 \mu\text{mol}/\text{mol}$) > 间作宽行 ($2.91 \mu\text{mol}/\text{mol}$)。经分析, 各处理间花生的 WUE 差异均达显著水平 ($P < 0.01$)。

木薯 WUE 的日平均顺序略有不同: 间作双行 ($3.87 \mu\text{mol}/\text{mol}$) > 间作宽行 ($3.14 \mu\text{mol}/\text{mol}$) > 纯作木薯 ($2.96 \mu\text{mol}/\text{mol}$) > 间作窄行 ($2.51 \mu\text{mol}/\text{mol}$)。经分析, 各处理间木薯的 WUE 差异也达显著水平 ($P < 0.01$)。

2.4 净光合速率和气孔限制值对生理生态因子的响应

植物的光合作用效率不仅受外部生态因子的影响, 而且也受到内在生理因子的影响, 为说明其相关关系, 借助纯作措施下木薯花生的光合日变化数据, 采用 SAS 的 FACTOR 过程作相关分析, 各相关因子的响应见表 3。

由表 3 可见, 花生和木薯的 P_n 均与 $Cond$ 、 Tr 、 RH 、 PAR 、 L_s 呈正相关, 与 C_i 、 $VPDL$ 呈负相关关系。对花生光合影响显著的因子有 4 个, 即 Tr 、 C_i 、 $Cond$ 和 L_s , 其中 $Cond$ 对影响最大, 相关系数达 0.99, 其次为 Tr , 相关系数为 0.80, L_s 和 C_i 则相反 (值均为 0.73); 对木薯光合影响显著的因子同样为 Tr 、 C_i 、 $Cond$ 和 L_s 4 因子, 但各因子相关系数差别不大, 其中正相关的 Tr 和 $Cond$ 相关系数分别为 0.72 和 0.64, L_s 和 C_i 依然互为镜像, 相关系数大小为 0.82。

表 3 花生木薯各因子对 Pn 和 Ls 的响应

Table 3 Effects of different factors on Pn and Ls of both peanut and cassava

| | Cond | Ci | Tr | VPDL | WUE | RH | PAR |
|-------|--------|---------|--------|-------|--------|-------|--------|
| 花生 Pn | 0.99** | -0.73** | 0.80** | -0.16 | 0.33 | 0.39 | 0.47 |
| 木薯 Pn | 0.64** | -0.81** | 0.72** | -0.26 | 0.92** | 0.42 | 0.57* |
| 花生 Ls | 0.64** | -0.99** | 0.85** | 0.38 | -0.15 | -0.14 | 0.72** |
| 木薯 Ls | 0.09 | -0.99** | 0.79** | 0.32 | 0.61** | -0.13 | 0.85** |

注：花生 Pn 和 Ls 相关系数为 0.73**，木薯 Pn 和 Ls 相关系数 0.82**；**表示在 $P < 0.01$ 水平极显著相关；*表示在 $P < 0.05$ 水平显著相关。

两种作物的 Ls 与 Ci 呈现显著负相关，数值高达 0.99，此外 Ls 和 PAR、Tr 以及 Pn 均呈显著正相关。

3 小结与讨论

在木薯、花生间作这一复杂的生态系统中，有着 4 种不同的种植方案，针对各种处理下光合日变化以及产量的分析，我们可以得出以下结论：

3.1 间作窄行

在不同间作处理中，间作窄行的综合光合效率一般，WUE 以及 Ls 也是中等，可以视其为间作宽行和间作双行的过度类型，间作窄行并无绝对的间作优势。按田间种植经验，间作窄行下木薯会遮挡花生的部分光照，花生的光合效率会很低，事实上该处理下花生的产量却稍高于间作双行，这应该受植株选择、作物养分或根系分布等随机因素的影响。

3.2 间作宽行

水分利用效率 (WUE) 又称蒸腾效率，表达了植物碳素同化和蒸腾耗水之间的定量关系，是植物消耗水分形成干物质的基本效率^[10]。WUE 是对植物性能的一种测量，在农作物系统中，提高水分利用效率是面对有限的水供给时增加农作物产量的有效方法^[11-13]。

从提高作物产量来看，间作宽行无疑是最优方案。在间作宽行措施下，无论木薯还是花生的 Pn 都维持很高的值，其产量数据也仅次于纯作措施下的值，而且该措施下气孔导度 Cond 一直处于较高水平，这对于其有效利用光能是一个潜在优势，也暗合其强大的蒸腾作用，其在蒸腾速率上占据优势，这对于水分利用以及养分传递无疑是一大利好，但该措施同时也产生不可避免的缺陷，即 WUE 和 Ls 的低下^[14-15]。在水分匮乏地区，随着土壤水分胁迫程度的加剧，间作宽行无疑对作物生长产生不利影响。

虽然由实验数据来看，间作措施使得花生、木薯双方的光合 (产量) 都产生一定程度的下降，但间作系统整体依然是优于纯种措施的，因为除了纯粹的光

合效率外，间套作还可通过增强叶片光合性能和提高光的截获率与转化效率来提高光能利用率，而且其根系分布对于养分利用方面亦有着不可替代的优势，已有实践证明间套作可使产量提高 20% ~ 50%^[16-17]。

3.3 间作双行

花生没有木薯耐高温，其在“午休”之后 Pn 就一直很低，甚至要低于早晨的光合效率，这充分说明了间作高秆植物对花生重要性，间作双行可保证花生的水分利用效率在“午休”后得到一定程度的恢复。

许多研究已经揭示，在干旱条件下，具有高 WUE 的植物被期待显示相对高的产量^[18]。因此，在水分限制条件下挑选具有高 WUE 或具由高潜在生产力间作模式无疑是生产的一个重要目标。大量的研究指出温度和 WUE 存在负相关性^[19]，而其他的研究结果则得出两者间存在正相关性的结论^[20]，本实验支持负相关说，由实验可以得出，花生 WUE 和 Ta 的相关系数为 -0.96，木薯的则为 -0.53，皆为显著负相关。

虽然间作双行在本实验中的产量处于劣势，但其在水分利用效率 WUE 和 CO₂ 利用效率方面却体现独特优势，不仅高于其他间作措施，甚至高于纯作花生和木薯。所以，在重度水分胁迫条件下以及资源匮乏区域，间作双行无疑是最优选择，以在干旱的条件下保证较高的产量，这也给我们在缺水的环境中指明一条方向。

参考文献：

- [1] 陈东林. 浅谈间作、套种和带状种植. 粮经栽培, 2007(6): 17-18
- [2] 万书波, 单世华, 李春娟, 胡文广. 我国花生安全生产现状与策略. 花生学报, 2005, 34(1): 1-4
- [3] 张振文, 李开绵, 叶剑秋, 许瑞丽. 木薯光合作用特征研究. 云南大学学报(自然科学版), 2007, 29(6): 628-632
- [4] 陈冠喜, 李开绵, 叶剑秋, 许瑞丽. 6 个木薯品种光合特征的研究. 中国农学通报, 2009, 25(12): 263-266

- [5] 蓝新隆, 唐兆秀, 徐日荣, 王雪英. 花生“抗黄 1 号”叶面积与干物质积累动态研究. 江西农业学报, 2007, 19(4): 17-19
- [6] 郭峰, 王才斌, 李新国, 徐平丽, 万书波. 小麦-花生套作对花生光合色素、生长形状和产量的影响. 华北农学报, 2008, 23(增刊): 1-4
- [7] 焦念元, 陈明灿, 付国占, 宁堂原, 王黎明, 李增嘉. 玉米花生间作复合群体的光合物质积累与叶面积指数变化. 作物杂志, 2007(1): 34-35
- [8] Berry JA, Downton WJS. Environmental Regulation of Photosynthesis. New York: Academic Press, 1982: 263-343
- [9] Fischer RA, Tumer NC. Plant Productivity in the Arid and Semiarid Zones. Annual Review of Plant Physiology, 1978, 29: 227-317
- [10] 彭世彰, 丁加丽, 许俊增, 张瑞美. 不同灌溉模式下光合有效辐射与水稻叶片水分利用效率关系研究. 灌溉排水学报, 2006, 25(4): 1-5
- [11] 曹生奎, 冯起, 司建华, 常宗强, 卓玛措, 席海洋, 苏永红. 植物叶片水分利用效率研究综述. 生态学报, 2009, 29(7): 3 882-3 892
- [12] Richards RA, Rebetzke GJ, Condon AG, vanHerwaarden AF. Breeding opportunities for increasing the efficiency of water use and crop yield in temperate cereals. Crop Science, 2002, 42: 111-121
- [13] 王会肖, 刘昌明. 作物水分利用效率内涵及研究进展. 水科学进展, 2000, 11(1): 99-104
- [14] 冀瑞锋. 作物蒸发蒸腾量研究. 科技情报开发与经济, 2009, 19(10): 138-139
- [15] 徐俊增, 彭世彰, 丁加丽, 张瑞美. 控制灌溉的水稻气孔限制值变化规律试验研究. 水利学报, 2006, 37(4): 486-491
- [16] 宁堂原, 焦念元, 安艳艳, 赵春, 申加祥, 李增嘉. 间套作资源集约利用及对产量品质影响研究进展. 中国农学通报, 2007, 23(4): 159-163
- [17] Mason SC, Leihner DE, Vorst JJ. Cassava-cowpea and cassava-peanut. American Society of Agromy, 1986, 78: 43-46
- [18] Ehleringer JR, Klassen S, Clayton C, Sherrill D, Holbrook MF, Fu QN, Cooper TA. Carbon isotope discrimination and transpiration efficiency in common bean. Crop Sci., 1991, 31: 1 611-1 615
- [19] Korner CH, Farquhar GD, Roksaudic Z. A global survey of carbon isotope discrimination in plants from high altitude. Oecologia, 1988, 74: 623-632
- [20] Loader NJ, Switsur VR, Field EM. High resolution stable isotope analysis of tree rings: Implications of “microdendro climatology” for paleo environmental research. Holocene, 1995, 5: 457-460

Comparison of Photosynthesis Efficiency in Different Intercropping Pattern of Cassava with Peanut

HU Fei-long¹, GAO Qian-yuan¹, JIAO Jia-guo¹, HUANG Qian-ru², ZHOU Jing³, HU Feng¹

(1 College of Resources and Environmental Science, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China; 2 Red Soil Institute of Jiangxi Province, Jinxian, Jiangxi 331717, China; 3 Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, China)

Abstract: By setting several intercropping patterns of cassava with peanut, we used the LI-6400 photosynthesis system to study the diurnal variation of photosynthesis under different treatments. The results showed that: ①The diurnal variations of photosynthesis of both cassava and peanut had a single peak: the curves of PAR and atmospheric RH open downward when the curves of Ca and Ta open to a opposite direction. ②During several intercropping patterns, narrow-intercropping had no intercropping advantage while wide-intercropping seems to be an optimal production program. However, the WUE and Ls of wide-intercropping were the lowest which would make it not popular in the arid region; Double-intercropping had an efficient use of water and CO₂ which would play an important role in the area shortage of resources. ③Four factors had significant effects on the Pn of both peanut and cassava, namely, Tr, Ci, Cond and Ls. Furthermore, Tr, Cond and Ls had positive correlation with Pn while Ci showed negative correlation. Peanut and cassava had "midday depression" by which stomata mechanism was impacted by both transpiration rate (Tr) and intercellular CO₂ concentration (Ci), which meant that the mechanism of photo inhibition worked first and then followed by the mechanism of Ci.

Key words: Cassava, Peanut, Net photosynthetic rate, Production, Diurnal variation