

朱绍丹, 陈 丽, 焦 健, 等. 土壤干旱及生草间作对油橄榄光合特性的影响[J]. 江苏农业学报, 2019, 35(2): 282-288.
doi:10.3969/j.issn.1000-4440.2019.02.006

土壤干旱及生草间作对油橄榄光合特性的影响

朱绍丹¹, 陈 丽¹, 焦 健¹, 李朝周^{2,3}, 刘文兰¹, 赵 阳¹

(1. 甘肃农业大学林学院, 甘肃 兰州 730070; 2. 甘肃农业大学生命科学与技术学院, 甘肃 兰州 730070; 3. 甘肃省干旱生境作物学重点实验室/甘肃农业大学, 甘肃 兰州 730070)

摘要: 为研究土壤干旱、生草间作交互作用对油橄榄光合特性的影响, 并结合相关研究, 探讨其内在机制, 设置土壤干旱胁迫的水分梯度, 以不同生草间作的盆栽油橄榄幼苗为研究对象, 使用便携式 LI-6400 光合仪测定油橄榄的主要光合参数, 并测定叶片含水量、光合色素含量、RuBP 羧化酶活性及根系活力。结果表明, 随着土壤干旱胁迫程度加剧, 油橄榄叶片含水量、光合色素含量有一定程度的下降; 净光合速率及 RuBP 羧化酶活性在土壤含水量由 18% 下降到 15% 时差异不显著, 由 12% 下降到 9% 时显著下降。干旱条件下间作生草相比不间作对照组提高了油橄榄根系活力且降低了叶片的蒸腾速率, 从而提高了叶片含水量; 油橄榄叶片的净光合速率、水分利用效率、光合色素含量和 RuBP 羧化酶活性也有一定的提高, 以土壤含水量 12% 且间作白三叶+百喜草效果最佳。说明, 土壤含水量为 12% 且间作百喜草+白三叶有利于改善油橄榄对水分的吸收和光合色素积累, 从而提高叶片的光合能力。

关键词: 干旱; 生草间作; 油橄榄; 光合特性

中图分类号: S565.7 文献标识码: A 文章编号: 1000-4440(2019)02-0282-07

Effects of soil drought and grass intercropping on photosynthetic characteristics of olive

ZHU Shao-dan¹, CHEN Li¹, JIAO Jian¹, LI Chao-zhou^{2,3}, LIU Wen-lan¹, ZHAO Yang¹

(1. College of Forestry, Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070, China; 2. College of Life Science and Technology, Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070, China; 3. Gansu Provincial Key Laboratory of Aridland Crop Science/Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070, China)

Abstract: In order to study the effects of soil drought and intercropping interaction on the photosynthetic characteristics of olive, and to explore its internal mechanism, the water gradient of soil drought stress was set, and potted olive seedlings intercropped with different grasses were studied. The main photosynthetic parameters of olive were measured using portable li-6400 photosynthetic apparatus, and leaf water content, photosynthetic pigment content, RuBP carboxylase activity and root activity were measured. The results showed that the water content and photosynthetic pigments content of olive leaves decreased to a certain extent with the increase of soil drought stress. The net photosynthetic rate and RuBP carboxylase activity had no significant difference when soil water content decreased from 18% to 15%, but decreased significantly when soil water content decreased from 12% to 9%. Under drought conditions, root activity of olive was increased, and transpiration rate of olive leaves was decreased in the treatment of intercropping with grass compared with those in the control group, thus the water content of olive leaves was increased. The net photosynthetic rate, water use efficiency, photosynthetic pigment content and RuBP carboxylase activity of olive leaves were also increased, and the best effect was obtained by intercropping white *Trifolium repens*+*Paspalum notatum* with 12% soil moisture content. In conclusion, soil moisture content of 12% and in-

收稿日期: 2018-07-12

基金项目: 甘肃农业大学学科建设专项 (GAU-XKJS-2018-115、GAU-XKJS-2018-174); 国家自然科学基金项目 (31660223); 甘肃省农牧厅农业科技创新项目 (GNCX-2016-28)

作者简介: 朱绍丹 (1993-), 女, 甘肃兰州人, 硕士研究生, 研究方向为果树生理生态研究。 (E-mail) 903975697@qq.com

通讯作者: 焦 健 (1966-), (E-mail) jiaoj@gsau.edu.cn

terol group, thus the water content of olive leaves was increased. The net photosynthetic rate, water use efficiency, photosynthetic pigment content and RuBP carboxylase activity of olive leaves were also increased, and the best effect was obtained by intercropping white *Trifolium repens*+*Paspalum notatum* with 12% soil moisture content. In conclusion, soil moisture content of 12% and in-

tercropping with *Trifolium repens*+*Paspalum notatum* could improve water absorption and photosynthetic pigments accumulation of olive, thus improving photosynthetic capacity of leaves.

Key words: drought; grass intercropping; *Olea europaea* L.; photosynthetic characteristics

油橄榄(*Olea europaea* L.)属木犀科(Oleaceae)木犀榄属(*Olea*),常绿乔木,主要分布在北纬45°到南纬37°之间,在世界各国均引种栽培,盛产于地中海气候区。中国从上世纪60年代开始,种植面积和范围逐年增加,已有十多个省份种植^[1-3]。油橄榄的大量引种可以扭转中国橄榄油主要依靠进口的局面,还可改善国民饮食结构,巩固和提高植被覆盖率,保护生态脆弱区的环境,促进相关地区农民的脱贫与增收,因此发展油橄榄产业势在必行。目前,陇南山区的油橄榄种植主要集中在武都区的白龙江川坝河谷及半山区^[4],武都区的油橄榄主要种植区大多都是不便于灌溉的山地,且武都地区气候特征独特,所以干旱导致油橄榄生长发育不理想,因此探索增强油橄榄抗旱性的研究是油橄榄研究中必不可少的基础性研究。

种植生草是果园间作生草的重要技术之一,有研究表明,果园生草间作增加了土壤养分和水容量,同时增加了土壤有机质含量,改善了果园微生态环境,保护了天敌种群,促进水果无污染生产,已成为现代生态果园种植技术^[5]。孙守家等^[6]对华北石质山区核桃-绿豆复合系统的研究表明,核桃-绿豆农林复合系统中,干旱季节绿豆的叶片水势和光合速率及土壤含水量在清晨显著高于单作,说明间作绿豆相比单作绿豆具有更好的水分条件。中国关于生草间作在上世纪末以绿色果品生产技术在范围进行推广,但推广的面积占果园面积的比例不足10%^[7-8],间作生草依旧处于小面积试验阶段,究其原因主要还是对生草的认识及技术储备不足。

中国的油橄榄园主要分布在低山河谷地带,土壤有机质含量偏低,油橄榄园间作生草,对于增加果园土壤有机质含量,改变土壤理化和生物学性质具有重要意义^[9]。光合作用是植物合成有机化合物的重要生理过程,是油橄榄生长发育重要的生理基础^[10-11],为此我们在前期关于生草影响油橄榄生长发育及果园土壤条件的基础上^[9-12],开展不同干旱条件下间作不同生草影响油橄榄光合生理指标的试验,根据本试验及他人的相关研究结果,探讨生草间作对油橄榄光合特性的影响及其相关机制,为油

橄榄间作生草提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料与试验设计

1.1.1 试验材料 试验选取甘肃省陇南市武都区康源油橄榄科技开发公司油橄榄种植基地(海拔800 m,东经104°94',北纬33°43')的油橄榄幼苗为试验材料,供试品种为莱星(*Arbequina*,原产地西班牙),树龄2年,于2017年5月在甘肃农业大学林学院试验基地进行盆栽试验。盆栽试验土为壤土(速效氮、速效磷、速效钾含量分别为24 mg/kg、240 mg/kg、130 mg/kg;pH值7.9)。培养前期(5月2日-8月8日)采用称质量法控制土壤含水量在15%左右。试验间作生草设3个处理:1.间作百喜草(*Paspalum notatum* Flugge),品种为Pensacola A33;2.间作白三叶(*Trifolium repens* L.),品种为海发(Haifa);3.间作百喜草+白三叶,对应生草品种同上,用量各减半。草种购于甘肃省农业科学院。

1.1.2 试验设计 5月2日选取长势一致的油橄榄苗栽到48个直径25 cm,高30 cm的花盆内,每盆栽植3株。将所有花盆分成4个间作处理组,每组12盆;以不间作为对照,分别间作百喜草、白三叶和百喜草+白三叶。在8月9日生草已充分生长且基本覆盖花盆时,上述每个间作处理组再分成对照、轻度干旱、中度干旱、重度干旱4个土壤水分处理小组,土壤含水量分别为18%、15%、12%和9%左右,每处理小组3盆平行试验。于每天上午8:00-10:00供应相应水分使各进程达到相应的土壤含水量。不同水分处理21 d后,从8月29日之后的2~3 d内测定相关指标,各指标平行测定3次以上,取平均值并进行显著性分析。为了充分利用试验材料,各指标的测定顺序为首先利用光合系统仪测定光合参数,再取叶片测定叶片含水量、RuBP羧化酶及光合色素含量,同时取根尖测定根系活力。

1.2 光合指标的测定

使用便携式LI-6400光合仪,控制光合仪参比室中CO₂浓度为(370±10) μmol/mmol,于8月29日上午11时,选择油橄榄中部生长良好的成熟叶片

测定光合参数,每张叶片重复 3 次,取平均值进行分析。可获得叶片的净光合速率(P_n)、蒸腾速率(T_r)、气孔导度(G_s)等光合指标,水分利用率(WUE)按照公式 $WUE = P_n/T_r$ 进行计算。

1.3 叶片含水量的测定

摘取生长发育良好的叶片称叶片鲜质量,于 105 ℃ 下杀青 30 min,80 ℃ 下烘至恒质量,称取干质量。

叶片含水量 = (叶片鲜质量 - 叶片干质量) / 叶片鲜质量 × 100%。

1.4 光合色素含量的测定

叶绿素含量与类胡萝卜素含量的测定采用张金政等^[13]的方法。将混合均匀叶片样本洗净去除中脉并切成碎片,每品种取 3 份做重复试验,每份 0.1 g。提取液为 95% 乙醇:丙酮=1:1(体积比)的混合液,之后在 UV-1800 分光光度计下分别测定波长为 663 nm、646 nm 和 470 nm 时的吸光值 A_{663} 、 A_{646} 和 A_{470} ,并通过公式计算叶绿素 a (Chl.a)、叶绿素 b (Chl.b) 和类胡萝卜素 (Car.) 含量:叶绿素 a 含量 (C_a) = $12.21A_{663} - 2.81A_{646}$; 叶绿素 b 含量 (C_b) = $20.13A_{646} - 5.03A_{663}$; 类胡萝卜素含量 (C_{Car}) = $(1\ 000.00A_{470} - 3.27C_a - 104.00C_b) / 229$ 。叶绿体色素含量 (mg/g) = 光合色素含量 × 提取液体积 × 稀释倍数 / 样品干质量。

1.5 RuBP 羧化酶活性的测定

选取植株中部生长良好的叶片,采用液氮快速冷冻处理,之后在实验室 -40 ℃ 冰箱低温进行保存,以便于酶活性的测定。酶液制备:取叶片 2 g (洗净,去中脉,吸去水分),提取液为 Tris-HCl 缓冲液 (pH 7.8),冰浴研磨,8 层纱布过滤后,将滤液在 HITACHI (20PR-52D) 型离心机于 4 ℃ 下 10 000 g 离心 20 min,弃沉淀,上清液为酶液。RuBP 羧化酶活性的测定参照 Lilley 等^[14]的方法。反应液总体积为 3 ml,反应液中含有 90.00 μmol/L 的 Tris-HCl 缓冲液 (pH 7.8)、10.00 μmol/L $MgCl_2$ 、0.36 μmol/L EDTA、0.30 μmol/L NADH、5.00 μmol/L ATP、7.50 μmol/L Cr-P、20.00 μmol/L $NaHCO_3$ 、过量的磷酸肌酸激酶、磷酸甘油酸激酶和磷酸甘油醛脱氢酶,以及适量稀释的 RuBP 酶液。在 25 ℃ 下预热 10 min,加入 3.75 μmol/L RuBP 为反应开始,立即计时,每 30 s 测定 1 次 340 nm 下的吸光度,以 1 min 内的吸光度变化计算酶活性。

1.6 根系活力的测定

根系活力的测定参照 Huang 等^[15]的方法。

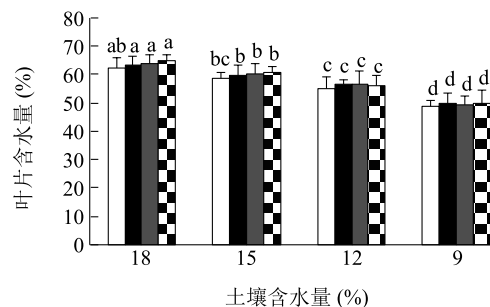
1.7 数据处理

采用 Microsoft Excel 2003 进行数据处理、绘图,采用 SPSS 17.0 对数据进行差异显著性测验,选用 Duncan's 新复极差法进行差异显著性分析。

2 结果与分析

2.1 土壤干旱及生草间作对油橄榄叶片含水量的影响

由图 1 可知,随着土壤含水量的下降,油橄榄叶片含水量显著下降,其中在间作百喜草+白三叶的条件下,土壤含水量由 18% 降至 9% 时,叶片含水量相对降低了 23.42%;在土壤含水量 12% 时,叶片含水量为 56.50%,相比对照组 (土壤含水量 18%) 降低了 12.94%;土壤含水量 15% 时,叶片含水量降低了 6.47%。生草间作在各种土壤水分条件下均在一定程度上提高了油橄榄叶片含水量,以间作百喜草+白三叶为最佳。其中在土壤含水量 15% 和 12% 的条件下,间作百喜草+白三叶的油橄榄叶片含水量分别比不间作对照组高出 3.58%、2.91%。由图 1 可以看出同一土壤干旱条件下不同间作处理间油橄榄叶片含水量差异不显著 ($P > 0.05$)。



□ 不间作对照; ■ 间作百喜草; ▒ 间作白三叶; ▨ 间作百喜草+白三叶
同一土壤含水量下不同字母表示不同间作处理与不间作对照相比有显著差异 ($P < 0.05$)。

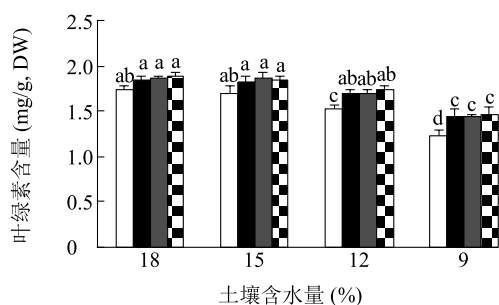
图 1 土壤干旱及生草间作对油橄榄叶片含水量的影响

Fig.1 Effects of soil drought and intercropping on water content of olive leaves

2.2 土壤干旱及生草间作对油橄榄叶片光合色素含量的影响

由图 2 和图 3 可知,油橄榄叶片的叶绿素和类胡萝卜素含量在土壤含水量 15% 的条件下较高,在 12% 时较低,在 9% 的条件下最低。其中油橄榄叶片叶绿

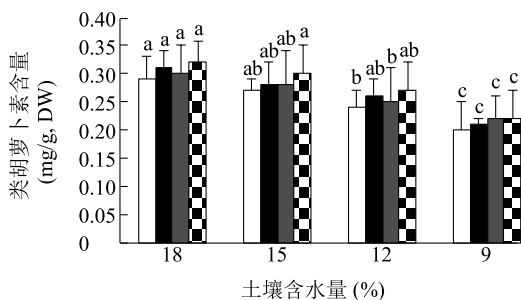
素含量的下降幅度较小,类胡萝卜素降低幅度较大,由对照组(土壤含水量 18%)到土壤含水量 9%时,叶绿素和类胡萝卜素分别降低了 29.31%、31.03%。与不间作对照相比,生草间作的油橄榄在各土壤含水量的叶绿素和类胡萝卜素含量皆有提高。在间作百喜草+白三叶的条件下,土壤含水量 12%时叶绿素含量和类胡萝卜素含量相对不间作对照组分别提高了 13.82%、12.50%;此时叶绿素含量和类胡萝卜素含量提高幅度最大。



□ 不间作对照; ■ 间作百喜草; ▒ 间作白三叶; ▨ 间作百喜草+白三叶
同一土壤含水量下不同字母表示不同间作处理与不间作对照相比有显著差异 ($P < 0.05$)。

图2 土壤干旱及生草间作对油橄榄叶片叶绿素含量的影响

Fig.2 Effects of soil drought and intercropping on chlorophyll content of olive leaves



□ 不间作对照; ■ 间作百喜草; ▒ 间作白三叶; ▨ 间作百喜草+白三叶
同一土壤含水量下不同字母表示不同间作处理与不间作对照相比有显著差异 ($P < 0.05$)。

图3 土壤干旱及生草间作对油橄榄叶片类胡萝卜素含量的影响

Fig.3 Effects of soil drought and intercropping on carotenoid content of olive leaves

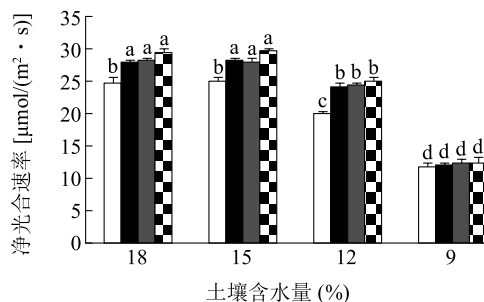
2.3 土壤干旱及生草间作对油橄榄叶片净光合速率及气孔导度的影响

由图4和图5可知,油橄榄叶片的净光合速率和气孔导度随土壤含水量的下降总体呈下降趋势,但这2个指标由对照组(土壤含水量 18%)与土壤

含水量 15%的差异不显著 ($P > 0.05$),之后随着土壤含水量的下降显著降低 ($P < 0.05$);当土壤含水量 9%时,油橄榄叶片气孔导度及净光合速率急速下降,分别比对照组(土壤含水量 18%)降低了 36.36%和 52.42%。

除了在土壤含水量 9%的条件下生草间作油橄榄叶片净光合速率变化不显著外 ($P > 0.05$),在其他各土壤含水量条件下生草间作皆显著提高了油橄榄叶片的净光合速率。间作不同生草油橄榄叶片净光合速率之间差异不显著 ($P > 0.05$),以间作白三叶+百喜草最高,并显著高于不间作对照,其中土壤含水量 12%条件下间作白三叶+百喜草比不间作对照组提高了 24.38%,此时提高幅度最大。

油橄榄叶片气孔导度的变化受生草间作的影响,整体上表现为生草间作降低了油橄榄的气孔导度,相比不间作对照组以间作百喜草+白三叶降低幅度最大,在 18%和 15%土壤含水量条件下差异达到显著水平。其中在土壤含水量 18%条件下间作白三叶+百喜草比不间作对照组降低了 9.44%。在土壤含水量 15%条件下间作白三叶+百喜草与不间作对照组对比降低幅度最大,降低了 9.96%。在土壤含水量为 12%时,间作白三叶+百喜草与不间作对照组对比仅仅降低了 3.57%。



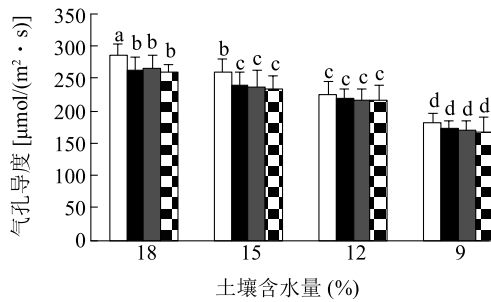
□ 不间作对照; ■ 间作百喜草; ▒ 间作白三叶; ▨ 间作百喜草+白三叶
同一土壤含水量下不同字母表示不同间作处理与不间作对照相比有显著差异 ($P < 0.05$)。

图4 土壤干旱及生草间作对油橄榄叶片净光合速率的影响

Fig.4 Effects of soil drought and intercropping on net photosynthetic rate of olive leaves

2.4 土壤干旱及生草间作对油橄榄叶片蒸腾速率和水分利用效率的影响

由图6可知,油橄榄叶片的蒸腾速率随着土壤含水量下降显著降低 ($P < 0.05$)。当土壤水分由 18%降至 9%时,油橄榄蒸腾速率降低了 58.44%。



□ 间作对照; ■ 间作百喜草; ▒ 间作白三叶; ▨ 间作百喜草+白三叶

同一土壤含水量下不同字母表示不同间作处理与间作对照相比有显著差异 ($P < 0.05$)。

图 5 土壤干旱及生草间作对油橄榄叶片气孔导度的影响

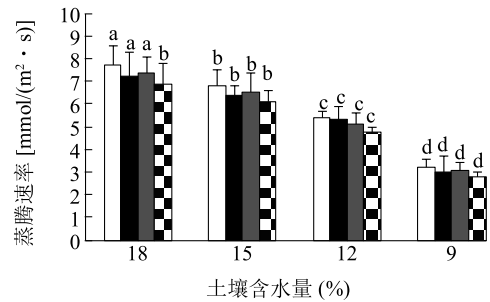
Fig.5 Effects of soil drought and intercropping on stomatal conductance of olive leaves

其中土壤含水量 12% 时, 相比对照组 (土壤含水量 18%) 降低了 29.87%。生草间作在一定程度上降低了油橄榄叶片的蒸腾速率, 与间作生草的油橄榄相比, 当土壤含水量 15% 时叶片蒸腾速率下降幅度最大, 此时达到显著水平 ($P < 0.05$)。比较间作不同生草对油橄榄叶片蒸腾速率的影响, 叶片的蒸腾速率以间作百喜草+白三叶降低幅度最大, 在土壤含水量 12% 时与间作对照组相比降低 11.11%, 但 3 种间作方式与间作对照组间差异没有达到显著水平。

由图 7 可知, 油橄榄叶片的水分利用效率在不间作生草时以土壤含水量 12% 时最高 (3.72 $\mu\text{mol}/\text{mmol}$), 相比对照组 (土壤含水量 18%) 提高了 15.53%。生草间作均提高了油橄榄叶片的水分利用效率, 且以间作白三叶+百喜草提高幅度最大, 当土壤含水量在 18%、15%、12%、9% 时, 间作白三叶+百喜草, 油橄榄叶片的水分利用效率分别提高了 32.30%、32.34%、40.05%、20.87%。其中在土壤含水量 12% 条件下间作白三叶+百喜草提高幅度最大。

2.5 土壤干旱及生草间作对油橄榄叶片 RuBP 羧化酶活性的影响

RuBP 羧化酶是光合作用中起主要作用的酶, 随着土壤含水量的下降, 油橄榄叶片的 RuBP 羧化酶活性在不间作条件下总体下降 (图 8)。当土壤含水量为 15% 和 12% 时, 下降幅度较小, 分别为 1.69%、9.76%。生草间作相对提高了油橄榄叶片的 RuBP 羧化酶活性, 比较间作不同生草对油橄榄

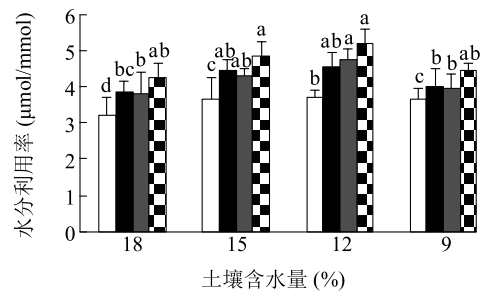


□ 间作对照; ■ 间作百喜草; ▒ 间作白三叶; ▨ 间作百喜草+白三叶

同一土壤含水量下不同字母表示不同间作处理与间作对照相比有显著差异 ($P < 0.05$)。

图 6 土壤干旱及生草间作对油橄榄叶片蒸腾速率的影响

Fig.6 Effects of soil drought and intercropping on transpiration rate of olive leaves



□ 间作对照; ■ 间作百喜草; ▒ 间作白三叶; ▨ 间作百喜草+白三叶

同一土壤含水量下不同字母表示不同间作处理与间作对照相比有显著差异 ($P < 0.05$)。

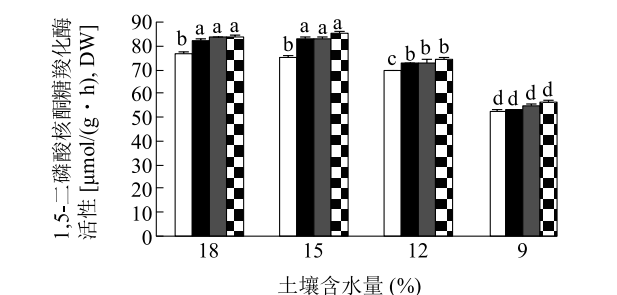
图 7 土壤干旱及生草间作对油橄榄叶片水分利用效率的影响

Fig.7 Effects of soil drought and intercropping on water use efficiency of olive leaves

叶片 RuBP 羧化酶活性的影响, 以间作百喜草+白三叶提高幅度最大, 在土壤含水量 15%、12% 条件下提高幅度最大, 相比不间作对照组提高了 13.38% 和 7.65%。

2.6 土壤干旱及生草间作对油橄榄根系活力的影响

根系活力的大小直接影响植物对水分和矿质营养的吸收, 根系活力随着土壤含水量下降逐步降低, 尤其是当土壤含水量下降至 9% 时, 根系活力大幅度降低, 在不间作条件下比土壤含水量 18% 时下降了 28.68%。土壤含水量在 15% 和 12% 时根系活力相比对照组 (土壤含水量 18%) 下降幅度相对较小, 分别下降了 2.33%、8.92% (图 9)。因此油橄榄在土壤含水量 9% 时的重度干旱条件下根系活力较



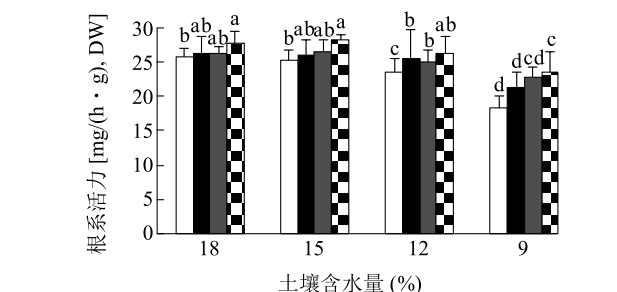
□ 不间作对照; ■ 间作百喜草; ▒ 间作白三叶; ▨ 间作百喜草+白三叶

同一土壤含水量下不同字母表示不同间作处理与不间作对照相比有显著差异 ($P < 0.05$)。

图8 土壤干旱及生草间作对油橄榄叶片 RuBP 羧化酶活性的影响

Fig.8 Effects of soil drought and intercropping on RuBP carboxylase activity of olive leaves

差,不利于生长发育。生草间作对油橄榄根系活力皆有不同程度的提高,对比间作不同生草间的根系活力,以间作白三叶+百喜草提高幅度最大,其中在12%的土壤含水量条件下相比不间作对照组提高幅度最大,提高了28.26%。



□ 不间作对照; ■ 间作百喜草; ▒ 间作白三叶; ▨ 间作百喜草+白三叶

同一土壤含水量下不同字母表示不同间作处理与不间作对照相比有显著差异 ($P < 0.05$)。

图9 土壤干旱及生草间作对油橄榄根系活力的影响

Fig.9 Effects of soil drought and intercropping on root activity of olive

3 讨论

本研究发现间作白三叶+百喜草对提高油橄榄叶片的光合能力效果最显著,这可能与这2种生草间作更有利于油橄榄根系活力的提高密切相关,因为较高的根系活力有利于油橄榄对水分和矿质营养的吸收,甚至由此影响到气孔运动和光合生理过程。

百喜草是AM菌的高亲和性植物,菌根侵染率

高,因此能增加土壤中AM真菌的种群数量,从而改良土壤的物理化学性质和促进作物对矿质营养的吸收^[12]。我们前期的研究结果证明,间作百喜草能够提高油橄榄果园土壤微环境及其抗氧化能力,从而提高油橄榄的抗旱性^[12-19],生草间作可以提高土壤相关酶活性,促进油橄榄菌根及丛枝真菌发育^[12-20]。杨宏伟等^[18]在油橄榄园间作百喜草后发现,油橄榄光合色素含量和细胞膜稳定指数得到提高,且抑制了自由基积累,提高了渗透调节物质含量,提升了抗氧化酶活性,根系活力也相应提升,从而在整体上增强了油橄榄的抗旱性。曾明等^[21]研究结果也表明,在果园种植中选择菌根侵染率高的草种,例如在柑桔园间作百喜草和白三叶,可以促进柑桔根系菌根形成,改善植株生理代谢。

中国所引种的油橄榄主要分布于甘肃和四川等低山河谷地带,干旱和土壤有机质缺乏是油橄榄幼苗生长发育的限制因子^[7]。不同干旱程度试验结果表明,随着土壤含水量下降,特别是在土壤含水量下降至9%的时,油橄榄叶片的相对含水量大幅度下降,并造成油橄榄叶片光合色素含量的显著下降,且在土壤含水量为9%时根系活力相比对照组显著下降,因此在土壤含水量为9%的重度干旱下不利于油橄榄植株的生长发育。综合试验结果分析得出,当土壤含水量为12%时,油橄榄植株叶片的含水量提高,光合色素含量也得到提高,且根系活力得到提升,因此在中度干旱(12%)的条件下有利于油橄榄植株生长发育。

不同生草间作的试验结果表明,与不间作对照相比,生草间作可以降低油橄榄叶片的蒸腾速率,在一定程度上,提高了油橄榄叶片的相对含水量。叶片的蒸腾速率主要受植物自身的水分状况、气孔的运动调节影响,相同水分条件下生草间作降低了油橄榄叶片的蒸腾速率,且以间作白三叶+百喜草效果最为显著,这与生草间作相对提高了油橄榄叶片的含水量,提高水分利用率相呼应。结果表明间作百喜草+白三叶可以有效提高油橄榄叶片光合作用。

RuBP羧化酶作为决定植物光合碳代谢方向和效率的关键酶,叶绿体是作物进行光合作用的重要场所^[16],RuBP羧化酶活性及叶绿体结构与植物光合速率密切相关^[17],本试验结果表明,不同的水分状况及生草间作对油橄榄叶片的RuBP羧化酶活性

有影响,当土壤含水量降至12%和9%时,油橄榄叶片的RuBP羧化酶活性显著下降,与净光合速率的下降相对应;生草间作相对提高了油橄榄叶片的RuBP羧化酶活性与净光合速率,这与其水分状况的改善及光合色素含量相对提高是相对应的。

参考文献:

- [1] 邓明全.强化科学实验提高油橄榄生产力[J].林业科技通讯, 2015(4):3-4.
- [2] 邓煜,刘婷,梁芳.中国油橄榄产业发展现状与对策[J].经济林研究,2015,33(2):172-174.
- [3] 孙俊峰,苏春江,朱万泽.餐用油橄榄栽培采收及其产品开发现状与趋势[J].江苏农业科学,2018,46(15):13-18.
- [4] 徐纬英,王贺春.油橄榄及其栽培技术[M].北京:中国林业出版社,2004.
- [5] CAVIGELLI M A, THIEN S J. Phosphorus bioavailability following incorporation of green manure crops [J]. Soil Science Society of America Journal, 2003, 67: 1186-1190.
- [6] 孙守家,孟平,张劲松,等.华北石质山区核桃-绿豆复合系统氮同位素变化及其水分利用[J].生态学报,2010,30(14):3717-3726.
- [7] 杜丽清,吴浩,郑良永.果园生草栽培的生态环境效应研究进展[J].中国农学通报,2015,31(11):217-221.
- [8] 王艳廷,冀晓昊,吴玉森,等.我国果园生草的研究进展[J].应用生态学报,2015,26(6):1892-1900.
- [9] 焦润安,张舒涵,李毅,等.生草影响果树生长发育及果园环境的研究进展[J].果树学报,2017,34(12):1610-1623.
- [10] 姜成英,朱振家,史艳虎等.枝梢环剥对油橄榄莱星品种果实产量及叶片光合作用的影响[J].林业科学研究,2016,29(2):289-293.
- [11] CHATZISTATHIS T, TSIOLIS A, PAPAIOANNOU A, et al. Can sustainable management models for olive groves adequately satisfy their nutritional needs? [J]. Scientia Horticulturae, 2016, 207: 48-56.
- [12] ISHII T, SHRESTHA Y H, KADOYA K. Effect of a sod culture system of Bahia grass (Paspalum notatum Flgge.) on vesicular arbuscular mycorrhizal formation of Satsuma Mandarin trees [J]. Proc Int Soc Citriculture, 1996, 2: 822-824.
- [13] 张金政,张起源,孙国峰,等.干旱胁迫及复水对玉簪生长和光合作用的影响[J].草业学报,2014,23(1):167-176.
- [14] LILLEY R M, WALKER D A. An improved spectrophotometric assay for ribulose biphosphate carboxylase [J]. Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Enzymology, 1974, 358:226-229.
- [15] HUANG B R, GAO H W. Root physiological characteristics associated with drought resistance in tall fescue cultivars [J]. Crop Sci, 2000, 40: 196-203.
- [16] TAIZ L, ZEIGER E. Plant physiology [M]. 宋纯鹏,王学路,译.北京:科学出版社,2009:106-135.
- [17] 吴正锋,孙学武,王才斌,等.弱光胁迫对花生功能叶片RuBP羧化酶活性及叶绿体超微结构的影响[J].植物生态学报,2014,38(7):740-748.
- [18] 杨宏伟,李自龙,梁恕坤,等.间作百喜草对油橄榄根际微环境及抗旱生理的影响[J].应用与环境生物学报,2016,22(3):455-461.
- [19] 李自龙,冯焕琴,李朝周.间作百喜草及干旱胁迫对油橄榄根际微环境及叶片抗性生理的影响[J].应用与环境生物学报,2016,22(3):455-461.
- [20] 焦润安,李朝周,赵阳,等.海拔对陇南白龙江流域油橄榄园土壤肥力的影响[J].生态学杂志,2018,37(2):360-365.
- [21] 曾明,马国辉,余东,等.生草栽培对柑桔丛枝菌根形成及果实品质的影响[J].中国农学通报,2005,21(9):304-309.

(责任编辑:陈海霞)