

doi: 10.11838/sfsc.1673-6257.21681

翻压绿肥减施化肥下贵州猕猴桃果实快速增长长期的叶片性状与土壤养分特征

张 钦¹, 吴兴洪², 姚单君¹, 张爱华¹, 况胜剑¹, 廖 恒¹, 朱 青^{1*}, 秦 松¹

(1. 贵州省农业科学院土壤肥料研究所 / 贵州省农业科学院农业资源与环境研究所, 贵州 贵阳 550006;
2. 黔西南布依族苗族自治州生态环境局兴义市分局, 贵州 兴义 562400)

摘 要: 为贵州优质猕猴桃园的绿肥利用技术提供支撑。设置等量的不同品种绿肥翻压 (毛叶苕子 G1、箭筈豌豆 G2、黑麦草 G3), 分别配合不同的化肥减量梯度 (100%F、85%F、70%F、55%F、0%F), 以不施肥为对照, 共设置 16 个处理, 在猕猴桃果实快速增长长期, 调查测定叶面积、重量、叶绿素含量以及土壤养分等, 研究施肥处理对猕猴桃生长及园地土壤性状的影响。结果表明: 与对照相比, 翻压毛苕、箭筈减施化肥可显著促进猕猴桃的叶面积、比叶面积、叶片磷含量, G1+70%F、G2+85%F 的叶面积分别增加了 117.33%、110.65%, G1+70%F、G2+85%F 的比叶面积分别增加了 85.31%、73.10%, G1+85%F、G2+100%F 的叶片磷含量分别提高了 23.21%、17.86%; 翻压毛苕、黑麦草减施化肥可显著促进猕猴桃的百叶重, G1+55%F、G3+55%F 分别增加了 40.31%、33.77%; 翻压这 3 种绿肥减施化肥均可显著提高土壤有效磷含量, 各组含量最高的 G1+70%F、G2+100%F、G3+70%F 处理分别提高了 104%、108%、104%; 翻压箭筈减施化肥可显著提高土壤速效钾含量, G2+100%F 提高了 57.6%; 翻压黑麦草减施化肥的土壤 pH 值显著增高, G3+70%F 提高了 7.17%。双因素方差分析翻压绿肥品种与化肥减量梯度, 化肥减施条件下, 翻压毛苕处理的猕猴桃最大叶宽、叶面积、比叶面积显著高于翻压黑麦草处理, 翻压毛苕处理和翻压黑麦草处理的土壤 pH 值显著高于翻压箭筈处理; 翻压绿肥条件下, 55%F 处理的猕猴桃叶片氮含量显著高于 100%F 和 85%F, 且 55%F 处理的猕猴桃百叶重显著高于 85%F、0%F, 100%F 和 85%F 处理的土壤碱解氮含量、猕猴桃叶片磷含量显著高于 70%F; 翻压绿肥与化肥减施的交互作用可显著提高土壤有效磷含量 49.84% ~ 80.73%。翻压绿肥减施化肥对猕猴桃果实快速增长长期的比叶面积有显著提升作用, 有利于提高叶片的氮、磷、钾含量向丰产优质的养分范围发展, 尤其对叶片磷含量的提升作用明显, 对土壤碱解氮、有效磷含量也有显著增高的作用, 翻压绿肥条件下减少 15% 化肥有利于平衡土壤养分, 在促进猕猴桃吸收利用的同时保障土壤速效养分, 使猕猴桃园向优质方向发展。

关键词: 猕猴桃; 绿肥; 快速增长长期; 叶片; 化肥减施

猕猴桃系猕猴桃科 (Actinidiaceae) 猕猴桃属 (*Actinidia* Lindl.) 的多年生落叶藤本果树, 生长要求肥沃、湿润、疏松的土壤环境^[1-2]。研究表明, 果园种植绿肥具有防止水土流失、提高土壤肥力、调节果园微域生态环境等作用^[3], 鲜草还田可作为清洁的有机肥源。果园绿肥适时翻压能为土壤提供大量养分, 显著增加土壤有机质含量, 减少石化

产品的投入, 培肥地力^[4-5], 桃园种植并翻压二月兰后能维持土壤温度、保持土壤水分^[6], 猕猴桃园翻压山豆、毛叶苕子、箭筈豌豆均可改善园内土壤理化性质且提高猕猴桃质量^[7], 葡萄园翻压紫云英可以提高葡萄可溶性固形物和维生素 C 含量, 降低可滴定酸含量^[8]。在等养分投入条件下, 绿肥替代化学氮肥显著提高了柑橘茎粗、株高和各器官生物量^[9]。目前, 果园绿肥技术的研究在绿肥种植、翻压、腐解规律等方面较多, 而翻压绿肥减施化肥的报道相对较少, 但多项研究表明, 绿肥配合化肥减量能实现作物高产、节肥及稳产^[10]等。种植绿肥并翻压时, 稻区较冬闲田减施化肥 20% ~ 40%^[11], 西北、西南、华北较秋闲田或者冬闲田减施化肥 15% ~ 30%^[12-13], 水稻、玉米、

收稿日期: 2021-12-15; 录用日期: 2022-02-27

基金项目: 国家绿肥产业技术体系 (CARS-22); 贵州省科技支撑计划 (黔科合支撑 [2020]1Y026); 贵州省农业科学院青年基金 (黔农科院青年基金 [2018] 95 号)。

作者简介: 张钦 (1988-), 副研究员, 硕士, 研究方向为土壤学与环境生态、绿肥。E-mail: 1687947879@qq.com。

通讯作者: 朱青, E-mail: 171909169@qq.com。

小麦、烟草等主作物产量不低于当地常规施肥并稳中有升^[14]。2020年我国果园面积1264.6万hm²，水果产量28692.4万t，开展果园绿肥利用、化肥减施的研究对资源合理利用、农业节能减排等具有重要意义。

贵州省山地是猕猴桃适生区，主要品种有美味猕猴桃和中华猕猴桃。两种猕猴桃果实发育过程相似，主要分为快速增长期、缓慢增长期和停滞增长期3个阶段，生长前期主要是体积和重量的增加，后期主要是果实营养成分的积累和转化^[15]。在快速增长期各元素的积累较多，保证此期的营养供应无疑是满足果实生长发育和品质形成的关键^[16]。叶片是植物光合作用和物质生产的主要器官，叶片性状直接影响猕猴桃的产量及品质^[17]。猕猴桃叶片营养诊断的研究中认为，7~8月是不同元素相对较为稳定的时期，而且营养发育枝部位的叶内矿物质元素含量和短果枝叶片，在年生长季内的变化趋势相似，所以在研究一个地区叶片营养概况时，建议在此阶段采集营养发育枝中部的成熟叶片进行测定^[18]。因此，本研究针对美味猕猴桃，设置翻压不同品种的绿肥并配合不同的化肥减量为施肥处理，研究叶片大小、重量、养分含量等叶片性状以及土壤养分在猕猴桃果实快速增长期的特征，以期为猕猴桃的减肥增效和优质优产提供支撑。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验于2018年5~11月，在贵州省贵阳市修文县洒坪镇红星村(26° 93' 57" N、106° 43' 74" E)进行，海拔1308 m，属亚热带温暖湿润季风气候，地势平坦，土壤类型为黄壤。耕层土壤基本理化性质为有机质36.26 g/kg、碱解氮129.89 mg/kg、有效磷72.23 mg/kg、速效钾217.00 mg/kg、pH 5.75、全氮0.24%、全磷0.046%、全钾0.81%。

1.2 试验设计

供试猕猴桃果树为4年生的“贵长”猕猴桃品种(*Actinidia deliciosa* cv *Guichang*)，属美味猕猴桃，株行距3 m×2 m，树势中等，架型为“T”字形。绿肥采用就地种植并翻压，品种分别为毛叶苕子(G1)、箭筈豌豆(G2)、黑麦草(G3)，毛叶苕子(简称毛苕)含水量81.42%、全氮含量2.75%、全磷含量0.37%、全钾含量3.30%；箭筈豌豆(简称箭碗)含水量88.02%、全氮含量2.54%、

全磷含量0.33%、全钾含量3.52%；黑麦草含水量76.76%、全氮含量2.79%、全磷含量0.35%、全钾含量2.94%。以当地传统的施肥方法投入化肥用量为100%F(N、P₂O₅、K₂O均为165 kg/hm²)，设置5个化肥用量水平和1个不施肥对照，即CK(不施肥)、G+100%F、G+85%F、G+70%F、G+55%F、G+0%F，G分别为G1、G2、G3，共计16个处理，每个处理3次重复，各小区随机区组设计，每个小区有4株长势基本一致的猕猴桃，面积约为20 m²。供试肥料为YF复合肥(高浓度硫酸钾)，养分含量N:P₂O₅:K₂O为17:17:17，100%F、85%F、70%F、55%F的施肥量分别为1000、850、700、550 kg/hm²，即2、1.7、1.4、1.1 kg/小区。绿肥于2018年5月3日在果树行间原地刈割、粉碎，并用人工以15 cm深度进行翻耕，以翻压量为15 t/hm²计算小区用量为30 kg，多余的绿肥鲜草移出小区，翻压绿肥的同时施入不同量的复合肥。于7月8日猕猴桃果实快速增长期采集样品。各处理在管理过程中，除试验设计不同外，其余的花果管理、整形修剪、病虫害防治、水分调控、除草等管理措施均一致。

1.3 样品采集与检测

土壤样品采集：分别在试验绿肥翻压前和猕猴桃快速增长期采集0~20 cm土壤耕作层进行相关指标分析。植株样品采集：在快速增长期，叶片的采集选择生长中等、无病虫害的当年生枝条上能代表整个枝条的第5片成熟正常叶片，从树冠东、南、西、北4个方向对称采集，每个小区采集12片，组成混合样，完成外形指标测量后用清水冲洗，然后置于干燥箱中105℃杀青，于65℃恒温烘干，磨细装袋贮存备用。

1.4 测定项目及方法

pH采用电位法测定，水土比1:1；土壤有机质含量采用重铬酸钾外加热法测定；全氮含量采用半微量凯氏定氮法测定；全磷含量采用氢氧化钠熔融，钼锑抗比色法测定；全钾含量采用碳酸钠熔融，火焰光度法测定；碱解氮含量采用碱解扩散法测定；有效磷含量采用NaHCO₃浸提，钼锑抗比色法测定；速效钾含量采用醋酸铵浸提，火焰光度法测定^[19]。植株叶长、叶宽用刻度尺测定；百叶重用天平称量；叶面积用叶形纸称重法测定；比叶面积^[20]=叶面积(cm²)/叶片干重(g)；叶绿素含量用SPAD-502手持叶绿素仪测定；植株叶片全氮含量采用H₂SO₄-H₂O₂联合消煮，蒸馏法测定；全

磷含量采用 $\text{H}_2\text{SO}_4\text{-H}_2\text{O}_2$ 联合消煮, 钼锑抗比色法测定; 全钾含量采用 $\text{H}_2\text{SO}_4\text{-H}_2\text{O}_2$ 联合消煮, 火焰光度法测定^[19]。

1.5 数据分析

利用 Excel 2010 进行试验数据处理, 利用 SPSS 20.0 进行统计分析, 利用 Origin 2021 作图。单因素方差分析翻压相同绿肥品种配合化肥减量处

理间的差异显著性, 双因素方差分析绿肥翻压品种与化肥减施对各项指标的影响。

2 结果与分析

2.1 叶片的外形特征

由图 1 可知, 各施肥处理对猕猴桃叶片大小与重量产生了不同程度的促进作用, 最大叶长、最

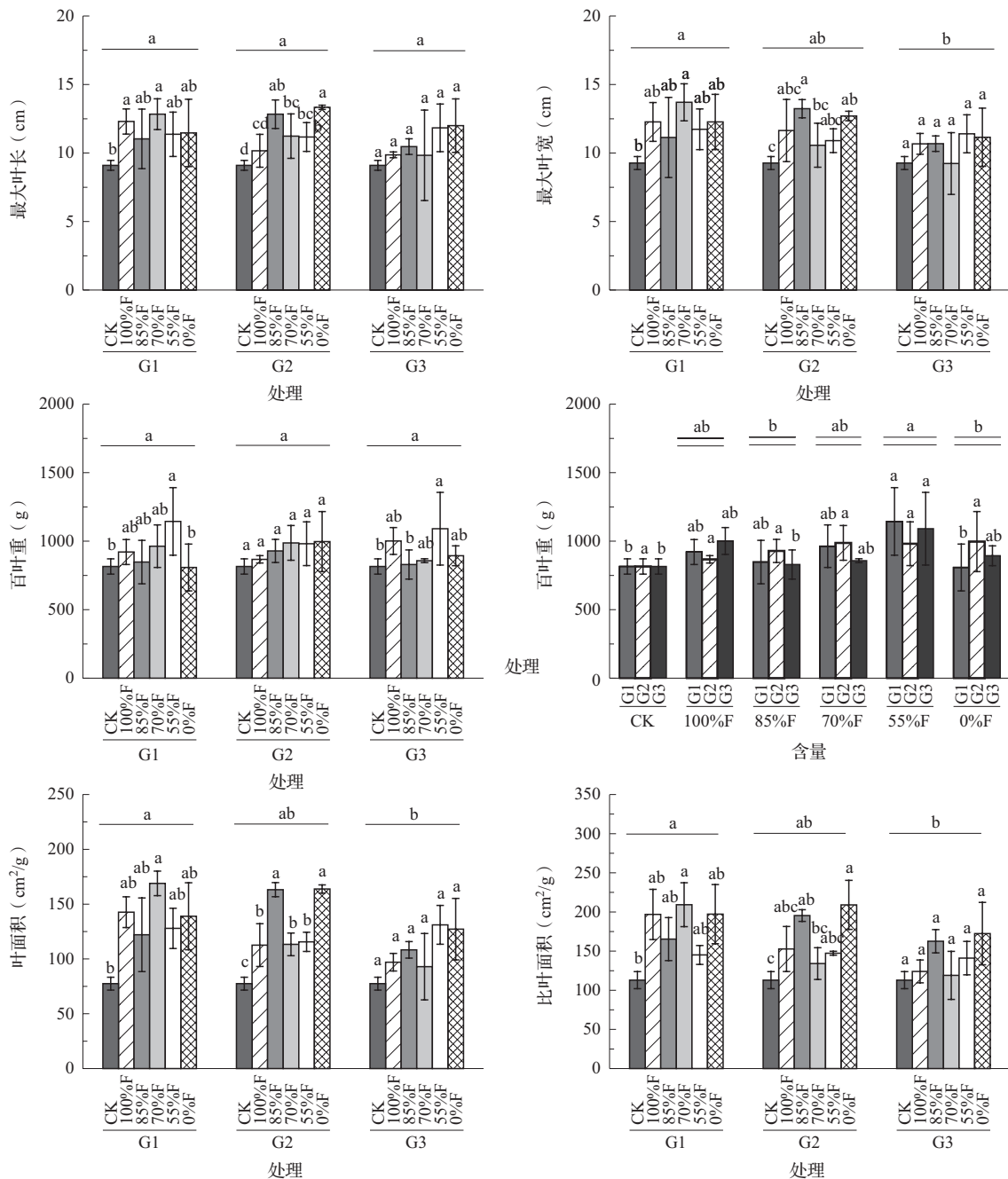


图 1 叶片的外形特征

注: 柱上不同小写字母表示翻压相同绿肥减施化肥组内单因素方差分析处理间差异显著; 单横线上不同小写字母表示双因素方差分析下不同翻压绿肥品种间 (G1、G2、G3) 差异显著; 双横线上不同小写字母表示双因素方差分析下翻压绿肥条件下, 化肥减施处理间 (100%F、85%F、70%F、55%F、0%F) 差异显著。下同。

大叶宽、叶面积、百叶重、叶片干物质、比叶面积较CK分别增长18.42%~34.80%、20.50%~29.92%、51.60%~84.99%、6.51%~14.80%、7.80%~26.21%、27.95~70.83%，可以看出，叶片大小的增长率较重量的增长率高。翻压不同绿肥品种减施化肥表现出的规律不同，与CK相比，翻压毛苕、箭碗减施化肥对叶片大小的促进作用更大，G1+70%F叶面积显著增加117.33%，G2处理叶面积显著增加了44.88%~110.74%，翻压黑麦草减施化肥对叶片重量的提高更显著，G3+55%F的百叶重显著增加33.77%。比叶面积是叶片外形的综合性指标，反映了植物获取资源的能力，低比叶面积的植物能更好地适应资源贫瘠和干旱的环境，高比叶面积的植物保持体内营养的能力较强^[20]，G1+70%F、G2+85%F较CK分别显著增长了85.31%、73.10%。

双因素方差分析翻压绿肥品种与化肥减量，翻压绿肥品种显著影响叶片的最大叶宽，翻压毛苕的最大叶宽、叶面积、比叶面积显著高于翻压黑麦草；翻压绿肥条件下，55%F处理的百叶重显著高于85%F、0%F。整体来看，翻压毛苕、箭

碗减施化肥对猕猴桃叶片外形产生的影响大于翻压黑麦草减施化肥，且在这二者翻压条件下减施15%~30%化肥用量，可促进猕猴桃果实快速增长长期叶片的大小与重量，优化比叶面积。

2.2 叶片的氮、磷、钾及叶绿素含量

由图2可知，猕猴桃叶片的氮、磷、钾含量对施肥处理的响应程度不同，施肥处理对叶片磷含量产生显著影响。与CK相比，翻压毛苕、箭碗减施化肥对叶片磷含量的促进作用显著，G1+100%F、G1+85%F、G2+100%F处理分别显著增高了17.86%、23.21%、17.86%，而叶片氮含量增加-0.48%~11.43%，叶片钾含量增加-2.16%~2.88%，处理间无显著差异。叶绿素是植物进行光合作用的场所，直接与光合作用产物、碳水化合物的形成密切相关^[21]，翻压箭碗减施化肥处理中，G2+100%F较G2+55%F的SPAD值显著高出21.99%。

双因素方差分析翻压绿肥品种与化肥减量，叶片养分含量特征受化肥减量的影响显著，翻压绿肥条件下，55%F处理的叶片氮含量显著高于100%F和85%F，100%F和85%F处理的叶片磷含量显著高于70%F，可以看出，翻压绿肥条件下，高化肥

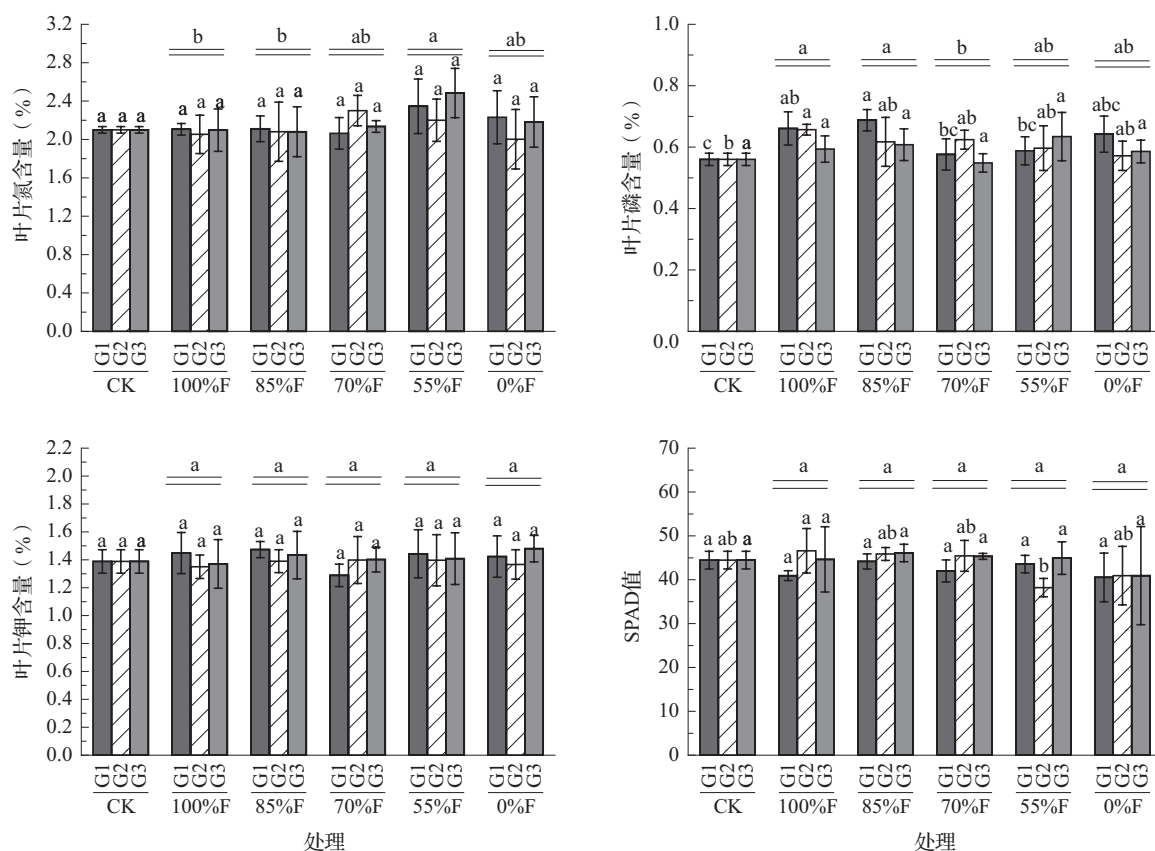


图2 叶片的氮、磷、钾含量及 SPAD 值

量有利于叶片磷含量的积累,而低化肥量有利于叶片氮含量的积累,整体比较,可以考虑70%的化肥用量以平衡叶片的氮、磷养分。

2.3 土壤速效养分的变化

由图3可知,施肥处理对土壤养分的影响程度与规律均存在差异,对土壤pH值影响较小,对土壤有机质含量未产生显著的影响,对土壤碱解氮、有效磷含量促进明显。翻压毛苕减施化肥可显著提高土壤碱解氮、有效磷含量,G1+100%F较G1+55%F的土壤碱解氮含量高34.04%,G1+70%F、G1+55%F的土壤有效磷含量较CK分别显著高

104.32%、75.57%;翻压箭筈减施化肥能显著促进土壤碱解氮、有效磷、速效钾含量的增长,G2+100%F、G2+85%F的土壤碱解氮含量较G2+70%F分别显著高26.18%、22.78%,G2+100%F、G2+85%F的土壤有效磷含量较CK分别显著高107.61%、75.78%,G2+100%F较CK的土壤速效钾显著高57.6%;翻压黑麦草减施化肥对土壤pH值、碱解氮含量、有效磷含量有显著的促进作用,G3+70%F的pH值较CK显著高7.17%,G3+100%F、G3+85%F的土壤碱解氮较G3+70%F分别显著高32.18%、22.19%,G3+70%F较CK的土壤有效磷显著高104.42%。

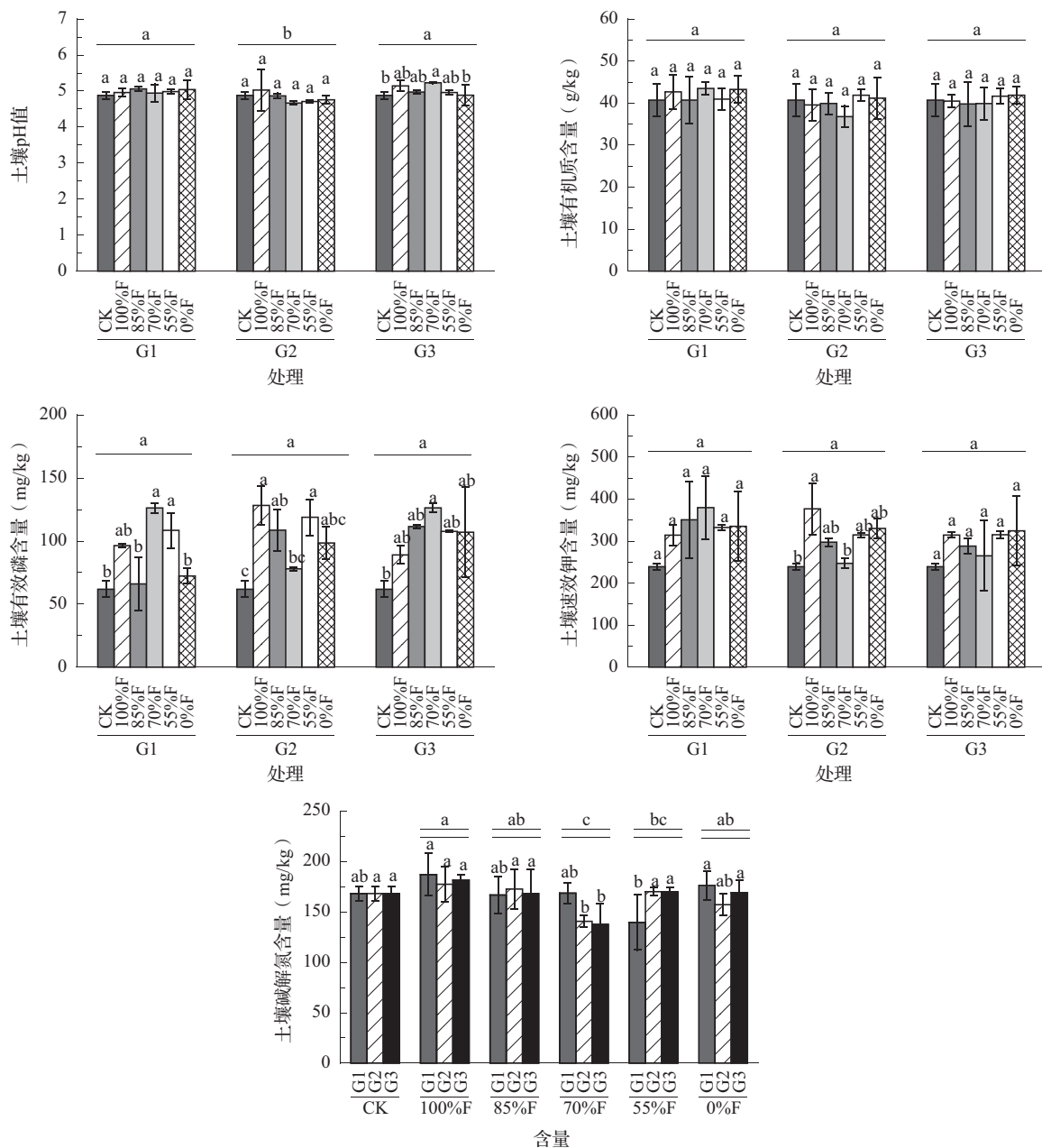


图3 土壤pH、有机质及养分含量

双因素方差分析翻压绿肥品种与化肥减量, 翻压绿肥品种差异会引起土壤 pH 值的显著变化, 翻压毛苕和翻压黑麦草处理的土壤 pH 值显著高于翻压箭筈; 土壤碱解氮含量受化肥用量的影响显著, 翻压绿肥条件下, 100%F 和 85%F 处理差异不显著但均显著高于 70%F, 高化肥量有利于土壤碱解氮含量的提升; 土壤有效磷含量受绿肥与化肥的交互影响显著, 各处理均显著高于 CK, 增长了 49.84% ~ 80.73%, 翻压绿肥减施化肥对土壤有效磷含量的促进作用明显。

2.4 土壤养分与叶片性状的关系

由图 4 可知, 土壤养分状况与叶片性状表现出不同程度的相关性, 叶片性状之间也关系紧密。土壤碱解氮与叶片全磷显著正相关, 土壤有机质与比叶面积显著正相关, 土壤有效磷与叶绿素显著正相关, 土壤速效钾与最大叶宽、叶面积、叶片全磷显著正相关。可以看出, 土壤有效磷含量的增高促进了叶绿素总量的增加, 土壤碱解氮、速效钾含量的增高促进了叶片磷含量的增长, 土壤有机质的增加促进比叶面积的增长, 土壤速效钾含量的增高还对最大叶宽、叶面积有促进作用。另外, 叶片的大小、重量、叶绿素含量以及养分含量之间相互影响, 叶片全氮含量与百叶重显著正相关, 比叶面积与叶面积显著正相关。可以看出, 叶片全氮含量的增长可促进百叶重的增加, 比叶面积的增加主要受叶面积增长的影响。

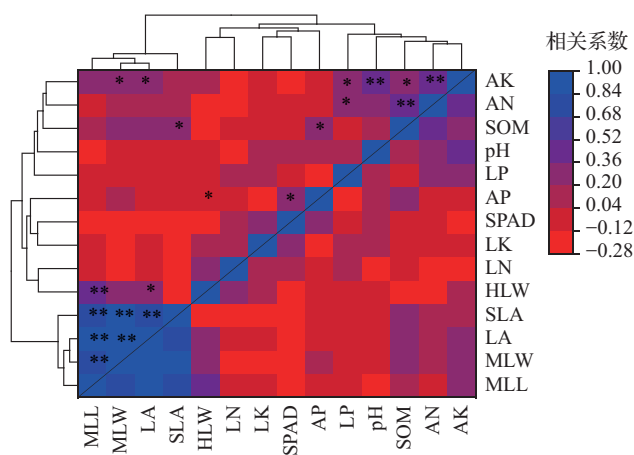


图 4 土壤养分状况与叶片性状之间的相关性热图

注: MLL, 最大叶长; MLW, 最大叶宽; LA, 叶面积; HLW, 百叶重; LDMC, 叶片干物质; SLA, 比叶面积; LN, 叶片全氮; LP, 叶片全磷; LK, 叶片全钾; SPAD, 叶绿素总量; SOM, 土壤有机质; AN, 土壤碱解氮; AP, 土壤有效磷; AK, 土壤速效钾。* 表示 $P < 0.05$; ** 表示 $P < 0.01$ 。

3 讨论与结论

3.1 翻压绿肥减施化肥对猕猴桃果实快速增长期叶片特征的影响

叶片既是果实从土壤中获取养分的中转站, 又是树体对土壤养分供应最敏感的响应器官, 了解其变化特征有益于指导科学施肥^[22]。多项研究指出, 绿肥翻压还田减施化肥利于作物养分的吸收和干物质质量积累^[23-26]。本试验中, 与 CK 相比, 翻压毛苕减施化肥显著增加了叶面积、百叶重、比叶面积、叶片全磷, 各指标分别在 G1+70%F、G1+55%F、G1+70%F、G1+85%F 处理最高; 翻压箭筈减施化肥显著增加了叶面积、比叶面积、叶片全磷, 各指标分别在 G2+85%F、G2+85%F、G2+100%F 处理最高; 翻压黑麦草减施化肥显著增高了百叶重, G3+55%F 处理最高。前人研究表明, 绿肥翻压还田可以提高土壤微生物量和改善作物根系形态, 有利于土壤中有机氮的矿化和养分吸收^[11, 27], 柑橘在绿肥替代化学氮肥时增加了细根数量、根表面积和总根长, 细根的生长提高了根系获取水分和养分的能力^[28], 进而提高了作物的养分吸收与干物质质量^[23], 在翻压二月兰作绿肥时可以基本满足玉米生育前期 (播种后 50 d) 的养分需求, 绿肥配合化肥减施可以进一步提高玉米产量和养分累积量^[25]。可见, 翻压绿肥减施化肥可提高猕猴桃树在果实快速增长期 (翻压后约 60 d) 对养分的吸收与积累, 促进叶片面积、重量的增长, 从而优化了比叶面积, 该指标的提升可使植物保持体内营养的能力得到提高^[20]。另外, 双因素方差分析发现, 在减施化肥条件下, 翻压毛苕处理的最大叶宽、叶面积、比叶面积显著高于翻压黑麦草, 这个差异的原因之一可能是土壤钾含量的影响, 因为最大叶宽、叶面积与土壤速效钾含量显著正相关 (图 4), 绿肥腐解过程中钾素的释放速率最快, 积累释放率最高, 腐解 21 d 时的释放率就达到 86.32% ~ 88.20%^[29], 本次试验毛苕的钾含量高于黑麦草, 而猕猴桃果实快速增长期距离绿肥翻压约 60 d, 已完成了快速腐解过程, 可能形成了土壤钾素水平的差异。

叶片营养与果实产量、品质关系密切, 张林森等^[30]提出“秦美”猕猴桃丰产园叶片营养标准值适宜范围, 氮为 2.27% ~ 2.77%、磷为 0.16% ~ 0.20%、钾为 1.60% ~ 2.00%。刘科鹏^[31]提出同属美味系的“金魁”猕猴桃园果实品质优

质的叶片营养最适宜含量为氮 2.27%、磷 0.8%、钾 2.0%。本次试验中 CK 的叶片氮含量 2.1%，而 G1+55%F、G2+70%F、G3+55%F 的叶片氮含量均得到提高，达到丰产优质的叶片氮含量范围，分别为 2.35%、2.30%、2.48%，另外，翻压毛苕、箭碗减施化肥对叶片磷含量的促进作用显著，G1+100%F、G1+85%F、G2+100%F 较 CK 的叶片磷含量分别显著增高了 17.86%、23.21%、17.86%。可见，翻压绿肥减施化肥有利于提高猕猴桃对养分的吸收，叶片的养分含量向丰产优质的范围内发展，对叶片磷含量的提升作用显著。另外，双因素方差分析表明，在翻压绿肥条件下，55%F 处理的叶片氮含量显著高于 100%F 和 85%F，且 55%F 处理的百叶重显著高于 85%F、0%F，100%F 和 85%F 处理的叶片磷含量显著高于 70%F。前人研究表明，豆科绿肥作为氮源供作物生长利用时，可显著影响作物的氮素吸收量与积累^[24]，同时，绿肥氮与化肥氮配施，不同形态氮素间的交互作用有利于作物对化肥氮的吸收利用^[32]，进而提高氮肥利用效率^[33]，并在低氮肥施用水平下应用豆科绿肥对作物氮吸收的贡献优于高氮条件^[34]，本次试验翻压豆科的毛苕、箭碗，禾本科的黑麦草都表现出相似的规律。因此，翻压绿肥并适当减少化肥用量能够促进猕猴桃对养分的吸收，更有利于猕猴桃果实快速增长长期的叶片营养。

3.2 翻压绿肥减施化肥对猕猴桃果实快速增长长期土壤养分的影响

土壤养分状况是决定果树产量和果实品质的重要因素，前人认为猕猴桃栽培的土壤 pH 为 5.5 ~ 6.5 比较适宜^[35]，本次试验的施肥处理整体上对土壤 pH 值影响较小，仅 G3+70%F 处理较 CK 显著提高了 7.17%，双因素方差分析翻压绿肥品种对土壤 pH 值影响显著，化肥减施条件下，翻压毛苕处理和翻压黑麦草处理的土壤 pH 值显著高于翻压箭碗处理，这与唐红琴等^[36]在柑橘绿肥研究中得到的结论相似，但该研究认为这可能是阶段性的表现，因为虽然绿肥品种、还田量极显著影响土壤 pH 值，腐解时间显著影响土壤 pH 值，但三者之间的各种交互作用对土壤 pH 值的影响均未达到显著水平，且在 20 ~ 100 d 呈现出或增或降的动态变化，可见，绿肥还田对土壤 pH 值的影响是一个短期效应。

另外，前人认为猕猴桃土壤适宜的有机质含量为 30 ~ 50 g/kg、碱解氮为 120 ~ 240 mg/kg、有效磷

为 40 ~ 120 mg/kg、速效钾为 120 ~ 240 mg/kg^[37-38]，也有研究认为，优质“金魁”猕猴桃果园土壤营养的最适水平为有机质达到 40 g/kg、速效氮 75 ~ 140 mg/kg、有效磷 60 mg/kg、速效钾 300 mg/kg^[31]。研究表明，绿肥翻压还田后可将自身养分转移到土壤中，其腐解过程中可产生大量可溶性有机物，从而调节土壤养分平衡^[39-40]。本次研究表明，翻压绿肥减施化肥对土壤有机质影响差异不显著，速效钾含量由 CK 的 239 mg/kg 增长到 247 ~ 379.67 mg/kg，并对有效磷含量产生了显著的促进作用，由 CK 的 61.8 mg/kg 显著提高到 92.6 ~ 111.69 mg/kg，进入了优质猕猴桃土壤有效磷的最适范围，可见，翻压绿肥减施化肥有利于提高土壤的氮、磷、钾养分含量向优质猕猴桃园的土壤营养范围内发展，对土壤有效磷、速效钾含量提升作用显著。

此外，本次试验的双因素方差分析表明，土壤碱解氮含量受化肥减量因素的影响显著，在翻压绿肥条件下，100%F 和 85%F 处理的土壤碱解氮含量显著高于 70%F，而土壤有效磷含量的显著增高受翻压绿肥与化肥减施的交互作用影响，以 G1+70%F、G2+100%F、G3+70%F 处理的土壤有效磷含量最高，可见，翻压绿肥条件下化肥用量高有利于土壤碱解氮含量的提高，但是化肥用量适当减少更有利于土壤有效磷含量的提高以及猕猴桃对磷的吸收。前人研究发现，绿肥腐解过程中除了本身会释放磷之外^[29]，还会产生大量有机酸阴离子降低土壤对磷素的固持，提高土壤养分的溶解度和有效性，同时，此过程为微生物提供大量碳、氮源，使微生物活性较高，对土壤磷素的生物活化作用也很强烈，进而提高了土壤磷素有效性^[41]。但是，绿肥翻压干扰了土壤氮含量的变化，促进土壤吸附或滞留更多的磷，同时氮量的不同也会对磷酸酶活性产生影响，磷酸酶活性可加速有机磷的脱磷速度，影响土壤磷素的转化方向与强度^[42]。在翻压绿肥地，施氮量 40 ~ 80 kg/(hm²·年)时，磷酸酶活性达到最高值，而施氮量 160 kg/(hm²·年)时，反而抑制了磷酸酶活性的激发^[43]。因此，翻压绿肥条件下，减少适量的化肥用量可使土壤和土壤溶液之间的氮、磷分配比例更均衡，且养分随时间波动的幅度也更平稳^[42]，结合翻压绿肥条件下，85%F 与 100%F 处理的土壤碱解氮含量差异不显著，且 85%F 与

70%F处理的土壤有效磷含量差异不显著,可以看出,翻压绿肥减施化肥15%可更好地平衡土壤氮、磷养分,满足猕猴桃对土壤养分的需求。

参考文献:

- [1] 徐光焕, 陈元磊, 王南南. 陕西省周至县‘翠香’猕猴桃叶片营养诊断研究[J]. 陕西农业科学, 2021, 67(2): 23–29.
- [2] 吴迪, 李良良, 田奥, 等. 不同有机肥处理对喀斯特山地‘红阳’猕猴桃园土壤养分的影响[J]. 中国果树, 2020(5): 77–80.
- [3] 秦景逸, 张云, 王秀梅, 等. 绿肥间作对果园产量及经济效益的影响[J]. 广东农业科学, 2017, 44(1): 43–48.
- [4] Panigrahi P, Srivastava A K, Panda D K, et al. Rainwater, soil and nutrients conservation for improving productivity of citrus orchards in a drought prone region [J]. Agricultural Water Management, 2017, 185: 65–77.
- [5] Wei H, Xiang Y Z, Liu Y, et al. Effects of sod cultivation on soil nutrients in orchards across China: a meta-analysis [J]. Soil & Tillage Research, 2017, 169: 16–24.
- [6] 赵秋, 高贤彪, 宁晓光, 等. 冬绿肥二月兰间作及翻压对北方桃园生长环境及果实品质的影响[J]. 中国土壤与肥料, 2013(1): 93–96.
- [7] 牛雅琼, 吴兴洪, 冉斌, 等. 豆科绿肥翻压对猕猴桃产质量和土壤肥力的影响[J]. 北方园艺, 2020(5): 87–94.
- [8] 何春梅, 钟少杰, 严建辉, 等. 紫云英翻压对葡萄产量品质与果园土壤理化性状及微生物量的影响[J]. 福建农业学报, 2018, 33(11): 1151–1157.
- [9] 方林发. 豆科绿肥替代化肥对柑橘氮素营养及生长发育的影响[D]. 重庆: 西南大学, 2020.
- [10] 唐杉, 王允青, 赵决建, 等. 紫云英还田对双季稻产量及稳定性的影响[J]. 生态学杂志, 2015, 34(11): 3086–3093.
- [11] 万水霞, 朱宏斌, 唐杉, 等. 紫云英与化肥配施对安徽沿江双季稻区土壤生物学特性的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2015, 21(2): 387–395.
- [12] Dabin Z, Pengwei Y, Na Z, et al. Responses of winter wheat production to green manure and N fertilizer on the Loess Plateau [J]. Agronomy Journal, 2015, 107(1): 361.
- [13] 张久东, 包兴国, 曹卫东, 等. 间作绿肥作物对玉米产量和土壤肥力的影响[J]. 中国土壤与肥料, 2013(5): 43–47.
- [14] 曹卫东, 包兴国, 徐昌旭, 等. 中国绿肥科研60年回顾与未来展望[J]. 植物营养与肥料学报, 2017, 23(6): 1450–1461.
- [15] 陈曦, 岳伟, 徐建鹏, 等. 猕猴桃主栽品种气候品质评价模型构建[J]. 生态学杂志, 2021, 40(12): 4119–4127.
- [16] 周红伟, 叶旭, 安华明. 贵长猕猴桃果实生长发育及矿质养分积累规律[J]. 山地农业生物学报, 2021, 40(2): 67–70.
- [17] 李孟华, 张超, 陈海宁. 全程营养解决方案对猕猴桃产量和品质的影响[J]. 现代农业科技, 2020(11): 57–58.
- [18] 陈竹君, 周建斌, 史清华, 等. 猕猴桃叶内矿质元素含量年生长季内的变化[J]. 西北农业大学学报, 1999(5): 54–57.
- [19] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [20] 李玉霖, 崔建垣, 苏永中. 不同沙丘生境主要植物比叶面积和叶干物质含量的比较[J]. 生态学报, 2005, (2): 304–311.
- [21] 赵娜. 不同氮肥处理对猕猴桃果实品质的影响[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2009.
- [22] 彭婷, 谢翠娟, 苗诗雪, 等. 猕猴桃叶片10种矿质元素含量的动态变化、品种差异及相关性[J]. 中国南方果树, 2020, 49(1): 115–119.
- [23] 方林发, 谢军, 孔萌, 等. 豆科绿肥替代化学氮肥促进柑橘幼苗生长和氮素吸收[J]. 植物营养与肥料学报, 2021, 27(11): 1959–1970.
- [24] 陈检锋, 梁海, 王伟, 等. 玉米–绿肥轮作体系下光叶紫花苕的氮肥替代和土壤肥力提升效应[J]. 植物营养与肥料学报, 2021, 27(9): 1571–1580.
- [25] 杨璐, 曹卫东, 白金顺, 等. 翻压二月兰对玉米干物质积累和养分吸收及土壤养分的影响[J]. 华北农学报, 2014, 29(1): 183–189.
- [26] 罗跃, 卢秉林, 周国朋, 等. 河西绿洲灌区玉米间作绿肥根茬还田的氮肥减施效应[J]. 植物营养与肥料学报, 2021, 12(27): 2125–2135.
- [27] 苟志文, 殷文, 徐龙龙, 等. 绿洲灌区复种豆科绿肥条件下小麦稳产的减氮潜力[J]. 植物营养与肥料学报, 2020, 26(12): 2195–2203.
- [28] 罗国涛, 刘晓纳, 张曼曼, 等. 柑橘砧木根系形态特征与植株耐旱性评价[J]. 果树学报, 2020, 37(9): 1314–1325.
- [29] 董浩, 于淑慧, 史桂芳, 等. 春季翻压3种果园绿肥腐解及养分释放特征研究[J]. 中国农学通报, 2021, 37(6): 75–81.
- [30] 张林森, 武春林, 王西玲, 等. 秦美猕猴桃叶营养状况及标准值的研究[J]. 西北农业学报, 2001(3): 74–76.
- [31] 刘科鹏. 猕猴桃果实品质与土壤、叶片营养的关系[D]. 南昌: 江西农业大学, 2013.
- [32] 高嵩涓, 周国朋, 曹卫东. 南方稻田紫云英作冬绿肥的增产节肥效应与机制[J]. 植物营养与肥料学报, 2020, 26(12): 2115–2126.
- [33] Nei J W, Yi L X, Xu H S, et al. Leguminous cover crop *Astragalus Sinicus* enhances grain yields and nitrogen use efficiency through increased tillering in an intensive double-cropping rice system in southern China [J]. Agronomy, 2019, 9(9): 544.
- [34] 张达斌. 黄土高原地区种植豆科绿肥协调土壤水分和氮素供应的效应及机理[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2016.
- [35] Warrington I J, Weston G C. Kiwifruit science and management [M]. Auckland: Ray Richards Publisher, 1990.

- [36] 唐红琴, 李忠义, 曾成城, 等. 不同绿肥种类和还田量对柑橘园土壤养分的动态影响[J]. 江苏农业科学, 2021, 49(16): 214–219.
- [37] 黄宏文. 猕猴桃高效栽培[M]. 北京: 金盾出版社, 2001.
- [38] 张承, 周开拓, 龙友华. 贵州省修文县猕猴桃果园土壤养分分析[J]. 湖北农业科学, 2013, 52(17): 4083–4085.
- [39] 兰延, 黄国勤, 杨滨娟, 等. 稻田绿肥轮作提高土壤养分增加有机碳库[J]. 农业工程学报, 2014, 30(13): 146–152.
- [40] Islam M M, Urmi T A, Rana M S, et al. Green manuring effects on crop morpho-physiological characters, rice yield and soil properties[J]. Physiol Mol Biol Plants, 2019, 25(1): 303–312.
- [41] 顾炯明, 李越, 李银水, 等. 绿肥腐解液中有有机酸组成对铝磷和铁磷活化能力的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2021, 27(9): 1627–1635.
- [42] 高桂娟, 李志丹, 韩瑞宏, 等. 3种南方绿肥腐解特征及其对淹水土壤养分和酶活性的影响[J]. 热带作物学报, 2016, 37(8): 1476–1483.
- [43] Piotrowska A, Wilczewski E. Effects of catch crops cultivated for green manure and mineral nitrogen fertilization on soil enzyme activities and chemical properties[J]. Geoderma, 2012, 189–190: 72–80.

Effects of green manure with fertilizer reduction on soil and leaf of kiwifruit in the fruit rapid growth period

ZHANG Qin¹, WU Xing-hong², YAO Dan-jun¹, ZHANG Ai-hua¹, KUANG Sheng-jian¹, LIAO Heng¹, ZHU Qing^{1*}, QIN Song¹ (1. Guizhou Institute of Soil and Fertilizer, Guizhou Academy of Agricultural Sciences/Guizhou Institute of Agricultural Resources and Environment, Guizhou Academy of Agricultural Sciences, Guiyang Guizhou 550006; 2. Xingyi Branch of Ecology and Environment Bureau of Qianxinan Buyei and Miao Autonomous Prefecture, Xingyi Guizhou 562400)

Abstract: The purpose of study is to provide a foundation for supporting the technology in green manure (GM) utilization of high-quality kiwifruit garden in Guizhou. Different green manures of equal quantities (*Vicia villosa* Roth G1, *Vicia sativa* L. G2 and *Lolium perenne* G3) with different fertilizer reduction treatments (100%F, 85%F, 70%F 55%F and 0%F) were applied. There were 16 treatments with no fertilizer application as the control (CK). During the fruit rapid growth period of kiwifruit, leaf area, leaf weight, chlorophyll content, and soil nutrient were measured to study the effects of different treatments on kiwifruit growth and soil traits in the garden. The results showed that compared with the CK, the leaf area, the specific leaf area and the leaf phosphorus (LP) were significantly promoted by turning over *Vicia villosa* Roth and *Vicia sativa* L. with reducing fertilizer application. The leaf areas of G1+70%F and G2+85%F were increased by 117.33% and 110.65%, respectively. The specific leaf areas of G1+70%F and G2+85%F were increased by 85.31% and 73.10%, respectively. The LP of G1+85%F and G2+100%F was increased by 23.21% and 17.86%, respectively. The leaf weight was improved by *Vicia villosa* Roth and ryegrass turnover with fertilizer reduction, with increasing by 40.31% and 33.77%, respectively, for G1+55%F and G3+55%F. Soil available phosphorus was significantly improved by the three GMs turnover with fertilizer reduction, and the highest soil available phosphorus of G1+70%F, G2+100%F and G3+70%F was increased by 104%, 108% and 104%, respectively; Soil available potassium was significantly increased by *Vicia sativa* L. turnover with fertilizer reduction, and the soil available potassium of G2+100%F was increased by 57.6%; Soil pH was increased significantly with ryegrass turnover and fertilizer reduction and the soil pH of G3+70%F was increased by 7.17%. Two-way ANOVA was carried out with GM varieties turnover and fertilizer reduction. Under the fertilizer reduction condition, the maximum leaf width, leaf area and specific leaf area of kiwifruit with *Vicia villosa* Roth turnover were significantly higher than that with ryegrass turnover, and the soil pH with *Vicia villosa* Roth turnover and ryegrass turnover was significantly higher than that with *Vicia sativa* L. turnover. Under the GM turnover condition, the leaf nitrogen (LN) of 55%F was significantly higher than that of 100%F and 85%F, and the leaf weight of 55%F was also significantly higher than that 85%F and 0%F. Alkali hydrolysable nitrogen of 100%F and 85%F was significantly higher than that of 70%F; Soil available phosphorus was significantly increased by 49.84% ~ 80.73% with GM turnover combining with fertilizer reduction. The specific leaf was significantly increased by GM turnover and fertilizer reduction in the period of kiwifruit rapid growth, which was beneficial to the increase of LN, LP and LK, especially, the increase of LP. In addition, alkali hydrolysable nitrogen and soil available phosphorus were also significantly increased with the treatments of GM turnover combining with fertilizer reduction, which could facilitate soil available nutrients so that build high quality kiwifruit gardens.

Key words: kiwifruit; green manure; rapid growth period; leaf; fertilizer reduction