

贵州山区不同海拔蔬菜种植区域内土壤养分和酶活性变化

孟平红¹, 郭惊涛¹, 李桂莲¹, 潘德怀², 李从信³, 付纪勇⁴, 肖厚军^{5*}

(1. 贵州省园艺研究所, 贵州 贵阳 550006; 2. 三都县果蔬开发办公室, 贵州 三都 558100;
3. 大方县农牧局, 贵州 大方 551600; 4. 福泉市蔬果站, 贵州 福泉 555800;
5. 贵州省土壤肥料研究所, 贵州 贵阳 550006)

摘要: 探讨不同海拔蔬菜高效种植区域内对土壤养分和酶活性的影响, 为蔬菜高效种植的土壤养分管理提供依据。对贵州省高、中、低不同海拔区域的蔬菜地土壤进行取样, 分析测定了土壤有机质、氮磷钾养分和酶活性的变化。结果表明, 连续3年蔬菜高效种植的土壤有机质、全量氮、磷、钾与农民传统种植无明显差异, 蔬菜高效种植模式下土壤碱解氮、有效磷有明显积累; 土壤磷酸酶活性有随海拔增高而增大趋势; 蔬菜高效模式下的酸性磷酸酶活性大于单作或稻油轮作; 土壤脲酶活性受种植模式的影响大于海拔; 参考菜园土壤速效养分丰缺指标, 低海拔区三都县应适当减少氮磷钾化肥用量, 中海拔区福泉市和高海拔区大方县应适当增加磷、钾化肥用量。

关键词: 蔬菜高效种植; 土壤养分; 土壤酶活性; 养分指标

中图分类号: S153; S154; S63 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-6257 (2015) 04-0036-05

贵州属于“八山一水一分田”的山区省份, 耕地面积少且土壤瘠薄, 推广规模化、机械化、现代化、产业化难度较大, 因此农业单产及生产效率很低, 农民收入低。贵州近年利用有限的土地资源, 发挥气候和生态优势, 研究出“早春大白菜-夏秋茄子-秋冬莴笋”、“辣椒套作春大白菜-秋冬莴笋”、“甘蓝-白菜-甘蓝”等一系列一年三熟的适宜不同海拔区域的蔬菜高效种植模式在生产上应用推广, 提高了复种指数和单位土地的产量, 取得了较好经济效益。但是, 蔬菜的产量与土壤养分状况密切相关, 不同种植模式下土壤养分的变化又影响蔬菜的产量, 二者相辅相成, 土壤养分又与土壤中酶的活性密切相关, 酶活性的高低反映土壤养分的状况, 通过分析土壤酶活性的变化, 可间接反映土壤养分的状况。国内关于农田不同种植模式对土壤养分和活性的影响有相关报道^[1-2], 蔬菜高效模式的中短

期应用是否导致土壤养分和酶活性的改变, 是否引起土壤质量的恶化尚存争议。贵州不同海拔区域蔬菜高效种植对土壤养分与土壤酶活性的影响尚未报道, 本文拟探索蔬菜不同高效种植模式下土壤有机质、养分的盈亏状况和酶活性的变化, 为指导蔬菜高效种植模式下的科学施肥, 及为贵州省不同海拔区域蔬菜高效种植模式的推广应用提供理论依据。

1 材料与方 法

1.1 试验地概况及调查方法

试验地点概况: (1) 三都县位于海拔 800 m 以下, 年平均气温 17.6℃, 元月平均温 7.8℃ 以上, 7 月平均温 26~27℃ 的贵州低海拔地区。高效种植模式为“春大白菜-夏秋茄子-秋冬莴笋”一年 3 熟, 传统种植模式为“水稻-油菜”一年 2 熟。地形部位为河谷。蔬菜种植模式实施 3 年。(2) 福泉市位于海拔 800~1 500 m, 年平均气温 13~18.3℃, 元月平均温 3.1℃ 以上, 7 月平均温 24.5~25.5℃ 的贵州中海拔地区。高效种植模式为“辣椒套作春大白菜-秋冬莴笋”一年 2 熟 3 收, 传统模式为“辣椒单作”。地形部位为丘陵。蔬菜种植模式实施 2 年。(3) 大方县位于海拔 1 000~1 800 m, 年平均气温 11.5~16℃, 元月平均温 1.3℃ 以上, 7 月平均温 22.5~24℃ 的贵州高海拔地区。高效种植模式为“大蒜-夏秋大白菜-秋冬

收稿日期: 2014-06-10; 最后修订日期: 2014-09-12

基金项目: 国家星火计划重大项目 (2012GA820001); 贵州省科技重大专项 (2013-6061-1); 贵州省现代农业产业技术体系建设项目 (GZCYTX2011-0101); 贵州省科技重大专项 [黔科合重大专项字 (2011) 6001]。

作者简介: 孟平红 (1966-), 女, 贵州平塘人, 研究员, 博士, 主要研究蔬菜栽培、分子生物学与遗传育种。E-mail: 164931596@qq.com。

通讯作者: 肖厚军, E-mail: xiao-hjnk@163.com。

甘蓝”一年3熟,传统模式为“玉米单作”。地形部位为台地。蔬菜种植模式实施3年。三地实施时间为2010~2013年。

调查方法:在不同海拔地区以当地农民传统种植模式为对照,将蔬菜高效种植模式作为处理,进行5个地块采样调查。

1.2 取样地点和方法

取样地点:(1)三都县姑挂乡姑挂村一组,代表贵州低海拔地区;(2)福泉市黎山乡黎山村玉家山组,代表贵州中海拔地区;(3)大方县达溪镇冷底村二组,代表贵州高海拔地区。

取样方法:在采样地点选取有代表性地块,采用棋盘布点取6个样点,采样深度0~18 cm,充分混匀后用四分法留取0.7 kg,0.3 kg新鲜土样测定土壤酶活性、硝态氮、铵态氮,0.4 kg土样风干测定有机质、全量氮、磷、钾,碱解氮、有效磷、速效钾、pH值。

1.3 样品测定指标与方法

1.3.1 土壤有机质及养分测定

土壤有机质、全氮、全磷、全钾、碱解氮、有效磷、速效钾、pH值的测定采用鲁如坤主编的土壤农业化学分析方法^[3]。

土壤硝态氮采用氯化钙溶液浸提,酚二磺酸比色法;土壤铵态氮采用氯化钙溶液浸提,靛酚蓝比色法^[3]。

1.3.2 土壤酶活性测定

酸性磷酸酶、碱性磷酸酶、过氧化氢酶活性用试剂盒法测定;脲酶活性用靛酚蓝比色法测定,以NH₃-N mg/g (37℃, 24 h)表示;具体方法参照文献[4]。为了消除土壤和试剂的误差,每一土样均设无基质和无土壤对照,酶活性均以烘干土重为

基础计算(105℃, 24 h),3次重复。

1.4 数据处理与分析

试验数据采用Excel 2003和DPS 7.05版两组数据进行统计分析(t检验)^[5]。

2 结果与分析

2.1 不同海拔蔬菜种植区内蔬菜高效种植对土壤有机质及养分的影响

2.1.1 不同海拔蔬菜种植区内土壤有机质的变化

表1结果显示,不同种植区域内蔬菜连作对土壤有机质的影响有差异,在中、低海拔区域的福泉市、三都县,蔬菜高效种植模式与传统模式的土壤有机质差异不大,大方县蔬菜高效模式的土壤有机质比传统模式略有增加,经t检验,达不到显著水平(P>0.05)。按陈仑寿等^[6]提出的理想菜地土壤有机质含量大于30 g/kg的建议指标,福泉市蔬菜高效种植模式下土壤有机质接近上述指标,三都、大方县蔬菜高效模式的土壤有机质略超上述指标。

表1 不同海拔蔬菜种植区内土壤有机质的变化 (n=5) (g/kg)

种植模式	低海拔地区 (三都县)	中海拔地区 (福泉市)	高海拔地区 (大方县)
传统模式(CK)	41.3 ± 12.3	30.6 ± 6.9	41.4 ± 2.5
高效种植模式	42.2 ± 8.0	29.7 ± 5.0	45.9 ± 6.6
t	0.138	0.237	1.422
p	0.894	0.818	0.193

2.1.2 不同海拔蔬菜种植区内土壤全氮及不同形态氮的变化

表2结果表明,不同种植区域内蔬菜高效种植

表2 不同海拔蔬菜种植区内土壤全氮及不同形态氮的变化 (n=5)

种植区域	种植模式	全氮 (g/kg)	碱解氮 (mg/kg)	硝态氮 (mg/kg)	铵态氮 (mg/kg)
低海拔地区 (三都县)	水稻—油菜(CK)	2.20 ± 0.76	125.9 ± 49.86	1.38 ± 1.58	2.95 ± 0.58
	春白菜—夏秋茄子—冬莴笋	2.43 ± 0.41	301.8 ± 135.2	34.82 ± 19.34	32.73 ± 24.76
	t	0.598	2.729	3.854	2.689
	p	0.566	0.026	0.005	0.027
中海拔地区 (福泉市)	辣椒单作(CK)	1.45 ± 0.14	82.61 ± 10.06	2.39 ± 1.954	1.47 ± 0.22
	辣椒套作白菜—秋冬莴笋	1.45 ± 0.13	132.8 ± 63.67	20.75 ± 20.90	1.98 ± 0.80
	t	0.000	2.128	1.956	1.389
	p	1.000	0.066	0.086	0.202
高海拔地区 (大方县)	玉米单作(CK)	2.00 ± 0.21	94.11 ± 8.27	2.14 ± 0.90	2.64 ± 2.29
	大蒜—白菜—甘蓝	2.09 ± 0.08	141.8 ± 19.26	12.67 ± 8.06	1.38 ± 0.55
	t	0.880	5.086	2.903	1.201
	p	0.404	0.001	0.020	0.264

对土壤全氮的影响不明显, 蔬菜高效种植模式与传统模式的土壤全氮平均值差异不显著 ($P > 0.05$); 不同蔬菜种植区蔬菜种植对土壤碱解氮的影响明显, 两种模式经 t 检验, 低海拔区三都县达到显著水平 ($P = 0.026$), 中海拔区福泉市接近显著水平 ($P = 0.066$), 高海拔区大方县达到极显著水平 ($P = 0.001$); 蔬菜种植对土壤硝态氮的影响因种植区域不同差异性较大, 低海拔区三都县高效模式与对照之间差异达到极显著水平 ($P < 0.01$), 高海拔区大方县差异达显著水平 ($P < 0.05$), 中海拔区福泉市差异不显著 ($P > 0.05$); 蔬菜种植对土壤铵态氮的影响因种植区域不同差异性较大, 低海拔区三都县两种模式间差异达到显著水平 ($P < 0.05$), 中海拔区福泉市和高海拔区大方县两种模式的差异都不显著 ($P > 0.05$)。

另据谢建昌等主编文献 [7], 菜园土壤碱解氮丰缺参考指标 [碱解氮 (mg/kg): 100 ~ 200 缺乏, 200 ~ 300 适宜, > 300 过高], 低海拔区三都县蔬菜高效种植碱解氮略高, 中海拔区福泉市和高海拔区大方县处于缺乏范围。

2.1.3 不同海拔蔬菜种植区内土壤全磷、有效磷的变化

从表 3 看出, 不同种植区域内蔬菜高效种植对土壤全磷的影响不明显, 蔬菜高效种植模式与传统模式的土壤全磷平均值差异不显著 ($P > 0.05$); 不同种植模式对土壤有效磷的影响明显, 因种植区域不同差异性较大, 高效种植和传统种植两种模式

表 3 不同海拔蔬菜种植区内土壤全磷、有效磷的变化 (n=5)

种植区域	种植模式	全磷 (P, g/kg)	有效磷 (P, mg/kg)
低海拔地区 (三都县)	水稻—油菜 (CK)	0.54 ± 0.16	24.22 ± 7.58
	春白菜—夏秋 茄子—冬莴笋	0.66 ± 0.16	113.7 ± 52.79
	t	1.108	9.143
	p	0.300	0.001
	中海拔地区 (福泉市)	辣椒单作 (CK)	0.49 ± 0.12
中海拔地区 (福泉市)	辣椒套作白菜— —秋冬莴笋	0.47 ± 0.07	26.55 ± 8.62
	t	0.207	1.774
	p	0.841	0.114
高海拔地区 (大方县)	玉米单作 (CK)	0.63 ± 0.11	25.48 ± 11.97
	大蒜—白菜—甘蓝	0.59 ± 0.09	38.53 ± 9.11
	t	0.638	1.941
	p	0.541	0.088

经 t 检验, 低海拔区三都县达到极显著水平 ($P = 0.001$), 中海拔区福泉市和高海拔区大方县的差异均不显著 ($P > 0.05$)。

据文献 [7], 菜园土壤有效磷丰缺参考指标 [有效磷 (mg/kg) < 30 严重缺乏, 30 ~ 60 缺乏, 60 ~ 90 适宜, > 90 偏高], 低海拔区三都县蔬菜高效种植模式下有效磷为 113.7 mg/kg, 属于偏高; 中海拔区福泉市有效磷为 26.55 mg/kg, 属于严重缺乏; 高海拔区大方县为 38.53 mg/kg, 处于缺乏范围。

2.1.4 不同海拔蔬菜种植区内土壤全钾、速效钾的变化

从表 4 看出, 不同种植区域内蔬菜高效种植对土壤全钾的影响不明显, 蔬菜高效种植模式与传统模式的土壤全钾平均值差异不显著 ($P > 0.05$); 而不同种植模式对土壤速效钾的影响明显, 因种植区域不同差异性较大, 高效种植和传统种植两种模式经 t 检验, 低海拔区三都县达到显著水平 ($P = 0.012$), 中海拔区福泉市和高海拔区大方县的差异都不显著 ($P > 0.05$)。

表 4 不同海拔蔬菜种植区内土壤全钾、速效钾的变化 (n=5)

种植区域	种植模式	全钾 (K, g/kg)	速效钾 (K, mg/kg)
低海拔地区 (三都县)	水稻—油菜 (CK)	18.02 ± 3.59	106.4 ± 56.34
	春白菜—夏秋 茄子—冬莴笋	15.74 ± 2.41	291.9 ± 114.4
	t	1.175	3.255
	p	0.274	0.012
	中海拔地区 (福泉市)	辣椒单作 (CK)	3.51 ± 1.26
中海拔地区 (福泉市)	辣椒套作白菜— 秋冬莴笋	4.34 ± 1.28	132.0 ± 90.02
	t	1.026	0.955
	p	0.335	0.368
高海拔地区 (大方县)	玉米单作 (CK)	13.39 ± 0.92	123.4 ± 19.51
	大蒜—白菜—甘蓝	13.35 ± 0.75	125.6 ± 23.44
	t	0.079	0.167
	p	0.940	0.872

据文献 [7], 菜园土壤速效钾丰缺参考指标 [速效钾 (mg/kg) < 80 严重缺乏, 80 ~ 160 缺乏, 160 ~ 240 适宜, > 240 偏高], 低海拔区三都县蔬菜高效种植模式速效钾为 291.9 mg/kg, 属于偏高; 中海拔区福泉市速效钾为 132.0 mg/kg, 高海拔区大方县为 125.6 mg/kg, 都属于缺乏范围。

2.2 不同海拔蔬菜种植区内土壤酶活性的变化

2.2.1 不同海拔蔬菜种植区内土壤磷酸酶的变化

不同海拔蔬菜种植区内土壤磷酸酶活性及有效磷的变化见表5。结果表明,从低海拔到中海拔再到高海拔地区,土壤磷酸酶活性增大;低海拔区酸性磷酸酶活性大于碱性磷酸酶,中高海拔

区不同种植模式两种磷酸酶活性有差异,中海拔区传统单作与高效模式碱性磷酸酶活性差异达显著水平,酸性磷酸酶活性蔬菜高效大于单作传统模式,低海拔区酸性磷酸酶活性蔬菜高效模式大于稻油轮作。蔬菜高效模式的酸性磷酸酶活性大于碱性磷酸酶。

表5 不同海拔蔬菜种植区内土壤磷酸酶及有效磷的变化

种植区域	种植模式	酸性磷酸酶活性 (U/L)	碱性磷酸酶活性 (U/L)
低海拔地区 (三都县)	水稻—油菜 (CK)	1.600 ± 1.480	1.180 ± 1.190
	春白菜—夏秋茄子—冬茼蒿笋	3.930 ± 2.730	0.685 ± 0.883
	t	1.679	0.769
	p	0.143	0.466
中海拔地区 (福泉市)	辣椒单作 (CK)	2.450 ± 2.250	1.614 ± 1.210
	辣椒套作白菜—秋冬茼蒿笋	5.150 ± 2.830	3.166 ± 0.555
	t	1.668	2.607
	p	0.136	0.043
高海拔地区 (大方县)	玉米单作 (CK)	3.680 ± 2.600	3.166 ± 0.673
	大蒜—白菜—甘蓝	5.520 ± 6.320	4.346 ± 2.616
	t	0.602	0.977
	p	0.572	0.378

2.2.2 不同海拔蔬菜种植区内土壤脲酶的变化

不同海拔蔬菜种植区内土壤脲酶活性见表6。结果显示,土壤脲酶活性受海拔的影响较小,中海拔区脲酶活性较高,高海拔区脲酶活性居中,低海拔区脲酶活性较低,无规律性;土壤脲酶活性受种植模式的影响较大,低海拔区脲酶活性蔬菜高效模式与传统模式差异达极显著水平,高海拔区、中海拔区高效模式与传统模式差异不显著。

表6 不同海拔蔬菜种植区内土壤脲酶及铵态氮的变化

种植区域	种植模式	脲酶活性 (U/mL)
低海拔地区 (三都县)	水稻—油菜 (CK)	7.01 ± 1.05
	春白菜—夏秋茄子—冬茼蒿笋	19.60 ± 6.27
	t	4.426
	p	0.010
中海拔地区 (福泉市)	辣椒单作 (CK)	22.15 ± 3.45
	辣椒套作白菜—秋冬茼蒿笋	22.16 ± 5.36
	t	0.005
	p	0.996
高海拔地区 (大方县)	玉米单作 (CK)	11.67 ± 3.66
	大蒜—白菜—甘蓝	17.62 ± 5.40
	t	2.041
	p	0.080

3 结论与讨论

3.1 本研究表明,在贵州种植蔬菜3年内,不同蔬菜种植区内蔬菜高效种植模式土壤有机质、氮、磷、钾全量与传统模式无明显差异,蔬菜高效种植模式的土壤碱解氮、有效磷与传统模式相比有明显积累,速效钾在低海拔区有差异。同一种植区域蔬菜高效种植模式因施肥量的不同对土壤养分的影响大于传统模式。不同种植区域因土壤和种植作物种类不同土壤速效养分有很大差异。有研究表明,种植蔬菜3~4年内,土壤有机质、氮和磷的全量及有效态氮、磷、土壤酶活性均呈现增加的趋势^[8-10]。本研究结果表明,蔬菜高效种植模式持续3年,土壤有效态氮、磷养分增加明显,速效钾除低海拔区三都县明显提高外,中海拔区福泉市有一定量增加,高海拔区大方县变化不明显。

3.2 土壤酶是表征土壤中物质、能量代谢旺盛程度和土壤质量水平的一个重要生物指标^[11]。研究结果表明,随着海拔增高,土壤磷酸酶活性有增大趋势;酸性磷酸酶活性蔬菜高效模式大于单作或稻油轮作;土壤脲酶活性受海拔的影响较小,受种植模式的影响较大。有研究表明,种植年限对土壤酶的影响是呈先增加后降低的趋势^[12]。

3.3 与菜园土壤速效养分丰缺参考指标相比,三都县蔬菜高效种植模式下速效氮、磷、钾偏高,施肥上应适当减少化肥用量,福泉市、大方县蔬菜高效种植模式的氮肥用量需保持,磷、钾肥还可适当增加用量。尽管蔬菜高效种植模式的养分投入明显高于传统模式,但由于蔬菜高效种植带走的养分也相应高于传统模式,短期内土壤有机质、全量氮、磷、钾的变化不明显,只是速效养分变化较大,蔬菜高效种植模式下低海拔区三都县的速效氮、磷、钾有明显积累,而中海拔区福泉市和高海拔区大方县的速效氮、磷积累小于低海拔区三都县,中海拔区福泉市蔬菜高效模式速效钾略高于传统模式,高海拔区大方县蔬菜高效种植模式速效钾与传统模式持平,这可能与土壤和种植作物种类不同有关,陈小容等^[13]的研究也有类似结果。因本研究年限较短,不同海拔蔬菜种植区域内蔬菜高效种植对土壤养分和酶活性的影响尚需进一步研究。

参考文献:

- [1] 李菡,孙爱清,郭恒俊. 农田不同种植模式与土壤质量的关系 [J]. 应用生态学报, 2010, 21 (2): 365-372.
- [2] 符建平,张丽红,王芳,等. 日光温室不同蔬菜轮作体系对土壤环境的影响 [J]. 华北农学报, 2008, 23 (增刊): 334-339.
- [3] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法 [M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1999. 22-201.
- [4] 吴金水,林启美,黄巧云,等. 土壤微生物生物量测定方法及其应用 [M]. 北京: 气象出版社, 2006. 117-136.
- [5] 唐启义. DPS 数据处理系统 (第二版) [M]. 北京: 科学出版社, 2010. 51-128.
- [6] 陈仑寿,陆景陵. 蔬菜营养与施肥技术 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2002.
- [7] 谢建昌,陈际型. 菜园土壤肥力与蔬菜合理施肥 [M]. 南京: 河海大学出版社, 1997. 73-75.
- [8] 王朝辉,宗志强,李生秀. 菜地和一般农田土壤主要养分积累的差异 [J]. 应用生态学报, 2002, 13 (9): 1091-1094.
- [9] 王辉,董元华,李德成,等. 不同种植年限大棚蔬菜土壤养分状况研究 [J]. 土壤, 2005, 37 (4): 460-462.
- [10] 王辉,董元华,安琼,等. 高度集约化利用下蔬菜地土壤养分累积状况—以南京市南郊为例 [J]. 土壤, 2006, 38 (1): 61-65.
- [11] 董艳,董坤,郑毅,等. 种植年限和种植模式对设施土壤微生物区系和酶活性的影响 [J]. 农业环境科学学报, 2009, 28 (3): 527-532.
- [12] 吴风芝,孟立君,王学征. 设施蔬菜轮作和连作土壤酶活性的研究 [J]. 植物营养与肥料学报, 2006, 12 (4): 554-558.
- [13] 陈小容,雍太文,杨文钰,等. 不同种植模式下茬口对小麦季土壤养分和酶活性的影响 [J]. 中国土壤与肥料, 2011, (6): 20-24.

Effects of different vegetable planting modes and altitude on soil nutrients and enzyme activity in highland of Guizhou

MENG Ping-hong¹, GUO Jing-tao¹, LI Gui-lian¹, PAN De-huai², LI Cong-xin³, FU Ji-yong⁴, XIAO Hou-jun^{5*}
(1. Guizhou Horticulture Institute, Guiyang Guizhou 550006; 2. Sandu Development Station of Fruits and Vegetables, Sandu Guizhou 558100; 3. Dafang Agriculture and Livestock Bureau, Dafang Guizhou 551600; 4. Fuquan Station of Fruits and Vegetables, Fuquan Guizhou 555800; 5. Guizhou Soil and Fertilizer Institute, Guiyang Guizhou 550006)

Abstract: In order to explore the effects of different vegetable planting patterns on soil nutrients and enzyme activity, and to provide a theoretical basis for the fertilizer application of vegetables efficient planting modes in Guizhou, soil samples under different vegetable planting modes on high, medium and low altitude areas respectively were taken in Guizhou province. The changes of the soil nutrients and enzyme activities were determined. The results showed that there was no significant difference between the vegetable efficient planting modes and the traditional modes of farmers for soil organic matter, total nitrogen, total phosphorus and total potassium within 3 years, but soil available nitrogen and soil available phosphorus accumulated significantly under vegetable efficient planting patterns. With the increasing of altitude, the soil acid phosphatase activity increased, and the soil acid phosphatase activity was higher in the soil of the vegetable efficient planting modes than that of the traditional modes. Planting modes had more impact on the soil urease activity than altitude. According to the indexes of available nutrient abundance and deficiency for garden soil, the amount of nitrogen, phosphorus, and potash fertilizer in Sandu county should be appropriately reduced, while in Fuquan and Dafang county, the amount of phosphorus and potassium fertilizer should be appropriately increased.

Key words: vegetable efficient planting; soil nutrients; soil enzyme activity; nutrient indexes