

王 瑛,郭奎龙. 不同施肥模式对葡萄营养元素累积及土壤肥力的影响[J]. 江苏农业科学,2017,45(19):200-204.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2017.19.045

不同施肥模式对葡萄营养元素累积及土壤肥力的影响

王 瑛, 郭奎龙

(恩施职业技术学院,湖北恩施 445000)

摘要:自2012年起,连续4年采用田间定位试验方法,以不施肥为对照(CK),研究全量化肥(NPK)、半量化肥+半量有机肥(NPKO)、全量有机肥(O)、全量化肥+豆科绿肥(NPKL)、半量化肥+半量有机肥+豆科绿肥(NPKOL)5种不同施肥模式对葡萄营养元素累积及土壤肥力的影响。结果表明,不同施肥模式对葡萄的营养生长均起到明显的促进作用,葡萄植株基径、新叶数目、新梢长度、新生根长、分叉数多有明显的增加趋势,基本表现为NPKOL>NPKL>O>NPKO>NPK>CK;施肥后葡萄的产量有显著增加($P<0.05$),而结果率却多有所下降,但处理间结果率差异不显著($P>0.05$);不同施肥模式处理的葡萄果实含水量、可溶性固形物、维生素C含量显著高于CK($P<0.05$),可滴定酸含量呈相反的变化趋势,显著低于CK($P<0.05$);各施肥处理的边糖、总黄酮含量明显高于CK,但与CK差异不显著($P>0.05$);与CK相比,5种施肥模式可不同程度增加葡萄产量、提高果实品质、促进葡萄对营养物质的累积;不同施肥模式土壤的有机碳、全氮、全磷、全钾、速效磷、碱解氮、速效钾含量较CK有明显增加,细菌、真菌、放线菌等可培养微生物数量及过氧化氢酶、转化酶、脲酶、酸性磷酸酶等土壤酶活性有不同程度提高;半量化肥+半量有机肥+豆科绿肥(NPKOL)的试验效果相对最佳,而单施化肥(NPK)不利于微生物的生长、酶活性的提高及生态系统稳定性的维持。

关键词:施肥模式;葡萄产量;营养累积;土壤肥力;酶活;营养物质

中图分类号: S663.106 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2017)19-0200-05

我国是世界第一大葡萄生产国,在葡萄果品生产中,化肥尤其是氮、磷、钾(N、P、K)等大量元素的施用量越来越大,这不仅使化肥的利用率降低,也影响到葡萄果品的品质^[1-3]。葡萄品质的优劣主要通过可溶性固形物、单粒质量、糖酸比等参数综合表现出来,影响葡萄果实品质和产量的主要因素包括品种遗传特性、生态因子、栽培管理措施等,而葡萄产量的增加和品质的改善更多归功于土壤营养状况的改善^[4-7]。增施有机肥、减少化肥特别是氮肥的施用量可明显提高果实品质,是葡萄果品绿色生产的重要方向。有研究表明,施用有机肥可以增加土壤总氮、速效磷、钾、有效态微量元素的含量,提高葡萄产量^[7-9]。但是,有机肥来源广泛,种类繁多且功能不一,施肥的效果差异很大,而通过田间试验探讨不同施肥模式对葡萄产量和品质的影响,不仅可为田间葡萄有机肥的合理施用提供依据,而且可促进葡萄产业的可持续健康发展^[10]。

在化肥革命到来之前,中国农民主要靠猪圈粪、人粪尿、绿肥等传统肥料^[11-12]。随着现代农业的发展,农民种地更多地依赖良种、化肥,由于农家粪肥没有直接来源,农民购买有机肥生产投入增加^[13],再加上传统粪肥作用效果慢,短期效果不显著等因素,有机肥的使用越来越边缘化。但是,随着化肥、农药及塑料薄膜等对土壤、生态、产品质量带来的负面影响越来越凸显,有机肥又开始受到关注^[13]。有研究表明,不同施肥模式不仅能提高土壤肥力,为作物提供全面的营养,增强光合作用强度及水分利用效率,改善作物品质,而且还能改善土壤理化性状、增强土壤的蓄水能力^[14-18];农地长期单一

施用化肥不利于土地的持续利用,过量施用化学肥料可引起土壤酸化板结、硝酸盐污染、养分不均衡、土壤次生盐渍化等生态环境问题^[19-20]。目前,有关施肥与葡萄产量、品质及土壤肥力状况的变化研究多仅针对单独施用化肥、有机肥、化肥与有机肥配施或套种绿肥等^[21-22],还缺乏长期的试验数据验证。本研究通过连续4年田间定位试验,研究不同施肥模式对葡萄产量、营养物质累积量及土壤肥力变化的影响,以期选用合理的施肥模式以提高葡萄产量、促进葡萄营养物质累积、提升土壤肥力,为我国葡萄产业的可持续发展奠定基础。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

研究区位于湖北省恩施市来凤县旧司乡,地势南北高、中部低,属亚热带湿润季风气候,四季分明,雨量充沛,素有鄂西小桂林之称;年日照近1300h,平均气温15.9℃,最高气温38.9℃,最低气温8.3℃,无霜期280d,年降水量1394mm;冬季冰冻期短、多北风,夏季多南风,土质肥沃;以黄土为主,沙土次之,供试土壤基础肥力为:有机质、全氮含量分别为7.40、0.40g/kg,碱解氮、有效磷、速效钾含量分别为58.34、0.87、77.20mg/kg,pH值5.19。

1.2 试验设计

定位试验于2012年开始,供试葡萄品种为赤霞珠。试验以不施肥为对照(CK),设全量化肥(NPK)、半量化肥+半量有机肥(NPKO)、全量有机肥(O)、全量化肥+豆科绿肥(NPKL)、半量化肥+半量有机肥+豆科绿肥(NPKOL)5种不同施肥模式(表1),完全随机设计,重复3次,共计18个小区,每小区面积为5m×5m=25m²。为消除试验小区之间水肥相互影响,不同小区之间埋入1m深厚塑料膜进行土层

收稿日期:2017-01-19

作者简介:王 瑛(1968—),女,土家族,湖北恩施人,硕士,副教授,从事农业栽培与种植研究。E-mail:wang_ying68@126.com。

隔离处理。套种的豆科绿肥为圆叶决明 34721 品系,每年冬季自然枯萎后覆盖在葡萄行间的表土上,其成熟种子自然撒落在小区间的表土上,并于次年春季自发萌芽;化肥采用尿素、磷酸一铵、氯化钾,有机肥采用湖北农业科学院生产的“农地乐”牌精制有机肥,其有机质、全氮、全磷(P_2O_5)、全钾

(K_2O)含量分别为 368.9、9.0、22.9、36.5 g/kg,施肥方式为条施。2012 年 2 月初葡萄定植,其他管理措施按当地农民习惯,分别在萌芽前、花期、结果期各灌水 1 次,灌水量相等,试验期间不追肥,定期除草。

表 1 不同施肥处理的试验设计

施肥处理	化肥(kg/hm ²)			有机肥(kg/hm ²)	豆科绿肥
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O		
不施肥(CK)	0	0	0	0	
全量化肥(NPK)	115.0	32	32	0	
半量化肥+半量有机肥(NPKO)	57.5	16	16	5 896.3	
全量有机肥(O)	0	0	0	11 528.0	
全量化肥+豆科绿肥(NPKL)	115.0	32	32	0	套种
半量化肥+半量有机肥+豆科绿肥(NPKOL)	57.5	16	16	5 896.3	套种

1.3 测定内容和方法

测量每个试验小区的鲜质量,累计每年总产量;每年各试验小区内按“S”形多点采集根区土壤,充分混匀,取 1 kg 新鲜土样冰箱保存;采用电位法测定 pH 值,分别采用重铬酸钾容量法、半微量凯氏定氮法、钼蓝比色法、碱解扩散法测定有机质、全氮、全磷、速效氮含量;采用火焰光度法测定全钾、速效钾含量;采用 0.05 mol/L NaHCO₃ 提取-钼蓝比色法测定速效磷含量;采用氯仿熏蒸-K₂SO₄ 浸提法测定土壤微生物量碳、氮;分别采用 3,5-二硝基水杨酸比色法、苯酚钠比色法、磷酸苯二钠法、分光光度法测定过氧化氢酶、脲酶、酸性磷酸酶、转化酶活性^[23];采用平板梯度稀释法测定土壤微生物的数量,其中牛肉膏蛋白胨琼脂为细菌培养基,马丁氏培养基为真菌培养基,高氏一号琼脂为放线菌培养基。

每年 6 月,于葡萄植株中上部东、西、南、北 4 个方向共选取形状完好、长势均一的葡萄枝条 12 根,测定新梢长度、基茎、分叉数;1 个月后测定新叶数目(单枝条 1 个月生长的叶片数);葡萄果实成熟时,每小区随机选取 3 株,每株上、中、下各选取 1 穗,每穗上、中、下随机选取葡萄 30 粒,测定单粒质量和果实含水量(烘干法,%);同时,采用 2WAJ-阿贝折光仪、0.1 mol/L NaOH 标准溶液滴定法、2,6-二氯酚酚滴定法、NaNO₂-Al(NO₃)₃ 分光光度法测定果实可溶性固形物、可滴定酸、维生素 C、总黄酮含量,采用阿贝折射仪测定中心

糖和边糖含量^[24]。

1.4 统计方法

采用 Excel 2007、SPSS 15 软件对数据进行统计和单因素方差分析,采用 LSD 多重比较法检验处理间差异显著性(置信水平设置为 95%, $\alpha = 0.05$)。营养物质累积量和 N、P、K 肥利用率计算公式为:

营养物质累积量(kg/hm²) = 产量(kg/hm²) × 营养物质含量(g/kg) ÷ 1 000^[25];

N(P、K)肥利用率 = [植株 N(P、K)累积量 - 对照 N(P、K)累积量] / N(P、K)施肥量 × 100%。

2 结果与分析

2.1 不同施肥模式对葡萄营养生长的影响

由表 2 可知,不同施肥模式对葡萄的营养生长起到明显的促进作用,葡萄植株基径、新叶数目、新梢长度、新生根长、分叉数多有明显的增加趋势,基本表现为 NPKOL > NPKL > O > NPKO > NPK > CK; NPKOL、NPKL 处理的新叶数目、新梢长度、新生根长、分叉数对应数值相对较高,相互间差异不显著($P > 0.05$);与 CK 相比,施肥处理葡萄产量增加显著($P < 0.05$),而结果率却多有所下降,但不同施肥模式处理的葡萄结果率相互间差异不显著($P > 0.05$)。

表 2 不同施肥模式对葡萄营养生长的影响

施肥处理	基径(mm)	新叶数目(张)	新梢长度(cm)	分叉数(个)	产量($\times 10^3$ kg/hm ²)	结果率(%)
CK	7.23 ± 0.24c	6.29 ± 0.65bc	18.36 ± 2.06c	5.26 ± 0.65c	8.23 ± 1.23d	83.56 ± 3.69a
NPK	8.12 ± 0.16c	6.36 ± 0.53bc	18.69 ± 1.95c	5.19 ± 0.52c	9.87 ± 1.04c	85.01 ± 5.23a
NPKO	8.89 ± 0.19bc	6.16 ± 0.29c	19.01 ± 1.05b	5.97 ± 0.34bc	10.43 ± 1.98c	81.02 ± 6.47a
O	9.56 ± 0.24b	6.98 ± 0.35b	19.14 ± 1.46b	6.47 ± 0.36b	13.25 ± 0.65b	82.98 ± 5.14a
NPKL	9.13 ± 0.16b	7.12 ± 0.46ab	22.58 ± 2.74a	6.85 ± 0.48a	15.47 ± 0.98a	79.85 ± 4.69a
NPKOL	10.57 ± 0.19a	7.98 ± 0.41a	23.58 ± 1.91a	6.98 ± 0.51a	16.58 ± 2.14a	80.47 ± 3.87a
F 值	85.63	92.74	73.02	106.34	82.57	85.69
P 值	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	>0.05

注:同列数据后不同小写字母表示处理间差异显著($P < 0.05$)。下表同。

2.2 不同施肥模式对葡萄果实养分的影响

由表 3 可知,不同施肥模式处理的葡萄果实含水量及可溶性固形物、维生素 C 含量均显著高于 CK($P < 0.05$),基本表现为 NPKOL > NPKL > O > NPKO > NPK > CK,而可滴定酸

含量呈相反变化趋势,均显著低于 CK($P < 0.05$),其中 NPKOL 处理的葡萄可滴定酸含量相对最低,为 0.81%,NPKOL、NPKL、O、NPKO 处理的可滴定酸含量相互间差异不显著($P > 0.05$);NPKOL 处理的葡萄维生素 C 含量相对最

高,为 43.05 mg/kg,显著高于其他有机肥处理($P < 0.05$);各施肥处理的总黄酮含量高低依次为 NPKOL > O > NPKL > NPKO > NPK > CK,相互间差异均不显著($P > 0.05$);各施肥处理的中心糖含量高低依次为 NPKOL > NPKL > O > NPKO >

NPK > CK,其中 NPKOL 处理的中心糖含量相对最高,为 12.56%;各施肥模式的边糖含量高于 CK,但与 CK 相比差异不显著($P > 0.05$)。综合来看,不同施肥模式可提高葡萄糖的糖分含量,改善葡萄果实品质。

表3 不同施肥模式对葡萄果实养分的影响

施肥处理	果实含水量 (%)	可溶性固形物含量 (%)	可滴定酸含量 (%)	固酸比	维生素 C 含量 (mg/kg)	总黄酮含量 (mg/kg)	中心糖含量 (%)	边糖含量 (%)
CK	75.23 ± 5.23e	14.89 ± 0.98c	0.81 ± 0.09a	21.03 ± 2.36d	27.06 ± 2.07e	11.03 ± 1.26a	9.63 ± 1.23b	11.03 ± 0.63a
NPK	78.19 ± 4.21d	15.23 ± 1.63b	0.75 ± 0.16b	22.13 ± 1.25d	29.87 ± 1.56d	11.41 ± 1.32a	9.98 ± 1.10b	11.68 ± 0.89a
NPKO	81.47 ± 4.98c	15.87 ± 1.21b	0.61 ± 0.15c	25.68 ± 1.84c	34.14 ± 1.32c	11.98 ± 1.33a	10.02 ± 2.36b	11.35 ± 1.34a
O	80.17 ± 3.51c	16.38 ± 1.16ab	0.66 ± 0.23c	28.74 ± 1.63b	35.68 ± 2.87c	12.16 ± 0.98a	11.87 ± 2.14ab	11.99 ± 1.21a
NPKL	83.25 ± 6.27b	16.99 ± 1.54a	0.59 ± 0.18c	31.59 ± 1.47a	40.29 ± 2.14b	12.05 ± 1.58a	12.03 ± 1.98a	12.03 ± 0.98a
NPKOL	86.21 ± 3.16a	17.03 ± 1.08a	0.56 ± 0.09c	32.15 ± 2.09a	43.05 ± 2.32a	12.98 ± 2.17a	12.56 ± 1.75a	12.17 ± 0.94a
F 值	74.26	91.27	113.52	108.17	92.03	81.25	99.56	113.87
P 值	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	>0.05	<0.05	>0.05

2.3 不同施肥模式对葡萄营养物质积累量的影响

由表4可知,与对照相比,其他5种施肥模式均可在一定程度上提高葡萄对氮、磷、钾的累积量,基本表现为 NPKOL > NPKL > O > NPKO > NPK > CK,氮、磷、钾累积量提高幅度分别为 3.35% ~ 57.99%、12.90% ~ 48.39%、7.64% ~ 71.43%;NPKOL 施肥模式葡萄氮、磷、钾的累积量相对最高,分别为 4.25、0.46、5.16 kg/hm²,比对照分别提高 57.99%、48.39%、71.43%,其中 NPKOL 处理对氮、钾的累积效果显著优于 CK、NPK($P < 0.05$),对磷的累积效果与 CK 相互间差异不显著($P > 0.05$);不同施肥模式对葡萄的氮、磷、钾肥的利

用率波动范围分别为 35.67% ~ 62.38%、54.13% ~ 72.39%、56.23% ~ 69.53%,与 CK 相比差异显著($P < 0.05$),不同施肥模式能一定程度上提高葡萄对氮、磷、钾肥的利用率;葡萄对氮、磷、钾肥利用率的高低顺序依次分别为 NPKOL > NPKL > O > NPKO > NPK > CK、NPKOL > NPKO > NPKL > NPK > O > CK、NPKOL > NPKL > O > NPK > NPKO > CK;NPKL 处理的 N 累积量、N 肥料利用率显著高于 O 处理($P < 0.05$),这可能与葡萄对有机肥、化肥氮素吸收利用的有效性不同有关,而对磷肥的利用率,NPK、NPKL 与 O 处理相互间差异不显著($P > 0.05$)。

表4 不同施肥模式对葡萄营养物质积累量的影响

施肥处理	N 累积量 (kg/hm ²)	N 肥利用率 (%)	P 累积量 (kg/hm ²)	P 肥利用率 (%)	K 累积量 (kg/hm ²)	K 肥利用率 (%)
CK	2.69 ± 0.28c	33.56 ± 2.36e	0.31 ± 0.03a	26.96 ± 1.26d	3.01 ± 0.27c	50.23 ± 1.24d
NPK	3.16 ± 0.39b	35.67 ± 3.14d	0.37 ± 0.06a	56.96 ± 1.98c	3.56 ± 0.32c	56.32 ± 1.32c
NPKO	3.15 ± 0.65b	42.01 ± 2.16c	0.35 ± 0.05a	62.38 ± 2.36b	3.24 ± 0.65c	64.17 ± 1.59b
O	2.78 ± 0.52c	45.68 ± 2.98c	0.42 ± 0.09a	54.13 ± 3.21c	3.78 ± 0.51c	68.94 ± 2.30a
NPKL	4.18 ± 0.71a	54.49 ± 3.98b	0.41 ± 0.04a	59.87 ± 2.87bc	5.03 ± 0.49a	69.53 ± 1.57a
NPKOL	4.25 ± 0.62a	62.38 ± 4.03a	0.46 ± 0.05a	72.39 ± 2.17a	5.16 ± 0.38a	67.03 ± 1.58a
F 值	71.23	89.46	113.47	105.64	88.56	79.30
P 值	<0.05	<0.05	>0.05	<0.05	<0.05	<0.05

2.4 不同施肥模式对土壤基本肥力状况的影响

土壤 pH 值与土壤微生物活性、土壤肥力及作物生长等密切相关,而土壤有机质及养分含量与土壤肥力水平呈正相关,可表征土壤肥力的高低。由表5可知,不同施肥模式对土壤的基本肥力状况产生较为明显的影响,基本表现为 NPKOL > NPKL > O > NPKO > NPK > CK,其中 NPKOL 施肥模式葡萄根区土壤肥力的促进作用相对最大;不同施肥模式的土壤为弱酸性或酸性,pH 值在 5.07 ~ 6.02 之间,低于 CK,但与 CK 差异不显著($P > 0.05$);NPKOL 处理的土壤有机质、全氮、全磷、全钾、碱解氮、有效磷、速效钾含量相对最高;与 CK 处理相比,O、NPKL、NPKOL 处理的土壤有机质含量增加显著($P < 0.05$),分别较 CK 增加 135.33%、154.93%、156.59%;不同施肥模式的土壤有效磷、碱解氮、速效钾含量显著高于 CK($P < 0.05$)。

2.5 不同施肥模式对葡萄根区土壤微生物数量的影响

由表6可知,NPK 处理的可培养微生物数量与 CK 差异不显著($P > 0.05$);NPKOL、NPKL、O、NPKO 处理的可培养细菌、放线菌、真菌数量显著高于 CK($P < 0.05$),增加幅度分别为 43.59% ~ 366.67%、2.44% ~ 268.29%、68.57% ~ 320.00%,其中 NPKOL 处理的可培养细菌、真菌数量高于 O、NPKO、NPK 处理($P < 0.05$),可培养放线菌数量显著高于其他4个施肥模式处理($P < 0.05$)。

2.6 不同施肥模式对葡萄根区土壤微生物量的影响

由表7可知,与 CK 相比,NPK、NPKO 处理的土壤微生物量碳(SMBC)、微生物量氮(SMBN)均有所下降,而 O、NPKL、NPKOL 处理则有显著提高($P < 0.05$);NPKOL 处理的 SMBC、SMBN 相对最高,分别为 132.24、26.98 mg/kg,比 CK 分别提高 134.80%、61.07%;除 NPK 外,其他施肥模式的 SMBC/SMBN 值显著高于 CK 处理($P < 0.05$),提高值在 0.23 ~ 1.96 之间,增加幅度为 6.84% ~ 58.33%,其中 O 处理

表5 不同施肥模式对土壤基本肥力状况的影响

施肥处理	pH 值	有机质含量 (g/kg)	全氮含量 (g/kg)	全磷含量 (g/kg)	全钾含量 (g/kg)	有效磷含量 (mg/kg)	碱解氮含量 (mg/kg)	速效钾含量 (mg/kg)
CK	6.58 ± 0.25a	9.03 ± 0.69c	0.69 ± 0.09c	0.26 ± 0.03d	18.45 ± 1.69c	9.74 ± 2.31d	85.32 ± 6.36c	68.20 ± 5.63d
NPK	6.02 ± 0.29a	9.87 ± 0.95c	0.85 ± 0.06c	0.28 ± 0.04d	19.36 ± 1.24bc	17.03 ± 2.16c	135.36 ± 12.32b	103.69 ± 9.62c
NPKO	6.14 ± 0.34a	15.81 ± 1.68b	1.37 ± 0.36b	0.87 ± 0.02c	21.02 ± 2.87b	32.47 ± 3.65b	119.78 ± 15.69b	119.52 ± 8.15c
O	5.89 ± 0.27a	21.25 ± 2.34a	1.84 ± 0.85a	1.24 ± 0.25b	19.13 ± 1.54bc	36.04 ± 3.17b	122.36 ± 18.47b	162.17 ± 11.24b
NPKL	5.23 ± 0.54a	23.02 ± 1.23a	1.81 ± 0.74a	1.38 ± 0.31b	22.57 ± 0.89b	45.98 ± 2.89a	232.52 ± 16.32a	115.69 ± 5.87b
NPKOL	5.07 ± 0.43a	23.17 ± 2.74a	1.84 ± 0.62a	1.94 ± 0.35a	25.78 ± 1.71a	49.01 ± 3.01a	236.95 ± 22.30a	243.35 ± 6.78a
F 值	132.69	112.87	98.74	82.30	156.64	119.87	124.56	118.97
P 值	>0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05

表6 不同施肥模式对葡萄根区土壤微生物数量的影响

施肥处理	细菌数量 (×10 ⁷ CFU/g)	放线菌数量 (×10 ⁷ CFU/g)	真菌数量 (×10 ⁷ CFU/g)
CK	0.39 ± 0.03d	0.41 ± 0.05c	0.35 ± 0.02c
NPK	0.56 ± 0.08d	0.42 ± 0.03c	0.59 ± 0.06c
NPKO	1.21 ± 0.32c	1.05 ± 0.24b	0.81 ± 0.05b
O	1.56 ± 0.35b	1.13 ± 0.16b	0.95 ± 0.07b
NPKL	1.78 ± 0.29ab	0.98 ± 0.19b	1.36 ± 0.12a
NPKOL	1.82 ± 0.26a	1.51 ± 0.31a	1.47 ± 0.08a
F 值	163.25	118.97	98.21
P 值	<0.05	<0.05	<0.05

表7 不同施肥模式对葡萄根区土壤微生物量的影响

施肥处理	土壤微生物量碳 (mg/kg)	土壤微生物量氮 (mg/kg)	土壤微生物量 碳/土壤微生物量氮
CK	56.32 ± 8.63c	16.75 ± 2.64c	3.36 ± 0.29b
NPK	36.69 ± 3.54d	12.69 ± 3.01d	2.89 ± 0.31c
NPKO	55.36 ± 3.69c	15.41 ± 3.25c	3.59 ± 0.15b
O	113.02 ± 7.14b	21.26 ± 2.49b	5.32 ± 0.58a
NPKL	125.65 ± 5.32ab	23.96 ± 2.16ab	5.24 ± 0.64a
NPKOL	132.24 ± 9.58a	26.98 ± 1.98a	4.90 ± 0.21a
F 值	156.02	113.57	146.28
P 值	<0.05	<0.05	<0.05

的 SMBC/SMBN 值相对最高,比 CK 高 58.33%。

2.7 不同施肥模式对葡萄根区土壤酶活性的影响

酶活性与微生物群落之间关系密切,能够快速反馈土地管理措施的改变。由表 8 可知,不同施肥处理方式下土壤 4 种酶活性大小表现为 NPKOL > NPKL > O > NPKO > NPK > CK;NPK 处理的过氧化氢酶、转化酶活性与 CK 差异不显著 ($P > 0.05$),其他施肥模式处理的过氧化氢酶、转化酶活性均显著高于 CK ($P < 0.05$),增加幅度分别为 100.00% ~ 169.23%、

41.53% ~ 131.56%,其中 NPKOL 处理的过氧化氢酶、转化酶活性相对最高;不同施肥模式处理的脲酶活性显著高于 CK ($P < 0.05$),增加幅度为 10.42% ~ 45.25%,其中 NPKOL 处理的脲酶活性相对最高;NPKO、NPK 处理的酸性磷酸酶活性与 CK 差异不显著 ($P > 0.05$),其他施肥模式处理的酸性磷酸酶活性显著高于 CK ($P < 0.05$),增加幅度为 17.92% ~ 86.79%,其中 NPKOL 处理的酸性磷酸酶活性相对最高。

表8 不同施肥模式对葡萄根区土壤酶活性的影响

施肥处理	根区土壤酶活性			
	过氧化氢酶[mmol/(g·h)]	转化酶[mg/(g·h)]	脲酶[μg/(g·h)]	酸性磷酸酶[μmol/(g·h)]
CK	0.13 ± 0.02c	3.01 ± 0.21c	15.36 ± 2.36d	1.06 ± 0.21c
NPK	0.16 ± 0.03c	3.69 ± 0.26c	16.96 ± 1.58c	0.98 ± 0.16c
NPKO	0.26 ± 0.01b	4.26 ± 0.38b	18.36 ± 1.49bc	1.17 ± 0.36c
O	0.25 ± 0.05b	5.04 ± 0.65ab	19.65 ± 1.35b	1.25 ± 0.25b
NPKL	0.34 ± 0.03a	6.68 ± 0.54a	19.89 ± 1.07b	1.49 ± 0.27b
NPKOL	0.35 ± 0.02a	6.97 ± 0.47a	22.31 ± 1.64a	1.98 ± 0.34a
F 值	86.36	92.14	102.45	94.87
P 值	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05

3 结论与讨论

通过 4 年的田间定位试验,研究不同施肥模式对葡萄产量的影响,结果表明,与不施肥(CK)相比,其他几种施肥模式均能在一定程度上增加葡萄产量,结果率却多有所下降,但处理间结果率差异不显著 ($P > 0.05$),其中,半量化肥 + 半量有机肥 + 豆科绿肥模式(NPKOL)对提高葡萄产量的效果相对最佳,这可能是其不仅含有丰富的有机质及氮、磷、钾养分,还含有一定量的中量、微量元素,可以提高土壤的有机质含量并平衡矿质养分,有利于其根系发育和养分吸收,同时,还可以解决某些元素的拮抗作用和微量元素缺乏等问题,从而进一

步提高产量^[14,16];不同施肥模式均能一定程度促进葡萄植株对氮、磷、钾累积量的增加,基本表现为 NPKOL > 全量化肥 + 豆科绿肥(NPKL) > 全量有机肥(O) > 半量化肥 + 半量有机肥(NPKO) > 全量化肥(NPK) > CK,对氮、磷、钾累积量的增加幅度分别为 3.35% ~ 57.99%、12.90% ~ 48.39%、7.64% ~ 71.43%,其中,对葡萄植株氮、钾含量的累积,施用有机肥模式优于施用化肥模式,对植株磷含量的累积,各施肥模式相互间差异不显著 ($P > 0.05$);不同施肥模式对葡萄的氮、磷、钾肥的利用率波动范围分别为 35.67% ~ 62.38%、54.13% ~ 72.39%、56.23% ~ 69.53%,明显优于 CK,均能一定程度上提高葡萄对氮、磷、钾肥的利用率;不同施肥模式不

仅提高了葡萄的营养生长和水分利用率,还有利于葡萄花期干物质的积累,为生殖生长提供充足的营养以改善品质;果实含水量、固酸比等可直接影响葡萄的销售,而施用不同施肥模式的果实含水量明显提高,与前人研究结果^[14,16,20-21]一致。

合理施肥是提升土壤肥力水平的关键措施,刘骅等研究表明,长期大量施用氮肥,土壤中各种营养元素之间的正常比例会受到破坏,氮对其他元素的拮抗作用将会明显表现出来,同时也会降低氮素本身的增产效果;而化肥与有机肥或绿肥秸秆长期配合施用,可改良土壤结构,增加土壤微生物数量,提高土壤的生物肥力^[26]。增施有机肥料是提高土壤肥力的主要途径,单施化学肥料虽然能在一定程度上提高土壤肥力水平,但效果有限,有机肥料与化肥配施对提高土壤肥力效果较好。基于4年的试验研究表明,不同培肥模式均有利于改善土壤肥力,土壤有机质、全氮、水解氮、速效钾含量有不同程度的增加,特别是含有有机肥的3种培肥模式(NPKOL、O、NPKL)的土壤肥力改良效果更为显著,土壤的保肥、供肥能力增强;与不施肥处理相比,不同培肥模式土壤可培养细菌、放线菌、真菌的数量有显著变化,三大类微生物种群的数量有不同程度的提高,其中NPKOL、O、NPKL处理的土壤微生物数量分别达到最大,这是由于通过施肥处理,土壤有机质、全氮、全磷等有不同程度的提高,土壤化学性质的改善有利于增加可培养微生物数量,这与前人研究结论^[20-21]基本一致;化肥处理的土壤微生物种群数量与不施肥相比差异不显著($P > 0.05$),这与单武雄等的结论^[27]不一致,可能是由于本研究单施化肥导致土壤pH值、有机质含量降低,这不利于微生物的繁育。

土壤微生物量是土壤养分重要的“源”和“汇”,能够反映微生物在土壤中的实际含量和作用潜力。本研究中,O、NPKL、NPKOL施肥模式与NPK施肥模式、CK相比可在一定程度上提高土壤微生物碳(SMBC)、土壤微生物氮(SMBN)值,其中NPKOL处理相对最高,这与徐阳春等的研究结果^[14,16,28]相吻合。

总之,半量化肥+半量有机肥+豆科绿肥模式(NPKOL)施肥模式对提高土壤有机质、全氮、全磷、速效氮、速效磷、速效钾含量的效果相对最好,而不施肥处理土壤肥力相对最低,过度使用化肥是造成土壤酸化的根源;NPKOL施肥模式不仅能够明显提高葡萄产量、促进葡萄营养物质的累积,还能有效提升土壤的肥力水平。因此,NPKOL施肥模式可在今后葡萄田间施肥上进一步推广应用。

参考文献:

- [1] 郑小平,穆维松,田东. 中国葡萄生产区域布局变迁及影响因素分析[J]. 中国农业资源与区划,2014,35(4):89-93,120.
- [2] 王忠跃. 我国葡萄病虫害防控实践面临的挑战及防控技术研发进展[J]. 中外葡萄与葡萄酒,2015(4):70-72.
- [3] 穆维松,高阳,王秀娟,等. 我国设施葡萄生产的成本收益比较研究[J]. 中外葡萄与葡萄酒,2014(3):20-24.
- [4] 孙凤霞,张伟华,徐明岗,等. 长期施肥对红壤微生物生物量碳氮和微生物碳源利用的影响[J]. 应用生态学报,2010,21(11):2792-2798.
- [5] 周媛,谭启玲,胡承孝,等. 有机无机专用复合肥对葡萄产量、品质和养分利用的影响[J]. 中国土壤与肥料,2015(6):82-86.
- [6] 王利军,黄卫东,李家永. 水杨酸对葡萄幼苗叶片膜脂过氧化物的影响[J]. 中国农业科学,2003,36(9):1076-1080.
- [7] 陈丽楠,刘秀春,王炳华. 优化配方施肥对葡萄产量及品质的影响[J]. 中国果树,2014(2):68.
- [8] 丁燕. 葡萄园覆草及土壤改良施肥对葡萄产量及质量的影响[J]. 中外葡萄与葡萄酒,2016(2):59.
- [9] 徐万里,唐光木,葛春辉,等. 长期施肥对新疆灰漠土土壤微生物群落结构与功能多样性的影响[J]. 生态学报,2015,35(2):468-477.
- [10] 杜太生,康绍忠,夏桂敏,等. 滴灌条件下不同根区交替湿润对葡萄生长和水分利用的影响[J]. 农业工程学报,2005,21(11):43-48.
- [11] 徐阳春,沈其荣,冉炜. 长期免耕与施用有机肥对土壤微生物生物量碳、氮、磷的影响[J]. 土壤学报,2002,39(1):89-96.
- [12] 王立刚,李维炯,邱建军,等. 生物有机肥对作物生长、土壤肥力及产量的效应研究[J]. 土壤肥料,2004(5):12-16.
- [13] 杨志臣,吕贻忠,张凤荣,等. 秸秆还田和腐熟有机肥对水稻土培肥效果对比分析[J]. 农业工程学报,2008,24(3):214-218.
- [14] 徐阳春,沈其荣. 长期施用不同有机肥对土壤各粒级复合体中C、N、P含量与分配的影响[J]. 中国农业科学,2000,33(5):65-71.
- [15] 罗安程,章永松. 有机肥对水稻根际土壤中微生物和酶活性的影响[J]. 植物营养与肥料学报,1999,5(4):321-327.
- [16] 徐阳春,沈其荣,茆泽圣. 长期施用有机肥对土壤及不同粒级中酸解有机氮含量与分配的影响[J]. 中国农业科学,2002,35(4):403-409.
- [17] 李吉进,宋东涛,邹国元,等. 不同有机肥料对番茄生长及品质的影响[J]. 中国农学通报,2008,24(10):300-305.
- [18] 袁颖红,李辉信,黄欠如,等. 长期施肥对红壤性水稻土有机碳动态变化的影响[J]. 土壤,2008,40(2):237-242.
- [19] 林葆,林继雄,李家康. 长期施肥的作物产量和土壤肥力变化[J]. 植物营养与肥料学报,1994(1):6-18.
- [20] 袁玲,杨邦俊,郑兰君,等. 长期施肥对土壤酶活性和氮磷养分的影响[J]. 植物营养与肥料学报,1997,3(4):300-306.
- [21] 郑勇,高勇生,张丽梅,等. 长期施肥对旱地红壤微生物和酶活性的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2008,14(2):316-321.
- [22] 蔡泽江,孙楠,王伯仁. 长期施肥对红壤pH、作物产量及氮、磷、钾养分吸收的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2011,17(1):71-78.
- [23] 周礼恺,张志明. 土壤酶活性的测定方法[J]. 土壤通报,1980,5(1):37-38.
- [24] 牟其芸,李文香. 梨果实中石细胞含量测定及与果实品质相关性的研究[J]. 落叶果树,1996,28(1):7-9.
- [25] 周玲,王朝辉,李富翠,等. 不同产量水平旱地冬小麦品种干物质累积和转移的差异分析[J]. 生态学报,2012,32(13):4123-4131.
- [26] 刘骅,佟小刚,许咏梅,等. 长期施肥下灰漠土有机碳组分含量及其演变特征[J]. 植物营养与肥料学报,2010,16(4):794-800.
- [27] 单武雄,罗文,肖润林,等. 连续5年施菜饼肥和稻草覆盖对茶园土壤生态系统的影响[J]. 中国生态农业学报,2010,18(3):472-476.
- [28] 张平究,李恋卿,潘根兴,等. 长期不同施肥下太湖地区黄泥土表土微生物碳氮量及基因多样性变化[J]. 生态学报,2004,24(12):2818-2824.