

葡萄园行间生草体系中土壤微生物数量的变化及其与土壤养分的关系

惠竹梅, 李 华*, 龙 妍, 张 瑾, 庞学良

(西北农林科技大学葡萄酒学院, 陕西省葡萄与葡萄酒工程中心, 陕西杨凌 712100)

摘 要: 在酿酒葡萄生产园行间播种白三叶草、紫花苜蓿和高羊茅, 以清耕为对照, 研究了土壤微生物数量的变化及其与土壤养分的关系。结果表明, 与清耕(对照)相比, 行间生草总体使葡萄园土壤微生物数量增加, 其中固氮菌与纤维素分解菌数量升高幅度较大, 平均升高幅度分别为 223.4%和 83.4%, 细菌数量平均升高 68.1%, 放线菌数量升高的幅度最小。白三叶草和紫花苜蓿处理较高羊茅处理增加的幅度大, 除放线菌外, 均与清耕之间差异达显著水平。行间生草使土壤有机质含量显著提高, 全 P、速效 P 含量降低; 白三叶草和紫花苜蓿处理使土壤全 N、碱解 N、速效 K 含量显著提高, 高羊茅处理使其降低。除速效 P 外, 其余土壤养分与土壤微生物因子均呈显著或极显著正相关。通径分析表明, 纤维素分解菌是影响土壤有机质最重要的微生物因子, 放线菌是影响土壤 N、P、K 最重要的微生物因子。

关键词: 葡萄园; 行间生草; 土壤微生物; 土壤养分

中图分类号: S 663.1

文献标识码: A

文章编号: 0513-353X (2010) 09-1395-08

Variation of Soil Microbial Populations and Relationships Between Microbial Factors and Soil Nutrients in Cover Cropping System of Vineyard

XI Zhu-mei, LI Hua*, LONG Yan, ZHANG Jin, and PANG Xue-liang

(College of Enology, Northwest A & F University, Shaanxi Engineering Research Center for Viti-Viniculture, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: Three such cover crops, two perennial legumes (white clover and alfalfa) and a perennial gramineous grass (tall fescue) were sown inter-row in Cabernet sauvignon vineyard, with clean tillage as the control. The effects of cover cropping on microbial populations, soil nutrient contents and their relationships were studied. The results showed that soil microbial quantities in cover cropping treatments were increased, among which azotobacter and cellulose-decomposing and bacteria microorganisms increased by 223.4%, 83.4% and 68.1%, respectively, but only slightly changing for actinomyces, compared with bare soil (control), the soil from white clover and alfalfa plots showed higher quantities of microbial populations than tall fescue plot, and significant differences were observed between the two cover crop treatments and the control (except actinomyces). Also, it indicated that cover crop treatments

收稿日期: 2010-04-06; **修回日期:** 2010-08-09

基金项目: 陕西省 '13115' 科技创新工程重大科技专项 (2007ZDKG-09); 现代农业产业技术体系建设专项 (Z225020901); 西北农林科技大学青年学术骨干支持计划项目 (01140303)

* 通信作者 Author for correspondence (E-mail: lihuawine@nwsuaf.edu.cn)

had higher soil organic matter content, but reduced available P and total P. For white clover and alfalfa treatments, the contents of soil hydrolyzable N, total N, available K increased evidently, while decreased for tall fescue treatment. All kinds of soil nutrients showed significant or very significant position correlations with soil microorganism factors, except that soil available P were no significant correlations with fungi and azotobacter. Path analysis indicated that in the vineyard intercropping system, soil cellulose-decomposing microorganisms was the main factor affecting the accumulation of soil organic matter, soil actinomyces was the most important factor affecting soil total N, hydrolyzable N, total P, available P and available K.

Key words: vineyard; inter-row cover crops; soil microbial populations; soil nutrients

葡萄园生草是欧美等普遍推行的果园土壤管理模式,取得了良好的生态效益和经济效益 (Drinkwater et al., 1998; Morlat & Jacquet, 2003; King & Berry, 2005; Abbona et al., 2007; Monteiro & Lopes, 2007)。大多数研究者认为,果园生草可提高土壤肥力,改善土壤结构 (Ranells & Waggoner, 1996; Rupp, 1996; King & Berry, 2005; 李会科等, 2007)。长期以来,土壤理化性质一直被用作表征土壤肥力的指标,尤其是土壤有机质,被看作是反映土壤肥力的一个综合指标,然而,土壤有机质的变化比较缓慢,难以反映土壤遭受干扰时的各种短期的微小的变化 (Spring, 1992)。土壤微生物种类和数量直接影响土壤的生物化学活性及土壤养分的组成与转化,从而直接影响土壤养分的有效性和肥力状况 (薛泉宏, 2000)。土壤微生物群落的组成与活性能在土壤有机质变化被测出之前对土壤的变化提供可靠的直接证据 (Tiquia et al., 2002)。土壤微生物群落的组成是表征土壤质量变化最敏感最有潜力的生物学指标 (孙波等, 1997; 唐玉姝等, 2007),而不同微生物所起的作用不同。果园土壤中微生物种群和数量受土壤耕作制度、施肥水平和根系分泌物等影响很大 (周慧杰和石磊利, 2007)。有研究报道,葡萄园永久性生草可显著提高土壤微生物群体数量 (Compant et al., 2005; Ingels et al., 2005; Whitelaw-Weckert et al., 2007)。作者研究葡萄园行间生草体系中土壤微生物的变化及其与土壤养分的关系,旨在为建立评价葡萄园土壤肥力指标及葡萄园生草模式的推广提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验于 2007—2008 年在陕西杨凌西北农林科技大学葡萄酒学院葡萄教学标本圃进行。栽植品种为欧亚种 (*Vitis vinifera* L.) 酿酒葡萄品种 ‘赤霞珠’ (Cabernet Sauvignon)。2003 年 3 月定植,南北行向,株行距为 $1\text{ m} \times 1.5\text{ m}$ 。试验草种为白三叶草 (*Trifolium repens*) ‘海发’ (Haifa); 高羊茅 (*Festuca arundinacea*) ‘佛浪’ (Finelawn); 紫花苜蓿 (*Medicago sativa*) ‘阿尔冈金’ (Algunjin), 2005 年春季人工播种。

1.2 试验地概况及试验设计

试验园位于北纬 $33^{\circ}17'$, 东经 $107^{\circ}04'$, 海拔高度 514 m, 年日照时数 2 163.8 h, 无霜期 220 d, 年平均降水量 580 mm, 试验地土壤为壤土。种草前 0~60 cm 土层土壤全氮含量为 $0.82\text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 全磷为 $0.72\text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 碱解氮为 $44.5\text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 速效磷为 $7.8\text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 速效钾为 $120.4\text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 有机质含量为 $11.13\text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, pH 值为 8.34, 土壤容重为 $1.45\text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ 。

共设 4 个处理：行间播种白三叶草 (CT)，行间播种高羊茅 (CF)，行间播种紫花苜蓿 (CM)，清耕对照 (ST)。生草区均采用行间生草，行内清耕，草带宽 1.0 m。每处理分 3 个小区 (3 次重复)，每小区面积为 351 m²。各处理小区土壤灌水条件一致，生草后至土壤取样时各处理均未施肥，生草区每年刈割 3 次，覆盖于行间或树盘。

1.3 土壤样品采集及处理

于 2007 年 4、7、9、12 月在各处理小区分别按对角线选取 8 个点，在行间用 4 cm 土钻分别取 0~20 cm、20~40 cm 土层的土样，分层混匀，用无菌塑料袋装好，迅速带回实验室，一部分贮于 4℃ 冰箱用于测定微生物数量，另一部分风干后用于测定养分，取 4 次测定结果的平均值。

1.4 测定指标与方法

土壤微生物计数用稀释平板法。细菌用牛肉膏蛋白胨培养基；真菌用马丁氏—孟加拉红培养基；放线菌用高氏一号培养基；固氮菌用阿须贝无氮琼脂培养基；纤维素分解菌采用赫奇逊氏培养基。微生物数量均以每克烘干土表示，具体测定方法参照土壤微生物研究法 (中国科学院南京土壤研究所微生物室, 1985)。土壤全 N 用开氏法，碱解 N 用碱解扩散法，全 P、速效 P 用钼锑抗比色法，全 K、速效 K 用火焰光度法测定，pH 值以 1:1 土水比，用酸度计测定，土壤有机质用重铬酸钾容量法测定 (南京大学, 1994)。

数据采用 Excel 和 DPS7.55 数据分析软件进行统计分析及通径分析，并用邓肯法进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 行间生草对土壤微生物数量的影响

由表 1 可以看出，在土壤垂直剖面，各处理土壤细菌、真菌、放线菌、固氮菌、纤维素分解菌数量均随着土层深度的增加而降低，0~20 cm 土层土壤微生物数量显著高于 20~40 cm 土层。

表 1 行间生草对 0~40 cm 土层微生物数量的影响
Table 1 The effect of cover crops on soil microbial quantity of 0~40 cm depth in vineyard / (× 10⁴ · g⁻¹)

处理 Treatment	土层/cm Soil layer	细菌 Bacteria	真菌 Fungi	放线菌 Actinomycetes	固氮菌 Azotobacter	纤维素分解菌 Cellulose-decomposing microorganisms
白三叶草 <i>T. repens</i>	0~20	26014.97 A	6.60 A	311.05 A	338.83 A	4.79 A
	20~40	3710.17 B	2.10 B	54.16 B	47.00 B	2.70 B
	平均 Average	14862.57 a	4.35 b	182.61 ab	192.92 a	3.74 a
高羊茅 <i>F. arundinacea</i>	0~20	18626.16 A	5.11 A	225.06 A	173.06 A	4.69 A
	20~40	3372.84 B	2.74 B	34.63 B	42.32 B	2.02 B
	平均 Average	10999.50 b	3.92 bc	129.85 b	107.69 b	3.36 a
紫花苜蓿 <i>M. sativa</i>	0~20	31572.23 A	8.45 A	375.60 A	282.76 A	4.69 A
	20~40	2076.23 B	4.74 B	34.32 B	46.10 B	2.02 B
	平均 Average	16824.23 a	6.60 a	204.96 a	164.43 a	3.30 a
清耕对照 Control	0~20	14549.43 A	4.84 A	305.81 A	71.42 A	2.76 A
	20~40	2381.45 B	2.45 B	41.45 B	24.45 B	1.02 B
	平均 Average	8465.44 b	3.64 c	173.63 ab	47.94 c	1.89 b

注：不同小写字母表示不同处理之间的差异显著性 ($P < 0.05$)，不同大写字母表示不同土层的差异显著性 ($P < 0.05$)。下同。

Note: Values with different lowercase letters are significantly different among different treatments at $P < 0.05$; Values with different capital letters are significantly different among different treatments at $P < 0.05$. The same below.

葡萄园土壤微生物以细菌为主,占微生物总量的 90%以上,其次是放线菌和固氮菌,真菌和纤维素分解菌较少。各处理 0 ~ 40 cm 土层平均土壤微生物数量差异明显。与清耕(对照)相比,除高羊茅处理使放线菌数量降低外,行间生草总体使土壤细菌、真菌、放线菌、固氮菌、纤维素分解菌数量升高,其中,固氮菌升高的幅度最大,为 124.6% ~ 302.4%,平均升高 223.4%;其次是纤维素分解菌,升高幅度为 74.6% ~ 97.9%,平均升高 83.4%;细菌数量升高幅度为 29.9% ~ 98.7%,平均升高 68.1%;放线菌数量升高的幅度最小。在 3 种生草处理中,紫花苜蓿和白三叶草处理使土壤微生物数量升高的幅度较大,除放线菌外,均与清耕(对照)之间差异达显著水平。说明葡萄园行间生草可提高土壤微生物的数量,提高土壤的生物活性,从而可能促进养分的转化,提高土壤的肥力。

2.2 行间生草对土壤养分含量的影响

由表 2 可以看出,在土壤垂直剖面,各处理土壤养分含量均随着土层深度的增加而降低,除全 K 和全 P 外,土壤全 N、速效养分和有机质含量表现为 0 ~ 20 cm 土层含量显著高于 20 ~ 40 cm 土层,不同土层之间土壤 pH 值无显著差异。

不同处理 0 ~ 40 cm 土层土壤养分含量存在一定的差异,不同生草种类对土壤养分的影响也不同。与清耕(对照)相比,行间种植白三叶草和紫花苜蓿使土壤碱解 N、全 N、速效 K 含量显著升高,高羊茅处理使碱解 N 和全 N 含量显著降低;3 种生草处理均使速效 P、全 P 含量降低,其中白三叶草和紫花苜蓿降低的幅度较大,这两种生草处理速效 P 含量与清耕之间差异达显著水平,而高羊茅处理降低的幅度较小,与清耕之间无显著差异;行间生草使全 K (除高羊茅处理外)和有机质含量升高,各处理全 K 含量无显著差异,生草处理与清耕之间有机质含量差异显著 ($P < 0.05$),其中,紫花苜蓿处理区土壤有机质升高的幅度最大,为 17.1%,其次是白三叶草处理,升高 14.5%;各处理土壤 pH 值无显著差异。总体说明葡萄园行间种植豆科牧草提高土壤养分效应较明显。

表 2 行间生草对 0 ~ 40 cm 土层土壤养分含量的影响
Table 2 The effects of cover crops on soil nutrient content of 0 ~ 40 cm depth in vineyard

处理 Treatment	土层/cm Soil layer	pH	碱解 N/ (mg · kg ⁻¹) Hydrolyzable N	速效 P/ (mg · kg ⁻¹) Available P	速效 K/ (mg · kg ⁻¹) Available K	全 N/ (g · kg ⁻¹) Total N	全 P/ (g · kg ⁻¹) Total P	全 K/ (g · kg ⁻¹) Total K	有机质/ (g · kg ⁻¹) Organic matter
白三叶草 <i>T. repens</i>	0 ~ 20	8.05 A	50.18 A	9.21 A	137.50 A	0.82 A	0.73 A	20.10 A	12.48 A
	20 ~ 40	8.17 A	34.83 B	4.81 B	104.50 B	0.68 B	0.63 B	20.08 A	9.64 B
	平均 Average	8.11 a	42.50 a	7.01 b	121.00 a	0.75 a	0.68 a	20.09 a	11.06 a
高羊茅 <i>F. arundinacea</i>	0 ~ 20	8.18 A	33.33 A	13.39 A	115.50 A	0.63 A	0.74 A	19.45 A	12.57 A
	20 ~ 40	8.18 A	24.18 B	7.51 B	92.75 B	0.48 B	0.69 A	19.58 A	9.21 B
	平均 Average	8.18 a	28.75 c	10.45 a	104.13 b	0.56 c	0.71 a	19.51 a	10.89 a
紫花苜蓿 <i>M. sativa</i>	0 ~ 20	8.14 A	51.00 A	7.62 A	139.25 A	0.84 A	0.71 A	20.15 A	12.64 A
	20 ~ 40	8.27 A	30.50 B	3.46 B	106.00 B	0.64 B	0.63 B	20.05 A	9.97 B
	平均 Average	8.21 a	40.75 a	5.54 c	122.63 a	0.74 a	0.67 a	20.10 a	11.31 a
清耕对照 Control	0 ~ 20	8.17 A	41.98 A	13.59 A	119.75 A	0.75 A	0.76 A	20.25 A	11.22 A
	20 ~ 40	8.18 A	28.63 B	7.95 B	98.50 B	0.58 B	0.69 A	19.50 B	8.09 B
	平均 Average	8.18 a	35.30 b	10.77 a	109.13 b	0.66 b	0.73 a	19.88 a	9.66 b

2.3 土壤养分与土壤微生物数量之间的相关分析

由表 3 可以看出，土壤细菌、真菌、放线菌、固氮菌和纤维素分解菌与土壤有机质、全 N、碱解 N、全 P、速效 K 均呈极显著或显著正相关；放线菌、纤维素分解菌与速效 P 呈极显著正相关，细菌与速效 P 呈显著正相关，所测土壤微生物均与全 K 相关性不显著；所有微生物数量（除真菌外）与 pH 呈极显著负相关。

可见土壤微生物与土壤大部分养分关系密切（全 K 除外），对土壤养分的转化有重要作用，同时说明葡萄园主要微生物群落是土壤矿质养分及有机质形成、累积的重要因子，真菌和固氮菌与土壤有效磷的转化关系不密切，全 K 在土壤中比较稳定，受土壤微生物影响较小，在碱性土壤中，较高的 pH 对土壤微生物的生长与繁殖不利。

表 3 土壤微生物数量与土壤养分含量的皮尔逊相关系数
Table 3 Pearson correlation coefficient between soil microbial quantity and soil nutrient content

相关因子 Correlation factor	pH	有机质 Organic matter	全 N Total N	碱解 N Hydrolyzable N	全 P Total P	速效 P Available P	全 K Total K	速效 K Available K
细菌 Bacteria	-0.764**	0.881**	0.853**	0.905**	0.769**	0.644*	0.031	0.951**
真菌 Fungi	-0.575	0.904**	0.926**	0.922**	0.697*	0.535	0.037	0.947**
放线菌 Actinomycetes	-0.727**	0.880**	0.881**	0.920**	0.839**	0.734**	0.099	0.942**
固氮菌 Azotobacter	-0.822**	0.840**	0.815**	0.871**	0.670*	0.534	0.004	0.925**
纤维素分解菌 Cellulose-decomposing microorganisms	-0.753**	0.947**	0.853**	0.881**	0.805**	0.678**	-0.102	0.886**

注：**表示极显著相关 ($P < 0.01$)，*表示显著相关 ($P < 0.05$)。下同。临界值： $r_{0.05}=0.5760$ ； $r_{0.01}=0.7079$ 。
Note: ** indicates that correlation is significant at the $P < 0.01$ level, and * indicates that correlation is significant at the $P < 0.05$ level. The same below. Critical value: $r_{0.05}=0.5760$; $r_{0.01}=0.7079$.

2.4 土壤养分含量与土壤微生物数量的通径分析

由表 3 的分析可知，土壤养分（全 K 除外）与所测大部分土壤微生物都有着显著或极显著的相关关系，但是在多个变量的系统中，两个变量的线性相关关系会受到其它变量的影响。因此，为了弄清影响土壤有机质、全 N、碱解 N、全 P、速效 P、速效 K 的土壤微生物中最直接起着根本作用的因子，将与这 6 种土壤养分显著或极显著相关的土壤微生物数量进行通径分析。

直接通径系数反映各土壤微生物数量对养分直接影响作用的大小。由表 4 可以看出，在 5 种微生物影响因子中，细菌对有机质、全 N、碱解 N、全 P、速效 P 和速效 K 的直接作用为负，放线菌、固氮菌对所有养分的直接作用为正。细菌对有机质、全 N、碱解 N 的决定系数和间接通径系数之和最大，但其直接作用为负，因此，细菌对有机质、全 N、碱解 N 的积累主要是通过其它因素的间接作用。

在直接作用为正的因子中，纤维素分解菌是影响有机质最重要的微生物因子，放线菌是影响全 N、碱解 N 最重要的微生物因子。放线菌对全 P、速效 P、速效 K 的决定系数最大且直接作用为正，说明放线菌对全 P、速效 P、速效 K 有强烈的直接效应，可能是影响全 P、速效 P 和速效 K 的最重要的微生物因子。

因此，只有当葡萄园土壤中放线菌的数量较高，而细菌的数量适当时，才有利于大部分土壤养分的积累。

表 4 土壤微生物数量对有机质(A)、全N(B)、碱解N(C)、全P(D)、速效P(E)、速效K(F)含量的通径系数
Table 4 Path coefficients of soil microbial quantity to soil organic matter (A), soil total N (B), hydrolyzable N (C), total P (D), available P (E), and available K (F) content

土壤养分 Soil nutrient	相关因子 Correlation factor	$\chi_1 \rightarrow y$	$\chi_2 \rightarrow y$	$\chi_3 \rightarrow y$	$\chi_4 \rightarrow y$	$\chi_5 \rightarrow y$	决定系数 Determination coefficient	间接通径系数之和 Sum of indirect path coefficient
A	χ_1 (细菌 Bacteria)	<u>-1.328</u>	0.426	0.612	0.191	0.980	1.763	2.209
	χ_2 (真菌 Fungi)	-1.209	<u>0.468</u>	0.571	0.174	0.900	0.219	0.435
	χ_3 (放线菌 Actinomycetes)	-1.282	0.422	<u>0.634</u>	0.174	0.933	0.401	0.247
	χ_4 (固氮菌 Azotobacter)	-1.263	0.406	0.549	<u>0.200</u>	0.948	0.040	0.639
	χ_5 (纤维素分解菌 Cellulose-decomposing microorganisms)	-1.249	0.405	0.567	0.182	<u>1.042</u>	1.085	-0.095
B	χ_1 (细菌 Bacteria)	<u>-1.939</u>	0.645	1.139	0.594	0.414	3.761	2.792
	χ_2 (真菌 Fungi)	-1.766	<u>0.709</u>	1.063	0.541	0.381	0.502	0.218
	χ_3 (放线菌 Actinomycetes)	-1.872	0.638	<u>1.180</u>	0.541	0.395	1.391	-0.299
	χ_4 (固氮菌 Azotobacter)	-1.845	0.614	1.022	<u>0.624</u>	0.401	0.390	0.191
	χ_5 (纤维素分解菌 Cellulose-decomposing microorganisms)	-1.825	0.612	1.057	0.568	<u>0.440</u>	0.194	0.413
C	χ_1 (细菌 Bacteria)	<u>-1.440</u>	0.387	1.070	0.644	0.245	2.074	2.345
	χ_2 (真菌 Fungi)	-1.312	<u>0.425</u>	0.998	0.586	0.225	0.180	0.498
	χ_3 (放线菌 Actinomycetes)	-1.390	0.383	<u>1.108</u>	0.587	0.233	1.227	-0.188
	χ_4 (固氮菌 Azotobacter)	-1.371	0.368	0.960	<u>0.677</u>	0.237	0.459	0.194
	χ_5 (纤维素分解菌 Cellulose-decomposing microorganisms)	-1.355	0.367	0.992	0.617	<u>0.260</u>	0.068	0.621
D	χ_1 (细菌 Bacteria)	<u>-1.804</u>	-0.269	1.783	0.213	0.846	3.253	2.573
	χ_2 (真菌 Fungi)	-1.642	<u>-0.296</u>	1.664	0.194	0.777	0.087	0.992
	χ_3 (放线菌 Actinomycetes)	-1.741	-0.266	<u>1.847</u>	0.194	0.805	3.411	-1.008
	χ_4 (固氮菌 Azotobacter)	-1.716	-0.256	1.600	<u>0.224</u>	0.819	0.050	0.446
	χ_5 (纤维素分解菌 Cellulose-decomposing microorganisms)	-1.697	-0.255	1.655	0.204	<u>0.899</u>	0.808	-0.094
E	χ_1 (细菌 Bacteria)	<u>-1.980</u>	-0.563	2.124	0.233	0.830	3.922	2.624
	χ_2 (真菌 Fungi)	-1.803	<u>-0.618</u>	1.982	0.212	0.762	0.382	1.153
	χ_3 (放线菌 Actinomycetes)	-1.912	-0.557	<u>2.201</u>	0.212	0.790	4.843	-1.467
	χ_4 (固氮菌 Azotobacter)	-1.885	-0.535	1.906	<u>0.245</u>	0.803	0.060	0.289
	χ_5 (纤维素分解菌 Cellulose-decomposing microorganisms)	-1.863	-0.534	1.971	0.223	<u>0.882</u>	0.778	-0.204
F	χ_1 (细菌 Bacteria)	<u>-0.501</u>	0.362	0.632	0.566	-0.108	0.251	1.452
	χ_2 (真菌 Fungi)	-0.456	<u>0.397</u>	0.590	0.515	-0.099	0.158	0.550
	χ_3 (放线菌 Actinomycetes)	-0.483	0.358	<u>0.655</u>	0.515	-0.103	0.429	0.287
	χ_4 (固氮菌 Azotobacter)	-0.476	0.344	0.567	<u>0.595</u>	-0.105	0.354	0.330
	χ_5 (纤维素分解菌 Cellulose-decomposing microorganisms)	-0.471	0.343	0.586	0.542	<u>-0.115</u>	0.013	1.001

注：划横线的数据为直接通径系数；‘y’分别为因变量A、B、C、D、E和F。

Note: The data underline was direct path coefficients; ‘y’ represents dependent variable A, B, C, D, E and F, respectively.

3 讨论

(1) 土壤耕作制度会对土壤微生物数量产生影响。本试验结果表明，葡萄园行间生草总体使土壤微生物数量增加，与国外在酿酒葡萄园生草覆盖的研究报道一致 (Compant et al., 2005; Ingels et al., 2005; Whitelaw-weckert et al., 2007)。这说明行间生草对葡萄园土壤微生物数量具有良好的促

进作用,其中土壤固氮菌和纤维素分解菌较清耕(对照)增加的幅度较大。固氮菌数量的多少可作为土壤肥力的一个指标(唐玉姝等,2007),纤维素分解菌虽然在葡萄园土壤中的数量最低,但它直接关系到土壤有机质的形成与积累(刘淑霞等,2008),因此,固氮菌和纤维素分解菌数量的提高对土壤肥力具有重要的作用。由于豆科牧草根系具有根瘤菌,固氮能力较强,有利于微生物的生长,因此提高土壤微生物数量的作用较禾本科牧草强。

(2) 葡萄园行间生草影响土壤养分水平。本试验结果表明,葡萄园行间种植白三叶草和紫花苜蓿使土壤碱解 N、全 N、速效 K 含量显著升高,高羊茅处理使其降低。前人研究认为葡萄种植豆科作物由于其固氮作用提高了土壤 N 的净输入,使土壤 N 含量升高(Ranells & Wagger, 1996; Drinkwater et al., 1998; King & Berry, 2005; Steenwerth & Belina, 2008),本研究结果与其一致;3 种生草处理均使速效 P、全 P 含量降低,其中白三叶草和紫花苜蓿降低的幅度较大,而高羊茅降低的幅度较小。李会科等(2007)在苹果园生草的研究也认为,随着生草年限的增加,果园种植禾本科黑麦草提高 P 含量的作用大于豆科白三叶草,而白三叶草提高 N 含量的作用大于黑麦草;行间生草均使土壤有机质含量升高,与大多数研究(徐雄等,2005;李会科等,2007;Steenwerth & Belina, 2008)一致。总体说明葡萄园行间种植豆科牧草提高土壤养分效应较明显。

(3) 土壤微生物数量与土壤养分之间存在一定的相关关系,土壤微生物数量的变化可能加快了土壤养分循环,导致了土壤养分的上升(Taylor et al., 2002;李会科等,2007;唐玉姝等,2007)。土壤有机质、全 N、碱解 N、全 P、速效 K 与土壤微生物数量呈极显著或显著正相关,说明葡萄园主要微生物群落是土壤矿质养分及有机质形成、累积的重要因子。

(4) 途径分析结果表明,纤维素分解菌是影响土壤有机质累积的最重要微生物因子。纤维素分解菌是土壤有机残体分解的中心环节,直接关系到土壤有机质的形成与积累(刘淑霞等,2008)。放线菌是影响土壤全 N、碱解 N、全 P、速效 P、速效 K 含量的最重要的微生物因子,放线菌是异养菌,它在土壤中活跃地分解有机质,参与土壤中的物质转化过程。而徐强等(2007)的研究与本结果不一致,认为土壤放线菌对土壤养分的直接作用为负。土壤是一个复杂的有机系统,不同土地利用方式、不同生态条件下影响土壤肥力的生物因子往往不尽相同(徐雄等,2005;马建军等,2007;徐强等,2007;周慧杰和石磊利,2007)。因此对影响葡萄园土壤肥力的生物因子及其相互关系,以及它们对土壤可持续利用的影响还有待进一步研究。

References

- Abbona E A, Sarandón S J, Marasas M E, Astier M. 2007. Ecological sustainability evaluation of traditional management in different vineyard systems in Berisso, Argentina. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 119: 335–345.
- Compant S, Reiter B, Sessitsch A, Nowak J, Clément C, Barka E A. 2005. Endophytic colonization of *Vitis vinifera* by plant growth-promoting bacterium *Burkholderia* sp. Strain PsJN. *Applied and Environmental Microbiology*, 71: 1685–1693.
- Drinkwater L, Wagoner P, Sarrantonio M. 1998. Legume-based cropping systems have reduced carbon and nitrogen losses. *Nature*, 396: 262–265.
- García-Gil J C, Plaza C, Soler-Rovira P, Polo A. 2000. Long-term effects of municipal solid waste compost application on soil enzyme activities and microbial biomass. *Soil Biology and Biochemistry*, 32: 1907–1913.
- Ingels C A, Scow K M, Whisson D A, Drenovsky R E. 2005. Effect of cover on grapevines, yield, juice composition, soil microbial ecology, and gopher activity. *American Journal of Enology and Viticulture*, 561: 19–29.
- Institute of Soil Science, CAS, Nanjing. 1985. Study method of soil microorganisms. Beijing: Science Press. (in Chinese)
- 中国科学院南京土壤研究所微生物室. 1985. 土壤微生物研究法. 北京: 科学出版社.
- King A P, Berry A M. 2005. Vineyard $\delta^{15}\text{N}$, nitrogen and water status in perennial clover and bunch grass cover crop systems of California's central valley. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 109: 262–272.
- Li Hui-ke, Zhang Guang-jun, Zhao Zheng-yang, Li Kai-rong. 2007. Effects of interplanting of herbage on soil nutrient of non-irrigated apple orchard

- in the loess plateau. *Acta Horticulturae Sinica*, 34 (2) : 477 – 480. (in Chinese)
- 李会科, 张广军, 赵政阳, 李凯荣. 2007. 黄土高原旱地苹果园生草对土壤养分的影响. *园艺学报*, 34 (2) : 477 – 480.
- Liu Shu-xia, Wang Hong-bin, Zhao Lan-po, Wu Hai-wen, Zhang Hong-mei, Qin Zhi-jia. 2008. Effect of several cellulose-decomposing microorganisms on soil organic matter transformation. *Journal of Agro-Environment Science*, 27 (3) : 991 – 996. (in Chinese)
- 刘淑霞, 王鸿斌, 赵兰坡, 吴海文, 张洪梅, 秦治家. 2008. 几种纤维素分解菌在有机质转化中的作用. *农业环境科学学报*, 27 (3) : 991 – 996.
- Ma Jian-jun, Li Qing-feng, Zhang Shu-li. 2007. The correlation among soil microorganism and soil nutrient in different types of mixed stands of Hippophae Rhamnoides. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 21 (6) : 163 – 167. (in Chinese)
- 马建军, 李青丰, 张树礼. 2007. 沙棘与不同类型植被配置下土壤微生物、养分特征及相关性研究. *干旱区资源与环境*, 21 (6) : 163 – 167.
- Monteiro A, Lopes C M. 2007. Influence of cover crop on water use and performance of vineyard in Mediterranean Portugal. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 121 : 336 – 342.
- Morlat R, Jacquet A. 2003. Grapevine root system and soil characteristics in a vineyard maintained long-term with or without inter-row sward. *American Journal of Enology and Viticulture*, 54 : 1 – 7.
- Nanjing University. 1994. Soil agricultural chemistry analysis. Beijing : Agriculture Press. (in Chinese)
- 南京大学. 1994. 土壤农化分析. 北京 : 农业出版社.
- Ranells N N, Waggener M G. 1996. Nitrogen release from grass and legume cover crop monocultures and bicultures. *Agronomy Journal*, 88 : 777 – 782.
- Rupp D. 1996. Green cover management to optimize the nitrogen supply of grapevine. *Acta Horticulturae*, 427 : 57 – 62.
- Spring G P. 1992. Ratio of microbial biomass to soil organic matter carbon as a sensitive indicator of changes in soil organic matter. *Australian Journal of Soil Research*, 30 : 195 – 207.
- Steenwerth K, Belina K M. 2008. Cover crops and cultivation : Impacts on soil N dynamics and microbiological function in a Mediterranean vineyard agroecosystem. *Applied Soil Ecology*, 40 (2) : 370 – 380.
- Sun Bo, Zhao Qi-guo, Zhang Tao-lin, Yu Shen. 1997. Soil quality and sustaining environment : Biological indicator of soil quality evaluation. *Soil*, 29 (5) : 225 – 234. (in Chinese)
- 孙 波, 赵其国, 张桃林, 俞 慎. 1997. 土壤质量与持续环境 : 土壤质量评价的生物学指标. *土壤*, 29 (5) : 225 – 234.
- Tang Yu-shu, Wei Chao-fu, Yan Ting-mei, Yang Lin-zhang, Ci En. 2007. Biological indicator of soil quality : A review. *Soil*, 39 (2) : 157 – 163. (in Chinese)
- 唐玉妹, 魏朝富, 颜廷梅, 杨林章, 慈 恩. 2007. 土壤质量生物学指标研究进展. *土壤*, 39 (2) : 157 – 163.
- Taylor J P, Wilson B, Mills M S, Burns R G. 2002. Comparison of numbers and enzymatic activities in surface soils and subsoils using various techniques. *Soil Biology & Biochemistry*, 34 : 387 – 401.
- Tiquia S M, Lioyd J, herms D N A, Hoiting H A J, Michel F C. 2002. Effect of mulching and fertilization on soil nutrients, microbial activity and rhizosphere bacterial community structure determined by analysis of RFLPs of PCR-amplified 16s rRNA genes. *Applied Soil Ecology*, 21 : 31 – 48.
- Whitelaw-Weckert M A, Rahman L, Hutton R J, Coombes N. 2007. Permanent swards increase soil microbial counts in two Australian vineyards. *Applied Soil Ecology*, 36 : 224 – 232.
- Xue Quan-hong. 2000. Microbiology. Xi'an : World Books Press. (in Chinese)
- 薛泉宏. 2000. 微生物学. 西安 : 世界图书出版公司.
- Xu Xiong, Zhang Jian, Zhang Meng, Liao Er-hua. 2005. Relationship between biological factors and soil nutrients in artificial fruit-grass ecosystem. *Journal of Soil and Water Conservation*, 19 (6) : 178 – 181. (in Chinese)
- 徐 雄, 张 健, 张 猛, 廖尔华. 2005. 果—草人工生态系统中土壤微生物、土壤酶与土壤养分的关系. *水土保持学报*, 19 (6) : 178 – 181.
- Xu Qiang, Cheng Zhi-hui, Meng Huan-wen, Zhang Xian. 2007. Relationships between soil nutrients and rhizospheric soil microbial communities and enzyme activities in a maize-capsicum intercropping system. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 18 (12) : 2747 – 2754. (in Chinese)
- 徐 强, 程智慧, 孟焕文, 张 显. 2007. 玉米—线辣椒套作系统中土壤养分与根际土壤微生物、酶活性的关系. *应用生态学报*, 18 (12) : 2747 – 2754.
- Zhou Hui-jie, Shi Lei-li. 2007. Effect of planting years on soil microorganisms and enzyme activity under greenhouse condition. *Journal of Heilongjiang Vocational Institute of Ecological Engineering*, 20 (6) : 39 – 41. (in Chinese)
- 周慧杰, 石磊利. 2007. 日光温室种植年限对土壤微生物和酶活性的影响. *黑龙江生态工程职业学院学报*, 20 (6) : 39 – 41.