

doi: 10.11838/sfsc.1673-6257.21565

淮安地区葡萄园土壤养分及线虫群落现状分析

毛佳^{1,2}, 周长勇¹, 朱春梅³, 王晓飞¹, 李美霞¹, 王宏宝^{1*}

(1. 江苏徐淮地区淮阴农业科学研究所, 江苏 淮安 223001; 2. 淮安市农业科技实业总公司, 江苏 淮安 223001; 3. 淮安市淮阴区植保植检站, 江苏 淮安 223001)

摘要:以淮安葡萄园 12 个主要种植区土壤样本为研究对象, 通过测定土壤 pH 值、有机质、水溶性总盐、速效钾、有效磷及土壤线虫群落等指标研究淮安地区葡萄园土壤养分及线虫群落特征。结果表明: 淮安葡萄种植区土壤 pH 值均值 6.35, 有 58.33% 的土壤样本为酸性; 有效磷均值 $220.97 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 高于 $40 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 的样本占比 100%; 速效钾均值 $460.13 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 高于 $200 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 的样本占比 83.33%; 水溶性总盐均值 $4.35 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 高于 $0.5 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 的样本占比 100%; 有机质含量均值 $34.02 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 在中等以上的样本占比 91.67%。对不同葡萄园土壤养分差异分析发现, 有机质在两合土中均值最高, 达 $47.84 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 在 $P_{0.05}$ 水平上显著高于砂土。水溶性总盐在施用复混肥的园中高出施用有机肥 67.53%, 在 $P_{0.05}$ 水平上达显著差异。葡萄园线虫群落主要由 3 类群体构成, 其中, 12 个葡萄园中自由生活线虫类检出率为 100%, 寄生类线虫和其他类线虫检出率均为 58.33%, 螺旋线虫属为本次调查中的优势群体。速效钾与线虫总量、自由生活线虫显著正相关, 相关系数分别为 0.668、0.706, 而与寄生线虫相关性低, 相关系数仅为 0.319。

关键词: 葡萄园; 土壤养分; 线虫群落

葡萄 (*Vitis vinifera* L.) 是世界上重要的经济作物, 也是我国重要的水果之一。自 2011 年至今我国葡萄产量一直稳居世界首位, 2014 年至今葡萄栽培面积位于世界第二位, 葡萄产业在我国现代农业生产中具有很大的经济效益^[1-2]。近些年, 随着农业生产方式的变革, 土壤养分研究滞后并缺乏科学的施肥指导, 逐渐成为制约葡萄产业可持续发展的焦点问题。因此, 为保证葡萄的健康生长, 必须了解当前土壤肥力状况^[3], 并以此为依据优化葡萄管理方式, 进而实现葡萄产业的可持续发展。杨珍^[4]、侍朋宝等^[5]分析了陕西省葡萄主要产区的土壤状况, 结果表明, 土壤养分的地域和深度分布不均衡问题较为突出, 养分含量偏低。于费^[6]在山西曲沃县的调查结果表明, 多数土壤养分含量适中, 碱解氮含量较为缺乏。王则玉等^[7]、刘春燕

等^[8]认为新疆吐鲁番地区葡萄园葡萄产量、生长状况与土壤肥力存在一定关系。段永华等^[9]、张小卓等^[10]认为, 云南葡萄主产区土壤养分含量丰富, 但差异较大, 不同营养元素间拮抗现象严重。

本研究以淮安市辖区内 12 个葡萄主要种植区土壤样本为研究对象, 从土壤肥力、土壤酸碱度、土壤线虫群落等方面进行分析, 研究结果可用于指导当地葡萄园土壤养分与健康的管理, 也对保证葡萄产区持续健康发展具有参考意义。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

淮安属温带季风气候, 四季分明, 年平均气温在 $13.6 \sim 14.7^\circ\text{C}$ 之间。年无霜期 240 d 左右, 年平均降水量约 940 mm, 年平均日照时数 2130 ~ 2430 h。

1.2 土壤样品的采集

本研究选取淮安市辖区内主要葡萄种植区的 12 个土壤采样点作为研究对象, 其范围涵盖淮安所辖区的金湖县、淮阴区、清江浦区、洪泽区的 12 个葡萄园。土壤样品采集时间为 2021 年 7 月, 随机采集 5 株成年植株根围土 (采样深度为 5 ~ 30 cm), 充分混合后得到土壤样本后进行预处理, 调

收稿日期: 2021-10-25; 录用日期: 2022-02-27

基金项目: 淮安市自然科学研究计划项目 (HAB201926); 江苏省环洪泽湖生态农业生物技术重点实验室项目 (17HZHL016); 淮安市农业科学研究院科技发展基金 (HNY201921)。

作者简介: 毛佳 (1983-), 农艺师, 硕士研究生, 研究方向为植物保护与土壤改良。E-mail: 178079252@qq.com。

通讯作者: 王宏宝, E-mail: wanghongbao252@126.com。

查时记录土样基本数据(表1)。

1.3 土壤理化性质分析

去除待测土样中的植物组织根系、残渣和可见侵入体,用玛瑙钵研磨过0.149 mm尼龙筛^[11]。分析数据由苏州科铭生物检测公司提供,土壤有机质采用重铬酸钾容量法测定;速效钾采用火焰光

度法测定;土壤中水溶性总盐采用重量法测定。pH采用pH计测定,浸提液中水土质量体积比为2.5:1;中性、碱性土壤有效磷采用试剂盒(钼锑抗比色法)测定,每项土壤指标重复测量3次,参照全国第二次土壤普查推荐的土壤肥力分级标准。

表1 土壤采集基础信息

| 土样 | 地区 | 品种 | 土壤 | 底肥 | 底肥种类 |
|------|-----|------|----------|-----|------------|
| 土样1 | 洪泽区 | 阳光玫瑰 | 黏土 | 有机肥 | 菜籽饼 |
| 土样2 | 洪泽区 | 阳光玫瑰 | 黏土 | 有机肥 | 菜籽饼 |
| 土样3 | 洪泽区 | 夏黑 | 砂土 | 复混肥 | 菜籽饼+鸡粪+复合肥 |
| 土样4 | 洪泽区 | 夏黑 | 黏土 | 有机肥 | 生物菌肥 |
| 土样5 | 金湖县 | 夏黑 | 两合土 | 复混肥 | 猪粪+鸡粪+复合肥 |
| 土样6 | 金湖县 | 阳光玫瑰 | 两合土 | 复混肥 | 猪粪+鸡粪+复合肥 |
| 土样7 | 淮阴区 | 夏黑 | 砂土 | 复混肥 | 菜籽饼+鸡粪+复合肥 |
| 土样8 | 淮阴区 | 夏黑 | 砂土 | 复混肥 | 菜籽饼+鸡粪+复合肥 |
| 土样9 | 清江浦 | 阳光玫瑰 | 两合土 | 有机肥 | 羊粪 |
| 土样10 | 清江浦 | 夏黑 | 两合土 | 复混肥 | 菜籽饼+鸡粪+复合肥 |
| 土样11 | 淮阴区 | 夏黑 | 两合土 | 复混肥 | 猪粪+鸡粪+复合肥 |
| 土样12 | 淮阴区 | — | 两合土(田埂土) | — | — |

注:复混肥是有机肥与复合肥混合施用;本次调查中有机肥主要为羊粪、猪粪、鸡粪、生物菌肥、菜籽饼等。

1.4 土壤线虫分离与计数

浅盘法称100 g土样(另测定100 g土样中干土重,以此计算每百克干土中的线虫量),加水分离18~24 h后,在解剖镜下计数线虫数量,并在光学显微镜下鉴定到属^[12],按照Thorne(1961)、Goody(1963)分类系统,参考Mai等^[13]、王寿华^[14]、丁兆龙等^[15]线虫属分类检索图谱及资料进行鉴定,每个处理重复3次。

1.5 数据处理

采用Excel 2019和DPS 7.05进行数据统计和差异显著性分析。

2 结果与分析

2.1 葡萄园土壤养分特征

葡萄园土壤养分特征见表2,不同土壤样本养分含量分布差异较大,淮安地区葡萄园种植区土壤pH值平均为6.35,呈酸性,变幅在5.42~6.97之间;水溶性总盐平均值为4.35 g·kg⁻¹,变幅在2.21~7.40 g·kg⁻¹;有效磷含量平均值为220.97 mg·kg⁻¹,变幅在55.19~316.01 mg·kg⁻¹;速效钾含量平均值为

460.13 mg·kg⁻¹,变幅在80.83~1274.46 mg·kg⁻¹之间;有机质含量平均值为34.02 g·kg⁻¹,变幅在14.5~62.4 g·kg⁻¹之间。在土壤养分分布频次方面(表3、4),41.67%的土壤pH处在中性范围,有58.33%的土壤pH为酸性;水溶性总盐含量高于0.5 g·kg⁻¹的样本占比100%;有效磷高于40 mg·kg⁻¹的样本占比100%;速效钾高于200 mg·kg⁻¹的样本占比83.33%;土壤有机质丰富、较丰富、中等的分布频次分别为33.33%、8.34%、50.00%,仅有8.33%的样本处在较缺状态,该样本为对照田埂土。

2.2 葡萄园土壤线虫群落特征及分布频次

葡萄园土壤线虫群落特征及分布频次见图1和表5,线虫群落主要由3类线虫群体组成,其中,12个葡萄园中自由生活类线虫检出率为100%,寄生类线虫和其他类线虫检出数均为7个,检出率均为58.33%,寄生类线虫仅有螺旋线虫1个属。从镜检结果来看,在葡萄根围土壤中分离到的线虫群体大多为自由生活线虫,它们以细菌或真菌为食,其他类主要为捕食类,以动物为食,对植物不造成伤害。从

表2 淮安地区葡萄园土壤 pH、主要养分和有机质含量分布特征

| 特征数 | pH | 速效钾 ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) | 有效磷 ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) | 水溶性总盐 ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$) | 有机质 ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$) |
|-----|-------------|--|--|---|---|
| 平均值 | 6.35 | 460.13 | 220.97 | 4.35 | 34.02 |
| 变幅 | 5.42 ~ 6.97 | 80.83 ~ 1274.46 | 55.19 ~ 316.01 | 2.21 ~ 7.40 | 14.51 ~ 62.37 |
| 极差 | 1.55 | 1193.63 | 260.82 | 5.19 | 47.95 |

表3 不同葡萄园土壤养分指标分级标准及分布频次

| 指标 | 分级标准及分布频次 | | | | | | |
|-------|---|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------|
| | 酸碱性和 分级标准 | 强酸性 | 酸性 | 中性 | 碱性 | 强碱性 | 极强碱性 |
| pH 值 | | 4.5 ~ 5.5 | 5.5 ~ 6.5 | 6.5 ~ 7.5 | 7.5 ~ 8.5 | 8.5 ~ 9.5 | >9.5 |
| | 分布频次 (%) | 8.33 | 50.00 | 41.67 | 0 | 0 | 0 |
| 水溶性总盐 | 分级标准 ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$) | <0.1 | 0.1 ~ 0.2 | 0.2 ~ 0.3 | 0.3 ~ 0.5 | >0.5 | — |
| | 分布频次 (%) | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 |
| 有机质 | 丰缺 | 丰富 | 较丰富 | 中等 | 较缺 | 缺 | 极缺 |
| | 分级标准 ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$) | >40 | 30 ~ 40 | 20 ~ 30 | 10 ~ 20 | 6 ~ 10 | <6 |
| | 分布频次 (%) | 33.33 | 8.34 | 50.00 | 8.33 | 0 | 0 |
| 有效磷 | 分级标准 ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) | >40 | 20 ~ 40 | 10 ~ 20 | 5 ~ 10 | 3 ~ 5 | <3 |
| | 分布频次 (%) | 100.00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 速效钾 | 分级标准 ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) | >200 | 150 ~ 200 | 100 ~ 150 | 50 ~ 100 | 30 ~ 50 | <30 |
| | 分布频次 (%) | 83.33 | 8.34 | 8.33 | 0 | 0 | 0 |

注：表中分级标准为全国第二次土壤普查分级标准^[16]。

表4 葡萄园土壤养分指标

| 土样 | 品种 | 水溶性总盐 ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$) | 有机质 ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$) | 有效磷 ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) | 速效钾 ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) | pH |
|-------|------|--|--|---|---|--------|
| 土样 1 | 阳光玫瑰 | 2.21i | 39.10d | 290.11b | 483.58c | 5.87e |
| 土样 2 | 阳光玫瑰 | 3.66fg | 25.53e | 291.73b | 280.19f | 5.64f |
| 土样 3 | 夏黑 | 4.06e | 20.33g | 296.57b | 413.74d | 5.73f |
| 土样 4 | 夏黑 | 3.92ef | 26.67e | 261.85d | 1274.46a | 6.48cd |
| 土样 5 | 夏黑 | 5.68c | 54.98b | 198.31f | 470.10c | 6.76b |
| 土样 6 | 阳光玫瑰 | 3.38g | 62.37a | 237.26e | 300.65ef | 5.42g |
| 土样 7 | 夏黑 | 7.04b | 21.22g | 275.61c | 752.75b | 6.73b |
| 土样 8 | 夏黑 | 5.18d | 21.70fg | 59.41h | 215.71g | 6.97a |
| 土样 9 | 阳光玫瑰 | 2.54h | 44.81c | 247.25e | 326.62e | 6.91a |
| 土样 10 | 夏黑 | 3.38g | 53.60b | 316.01a | 762.57b | 6.80b |
| 土样 11 | 夏黑 | 7.40a | 23.42f | 122.38g | 160.37h | 6.50c |
| 土样 12 | — | 3.80ef | 14.51h | 55.19h | 80.83i | 6.38d |

注：同列数据后不同小写字母表示在 0.05 水平上差异显著。下同。

土壤线虫存量及分布频次(表5)来看,所有样本中土壤线虫总数较低,百克土样中线虫总数<10条的分布频次为25.00%,线虫总数在10~30条的分布频

次为41.67%,线虫总数>100条的群体分布频次仅为8.33%。而寄生线虫<10条的分布频次高达83.33%,表现为螺旋线虫为本次寄生线虫调查中的优势种群。

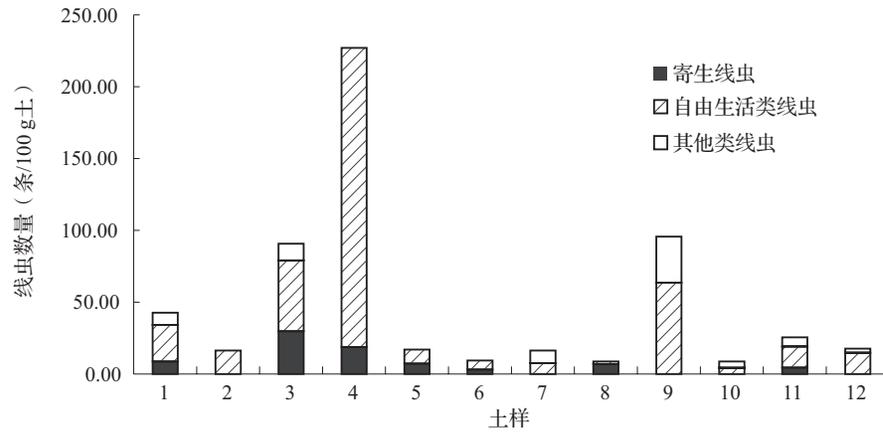


图 1 不同葡萄园土壤线虫群落分布特征

表 5 不同土壤样本线虫分级标准及分布频次

| 指标 | 分级标准 (条/100 g 土) 及分布频次 (%) | | | | |
|--------|----------------------------|---------|---------|----------|------|
| | <10 | 10 ~ 30 | 30 ~ 50 | 50 ~ 100 | >100 |
| 线虫总数 | 25.00 | 41.67 | 8.33 | 16.67 | 8.33 |
| 寄生线虫 | 83.33 | 16.67 | 0 | 0 | 0 |
| 自由生活线虫 | 41.67 | 33.33 | 8.33 | 8.33 | 8.33 |
| 其他线虫 | 83.34 | 8.33 | 8.33 | 0 | 0 |

2.3 不同农艺条件下对葡萄园土壤养分及线虫含量的影响

为分析葡萄园中肥料类别、品种选择、土壤质地是否对土壤有机质、水溶性总盐、土壤有效磷、

速效钾、pH 值、线虫数量等方面具有影响, 试验通过对 12 个不同葡萄园土壤养分及线虫含量进行区组分析 (表 6) 显示, 土壤有机质在黏土、砂土、两合土等不同土壤质地中差异显著, 两合土中

表 6 不同农艺条件下对葡萄园土壤养分及线虫含量的影响

| 指标 | 肥料类别 | 平均值 | 品种选择 | 平均值 | 土壤质地 | 平均值 |
|----------------------------------|------|------------------|------|------------------|------|------------------|
| 有机质 (g · kg ⁻¹) | 有机肥 | 34.03 ± 9.46a | 阳光玫瑰 | 42.95 ± 15.26a | 黏土 | 30.42 ± 7.53ab |
| | | | | | 砂土 | 21.08 ± 0.69b |
| 水溶性总盐 (g · kg ⁻¹) | 复混肥 | 36.80 ± 19.09a | 夏黑 | 31.70 ± 15.57a | 两合土 | 47.84 ± 15.01a |
| | | | | | 黏土 | 3.26 ± 0.92a |
| 有效磷 (mg · kg ⁻¹) | 有机肥 | 272.73 ± 21.84a | 阳光玫瑰 | 266.59 ± 28.40a | 砂土 | 5.43 ± 1.51a |
| | | | | | 两合土 | 4.48 ± 2.01a |
| 速效钾 (mg · kg ⁻¹) | 复混肥 | 215.08 ± 94.95a | 夏黑 | 218.59 ± 96.35a | 黏土 | 281.23 ± 16.80a |
| | | | | | 砂土 | 210.53 ± 131.29a |
| pH 值 | 有机肥 | 591.21 ± 463.73a | 阳光玫瑰 | 347.76 ± 92.52a | 两合土 | 679.41 ± 525.27a |
| | | | | | 黏土 | 460.73 ± 271.59a |
| 线虫数量 (条) | 复混肥 | 439.41 ± 241.99a | 夏黑 | 578.53 ± 385.99a | 砂土 | 404.06 ± 228.56a |
| | | | | | 两合土 | 6.48 ± 0.61a |
| 线虫数量 (条) | 有机肥 | 6.22 ± 0.58a | 阳光玫瑰 | 5.96 ± 0.66a | 黏土 | 95.33 ± 114.78a |
| | | | | | 砂土 | 38.56 ± 45.29a |
| 线虫数量 (条) | 复混肥 | 6.42 ± 0.60a | 夏黑 | 6.57 ± 0.41a | 两合土 | 31.23 ± 36.66a |
| | | | | | 黏土 | 25.17 ± 29.52a |
| 线虫数量 (条) | 复混肥 | 25.17 ± 29.52a | 夏黑 | 56.26 ± 80.64a | 两合土 | |

均值最高, 达 $47.84 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 在 $P_{0.05}$ 水平上显著高于砂土。在土壤水溶性总盐方面, 不同葡萄园在肥料使用和品种选择方面对水溶性总盐影响较大 ($P_{0.05}$ 水平差异显著), 即施用复混肥的葡萄园水溶性总盐 ($5.16 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$) 与施用有机肥的葡萄园水溶性总盐 ($3.08 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$) 差异显著, 前者水溶性总盐比后者高出 67.53%; 种植夏黑的葡萄园水溶性总盐 ($5.24 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$) 与种植阳光玫瑰的葡萄园水溶性总盐 ($2.95 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$) 差异显著, 前者水溶性总盐比后者高出 77.63%。土壤质地在水溶性总盐差异方面不显著。葡萄园在肥料施用、品种选择、土壤质地等不同农艺条件下对土壤有效磷、速效钾、pH 值、线虫数量等指标影响不大, 即各数值在 $P_{0.05}$ 水

平上差异不显著。

2.4 葡萄园土壤养分及线虫存量相关性分析

不同葡萄园土壤养分指标及线虫量相关性分析见表 7, 水溶性总盐与有机质、有效磷、速效钾、线虫总量存在负相关, 相关系数分别为 -0.349 、 -0.370 、 -0.238 , 各指标间也无显著差异。有机质与有效磷、速效钾相关性不显著, 相关系数分别为 0.371 、 0.107 。有效磷与速效钾、线虫量存在正相关, 相关系数分别为 0.560 、 0.273 。而速效钾与线虫总量和自由生活线虫量存在显著正相关, 相关系数分别为 0.668 、 0.706 , 而与寄生线虫量相关性低, 仅为 0.319 。寄生线虫量与自由生活线虫量之间也无显著相关性, 相关系数为 0.513 。

表 7 不同葡萄园土壤养分指标及线虫量相关性分析

| 指标 | 总盐 | 有机质 | 有效磷 | 速效钾 | pH 值 | 线虫总量 | 寄生线虫量 | 自由生活线虫量 |
|---------|----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|
| 水溶性总盐 | 1 | -0.349 | -0.370 | -0.045 | 0.368 | -0.238 | -0.059 | -0.216 |
| 有机质 | | 1 | 0.371 | 0.107 | -0.067 | -0.164 | -0.239 | -0.158 |
| 有效磷 | | | 1 | 0.560 | -0.347 | 0.273 | 0.209 | 0.228 |
| 速效钾 | | | | 1 | 0.186 | 0.668* | 0.319 | 0.706* |
| pH 值 | | | | | 1 | 0.035 | -0.276 | 0.045 |
| 线虫总量 | | | | | | 1 | 0.600* | 0.983** |
| 寄生线虫量 | | | | | | | 1 | 0.513 |
| 自由生活线虫量 | | | | | | | | 1 |

注: * 表示在 0.05 水平 (双侧) 上显著相关。** 表示在 0.01 水平 (双侧) 上显著相关。

3 讨论

土壤肥力评价既是获取土壤质量状况的重要手段, 又是农业开发和土地利用规划中一项重要的基础性工作, 可为土地合理利用提供科学依据^[17]。土壤有机质是养分的重要来源, 也是反映土壤供肥性能的重要指标和估算土壤碳储量的重要指标^[18]。本次调查土壤有机质大部分样本含量较为丰富, 仅有 8.33% 的样本处在较缺状态, 该样本为对照田埂土, 调查发现所有葡萄园均采用了添加有机肥, 其差异可能与有机肥施用种类、数量有关。本次土样主要有黏土、砂土、两合土 3 类质地, 不同土壤质地中有机质含量差异显著, 其中黏土有机质含量高于其他类型土壤。土壤有机质在不同土壤质地中含量差异显著, 两合土中均值最高, 达 $47.84 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 两合土在 $P_{0.05}$ 水平上显著高于砂土。

土壤速效养分丰缺状况调查是对葡萄进行合

理施肥与养分管理的主要依据, 土壤速效养分直接反映土壤的供肥能力, 可为合理施肥提供科学依据。有效磷是土壤磷素供应水平的重要指标之一^[19], 本次调查的样本中所有土样有效磷含量与全国第二次普查结果相比高出 15%, 证实土壤有效磷含量处于极丰富水平, 这可能与过量施用磷肥和复合肥带入磷有一定关系。土壤速效钾含量处于中等以上水平, 但各产区之间存在分布不均衡的现象。整体而言, 有效磷、速效钾在葡萄主产区的土壤含量较为丰富, 在各产区之间变异系数较大, 这与淮安的土壤质地多元化有很大关系。

土壤的 pH 值对葡萄树体生长状况及果实品质有很大影响^[20], 调查发现, 58.33% 的土样样本酸化较为严重, 这可能与部分地区有机肥施入不足、连续施用化肥及设施栽培模式有一定关系, 如张志华^[21]对湖北省恩施州关口葡萄种植地的研究发现, 当施肥模式以无机化肥为主、有机肥的施入不

足时,土壤板结严重,并且导致土壤酸化;在相关性研究方面,土壤pH值与土壤有效磷、速效钾、有机质等养分指标相关性不大。在土壤水溶性总盐方面,不同葡萄园在肥料使用和品种选择方面对水溶性总盐影响较大,表现为复混肥施用比有机肥施用土壤水溶性总盐含量高,这可能与复混肥施入量及施用种类有关;通常认为土壤全盐含量高于 $3.0\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 时土壤呈盐渍化进而影响作物正常生长^[22],试验发现,种植夏黑的土壤水溶性总盐含量显著高于种植阳光玫瑰土壤总盐含量,这是否与品种间耐盐性有关还待进一步研究。

在农田生态系统中,影响土壤线虫群落多样性的因素有很多,主要包括耕作方式、养分管理、土壤含水量和食物的可利用性等^[23-24]。本研究发现土壤线虫与土壤水溶性总盐、pH值、有机质、有效磷等的相关性不高,而土壤速效钾与土壤线虫总量和自由生活线虫量显著正相关,相关系数分别为0.668、0.706,这一结果与范琳娟等^[25]报道的土壤速效钾含量与小杆线虫属、根结线虫属、短体线虫属、垫刃线虫属、真滑刃线虫属等数量呈较强正相关基本一致。7月上旬至9月上旬正是葡萄转色到果实采收期,这一时期葡萄对钾肥需求量大,不同葡萄园对钾肥等水肥管理也存在差异,再结合土壤类别等条件不同,土壤养分状况也会有很大的变化,推测认为,该时期冲施性钾肥的施用可能通过影响地上植被生长状况和微生物活动进而改变了土壤线虫的群落结构。试验发现,淮安不同葡萄园寄生线虫种类相对单一,种植户对于土壤寄生线虫的危害与防控尚未引起重视,后期在葡萄管理方面应动态关注葡萄根部健康问题,做好根部病虫害防控工作。

4 结论

与全国第二次土壤普查结果相比,淮安葡萄种植区土壤有酸化趋势,土壤养分含量整体较高。其中,土壤pH值均值6.35,有58.33%的土壤样本为酸性;土壤有效磷含量极为丰富,均值为 $220.97\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,高于 $40\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 的样本占比100%;土壤速效钾含量也较为丰富,均值 $460.13\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,高于 $200\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 的样本占比达83.33%;水溶性总盐含量高,均值 $4.35\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$,高于 $0.5\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 的样本占比100%;有机质含量也较为丰富,均值 $34.0\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$,含量在中等以上的样本占比91.67%。对不同葡萄园土壤养分差异分析发现,有机质在两合

土中均值最高,达 $47.84\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,在 $P_{0.05}$ 水平上显著高于砂土。水溶性总盐在施用复混肥的园中高出施用有机肥的67.53%,在 $P_{0.05}$ 水平上达显著差异。葡萄园线虫群落主要由3类群体构成,自由生活类虫检出率为100%,寄生类线虫和其他类线虫检出率均为58.33%。速效钾与线虫总量、自由生活线虫显著正相关,相关系数分别为0.668、0.706,而与寄生线虫相关性低,相关系数仅为0.319。由此,建议该区域在作物栽培过程中选择有效的土壤调理剂改良土壤酸化程度;土壤养分方面应结合养分丰缺状况和作物需肥规律开展配方施肥,对速效钾、有效磷含量偏高的区域,减少磷肥、钾肥施用量,注重增施羊粪等有机肥、生物菌肥以改善土壤有机质及生物群落丰度;对线虫危害发生重的区域可以结合农业措施、药剂灌根等方式来杀灭土壤中的虫卵,降低对作物产量的危害。

参考文献:

- [1] 田野,陈冠铭,李家芬,等.世界葡萄产业发展现状[J].热带农业科学,2018,38(6):96-101,105.
- [2] 刘凤之.中国葡萄栽培现状与发展趋势[J].落叶果树,2017,49(1):1-4.
- [3] 徐倩,宋佳,田汇,等.青海省春油菜区土壤养分状况及施肥策略[J].植物营养与肥料学报,2019,25(1):157-166.
- [4] 杨珍.陕西省葡萄主产区土壤养分状况分析[D].杨凌:西北农林科技大学,2016.
- [5] 侍朋宝,陈海菊,张振文.山地酿酒葡萄园土壤理化性质分析[J].土壤,2009,41(3):495-499.
- [6] 于费.山西省曲沃县里村镇葡萄园土壤养分状况分析[J].园艺与种苗,2015(5):39-40,60.
- [7] 王则玉,马雪琴,蒲胜海,等.吐鲁番市葡萄果园土壤养分分析分布特征[J].新疆农业科学,2014,51(3):492-496.
- [8] 刘春燕,周龙,罗洁,等.吐鲁番葡萄黄化园土壤养分与地上部的相关性[J].新疆农业科学,2017,54(10):1920-1929.
- [9] 段永华,张军云,李娟,等.玉溪市葡萄栽培气候条件分析及栽培要点[J].云南农业科技,2018(4):41-44.
- [10] 张小卓,史静,张乃明,等.云南主要葡萄种植区土壤肥力特征与评价[J].土壤,2014,46(1):184-187.
- [11] 鲍士旦.土壤农化分析(3版)[M].北京:中国农业出版社,2000.
- [12] Liang W J, Lou Y L, Li Q, et al. Nematode faunal response to longterm application of nitrogen fertilizer and organic manure in Northeast China [J]. Soil Biology and Biochemistry, 2009, 41: 883-890.

- [13] Mai W F, Lyon H H. Pictorial Key to Genera of Plant Parasitic Nematodes [M]. New York: Cornell University Press, 1975.
- [14] 王寿华. 果树线虫学 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1994. 149-155.
- [15] 丁兆龙, 高士仁. 苹果树根际线虫种群的研究 [J]. 山东农业大学学报, 1990, 21 (4): 15-20.
- [16] 焉莉, 王寅, 冯国忠, 等. 吉林省农田土壤肥力现状及变化特征 [J]. 中国农业科学, 2015, 48 (23): 4800-4810.
- [17] 许明祥, 刘国彬, 赵允格. 黄土丘陵区土壤质量评价指标研究 [J]. 应用生态学报, 2005, 16 (10): 1843-1848.
- [18] 赵明松, 张甘霖, 王德彩, 等. 徐淮黄泛平原土壤有机质空间变异特征及主控因素分析 [J]. 土壤学报, 2013, 50 (1): 1-11.
- [19] 张世熔, 黄元仿, 李保国, 等. 黄淮海冲积平原区土壤速效磷、钾的时空变异特征 [J]. 植物营养与肥料学报, 2003, 9 (1): 3-8.
- [20] 杨治元. 葡萄营养与科学施肥 [D]. 北京: 中国农业出版社, 2009. 34-44.
- [21] 张志华. 含腐殖酸肥料配合秸秆施用对葡萄生长发育及土壤肥力的影响 [D]. 武汉: 华中农业大学, 2017.
- [22] 郭鑫年, 周涛, 纪立东, 等. 宁夏中部干旱带土壤肥力综合评价 [J]. 中国农学通报, 2019, 35 (15): 66-73.
- [23] 张志委, 胡艳宇, 魏海伟, 等. 氮磷输入对过度放牧退化草原土壤线虫群落的影响 [J]. 应用生态学报, 2019, 30 (11): 3903-3910.
- [24] Bongiorno G, Bodenhausen N B, Nemann E K, et al. Reduced tillage, but not organic matter input, increased nematode diversity and food web stability in European long-term field experiments [J]. Molecular Ecology, 2019, 28 (22): 4987-5005.
- [25] 范琳娟, 刘子荣, 徐雪亮, 等. 山药不同种植模式对土壤线虫群落结构和土壤理化性质的影响 [J]. 浙江农业学报, 2022, 33 (2): 316-325.

Analysis of soil nutrients and nematode community in vineyards in Huai'an area

MAO Jia^{1, 2}, ZHOU Chang-yong¹, ZHU Chun-mei³, WANG Xiao-fei¹, LI Mei-xia¹, WANG Hong-bao^{1*} (1. Huaiyin Agricultural Science Research Institute, Xuhuai District, Huai'an Jiangsu 223001; 2. Huai'an Agricultural Science and Technology Industry Corporation, Huai'an Jiangsu 223001; 3. Huaiyin District Plant Protection and Inspection Station, Huai'an Jiangsu 223001)

Abstract: Taking the soil samples from 12 main planting areas of Huai'an vineyard as the research object, the characteristics of soil nutrients and nematode community in Huai'an vineyard were studied by measuring soil pH, organic matter, water-soluble total salt, available potassium, available phosphorus and soil nematode community. The results showed that the average value of pH was 6.35, and the pH of 58.33% soil samples was less than 7. The average soil available phosphorus was 220.97 mg · kg⁻¹, and 100% of the samples had available phosphorus higher than 40 mg · kg⁻¹. The average value of available potassium was 460.13 mg · kg⁻¹, and the samples with available potassium higher than 200 mg · kg⁻¹ accounted for 83.33%. The average value of water-soluble total salt was 4.35 g · kg⁻¹, and the samples with total salt content higher than 0.5 g · kg⁻¹ accounted for 100%. The average content of organic matter was 34.02 g · kg⁻¹, and the samples with organic matter content above medium accounted for 91.67%. Through the analysis of soil nutrient differences in different vineyards, it was found that the average value of organic matter was the highest in Lianghe soil, which was up to 47.84 g · kg⁻¹, and it was significantly higher than that of sand and clay at $P_{0.05}$ level. The total water-soluble salt in the garden with compound fertilizer was 67.53% higher than that with organic fertilizer, and there was significant difference at the $P_{0.05}$ level. The nematode community in 12 vineyards was mainly composed of three groups, of which free-living nematodes detection rate for 100%, parasitic nematodes and predators detection rate for 58.33%. Spiral nematodes among parasitic nematodes were the dominant groups in this survey, and the detection rate in 12 vineyards was 41.67%. The correlation coefficients of available potassium were 0.668 and 0.706, respectively, while the correlation coefficient with parasitic nematodes was only 0.319.

Key words: vineyard; soil quality; soil nutrient