

樊连梅,房经贵,原永兵,等. 黄河三角洲不同果园土壤理化状况及其对葡萄生长发育的影响[J]. 江苏农业科学,2015,43(2):142-147.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.02.045

# 黄河三角洲不同果园土壤理化状况 及其对葡萄生长发育的影响

樊连梅<sup>1</sup>, 房经贵<sup>2</sup>, 原永兵<sup>3</sup>, 刘更森<sup>3</sup>

(1. 青岛农业大学生命科学学院/山东省高校植物生物技术重点实验室, 山东青岛, 266109; 2. 南京农业大学园艺学院, 江苏南京 210095;  
3. 青岛农业大学园艺学院/青岛市现代农业质量与安全工程重点实验室, 山东青岛 266109)

**摘要:**以葡萄品种“巨峰”为试材,研究黄河三角洲不同果园土壤盐分、pH值和养分等状况及其对葡萄生长发育的影响。结果表明,该地土壤含盐量与电导率有显著相关性。平地 and 台田果园不同深度土层的土壤含盐量和养分存在差异,表层土壤(0~20 cm)对盐分具有积聚作用,并呈现季节性变化。与平地果园相比,台田果园各层土壤容重相对较低,脱水后其最大值出现时间较迟,且增加幅度不同;土壤紧实度显著低于平地果园,但在水平方向连续性不强;pH值和氮磷钾等养分状况优于平地果园。在对葡萄树体生长发育和果实品质的影响方面,平地果园葡萄明显表现生长势偏弱,果实发育不良。

**关键词:**黄河三角洲;果园;土壤;葡萄;生长发育

**中图分类号:** S663.104 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2015)02-0142-05

黄河三角洲冲积平原地处渤海湾畔,是中国最年轻的大陆淤积地,地理坐标为118°07'~119°10'E、37°20'~38°12'N。该区气候属温带半湿润季风气候,四季分明,光照充足,雨热同季,风能资源丰富,但年降水分配不均,且蒸发量大。又因成陆时间短,地下潜水位高,矿化度大,蒸发强烈,土壤盐分含量较高,黄河三角洲不仅原生盐碱,而且也易次生盐渍化<sup>[1]</sup>。全区除有23万hm<sup>2</sup>的重盐碱地外,每年还有20~23km<sup>2</sup>的新淤地形成。新淤地土壤含盐量较轻,适合农业利用,但土地非常脆弱,通常用于粮食生产15年后因土壤返盐而撂荒<sup>[2]</sup>。因此,在该区开展果树生产试验性研究对于改善盐碱地种植结构和土地充分利用具有特殊意义。近年,在当地政府“上农下渔”政策的引导下,部分农户自发成立了葡萄专业合作社,葡萄生产发展呈现良好势头。与棉花生产相比,葡萄栽培经济效益优势明显,但盐碱地葡萄优质栽培仍然面临许多亟待解决的问题。本研究对黄河三角洲盐碱地台田与平地2种果园土壤盐分、养分状况进行分析,以期发现该立地条件下葡萄生长发育状况的差异及其原因,为今后盐碱地果园土壤改良及葡萄优质栽培技术集成提供理论和技术支持。

## 1 材料与与方法

收稿日期:2014-11-11

基金项目:山东省现代农业产业体系水果创新团队建设基金(编号:SDAIT-03-022-10);青岛农业大学校级课题(编号:6610806);青岛农业大学新上专业建设项目(编号:7131012);青岛农业大学高层次人才科研基金(编号:630929)。

作者简介:樊连梅(1971—),女,黑龙江齐齐哈尔人,博士,副教授,主要从事土壤修复和果树分子生物学研究。Tel:(0532)88030513; E-mail:lianmeifan@163.com。

通信作者:刘更森,博士,副教授,主要从事果树栽培生理研究。Tel:(0532)88030912; E-mail:gslu@qau.edu.cn。

### 1.1 材料与试验设计

2011年3月选定山东省东营市东利津县汀罗镇毛坨村为试验点,分别以台田和平地果园种植的3年生“巨峰”葡萄为材料,单臂篱架种植,株行距0.8m×1.7m,以单株为小区,3次重复;台田和平地果园日常土肥水等管理措施相同。以平地果园为基点,随机选取3个采样位点,建立60cm深的土壤剖面;在每个剖面垂直随机选取10个样本点采样,分别测定其含盐量和电导率,建立含盐量与电导率相关方程。从3月至10月,每月10日在距离葡萄主干30cm处采集0~20、20~40、40~60cm土样,用于土壤含盐量和理化性状研究。不同园地土壤于萌芽前(3月20日)测定土壤容重,随即灌1次透水,48h后待重力水排干再测1次土壤容重;灌水后第5天至第15天每隔24h测定1次,监测土壤容重极大值出现的时间;待土壤反复吸湿脱湿后(7月15日)测定最后1次。将测定结果与萌芽前进行比较,从而明确土壤容重的变化情况。萌芽前在平地 and 台田果园各选取50m×50m的试验区,按方格法布点,每隔10m建立剖面,测定各点0~20、20~40、40~60cm土壤紧实度,3次重复,测得数据用Surfer 10.0软件处理。葡萄枝叶性状指标和光合参数于生长期(6月25日)测定;果实生理指标于成熟期(8月30日)测定。

### 1.2 研究方法

1.2.1 主要仪器设备 摇床、DDS-11A型电导率仪、PHs-10A型数显酸度离子计、火焰分光光度计、LI-6400光合仪、SPAD502型叶绿素仪、阿贝折射仪、游标卡尺、GY-4型果实硬度计、岛津分光光度计和电子天平等。

1.2.2 土样处理及理化性状指标测定 土样经晾干、磨碎,过100目筛,分别将各层土样等量混匀。准确称取10g的土壤于离心管中,加入50mL无CO<sub>2</sub>的去离子水(1:5土水比),振荡3min,然后4500~5000r/min离心10min,将上清液倒入烧杯中,立即测量其电导率、pH值和可溶性盐含量等。

电导率用 DDS-11A 型电导率仪测定<sup>[3]</sup>; pH 值用 PHs-10A 型数显酸度离子计测定; 土壤总可溶性盐含量用残渣烘干法和电导率法测定; 有机质用  $K_2Cr_2O_7 - H_2SO_4$  消煮、 $FeSO_4$  容量法测定; 全氮用凯氏蒸馏法测定; 全磷用  $H_2SO_4 - HClO_4$  消煮、钼蓝比色法测定; 有效氮用碱解扩散法测定; 有效磷用 Olsen 法测定(恒温水浴振荡浸提); 有效钾用中性  $NH_4AC$  浸提、火焰光度法测定<sup>[4]</sup>; 土壤容重于萌芽前(3月20日)灌水后 48 h 和 7 月 15 日用环刀法测定; 土壤紧实度采用 6100 型指针式土壤紧实度仪, 在试验区内直接测定读数并记录<sup>[5]</sup>。

1.2.3 葡萄生理指标的测定 葡萄果实可溶性总糖和可滴定酸含量测定参照《植物生理实验技术》的方法<sup>[6]</sup>; 可溶性固形物含量采用阿贝折光仪测定; 果实硬度用硬度计测定; 果皮花青苷含量采用马志本等的方法<sup>[7]</sup>; 果实的维生素 C 含量采用钼蓝比色法测定<sup>[8]</sup>; 叶面积的测定参照李建华等的方法<sup>[9]</sup>; 叶绿素、净光合产率、蒸腾速率、气孔导度和胞间  $CO_2$  浓度参照管雪强等的方法<sup>[10-12]</sup>; 结果枝基部粗度用游标卡尺测量, 发育枝生长量用钢卷尺测量。

### 1.3 数据分析

测得的数据用 Microsoft Excel 2013 进行处理, 用 SPSS 13.0 进行显著性和相关性分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 土壤含盐量与电导率

测定土壤溶液电导率可以反映在一定水分条件下土壤盐分的实际状况, 具有简便、快捷、可比性强等特点<sup>[13-14]</sup>。本研究以平地果园为基点, 在 3 个采样位点建立土壤剖面, 然后按照垂直方向随机选取 10 个样本点进行采样, 分别测定其电导率和含盐量(表 1)。在 60 cm 土层范围内, 土壤含盐量在 1.32~3.67 g/kg 之间, 电导率范围在 0.34~1.05 mS/cm 之间变动。

表 1 葡萄园不同土层土壤含盐量与电导率

采样位点	含盐量(g/kg)			电导率(mS/cm)		
	0~20	20~40	40~60	0~20	20~40	40~60
	cm	cm	cm	cm	cm	cm
1	3.67	3.56	3.49	1.05	0.96	0.96
2	2.87	3.39	3.38	0.78	0.95	0.94
3	2.76	3.18	3.21	0.75	0.87	0.88
4	1.89	2.91	3.09	0.52	0.8	0.82
5	1.73	2.71	2.49	0.44	0.73	0.68
6	1.61	2.31	2.26	0.42	0.61	0.61
7	1.57	1.65	2.16	0.41	0.43	0.56
8	1.5	1.52	1.85	0.4	0.4	0.49
9	1.44	1.49	1.58	0.38	0.39	0.42
10	1.32	1.42	1.37	0.34	0.37	0.36

为进一步研究土壤含盐量与电导率的关系, 并建立测定果园土壤含盐量的数学模型, 采用残渣烘干法测定土壤可溶性盐含量与浸提液电导率进行回归分析, 确定两者的直线回归关系。以果园土壤溶液电导率( $x$ )为自变量, 土壤含盐量( $y$ )为因变量, 建立直线相关方程:  $y = 3.4708x + 0.1467$  ( $n = 30, r = 0.998$ )。结果表明, 土壤含盐量与土壤溶液电导率呈极显著相关( $P < 0.01$ )。因此, 试验区果园土壤含盐量可用电导率法, 根据上述相关方程测得(图 1)。

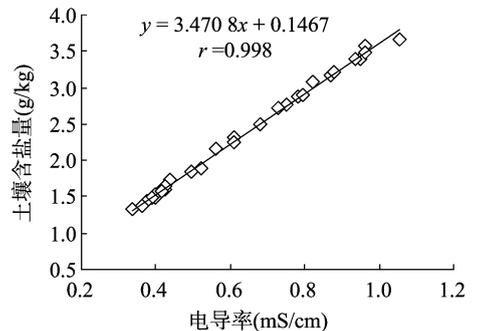


图 1 土壤含盐量和电导率的回归关系

### 2.2 不同果园表层土壤含盐量的变化

表层土壤含盐量的季节性变化反映土壤盐分的运动规律。试验测定结果表明, 不同果园表层土壤盐分呈现有规律的季节性波动(图 2)。春季葡萄萌芽前进行灌溉活动, 由于淡水洗盐效应, 平地与台田 2 种果园表层土壤盐分含量呈下降趋势。之后由于降雨与土壤蒸发的综合作用, 表层土壤盐分含量表现为先缓慢上升, 而后下降, 再上升的趋势。有所不同的是, 生长季节平地果园表层土壤含盐量在测定时间点均高于台田。4—6 月份由于降雨较少, 土壤蒸发作用较强, 盐分沿土壤毛管系统随水分向上运动, 并重新积聚在土壤表层。6 月 10 日和 7 月 10 日, 这 2 种果园表层土壤盐分达到最高值, 说明台田有减缓盐分上升的效应。此后随着雨季到来, 表层土壤盐分随重力水逐渐下渗, 秋季又随着干旱季节的到来不断上移。这一现象表明, 果园土壤盐分的运动与土壤水分运动关系密切, 也从另一侧面说明采用必要的农业技术措施, 如滴灌、土壤覆盖以及起垄栽培等技术可抑制或延缓土壤盐分的上升, 从而为葡萄根系生长发育创造低盐环境。

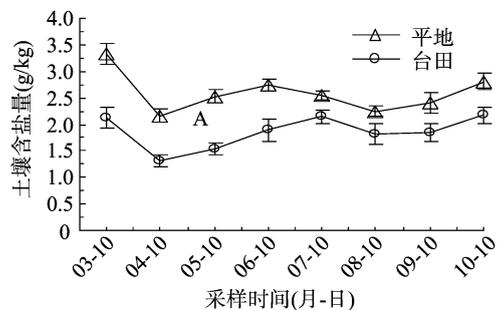


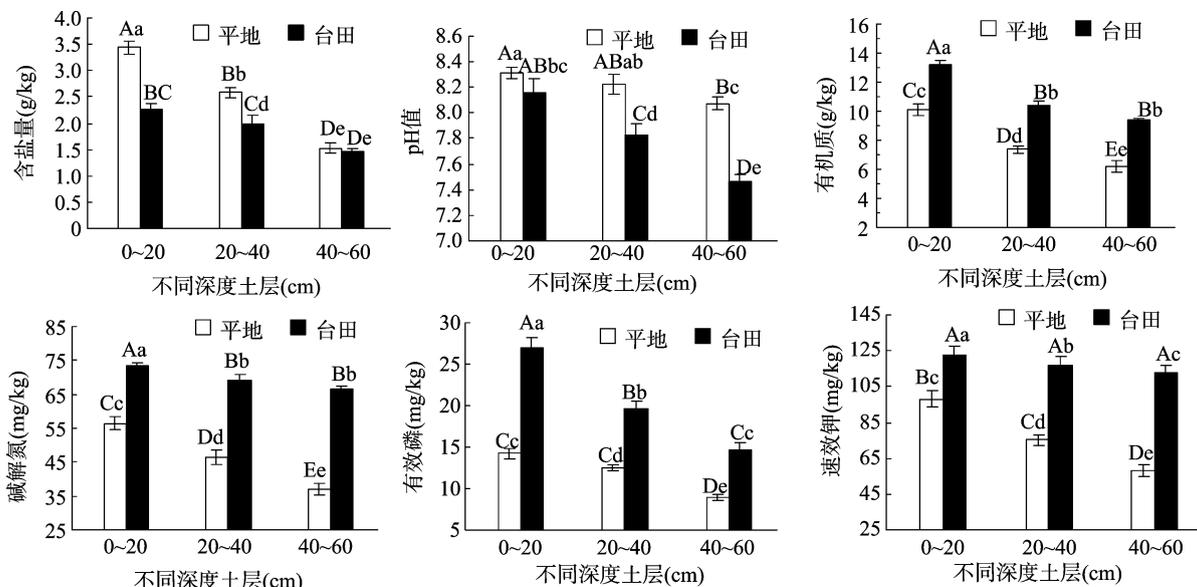
图 2 不同果园表层土壤含盐量的变化

### 2.3 不同果园土壤盐分、pH 值与养分状况

对平地和台田果园不同深度土层的土壤盐分、pH 值、有机质和氮、磷、钾进行测定分析, 结果表明, 平地和台田果园的土壤之间, 以及同一果园不同深度的土层之间, 上述指标具有一定差异, 并在垂直方向呈明显的变化(图 3)。由于平地果园土壤基本保持未扰动土壤切面结构, 在 0~20、20~40、40~60 cm 土层中含盐量分别是 3.32、2.46、1.63 g/kg, 呈现递减趋势, 说明表层土壤对盐分的积聚作用较强。pH 值、有机质、碱解氮和速效钾在不同土层间也有相似分布规律。如平地果园 0~20 cm 土壤 pH 值高达 8.32, 其下 2 层土壤 pH 值分别为 8.22 和 8.07, 说明葡萄根系主要分布层均处于 pH 值 8.0 以上的碱性环境。进一步相关分析表明, 无论平地或是台田果园, 土壤含盐量与 pH 值具有显著相关性( $r =$

0.739,  $P < 0.05$ )。数据显示,平地果园土壤有机质含量也极度匮乏,含量最多的上层土壤只有 9.26 g/kg,不到 1%;钾的含量明显高出碱解氮和有效磷,但土壤肥力的整体水平普遍偏低。台田果园由上至下各层土壤含盐量分别是 2.26、1.99、1.46 g/kg,虽然含盐量也呈梯度下降,由于经过多年淡

水处理,差别不大;在根系分布范围内,土壤有机质、碱解氮、有效磷和速效钾平均值明显高于平地果园,各指标的平均含量分别比平地高 4.53 g/kg 和 22.93、8.49、40.31 mg/kg,增加幅度分别为 57.25%、49.19%、71.43%、52.31%。可见,台田果园土壤的盐分与养分状况明显好于平地。



不同字母表示处理间差异显著(大写字母表示  $P < 0.01$ , 小写字母表示  $P < 0.05$ ), 下同

图3 不同果园土壤盐分、pH 值与养分状况

#### 2.4 不同果园土壤容重变化

土壤容重是土壤紧实度的敏感性指标,也是表征土壤质量的重要参数<sup>[15-16]</sup>。土壤容重不同,其有效水分、导热率和气体比例等物理性状也不一样,因此对葡萄生长发育将产生不同的影响。测定结果表明,平地与台田土壤容重的共同特征是深层土壤容重比上层高,但在灌水 48 h 后和反复脱湿后(7月15日)的增加值,以及灌水后土壤容重极大值及其出现的时间有所不同(表2)。2种类型果园土壤在葡萄萌芽前,容重处于较低水平,灌水后 48 h 土壤容重明显增加,平地与

台田不同土层土壤容重增加量的平均值分别为 0.10、0.13、0.14 g/cm<sup>3</sup> 和 0.08、0.11、0.15 g/cm<sup>3</sup>。灌水停止后,随着表层土壤开始脱水,土壤容重逐渐增至某一极大值,平地果园各层土壤极大值出现在灌水后的 7 d,台田则在 10~11 d 出现,说明台田能较长时间维持粒间孔隙,保持土壤气体通畅。继续脱水使得土壤容重由极大值缓慢减小,最后土壤容重处于某个相对稳定值。土壤容重不仅与成土母质有关,而且受有机质含量的影响。台田果园土壤容重普遍低于平地,这可能与有机质含量较高有一定关系。

表2 不同果园土壤脱水过程中容重的变化

处理	土层 (cm)	土壤容重(g/cm <sup>3</sup> )									
		萌芽前			灌水后 48 h		极大值			7月15日	
		实测值	实测值	增加值	时间	实测值	增加值	实测值	增加值		
平地	0~20	1.13 ± 0.09 Aab	1.23 ± 0.13 Aab	0.10	7 d	1.36 ± 0.12 Bab	0.23	1.24 ± 0.14 ABbc	0.11		
	20~40	1.22 ± 0.11 Aab	1.35 ± 0.13 Aab	0.13	7 d	1.51 ± 0.16 Bab	0.29	1.35 ± 0.09 ABab	0.13		
	40~60	1.32 ± 0.15 Aa	1.46 ± 0.16 Aa	0.14	7 d	1.68 ± 0.09 Aa	0.36	1.49 ± 0.21 Aa	0.17		
台田	0~20	1.05 ± 0.06 Ab	1.13 ± 0.08 Ab	0.08	10 d	1.24 ± 0.13 Bb	0.19	1.12 ± 0.05 ABb	0.07		
	20~40	1.18 ± 0.12 Aab	1.29 ± 0.15 Aab	0.11	10 d	1.35 ± 0.14 Bab	0.17	1.26 ± 0.18 Bbc	0.08		
	40~60	1.24 ± 0.16 Aab	1.39 ± 0.10 Aab	0.15	11 d	1.46 ± 0.11 Aab	0.22	1.36 ± 0.13 ABab	0.12		

#### 2.5 不同果园土壤紧实度状况及其空间分布特征

紧实度是重要的土壤物理状态指标,影响根系穿透阻力的大小,是土壤水分和养分高效利用的重要限制因子<sup>[17]</sup>。土壤紧实度大小除受本身属性制约之外,还受土壤耕作、肥水管理以及环境因素共同作用的影响。黄河三角洲 2 种类型果园的土壤都有板结现象发生,但是 2 种土壤紧实度明显不同。如表 3 所示,平地与台田果园各层土壤紧实度平均值分别为 246.99、764.88、1199.81 kPa 和 201.39、646.17、

1034.60 kPa,随着土层的加深,两者都呈显著性递增( $P < 0.05$ );结果表明,台田果园各层土壤紧实度均小于平地,但 0~20 cm 土层土壤紧实度差异不显著。上述情况说明,2 种类型果园土壤在颗粒组成、孔隙度和建园质量等方面存在着本质的区别。

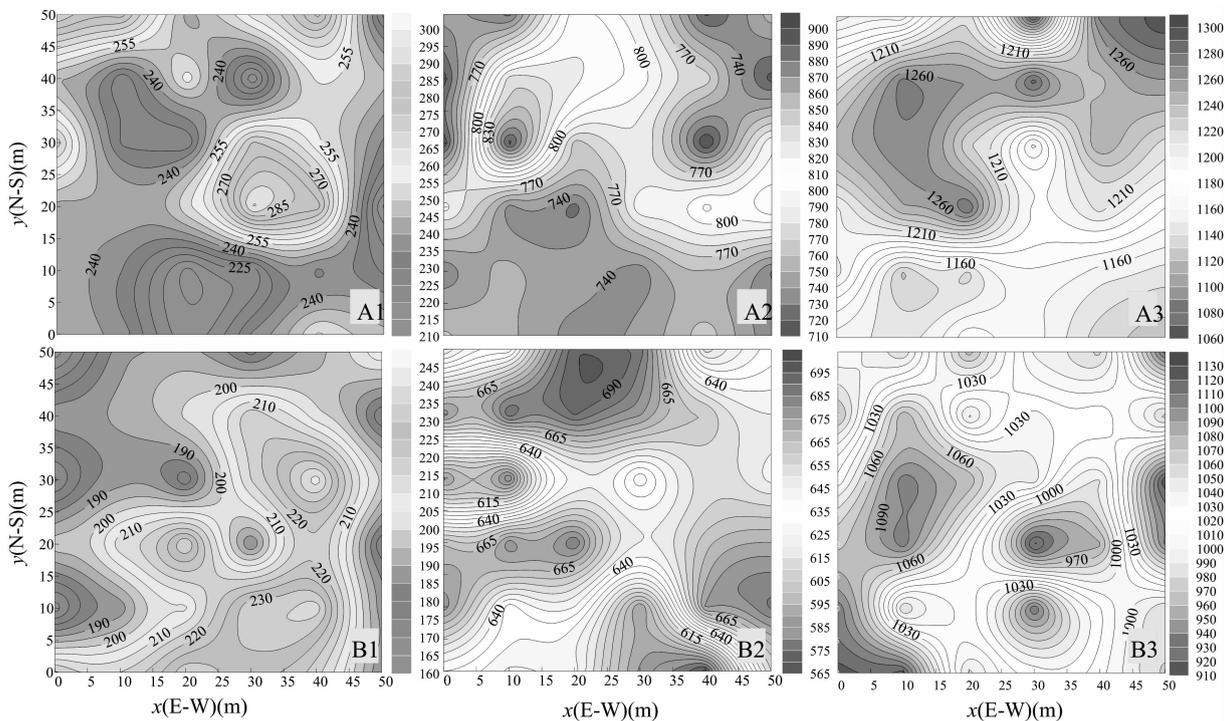
本试验在平地 and 台田葡萄园各 36 个样点测得不同深度土壤紧实度数据,利用 Surfer 10.0 软件分别绘制出 2 种类型果园土壤紧实度分布等值线图(图 4)。结果发现,不同类型

表3 不同果园土壤紧实度状况

处理	土层 (cm)	取样数	紧实度 (kPa)				平均值标准误	变异系数
			最小值	最大值	中间值	均值		
平地	0~20	36	213.09	296.72	244.66	246.99 ± 22.78Ee	3.79	0.092
	20~40	36	708.36	895.65	755.32	764.88 ± 42.28Cc	7.04	0.055
	40~60	36	1 065.17	1 299.66	1 201.45	1 199.81 ± 56.79Aa	9.46	0.047
台田	0~20	36	162.35	243.47	199.00	201.39 ± 22.02Ef	3.67	0.109
	20~40	36	568.42	694.60	645.21	646.17 ± 34.52Dd	5.75	0.053
	40~60	36	916.96	1 128.36	1 023.83	1 034.60 ± 57.63Bb	9.60	0.055

果园土壤紧实度在相同深度,即水平方向上呈不均匀分布,表明明显的空间变异特征,而且都有一定的点发性。但总体而言,台田土壤紧实度低于平地,相邻地块之间连续性不强,反映出台田果园人为活动频繁,扰动程度不同。上述情况对葡

萄栽培具有积极意义,但在土壤管理上仍然需全园深翻,加强有机肥的利用。因为,土壤耕作方式和水平,以及施肥是否均匀都会给土壤紧实度带来较大的影响。



A1、A2、A3代表平地果园 0~20、20~40、40~60 cm 土层; B1、B2、B3代表台田果园 0~20、20~40、40~60 cm 土层; N-S: 北至南; E-W: 东至西

图4 不同果园土壤紧实度空间分布特征

## 2.6 不同果园土壤对葡萄枝叶生长及光合参数的影响

葡萄枝叶生长发育及其光合参数的数据表明,平地种植的葡萄结果枝粗度小于台田结果枝,发育枝生长量则长于台田葡萄,叶面积、叶绿素和净光合速率等光合参数不同程度低于台田(表4)。平地果园葡萄除发育枝外,其他指标如叶面积和叶绿素等数据相对较小。此种差异可能由于平地果园土壤立地条件差、通气不良以及盐碱胁迫等逆境因素综合作用的结果。本研究所在地的土壤是典型的潮质壤土,土壤颗粒细小、质密、孔隙度小。另外,平地果园土壤有机质含量较少,土壤团粒结构形成不好,通透性差。上述情况不仅影响土壤微生物的种类、分布和活动,也影响根系呼吸生理与发育进程,这是葡萄地上部枝叶生长不良的主要原因之一。净光合速率与环境温度、光照强度、光饱和点和  $\text{CO}_2$  补偿点有关,对于同一试验点相同的葡萄品种而言,平地与台田果园葡萄的

净光合速率差异主要来自枝叶生长状况的不同。平地果园葡萄叶片叶绿素含量、蒸腾速率、气孔导度和胞间  $\text{CO}_2$  浓度都低于台田正说明了这一点。从栽培学角度来看,这些差异显然与2种类型果园土壤质地、含盐量、pH值和有机质等营养状况相联系,即由根系土壤环境不同所致。前人研究发现植物耐盐性的强弱与植物根区水分和养分的供应、离子的平衡以及叶绿体功能的发挥关系密切<sup>[18]</sup>。可见,盐碱地葡萄栽培采取培肥地力和科学灌水,对改善葡萄根系养分与水分状况,缓解盐分胁迫具有重要意义。

## 2.7 不同果园土壤对葡萄果实性状的影响

由表5可知,在果实成熟期,平地与台田果园的葡萄单果粒质量分别是 8.36、9.14 g,两者存在极显著差异;台田果实品质性状,如可溶性固形物、总糖、可滴定酸、维生素C和果皮花青苷含量优于平地。整体而言,平地果园的葡萄果实主

表4 不同果园土壤对葡萄枝叶发育及光合参数的影响

处理	结果枝粗度 (cm)	发育枝生长量 (cm)	单叶面积 (cm <sup>2</sup> )	叶绿素含量 (mg/g)	净光合产率 [ $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ]	蒸腾速率 [ $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ]	气孔导度 [ $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ]	胞间 CO <sub>2</sub> 浓度 ( $\mu\text{L}/\text{L}$ )
平地	0.81Aa	96.22Aa	104.32Aa	1.38Aa	8.25Bb	5.21Ab	29.11Bb	308.91Aa
台田	0.96Aa	82.13Ab	118.25Aa	1.45Aa	9.88Aa	6.36Aa	37.05Aa	312.70Aa

要表现果粒小、偏酸、着色较差,果实发育状况不良,风味和外观受到极大影响。除受土壤因素影响外,另一重要原因可能与当地葡萄种植密度过高,盲目追求产量和果园管理粗放有关。

表5 不同果园土壤对葡萄果实性状的影响

处理	单果质量(g)	可溶性固形物含量(%)	总糖含量(%)	可滴定酸含量(%)	维生素C含量(mg/kg)	果皮花青苷含量(nmol/g)
平地	8.36Bb	14.25Ab	12.33Bb	0.53Aa	16.5Bb	97.87Bb
台田	9.14Aa	15.63Aa	13.62Aa	0.46Aa	19.4Aa	129.76Aa

### 3 讨论

黄河三角洲处于河流、海洋、陆地等多种动力系统共同的作用带上,是多种物质和能量体系交汇的界面,其生态系统具有易变性、不稳定性和脆弱性<sup>[19]</sup>。土壤盐分与养分等生态因素复杂多变,极易发生次生盐渍化。不但如此,不同类型果园土壤理化状况也呈现一定的差异,并对葡萄生长发育产生较大的影响。

研究发现,黄河三角洲平地和台田果园土壤含盐量与电导率具有显著的相关性;表层土壤的含盐量明显高于底层,并呈现季节性的波动;盐分随土壤水分蒸发向地表运动,又随着淡水灌溉和降雨而消长。可见,如有效地控制土壤水分向地表蒸发,即可减轻葡萄根系的盐离子胁迫。有机质含量的匮乏和盐分的积聚会导致土壤电导率下降<sup>[20-21]</sup>,土壤盐分和土壤胶体之间相互作用致使土壤结构发生变化,造成雨季排水不畅,严重影响葡萄根系呼吸生理,甚至使其窒息死亡。此外,土壤含盐量较高可能直接影响脲酶的活性。脲酶能催化尿素水解成氨,其活性可表征土壤中有有机态氮的转化状况<sup>[22]</sup>。由此可见,盐碱地葡萄的生长发育受土壤通气、地下水位和可给态养分状况的影响。

黄河三角洲土壤含盐量与pH值具有显著相关性,与前人的研究结果<sup>[23]</sup>较为一致,平地和台田果园土壤含盐量均与pH值高低存在耦合现象。虽然葡萄耐盐碱能力较强,但长期处在较高pH值和高盐的土壤环境中常表现生长发育不良。因为高pH值条件下,土壤许多矿质营养如锰、锌和铁等元素易被固定或淋溶,土壤养分有效性降低,交换性阳离子的吸收和利用受到影响;土壤盐分过高容易引发生理干旱,导致葡萄根系生长发育不良,木栓化程度加快,从而使根系对养分和水分的吸收和运输能力下降,甚至地上部出现明显的缺素症、浆果大小粒和叶片早衰等现象。另外,平地与台田果园的不同土层除氮、磷、钾含量不同外,土壤容重和紧实度状况也有差异。土壤紧实度越高,容重就越大,通气状况不良,也会使葡萄根系延伸生长阻力加大;由于土壤紧实度高,大孔隙减少,水分渗透率明显下降,从而降低了盐碱地果园土壤盐分的淋溶效果,随着土壤蒸发作用,土壤盐分沿毛管系统不断上升。

因此,葡萄根系生长发育除受物理阻力和生理干旱的影响外,还面临严重的盐分胁迫。平地果园葡萄生长发育状况,如发育枝生长细弱、叶片偏小、净光合产率和光合参数低、单果粒小、可溶性固形物含量低和着色不良等现象充分证实了这一点。

综上所述,黄河三角洲平地和台田果园土壤理化特性及其养分状况的不同是当地葡萄生长发育状况呈现差异的主要原因。那么,采用相应的农业技术措施,如台田种植、淡水洗盐、土壤深翻和果园覆盖等进行果园土壤改良,不仅能减轻葡萄根系的盐分胁迫,而且还能改善根域土壤的理化状况,进而促进盐碱地葡萄产量和品质的提高。

### 参考文献:

- [1]刘高焕,汉斯·德罗斯特. 黄河三角洲可持续发展图集[M]. 北京:测绘出版社,1997:26-29.
- [2]郝金标,邢尚军,宋玉民,等. 黄河三角洲不同造林模式下土壤盐分和养分的变化特征[J]. 林业科学,2007,43(增刊1):33-38.
- [3]董新光,邓铭江,周金龙,等. 论新疆平原灌区土壤盐碱化与水资源开发[J]. 灌溉排水学报,2005,24(5):14-17.
- [4]董合忠,辛承松,李维江,等. 山东滨海盐渍棉田盐分和养分特征及对棉花出苗的影响[J]. 棉花学报,2009,21(4):290-295.
- [5]孙建,刘苗,李立军,等. 不同施肥处理对土壤理化性质的影响[J]. 华北农学报,2010,25(4):221-225.
- [6]郝彬彬,苍晶,徐仲. 植物生理实验技术[M]. 哈尔滨:哈尔滨出版社,2002:107-111.
- [7]马志本,程玉娥. 关于苹果果实表面花青素含量的化学测定方法[J]. 中国果树,1984(4):49-51.
- [8]高俊凤. 植物生理学实验指导[M]. 北京:高等教育出版社,2006:200-201.
- [9]李建华,罗国光. 巨峰葡萄叶片生长动态与光合特性的研究[J]. 园艺学报,1996,23(3):213-217.
- [10]管雪强,赵世杰,李德全,等. 干旱胁迫下抑制光呼吸对‘赤霞珠’葡萄光抑制的影响[J]. 园艺学报,2004,31(4):433-436.
- [11]周燕萍,单广福. 水分胁迫下苹果光合作用的气孔与非气孔限制[J]. 苏州丝绸工学院学报,1998,18(5):65-67.
- [12]曹慧,兰彦平,高峰,等. 土壤水分胁迫对短枝型苹果树光合速率的影响[J]. 山西农业大学学报,2000(4):356-359.
- [13]Rhoades J D, Shouse P J, Alves N A, et al. Determining soil salinity from soil electrical conductivity using different models and estimates[J]. Soil Sci Soc Am J, 1990, 54:46-54.
- [14]孙宇瑞. 土壤含水率和盐分对土壤电导率的影响[J]. 中国农业大学学报,2000,5(4):39-41.
- [15]王莉,张强,牛西午,等. 黄土高原丘陵区不同土地利用方式对土壤理化性质的影响[J]. 中国生态农业学报,2007,15(4):53-56.
- [16]李潮海,周顺利. 土壤容重对玉米苗期生长的影响[J]. 华北农学报,1994,9(2):49-54.

吴俊侠,董元华,李建刚,等. 施肥模式对设施生菜产量、硝酸盐含量及土壤酶活性的影响[J]. 江苏农业科学,2015,43(2):147-149.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.02.046

# 施肥模式对设施生菜产量、硝酸盐含量 及土壤酶活性的影响

吴俊侠<sup>1,2</sup>, 董元华<sup>1</sup>, 李建刚<sup>1</sup>, 蒋佳峰<sup>1,2</sup>

(1. 中国科学院土壤环境与污染修复重点实验室/南京土壤研究所, 江苏南京 210008; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100049)

**摘要:**通过对设施栽培条件下的生菜及其土壤的研究,探讨了不同施肥模式(即不施肥、当地施肥、当地施肥减量20%、当地施肥减量50%、当地有机施肥)对生菜产量、硝酸盐含量及土壤酶活性的影响。结果表明,各个施肥处理之间生菜硝酸盐的累积效果存在显著差异,生菜的硝酸盐含量以当地施肥量处理最高,比对照增加了210.2%,且施化肥处理显著高于有机施肥和不施肥处理( $P < 0.05$ );有机施肥处理和化肥处理的3种土壤酶活性差异显著( $P < 0.05$ ),有机施肥处理土壤酸性磷酸酶、脲酶、蔗糖酶活性分别比不施肥处理的提高了39.3%、48.6%、47.6%。因此可见,施用有机肥不仅能使生菜有较高的产量和较低的硝酸盐含量,而且还能促进土壤酶活性的提高;生菜产量并没有随着化肥施用量的减少而下降,但硝酸盐含量随化肥施用量的减少而降低。

**关键词:**施肥模式;生菜产量;硝酸盐含量;硝态氮;过量吸收;土壤酶活性

**中图分类号:** S636.206 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2015)02-0147-03

蔬菜是一种易于富集硝酸盐的作物,人体摄入的硝酸盐80%以上来源于蔬菜<sup>[1-3]</sup>。叶菜类蔬菜如生菜是我国人民喜食的重要蔬菜之一,富含膳食纤维和维生素C,但由于其具有生长期短、复种茬口多、需肥量高等不足,同时富含硝酸盐而对人体构成潜在威胁<sup>[4-5]</sup>。造成硝酸盐含量积累的原因很多,施肥是其最重要的影响因素之一,主要表现为化学氮肥偏施、滥施、重施<sup>[6]</sup>。为了控制蔬菜对硝态氮的过量吸收,国内外学者从合理施肥、平衡配方施肥及有机肥料措施等方面进行了大量的研究,已经取得一定的效果<sup>[7-10]</sup>,但是关于不同施肥模式对生菜产量、品质及其土壤酶活性的定量研究报道不多<sup>[11]</sup>。土壤酶是衡量土壤生物活性的一个重要指标,主要来源于土壤微生物和植物根系分泌物及动植物残体分解释放的酶,在识别不同的管理措施时较为敏感,可以作为土壤肥

力、土壤质量及土壤健康的重要生物学指标,已被广泛应用于土壤营养物质循环转化以及各种农业施肥措施和肥料施用效果的评估上<sup>[12-16]</sup>。因此,本试验以生菜及其土壤为研究对象,通过使用不同施肥模式,探讨不同施肥措施与生菜产量、硝酸盐含量的关系,旨在不影响生产效益的前提下减少生菜对硝态氮的过量吸收,为降低其硝酸盐含量提供科学依据。

## 1 材料与与方法

### 1.1 材料与试验设计

供试生菜品种为京优一号,试验于苏州市望亭镇新埂村虞河蔬菜示范园的试验大棚内进行,共设5个处理,分别为:(1)无肥对照(CK);(2)当地施肥(T);(3)当地施肥量减20%(T<sub>1</sub>);(4)当地施肥量减50%(T<sub>2</sub>);(5)有机施肥(M)。当地施肥配方为N 185kg/hm<sup>2</sup>、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 185kg/hm<sup>2</sup>、K<sub>2</sub>O 185kg/hm<sup>2</sup>。供试化肥为复合肥,N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O为15%:15%:15%。采取随机区组设计,4次重复,每个小区面积为1.8m×2.4m。有机肥用量为16666kg/hm<sup>2</sup>,有机质含量30.6g/kg,N含量7.20g/kg,P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>含量6.46g/kg,K<sub>2</sub>O含量6.23g/kg。生菜移栽前,肥料一次性施入,每个小区的生菜种植数一致,生长期间不追肥。

### 1.2 测定项目与方法

生菜收获后,按蛇行法确定5个采样点,采集0~20cm

收稿日期:2014-03-19

基金项目:国家自然科学基金(编号:41201241);中国科学院知识创新工程重要方向项目(编号:KSCX2-EW-B-6);中国博士后科学基金(编号:2013M531412)。

作者简介:吴俊侠(1983—),女,安徽涡阳人,博士研究生,主要从事农业生态学研究。E-mail:wjx520273@163.com。

通信作者:董元华,男,博士,研究员,主要从事土壤生态和污染生态研究。E-mail:yhdong@issas.ac.cn。

[17]姜秋香,付强,王子龙. 空间变异理论在土壤特性分析中的应用研究进展[J]. 水土保持研究,2008,15(1):250-253.

[18]Parida A K, Das A B. Salt tolerance and salinity effects on plants: a review[J]. Ecotoxicol Environ Saf, 2005, 60(3):324-349.

[19]叶庆华,刘高焕,田国良,等. 黄河三角洲土地利用时空复合变化图谱分析[J]. 中国科学:D辑,2004,34(5):461-474.

[20]Le Bissonnais Y. Aggregate stability and assessment of soil crustability and erodibility: I. Theory and methodology[J]. Europ J

Soil Sci, 1996, 47:425-437.

[21]陈效民,白冰,黄德安. 黄河三角洲海水灌溉对土壤盐碱化和导水率的影响[J]. 农业工程学报,2006,22(2):50-53.

[22]黄涛涛. 黄河三角洲盐碱地土壤脲酶活性与土壤性质的通径分析[J]. 山东农业科学,2007(6):89-91.

[23]赵欣胜,崔保山,孙涛,等. 黄河三角洲潮沟湿地植被空间分布对土壤环境的响应[J]. 生态环境学报,2010,19(8):1855-1861.