

土壤质量变化对葡萄种植的影响

孙梦飞^{1,2}, 彭建伟^{1,2*}, 杨国顺^{1,3}, 钟雪梅^{1,2}, 康兴蓉^{1,2} (1. 湖南农业大学, 湖南长沙 410128; 2. 土壤资源高效利用国家工程试验室, 湖南长沙 410128; 3. 湖南省葡萄工程技术研究中心, 湖南长沙 410128)

摘要 土壤质量是评判土壤性质好坏的标准之一。人们为了获得高产量、高品质的葡萄而大量施肥, 忽略了土壤的承受能力, 容易导致葡萄园土壤质量的恶化。主要综述了土壤质量的定义和特性, 从土壤物理、化学性质、微生物、施肥和土壤改良等方面分析土壤质量变化对葡萄种植的影响, 以期对葡萄种植提供相关参考。

关键词 葡萄种植; 土壤质量; 改良

中图分类号 S151.9 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2018)09-0036-05

Effects of Soil Quality Change on Grape Growing

SUN Meng-fei^{1,2}, PENG Jian-wei^{1,2}, YANG Guo-shun^{1,3} et al (1. Hunan Agricultural University, Changsha, Hunan 410128; 2. National Engineering Laboratory for Efficient Utilization of Soil and Fertilizer Resources, Changsha, Hunan 410128; 3. Hunan Grape Engineering Research Center, Changsha, Hunan 410128)

Abstract Soil quality is one of the criteria for evaluation of soil properties. In order to achieve high yield and high quality grapes, people fertilize large quantities, ignoring the ability of the soil, easily lead to deterioration of vineyard soil quality. Definition and characteristics of soil quality was reviewed, soil quality and its influence on grape yield and quality was analyzed from the soil physical and chemical properties, microbial and fertilization and soil improvement etc to provide relevant reference for grape planting.

Key words Grape planting; Soil quality; Improvement

葡萄口味特殊, 营养价值高, 人们非常喜欢食用。葡萄种植户在生产过程中大量施肥, 以高投入追求葡萄的高产出和高品质, 但忽略了土壤的承受能力, 容易出现土壤酸化、板结、微量元素缺乏和葡萄植株根系分布浅等一系列问题, 造成土壤退化, 保肥能力弱, 不利于葡萄种植。葡萄生长对于土壤质量有其特定的需求, 葡萄园可持续生产, 土壤质量的保护与提升就显得尤为重要。从土壤的物理、化学、微生物性质等多个方面就葡萄园土壤质量特征进行分析, 以期为生产优质葡萄及推动农业的可持续发展提供参考。

1 土壤质量的定义及其内涵

1.1 土壤质量的定义 土壤质量是反映土壤性质的标准之一^[1], 土壤质量中的可测指标, 包括土壤物理性质、化学性质和微生物, 均能反映出作物的生长发育等相关内容^[2]。

关于土壤质量的定义, 中国的学者给出了一些看法, 他们认为土壤质量包括“土壤保持生产力和保护人类、动植物健康的能力”, 指的是由土壤组成的能够保持自身系统生产力的自然或被感知的生态系统, 以及人类、动植物健康而不会自身退化或产生其他生态问题的能力, 是土壤特有或整体功能的综合体现^[3-4]; 相对于中国学者, 美国学者^[5]指出, 土壤可以改变土壤的生态系统、调节系统外的环境的这种能力称为土壤质量。除此之外, 美国土壤学会^[6]指出, 土壤质量是“保持动植物的生产力, 保持并改善水质和空气质量, 支持人类健康和自然生态条件和人为生态系统的能力”。中国学者给出的土壤质量的定义是从生态系统环境和可持续性问题的出发诠释其本质, 而美国国家研究委员会和美国土壤学会给出的土壤质量的定义偏向于植物和动物乃至人类的生存。

作者简介 孙梦飞(1992—), 男, 湖北天门人, 硕士研究生, 研究方向: 农田氮磷面源污染防控。* 通讯作者, 博士生导师, 教授, 从事植物营养生理生态方面的研究。

收稿日期 2017-11-28; **修回日期** 2017-12-07

土壤质量定义的确定, 是明确研究土壤结构性和功能性的主要指导方向和关注领域, 有利于发挥土壤生产的有效性和土壤管理的针对性。

1.2 土壤质量的特性 土壤质量的特性可以从土壤自身性质和外在条件体现出来, 土壤自身性质包括理化和微生物性质, 外在条件包括土地利用方式, 土地利用方式是人们为了获得一些效益, 长期或者不间断地在土地上种植等相关事宜^[7-8]。Turner 等^[9]研究表明, 不同的土地利用方式, 可以改变土地覆被状况, 并且影响许多生态过程, 如生物多样性的改变^[10]、土壤侵蚀程度的快慢^[11-12]、土壤环境质量的改变^[13-14]等。土壤的改善源自于合理的土地利用方式, 这样能使土壤抗性增加, 结构匀实, 进而土壤环境质量也更好^[15-16]; 反之, 土地管理措施不当, 没有合理利用, 土壤的环境质量就会降低^[17], 土壤会变得容易被侵蚀^[18], 生物的多样性也降低^[19]。

相关研究指出, 土地利用方式的变化不但会引起土壤环境质量的变化, 还会改变地表的植被生长^[20], 改变地表反射率^[21-22], 进而植物的枯枝落叶等都受到影响^[23], 土壤微生物也不例外^[24], 土壤在管理方面也产生影响^[25]。目前, 土地利用方式的改变是影响全球环境变化的原因之一, 而研究土地利用变化对土壤质量的影响是全球环境变化研究的核心内容^[26-29]。

2 土壤物理性质变化对葡萄种植的影响

2.1 土壤容重和孔隙度 土壤容重通过影响葡萄根系的生长而影响其对养分等的吸收, 进而对葡萄产量和品质造成影响。土壤容重大小由土壤孔隙度和土壤固体的数量决定, 因此, 土壤容重与葡萄根系的生长有很大的关系。Allmaras 等^[30-31]研究表明, 土壤通气性的好坏、根系扎根的深浅以及根系生长状况都与土壤容重呈显著相关。王晓芳等^[32]研究显示, 土壤容重在 1.05~1.25 g/m³ 时, 葡萄根系分布很广,

但是达到 1.47 g/m^3 时根系根量不多,超过 1.65 g/m^3 时基本没有根系。肥料种类对土壤的影响较大,土壤容重随有机肥等的施用而发生改变,土地利用方式的变化也可使土壤容重发生改变,Franzluebbers 等^[33]、Murty 等^[34]、Bronson 等^[35] 等发现,林地变草地或林地变耕地都使土壤的容重变大。

土壤孔隙度与土壤容重关系密切,二者可以全面反映土壤的水分保持能力、疏松程度和土壤通气能力。张宝峰等^[36]发现,在土壤通气孔隙度约为 10% 时,有利于葡萄根系扎根,土壤水分保持。但是土壤孔隙度不能太小,因为土壤孔隙度越小,土壤越紧实,影响葡萄扎根,反之孔隙度越大,土壤的透气性越好,结构也稳定。土壤团粒结构十分重要,其影响土壤对水分的吸收、自身的透水透气性。吕粉桃等^[37]研究发现,随退耕年限的延长,土壤总孔隙度呈增大的趋势,土壤容重则表现出减小的趋势。姜培坤等^[38]研究发现,在红壤地区也出现类似的规律,在植被恢复之后,土壤容重明显降低,并且土壤总孔度和通气孔度总量增加。彭文英等^[39]研究发现,黄土高原遭侵蚀破坏的土体构型,在退耕以后土壤的稳定性渐趋恢复,容重变小,在 30 年后,土壤的物理性质较为稳定。

2.2 土壤团聚体 土壤团聚体是土壤结构的基本组成单元,是土壤中的有机物等转化分解为营养元素从而被葡萄根系吸收的场所。土壤团聚体是土壤肥力的基础,是评价土壤质量的重要指标^[40]。

土壤团聚体的直径大小会对葡萄种植产生影响,Cheng 等^[41]研究显示,葡萄园的优势水稳性团聚体直径为 $0.25 \sim 0.50 \text{ mm}$,并且含量在 $113 \sim 261 \text{ g/kg}$,对于葡萄的种植和生长有较大影响。土壤团聚体的数量也不是一成不变的,王锐^[42]研究指出,葡萄种植时间越长,直径 $>0.25 \text{ mm}$ 的水稳性土壤团聚体数目明显增长,而直径 $<0.25 \text{ mm}$ 的水稳性土壤团聚体数量则随之减少,研究还显示,葡萄种植年限过长则不利于 $>5 \text{ mm}$ 水稳性团粒的稳定。不同土质的土壤,其团聚体数量的改变使得葡萄根系也发生变化。在砂质土壤上,土壤团聚体数量的改善可以促进葡萄的根系发育,增加水分的保持能力,还能提高土壤微生物的多样性^[42]。

土壤团聚体数量和大小改变的影响因素很多,土地利用方式的改变是最主要的因素之一。葡萄种植户为了扩大种植面积,会将水田、荒地、坡地等不同类型的土地整改,从而造成土地利用方式的改变,那些人为扰动较小的土地,团聚体没有被整改,水稳性团聚体的数量较多,但其稳定性不高,容易遭到破坏。葡萄种植户利用水田、荒地、山坡等土地种植葡萄,土壤团聚体先被破坏,然后通过人工管理后重新合成。在新开垦的土地上,水稳性大的团聚体的数量较少,直接种植葡萄的效果可能并不理想,而在成熟土地,水稳性大团聚体的数量基本稳定,种植葡萄比较好。

2.3 土壤持水性 葡萄生长过程中,根系从土壤中吸收水分是主要的水分吸收方式,土壤的最大、最小持水量是确定葡萄灌水量的重要依据,是由土壤的毛管孔隙度和总孔隙度的大小决定的^[43-44]。

葡萄园内有些地方严重积水,或者生长期剪枝不到位而使得枝蔓过密,再加上水分分配、灌溉不均匀则极易造成葡萄园内部湿度过大,葡萄植株发生病害,最后严重影响葡萄植株的种植以及生长发育,并且大大降低鲜食葡萄的产量和品质。葡萄的种植需要适宜的水分,过多过少都会对葡萄产生影响。王锐等^[45]研究指出,当含水率小于田间持水量的 35% 时,葡萄的新梢生长就会受到抑制,营养生长明显减弱,而土壤含水量为田间持水量的 60% ~ 70% 时,土壤的透气性和水分含量比较适宜,葡萄植株生长良好;但是当土壤持水量超过 80% 时,会因为水分过多导致土壤中的空气减少,影响通气情况,葡萄根系受到限制,抑制水分和养分的吸收,不利于葡萄的生长,所以在葡萄种植过程中,水分的调控就显得尤为重要。

3 土壤化学性质变化对葡萄种植的影响

3.1 土壤有机质 土壤有机质是衡量土壤肥力的重要指标,它可以为葡萄生长发育提供各种营养元素,同时还可以改变土壤结构,改善土壤性状^[46]。

土壤有机质含有植物生长过程中所必需的大量、中量和微量元素,其对葡萄的生长十分重要。李志杰等^[47]研究表明,有机质含量增加后,葡萄叶片的 CO_2 浓度增加,光合作用增强,葡萄的产量提高,同时葡萄植株的蒸腾作用降低,对葡萄植株生长产生积极影响。补充土壤有机质能增加土壤生物量,提高土壤酶活性,增加微生物种类,还能促进土壤中有机关态氮的矿化速率和矿化效率,从而增加土壤养分含量和土壤肥力有效性,促进葡萄根系的营养吸收,增加葡萄产量,改善果实品质。有机质在土壤微生物碳源和能量供应上也有很大作用,在评价土壤肥力高低的同时,土壤有机质含量通常被作为一个最重要的养分衡量指标。

3.2 土壤养分 葡萄种植过程中对土壤养分需求很大,王锐等^[42]研究表明,葡萄园的土壤肥力大小可以直接影响葡萄植株的营养生长和后期发育,对葡萄的产量和品质均有较大影响。

氮素是葡萄需求量较大的营养元素之一,对蛋白质及叶绿素的合成有重要的促进作用,从而对葡萄植株的生长、产量的提高有重要作用。有研究表明^[48-51],生产 22.5 t/hm^2 葡萄需从土壤中吸收纯 N 210.0 kg/hm^2 ,土壤中氮的利用率为土壤供给量的 1/3。土壤中营养元素的含量多少可以显著影响葡萄的产量和品质,范海荣等^[52-53]研究显示,高产葡萄园土壤中的有效磷、碱解氮、速效钾和水溶性钙、水溶性镁的含量是低产葡萄园的 2 倍以上。

葡萄在成熟期会通过根系从土壤中吸收氮素来维持果实生长,这就需要通过施用氮肥来补充土壤中缺失的氮素。葡萄易于累积硝酸盐,施用硝态氮肥会加强葡萄中硝酸盐含量的累积^[54],氮肥施用也不是越多越好,合理施用氮肥十分重要,在我国北方,氮肥的大量施用影响果树对养分的吸收^[55]、氮素过剩但是微量元素堆积在根系,其他元素供应不上而缺乏,产生植株幼苗早衰和病害^[56]。尽管葡萄对氮肥的需求量很大,但是过量施用也会影响葡萄的生长,而且葡

萄不能吸收所有的氮素养分。因此,生产中应用氮肥利用率来计算氮肥对作物增产效果的重要参数,也能反映氮肥对环境的影响,同时也是目标产量法计算推荐施肥量的科学依据,还是评价新型肥料效果和栽培技术水平的重要参数^[54]。氮肥的施用遵循合理施肥,有助于葡萄的高效生产,也利于提高土壤的肥力,稳定土壤性质。

磷素在葡萄种植过程中必不可少,它在葡萄氮的代谢、糖分的转运中起促进作用,还能增加葡萄植株对环境的适应性。磷素可以促进细胞分裂,葡萄叶片的生长,还能促进葡萄植株花和芽的分化,器官组织和葡萄果实的发育,并能提高授粉,增加葡萄产量,增加葡萄果实中可溶性总糖的含量,增加糖分,降低总酸度,进而提高葡萄品质^[57]。

土壤磷素的供应会影响葡萄的生长。土壤有效磷可以调节土壤对氮素的吸收能力,促进葡萄的花芽分化、果实发育,进而提高葡萄的产量和品质,同时磷素还能提高葡萄根系的吸收能力,促进葡萄根系的快速生长和发育,继而提高葡萄的抗旱性和抗寒性。根据全国各地的土壤普查资料,磷的含量大致在 0.44~0.85 g/kg,产量为 22.5 t/hm² 葡萄果实,葡萄植株需要从土壤中吸收纯 P 67.5 kg/hm²^[48-51],土壤中磷的利用率为土壤供给量的 1/2。磷素在葡萄成熟前期,通过促进葡萄根系以及葡萄枝叶的碳水化合物向葡萄果实的转运合成,能显著改善葡萄品质。由于土壤中的磷素含量较低,在葡萄种植生长过程中,葡萄种植人员会施用磷肥来补充养分。

钾素是葡萄种植的必需营养元素之一,但是不参与葡萄植株一些重要的有机体组成^[58]。钾肥的施用可以提高葡萄植株抗倒伏性能和病虫抗性,加快水分和养分的运输。葡萄在浆果的生长发育中对钾的要求比较高,关系也最密切,在萌芽期至果实膨大期,葡萄植株各器官中的钾积累量均有所升高。葡萄在浆果开始成熟和采收前急需钾素的供应,在葡萄果实成熟期到葡萄的落叶期,钾素的积累量显著增加,数据显示叶片和当年生枝条内的钾素含量上升最快^[59-60]。吴林等^[61]试验证明,施用钾肥能降低葡萄的青果率,提高葡萄产量及品质。

3.3 土壤 pH 土壤 pH 是重要的土壤特性,它影响土壤肥力。由于 pH 直接影响大多数作物的存活,因此在葡萄植株的生长发育过程中,土壤 pH 显得尤为重要^[62]。

葡萄生长过程中,从土壤中吸收营养物质,以维持自身的生长发育。但是土壤中营养元素的存在形态、土壤微生物的组成和活动、植物吸收的有效程度以及有机物合成和分解均受 pH 影响,所以土壤 pH 的变化会极大地影响土壤物理性质、化学性质及微生物数量和种类。孙权等^[63]指出,葡萄种植过程中土壤过酸(pH≤4),土壤微生物的存活率降低,葡萄根系表面对水分和养分的吸收减弱,对葡萄的生长明显不利,土壤 pH 过高也不行,葡萄种植过程中土壤过碱(pH≥8.3),葡萄植株的新梢会有黄叶病的发病迹象。因此,要种植高产优质的葡萄,要控制好土壤 pH,差异变化大的土壤在定植葡萄前必须采取一定的改良措施,如有机培肥、施水活

土、开沟定植、施用酸碱性肥料等。

4 土壤微生物性质变化对葡萄种植的影响

土壤微生物包括真菌、细菌、病毒等。它们在土壤中进行多种化学反应,包括分解土壤有机质,氮素、碳素养分的合成和分解在一定程度上影响土壤质量的变化。土壤微生物对土壤环境的改变极为敏感,土壤微生物不仅可以反映土壤中参与调控能量和有机物循环转化的微生物数量,而且可以反映人为或者其他的干扰因素所导致的土壤性质的变化。龙健等^[64-65]研究发现,土壤越深,土壤养分就越少,微生物的数量越少,土壤质量下降也会使微生物数量减少,并且真菌数量的减少幅度显著高于细菌。

4.1 土壤微生物多样性 微生物多样性包括微生物功能多样性、微生物物种多样性和微生物遗传多样性^[66]。微生物的培养主要用培养基培养,通过观察菌落来分析微生物种群。真菌在酸性环境下存活能力强,而土壤放线菌和细菌数量在中性或碱性环境下比较多。土壤酶的多样性是土壤微生物功能多样性的主要表现形式,其多样性比群落结构多样性更重要^[66]。葡萄种植过程中适当施用微生物菌剂等肥料对葡萄的生长和发育有很大的提升,陈承利等^[67]研究表明,土壤质量在一定程度上可以由土壤微生物组成的多样性以及群落结构的变化来反映。在土壤中存在多种微生物,其多样的代谢和功能可以有效调节土壤质量,从而提高葡萄的产量和品质。

4.2 土壤微生物量 土壤微生物量包含土壤微生物量磷、硫、碳和氮等,其中碳最为常见,氮次之。孙瑞莲等^[68]研究显示,土壤微生物量和土壤养分之间有显著关系,细菌、固氮菌数量越多,土壤中全氮、碱解氮等含量就越高。土壤微生物的生物量碳和氮在土壤中含量很少,但是它们的作用很大。在土壤和植物组成的系统中,土壤微生物在物质代谢中起着重要的作用,还影响植株养分的循环,对于改变土壤质量发挥十分重要的作用^[69-70],它能在功能上使土壤的有机质发生变化,间接地改变植株对土壤中养分的吸收^[71-72]。葡萄生长发育阶段,土壤微生物量在葡萄根系吸收养分的过程中起着不小的作用。葡萄种植的时间也会改变土壤微生物量,姜培坤等^[73]指出,葡萄种植如果栽培年限过长,则土壤微生物量碳、氮以及磷的含量就会变低,反之则会变高。从而在葡萄种植过程中,关注土壤微生物量对于及时了解葡萄生长情况就显得尤为重要。

5 土壤质量问题及改良措施

5.1 存在的土壤质量问题 由于外界因素的干扰,比如施肥单一,施肥方式不当等,对土壤的管理不善,导致土壤的物理性质发生变化,再加上整改不到位,最后影响土壤质量,使得土壤产生退化,保肥能力变弱,土壤逐渐失去了原来的能力。所以如何改良土壤性质,改善土壤质量,提升葡萄的产量和质量是目前需要关注的问题。

5.2 改良措施

5.2.1 增施有机肥,改良土壤特性。 部分地区土壤由于存在板结、盐渍化等问题,不适合种植葡萄,这些土壤就需要整

理改良,具体土壤改良培肥的方法有以下几种:作物秸秆直接还田、作物秸秆制作肥料施用、生产绿肥施用、施用有机肥料等。

葡萄园土壤的改良,可以通过增施有机肥提高土壤有机质含量,改善土壤结构和质地。土壤有机质有特殊的结构,比砂土的黏性强,比黏土的黏性弱。在砂性土壤中施用有机肥,使砂性土粒容易黏结成大土粒,可以很好地改善土壤的砂性状况,不容易松散,增加其对水分的吸附能力;而对于黏性比较大的黏质土,施加有机肥可以使黏结比较大的土块散开碎成小土块。

5.2.2 土壤改良剂改良。土壤改良剂用量不多,但是可以有效地改善土壤的状况和土壤微生物,而且可以有效地治理退化的土壤^[74]。近几年,随着科技的发展,土壤改良剂的研究也越来越深入,用量少、效率高的改良剂陆续被开发,使得土壤改良剂可以逐步发展到能普遍地应用到大田中去,而且土壤改良剂的研究技术容易推广,见效快,农民易于接受,具有很大的应用前景。土壤改良剂种类繁多,针对不同的土地,改良剂成分也比较复杂,一般按照性质可分为有机物土壤改良剂、无机物土壤改良剂和混合土壤改良剂等。

5.2.3 实施轮作与间作套种改良。轮作可比较合理地利用土壤中剩余的养分,改变土壤的单一作物所带来的病菌,不同作物的轮作可以减少病虫害,同时可以改善土壤的理化性状,不同作物的轮换有利于充分利用土壤养分。

间作套种在我国也有多年的传统,可以有效地改变土地的生产力。现已证明,不同品种的作物在不同的时期套种间作,可以充分地利用土壤养分,减少病虫害。在葡萄一个周期中,葡萄果实采摘完毕后,葡萄园可以种植莴笋、草莓、西瓜等作物,一方面可以填补葡萄采摘完的空缺期,另一方面可以充分利用土壤剩余的肥力,对于土壤的更新以及改良有很好的促进作用。

6 展望

葡萄作为经济产物,其营养价值和市场价格都很高,葡萄种植户希望葡萄能高产量,高品质,销路多,销路广,但是很容易忽视土壤自身的承受能力能否满足葡萄植物生长的需求。

为了追求高产量高品质,葡萄种植户应加大肥料的投入,改善土壤物理性质、化学性质、生物学性质,促进葡萄的生长发育。不合理的管理操作方式会导致葡萄生长出现问题,严重的则会减产死亡。因此,在葡萄种植过程中,合理施用化肥、有机肥等,可以有效地改善土壤的物理、化学性质,增加土壤中微生物多样性等,进而改良葡萄土壤,提升土壤质量,使得葡萄产量和品质进一步提升是该研究需要探究的重点和未来农业可持续发展研究的方向。

参考文献

- [1] DORAN J W. Soil health and global sustainability; Translating science into practice[J]. *Agriculture ecosystems & environment*, 2002, 88(2): 119 - 127.
- [2] KARLEN D L, MAUSBACH M J, DORAN J W, et al. Soil quality: A concept, definition and framework for evaluation[J]. *Soil science society of America journal*, 1997, 61: 4 - 10.

- [3] 张桃林, 潘剑君, 赵其国. 土壤质量研究进展与方向[J]. *土壤*, 1999, 31(1): 1 - 7.
- [4] 周健民. 新世纪土壤学的社会需求与发展[J]. *中国科学院院刊*, 2003, 18(5): 348 - 352.
- [5] National Research Council. Soil and water quality: An agenda for agriculture[M]. Washington, D. C.: National Academy Press, 1993.
- [6] Soil Science Society of America. SSSA statement on soil quality[N]. *Agronomy News*, 1995 - 06 - 07.
- [7] 陈百明. 土地资源学概论[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1996.
- [8] TURNER B L II, SKOLE D L, SANDERSON S, et al. Land-use and land-cover change; Science/research plan (IGBP Report No. 35 and HDP Report No. 7) [R]. 1995.
- [9] TURNER M G. Landscape ecology: The effect of pattern on process [J]. *Annual review of ecology and systematics*, 1980, 20: 171 - 197.
- [10] WILSON E O. Biodiversity [R]. Washington D C: National Academy Press, 1988.
- [11] BUREL F, BAUDRY J, LEFEUVRE J C. Landscape structure and the control of water run off [C]//BUNCE R G H, RYSZKOWSKI L, PAOLETTI M G, et al. *Landscape ecology and agroecosystems*. Boca Raton, FL: Lewis Publishers, 1993: 41 - 47.
- [12] FU B J, GULINCK H, MASUM M Z. Loess erosion in relation to land-use changes in the ganspoel catchment, central Belgium[J]. *Land degradation & rehabilitation*, 1994, 5(4): 261 - 270.
- [13] BUSCHBACHER R, UHL C, SERRAO E A S. Abandoned pastures in eastern Amazonia. II. Nutrient stocks in the soil and vegetation[J]. *Journal of ecology*, 1988, 76(3): 682 - 699.
- [14] FU B J, MA K M, ZHOU H F, et al. The effect of land use structure on the distribution of soil nutrients in the hilly area of the Loess Plateau, China [J]. *Chinese science bulletin*, 1999, 44(8): 732 - 736.
- [15] FU B J, CHEN L D, MA K M, et al. The relationship between land use and soil conditions in the hilly area of Loess Plateau in northern Shanxi, China[J]. *Catena*, 2000, 39(1): 69 - 78.
- [16] 傅伯杰, 陈利顶, 马克明. 黄土丘陵区小流域土地利用变化对生态环境的影响: 以延安羊圈沟流域为例[J]. *地理学报*, 1999, 54(3): 241 - 246.
- [17] LAL R, MOKMA D, LOWERY B. Relation between soil quality and erosion [M]//RATTA R, LAL R. *Soil quality and soil erosion*. Washington DC: CRC Press, 1999: 237 - 258.
- [18] WARKENTIN B P. The changing concept of soil quality[J]. *J Soil Water Cons*, 1995, 50(3): 226 - 228.
- [19] CRIST P J, KOHLEY T W, OAKLEAF J. Assessing land-use impacts on biodiversity using an expert system tool[J]. *Landscape ecology*, 2000, 15(1): 47 - 62.
- [20] TURNER B L II, MEYER W B. Land use and land cover in global environmental change; Considerations for study[J]. *International social science*, 1991, 43(130): 669 - 679.
- [21] GORNITZ V. A survey of anthropogenic vegetation changes in West Africa during the last century-climatic implications[J]. *Climatic change*, 1985, 7(3): 285 - 325.
- [22] HENDERSON-SELLERS A, WILSON M F. Surface albedo data for climatic modeling[J]. *Review of geophysics and space physics*, 1983, 21(8): 1743 - 1778.
- [23] DALAL R C, MAYER R J. Long-term trends in fertility of soils under continuous cultivation and cerea cropping in Southern Queensland II. total organic carbon and its rate of loss from the soil profile[J]. *J Soil Res*, 1986, 24: 281 - 292.
- [24] KENNEDY A C, PAPENDICK R I. Microbial characteristics of soil quality [J]. *J Soil Water Consery*, 1995, 50(3): 243 - 247.
- [25] HALVORSON A D, REULE C A, ANDERSON R L. Evaluation of management practices for converting grassland back to cropland[J]. *J Soil Water Consery*, 2000, 55(1): 57 - 62.
- [26] KARLEN D L, ANDREWS S S, DORAN J W. Soil quality: Current concepts and application[J]. *Advances in agronomy*, 2001, 74: 1 - 40.
- [27] 张丽彤, 丁文荣, 周跃, 等. 土地利用/土地覆被变化研究进展[J]. *环境科学导刊*, 2007, 26(5): 7 - 10.
- [28] 张鲁, 周跃, 张丽彤. 国内外土地利用与土壤侵蚀关系的研究现状与展望[J]. *水土保持研究*, 2008, 15(3): 43 - 48.
- [29] 李学梅, 李忠峰. 土地利用/覆盖变化研究进展及其意义[J]. *安徽农业科学*, 2008, 36(6): 2462 - 2464.
- [30] ALLMARAS R R, KRAFT J M, MILLER D E. Effect of soil compaction and incorporated crop residue on root health[J]. *Annual review of phyto-*

- pathology, 1988, 26(1): 219–243.
- [31] LOGSDON S D, RENEAU R B, PARKER J C. Corn seedling root growth as influenced by soil physical properties[J]. *Agronomy journal*, 1987, 79(2): 221–224.
 - [32] 王晓芳, 杨阳, 翟衡. 土壤容重对葡萄根系构型的影响[J]. *中外葡萄与葡萄酒*, 2008(3): 4–7.
 - [33] FRANZLUEBBERS A J, STUEDEMANN J A, SCHOMBERG H H, et al. Soil organic C and N pools under long-term pasture management in the Southern Piedmont USA[J]. *Soil Biol Biochem*, 2000, 32(4): 469–478.
 - [34] MURTY D, KIRSCHBAUM M U F, MCMURTRIE R E, et al. Does conversion of forest to agricultural land change soil carbon and nitrogen? A review of the literature[J]. *Global Change Biol*, 2002, 8(2): 105–123.
 - [35] BRONSON K F, ZOBECCK T M, CHUA T T, et al. Carbon and nitrogen pools of southern high plains cropland and grassland soils[J]. *Soil Sci Soc America J*, 2004, 68(5): 1695–1704.
 - [36] 张宝峰, 曾路生, 李俊良, 等. 优化施肥处理下设施菜地土壤容重与孔隙度的变化[J]. *中国农学通报*, 2013, 29(32): 309–314.
 - [37] 吕粉桃, 高国雄, 王荣秀, 等. 青海大通山地退耕还林土壤渗透性研究[J]. *水土保持研究*, 2006, 13(6): 135–138.
 - [38] 姜培坤, 周国模, 钱新标. 侵蚀型红壤植被恢复后土壤养分含量与物理性质的变化[J]. *水土保持学报*, 2004, 18(1): 12–14.
 - [39] 彭文英, 张科利, 陈瑶, 等. 黄土坡耕地退耕还林后土壤性质变化研究[J]. *自然资源学报*, 2005, 20(2): 272–278.
 - [40] RATTAN L. Physical management of soils of the tropics: Priorities for the 21 century[J]. *Soil science*, 2000, 165(3): 191–207.
 - [41] CHENG M, XIANG Y, XUE Z J, et al. Soil aggregation and intra-aggregate carbon fractions in relation to vegetation succession on the Loess Plateau, China[J]. *Catena*, 2015, 124: 77–84.
 - [42] 王锐. 贺兰山东麓土壤特征及其与酿酒葡萄生长品质关系研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2016.
 - [43] 庞学勇, 刘世全, 刘庆, 等. 川西亚高山针叶林植物群落演替对土壤性质的影响[J]. *水土保持学报*, 2003, 17(4): 42–45, 50.
 - [44] 庞学勇, 刘庆, 刘世全, 等. 川西亚高山云杉人工林土壤质量性状演变[J]. *生态学报*, 2004, 24(2): 261–267.
 - [45] 王锐, 孙权, 郭洁, 等. 贺兰山东麓砂质酿酒葡萄园土壤水分分布研究[J]. *灌溉排水学报*, 2013, 32(1): 69–73.
 - [46] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京: 中国农业出版社, 1999: 30–34.
 - [47] 李志杰, 李守正, 田昌玉, 等. 土壤有机质对小麦光合作用系统的影响[J]. *自然资源学报*, 2000, 15(B06): 83–86.
 - [48] 李金凤, 姜娟, 赵斌, 等. 关于平衡施肥中土壤供肥性能的研究[J]. *土壤通报*, 2002, 33(5): 351–355.
 - [49] 钱东南. 美人指葡萄在南方的表现及关键栽培技术探讨[J]. *江西园艺*, 2005(1): 16–17.
 - [50] 刘泽平, 吴海英, 杨贵明. 美人指葡萄在桂中的栽培技术[J]. *广西园艺*, 2004, 15(2): 41–43.
 - [51] 郝荣庭. 果树栽培学总论[M]. 北京: 中国农业出版社, 1995: 212–213.
 - [52] 范海荣, 常连生, 王洪海, 等. 城市草坪土壤肥力综合评价[J]. *草业科学*, 2010, 27(10): 17–22.
 - [53] 刘昌岭, 任宏波, 朱志刚, 等. 土壤中营养元素对葡萄产量与品质的影响[J]. *中外葡萄与葡萄酒*, 2005(4): 17–20.
 - [54] 田昌玉, 林治安, 赵秉强, 等. 氮肥利用率测定规范化探讨[J]. *农业资源与环境学报*, 2016, 33(4): 327–333.
 - [55] 张卫峰, 马文奇, 张福锁, 等. 中国、美国、摩洛哥磷矿资源优势及开发战略比较分析[J]. *自然资源学报*, 2005, 20(3): 378–386.
 - [56] 黄显淦, 曾有志, 钟泽, 等. 果树营养施肥及土壤管理[M]. 北京: 中国农业出版社, 1993: 6–17.
 - [57] 胡建芳. 鲜食葡萄优质高产栽培技术[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2002.
 - [58] 黄显淦, 赵天才, 王勤. 钾素在我国果树优质增产中的作用[J]. *果树科学*, 2000, 17(4): 309–313.
 - [59] 贾名波, 史祥宾, 翟衡, 等. 巨峰葡萄氮、磷、钾养分吸收与分配规律[J]. *中外葡萄与葡萄酒*, 2014(3): 8–13.
 - [60] 张明霞, 吴玉文, 段长青. 葡萄与葡萄酒香气物质研究进展[J]. *中国农业科学*, 2008, 41(7): 2098–2104.
 - [61] 吴林, 李亚东. 藤稔葡萄钾肥施用效果研究[J]. *北方园艺*, 1996(3): 33–34.
 - [62] CREGAN P D, SCOTT B J. Soil acidification: An agricultural and environmental problem[M]//PRATLEY J E, ROBERTSON A. *Agriculture and the environmental imperative*. Melbourne: CSIRO Publishing, 1998: 98–128.
 - [63] 孙权, 王静芳, 王素芳, 等. 不同施肥深度对酿酒葡萄叶片养分和产量及品质的影响[J]. *果树学报*, 2007, 24(4): 455–459.
 - [64] 龙健, 黄昌勇, 滕应, 等. 矿区废弃地土壤微生物及其生化活性[J]. *生态学报*, 2003, 23(3): 496–503.
 - [65] THÉBAULT A, CLÉMENT J C, IBÁÑEZ S, et al. Nitrogen limitation and microbial diversity at the treeline[J]. *Oikos*, 2014, 123(6): 729–740.
 - [66] 王森强, 杨琼, 刘莉娜. 土壤微生物功能多样性研究进展[J]. *中国园艺文摘*, 2011, 27(10): 173–174, 70.
 - [67] 陈承利, 廖敏, 曾路生. 污染土壤微生物群落结构多样性及功能多样性测定方法[J]. *生态学报*, 2006, 26(10): 3404–3412.
 - [68] 孙瑞莲, 周启星. 植物对金属抗性中有机酸的作用及其机理[C]//第二届全国环境化学学术报告会论文集. 北京: 中国化学会, 2004.
 - [69] HE Z L, YANG X E, BALIGAR V C, et al. Microbiological and biochemical indexing systems for assessing quality of acid soils[J]. *Advances in agronomy*, 2003, 78: 89–138.
 - [70] SUN B, ZHAO Q G, ZHANG T L, et al. Soil quality and continuing environment III. Biological index of soil quality assessment[J]. *Soils*, 1997, 29(5): 225–234.
 - [71] LADD J N, AMATO M, VAN VEEN H A. Soil microbial biomass: Its assay and role in turnover of organic matter C and N[J]. *Soil biology & biochemistry*, 2004, 36(9): 1369–1372.
 - [72] JIA G M, WANG G, CHEN F Q. The dynamics of biological properties of soil during secondary forest succession in Ziwuling, Northwest China[J]. *Ecology and environment*, 2007, 16(5): 1466–1469.
 - [73] 姜培坤, 徐秋芳, 周国模, 等. 种植绿肥对板栗林土壤养分和生物学性质的影响[J]. *北京林业大学学报*, 2007, 29(3): 120–123.
 - [74] 许月蓉. 不同施肥条件下潮土中微生物量及其活性[J]. *土壤学报*, 1995, 32(3): 349–352.

名词解释

扩展学科扩散指标: 指期刊所在学科内, 引用该刊的期刊数占全部期刊数量的比例。

$$\text{扩展学科扩散指标} = \frac{\text{所在学科内引用被评价期刊的数量}}{\text{所在学科期刊数}}$$

扩展被引半衰期: 指该期刊在统计当年被引用的全部次数中, 较新一半是在多长一段时间内发表的。被引半衰期是测度期刊老化速度的一种指标, 通常不是针对个别文献或某一组文献, 而是对某一学科或专业领域的文献的总和而言的。

扩展 H 指数: 指该期刊在统计当年被引的论文中, 至少有 h 篇论文的被引频次不低于 h 次。

来源文献量: 指来源期刊在统计当年发表的全部论文数, 它们是统计期刊引用数据的来源。

文献选出率: 按统计源的选取原则选出的文献数与期刊的发表文献数之比。

参考文献量: 指来源期刊论文所引用的全部参考文献数, 是衡量该期刊科学交流程度和吸收外部信息能力的一个指标。

平均引文数: 指来源期刊每一篇论文平均引用的参考文献数。

平均作者数: 指来源期刊每一篇论文平均拥有的作者数, 是衡量该期刊科学生产能力的一个指标。