



羊粪作为有机肥对植物和土壤的影响

芦伟,高月锋,简路洋,罗海玲*

(中国农业大学 动物科技学院,动物营养国家重点实验室,北京 100193)

[摘要] 羊粪是一种弱碱性肥料,具有养分浓度高,有机质含量多,氮、磷、钾含量高等特点,适用于各种农作物和土壤。羊粪可以促进植物根系发育,提高产量,改善果实相关品质,能够改善土壤理化性质和生物环境,降低土壤重金属污染,减少土壤侵蚀。但羊粪本身和处理过程中产生的有害物质会造成环境污染,所以羊粪的科学处理和使用至关重要。文章主要综述了羊粪在植物和土壤上的应用效果及注意事项,以期羊粪合理利用提供参考。

[关键词] 羊粪;果实;根系;土壤;重金属;土壤侵蚀

[中图分类号] S811.5

[文献标识码] A

[文章编号] 1005-5228(2019)09-0086-05

doi:10.3969/j.issn.1673-1182.2019.09.016

随着规模化养羊的迅速发展,养羊业中的防疫、粗饲料供应以及粪污处理越来越重要^[1]。其中羊粪,尤其是大型规模化羊场的羊粪如何处理严重影响全舍饲养羊业的发展。与此同时,种植业长期使用化肥所带来的水体污染、土壤理化性质和生物环境恶化的负面作用日益突出^[2]。羊粪经过适当处理用于种植业既可以实现羊粪的有效利用,也可减少化肥所带来的环境污染。羊粪可以促进植物的根系发育,影响植物生长,改善果实品质以及延长贮藏期,并且能改善土壤理化性质,影响土壤微生物,改良劣质土壤,但羊粪的使用也会伴随着污染环境。本文从以上几个方面综述了羊粪对植物和土壤的影响及羊粪使用过程的注意事项,以期农业绿色发展提供科学理论。

1 羊粪对植物的影响

1.1 促进植物根系发育

根系是植物吸收水分和营养的重要器官,优化植物的根系可以提高其对养分的吸收效果^[3]。植物的生长情况很大程度上受到植物根系发育状况的影响。根系稳定生长对优质丰产有着决定性的作用。过量使用尿素等化学肥料会导致营养元素吸收失衡,过量的微量元素在根部沉积,造成根部损伤,而有机肥的腐解可以为植物根系提供一定量的活性物

质和酸性物质,从而促进其生长^[4]。王孝娣等^[5]给葡萄施用不同的有机肥,通过研究相关指标发现,与对照组相比,施用羊粪后生产出的葡萄总根重增加了37.34%。说明羊粪可以促进新根的发生。而相比于鸡粪和牛粪,羊粪可以更有效地提高葡萄的有效根表面积。有效根表面积的增长有利于植物对养分的吸收,从而促进植物的生长。苹果根系分为延长根和吸收根,延长根可以延长生长,从而扩大根系的分布区域;吸收根负责吸收合成,倾向于生长在有机肥丰富的地方。已有研究表明,新植苹果施用羊粪,能够有效地增加吸收根的数量和加粗延长根,同时增加新根分枝数量和新根鲜重^[6]。吸收根数量增多促进果树结果,有利于提高产量。但是当经过羊粪处理过的植物移植到营养贫瘠的土地上或者其他逆境中,根系可能会大量死亡,从而导致植株死亡^[3]。这说明了羊粪诱导形成的根系易受到外界环境影响。

范伟国等^[7]研究发现,腐熟羊粪处理的盆栽平邑甜茶幼树主根和侧根粗长,侧根数量增多,对磷、钙、铁的吸收能力降低。但羊粪在不同的土壤上施用,其对植株根系形态和营养吸收能力也存在着不同的作用,例如在本研究中,沙土上施用羊粪使得幼苗主根增粗、增长,显著降低了其对钾的吸收能力,而在黏土上施羊粪可以降低主根粗度和长度,提高

[收稿日期] 2018-05-19 修改日期:2018-07-02

[基金项目] 国家肉羊产业技术体系项目(CARS-38)

[作者简介] 芦伟(1993-),男,江苏扬州人,硕士研究生,研究方向:动物营养与饲料科学。E-mail: yzluwei93@163.com

* [通讯作者] 罗海玲(1965-),女,江苏南京人,教授,博士生导师,主要从事羊营养与肉质调控研究。E-mail: luohailing@cau.edu.cn

幼苗对钾的吸收。这说明了土壤的性质影响着羊粪的施用效果。因此在实际施用羊粪的过程中,应当充分考虑土壤的性质。

1.2 促进植物生长

羊粪有机肥能够在植物生长的各个时期改善植物的生长指标和生产性能。Rasool Azarmi 等^[8]分别探讨了不同剂量的羊粪蚯蚓肥对两个品种黄瓜的促生长效果,分别对移植后 30 d、60 d 和 90 d 的叶数、植物高度和叶绿素含量进行测定,相比于对照组,施用不同剂量蚯蚓肥均可以改善两个品种黄瓜各项指标。研究还指出每公顷施用 30 t 蚯蚓肥能够提高移植 90 d 后黄瓜的叶面积和根叶干重。羊粪对根茎叶相关参数的提高说明其对植物的生长有着积极的作用。同时两种黄瓜总产量较对照组分别提高了 26% 和 25%。这可能是由于蚯蚓粪中的腐殖酸和植物生长调节剂促进黄瓜的发芽和生长,从而提高其生产性能。

在两年洋葱种植过程中,分别对洋葱地一次性施用了鸡粪、羊粪和无机肥,相比无机肥和鸡粪,施用适宜数量的羊粪提高了总产量。这可能是由于羊粪能够为植物提供更好的养分,也表明了促进洋葱生长方面,羊粪远远优于鸡粪^[9]。同时,羊粪和鸡粪对植物的生长有着不同的促进作用。施用鸡粪可以促进葡萄枝加长生长,而施用羊粪能够促进葡萄枝加粗生长,这可能与鸡粪中的较多氮元素和羊粪的滞效性有关。枝干重可以用来衡量植物体内贮藏营养物质含量。通过比较羊粪、鸡粪和牛粪三种有机肥对葡萄枝干重增重效果发现,羊粪对枝干重增重作用优于牛粪,但次于鸡粪。说明羊粪对枝的加粗作用在一定程度上提高了植物体内营养物质的贮藏量,确保果实的产量^[5]。叶胜兰等^[10]研究发现,相比于饼肥和化学肥料,施用羊粪能够增加梨枣的叶绿素总含量,但次于沼肥,叶绿素在植物对光能吸收和转换的过程中起着重要的作用,为植物体积累能量奠定基础。

羊粪通过一定的处理,可以形成高效的有机肥,对植物施用不仅可以改变植物的光合作用,促进生长,提高产量,还能提高植物的抗盐能力。已有研究表明,施用羊粪具有缓解盐份对罗望子幼苗造成伤害的潜能^[11]。但目前的研究只证明了羊粪对氯化钠有缓解作用,在其他盐类和盐碱地中的效果没有相关的研究,所以今后应当对这一方面进行一些相关的研究。

1.3 改善果实品质

果蔬品质决定了它们的价格和消费者的购买欲望。施用羊粪栽培果蔬可以改善果实品质。在种植黄瓜的过程中施用羊粪有机肥能提高黄瓜的总可溶性固形物和干物质含量,降低果汁酸度^[8]。由此可见,施用羊粪改善了黄瓜的营养成分。与杨康肥相比,使用绿源肥和羊粪种植红地球葡萄,可以更有效地提高果实可溶性总糖含量,降低可滴定酸含量,从而显著地提高糖酸比,改善葡萄的食用品质^[5]。相比施用无机肥料,施用羊粪可显著提高还原型维生素 C、多糖和总黄酮含量。这些物质均有抗氧化、预防疾病等有益作用,提高了果实的内在品质,满足了人们对健康的追求。其中羊粪和无机肥处理组与不施肥组相比,总黄酮含量均有所下降,但羊粪处理组总黄酮含量高于无机肥处理组,说明了羊粪处理后对总黄酮含量的不利影响相对较小^[12]。

合理使用有机肥替代无机肥不但可以改善果蔬的营养物质,还能减少有毒有害物质的积累。杜中平等^[13]研究发现,虽然施用最佳量的尿素和磷酸二铵能够充分促进番茄生长,获得较高的产量,但果实中维生素 C、可溶性总糖和蛋白含量较低,亚硝酸盐含量较高。而施用腐熟羊粪可以降低果实中亚硝酸盐含量,提高维生素 C、可溶性总糖和蛋白含量。而且每公顷地施用 75 t 腐熟羊粪,既能保证番茄的品质,也能获得较高产量。由此可见,如果在果蔬的栽培过程中一味地追求生产效率,过度使用无机肥,不仅会造成果蔬品质下降,甚至还会提高果实中有害物质含量,而羊粪有机肥的施用可以有效地避免这些问题。Øvsthus 等^[14]对西兰花的硬度、多汁性、脆度等 29 个感官指标进行测定,发现羊粪在内的四种有机肥对其中 16 个感官指标均存在一定的作用。这可能是不同的肥料对植物的特殊作用,也有可能是不同有机肥的肥效,造成不同组的西兰花成熟程度不同,从而导致差异。罗华等^[15]连续三年使用不同的有机肥处理肥城桃树,对桃树果实香气成分进行测定。研究发现施用有机肥可以增加香气的种类,提高香气物质的相对含量。相比其他处理组,施用羊粪生产出的果实醇类物质含量最低,而醇类物质是一种青香型化合物,说明施用羊粪能有效地降低青香型气味。施用羊粪也能改变果实形状。相比于其他有机肥,施用羊粪可以降低梨枣的果型指数,从而使得果实的形状更优。而与无机肥相比,施用羊粪能够显著提高果实硬度、含水量,改善口感^[12]。

综上所述,与无机肥或其他有机肥相比,羊粪有机肥可在一定程度上改善果蔬的营养品质、外在品质和口感品质,减少果实中有毒有害成分的积累,使果蔬更加绿色健康。

1.4 延长贮藏期

大部分果蔬的含水量高达 80%~90%。如果在无保护的情况下,水分将会迅速蒸发,同时伴随着衰老,从而影响贮藏期。从采摘到出售,新鲜的果蔬将会在这一过程中产生数量和品质的损失,影响生产者的利益^[16]。施肥会影响果蔬耐贮性,在果蔬生长发育的过程中,除了施用氮肥等无机肥外,还应该适当增施有机肥。施用有机肥可以改善果蔬品质,例如改善水果的硬度、体内酶含量等,从而影响产品的贮藏期。研究表明,施用羊粪种植的水果硬度显著提高,一般情况下,水果的硬度越大,越有利于贮藏^[17]。刘倩雯等^[12]研究发现,相比于无机肥,有机肥处理的枣果中抗坏血酸氧化酶活性显著降低,其中羊粪的效果最为明显。降低抗坏血酸氧化酶的活性可以减少其对维生素 C 的消耗,延缓果实在贮藏过程中营养流失。同时,无机肥和有机肥的处理均可以显著降低植物多酚氧化酶(PPO)的活性。PPO 可以将果实的底物酚氧化为醌,醌聚合成有色化合物使得果实褐变,所以降低 PPO 的活性,可以抑制褐变,延长贮藏期。除此之外,羊粪蚯蚓肥含有赤霉素和细胞分裂素^[18],细胞分裂素促进细胞分裂和膨大,赤霉素促进细胞生长,二者都可以促进植物生长抑制衰老。通过采摘前喷洒这些调节剂,可以增强果实的耐贮性和预防病害。而羊粪蚯蚓肥中的赤霉素和细胞分裂素也可能具有相同的作用。

2 羊粪对土壤的影响

2.1 改善土壤理化性质

长期使用过量化学肥料会加速土壤的酸化和盐基离子的流失,使得土壤持续恶化,从而降低土壤质量和植物生长性能。闵星星等^[19]研究发现,向草地土壤施加羊粪可以改变土壤的理化性质,施用无机肥和有机肥对表层土壤水分的积蓄无显著影响。而施用适量的腐熟羊粪能够降低土壤的容重和硬度,改善土壤结构,提高透气和透水性能。同时适量的腐熟羊粪可以显著提高土壤有机质、全氮、速效氮、速效磷的含量。总体来说,施用羊粪改善了土壤的理化性质。多糖作为一种重要的土壤有机质成分,影响着土壤的形成与稳定,与植物和微生物密切相关,已有研究表明,连续施用氮肥和羊粪可以改变土

壤多糖的含量和组成^[20]。通过向葡萄园土壤连续 12 年施用羊粪等有机肥,比较不同处理组发现,施用羊粪显著提高根际土壤酸性磷酸酶活性,而氮肥处理的土壤中酸性磷酸酶的活力显著下降^[21]。酸性磷酸酶同时存在土壤和植物体中,根际土壤中酸性磷酸酶主要是由植物根系和细菌微生物分泌,在有机磷分解和再利用的过程中起着重要的作用。根系分泌的酸性磷酸酶活性影响农作物对磷的吸收效率^[22]。所以羊粪和氮肥对土壤酸性磷酸酶活性的不同影响预示它们对植物的磷吸收效率有不同作用。Zhang 等^[23]研究表明,长期向干旱草原施用羊粪可以有效地增加土壤的有机碳含量,同时部分缓解由空气中氮硫沉积引起的土壤 pH 下降。有机质和 pH 的提高将有助于维持土壤中盐基离子含量和阳离子交换能力。土壤长期的生产力很大程度上受到阳离子交换能力的影响,所以施用羊粪可以提高土壤肥力。

2.2 影响土壤微生物

土壤含有丰富的微生物。这些微生物推动着土壤的发生和发育,将土壤和植物联系在一起进行物质和能量的交换。土壤微生物通过新陈代谢和死亡分解产生的物质为农作物提供养分,促进了营养素的循环;同时作物根系等部位产生的代谢产物可以被微生物吸收利用,从而维持其生命活动。土壤微生物在植物的生长发育过程中发挥着重要的作用。添加有机质不仅能为土壤供给养分和改善理化性质,还可以改变土壤微生物群落,从而影响植物的生长^[24]。已有研究表明,施用羊粪可以提高根际土壤微生物群落的丰度和菌群的多样性,稳定微生物群落结构,从而改善植物对营养成分的吸收效果。M. E. Calleja 等^[25]研究发现,施用腐熟羊粪可以提高土壤中营养的有效性和微生物活性,维持丰富的生物多样性,改善土壤微生物区系。用羊粪处理过的土壤更加青睐康复菌群落,康复菌群落可以有效降解羊粪中丰富的有机营养物质,从而为植物提供充足的营养。相比牛粪和鸡粪,施用羊粪提高了放线菌和细菌的数量。放线菌数量多的土壤可以为植物提供更加丰富的养分。而且放线菌还可以产生抗生素抑制有害菌。细菌数量增多可以促进各种有机质的分解,有利于土壤中营养物质循环利用^[5]。但相比于不施肥组,羊粪显著提高了真菌数量,真菌数量多表明土壤中病原菌含量高和土壤品质的恶化^[26]。

2.3 土壤保护

腐熟羊粪不仅可以作为有机肥,还能用作土壤

调节剂。矿区土壤通常含有大量的重金属,严重限制了土壤的再次利用。已有研究表明,将羊粪和马粪一比一混合添加到矿区土壤中可以提高土壤的pH值、阳离子交换能力和营养水平。粪肥调节剂通过提高土壤的pH值、有机质的含量和有机质的腐殖程度降低了铜锌的生物有效性^[27],从而减少植物对铜锌的吸收,生产出健康的产品。铬是一种土壤中常见的元素。人体中铬元素积累过多可能引起肾脏损伤等问题。绝大数的工业废弃物都含有三价铬和六价铬。由于六价铬与土壤颗粒吸附作用较弱,有较高的可溶性,很容易被植物吸收,渗透到地下,造成农作物和水质的污染^[28]。施用有机肥可以缓解六价铬的毒性和降低它的生物有效性^[29]。Mandal等^[30]研究表明,从羊粪等有机肥中提取的生物炭能有效地降低土壤中六价铬的毒性。

土壤侵蚀会污染水路,降低土壤肥力,已是我国首要的环境污染问题^[31]。土壤侵蚀受到气候(尤其是降雨)、植被、土壤和地质地貌的影响,这些因素互相作用。例如,土壤自身的特性影响植被的生长,而植被的减少会导致土壤进一步侵蚀。溅击侵蚀是土壤侵蚀的开始,坡度径流是土壤侵蚀的重要动力之一,两者均能引起土壤发生颗粒分散、剥离、泥沙输移和沉积四个过程^[32],从而形成水土流失。Gholami等^[33]在实验室中模拟一定斜坡和降雨强度,观察土壤的侵蚀情况发现,施用适量的羊粪可以降低溅击侵蚀,提高了径流时间,降低径流量、泥沙含量和土壤损失,从而保护土壤。

3 羊粪使用的注意事项

羊粪中的重金属和致病菌是使用时需要考虑的主要因素。铜添加剂由于其促生长和预防疾病的作用,在全球畜牧生产中被广泛使用。而在中国,管理部门对铜添加剂的使用量没有严格的规定,所以动物粪便的铜含量普遍较高。虽然相比于猪粪和鸡粪,羊粪中铜含量较少,但对土壤仍存在污染风险^[34]。使用合理的饲料配方可以降低粪便中的重金属排放。羊粪中的致病菌可以通过土壤到达地下水造成污染。这一过程受到羊粪中细菌的数量和土壤质地的影响^[35-36]。所以施肥前的堆肥灭菌处理和因地制宜的使用均能减少羊粪对水体的污染。而羊粪堆肥的过程中产生的氨气、氧化二氮等含氮气体排放到空气中^[37],会造成大气污染。所以应改进处理工艺,减少粪便处理过程中的废气排放量。最后,羊粪在入田之前,应对土壤和羊粪进行精准的养分

分析,确定羊粪合理用量,确保羊粪营养成分供给量和植物养分需求量之间的平衡。综上所述,实现羊粪的环保利用需要优化养殖管理、采用先进粪污处理工艺、适地适量使用。从羊粪产生到处理入田,全方位管理。

参考文献:

- [1] 赵有璋. 国内外养羊业发展趋势、问题和对策[J]. 现代畜牧兽医, 2015, (9): 63-68.
- [2] SMITH L E D, SICILIANO G. A comprehensive review of constraints to improved management of fertilizers in china and mitigation of diffuse water pollution from agriculture[J]. *Agric Ecosyst Environ*, 2015, 209:15-25.
- [3] JOSE LO PEZ-BUCIO, REZ A C, Herrera-Estrella L. The role of nutrient availability in regulating root architecture [J]. *Curr Opin Plant Biol*, 2003, 6:280-287.
- [4] 束怀瑞. 我国果树业生产现状和待研究的问题[J]. 中国工程科学, 2003, 5(2): 45-48.
- [5] 王孝娣. 高效生物有机肥在果树上的应用效应[D]. 山东泰安: 山东农业大学, 2005: 24-40.
- [6] 杨洪强, 接玉玲, 黄天栋, 等. 尿素、IBA和羊粪对苹果幼树新根的诱导与调控[J]. 中国农业科学, 2001, 34(1): 51-55.
- [7] 范伟国, 杨洪强. 不同基质对平邑甜茶幼树生长、根系形态与营养吸收的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2009, 15(4): 936-941.
- [8] AZARMI R, GIGLOU M T, HAJIEGHRARI B. The effect of sheep-manure vermicompost on quantitative and qualitative properties of cucumber (*Cucumis sativus* L.) grown in the greenhouse[J]. *Afr J Biotechnol*, 2009, 8(19): 4 953-4 957.
- [9] ABDELRAZZAG A. Effect of chicken manure, sheep manure and inorganic fertilizer on yield and nutrients uptake by onion [J]. *Pakistan J Biol Sci*, 2002, 5(3): 266-268.
- [10] 叶胜兰, 徐福利, 王渭玲, 等. 不同有机肥对黄土丘陵区梨枣生长、光合特性及果实品质的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2013, 19(2): 370-378.
- [11] OLIVA M, RINCON R, ZENTENO E, et al. Vermicompost role against sodium chloride stress in the growth and photosynthesis in tamarind plantlets (*Tamarindus indica* L.) [J]. *Gayana Bot*, 2008, 64(1): 10-17.
- [12] 刘倩雯. 有机肥对黄土高原梨枣生长、果实品质及土壤环境的效应研究[D]. 陕西杨凌: 西北农林科技大学, 2012: 31-38.
- [13] 杜中平, 聂书明. 不同羊粪用量对番茄品质及产量的影响[J]. 北方园艺, 2016(2): 36-38.
- [14] ØVSTHUS I, BRELAND T A, HAGEN S F, et al. Effects of organic and waste-derived fertilizers on yield, nitrogen and glucosinolate contents, and sensory quality of broccoli (*Brassica oleracea* L. var. *italica*) [J]. *J Agr Food Chem*, 2015, 63(50): 10 757-10 767.
- [15] 罗华, 李敏, 胡大刚, 等. 不同有机肥对肥城桃果实产量及品质的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2012, 18(4): 955-964.

- [16] DHALL R K. Advances in edible coatings for fresh fruits and vegetables; a review[J]. *Crit Rev Food Sci Nutr*, 2013, 53(5):435-450.
- [17] NAIDU R, HARTER R D. Effect of different organic ligands on cadmium sorption by and extractability from soils[J]. *Soil Sci*, 1998, 62:644-650.
- [18] TOMATI U, GALLI E, GRAPPELLIA A, et al. Effect of earthworm casts on protein synthesis in radish (*Raphanus sativum*) and lettuce (*Lactuca sativa*) seedlings[J]. *Biol Fert Soils*, 1989, 9:288-289.
- [19] 闵星星. 羊粪对青海草地早熟禾生长及草地土壤的影响[D]. 西宁:青海大学, 2014:13-14.
- [20] 郑海霞, 齐莎, K Lbl Angelika, 等. 氮肥和羊粪对内蒙古典型草原土壤多糖含量及组成的影响[J]. *土壤通报*, 2008, 39(6): 1 298-1 301.
- [21] 蒋宇航, 林生, 林伟伟, 等. 不同肥料对退化茶园根际土壤微生物代谢活性和群落结构的影响[J]. *生态学杂志*, 2017, 36(10):2 894-2 902.
- [22] 黄宇, 张海伟, 徐芳森. 植物酸性磷酸酶的研究进展[J]. *华中农业大学学报*, 2008, 27(1):148-154.
- [23] ZHANG Y, YANG S, FU M, et al. Sheep manure application increases soil exchangeable base cations in a semi-arid steppe of Inner Mongolia[J]. *J Arid Land*, 2015, 7(3):361-369.
- [24] 朱永官, 沈仁芳, 贺纪正, 等. 中国土壤微生物组: 进展与展望[J]. *中国科学院院刊*, 2017, 32(6):554-565.
- [25] CALLEJA-CERVANTES M E, MENÁNDEZ S, Fernández-González A J, et al. Changes in soil nutrient content and bacterial community after 12 ? years of organic amendment application to a vineyard[J]. *Eur J Soil Sci*, 2015, 66(4):802-812.
- [26] TOPOLIANTZ S X E, PHANIE, PONGE J X E, et al. Effect of organic manure and the endogeic earthworm *Pontoscolex corethrurus* (Oligochaeta: Glossoscolecidae) on soil fertility and bean production[J]. *Biol Fert Soils*, 2002, 36(4):313-319.
- [27] PÉREZ-ESTEBAN J, ESCOLÁSTICO C, MASAGUER A, et al. Effects of sheep and horse manure and pine bark amendments on metal distribution and chemical properties of contaminated mine soils[J]. *Eur J Soil Sci*, 2012, 63(5): 733-742.
- [28] RAJAPAKSHA A U, VITHANAGE M, OK Y S, et al. Cr (VI) formation related to Cr(III)-muscovite and birnessite interactions in ultramafic environments[J]. *Environ Sci Technol*, 2013, 47(17):9 722-9 729.
- [29] BOLAN N S, ADRIANO D C, NATESAN R, et al. Effects of organic amendments on the reduction and phytoavailability of chromate in mineral soil[J]. *J Environ Qual*, 2003, 32(1):120-128.
- [30] MANDAL S, SARKAR B, BOLAN N, et al. Enhancement of chromate reduction in soils by surface modified biochar[J]. *J Environ Manage*, 2017, 186:277-284.
- [31] 陈茁新, 张金池. 近 10 年全球水土保持研究热点问题述评[J]. *南京林业大学学报(自然科学版)*, 2018, 42(3):167-174.
- [32] 李占斌, 朱冰冰, 李鹏. 土壤侵蚀与水土保持研究进展[J]. *土壤学报*, 2008, 45(5):802-809.
- [33] GHOLAMI L, SADEGHI S H R, HOMAEE M. Different effects of sheep manure conditioner on runoff and soil loss components in eroded soil[J]. *Catena*, 2016, 139:99-104.
- [34] XIONG X, YANXIA L, WEI L, et al. Copper content in animal manures and potential risk of soil copper pollution with animal manure use in agriculture[J]. *Res Conserv Recycl*, 2010, 54(11):985-990.
- [35] UNC A, GOSS M J. Transport of bacteria from manure and protection of water resources[J]. *Appl Soil Ecol*, 2004, 25(1):1-18.
- [36] SEPEHRNIA N, MEMARIANFARD L, MOOSAVI A A, et al. Bacterial mobilization and transport through manure enriched soils; Experiment and modeling[J]. *J Environ Manage*, 2017, 201:388-396.
- [37] VELASCO-VELASCO J, PARKINSON R, KURI V. Ammonia emissions during vermicomposting of sheep manure[J]. *Bioresource Technol*, 2011, 102(23):10 959-10 964.

Application Effect of Sheep Manure on Plant and Soil

LU Wei, GAO Yuefeng, JIAN Luyang, LUO Hailing*

(State Key Laboratory of Animal Nutrition, College of Animal Science and Technology, China Agricultural University, Beijing 100193, China)

Abstract: Sheep manure is a slightly alkaline fertilizer with high nutrient concentration and high content of organic matter, nitrogen, phosphorus and potassium, which is suitable for all kinds of crops and soils. Sheep manure can promote the development of plant roots and improve yield and quality of fruit, physical-chemical properties of soil and biological environment. Meanwhile, sheep manure can reduce soil heavy-metal pollution and soil erosion. The sheep manure itself and hazardous substances generated during the treatment process will cause environmental pollution, so the scientific treatment and use of sheep manure is of great importance. This article mainly reviewed application effect of sheep manure on plant and soil as well as some do's and don'ts, aiming to provide a reference for the reasonable use of sheep manure.

Key words: sheep manure; fruit; root; soil; heavy-metal; soil erosion