

黄土高原坡地密植枣园土壤质地与肥力状况分析

闫亚丹^{1,2}, 蒋中波³, 徐福利^{1,3*}, 汪有科^{1,3}, 邹 诚^{1,2}

(1. 中国科学院水利部水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100049;
3. 西北农林科技大学, 陕西 杨凌 712100)

摘 要: 采用田间取样与实验室分析相结合的方法, 研究了黄土高原坡地密植枣园土壤质地与肥力状况。结果表明, 坡地枣园土壤肥力低, 氮、磷严重缺乏, 钾相对丰富, 土壤属于砂壤土, 通气性强, 保肥、保水性差。0~60 cm 土壤有机质含量为 1.687~5.002 mg/kg; 全氮为 0.072~0.316 g/kg; 硝酸盐为 2.325~16.846 g/kg; 铵态氮为 1.187~2.146 g/kg, 速效磷为 0.270~2.480 mg/kg, 速效钾为 51.9~169.1 mg/kg, 并且含量均随剖面下减少。颗粒组成大部分为粉砂粒, 含量一般在 65.75%~68.98%; 随有机质含量升高, 0.25~0.05 mm 微团聚体数量呈上升趋势, 二者为正相关; <0.05 mm 微团聚体含量则逐渐下降, 二者呈负相关。黄土高原坡地密植枣园土壤肥力总体水平很低。除了速效钾为中等级外, 有机质、全氮、碱解氮、速效磷均为很低等级。

关键词: 坡地; 枣园; 土壤质地; 土壤肥力; 黄土高原

中图分类号: S153.6⁺¹ **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2009)03-0174-05

黄土高原是我国水土流失的严重区域, 采用各种手段减少水土流失一直是一个重要的研究领域。栽植枣树不仅有效地防治水土流失, 创造良好的生态环境, 而且能够大幅度提高农村经济效益, 加快区域经济发展。红枣是黄土高原的优势果品, 适生性强, 耐储耐运, 作为重要的山坡地生物治理措施之一, 近年来得到了快速发展, 已经成为黄土高原退耕还林重要的后续产业。黄土高原光照充足, 昼夜温差大, 自然环境十分有利于枣树的生长, 是公认的红枣优生区。陕北黄土高原红枣 (*Zizyphus jujuba*) 种植主要分布在米脂、府谷、神木、佳县、吴堡、绥德、清涧、子洲 8 县。其中山地栽植矮化密植新品种红枣, 产量高, 品质佳, 已经成为黄土高原丘陵区的特色果品和主导产业。

坡地密植枣园土壤肥力, 是指在枣树生长发育全部过程中不断地供给最大量的有效养分和水分能力, 同时能自动协调枣树生长发育过程中最适宜的土壤空气和土壤温度的能力, 是土壤物理、化学、生物等性质的综合反映, 因此, 坡地土壤中的各种肥力因素不是孤立的, 而是相互联系和相互制约的。目前, 农地和宜农地土壤质地与肥力状况研究较多^[5,6,8~11], 但对原坡地枣园土壤质地与肥力的变化研究甚少。本文探讨了黄土高原坡地矮化密植枣树栽植质地与肥力状况, 旨在为黄土高原坡地密植枣树合理施肥和种植管理提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概括

试验地设在米脂县, 地处黄土高原腹部, 位于陕西省北部, 北承榆林, 南接绥德, 东靠佳县, 西邻横山、子洲, 东经 109°49'~110°29', 北纬 37°39'~38°5', 总面积 1 212 km², 东西长 59 km, 南北宽 47 km。海拔最高 1 252 m, 最低 843.2 m, 平均海拔 1 049 m, 属典型的黄土高原丘陵沟壑区。地貌主要以峁、梁、沟、川为主, 境内山峁达 20 378 个, 沟道 16 120 条, 构成沟壑纵横、梁峁起伏、支离破碎的地貌景观。试验地点在米脂县银洲镇孟岔村。距县城 4 km 的孟浩海山地红枣园, 是典型的陕北黄土高原丘陵沟壑区, 以黄绵土为主, 该地干旱少雨, 且年度分配不平衡, 其中 7、8 两月降雨占到 49%, 其他各月降雨偏少。试验采样点坡度 17°~34°, 高差约 100 m, 地形起伏较大, 坡向不一, 由 3 个小山丘构成, 采样面积 35 hm², 取样时间是 2008-04-15~2008-04-18。

1.2 数据获取和分析方法

在坡度 17°~34°的矮化密植枣园上从坡头到坡尾依次取样 JA、JB、JC、JD、JE。此样地常年不施肥。在邻近的常年施肥枣园取样 GG 作为对比。依据枣树根系分布深度和根系最大深度, 分别用土钻取样深度 200 cm, 每 20 cm 为一土层, 取样深度分布是 0~20、20~40、40~60、60~80、80~100、100~120、120

收稿日期: 2008-10-18

基金项目: 国家科技支撑计划项目“陕西半干旱区山地特色果品综合节水技术与示范”(2007BAD88B05)

作者简介: 闫亚丹(1981-), 男, 河南南阳人, 硕士, 研究方向为土壤营养。E-mail: yanyadan⁰⁶@mails.gucas.ac.cn。

* 通讯作者: 徐福利。E-mail: xfl@nwsuaf.edu.cn

~140、140~160、160~180、180~200 cm。根据其面积大小选择每块地采 5 个样点,共取土样 60 个,土样混合,混合后的鲜土用四分法留取 1 kg 左右,装入聚乙烯塑料袋,标记密封,带回实验室。部分土样放入冰箱在 0~4℃ 下保存用于测定土壤的速效氮和水分,其余土壤风干后研磨过筛保存,用于测定土壤有机质、全 N、速效 P、速效 K。原样测定土壤机械组成和土壤微团聚体含量。

土壤测试方法:有机质用重铬酸钾-硫酸氧化法,全 N 用半微量开氏法,速效 P 测定用 0.5 mol/L NaHCO₃ 浸提-钒比色法,速效 K 用醋酸铵浸提-火焰光度法,土壤的速效态氮(硝态氮和铵态氮)用 1 mol/L 的 KCl 溶液浸提,浸提液中的硝态氮和铵态氮采用连续流动分析仪测定^[1]。土壤机械组成和土壤微团聚体采用英国马尔文公司的 MS2000 型激光粒度仪^[2]。

2 结果与分析

2.1 坡地枣园土壤机械组成和土壤微团聚体

2.1.1 机械组成 通常将颗粒组成基本相似的土壤归于同一质地类别,它概括地反映了土壤内在的某些基本特性,所以在鉴定土壤和说明肥力特征时,颗粒组成往往是首先考虑的项目之一^[2]。通过测土壤的颗粒组成(表 1),可以看出,粒级分布相对集中。颗粒组成大部分为粉砂粒,粘粒含量很少。土壤属于砂质壤土,土壤通气性强,但是保肥、保水性差。

表 1 坡地密植枣园土壤的颗粒组成(%)

Table 1 Soil particle composition of hillside close-planting jujube field				
土层 Soil depth (cm)	砂粒 Sand (1~0.05 mm)	粉砂粒 Silt particle (0.05~0.001 mm)	粘粒 Clay (<0.001 mm)	物理性粘粒 Physical clay (<0.01 mm)
0~20	27.67	68.98	2.51	17.70
20~40	29.17	68.19	2.44	16.46
40~60	31.22	65.75	2.46	16.07

2.1.2 土壤微团聚体 土壤中<0.25 mm 的团聚体为微团聚体,土壤微团聚体形成主要是土壤颗粒在与阳离子(如 Ca²⁺)彼此相互作用下产生的凝聚过程,同时,有机质的胶结作用仍有一定影响^[3]。通过测定土壤的微团聚体组成(表 2)可以看出,从表层至深层,0.25~0.05 mm 微团聚体含量呈下降趋势,而<0.05 mm 微团聚体含量则在增加。对 5 个土样的分析结果表明,随着土壤有机质含量升高,

0.25~0.05 mm 微团聚体数量呈上升趋势,二者为正相关,而<0.05 mm 微团聚体含量逐渐下降,二者呈负相关,增加土壤有机质含量可以增加土壤的 0.25~0.05 mm 微团聚体含量。

表 2 坡地密植枣园土壤微团聚体组成

Table 2 Soil microaggregate of hillside close-planting jujube field					
土层 soil depth (cm)	不同微团聚体(mm) 粒级含量(%) The content of different microaggregate particle fraction				平均有机质 Average organic matter (g/kg)
	0.25~0.05	0.05~0.001	<0.001	<0.05	
0~20	25.28	69.07	4.57	73.65	4.167
20~40	22.88	70.14	6.00	76.14	3.092
40~60	22.69	71.61	4.82	76.43	2.438

2.2 坡地枣园土壤有机质含量

土壤有机质含量多少是土壤肥力高低的一项重要指标。土壤有机质不仅是土壤中各种营养元素特别是 N、P 的重要来源,而且土壤有机质使土壤具有保肥力和缓冲性,从而改善土壤的物理性质^[4],在植物营养和发育过程中起着十分重要的作用^[5]。在一定的有机质质量分数范围内,土壤肥力随有机质质量分数增加而提高。坡地枣园 0~60 cm 土壤含量有机质 1.687~5.002 g/kg,平均含量为 3.060 g/kg,变化幅度最大的在土层 0~40 cm,剖面向下有机质含量降低。梯田土壤的有机质含量平均为 4.80 g/kg^[6],坡地枣树的有机质相当于梯田的 63.7%。依据黄土丘陵区人工林地土壤肥力分级^[7],坡地枣树的有机质含量是很低等级。

其中传统不施肥红枣的土壤有机质含量明显低于矮化密植枣园。图 1 表明坡地枣园土壤有机质含量表层含量高于底层,从土壤肥力指标来分析,坡地枣园有机质含量在 1.0~5.0 g/kg。坡地土壤有机质含量很低,只是从原始的土壤进行了初步的肥力培育,下层土壤几乎是原始土壤母质。常年施肥枣园土样 GG 是经过施肥和土壤配肥的坡地土壤,从表层到 120 cm 有机质含量明显高于其他土壤,由相关性分析可知差异显著。表明坡地土壤经过施肥和土壤培肥措施,肥力会得到明显改变。枣树要从深层土壤来吸收营养物质可能性较少,因此,改良坡地土壤,增加施用化肥、有机肥和农作物秸秆是增加坡地枣园有机质的主要手段。

2.3 坡地枣园土壤全氮含量

坡地土壤全氮含量是土壤肥力中给枣树提供氮源的氮库,土壤全氮含量不仅用于衡量土壤氮素的基础肥力,而且还能反映土壤潜在肥力的高低,即土壤供氮的潜力^[4]。图 2 表明:(1) 整体而言,全氮含

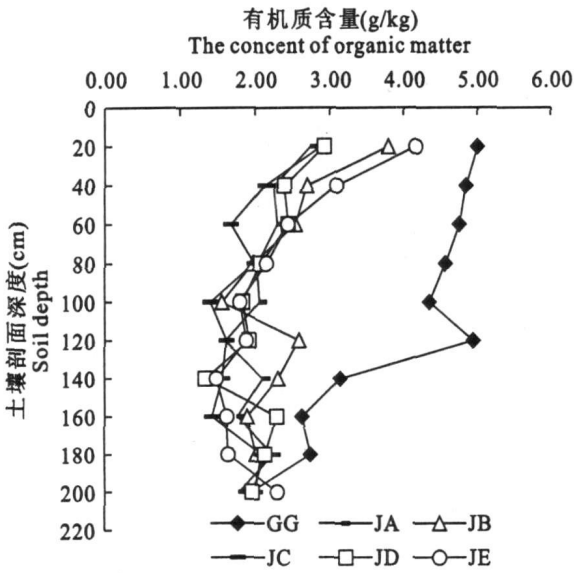


图 1 坡地密植枣园土壤有机质含量
Fig.1 The content of organic matter of hillside close-planting jujube field

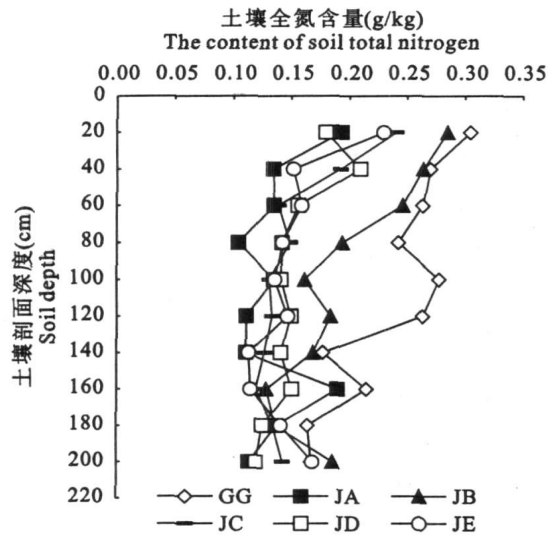


图 2 坡地密植枣树土壤全氮含量
Fig.2 The content of soil total nitrogen of hillside close-planting jujube field

壤的基本肥力不足,梯田土壤的全氮含量一般平均在 0.0340 mg/kg^[6],坡地枣树的全氮含量平均只有 0.0208 mg/kg。相当于梯田土壤的 61.1%。依据陕西土壤全氮分级标准^[7]和黄土丘陵区人工林地土壤肥力分级^[8],坡地枣树的全氮含量是很低等级。

2.4 坡地枣树土壤硝酸盐含量

坡地土壤硝酸盐含量是土壤速效氮供给的主要指标,从土壤剖面硝酸盐含量分布来看(图 3),0~60 cm 土壤的硝酸盐含量为 2.325~16.846 g/kg,平均值 5.429 g/kg。从表层到深层土壤的硝酸盐含量下降,其中 0~40 cm 是硝酸盐含量累积较高的层位,这是施用氮肥的主要范围。60~200 cm 硝酸盐含量基本稳定不变,且维持在较低水平。这是由于 60 cm 以上是枣树根系密布和活跃的范围,速效养分多集中在此。另外由于枣树对养分的消耗,由相关性分析可知施肥模式和传统模式的土壤硝酸盐含量差异不显著。

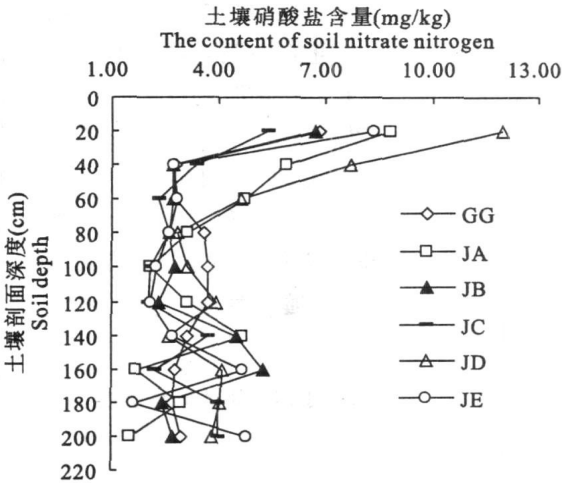


图 3 坡地密植枣树土壤硝酸盐含量
Fig.3 The content of soil nitrate nitrogen of hillside close-planting jujube field

量变化规律与有机质变化规律相似,有机质含量高的土壤全氮含量也高于其他土壤。这是因为土壤中的氮素有 99%以上来源于有机质,以腐殖质的形式存在。因此,土壤有机质含量的增加可以间接地增加氮素含量。(2) 枣园土壤中全氮含量从表层到下层依次降低,全氮含量主要集中在 0~80 cm 土层,80~200 cm 含量低。(3) 由相关性分析可知施肥模式与传统模式的土壤全氮含量差异显著,且施肥模式下全氮含量随土层深度的增加基本呈线性减少,而传统模式下全氮含量在 60~80 cm 处达到最低,且基本维持不变。土壤全氮含量低,说明坡地土

2.5 坡地枣树土壤铵态氮含量

铵态氮是以铵离子(NH₄⁺)形态存在于土壤、植物和肥料中的氮素。土壤中的铵态氮可被土壤胶体吸附,呈交换性铵态氮肥,能直接被植物吸收利用,与硝态氮同属于速效性氮素。铵离子带正电荷,容易被土壤吸附,不仅吸附在土壤表面,还可进入粘土矿物的晶体中,成为固定态铵离子。与硝态氮相比,铵态氮主要被吸附和固定在土壤胶体表面和胶体晶格中,移动性较小,比较容易被土壤“包存”^[9]。由图 4 可以看出:(1) 铵态氮无明显的累积层。(2) 施肥模式和传统模式下铵态氮含量无明显差异,但施肥

模式下由表层到深层铵态氮含量均一,传统模式下由表层到深层铵态氮含量有较大范围浮动。这主要是由于铵态氮易被土壤胶体所吸附,传统模式下土壤水溶液中的含量不高,而且铵态氮的迁移主要靠扩散,因而影响范围较小,表现为铵态氮含量有较大范围的浮动。而施肥模式下,氮肥的施入可提高铵态氮在土壤中的移动性,使含量趋于均一。

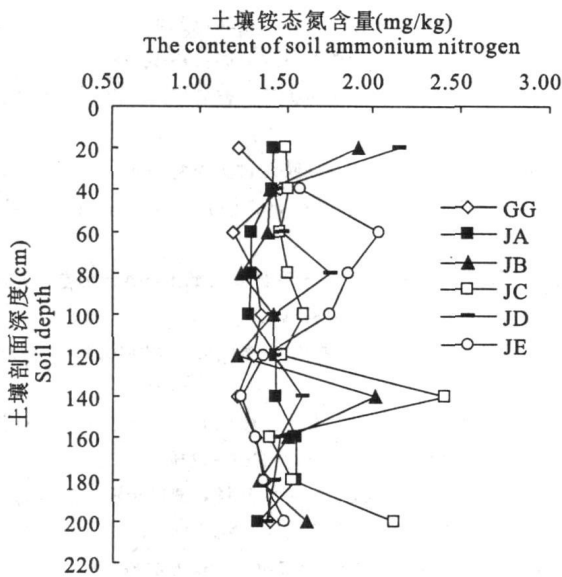


图 4 坡地密植枣树土壤铵态氮含量

Fig. 4 The content of soil ammonium nitrogen of hillside close-planting jujube field

2.6 坡地枣树土壤速效磷含量

土壤速效磷反映土壤磷素现实供应状况,也是表征土壤肥力的主要指标^[10]。参照陕西土壤养分的分级标准^[7],表 3 表明两种模式下速效磷含量均属很低等级,这是因为土壤中大量游离碳酸钙的存在,大部分磷成为难溶性的磷酸钙盐^[11]。而施肥模

式每年施用磷肥,效果显著,其土壤速效磷含量远高于未施肥土壤。从表层到深层速效磷含量依次减少,可能是因为表层有机质和微生物的活动增加了矿物质的分解和养分累积,提高了速效磷含量。坡地枣园的土壤速效磷含量平均值为 0.871 mg/kg,梯田的土壤速效磷含量平均值 2.930 mg/kg^[10],坡地速效磷只有梯田的 29.7%,说明坡地土壤严重缺磷,必须重视磷肥的使用,才能提高土壤的速效磷含量。

2.7 坡地枣树土壤速效钾含量

参照陕西土壤养分的分级标准^[7],施肥模式下速效钾含量为高等级,传统模式下速效钾含量为中等级(表 3)。施肥模式下显著高于传统模式,且表层高于深层,这是因为黄土高原土壤钾贮量很高,但大部分以长石类含钾矿物的形态存在。在黄土高原坡地密植枣树虽不能增加土壤养分库中钾的绝对贮量,但能通过枣树根系及土壤微生物活动促进难溶无效的矿物态钾向水溶性及交换性钾转化。微生物在分解枣树凋落物时会形成一系列酸酚类络合、螯合物。枣树在其旺盛生长时期也通过庞大的根系及数量众多的微生物体向根际土壤分泌有机酸酚类物质,同时释放大量的 CO₂ 形成 H₂CO₃。这些有机酸酚和无机 H₂CO₃ 促进长石类含钾矿物不断分解风化,使其中封闭的无效态钾释放转化为有效钾,增加土壤养分库中有效钾贮量。当枣树生长过于旺盛,根系在深层土壤中的吸钾速度大于土壤难溶钾的风化释放速度时,深层土壤的有效钾含量可能会小于表层,实现钾从土壤深层向表层的迁移富集^[12]。依据陕西土壤养分的分级标准^[7]和黄土丘陵区人工林地土壤肥力分级^[8],坡地枣树的有效钾含量是中等级。

表 3 坡地密植枣树土壤速效磷钾含量(mg/kg)

Table 3 Available phosphorus and potassium of hillside close-planting jujube field

项目 Item	土层 Soil depth(cm)	GG	JA	JB	JC	JD	JE
速效磷 Available phosphorus	0~20	2.480 _a	0.850 _b	0.710 _{bc}	0.790 _{bc}	0.570 _c	0.870 _{bc}
	20~40	2.010 _a	0.890 _b	0.600 _{bc}	0.660 _{bc}	0.410 _c	0.300 _{bc}
	40~60	2.240 _a	0.670 _b	0.490 _{bc}	0.560 _{bc}	0.270 _c	0.310 _{bc}
速效钾 Available potassium	0~20	145.60 _a	87.57 _b	81.29 _{cd}	89.17 _{bc}	69.70 _{cd}	69.88 _d
	20~40	116.13 _a	95.29 _b	54.94 _{cd}	73.39 _{bc}	58.46 _{cd}	53.23 _d
	40~60	122.15 _a	77.87 _b	51.90 _{cd}	78.93 _{bc}	60.10 _{cd}	52.26 _d

注:小写英文字母表示 LSD 法多重比较结果(α=5%)。
Note: Lowercase letters indicate the results of the least significant difference (α=5%) .

3 结 论

参照陕西土壤养分的分级标准^[7]和依据黄土丘

陵区人工林地土壤肥力分级^[8],坡地枣园土壤严重缺氮、严重缺磷,钾相对丰富,坡地枣园的有机质相当于梯田的 63.7%,全氮含量相当于梯田土壤的

61.1%。参照陕西土壤养分的分级标准^[7]和黄土丘陵区人工林地土壤肥力分级^[8],黄土高原坡地密植枣园土壤养分除了速效钾为中等级外,有机质、全氮、碱解氮、速效磷均为很低等级,表明该区土壤肥力总体水平很低。提高坡地土壤肥力,增加土壤速效氮、速效磷的含量将是提高坡地枣树产量和改善品质的重要措施。

黄土高原坡地密植枣园土壤有机质、全氮、硝态氮、速效磷、速效钾含量随土层深度的增加而减少,红枣是深根植物,深层土壤的肥力能够影响养分的吸收,施肥深度会影响肥料的使用效果,也会影响枣树的根系分布。滴灌可以节约水分,也可以增大土壤的湿润体,对肥料在土壤中的时空分布也会产生影响,图 2、图 3、图 4 说明,深层土壤尽管养分含量低,但会提供给枣树一定量的养分。

土壤机械分析表明,坡地枣园土壤粒级分布相对集中,颗粒组成大部分为粉砂粒,粘粒含量很少。土壤属于砂质壤土,土壤通气性强,但是保肥、保水性差。

微团聚体含量分析看出,从表层至深层,0.25~0.05 mm 微团聚体含量呈下降趋势,而<0.05 mm 微团聚体含量增加。对 6 个土样的分析结果表明,随有土壤有机质含量升高,0.25~0.05 mm 微团聚体数量呈上升趋势,二者为正相关,而<0.05 mm 微团聚体含量逐渐下降,二者呈负相关。增加土壤有

机质含量可以增加土壤的 0.25~0.05 mm 微团聚体含量。

参 考 文 献:

- [1] 鲍士旦.土壤农化分析(第三版)[M].北京:中国农业出版社,2000;25—114.
- [2] 李玉山,韩仕峰,汪正华.黄土高原水分性质及其分区[J].中科院西北水土保持研究所集刊,1985,(2);1—17.
- [3] 王夏晖,王益权,Kuznetsov M S.黄土高原几种主要土壤的物理性质研究[J].水土保持学报,2000,(4);99—103.
- [4] 盛积贵.枣庄地区土壤养分状况调查分析[J].内蒙古农业科技,2007,(2);38—39.
- [5] 郝文芳,单长卷,梁宗锁,等.陕北黄土丘陵沟壑区人工刺槐林土壤养分背景和生产力关系研究[J].林业科学,2005,(9);129—135.
- [6] 王 军,傅伯杰,邱 扬.黄土高原小流域土壤养分的空间异质性[J].生态学报,2002,22(8);1173—1178.
- [7] 陕西土壤普查办公室.陕西土壤[M].北京:科学出版社,1992;322—474.
- [8] 许明祥,刘国彬,卜崇峰.黄土丘陵区人工林地土壤肥力评价[J].西北植物学报,2003,23(8);1367—1371.
- [9] 熊淑萍,姬兴杰,李春明,等.不同肥料处理对土壤铵态氮时空变化影响的研究[J].农业环境科学学报,2008,(3);978—983.
- [10] 刘洪鹄,赵玉明,王秀颖.土壤肥力评价方法探讨[J].长江科学院院报,2008,25(3);62—66.
- [11] 张 红.不同植被覆盖下子午岭土壤养分状况研究[J].干旱地区农业研究,2006,(2);66—69.
- [12] 李瑞雪.黄土高原沙棘、刺槐人工林对土壤的培肥效应及其模型[J].土壤侵蚀与水土保持学报,1998,(1);14—21.

Analysis of the soil texture and fertility status of hillside close-planting jujube field on the Loess Plateau

YAN Ya-dan^{1,2}, JIANG Zhong-bo³, XU Fu-li^{1,3*}, WANG You-ke^{1,3}, ZOU Cheng^{1,2}

(1. Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resource, Yangling, Shaanxi 712100, China; 2. Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China; 3. Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: Study was made on the soil texture and fertility status of hillside close-planting jujube field on the Loess Plateau. The results displayed: The soil appears low-fertility due to serious lack of N, P but K; The soil is sandy loam that has good soil aeration but bad water and nutrient retention. The content of soil nutrients of 0~60 cm is as follows: organic matter: 1.687~5.002 mg/kg, total N: 0.072~0.316 g/kg, NO₃⁻-N: 2.325~16.846 g/kg, NH₄⁺-N: 1.187~2.146 g/kg, avail-P: 0.270~2.480 mg/kg, avail-K: 51.9~169.1 mg/kg. All of them above decrease gradually with the decreasing of soil profile. The soil particle is silt particle and the content is generally 65.75%~68.98%. With the increasing of content of organic matters, the 0.25~0.05 mm microaggregate reduced but <0.05 mm microaggregate increased. The fertility status of jujube close planting in hillside field on the Loess Plateau was on the low side as a whole. All the nutrients content was lower except avail-K was on a middle grade.

Keywords: hillside field; jujube; soil texture; soil fertility; Loess Plateau