

ISSN 0564-3929

Acta Pedologica Sinica 土壤学报

Turang Xuebao

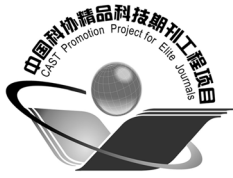


中国土壤学会 主办
科学出版社 出版

2015

第52卷 第6期

Vol.52 No.6



土壤学报

(Turang Xuebao)



第 52 卷 第 6 期 2015 年 11 月

目次

综述与评论

- 耕地地力评价指标体系构建中的问题与分析逻辑…………… 赵彦锋 程道全 陈杰等 (1197)
- 蚯蚓对土壤温室气体排放的影响及机制研究进展…………… 卢明珠 吕宪国 管强等 (1209)

研究论文

- 高寒山区地形序列土壤有机碳和无机碳垂直分布特征及其影响因素… 杨帆 黄来明 李德成等 (1226)
- 中国中、东部典型县域土壤与地表水体多样性的粒度效应及关联性…………… 任圆圆 张学雷 (1237)
- 渭北台塬区耕地土壤速效养分时空变异特征…………… 于洋 赵业婷 常庆瑞 (1251)
- 黄河三角洲土壤含水量状况的高光谱估测与遥感反演…………… 李萍 赵庚星 高明秀等 (1262)
- 干湿交替对黄土崩解速度的影响…………… 王健 马璠 张鹏辉等 (1273)
- 晋陕蒙接壤区露天矿层状土壤水分入渗特征与模拟…………… 吴奇凡 樊军 杨晓莉等 (1280)
- 旱作褐土中氧化铁的厌氧还原与光合型亚铁氧化特征…………… 孙丽蓉 王旭刚 徐晓峰等 (1291)
- 流动电位法研究高岭石胶体对包铝石英砂zeta电位的影响…………… 李忠意 徐仁扣 (1301)
- 近10年中国大陆主要粮食作物氮肥利用率分析…………… 于飞 施卫明 (1311)
- 太行山山麓平原30年间土壤养分与供肥能力变化…………… 刘建玲 贾可 廖文华等 (1325)
- 亚热带丘陵小流域土壤碳氮磷生态计量特征的空间分异性…………… 杨文 周脚根 王美慧等 (1336)
- 塔里木盆地北缘绿洲土壤化学计量特征…………… 李红林 贡璐 朱美玲等 (1345)
- 东北平原土壤硒分布特征及影响因素…………… 戴慧敏 宫传东 董北等 (1356)
- 浙江南部亚热带森林土壤植硅体碳的研究…………… 林维雷 应雨骐 姜培坤等 (1365)
- 土壤非多次叠加污染对蚯蚓的毒性效应…………… 马静静 钱新春 张伟等 (1374)
- 有机肥对黄瓜枯萎病的防治效果及防病机理研究…………… 赵丽娅 李文庆 唐龙翔等 (1383)
- 滴灌枸杞对龟裂碱土几种酶活性的改良效应…………… 张体彬 康跃虎 万书勤等 (1392)
- 石羊河流域中下游浅层地温变化及其对气温变化的响应…………… 杨晓玲 丁文魁 马中华等 (1401)
- 高放废物处置库预选场址包气带土壤渗透性研究…………… 李杰彪 苏锐 周志超等 (1412)

研究简报

- 基于TM数据的黑土有机质含量空间格局反演研究…………… 宋金红 吴景贵 赵欣宇等 (1422)
- 陕西省玉米土壤肥力与施肥效应评估…………… 单燕 李水利 李茹等 (1430)
- 宇宙射线土壤水分观测方法在黄土高原草地植被的应用…………… 赵纯 袁国富 刘晓等 (1438)

信息

- 《土壤学报》入选“2015期刊数字影响力100强”…………… (1437)

封面图片：滴灌枸杞改良龟裂碱土重度盐碱荒地（由张体彬提供）

DOI: 10.11766/trxb201504270199

陕西省玉米土壤肥力与施肥效应评估*

单燕¹ 李水利² 李茹² 石磊² 同延安^{1†}

(1 西北农林科技大学资源环境学院, 陕西杨凌 712100)

(2 陕西省土壤肥料工作站, 西安 710004)

摘要 为了解陕西省玉米耕地土壤肥力和施肥状况, 对2005—2009年玉米测土配方施肥项目75个县7 416个土壤数据和913个“3414”肥料试验数据以及23 942个农户抽样调查数据进行了分析。结果表明, 陕西玉米土壤有机质、碱解氮、有效磷和速效钾含量分别为15.2 g kg⁻¹、72.7 mg kg⁻¹、19.7 mg kg⁻¹和153.9 mg kg⁻¹。其中, 陕南秦巴山区土壤有机质和碱解氮的含量最高; 关中灌区的有效磷和速效钾的含量最高。在2000年, 陕西省玉米氮肥(纯N)、磷肥(P₂O₅)和钾肥(K₂O)的投入量分别为225.00、63.00和19.65 kg hm⁻², 分别较20世纪80年代提高了114%、500%和1 300%。全省玉米土壤氮素盈余60.0 kg hm⁻²; 磷素和钾素亏缺4.5和166.5 kg hm⁻²。因此, 建议今后玉米生产中适当减少氮肥投入, 增加磷钾肥投入。

关键词 土壤肥力; 玉米; 产量; 土壤养分; 施肥量

中图分类号 S513; S365 **文献标识码** A

近年来, 随着国内玉米消费量的加大, 我国玉米进口量逐步增加, 至2012年达到521 × 10⁴ t, 较2010年增加69.8%^[1]。玉米是陕西省重要的粮食作物^[2], 陕西省玉米生产的稳定性对于保障全国粮食安全具有重要的意义^[3]。据统计, 至2011年, 陕西省玉米总产量已达550 × 10⁴ t, 单产约4 600 kg hm⁻², 低于全国平均水平5 700 kg hm⁻²^[4]。因此, 提高玉米产量成为解决玉米供需矛盾的关键。合理施用化肥是玉米高产稳产的重要保证之一^[5]。刘芬等^[6]研究表明, 氮、磷、钾化肥对玉米产量的贡献率分别为23.0%、12.6%和7.0%。但过量的化肥投入不但不增产反而有可能减产^[6-7]。段敏^[3]研究表明关中平原夏玉米施氮量合适的农户仅占13.8%。吴良泉等^[8]研究表明在西北旱作玉米区相对产量随着有效磷的增加而增加。侯云鹏等^[9]研究表明玉米产量和施钾效果与土壤肥力关系密切, 低肥力土壤玉米产量对钾肥的反应更明显。目前, 关于陕西省玉米施肥效果评价的研究很少, 并且未与土壤肥力结合起来。本研究从2005—

2009年的陕西省测土配方项目玉米土壤数据着手, 结合农户调查数据, 分析当前全省的玉米田肥力及肥料投入状况, 明确施肥量与土壤肥力对玉米产量的影响, 以期为陕西省玉米单产的突破提供技术支撑。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

陕西省位于中国西北部, 地处东经105°29′~111°15′和北纬31°42′~39°35′之间。北山和秦岭将陕西分为三大自然区域: 北部是渭北旱塬, 中部是关中平原, 南部是陕南秦巴山区。关中地区以种植夏玉米为主, 渭北种植春玉米, 陕南玉米种植面积较小^[10]。陕西省年均降水量为576.9 mm, 主要集中在7—8月。年均气温13.0℃, 无霜期218 d左右, 光照充足, 是玉米生长的适宜地区。

1.2 研究方法

数据来自于2005—2009年陕西省玉米测土配

* 国家科技支撑计划项目(2012BAD05B03)资助

† 通讯作者, E-mail: tongyanan@nwsuaf.edu.cn

作者简介: 单燕(1990—), 女, 山东威海人, 硕士研究生, 从事施肥与环境研究。E-mail: shanyan1990@sina.com

收稿日期: 2015-04-27; 收到修改稿日期: 2015-07-30

方施肥项目75个县的7 416个土壤测定数据以及913个“3414”肥料试验数据。此外，在项目实施期间，以县为单位，选择不同生产水平有代表性的农户进行调查，累计获得农户调查数据23 492个。

玉米测土配方施肥项目的数据主要包括关中灌区、渭北旱塬、陕南秦巴山区农户化肥的投入和玉米地土壤有机质、碱解氮、有效磷和速效钾含量以及玉米的产量。土壤有机质含量采用重铬酸钾外加热容量法测定；碱解氮含量采用碱解扩散法测定；有效磷含量采用 0.5 mol L^{-1} 碳酸氢钠浸提—钼锑抗比色法测定；速效钾含量采用 1 mol L^{-1} 乙酸铵提取—火焰光度法测定。

1.3 数据处理

所有数据用Excel和Spss17.0统计软件处理分析。

2 结 果

2.1 玉米耕地土壤肥力

陕西全省土壤有机质平均含量已由20世纪80年代的 10.7 g kg^{-1} 上升至2005—2009年的 14.3 g kg^{-1} 。目前，全省玉米耕地土壤有机质含量为 15.2 g kg^{-1} 。其中，渭北旱塬玉米土壤有机质平均含量为 13.2 g kg^{-1} ，主要集中在 $10 \sim 20 \text{ g kg}^{-1}$ ，在区域玉米田总面积中占76.2%。关中灌区玉米土壤有机质平均含量为 15.4 g kg^{-1} 。陕南秦巴山区玉米土壤有机质平均含量为 20.3 g kg^{-1} 。从图1中可以看出，渭北旱塬玉米土壤有机质含量最低，而陕南秦巴山区有机质含量最高，高于全省平均水平约 6 g kg^{-1} 。因此引导渭北旱塬农户增施有机肥是陕西省玉米增产的主要措施之一。

20世纪80年代全省土壤碱解氮平均含量为 49.0 mg kg^{-1} ，2005—2009年上升至 69.0 mg kg^{-1} 。陕西不同生态区玉米耕地土壤碱解氮含量频率分布见图2，全省玉米地土壤碱解氮平均含量为 72.7 mg kg^{-1} ，渭北旱塬和关中灌区玉米土壤碱解氮含量主要集中在 $50 \sim 80 \text{ mg kg}^{-1}$ ，在区域玉米田总面积中分别占50.1%和53.6%。陕南秦巴山区玉米土壤碱解氮平均含量为 112.7 mg kg^{-1} ，主要集中在 100 mg kg^{-1} 以上，明显高于陕西省其他地区。在今后的施肥工作中应当大幅度降低陕南秦巴山区玉米耕地氮肥的投入。

全省土壤有效磷由20世纪80年代的 6.7 mg kg^{-1}

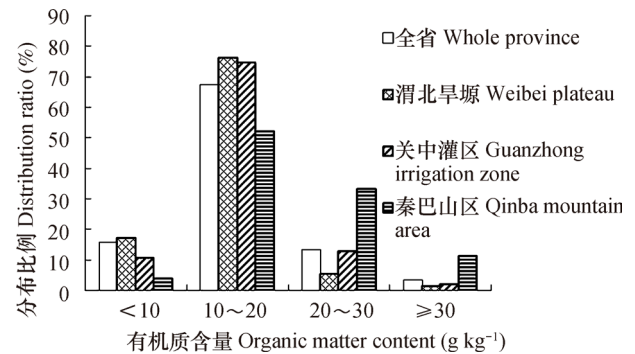


图1 2005—2009年陕西不同生态区玉米耕地土壤有机质含量频率分布

Fig. 1 Frequency distribution of soil organic matter contents in maize fields of Shaanxi Province relative to ecological area (2005—2009)

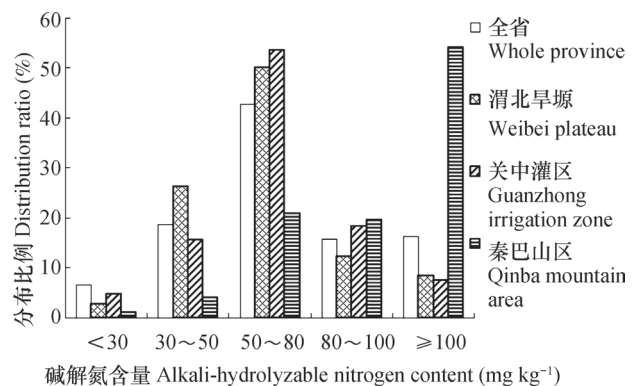


图2 2005—2009年陕西不同生态区玉米耕地土壤碱解氮含量频率分布

Fig. 2 Frequency distribution of soil alkali-hydrolyzable nitrogen content in maize fields of Shaanxi Province relative to ecological area (2005—2009)

上升至2005—2009年的 18.5 mg kg^{-1} 。从图3可以看出全省玉米土壤有效磷平均含量为 19.7 mg kg^{-1} ，渭北旱塬和陕南秦巴山区土壤有效磷主要集中在 $5.0 \sim 15.0 \text{ mg kg}^{-1}$ ，在区域玉米田总面积中分别占54.3%和47.2%；关中平原玉米土壤有效磷平均含量为 25.0 mg kg^{-1} 。全省玉米耕地有效磷含量表现为关中灌区>陕南秦巴山区渭北旱塬，只有关中灌区玉米土壤有效磷含量高于全省平均水平。

近30年来，全省土壤速效钾含量略有上升，从20世纪80年代至21世纪初提高了6.4%。陕西不同生态区玉米耕地土壤速效钾含量频率分布见图4，全省玉米土壤速效钾平均含量为 153.9 mg kg^{-1} ，渭北旱塬和关中灌区玉米土壤速效钾平均含量分别为 165.8 mg kg^{-1} 和 171.7 mg kg^{-1} ，主要集

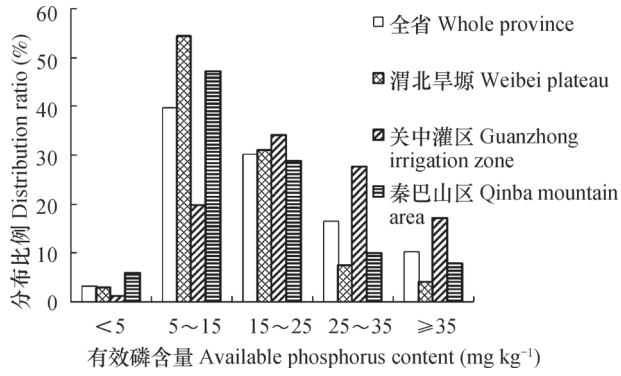


图3 2005—2009年陕西不同生态区玉米耕地土壤有效磷含量频率分布

Fig. 3 Frequency distribution of soil available phosphorus content in maize fields of Shaanxi Province relative to ecological area (2005—2009)

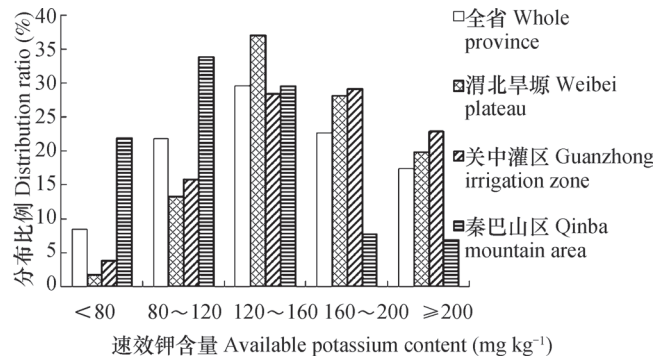


图4 2005—2009年陕西不同生态区玉米耕地土壤速效钾含量频率分布

Fig. 4 Frequency distribution of soil available potassium in maize fields of Shaanxi Province relative to ecological area (2005—2009)

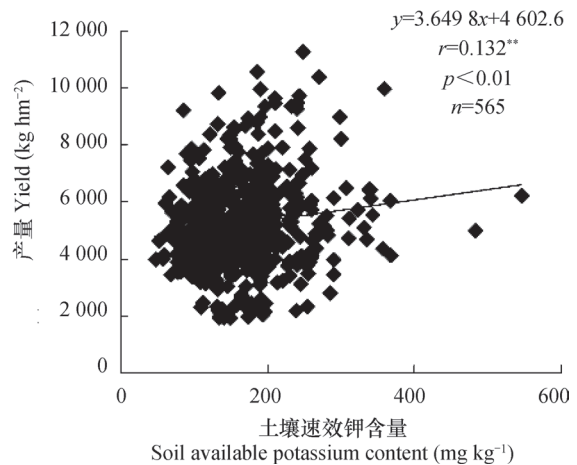
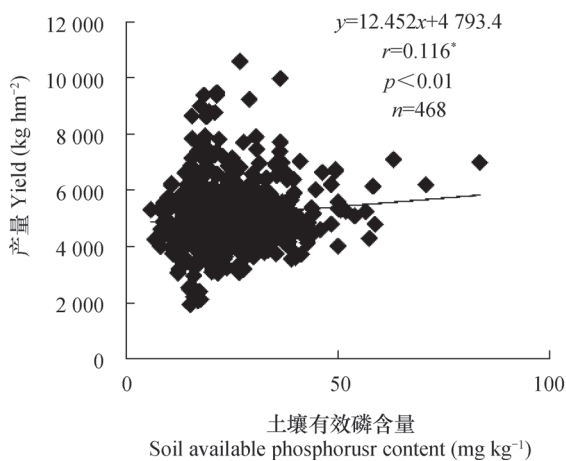
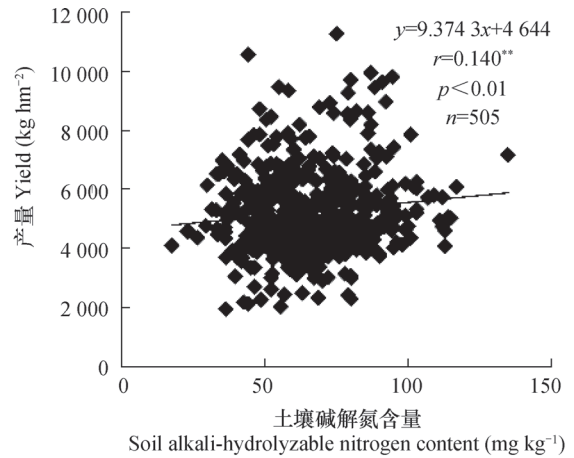
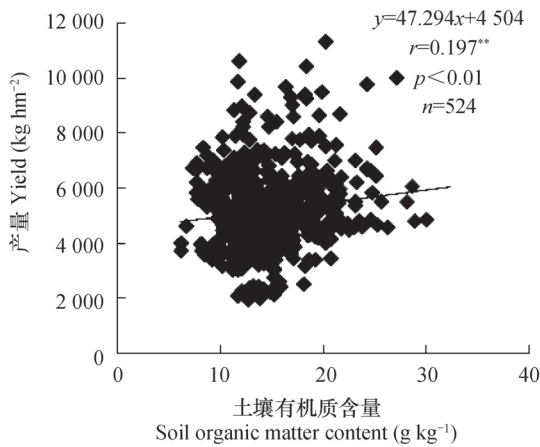


图5 2005—2009年玉米耕地土壤有机质、碱解氮、有效磷、速效钾含量与玉米产量的关系

Fig. 5 Relationships of maize yield with content of soil organic matter, alkali-hydrolyzable nitrogen, available phosphorus, and available potassium, respectively, in 2005—2009

中在120~200 mg kg⁻¹；陕南秦巴山区玉米土壤速效钾平均含量为117.9 mg kg⁻¹。关中灌区玉米速效钾含量最高，而陕南秦巴山区含量低于全省平均水平。在今后的施肥工作中应该增加陕南秦巴山区玉米耕地钾肥的投入。

2.2 玉米耕地土壤肥力与产量的关系

将陕西省各生态区玉米耕地土壤有机质、碱解氮、有效磷和速效钾含量分别与“3414”试验中无肥区玉米产量进行线性回归分析。关中地区玉米耕地土壤有机质、碱解氮、有效磷、速效钾含量与玉米产量的关系见图5，土壤有机质、碱解氮、有效磷、速效钾与玉米产量存在线性正相关关系。其中，土壤有效磷对玉米产量的影响最大，土

壤有效磷每提高1.00 mg kg⁻¹，玉米产量提高4 806 kg hm⁻²。碱解氮对玉米产量的影响最小，土壤碱解氮含量每提高1.00 mg kg⁻¹，玉米产量提高4 653 kg hm⁻²。

2.3 施肥量与玉米产量的历史变化

由陕西省各生态区肥料投入与玉米单产的变化（表1）中可知，1970s—2000s间，各生态区玉米单产随着化肥用量的增加均有大幅度提高。全省氮肥用量增加了4倍，达到225 kg hm⁻²。上世纪70年代之前，玉米地几乎不施磷、钾肥，而近几十年，人们逐渐认识到磷肥的重要性，其施用量也逐步增加，此外由于黄土高原区土壤母质中钾含量普遍较高，因此，钾肥用量在低水平下逐渐增加。

表1 陕西省各生态区肥料投入与玉米单产的变化

Table 1 Nutrition inputs and maize yields in different areas of Shaanxi Province

地区 Area	年代 Age	氮肥投入量 N application (kg hm ⁻²)	样本量 Sample number	磷肥投入量 P ₂ O ₅ application (kg hm ⁻²)	样本量 Sample number	钾肥投入量 K ₂ O application (kg hm ⁻²)	样本量 Sample number	玉米单产 Maize yield (kg hm ⁻²)	样本量 Sample number
渭北 Weibei plateau	1970s	90.00	3	—	—	—	—	2 520.00	14
	1980s	105.00	15	19.50	4	0.00	4	3 180.00	7
	1990s	150.00	9	37.50	9	1.35	9	3 270.00	3
	2000s	225.00	9 758	88.50	9 758	34.65	9 758	7 080.00	9 758
关中 Guanzhong irrigation zone	1970s	30.00	3	—	—	—	—	4 320.00	33
	1980s	120.00	4	7.50	4	0.45	4	4 935.00	8
	1990s	195.00	10	25.50	9	0.60	9	6 435.00	3
	2000s	240.00	9 773	48.00	9 773	19.35	9 773	6 885.00	9 773
秦巴山区 Qinba mountain area	1970s	—	—	—	—	—	—	2 505.00	2
	1980s	7.50	4	7.50	4	0.00	4	2 610.00	2
	1990s	135.00	8	7.50	8	0.15	8	3 750.00	2
	2000s	195.00	3 961	31.50	3 961	9.60	3 961	4 875.00	3 961
全省 Whole province	1970s	45.00	9	—	—	—	—	3 465.00	49
	1980s	105.00	23	10.50	12	0.15	12	4 020.00	17
	1990s	180.00	27	25.50	26	0.60	26	5 490.00	8
	2000s	225.00	23 492	63.00	23 492	19.65	23 492	6 780.00	23 492

注：数据来源于参考文献 [10] 和农户调查数据，“—”表示未找到数据来源 Note: Date from reference and sampling surveys of households, “—” mean data deficiency

2.4 施肥与玉米产量的关系

陕西全省玉米产量分别与氮、磷、钾肥施用量呈极显著或显著相关关系（图6）。其中施钾量的增加对玉米产量的影响最大。但化肥的增产效果不是无限大的，随着化肥用量的增加，玉米籽粒产量呈现先增加后减少的趋势，肥料增产效果下降，这与施肥效应递减规律是一致的。

2.5 玉米耕地肥料投入与养分表现平衡

陕西省不同生态区玉米耕地N、P、K平均盈亏

量见图7。从图中可以看出，全省玉米土壤养分盈亏状况总体上是氮盈余，磷、钾亏缺。氮素盈余60.00 kg hm⁻²、磷素亏缺4.50 kg hm⁻²、钾素亏缺166.50 kg hm⁻²。在不同生态区域中，渭北旱塬玉米土壤氮、磷、钾素盈余量分别为4.50 kg hm⁻²和22.50 kg hm⁻²，钾素亏缺117.00 kg hm⁻²；关中灌区玉米土壤氮素盈余量为100.50 kg hm⁻²，而磷、钾素产生亏缺，亏缺量分别为21.00 kg hm⁻²和160.50 kg hm⁻²；陕南秦巴山区玉米土壤氮素盈余量为

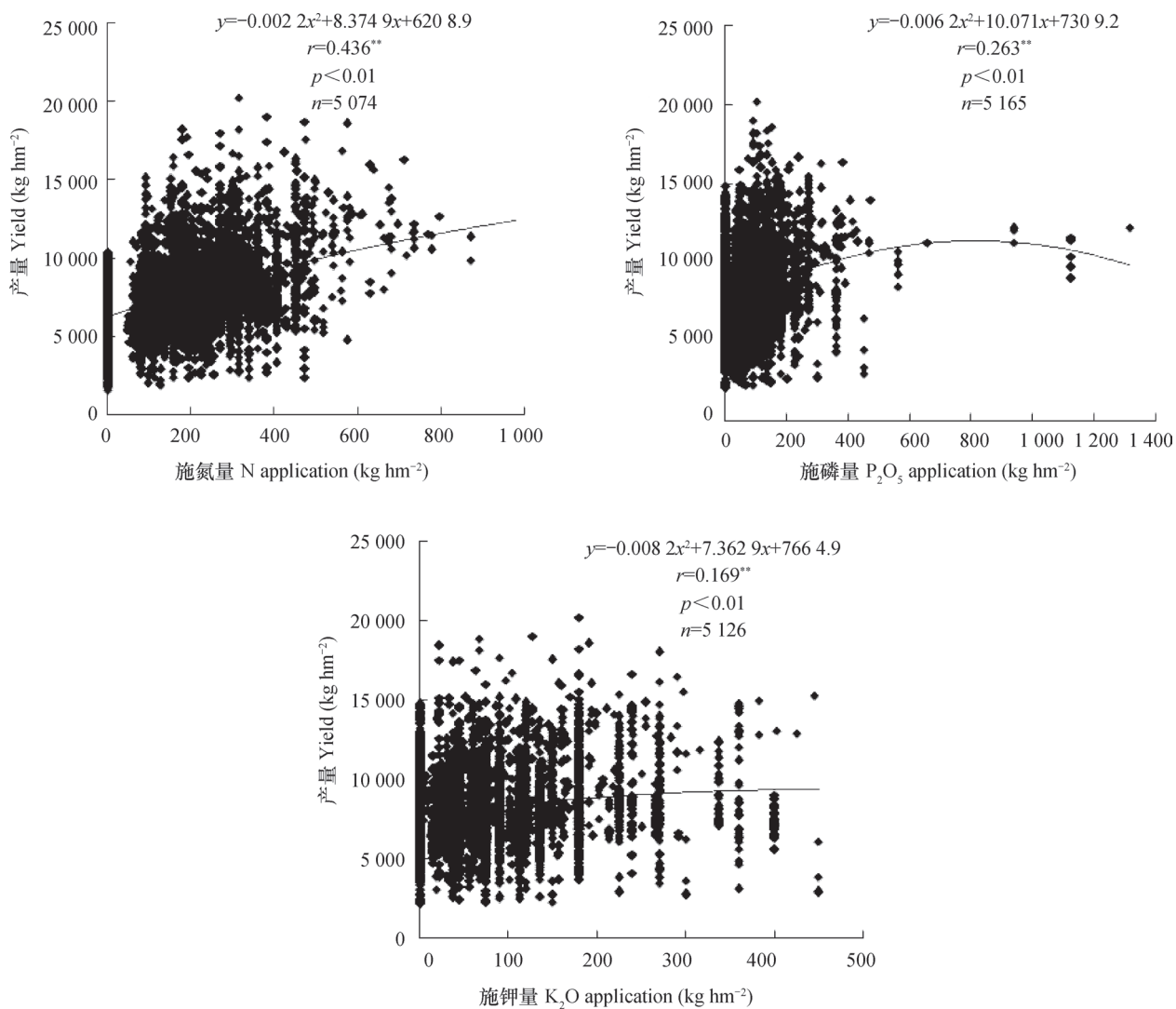


图6 2005—2009年玉米 N、P₂O₅ and K₂O 平均施用量与产量的关系

Fig. 6 Relationship of maize yield with N, P₂O₅ and K₂O application in 2005—2009

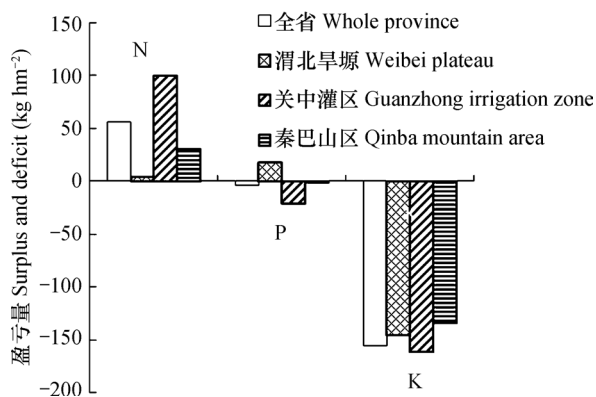


图7 2005—2009年陕西省不同生态区玉米耕地N、P、K平均盈亏量

Fig. 7 Average amount of surplus and deficit of N, P and K of different ecological areas in Shaanxi Province in 2005—2009

33.00 kg hm⁻², 磷、钾素亏缺量分别为0.75 kg hm⁻²和139.50 kg hm⁻²。

3 讨论

3.1 陕西省玉米耕地土壤肥力分布特点以及与玉米产量的关系

对陕西省玉米耕地土壤肥力调查和分析表明,从渭北旱塬、关中灌区到陕南秦巴山区,有机质和碱解氮含量呈递增趋势;有效磷的含量表现为关中灌区 > 陕南秦巴山区 > 渭北旱塬;速效钾的含量表现为关中灌区 > 渭北旱塬 > 陕南秦巴山区。根据付盈盈等^[12]建立的土壤丰缺指标,陕西省的碱解氮和有效磷含量处于中等肥力等级,速效钾含量处于

高等肥力等级。路海东等^[13]建议陕西省不同生态区玉米超高产目标为渭北旱塬>关中灌区>陕南秦巴山区。这主要是因为玉米产量受气候条件、土壤条件和栽培措施等多因素的影响。本研究表明玉米耕地土壤有机质、碱解氮、有效磷、速效钾含量与玉米产量有密切关系。这说明土壤肥力是影响玉米高产的重要因素。潘晓丽等^[14]指出在不同的肥力条件下,高肥力土壤玉米籽粒产量分别比低肥力和中肥力土壤高出23.07%和12.40%。马常宝等^[15]研究表明潮土区土壤地力对玉米产量的平均贡献率为54.0%。

3.2 陕西省玉米耕地肥料投入与产量的关系

张明^[16]对关中地区农户施肥示范表明,夏玉米施氮量减少161 kg hm⁻²,产量却增加256 kg hm⁻²。姜孟辉^[17]研究表明合理施肥能显著增加玉米株高、穗长、穗粗和穗粒数。吴光磊^[18]研究表明有机与无机肥配合施用较只施有机肥增产43.1%,并且有机无机肥配施玉米籽粒中的蛋白质、淀粉较高。李亚奇等^[19]研究表明在宝鸡市玉米施用配方肥、复合(混)肥较农户习惯施肥增产玉米598.5 kg hm⁻²。本研究发现,渭北、关中、陕南三区中,合理施肥可较农民习惯施肥分别增产1 350 kg hm⁻²、855 kg hm⁻²和435 kg hm⁻²,增产幅度为6.7%~27.9%。

土壤养分平衡状况是指导玉米合理施肥的基础^[20]。土壤养分平衡的关键在于平衡施肥。但陕西省普遍存在施肥不平衡的现象。张同兴和刘斌侠^[21]调查发现,关中西部85%以上的农民一般都将有机肥优先施入经济作物田块,仅有14.3%的农民给粮食作物施用农家肥。常艳丽^[22]研究表明关中地区夏玉米施氮量合适的农户仅占11.1%。从本研究结果看,全省玉米土壤有机质平均含量偏低,仅为10.7 g kg⁻¹,尤其是渭北旱塬,土壤有机质低于10 g kg⁻¹的比例达62.9%。全省玉米土壤氮素盈余,土壤氮素含量不宜继续提高,应该控制氮肥施用量;全省土壤磷素除了渭北旱塬其他地区亏缺,土壤磷含量还有提高的空间,应该提高陕西省磷肥的用量;陕西省玉米土壤钾素含量丰富,为了不使土壤钾素含量下降,应当增施钾肥,施肥量控制在作物带走多少施用多少为宜。

4 结 论

玉米耕地土壤肥力和施肥量与玉米产量有密切关系,这说明合理施肥是影响玉米高产的重要因素。尽管陕西省玉米单产持续增加,但普遍存在施肥不平衡的现象。本研究建议,在今后的施肥工作中,增加全省有机肥的投入,尤其是渭北旱塬,控制全省氮肥的施用量,适当增加全省磷肥的施用量,逐步加大全省钾肥的施用量。

参 考 文 献

- [1] 郭天宝,李美佳,于洁,等.中国玉米国际竞争力的分析及启示.玉米科学,2013,21(6):148—152. Guo T B, Li M J, Yu J, et al. Analysis and revelation on the international competitiveness of corn in China (In Chinese). Journal of Maize Sciences, 2013, 21(6): 148—152
- [2] 高飞,王弘,施艳春,等.陕西省玉米品种布局的现状与分析.中国种业,2014(7):11—15. Gao F, Wang H, Shi Y C, et al. Analysis of maize varieties layout of Shaanxi Province (In Chinese). China Seed Industry, 2014(7): 11—15
- [3] 段敏.陕西关中地区小麦玉米养分资源管理及其高产探索研究.陕西杨凌:西北农林科技大学,2010. Duan M. Study on nutrients management and high yield of wheat and maize in Guanzhong area of Shaanxi Province (In Chinese). Yangling, Shaanxi: Northwest Agriculture & Forestry University, 2010
- [4] 国家统计局.陕西统计年鉴2012.北京:中国统计出版社. The National Bureau of Statistics. Shaanxi Statistical Yearbook 2012 (In Chinese). Beijing: China Statistics Press, 2012
- [5] 边秀芝,郭金瑞,阎孝贡,等.吉林西部半干旱区玉米高产氮磷钾肥适宜用量研究.中国土壤与肥料,2010(2):63—65. Bian X Z, Guo J R, Yan X G, et al. Study on the optimum rate of NPK fertilizer application for corn at western semi arid area of Jilin (In Chinese). Soil and Fertilizer Sciences in China, 2010(2): 63—65
- [6] 刘芬,同延安,王小英,等.渭北旱塬春玉米施肥效果及肥料利用效率研究.植物营养与肥料学报,2014,20(1):48—55. Liu F, Tong Y A, Wang X Y, et al. Effects of N, P and K fertilization on spring maize yield and fertilizer use efficiency in Weibei rainfed highland

- (In Chinese). *Plant Nutrition and Fertilizer Science*, 2014, 20 (1): 48—55
- [7] 刘芬, 同延安, 王小英, 等. 渭北旱塬小麦施肥效果及肥料利用效率研究. *植物营养与肥料学报*, 2013, 19 (3): 552—558. Liu F, Tong Y A, Wang X Y, et al. Effects of N, P and K fertilization on wheat yield and fertilizer use efficiency in Weibei rainfed highland (In Chinese). *Plant Nutrition and Fertilizer Science*, 2013, 19 (3): 552—558
- [8] 吴良泉, 武良, 崔振岭, 等. 中国玉米区域氮磷钾肥推荐用量及肥料配方研究. *土壤学报*, 2015, 52 (4): 802—817. Wu L Q, Wu L, Cui Z L, et al. Basic NPK fertilizer recommendation and fertilizer formula for maize production regions in China (In Chinese). *Acta Pedologica Sinica*, 2015, 52 (4): 802—817
- [9] 侯云鹏, 张磊, 孔丽丽, 等. 施钾对不同肥力土壤玉米钾素吸收、分配及产量的影响. *中国生态农业学报*, 2013, 21 (11): 1333—1339. Hou Y P, Zhang L, Kong L L, et al. Effect of potassium application rate on potassium absorption distribution and yield of spring maize under different soil fertilities (In Chinese). *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 2013, 21 (11): 1333—1339
- [10] 苏光远, 张保伦, 王若飞. 陕西省玉米收获机质量现状及分析 (一). *农机质量与监督*, 2012 (11): 24—26. Su G Y, Zhang B L, Wang R F. Analysis the present situation of corn harvester quality in Shaanxi Province (I) (In Chinese). *Agricultural Machinery Quality & Supervision*, 2012 (11): 24—26
- [11] Wang X Y, Tong Y A, Gao Y M, et al. Spatial and temporal variations of crop fertilization and soil fertility in the Loess Plateau in China from the 1970s to the 2000s. *PLoS One*, 2014, 9 (11): 1—13
- [12] 付盈盈, 同延安, 赵佐平, 等. 陕西关中灌区夏玉米土壤养分丰缺及推荐施肥指标体系的建立. *干旱地区农业研究*, 2010, 8 (1): 87—93. Fu Y Y, Tong Y A, Zhao Z P, et al. The establishment of soil nutrient abundance and fertilizer recommendation index system for summer maize in Guanzhong Irrigation Areas, Shaanxi Province (In Chinese). *Agricultural Research in the Arid Areas*, 2010, 8 (1): 87—93
- [13] 路海东, 薛吉全, 张德华, 等. 陕西不同生态区玉米超高产的潜力和途径探索. *西安文理学院学报: 自然科学版*, 2007, 10 (4): 20—24. Lu H D, Xue J Q, Zhang D H, et al. Potentials and approaches to maize super high yield in different ecotopes of Shaanxi Province (In Chinese). *Journal of Xi'an University of Arts & Science: Natural Science Edition*, 2007, 10 (4): 20—24
- [14] 潘晓丽, 林治安, 袁亮, 等. 不同土壤肥力水平下玉米氮素吸收和利用的研究. *中国土壤与肥料*, 2013 (1): 8—13. Pan X L, Lin Z A, Yuan L, et al. Nitrogen uptake and use of summer maize under different soil fertility levels (In Chinese). *Soil and Fertilizer Sciences in China*, 2013 (1): 8—13
- [15] 马常宝, 卢昌艾, 任意, 等. 土壤地力和长期施肥对潮土区小麦和玉米产量演变趋势的影响. *植物营养与肥料学报*, 2012, 18 (4): 796—802. Ma C B, Lu C A, Ren Y, et al. Effect of soil fertility and long-term fertilizer application on the yields of wheat and maize in fluvo-aquic soil (In Chinese). *Plant Nutrition and Fertilizer Science*, 2012, 18 (4): 796—802
- [16] 张明. 陕西关中冬小麦/夏玉米轮作体系下合理施肥技术研究. 陕西杨凌: 西北农林科技大学, 2011. Zhang M. Research of reasonable fertilizer application technology of winter wheat/summer maize rotation system in Guanzhong area of Shaanxi Province (In Chinese). Yangling, Shaanxi: Northwest Agriculture & Forestry University, 2011
- [17] 姜孟辉. 小麦—玉米合理施肥技术及区域养分分布规律研究. 河北保定: 河北农业大学, 2008. Jiang M H. Study on the reasonable fertilization of wheat and maize and nutrients distribution of regional soil (In Chinese). Baoding, Hebei: Agricultural University of Hebei, 2008
- [18] 吴光磊. 有机无机肥配施对玉米产量和品质的影响及生理基础. 山东泰安: 山东农业大学, 2008. Wu G L. Effects of combined application of organic and inorganic fertilizers on yield and quality of maize (*Zea mays* L.) and its physiological basis (In Chinese). Taian, Shandong: Shandong Agricultural University, 2008
- [19] 李亚奇, 康银孝, 王银福, 等. 陕西省宝鸡市陈仓区粮食作物施肥现状调查与对策. *陕西农业科学*, 2013, 59 (5): 167—168, 175. Li Y Q, Kang Y X, Wang Y F, et al. Investigate the situation of fertilization of crop in chencang (In Chinese). *Shaanxi Journal of Agricultural Sciences*, 2013, 59 (5): 167—168, 175
- [20] 刘瑞. 关中西部地区冬小麦/夏玉米轮作体系养分平衡与施肥研究. 陕西杨凌: 西北农林科技大学, 2011. Liu R. Nutrient balance and fertilization for wheat/maize rotation system in western Guanzhong (In Chinese). Yangling, Shaanxi: Northwest Agriculture & Forestry University, 2011
- [21] 张同兴, 刘斌侠. 关中西部农民施肥现状调查及科学施肥建议. *陕西农业科学*, 2011, 57 (6): 151—152. Zhang T X, Liu B X. Investigate the situation of fertilization in western of Guanzhong (In Chinese). *Shaanxi Journal of Agricultural Sciences*, 2011, 57

- (6) : 151—152
- [22] 常艳丽. 关中平原冬小麦/夏玉米轮作体系施肥现状调查及施肥推荐. 陕西杨凌: 西北农林科技大学, 2013.
Chang Y L. Investigation of nutrient input and fertilizer recommendation under winter wheat summer maize rotation system in Guanzhong Plain (In Chinese). Yangling, Shaanxi: Northwest Agriculture & Forestry University, 2013

ANALYSIS OF SOIL FERTILITY AND FERTILIZER EFFICIENCY OF MAIZE FIELD IN SHAANXI

Shan Yan¹ Li Shuili² Li Ru² Shi Lei² Tong Yanan^{1†}

(1 College of Resources and Environmental Sciences, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

(2 Soil and Fertilizer Station of Shaanxi Province, Xi'an 710004, China)

Abstract In order to have a better understanding of soil fertility and fertilizer efficiency of the maize fields in Shaanxi Province after the extension of the technology of soil testing-based formulated fertilization in 2005—2009 in Weibei Plateau, Guanzhong Irrigation Zone and Qinba Mountainous Area of Shaanxi, collected for analysis were data of 7 416 soil samples and 913 samples of the “3414” fertilizer tests and from sampling surveys of 23 492 households in 75 counties involved in the extension. Results show that the content of soil organic matter, alkali-hydrolyzable nitrogen, available phosphorus and readily available potassium in the maize fields of Shaanxi was 15.2 g kg⁻¹, 72.7 mg kg⁻¹, 19.7 mg kg⁻¹ and 153.9 mg kg⁻¹, respectively, on average. Among the areas surveyed, the Qinba Mountainous Area was the highest in content of soil organic matter and soil alkali-hydrolyzable nitrogen and the Guanzhong Irrigation Zone was in content of soil available phosphorus and soil readily available potassium. In 2000, the inputs of nitrogen (N), phosphorus (P₂O₅) and potassium (K₂O) reached 225.00 kg hm⁻², 63.00 kg hm⁻² and 19.65 kg hm⁻², being 114%, 500% and 1 300% higher than that in the 1980s respectively. As a result, the maize fields of Shaanxi still show a nitrogen surplus of 60.0 kg hm⁻² and a phosphorus and potassium deficit of 4.5 kg hm⁻² and 166.5 kg hm⁻², respectively. It is, therefore, recommended that the input of nitrogen fertilizer should be properly reduced, and the inputs of phosphorus and potassium fertilizers should be increased in the maize fields of Shaanxi Province.

Key words Soil fertilizer; Maize; Yield; Soil nutrient; Fertilization rate

(责任编辑：卢 萍)

信息

《土壤学报》入选“2015期刊数字影响力100强”

在DCCI互联网数据中心的协助下，中国（武汉）期刊交易博览会组委会、国家新闻出版广电总局信息中心和中国期刊协会数字分会联合举办了“2015期刊数字影响力100强”评选活动，并于2015年9月19日公布，《土壤学报》名列其中。

据悉，本次活动历时三个月，评选依据为第三方数据，并由国内知名数据分析机构宏博知微进行独家数据分析挖掘，再经评审专家组终审，综合得出全国学术/科技期刊数字影响力100强名录。举办此次活动意在在目前期刊作为整体及独立品牌形象在数字领域的影响力进行评估，《土壤学报》此次入选，充分说明了其在数字领域的传播力，及在相关领域的学术影响力。

CONTENTS

Reviews and Comments

- Problems and analytical logic in building cultivated land productivity evaluation index system..... Zhao Yanfeng, Cheng Daoquan, Chen Jie, et al. (1207)
 Advancement in study on effect of earthworm on greenhouse gas emission in soil and its mechanism Lu Mingzhu, Lü Xianguo, Guan Qiang, et al. (1224)

Research Articles

- Vertical distributions of soil organic and inorganic carbon and their controls along toposequences in an alpine region Yang Fan, Huang Laiming, Li Decheng, et al. (1235)
 Effect of grain size on and correlation analysis of pedodiversity and surface water body diversity in counties typical of Central and East China Ren Yuanyuan, Zhang Xuelei (1249)
 Spatial-temporal variability of soil readily available nutrients in cultivated land of Weibei Tableland Area Yu Yang, Zhao Yeting, Chang Qingrui (1260)
 Hyperspectral estimation and remote sensing retrieval of soil water regime in the Yellow River Delta Li Ping, Zhao Gengxing, Gao Mingxiu, et al. (1271)
 Effect of wet-dry alternation on loess disintegration rate Wang Jian, Ma Fan, Zhang Penghui, et al. (1278)
 Experiment and simulation of infiltration from layered soils in open pit mine in Jin-Shaan-Meng adjacent region Wu Qifan, Fan Jun, Yang Xiaoli, et al. (1289)
 Anaerobic redox of iron oxides and photosynthetic oxidation of ferrous iron in upland cinnamon soils Sun Lirong, Wang Xugang, Xu Xiaofeng, et al. (1299)
 Study on effect of kaolinite colloids on zeta potential of Al oxide coated quartz with streaming potential method Li Zhongyi, Xu Renkou (1309)
 Nitrogen use efficiencies of major grain crops in China in recent 10 years Yu Fei, Shi Weiming (1324)
 Changes of soil nutrients and supply capacities in the piedmont plain of Taihang Mountain during the period of 1978–2008 Liu Jianling, Jia Ke, Liao Wenhua, et al. (1334)
 Spatial variation of ecological stoichiometry of soil C, N and P in a small hilly watershed in subtropics of China Yang Wen, Zhou Jiaogen, Wang Meihui, et al. (1343)
 Stoichiometric characteristics of soil in an oasis on northern edge of Tarim Basin, China Li Honglin, Gong Lu, Zhu Meiling, et al. (1354)
 Distribution of soil selenium in the Northeast China Plain and its influencing factors Dai Huimin, Gong Chuandong, Dong Bei, et al. (1364)
 Study on phytolith-occluded organic carbon in soil of subtropical forest of southern Zhejiang Lin Weilei, Ying Yuqi, Jiang Peikun, et al. (1372)
 Toxic effect of multiple-time overlying pollution of Phe in soil on *Eisenia fetida* Ma Jingjing, Qian Xinchun, Zhang Wei, et al. (1381)
 Effect of organic manure on cucumber Fusarium wilt control and its mechanism Zhao Liya, Li Wenqing, Tang Longxiang, et al. (1390)
 Ameliorative effect of cropping *Lycium barbarum* L. with drip irrigation on soil enzymes activities in takyric solonetz Zhang Tibin, Kang Yaohu, Wan Shuqin, et al. (1399)
 Change in shallow soil temperature and its response to change in air temperature in middle and lower reaches of Shiyang River Basin Yang Xiaoling, Ding Wenkui, Ma Zhonghua, et al. (1410)
 Soil permeability of aeration zone in Xinchang-Xiangyangshan - a preselected site for high level radioactive waste disposal Li Jiebiao, Su Rui, Zhou Zhichao, et al. (1420)

Research Notes

- Inversion of spatial pattern of organic matter contents in black soil based on TM data Song Jinhong, Wu Jinggui, Zhao Xinyu, et al. (1429)
 Analysis of soil fertility and fertilizer efficiency of maize field in Shaanxi Shan Yan, Li Shuili, Li Ru, et al. (1437)
 Application of cosmic-ray method to soil moisture measurement of grassland in the Loess Plateau Zhao Chun, Yuan Guofu, Liu Xiao, et al. (1444)

Cover Picture: Reclamation of a highly saline-sodic wasteland of takyric solonetz while cropping *Lycium barbarum* L. with drip irrigation (by Zhang Tibin)

《土壤学报》编辑委员会

主 编：史学正

执行编委：(按姓氏笔画为序)

丁维新	巨晓棠	王敬国	王朝辉	史 舟	宇万太	朱永官
李永涛	李芳柏	李保国	李 航	吴金水	沈其荣	张玉龙
张甘霖	张福锁	陈德明	邵明安	杨劲松	杨明义	杨林章
林先贵	依艳丽	周东美	周健民	金继运	逢焕成	胡 锋
施卫明	骆永明	赵小敏	贾仲君	徐国华	徐明岗	徐建明
崔中利	常志州	黄巧云	章明奎	蒋 新	彭新华	雷 梅
窦 森	廖宗文	蔡祖聪	蔡崇法	潘根兴	魏朝富	

编辑部主任：陈德明

责任编辑：汪枳生 卢 萍 檀满枝

土 壤 学 报

Turang Xuebao

(双月刊, 1948年创刊)

第 52 卷 第 6 期 2015 年 11 月

ACTA PEDOLOGICA SINICA

(Bimonthly, Started in 1948)

Vol. 52 No. 6 Nov., 2015

编 辑 《土壤学报》编辑委员会
地址:南京市北京东路71号 邮政编码:210008
电话:025-86881237
E-mail:actapedo@issas.ac.cn

Edited by Editorial Board of Acta Pedologica Sinica
Add: 71 East Beijing Road, Nanjing 210008, China
Tel: 025-86881237
E-mail:actapedo@issas.ac.cn

主 编 史 学 正
主 管 中 国 科 学 院
主 办 中 国 土 壤 学 会
承 办 中国科学院南京土壤研究所

Editor-in-Chief Shi Xuezheng
Superintended by Chinese Academy of Sciences
Sponsored by Soil Science Society of China
Undertaken by Institute of Soil Science,
Chinese Academy of Sciences

出 版 科 学 出 版 社
地址:北京东黄城根北街16号 邮政编码:100717

Published by Science Press
Add: 16 Donghuangchenggen North Street,
Beijing 100717, China

印刷装订 北京中科印刷有限公司
总发行 科 学 出 版 社
地址:北京东黄城根北街16号 邮政编码:100717
电话:010-64017032
E-mail:journal@mail.sciencep.com

Printed by Beijing Zhongke Printing Limited Company
Distributed by Science Press
Add: 16 Donghuangchenggen North Street,
Beijing 100717, China
Tel: 010-64017032
E-mail:journal@mail.sciencep.com

国外发行 中国国际图书贸易总公司
地址:北京399信箱 邮政编码:100044

Foreign China International Book Trading Corporation
Add: P. O. Box 399, Beijing 100044, China

国内统一刊号:CN 32-1119/P

国内邮发代号:2-560

国外发行代号:BM45

定价:60.00元

国 内 外 公 开 发 行



ISSN 0564-3929



9 770564 392156

