

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第33卷 第6期 Vol.33 No.6 **2013**

中国生态学学会
中国科学院生态环境研究中心
科学出版社

主办
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 33 卷 第 6 期

2013 年 3 月 (半月刊)

目 次

专论与综述

- 基于遥感技术的森林健康研究综述..... 高广磊,信忠保,丁国栋,等 (1675)
Agent 农业土地变化模型研究进展..... 余强毅,吴文斌,杨 鹏,等 (1690)

个体与基础生态

- 辽东湾北部近海沙蜃的动态分布..... 王 彬,秦宇博,董 婧,等 (1701)
口虾蛄 proPO 基因全长 cDNA 的克隆与组织表达..... 刘海映,刘连为,姜玉声,等 (1713)
中缅树鼯头骨及下臼齿几何形态与环境的关系..... 朱万龙,贾 婷,黄春梅,等 (1721)
亚热带 3 种树种凋落叶厚度对其分解速率及酶活性的影响..... 季晓燕,江 洪,洪江华,等 (1731)
浙北地区常见绿化树种光合固碳特征..... 张 娇,施拥军,朱月清,等 (1740)
两种高质牧草不同生育期光合生理日变化及光响应特征..... 郭春燕,李晋川,岳建英,等 (1751)
基于 WOFOST 作物生长模型的冬小麦干旱影响评估技术..... 张建平,赵艳霞,王春乙,等 (1762)
基于线粒体 DNA 控制区的斑翅草螽不同地理种群遗传分化研究..... 周志军,尚 娜,刘 静,等 (1770)
圈养尖吻蝾螈雌体大小、窝卵数和卵大小之间的关系..... 胡明行,谭群英,杨道德 (1778)
应用寄生蜂和不育雄虫防控田间橘小实蝇..... 郑思宁,黄居昌,叶光禄,等 (1784)
青蒿素对外生菌根真菌化感效应..... 李 倩,袁 玲,王明霞,等 (1791)

种群、群落和生态系统

- 海湾生态系统健康评价方法构建及在大亚湾的应用..... 李纯厚,林 琳,徐姗姗,等 (1798)
上升流和水团对浙江中部近海浮游动物生态类群分布的影响..... 孙鲁峰,柯 昶,徐兆礼,等 (1811)
半干旱区生态恢复关键生态系统识别——以内蒙古自治区和林县为例.....
..... 彭 羽,高 英,冯金朝,等 (1822)
太岳山油松人工林土壤呼吸对强降雨的响应..... 金冠一,赵秀海,康峰峰,等 (1832)
重庆酸雨区马尾松林凋落物特征及对干旱胁迫的响应..... 王轶浩,王彦辉,于澎湃,等 (1842)

景观、区域和全球生态

- 城市典型水域景观的热环境效应..... 岳文泽,徐丽华 (1852)
外来树种桉树引种的景观生态安全格局..... 赵筱青,和春兰 (1860)
基于耕地生态足迹的重庆市耕地生态承载力供需平衡研究..... 施开放,刁承泰,孙秀峰,等 (1872)
大气 CO₂ 浓度升高对稻田根际土壤甲烷氧化细菌丰度的影响..... 严 陈,许 静,钟文辉,等 (1881)

资源与产业生态

- 基于可变模糊识别模型的海水环境质量评价..... 柯丽娜,王权明,孙新国,等 (1889)
亚热带养殖海湾皱瘤海鞘生物沉积的现场研究..... 闫家国,齐占会,田梓杨,等 (1900)
黄土高原典型苹果园地深层土壤氮磷钾养分含量与分布特征..... 张丽娜,李 军,范 鹏,等 (1907)

旱作农田不同耕作土壤呼吸及其对水热因子的响应..... 张丁辰,蔡典雄,代 快,等 (1916)

商洛低山丘陵区农林复合生态系统中大豆与丹参的光合生理特性..... 彭晓邦,张硕新 (1926)

外源油菜素内酯对镉胁迫下菊芋幼苗光合作用及镉富集的调控效应..... 高会玲,刘金隆,郑青松,等 (1935)

基于侧柏液流的测定对 Granier 原始公式系数进行校正 刘庆新,孟 平,张劲松,等 (1944)

研究简报

湿地自然保护区保护价值评价方法..... 孙 锐,崔国发,雷 霆,等 (1952)

干热河谷印楝和大叶相思人工林根系生物量及其分布特征..... 高成杰,唐国勇,李 昆,等 (1964)

海滨沙滩单叶蔓荆对沙埋的生理响应特征..... 周瑞莲,王 进,杨淑琴,等 (1973)

宁夏贺兰山、六盘山典型森林类型土壤主要肥力特征 姜 林,耿增超,张 雯,等 (1982)

学术争鸣

小兴安岭十种典型森林群落凋落物生物量及其动态变化..... 侯玲玲,毛子军,孙 涛,等 (1994)

中国生态学会 2013 年学术年会征稿通知 (2002)

第七届现代生态学讲座、第四届国际青年生态学者论坛通知 (I)

中、美生态学会联合招聘国际期刊主编 (i)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 328 * zh * P * ¥90.00 * 1510 * 34 * 2013-03



封面图说: 亭亭玉立的白桦树——白桦为落叶乔木,可高达 25m,胸径 50cm。其树冠呈卵圆形,树皮白色,纸状分层剥离;叶三角状、卵形或菱状卵形;花单性,雌雄同株。白桦树喜光,耐严寒,对土壤适应性强,喜酸性土,沼泽地、干燥阳坡及湿润阴坡都能生长。常与红松、落叶松、山杨、蒙古栎混生。白桦的天然更新好,生长较快,萌芽强,在人为的采伐迹地或火灾、风灾等自然损毁的迹地里,往往由白桦首先进入,为先锋树种,而形成白桦次生林。白桦分布甚广,我国大、小兴安岭及长白山均有成片纯林,在华北平原和黄土高原山区、西南山地亦为阔叶落叶林及针叶阔叶混交林中的常见树种。

彩图及图说提供: 陈建伟教授 北京林业大学 E-mail: cites.chenjw@163.com

DOI: 10.5846/stxb201207080954

张丽娜, 李军, 范鹏, 曹裕, 居玛汗·卡斯木. 黄土高原典型苹果园地深层土壤氮磷钾养分含量与分布特征. 生态学报, 2013, 33(6): 1907-1915.

Zhang L N, Li J, Fan P, Cao Y, Jumahan Kasimu. Distribution of soil NPK nutrient content in deep soil profile of typical apple orchards on the Loess Plateau. Acta Ecologica Sinica, 2013, 33(6): 1907-1915.

黄土高原典型苹果园地深层土壤氮磷钾 养分含量与分布特征

张丽娜¹, 李 军^{2,*}, 范 鹏¹, 曹 裕², 居玛汗·卡斯木¹

(1. 西北农林科技大学林学院, 杨凌 712100; 2. 西北农林科技大学农学院, 杨凌 712100)

摘要: 测定了黄土高原 6 个苹果生产基地县 21 个果园 0—300 cm 土层土壤氮磷钾养分含量, 分析和比较了不同县区果园土壤氮磷钾养分含量差异及其土壤剖面分布特征。结果表明: (1) 6 个试点 21 个果园 0—300 cm 土层土壤氮磷钾全量分别为 0.54、0.53 和 6.79 g/kg, 土壤氮磷钾速效量分别为 102.66、7.95 和 102.75 mg/kg, 不同苹果产区果园土壤氮磷钾全量和速效量差异明显, 除全氮含量外均以中部高原黑垆土苹果产区氮磷钾全量和速效量最高, 而以北部丘陵黄绵土苹果产区最低。(2) 不同苹果产区果园 0—300 cm 土层土壤氮磷钾全量和速效量剖面分布特征类似, 除全钾和速效氮外其余养分全量和速效量剖面分布具有明显“表层积聚效应”。(3) 6 个试点果园土壤全氮含量呈现缺或较缺, 土壤速效氮含量丰富或中等或缺, 土壤速效磷含量中等或缺, 土壤速效钾含量丰富或较丰富, 应该增施有机肥, 氮磷肥配合, 适当增施钾肥。

关键词: 黄土高原; 苹果园地; 土壤养分; 氮磷钾

Distribution of soil NPK nutrient content in deep soil profile of typical apple orchards on the Loess Plateau

ZHANG Lina¹, LI Jun^{2,*}, FAN Peng¹, CAO Yu², JUMAHAN kasimu¹

¹ College of Forestry, Northwest Agriculture and Forestry University, Yangling, Shaanxi 712100, China

² College of Agronomy, Northwest Agriculture and Forestry University, Yangling, Shaanxi 712100, China

Abstract: 0—300 cm soil nitrogen, phosphorous and potassium contents of 21 apple orchards of 6 apple production counties of the Loess Plateau as apple production bases were measured and compared, and accordingly their nitrogen, phosphorous and potassium profile characteristics were examined. It was revealed that (1) Of the orchards of the Counties, the average nitrogen, phosphorous and potassium contents were 0.54 g/kg, 0.53 g/kg and 6.79 g/kg, the average available nitrogen, phosphorous and potassium contents were 102.66 mg/kg, 7.95 mg/kg and 102.75 mg/kg, respectively. Among the orchards of the counties, the nitrogen, phosphorous and potassium contents significantly differed. The phosphorus totals of the apple orchards of Fengxiang County were not at an adequate level. The phosphorus and potassium totals of the apple orchards of Baishui County were not at an adequate level. The nitrogen, phosphorous and potassium contents of the apple orchards of Changwu County and Xifeng District were at an adequate or high level. The nitrogen, phosphorous and potassium contents of the apple orchards of Yan'an were at a deficient level. The nitrogen totals of the apple orchards of Jingning County were at a deficient level. Among all the soil nutrient parameters, the nitrogen, phosphorous and potassium totals of the apple orchards varied less than their available nitrogen, phosphorous and potassium contents. The nitrogen, phosphorous and potassium contents of the orchards lying in Heilu soil covered central Loess

基金项目: 国家自然科学基金(31071374)

收稿日期: 2012-07-08; 修订日期: 2013-01-21

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: junli@nwsuaf.edu.cn

Plateau (e. g. Changwu County and Xifeng District) were the highest, and the nitrogen, phosphorous and potassium contents of the orchards lying in loess covered northern hilly Loess Plateau (e. g. Yan'an and Jingning County) were the lowest. (2) The soil nutrient parameters of the orchards of the counties presented similar profile distributions. All the nutrient totals and available nutrient contents but the potassium totals and available nitrogen contents of all the orchards of the counties presented the obvious effect of "surface enriching". The nitrogen, phosphorous and potassium contents of the orchards were higher in top soil than in soil beneath topsoil. (3) Of the orchards of the apple production counties, the nitrogen total stood at a deficient or slightly deficient level, the available nitrogen contents stood at an adequate, moderate or deficient level, the available phosphorus contents were at a moderate or deficient level, and the available potassium contents were at a sufficient level or an adequate level. The soil phosphorus contents of the orchards lying in the southern part of the Plateau with terrace lands and brown soil (e. g. Fengxiang County and Baishui County) and so in this part, the orchards should increase Phosphate fertilizer rates and fertilization depths. The orchards standing in the highland and Heilu soil-covered central part of the Plateau (e. g. Changwu County and Xifeng District) suffered soil nitrogen deficiency and thus in the part, the orchards should increased the uses of organic and nitrogen, phosphorous and potassium fertilizers in a formulated manner. The orchards located in the hilly loess part of the loess Plateau (e. g. Yan'an and Jingning County) suffered phosphorous and potassium deficiencies. It was proposed that the orchards concerned greatly increase organic fertilizer uses, properly increased potassium fertilizer uses, and apply Nitrogen and phosphorous fertilizers in a formulated manner.

Key Words: the Loess Plateau; apple orchard; soil nutrient; NPK

黄土高原是我国最大的新兴苹果优势产区,已获得国家地理标志产品保护认证,苹果产业也已成为区域农村经济发展支柱产业^[1-4]。但由于施肥和灌溉等果园管理方式较为落后,导致果园产量不高、果实品质较差、经济效益较低等问题突出^[5]。土壤营养状况是影响果树产量和果实品质的重要因素之一^[6],通过果园土壤养分状况普查与分析,有助于科学制定果园施肥方案,提高苹果产量和品质。苹果为多年生、深根系果树,能够吸收 2 m 以下深层土壤养分^[7],而已有果园土壤养分测定与分析多以 0—60 cm 土层为主,较少涉及深层土壤养分状况,并且通常只涉及某一苹果区域^[8-11],缺少不同区域果园深层土壤养分测定与比较研究。本研究测定了黄土高原苹果主产区 6 个苹果生产基地县(区)果园 0—300 cm 土层土壤氮磷钾养分含量,旨在揭示不同果园深层土壤氮磷钾养分剖面分布规律,比较和分析各区域果园土壤氮磷钾养分特征,以期为黄土高原果园土壤培肥和合理施肥提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 研究区与样点果园概况

黄土高原苹果产区海拔高度 800—1200 m,年均气温 7—12.8 ℃,昼夜温差可达 10 ℃ 以上,年均降水量 450—650 mm,年日照时数 2300—2500 h,无霜期 170 d,气候条件有利于优质苹果生产^[12]。地貌以黄土残塬沟壑和黄土丘陵沟壑为主,黄土覆盖层深厚,主要土种为褐土、黑垆土和黄绵土,土壤质地疏松,保水和保肥力强^[13]。本研究以南部半湿润黄土台塬沟壑区的陕西凤翔和陕西白水,中部半湿润易旱黄土残塬沟壑区的陕西长武和甘肃西峰,北部半湿润偏旱和半干旱黄土丘陵沟壑区的陕西延安和甘肃静宁等 6 个典型苹果生产基地县(区)为试点,于 2010 年 7 月选择了 21 个具有代表性的塬地、梯田和山地等不同地貌类型和不同树龄果园为样点,采集果园 0—300 cm 土层土壤样品。各试验点主要气候特征、土壤类型、果园地貌、果园样点数和果树树龄等概况如表 1 所示。

1.2 土样采集、分析项目及测定方法

在 21 个样点果园中选择果树生长均匀一致的区域,以 4 棵果树树冠空隙对应地面中心为土样采集点,利用土钻分层采集了 0—300 cm 土层土壤样品,每 20 cm 土层取一次土样。经过土样预处理后,参照鲍士旦主

编的土壤农化分析^[14],分别采用半微量开氏定氮法、KCl 浸提法、ClO₄-H₂SO₄ 法-钼锑抗比色、氢氧化钠熔融火焰光度法、NaHCO₃ 浸提-钼锑抗比色法和 NH₄OAc 浸提-火焰光度法测定了土壤全氮、速效氮(铵态氮、硝态氮)、全磷、全钾、速效磷和速效钾养分含量。

表 1 各试点气候、土壤与样点果园概况

Table 1 The conditions of climate, soil and sample apple orchards in different experiment sites

试验地点 Experiment sites	年均气温/℃ Average annual temperature	年降水量/mm Annual precipitation	无霜期/d Frostless period	土壤类型 Soil type	果园地貌 Landscape of orchard	果园样点数 Number of sample orchards	样点果园数龄/a Tree age of sample orchards
凤翔	11.5	655.6	207	褐土	梯田	3	10、17、28
白水	11.4	577.8	207	褐土	梯田源地	4	6、16、20、25
长武	9.1	563.8	171	黑垆土	塬地	4	10、15、22、28
西峰	9.7	542.7	175	黑垆土	塬地	4	6、12、18、26
延安	9.2	538	171	黄绵土	山地	3	12、16、20
静宁	7.1	450.8	159	黄绵土	山地梯田	3	11、15、19

1.3 数据处理与分析

采用 Microsoft Excel 2003 统计计算了 6 个试点不同类型果园土壤氮磷钾全量和速效量平均值、标准差与变异系数,利用 Spss16.0 软件分析了不同试点间土壤氮磷钾含量差异显著性。

2 结果与分析

2.1 苹果园地 0—300 cm 土层土壤氮磷钾含量

不同苹果产区土壤全氮含量差别明显(表 2 和表 3),6 个试点各类果园 0—300 cm 土层土壤全氮含量平均值由大到小依次为:凤翔>白水>西峰>长武>静宁>延安,凤翔、白水和西峰果园土壤全氮含量均高于 6 个试点平均值,而长武、静宁和延安果园土壤全氮含量均低于 6 个试点平均值。延安果园土壤全氮含量只有凤翔的 63%,也只有 6 个试点平均值的 70%。土壤速效氮含量能够反映短期内果园土壤氮素供给能力,6 个试点果园 0—300 cm 土层土壤速效氮含量平均值由大到小依次为:长武>白水>凤翔>静宁>西峰>延安,长武、白水、凤翔和静宁果园土壤速效氮含量均高于 6 个试点平均值,而西峰和延安低于 6 个试点平均值。延安果园土壤速效氮含量仅为长武的 18.1%,也只有 6 个试点平均值的 29.4%。

表 2 不同试验点苹果园地 0—300 cm 土壤氮磷钾含量统计值

Table 2 Statistical values of soil nutrient content in 0—300 cm of apple orchards at different experiment sites

试验地点 Experiment sites	样点数 Sample number	全氮/(g/kg) Total nitrogen	速效氮/(mg/kg) Available nitrogen	全磷/(g/kg) Total phosphorus	速效磷/(mg/kg) Available phosphorus	全钾/(g/kg) Total potassium	速效钾/(mg/kg) Available potassium
凤翔	3	0.35—0.97	29.80—303.65	0.14—0.99	1.16—32.44	4.78—11.3	60.38—269.55
白水	4	0.40—1.28	22.90—378.07	0.12—1.15	1.30—18.51	0.63—8.64	66.37—343.49
长武	4	0.33—1.25	39.98—344.16	0.33—1.59	1.01—36.9	3.19—11.8	64.40—362.07
西峰	4	0.28—1.06	21.95—178.56	0.43—1.09	3.00—36.9	3.04—11	44.29—329.89
延安	3	0.19—0.87	14.79—67.09	0.12—0.83	0.20—9.7	1.67—8.6	48.31—189.1
静宁	3	0.27—0.95	19.48—344.19	0.1—1.07	1.20—42.1	5.57—10.9	72.45—362.07
平均 Mean		0.54	102.66	0.53	7.95	6.79	102.75
标准差 SD		0.05	27.54	0.10	1.47	1.51	15.52
变异系数 CV/%		10.14	26.82	19.37	18.49	22.25	15.11

不同区域果园土壤全磷含量差别也较大(表 2 和表 3),6 个试点果园 0—300 cm 土层土壤全磷含量平均值由大到小依次为:西峰>长武>静宁>凤翔=延安>白水,西峰、长武和静宁果园土壤全磷含量均高于 6 个试

点平均值,凤翔、延安和白水均低于6个试点平均值,白水果园土壤全磷含量只有西峰的53%。不同区域果园土壤速效磷含量差异明显,6个试点果园土壤速效磷含量平均值由大到小依次为:长武>凤翔>西峰>白水>静宁>延安,长武、凤翔和西峰果园土壤速效磷含量高于6个试点果园平均值,而白水、静宁和延安则低于其平均值,延安果园土壤速效磷含量只有长武的35.2%,也只有6个试点果园平均值的46.5%。

表3 不同试验点苹果园地0—300 cm 土层土壤氮磷钾含量平均值

Table 3 Average of soil nutrition content in 0—300 cm of apple orchards at different experiment sites

试验地点 Experiment sites	全氮/(g/kg) Total nitrogen	速效氮/(mg/kg) Available nitrogen	全磷/(g/kg) Total phosphorus	速效磷/(mg/kg) Available phosphorus	全钾/(g/kg) Total potassium	速效钾/(mg/kg) Available potassium
凤翔	0.6±0.01a	108.41±0.74b	0.46±0.01c	9.64±0.14b	8.78±0.40a	98.64±1.53d
白水	0.58±0.01ab	110.36±2.34b	0.35±0.02d	7.93±0.10c	4.09±0.19c	110.34±1.08c
长武	0.56±0.02ab	166.53±2.13a	0.63±0.02a	10.52±0.19a	7.34±0.21b	125.65±0.53a
西峰	0.57±0.02ab	92.55±1.28c	0.66±0.01a	8.1±0.13c	6.89±0.44b	87.47±0.69e
延安	0.38±0.02c	30.16±2.86d	0.46±0.01c	3.7±0.19d	4.95±0.45c	75.58±0.79f
静宁	0.53±0.01b	107.96±1.83b	0.59±0.01b	7.81±0.16c	8.66±0.21a	118.84±0.76b

同列不同字母表示养分间差异达显著水平($P<0.05$)

6个试点果园土壤全钾含量平均值由大到小依次为:凤翔>静宁>长武>西峰>延安>白水,凤翔、静宁、长武和西峰果园土壤全钾含量高于6个试点平均值,延安和白水低于平均值,白水果园土壤全钾含量只有凤翔的46.5%。不同区域果园土壤速效钾含量差异明显,6个试点果园土壤速效钾含量平均值由大到小依次为:长武>静宁>白水>凤翔>西峰>延安,长武、静宁和白水果园土壤速效钾含量高于6个试点平均值,凤翔、西峰和延安低于平均值,延安果园土壤速效钾含量只有长武的60.1%。

地理位置、气候、地貌和土壤类型等因素导致果园土壤氮磷钾含量区域差异显著。按照苹果产区地理位置、地貌形态和土壤类型综合分析,南部台塬褐土苹果产区(凤翔和白水)、中部高塬黑垆土苹果产区(长武和西峰)和北部丘陵黄绵土苹果产区(延安和静宁)果园0—300 cm 土层土壤全氮含量分别为0.59、0.56和0.46 g/kg,土壤全磷含量分别为0.41、0.64和0.52 g/kg,土壤全钾含量分别为6.44、7.11和6.80 g/kg,土壤速效氮含量依次为109.39、129.54和69.06 mg/kg,土壤速效磷含量依次为8.79、9.31和5.76 mg/kg,土壤速效钾含量依次为104.49、106.56和97.21 mg/kg。除土壤全氮含量以南部台塬褐土苹果产区最高外,果园土壤全磷、全钾、速效氮、速效磷和速效钾含量均以中部高塬黑垆土苹果产区最高,以北部丘陵黄绵土苹果产区最低。

2.2 苹果园地0—300 cm 土层土壤氮磷钾剖面分布

由凤翔、白水、长武、西峰、延安、静宁等6个试点各类苹果园地0—300 cm 土层土壤全氮和速效氮含量剖面分布图(图1)可知,各地果园土壤全氮含量剖面分布规律基本相似,0—80 cm 土层土壤全氮含量波动剧烈,随土壤深度加深全氮含量迅速减少,在80 cm 及其以下土层全氮含量降低到最低值并保持相对稳定。6个试点苹果园地0—300 cm 土层土壤速效氮含量(近似为硝态氮和铵态氮之和)剖面分布差异也较明显,这主要是由于各试点土壤硝态氮含量剖面累积引致。按照土壤速效氮剖面含量高低可分为速效氮高含量、中含量和低含量土层。凤翔、长武、延安果园土壤速效氮高、中、低含量土层分别为160—300、0—60和60—160 cm,而白水、西峰、静宁果园土壤速效氮高、中、低含量土层分别为0—60、160—300和60—160 cm。果园深层土壤速效氮含量高,主要是由于果园大量施用氮肥,导致氮肥以硝态氮形式大量淋洗进入深层土壤。而表层土壤速效氮含量高,与果园施肥深度有关,肥料过于集中于土壤表层,造成表层速效氮含量相对较高。

由凤翔、长武、西峰、延安和静宁等5个试点各类果园0—300 cm 土层土壤全磷和速效磷含量剖面分布图(图2)可知,各地果园土壤全磷含量剖面分布特征类似,0—80 cm 土层土壤全磷含量随土壤深度增加而降低,在80 cm 以下土层土壤全磷含量达到较低值后相对稳定。与其它5个试点相比,白水果园0—300 cm 土

层土壤全磷含量较低,且波动较为剧烈。凤翔、白水、长武、西峰、静宁等 5 个试点各类果园土壤速磷含量剖面分布特征也基本类似,0—80 cm 土层土壤速效磷含量随土层加深而迅速降低,且降低幅度远远大于全磷;80 cm 以下土层土壤速效磷含量不再有剧烈波动,240—300 cm 土层速效磷含量略呈上升趋势。与其它 5 个试点相比,延安果园 0—300 cm 土层土壤速效磷含量较低,且波动较为平缓。果园土壤速效磷剖面分布极不均匀,表层土壤速效磷含量较高,这与磷肥施用多集中于上层土壤、土壤磷素迁移率低等因素有关。

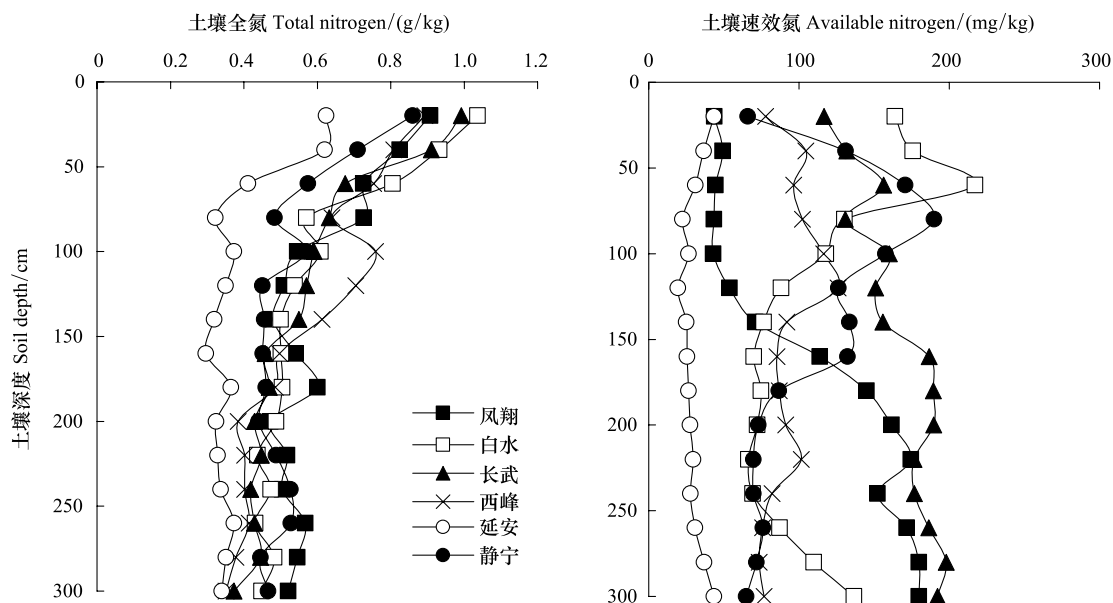


图 1 不同试点苹果园地 0—300 cm 土层土壤全氮含量和速效氮含量剖面分布特征

Fig. 1 Comparison of soil total nitrogen and available nitrogen distribution in profile of apple orchards at different experiment sites

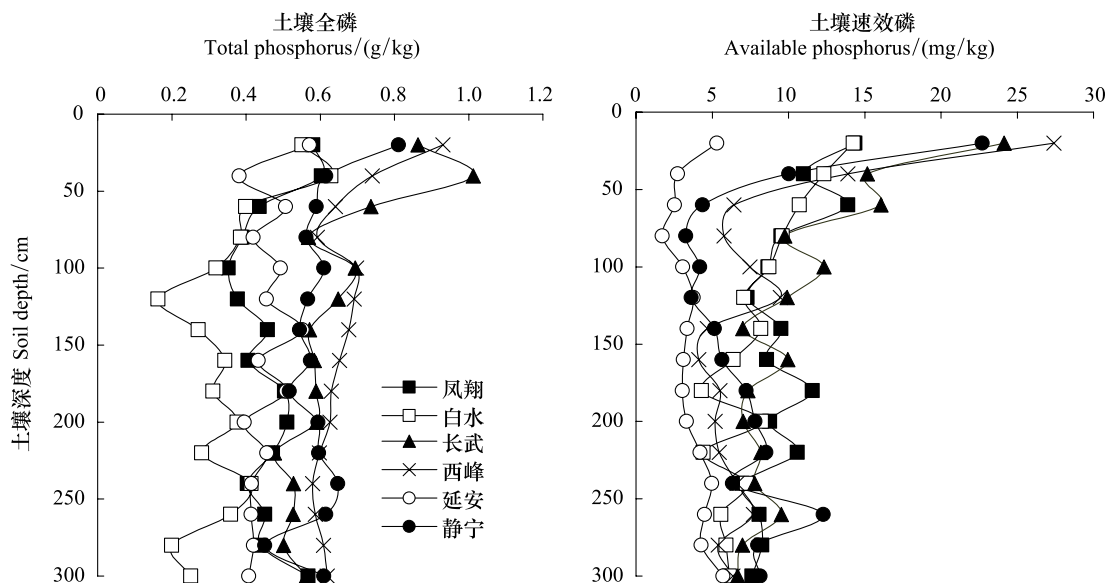


图 2 不同试点苹果园地 0—300 cm 土层土壤全磷含量和速效磷含量剖面分布特征

Fig. 2 Comparison of soil total phosphorus and available phosphorus distribution in profile of apple orchards at different experiment sites

由凤翔、白水、长武、西峰、延安和静宁等 6 个试点各类苹果园地 0—300 cm 土层土壤全钾和速效钾含量剖面分布图(图 3)可知,果园土壤全钾含量在 0—300 cm 土层内小幅度连续波动,不同试点果园土壤全钾含量差异明显,且果园土壤全钾没有表层养分累积现象,这主要与果园土壤母质为富钾黄土有关^[15]。6 个试点

各类果园 0—300 cm 土层土壤速钾剖面分布特征类似,0—80 cm 土层速效钾含量随土层加深而迅速降低,除延安外其余 5 个试点果园土壤速效钾含量降低幅度均比较大,在 80 cm 以下土层土壤速效钾含量相对稳定。

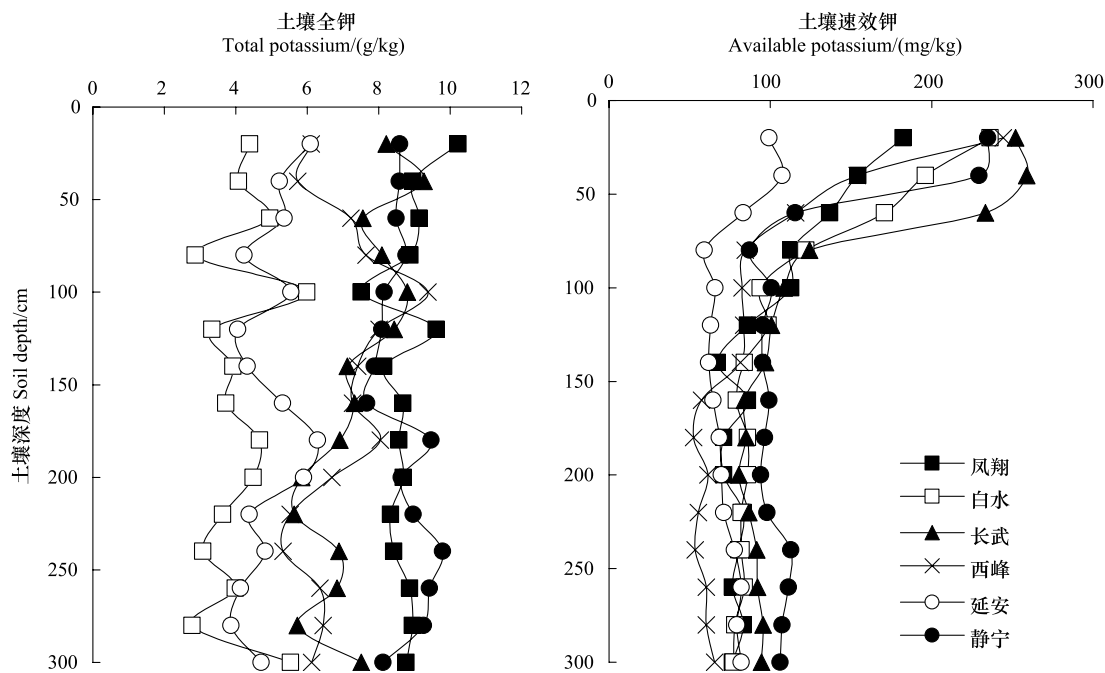


图 3 不同试点苹果园地 0—300 cm 土层土壤全钾含量和速效钾含量剖面分布特征

Fig. 3 Comparison of soil total potassium and available potassium distribution in profile of apple orchards at different experiment sites

2.3 苹果园地表层 0—60 cm 土层土壤养分含量丰缺状况评价

由于不同区域气候和果园土壤条件等因素差异,导致果园土壤养分丰缺程度不同(表 4)。根据全国第二次土壤普查分级标准^[16]判断(表 5),凤翔果园 0—60 cm 土层土壤全氮较缺,速效氮缺,速效磷中等,速效钾较丰富。白水果园 0—60 cm 土层土壤全氮较缺,速效氮丰富,速效磷中等,速效钾丰富。长武果园 0—60 cm 土层土壤全氮较缺,速效氮较丰富,速效磷中等,速效钾丰富。西峰果园 0—60 cm 土层土壤全氮较缺,速效氮中等,速效磷中等,速效钾较丰富。延安果园 0—60 cm 土层土壤全氮和速效氮缺,速效磷缺,速效钾较缺。静宁果园 0—60 cm 土层土壤全氮缺,速效氮较丰富,速效磷中等,速效钾较丰富。总体上,大部分试点果园土壤全氮含量较缺,土壤速效磷含量处于中等水平,土壤速效钾处于丰富或较丰富水平,但果园需钾量较大,需要补施钾肥。因此,凤翔果园应该增施有机肥和氮肥,增施钾肥。白水果园应该适当增施磷肥和钾肥。长武果园增施有机肥,氮磷钾肥配合施用。西峰果园应增施有机肥和氮肥,适当增施钾肥。延安地区土壤养

表 4 不同试点苹果园地表层 0—60 cm 土层土壤养分平均值

Table 4 Mean of soil nutrient content in 0—60 cm of apple orchards at different experiment sites

试验地点 Experiment sites	全氮/(g/kg) Total nitrogen	速效氮/(mg/kg) Available nitrogen	全磷/(g/kg) Total phosphorus	速效磷/(mg/kg) Available phosphorus	全钾/(g/kg) Total potassium	速效钾/(mg/kg) Available potassium
凤翔	0.82±0.02b	45.75±3.74e	0.54±0.02d	13.08±0.16c	9.44±0.57a	157.82±1.16e
白水	0.93±0.01a	183.70±3.72a	0.53±0.01de	12.42±0.23cd	4.47±0.40d	201.03±1.33b
长武	0.86±0.01b	134.88±1.90b	0.87±0.02a	18.45±0.14a	8.35±0.13b	248.10±1.63a
西峰	0.82±0.01b	93.00±1.76d	0.77±0.02b	15.91±0.30b	6.36±0.13d	171.34±1.51d
延安	0.55±0.02d	41.50±2.35e	0.49±0.01e	3.52±0.26e	5.56±0.37d	96.59±1.47f
静宁	0.72±0.01c	122.56±4.55c	0.67±0.02c	12.36±0.29d	8.55±0.34ab	193.13±2.05c

表 5 全国第二次土壤普查分级标准

Table 5 Classification standard of the second general survey of soil

分级标准 Classification standard	全氮(N)/(g/kg) Total nitrogen	速效氮(N)/(mg/kg) Available nitrogen	速效磷(P ₂ O ₅)/(mg/kg) Total phosphorus	速效钾(K ₂ O)/(mg/kg) Available potassium
丰富 Abundant	>2.0	>150	>40	>200
较丰富 Satisfactory	1.5—2.0	120—150	20—40	150—200
中等 Moderate	1.0—1.5	90—120	10—20	100—150
较缺 Minor deficiency	0.75—1.0	60—90	5—10	50—100
缺 Deficiency	0.5—0.75	30—60	3—5	30—50
极缺 Extreme deficiency	<0.5	<30	<3	<30

分状况最差,应加大施肥力度,增施有机肥,氮磷钾肥配合施用,实行平衡施肥。静宁果园应增施有机肥和氮肥,适当增加磷肥用量。

3 讨论与结论

土壤养分是影响苹果产量与品质提高的重要因素之一^[17-20]。黄土高原苹果区土壤氮素含量普遍偏低,这与黄土苹果产区土壤氮素本底值含量较低有关,也与近年来提倡少施氮肥而多施磷钾肥的果园培肥措施有关。氮素是果树需求量较多而土壤供应量较少,供求矛盾最突出的大量营养元素^[7]。氮素的缺乏会限制果树的营养生长^[21]。改善土壤氮素营养是提高果园产量的关键因素之一。果园土壤氮素缺乏与土壤类型密切相关,延安果园土壤氮素最低,这与冉伟^[7]的调查结果一致。延安果园土壤类型为黄绵土,土壤有机质含量低,土壤中氮素含量与土壤有机质呈现显著正相关^[9]。在这种“先天不足”的果园土壤上,今后应加大施肥力度,提高氮肥施用量。还可以根据果树生长需要,施用适合当地土壤的控释肥料和缓释肥料,从而延长肥料肥效,提高肥料利用效率^[22]。

黄土高原苹果区土壤磷素含量与冉伟^[7]测定的结果相比,果园磷素含量有所上升,这是由于近年来果农加大了磷肥的投入量,而且磷肥在土壤中的移动性差,难迁移,多年施用造成了磷的积累。土壤速效磷的变异系数很高,浅层土壤速效磷含量最高达 42.10 mg/kg,而深层土壤速效磷含量最低仅为 1.20 mg/kg,浅层土壤速效磷含量是深层的 35 倍。磷肥在土壤中难移动,所以今后施肥应注意磷肥深施。

黄土高原苹果区土壤钾素含量普遍较高,钾素是提高果实品质的“焦点”元素。与国外苹果相比,我国苹果产量高,品质低,尤其是优质果所占比例极低。刘侯俊^[11]研究表明,钾肥能增加果实纵横径,增加着色度,使果实有光泽;提高果实含糖量,降低含酸量,提高糖酸比;增加可溶性固形物,VC 含量和其他营养元素的含量。但是由于受传统观念的影响,果农认为黄土区大部份果园土壤钾素丰富,一般不需要施钾肥,或者施钾肥量极少,今后应适当增施钾肥。

已有常规研究^[8-11]以 0—60 cm 为主,本研究养分测定土层深度较深,揭示了 0—300 cm 土层土壤养分特征。果树是深根系植物,但施肥不可能很深,较深的养分测定深度有助于反映果园土壤剖面深层养分分布特征。果园土壤养分大幅度变化区间主要集中于 0—80 cm 土层,这也是果树根系主要分布区域,表层 0—60 cm 养分含量尤其是速效养分远远高于深层养分含量。各类果园土壤氮磷钾全量和速效量(全钾和速效氮除外)养分具有明显表层“积聚效应”。

不同试点各类果园土壤养分状况差异明显,一方面是与各地果园施肥和灌水管理措施有关,另一方面也与果园土壤类型、地貌形态和气候条件等密切相关。针对不同区域果园土壤养分含量差异,提出果园施肥建议:凤翔果园应该增施有机肥和氮肥,增施钾肥。白水果园应该适当增施磷肥和钾肥。长武果园增施有机肥,氮磷钾肥配合施用。西峰果园应增施有机肥和氮肥,适当增施钾肥。延安地区土壤养分状况最差,应加大施肥力度,增施有机肥,氮磷钾肥配合施用,实行平衡施肥。静宁果园应增施有机肥和氮肥,适当增加磷肥用量。不同苹果产区的果园都需增施有机肥,有机肥能改善土壤理化性状,提高土壤肥力。有机肥源成为施肥的关键,除了通过传统的方式增加土壤有机质,可采用果园生草措施来提高土壤有机质含量,改善果园生态

效应^[23]。

References:

- [1] Wei X P, Cheng S H, Tang F, Li J R, Zhang D L. Relationship between fruit quality of Fuji apple and meteorological factors. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 1999, 10(3): 289-292.
- [2] Wei X P, Zhang J X, Mao Z Q, Li J R. Optimum meteorological factors and climate divisions of apple for good quality. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2003, 14(5): 713-716.
- [3] Ma Y Q, Liu C M, Zhu H L, Liu L Z, Ma W, Wang W. The analysis of ecosystem characteristic of high quality apple producing base on Weibei arid plain region in Xianyang of Shaanxi province. *Agricultural Research in the Arid Areas*, 2008, 26(1): 146-153.
- [4] Zhu L, Guo Z X, Zhu Y N. Assessment and zoning study of climatic resources based on GIS. *Journal of Shaanxi Meteorology*, 2005, (3): 23-26.
- [5] Li B Z, Liu J H, Zhang L S, Luan D Z, Li Y R, Liu X R. The effect of different bagging period on the quality of red Fuji apple in Weibai dryland. *Journal of Northwest Forestry University*, 2005, 20(2): 118-120.
- [6] Xi R T. *Pandect of Fruit Tree Cultivation*. 3rd ed. Beijing: Chinese Agriculture Press, 2000.
- [7] Ran W. Study on the Dynamic Evolution of Orchard Ecosystem on the Weibei Dryland [D]. Xianyang: Northwest Agriculture and Forestry University, 2008.
- [8] Liu Z L, Zhang G J, Zhao Z Y, Liang J. Survey on the state of soil nutrient of apple orchards in the major production area of Shaanxi. *Journal of Northwest Forestry University*, 2006, 21(2): 50-53.
- [9] Li H M, Cheng X R. Investigation and countermeasures of soil nutrient of apple orchards in Xianyang. *Northern Fruits*, 2002, 6: 20-22.
- [10] Zhang J, Wu F Q, Zhang Y, Xu M. Survey and evaluation of soil nutrients in the apple production regions in Weibei highland. *Acta Agriculturae Boreali-Occidentalis Sinica*, 2011, 20(1): 102-108.
- [11] Liu H J. The Status of Nutrients and Effect of Potassium Fertilizer of Orchard in Shaanxi Province [D]. Xianyang: Northwest Agriculture and Forestry University, 2002.
- [12] Yang W J. The countermeasures of optimizing agricultural industry structure in apple production counties, Weibei loess plateau, Shanxi. *Commercial Research*, 2008, 373(5): 173-176.
- [13] Guo M Z. *Apple Cultivation of new Technologies*. Shaanxi Yangling: Northwest Agriculture and Forestry University Press, 2005: 60-61.
- [14] Bao S D. *Soil and Agricultural Chemistry Analysis Science*. Beijing: Agriculture Press of China, 2000: 302-316.
- [15] Guo Z Y. *Shaanxi Soil*. Beijing: Science Press, 1992.
- [16] The National Soil Survey and Investigation Office. *Technical Specification of the second general survey of soil*. Beijing: Chinese Agriculture Press, 1979.
- [17] Singh S R, Sharma A K, Sharma M K. Influence of NPK combinations at different altitudes and aspects on fruit yield, quality and leaf nutrient status of apple cv. Red Delicious. *Indian Journal of Horticulture*, 2009, 66(2): 175-182.
- [18] Fallahi E, Fallahi B, Neilsen, G H, Neilsen D, Peryea F J. Effects of mineral nutrition on fruit quality and nutritional disorders in apples. *Acta Horticulturae*, 2010, 868: 49-59.
- [19] Liu X Y, Dong T, Zhang K, Zhang H Y, Wang F L. Distribution anti accumulation of mineral nitrogen in apple orchard soils in dry plateau of eastern Gansu Province. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2010, 21(3): 796-800.
- [20] Fan J, Shao M A, Hao M D, Wang Q J. Desiccation and nitrate accumulation of apple orchard soil on the Weibei dryland. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2004, 15(7): 1213-1216.
- [21] Shao L, Zhang M, Chen X S, Wang L X. Effects of controlled release nitrogen fertilizer on yield and nitrogen content of soil and apple tree. *Acta Horticulturae Sinica*, 2007, 34(1): 43-46.
- [22] Zhang J. Survey and Evaluation of Soil Nutrients in the Apple Orchards in Weibei Highland [D]. Xianyang: Northwest Agriculture and Forestry University, 2010.
- [23] Li H K, Zhang G J, Zhao Z Y, Li K R. Effects of Interplanting of Herbage on Soil Nutrient of Non-irrigated Apple Orchard in the Loess Plateau. *Acta Horticulturae Sinica*, 2007, 34(2): 477-480.

参考文献:

- [1] 魏钦平,程述汉,唐芳,李嘉瑞,张德林. 红富士苹果品质与生态气象因子关系的研究. *应用生态学报*, 1999, 10(3): 289-292.
- [2] 魏钦平,张继祥,毛志泉,李嘉瑞. 苹果优质生产的最适气象因子和气候区划. *应用生态学报*, 2003, 14(5): 713-716.
- [3] 马延庆,刘长民,朱海利,刘珍珠,马文,王维. 陕西咸阳渭北旱塬地区优质苹果基地生态气候特征分析. *干旱地区农业研究*, 2008, 26

(1): 146-153.

- [4] 朱琳, 郭兆夏, 朱延年. 基于 GIS 气候资源评价及区划研究——以陕西省苹果气候区划为例. 陕西气象, 2005, (3): 23-26.
- [5] 李丙智, 刘建海, 张林森, 栾东珍, 李亚绒, 刘向阳. 不同时间套袋对渭北旱塬红富士苹果品质的影响. 西北林学院学报, 2005, 20(2): 118-120.
- [6] 郝荣庭. 果树栽培学总论 (第三版). 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [7] 冉伟. 渭北旱塬果园生态系统演变研究 [D]. 咸阳: 西北农林科技大学, 2008.
- [8] 刘子龙, 张广军, 赵政阳, 梁俊. 陕西苹果主产区丰产果园土壤养分状况的调查. 西北林学院学报, 2006, 21(2): 50-53.
- [9] 李会民, 程雪绒. 咸阳苹果园土壤养分状况调查及对策. 北方果树, 2002, 6: 20-22.
- [10] 张进, 吴发启, 张扬, 许敏. 渭北优质苹果种植区土壤养分调查与评价. 西北农业学报, 2011, 20(1): 102-108.
- [11] 刘侯俊. 陕西省果园养分状况和钾肥肥效研究 [D]. 咸阳: 西北农林科技大学, 2002.
- [12] 杨文杰. 陕西渭北苹果基地县农业产业结构优化对策研究. 商业研究, 2008, 373(5): 173-176.
- [13] 郭民主. 苹果栽培新技术. 陕西杨凌: 西北农林科技大学出版社, 2005: 60-61.
- [14] 鲍士旦. 土壤农化分析 (第三版). 北京: 中国农业出版社, 2000: 25-38.
- [15] 郭兆元. 陕西土壤. 北京: 科学出版社, 1992.
- [16] 全国土壤普查办公室. 第二次全国土壤普查暂行技术规程. 北京: 中国农业出版社, 1979.
- [19] 刘小勇, 董铁, 张坤, 张辉元, 王发林. 甘肃陇东旱塬不同树龄苹果园矿质氮的分布和积累特征. 应用生态学报, 2010, 21(3): 796-800.
- [20] 樊军, 邵明安, 郝明德, 王全九. 渭北旱塬苹果园土壤深层干燥化与硝酸盐累积. 应用生态学报, 2004, 15(7): 1213-1216.
- [21] 邵蕾, 张民, 陈学森, 王丽霞. 控释氮肥对土壤和苹果树氮含量及苹果产量的影响. 园艺学报, 2007, 34(1): 43-46.
- [22] 张进. 渭北苹果园土壤养分状况调查与评价 [D]. 咸阳: 西北农林科技大学, 2010.
- [23] 李会科, 张广军, 赵政阳, 李凯荣. 黄土高原旱地苹果园生草对土壤养分的影响. 园艺学报, 2007, 34(2): 477-480.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 33, No. 6 March, 2013 (Semimonthly)

CONTENTS

Review and Monograph

- Forest health studies based on remote sensing: a review GAO Guanglei, XIN Zhongbao, DING Guodong, et al (1675)
- Progress of agent-based agricultural land change modeling: a review YU Qiangyi, WU Wenbin, YANG Peng, et al (1690)

Autecology & Fundamentals

- Dynamic distribution of *Nemopilema nomurai* in inshore waters of the northern Liaodong Bay, Bohai Sea WANG Bin, QIN Yubo, DONG Jing, et al (1701)
- Full length cDNA cloning and tissue expression of prophenoloxidase from *Oratosquilla oratoria* LIU Haiying, LIU Lianwei, JIANG Yusheng, et al (1713)
- Morphometrics investigation of the skulls, mandibles and molar in *Tupaia belangeri* from Yunnan, Guizhou, Guangxi ZHU Wanlong, JIA Ting, HUANG Chunmei, et al (1721)
- Effects of litter thickness on leaf litter decomposition and enzyme activity of three trees in the subtropical forests JI Xiaoyan, JIANG Hong, HONG Jianghua, et al (1731)
- The photosynthetic carbon fixation characteristics of common tree species in northern Zhejiang ZHANG Jiao, SHI Yongjun, ZHU Yueqing, et al (1740)
- Diurnal changes in the photosynthetic characteristics of two high yield and high quality grasses during different stages of growth and their response to changes in light intensity GUO Chunyan, LI Jinchuan, YUE Jianying, et al (1751)
- Evaluation technology on drought disaster to yields of winter wheat based on WOFOST crop growth model ZHANG Jianping, ZHAO Yanxia, WANG Chunyi, et al (1762)
- Genetic diversity of *Conocephalus maculatus* of different geographic populations based on mitochondrial DNA control region analysis ZHOU Zhijun, SHANG Na, LIU Jing, et al (1770)
- Relationships among female body size, clutch size, and egg size in captive *Deinagkistrodon acutus* HU Minghang, TAN Qunying, YANG Daode (1778)
- The field control of *Bactrocera dorsalis* (Hendel) with parasitoid and sterile male ZHENG Sining, HUANG Juchang, YE Guanglu, et al (1784)
- Allelopathic effects of artemisinin on ectomycorrhizal fungi LI Qian, YUAN Ling, WANG Mingxia, et al (1791)

Population, Community and Ecosystem

- Establishment of integrated methodology for bay ecosystem health assessment and its application in Daya Bay LI Chunhou, LIN Lin, XU Shannan, et al (1798)
- The influence of upwelling and water mass on the ecological group distribution of zooplankton in Zhejiang coastal waters SUN Lufeng, KE Chang, XU Zhaoli, et al (1811)
- Identification of key ecosystem for ecological restoration in semi-arid areas: a case study in Helin County, Inner Mongolia PENG Yu, GAO Ying, FENG Jinzhao, et al (1822)
- The great rainfall effect on soil respiration of *Pinus tabulaeformis* plantation in Taiyue Mountain JIN Guanyi, ZHAO Xiuhai, KANG Fengfeng, et al (1832)
- The litter-fall characteristics and their response to drought stress in the Masson pins forests damaged by acid rain at Chongqing, China WANG Yihao, WANG Yanhui, YU Pengtao, et al (1842)

Landscape, Regional and Global Ecology

- Thermal environment effect of urban water landscape YUE Wenze, XU Lihua (1852)
- Landscape ecological security pattern associated with the introduction of exotic tree species *Eucalyptus* ZHAO Xiaoqing, HE Chunlan (1860)
- Ecological balance between supply and demand in Chongqing City based on cultivated land ecological footprint method SHI Kaifang, DIAO Chengtai, SUN Xiufeng, et al (1872)
- Effect of elevated CO₂ on methanotrophs in the rhizosphere of rice plant YAN Chen, XU Jing, ZHONG Wenhui, et al (1881)

Resource and Industrial Ecology

- The seawater environment quality evaluation research base on variable fuzzy pattern recognition model KE Lina, WANG Quanming, SUN Xinguo, et al (1889)
- An *in situ* study on biodeposition of ascidian (*Styela plicata*) in a subtropical aquaculture bay, southern China YAN Jiaguo, QI Zhanhui, TIAN Ziyang, et al (1900)
- Distribution of soil NPK nutrient content in deep soil profile of typical apple orchards on the Loess Plateau ZHANG Lina, LI Jun, FAN Peng, et al (1907)
- Soil respiration and its responses to soil moisture and temperature under different tillage systems in dryland maize fields ZHANG Dingchen, CAI Dianxiong, DAI Kuai, et al (1916)
- Photosynthetic characteristics of soybean and salvia in an agroforestry system in the Hilly Region, Shangluo, China PENG Xiaobang, ZHANG Shuoxin (1926)
- Regulation of exogenous brassinosteroid on growth and photosynthesis of *Helianthus tuberosus* seedlings and cadmium biological enrichment under cadmium stress GAO Huiling, LIU Jinlong, ZHENG Qingsong, et al (1935)
- Calibration coefficients of Granier original formula based on sap flow of *Platycladus orientalis* LIU Qingxin, MENG Ping, ZHANG Jinsong, et al (1944)

Research Notes

- An evaluation index system classifying the conservation value of wetland nature reserves based on AHP SUN Rui, CUI Guofa, LEI Ting, et al (1952)
- Root biomass and its distribution of *Azadirachta indica* and *Acacia auriculiformis* plantations in the Dry-hot Valley GAO Chengjie, TANG Guoyong, LI Kun, et al (1964)
- Physiological response of *Vitex trifolia* to sand burial in the sand coast ... ZHOU Ruilian, WANG Jin, YANG Shuqin, et al (1973)
- Soil fertility under different forest types in the Helan and Liupan Mountain ranges of Ningxia Province JIANG Lin, GENG Zengchao, ZHANG Wen, et al (1982)

Opinions

- Dynamic of litterfall in ten typical community types of Xiaoxing'an Mountain, China HOU Lingling, MAO Zijun, SUN Tao, et al (1994)

《生态学报》2013 年征订启事

《生态学报》是由中国科学技术协会主管,中国生态学学会、中国科学院生态环境研究中心主办的生态学高级专业学术期刊,创刊于 1981 年,报道生态学领域前沿理论和原始创新性研究成果。坚持“百花齐放,百家争鸣”的方针,依靠和团结广大生态学科工作者,探索自然奥秘,为生态学基础理论研究搭建交流平台,促进生态学研究深入发展,为我国培养和造就生态学科人才和知识创新服务、为国民经济建设和发展服务。

《生态学报》主要报道生态学及各分支学科的重要基础理论和应用研究的原始创新性科研成果。特别欢迎能反映现代生态学发展方向的优秀综述性文章;研究简报;生态学新理论、新方法、新技术介绍;新书评价和学术、科研动态及开放实验室介绍等。

《生态学报》为半月刊,大 16 开本,300 页,国内定价 90 元/册,全年定价 2160 元。

国内邮发代号:82-7,国外邮发代号:M670

标准刊号:ISSN 1000-0933 CN 11-2031/Q

全国各地邮局均可订阅,也可直接与编辑部联系购买。欢迎广大科技工作者、科研单位、高等院校、图书馆等订阅。

通讯地址:100085 北京海淀区双清路 18 号 电 话:(010)62941099; 62843362

E-mail: shengtaixuebao@rcees.ac.cn 网 址: www.ecologica.cn

编辑部主任 孔红梅 执行编辑 刘天星 段 靖

生 态 学 报

(SHENGTAI XUEBAO)

(半月刊 1981 年 3 月创刊)

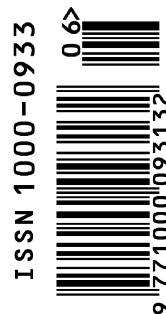
第 33 卷 第 6 期 (2013 年 3 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 33 No. 6 (March, 2013)

编 辑	《生态学报》编辑部 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085 电话:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn	Edited by	Editorial board of ACTA ECOLOGICA SINICA Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China Tel:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn
主 编	王如松	Editor-in-chief	WANG Rusong
主 管	中国科学技术协会	Supervised by	China Association for Science and Technology
主 办	中国生态学学会 中国科学院生态环境研究中心 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085	Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
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	北京北林印刷厂	Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
发 行	科 学 出 版 社 地址:东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717 电话:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net	Distributed by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net
订 购	全国各地邮局	Domestic	All Local Post Offices in China
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
广告经营 许 可 证	京海工商广字第 8013 号		



ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 90.00 元