

# 元氏石榴品质与岩土地球化学特征关系研究<sup>\*</sup>

高业新 申建梅 刘文生 石迎春

(中国地质科学院水文地质环境地质研究所 石家庄 050061)

**摘 要** 从农业地质研究的角度出发,探讨了成土母岩、土壤地球化学元素对元氏县石榴品质的影响。调查发现,在元氏县山区,品质好、产量高的石榴主要分布在黑云斜长片麻岩区,其主要原因是黑云斜长片麻岩风化层厚,裂隙发育,P、Sr、Mn、Zn 含量高,Cr、Ni 含量低,K 含量虽低但主要以易被植物吸收的缓效态存在于黑云母中。土壤地球化学背景分析表明,优质石榴分布区与 P、Sr、Mn、Zn 的富集区吻合性最好,这也验证了元氏石榴优质产区分布和成土母岩黑云斜长片麻岩分布的一致性。

**关键词** 农业地质 石榴品质 地球化学元素 基岩 土壤 元氏县

**中图分类号:**S151+.21 **文献标识码:**A **文章编号:**1671-3990(2008)01-0052-05

## Relationship between pomegranate quality and geochemical element characteristics in rock and soil in mountain area of Yuanshi County

GAO Ye-Xin, SHEN Jian-Mei, LIU Wen-Sheng, SHI Ying-Chun

(Institute of Hydrogeology and Environmental Geology, Chinese Academy of Geological Sciences, Shijiazhuang 050061, China)

**Abstract** The paper discussed the relation of pomegranate quality with the mineral nutrition elements among bedrock and soil from eco-agriculture geology view in Yuanshi County, Hebei Province. The result shows that the quality of sweet pomegranate planted in biotite-plagioclase gneiss is better than that planted in other rocks resulting from thicker mantle-rock, well developed cracks. The higher P, Mn, Zn and Sr contents, and lower Ni and Cr contents are other reasons for the higher quality of pomegranate planted in biotite-plagioclase gneiss. Meantime, though K content of biotite-plagioclase gneiss is lower, it mainly occurs in delay-effective state and be easily absorbed by pomegranate. According to analysis of soil geochemical background, the distribution of high quality pomegranate is accordant with the distribution of abundant P, Mn, Zn, Sr.

**Key words** Eco-agriculture geology, Pomegranate quality, Geochemical elements, Bedrock, Soil, Yuanshi County

(Received May 28, 2006; accepted Nov. 15, 2006)

河北省元氏县石榴种植历史悠久,“满天红”是当地的主要种植品种,分酸、甜两种,是太行山区现存的石榴资源中抗逆性最好、适应性最强、品质最佳的品种<sup>[1]</sup>。目前,石榴已成为当地的特色支柱产业,种植规模不断扩大。

根据果农经验、农业专家考察及果实品质的监测结果,同一品种在园艺管理技术基本相同的条件下,土壤类型、海拔、坡度、坡向、母岩类型及元素地球化学特征等因素都不同程度地影响着石榴品质,且岩土元素的地球化学特征影响最大。近年来,我国一些学者对影响宁夏枸杞<sup>[2]</sup>、龙井茶<sup>[3]</sup>、云南烤烟<sup>[4]</sup>、沧州金丝小枣<sup>[5]</sup>等农产品品质的地质及元素

地球化学特征进行过相关研究,意大利学者<sup>[6]</sup>也曾对葡萄品质与地质的关系进行过研究,都得出了正确结论。但对石榴的研究仅涉及到土壤性质对品质的影响<sup>[7]</sup>。本文重点探讨了影响石榴品质的元素地球化学特征,以了解石榴适宜栽培区环境条件,为科学规划开发石榴,使其品质效益和规模效益协调发展提供科学依据。

### 1 研究区概况与研究方法

元氏县位于河北省石家庄市西南 32 km,太行山东麓。石榴主要种植于该县西部的丘陵山地,其中甜石榴集中种植于三道坡、胡家庄一带,酸石榴集中种植于南紫沟一带。

<sup>\*</sup> 中国地质科学院水文地质环境地质研究所所控项目(SK2003-2)资助

高业新(1971~),男,博士生,副研究员,主要从事农业生态地质研究。E-mail: goofy2004@163.com

收稿日期:2006-05-28 接受日期:2006-11-15

太行山丘陵山地岩性以太古界片麻岩、变质花岗岩、变质砂砾岩、砂岩及寒武系碳酸盐岩为主,间有岩脉分布。由于岩石矿物组成及所经历的构造运动和变质程度不同,岩石的风化破碎程度差别很大,其中黑云斜长片麻岩、变质花岗岩风化最强烈,多呈碎块状或碎片状,变质砂岩、砂砾岩次之,基本保留了原岩结构,而寒武系碳酸盐岩原岩结构完好,风化程度最弱。实地调查表明,元氏县石榴种植区岩性以黑云斜长片麻岩、变质花岗岩和变质砂砾岩为主。优质甜石榴主要种植于黑云斜长片麻岩发育的土壤上,其次为变质花岗岩发育的土壤。

为了解地质环境对石榴品质的影响,分析了岩性、土壤和地球化学元素与石榴品质的关系。首先详细调查了元氏县丘陵区岩石和土壤的类型及分布,石榴种植区域、品种和果实品质。然后,根据调查结果选择典型种植区,设立岩石-土壤-植物立体采样点,分别采集岩石、土壤以及石榴的根叶样品,共采集 60 个样点。每一样点的 3 种样品均分析测试了 N、P、K、S、B、Fe、Mn、Cu、Zn、Mo、Cl、Si、Ca、Mg、Na、V、Ti、Cd、As、Hg、F、Co、Cr、Pb、Ni、Sr、Se 等 27 种元素全量及 N、P、K、S、B、Fe、Mn、Cu、Zn、Mo、Si、Ca、Mg、Na 等 14 种元素有效态和 pH 值。并于 9 月份石榴果实成熟时采集果实样品,测试果实总糖、总酸等化学组分含量。矿质元素含量由中国地质科学院地球物理地球化学勘查研究所测试中心测定,果实化学组分含量由中国科学院植物研究所测定。

## 2 结果与分析

### 2.1 石榴品质的评定

元氏县石榴的皮、籽、叶等都含有丰富的营养成分,主要有总糖、还原 Vc、还原糖、蛋白质、单宁、可溶性果酸、可滴定酸、花青素等。将这些营养成分作 R 型聚类分析,在相关系数  $R = 0.5$  时,将营养成分指标分为两类,一类以总糖为代表,一类以果酸为代表(图 1)。因此,糖、酸两种物质的含量及相互间的协调性是决定石榴品质的重要因素。总糖和总酸可以作为指示石榴品质的关键指标。

以总糖为纵坐标,总酸为横坐标作图,通过原点的斜率,即糖酸比代表二者的平衡程度(协调性)(图 2)。从图 2 可以看出, I 区糖酸比大于 104.5,其生长区母岩为黑云斜长片麻岩; II 区糖酸比大于 14.9,小于 104.5,生长区母岩为变质花岗岩; III 区糖酸比小于 1,为酸石榴的化学成分特征,不具有可食性,生长区母岩为变质砂砾岩。显然,在不同的

岩石类型区,石榴品质差异明显。

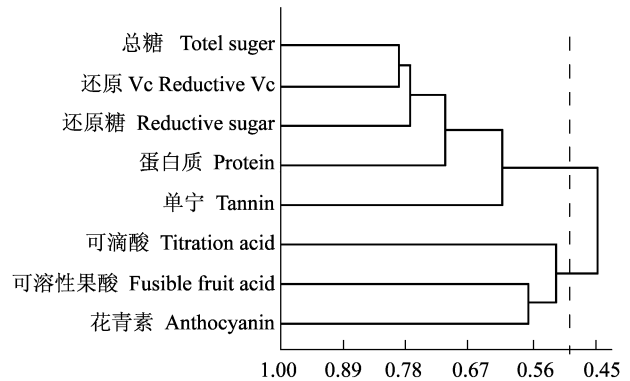


图 1 石榴化学成分的 R-型聚类谱系图

Fig. 1 The R-type cluster map of chemical components of pomegranate

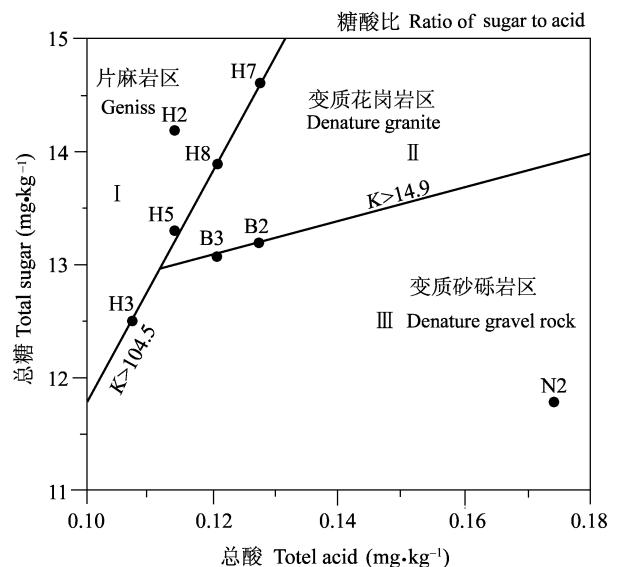


图 2 表示石榴果实品质的糖-酸图

Fig. 2 The coordinate map of total sugar and total acid contents as fruit quality of pomegranate

H2 ~ H8: 优质石榴样 High quality pomegranate samples; B2 ~ B3: 次优质石榴样 Second high quality pomegranate samples; N2: 劣质石榴样 Low quality pomegranate sample;  $k$  斜率 Slope.

### 2.2 岩性与石榴品质的关系

研究区内不同母岩区石榴品质调查分析表明(表 1),生长于黑云斜长片麻岩上的石榴产量高、品质好。主要是由于黑云斜长片麻岩的风化层厚,裂隙多,利于石榴根系向深层生长。黑云斜长片麻岩是研究区内变质程度最高,形成时代最老,裸露时间最长的岩石,因而其风化程度最高;另外,由于黑云斜长片麻岩所含矿物种类多,而不同矿物膨胀系数不同,故其风化能力高于矿物组成单一的岩石。

表 1 不同取样点石榴果实品质的比较

Tab. 1 Comparson of pomegranate fruit quality from different sites

序号 Code	典型地点 Sampling site	岩性特征 Lithological feature	固形物 Total soluble solid ( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ )	糖酸比 Rate of sugar to acid	石榴品质 Pomegranate quality
1	三道坡、胡家庄	黑云斜长片麻岩	13.70	117.52	优
2	北正	变质花岗岩	13.05	105.28	次优
3	南紫沟	变质砂砾岩	11.50	6.53	较差

实地调查表明,研究区黑云斜长片麻岩的风化带厚度 1.0~2.0 m,最厚可达 10 m 以上,呈碎块状或沙土状,化学风化程度深。岩石面裂隙极其发育,达  $88.23 \text{ 条} \cdot \text{m}^{-2}$ ,向下可延伸到微风化带,远高于当地其他岩石面裂隙率及裂隙深度,如研究区内变质花岗岩面裂隙率为  $17.46 \text{ 条} \cdot \text{m}^{-2}$ ,变质砂砾岩为  $13.07 \text{ 条} \cdot \text{m}^{-2}$  [7]。生长于黑云斜长片麻岩的石榴根系沿岩石裂隙可延伸至基岩,有利于吸收风化带中储存的水分和养分。另外,随地表水的入渗,土壤中淋溶的部分养分也被带到裂隙中,为石榴的生长提供一定的营养。前人研究显示,岩石风化层中的水分含量为表层土壤含水量的 19 倍,养分含量占表层养分含量的 90.1% [8]。可见,黑云斜长片麻岩的风化层厚、裂隙发育,可为石榴树的生长提供充足养分和水分。

## 2.3 岩石的元素特征与石榴品质的关系

研究区土壤多是由原岩风化而成,或只经过短距离的搬运堆积。原岩对土壤元素有直接的控制作用,因此,原岩中的养分仍然是果树生长的最直接供养源。研究认为 [9],木本植物可以从 3~5 m 甚至更深的土壤摄取草本植物根系难以达到而无法吸收的磷素。因此山区的岩石裂隙、弱风化层都是供应植物养分的直接区域。对岩石元素含量与石榴品质分析的结果表明:

磷(P)。P 是与石榴品质较为密切的元素之一 [9]。与研究区内其他岩石相比,黑云斜长片麻岩中 P 的含量并不高,但与其他两种岩石相比,形成的土壤中有有效态含量高出近一倍(表 3),这是由于原岩中磷灰石含量高 [10]。虽试验区石榴树多年不施肥,但其 P 含量却很高(元氏石榴的 P 含量  $623.48 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ )。

表 2 不同岩石化学成分表

Tab. 2 Chemical compositions of different rocks

岩性 Lithology	含量 Content( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ )										
	K <sub>2</sub> O	P	Mn	Zn	B	Mo	Cu	Ba	Sr	Cr	Ni
N	35 100	1 637.0	107.0	19.0	50.3	0.34	3.90	352.8	57.0	39.85	17.00
P	57 200	858.5	224.0	98.7	50.4	0.47	18.1	691.0	82.5	62.83	26.00
W	23 200	453.8	942.7	164.4	27.7	0.44	16.1	849.6	249.2	38.76	15.22

N:变质花岗岩 Denature granite; W:黑云斜长片麻岩 Biotite plagioclase gneiss; P:变质砂砾岩 Denature gravel rock. 下同, The same below.

钾(K)。K 对植物的光合作用和糖类形成与运转及蛋白质形成等都有一定的促进作用 [10]。土壤中 K 充足供应可以明显提高石榴含糖量。岩石化学成分分析表明,黑云斜长片麻岩 K 含量比其他几种岩石均低,但其形成的有效态含量最高(表 3)。这是因为其他岩石中的 K 主要赋存在钾长石中,为固定态钾,很难活化和被植物利用。而黑云斜长片麻岩中的 K 主要赋存于黑云母及少量微斜长石中,属缓效态 K,可以不断释放 K 供应植物利用 [10]。

锶(Sr)。与其他类型的岩石相比黑云斜长片麻岩的 Sr 含量普遍较高,特别元氏县优质石榴分布区,与非优质石榴分布区相比, Sr 的含量高出 2~10 倍。Sr 对石榴的影响机理还尚未见报道。彼列尔曼指出, Sr 同 Ca、K、Mg、B、Zn、Mo 一样是生物积聚较强的元素;商翎等认为 [12],对植物的生长来说 Sr 有补充或替代 Ca 的作用。笔者研究发现(未发

表), Sr 可促进 P 的吸收,这可能是 Sr 含量高石榴品质好的最直接原因,但影响机理尚待进一步研究。

## 2.4 土壤元素与石榴品质的关系

仅从土壤分类的角度看,元氏县山区优质石榴产区和非优质石榴产区没有明显差别。而土壤的地球化学特征由母岩成分决定。由于成土母岩不同,优质产区和非优质产区土壤地球化学特征差异明显。优质产区的土壤地球化学特征和黑云斜长片麻岩的地球化学特征非常一致,也印证了优质石榴产区分布和黑云斜长片麻岩分布的一致性。

研究区不同土壤中元素含量差异较大(表 3)。黑云斜长片麻岩发育的土壤中 Ca、Mg、Na、Zn、Mn、Sr 6 种元素含量偏高,属富集元素;K、B、Cu 偏低,属贫乏元素。变质花岗岩发育的土壤中仅 Si 属富

集元素, P、Cu、Mg、Fe、Mn、Zn、Sr 7 种元素偏低, 属贫乏元素; 变质砂砾岩发育的土壤中 P、K、F、Fe、Cu 5 种元素含量偏高, 属富集元素, Na、Sr 含量偏低, 属贫乏元素。黑云斜长片麻岩发育的土壤中多数元素含量明显高于另外两种土壤, 特别是 Zn、Mn、

Sr、P 的含量更高。从各种元素的分布特征与优质石榴产区空间关系分析, 优质石榴分布区与 Sr、Zn、Mn、P 的富集区吻合性最好, 这正是黑云斜长片麻岩区的特征。其他元素的分布相对稳定, 在优质石榴区没有明显的富集特征。

表 3 研究区不同土壤类型中营养元素含量

Tab.3 Nutrition element contents in different soil in research area

mg · kg<sup>-1</sup>

元素 Element	W		P		N	
	全量 Total content	有效态 Available content	全量 Total content	有效态 Available content	全量 Total content	有效态 Available content
P	597.5	12.9	441.8	7.5	432.5	7.5
K	2.82	114.60	3.77	111.20	3.15	59.00
Na	2.0	19.3	1.5	13.4	1.9	18.3
Ca	2.9	1971.0	1.9	2083.0	3.2	2420.0
Mg	2.09	91.10	1.74	45.40	1.76	28.80
Fe	6.61	103.50	5.09	65.90	5.15	58.40
Mn	669	33	461	30	558	27
Cu	27.80	0.67	17.40	0.85	17.80	0.35
Zn	106.0	0.4	65.2	0.3	68.9	0.2
B	35.6	0.5	44.6	0.4	32.0	0.4
Sr	166.6		87.4		100.2	
Si	61.6	161.0	64.4	162.0	65.1	158.0
Cr	38.76		62.83		49.75	
Ni	15.22		48.21		26.00	

在优质石榴分布区内, 土壤 Sr 含量明显偏高, 范围为 140 ~ 395 mg · kg<sup>-1</sup>, 非优质区含量在 120 mg · kg<sup>-1</sup> 以下; 优质区土壤 Mn 含量最高可达 2 137 mg · kg<sup>-1</sup>, 但离散程度较大, 无明显富集; Zn 在优质区土壤中呈富集趋势, 含量大于 100 mg · kg<sup>-1</sup>, 在非优质区富集程度不明显, 含量在 40 ~ 80 mg · kg<sup>-1</sup> 之间。B 含量在各区均低于 60 mg · kg<sup>-1</sup>, 无明显富集特征。无论在优质区还是在非优质区, 元素 K 的全含量差异不明显。

元素有效态含量与全量的分布规律一致(表 3)。优质区(W)有效磷含量 > 10 mg · kg<sup>-1</sup>, 最高达 53 mg · kg<sup>-1</sup>, 次优质区(N)含量为 7 ~ 10 mg · kg<sup>-1</sup>, 品质较差区(P)为 5 ~ 8 mg · kg<sup>-1</sup>; 优质区有效钾含量为 60 ~ 120 mg · kg<sup>-1</sup>, 非优质区 < 30 mg · kg<sup>-1</sup>; 有效锰含量范围 4.8 ~ 108.0 mg · kg<sup>-1</sup>, 但含量变化较大, 仅在优质区为正常水平, 非优质区均处于缺乏状态; 有效铜含量范围 0.31 ~ 3.66 mg · kg<sup>-1</sup>, 平均 0.55 mg · kg<sup>-1</sup>, 属正常 ~ 丰富水平, 分布特征与石榴品质的空间关系不显著; 无论在优质区还是非优质区, 有效铁含量为 13.2 ~ 319 mg · kg<sup>-1</sup>, 平均为 70.6 mg · kg<sup>-1</sup>, 处于正常 ~ 丰富水平, 差异不显著; 有效锌含量均处于缺乏范围, 最高值仅 0.55 mg · kg<sup>-1</sup>, 平均值 0.32 mg · kg<sup>-1</sup>。

不同岩石类型风化成的土壤中, Cr、Ni 含量变化非常明显(表 3), 对作物品质有十分重要的影响<sup>[10,11]</sup>。Cr 的平均含量在优质区为 38.76 mg · kg<sup>-1</sup>, 次优质区为 49.75 mg · kg<sup>-1</sup>, 品质较差区为 62.83 mg · kg<sup>-1</sup>, 比优质区的含量高 1.29 倍, 比次优质区高约 1.60 倍。这与黑云斜长片麻岩中的 Cr 含量低于其他岩石类型中的含量相吻合。Cr 是公认的毒性元素, 其植物效应研究表明<sup>[10]</sup>, Cr 含量高的土壤对植物有毒性, 高 Cr 可以导致树木顶部几乎所有营养物含量和根部 K、P、Fe、Mg 的含量减少。Ni 的平均含量在优质区为 15.22 mg · kg<sup>-1</sup>, 次优质区为 26.00 mg · kg<sup>-1</sup>, 品质较差区为 48.21 mg · kg<sup>-1</sup>, 比优质区含量高约 1.85 倍, 比次优质区高约 3.17 倍。这与黑云斜长片麻岩中的 Ni 含量低于其他岩石类型中的含量相吻合。Ni 对植物生长发育有一定的促进作用, 然而, Ni 过量会导致植物中毒和失绿。Ni 可阻止营养物质吸收和根的代谢作用。在出现明显中毒症状以前, Ni 已经开始抑制光合作用和蒸腾作用。所以在品质较差区, Ni 元素含量过高应是一个影响石榴品质的因素。

### 3 结 论

石榴在河北省元氏县山区广泛种植, 但优质石



榴主要分布在黑云斜长片麻岩发育的土壤上。主要是因为黑云斜长片麻岩风化层厚,裂隙发育,可为石榴树生长提供较充足的养分和水分;黑云斜长片麻岩的磷灰石、黑云母含量比其他岩石高,所以 P、K 的有效可供性高;此类岩石 Sr 含量高也是石榴质优的因素之一。从各种元素的分布特征与优质石榴产区的空间关系分析发现,优质石榴分布与 Mn、Zn、Sr、P 富集吻合性最好,土壤中 Cr、Ni 含量高的区域石榴品质差,低值区品质好。

### 参考文献

- [1] 曹铁森,高福存.冀西太行山石榴引种试验初报[J].河北林业科技,1991(3):28-31
- [2] 高业新,李新虎.宁夏枸杞的道地性研究[J].地球学报,2003,24(2):193-196
- [3] 周国华,朱立新,任天祥,等.龙井茶生长环境的地球化学研究[J].物探与化探,1994,18(3):263-267
- [4] 曾群望,杨双兰,高宏光,等.云烟生产的土壤地质背景[M].昆明:云南科学出版社,1993
- [5] 邵时雄,侯春堂,刘玉林,等.果林农业生态地质研究——金丝小枣农业生态地质环境[M].北京:科学出版社,1995
- [6] Cita M. B., Chiesa S., Colacicchi R., et al. Italian Wines and Geology[M]. Milano: BE-MA Editrice, 2004
- [7] 冯翠娥,高业新,申建梅,等.土壤物理化学环境对石榴品质的影响——河北省元氏县石榴品质差异原因初探[J].水文地质工程地质,2003(6):80-84
- [8] 马平安.太行山区片麻岩山地的岩石裂隙及林业利用[J].地理学与国土研究,1999,15(增刊):25-31
- [9] 李家熙,吴功建,黄怀曾,等.区域地球化学与农业和健康[M].北京:地质出版社,2000
- [10] 栾文楼,杨剑平,高永丰.影响大枣品质的岩土元素地球化学特征——以石家庄市变质岩山区为例[J].山地学报,2004,22(5):613-618
- [11] 商翎,提福魁,王淑华,等.元素生态地球化学及其应用[M].沈阳:辽宁大学出版社,1997:214-219

### 欢迎订阅 2008 年《中国生态农业学报》

《中国生态农业学报》原名《生态农业研究》,1993 年创刊,中国科学院遗传与发育生物学研究所和中国生态经济学会主办,科学出版社出版。系中国期刊方阵双效期刊、中国科技核心期刊,中国科技论文统计源刊、万方数据库统计源刊、中国科学引文数据库源刊、中国期刊网统计源刊以及中国期刊全文数据库源刊,并被国际农业生物学文摘(CABI)、美国化学文摘(CA)、哥白尼索引(IC)、美国乌利希国际期刊指南等国际数据库及检索单位收录。《中国生态农业学报》报道农业生态学、生态经济学、生态学及资源与环境保护等领域创新性研究成果。主要刊登土壤、施肥与植物营养、水资源及其高效利用、作物水分生理生态、农业高效栽培技术与机理、作物抗性生理生态、抗性育种、病虫害防治、生物多样性保护、资源优化配置及其效益分析、农业生态工程技术、无公害农产品生产技术、农业环境污染防治及农业可持续发展等方面的研究报告、研究简报及综述,以及生态农业建设和生态农业示范区建设典型模式与典型经验等。适于国内外从事农业生态学、生态经济学及环境保护等领域的科技人员、高等院校有关专业师生、农业及环境管理工作及基层从事生态农业建设的技术人员阅读和投稿。

《中国生态农业学报》国内外公开发行,国际标准连续出版物号:ISSN1671-3990,国内统一连续出版物号:CN13-1315/S,双月刊,单月 26 日出版,国际标准大 16 开本,每期定价 35 元,全年 210 元。北京市报刊发行局发行,邮发代号:82-973。全国各地邮局均可订阅,漏订者可直接汇款至编辑部补订(若从编辑部补订全年需另加邮资 20.00 元)。

本刊现有 1993~1999 年各年度《生态农业研究》合订本,半价出售(12 元/册);2000 年精装合订本,半价为 17 元/套(散刊 12 元/套);2001 年、2002 年《中国生态农业学报》散刊,半价为 15 元/套;2003~2006 年散刊 38 元/套(半价)。需订购者,请直接从邮局汇款至本刊编辑部。请在汇款单注明订户详细地址及需订内容。

地址:(050021) 河北省石家庄市槐中路 286 号 《中国生态农业学报》编辑部

电话:(0311)85818007 E-mail:editor@sjziam.ac.cn