

石灰质土壤上不同葡萄品种叶片的铁含量与其黄化的关系

王翠玲¹, 周卫东², 杨晓明³, 曹孜义^{1*}

(¹甘肃农业大学生命科学技术学院, 兰州 730070; ²兰州园艺学校, 兰州 730060; ³甘肃省农业科学院粮食作物研究所, 兰州 730070)

摘要: 以石灰性土壤上 8 年生的 3 个欧亚种鲜食葡萄品种 (红脸无核 Blush Seedless、玫瑰香 Muscat Hamburg、里扎马特 Rizamat) 以及 3 个欧美杂种 (京亚 Jingya、藤稔 Fujinori、紫珍香 Zizhenxiang) 为试材, 通过对叶片叶绿素、活性铁和全铁含量相互关系的分析发现, 不同品种新叶到成熟叶的叶绿素、活性铁和全铁含量逐渐增加; 黄化叶片叶绿素比绿叶显著降低, 重度黄化欧美杂种 1、2 位叶活性铁含量显著低于未黄化欧亚种; 不同品种 1、2 位叶全铁含量比较, 黄化叶与绿叶差别不大, 有时黄化叶比绿叶全铁含量高; 欧亚种红脸无核和玫瑰香 4 位叶全铁含量显著高于黄化品种 4 位叶。叶片叶绿素含量与其黄化程度呈负相关, 与活性铁和全铁含量呈正相关。

关键词: 葡萄; 黄化; 叶绿素; 活性铁; 全铁; 石灰性土壤; 缺铁病

中图分类号: S 663.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 0513-353X (2007) 04-0829-06

Studies on Chlorosis and Iron Contents of Leaves from Different Grapevine Cultivars on Calcareous Soil

WANG Cui-ling¹, ZHOU Wei-dong², YANG Xiao-ming³, and CAO Zi-yi^{1*}

(¹School of Life Sciences and Technology, Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070, China; ²Gardening School of Lanzhou, Lanzhou 730060, China; ³Crop Institute, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou 730070, China)

Abstract: The study was carried out with table grapevine plants grown on calcareous soil under field conditions. Chlorophyll concentration, active iron contents and total iron contents of leaves from different positions of 8-year-old table grapevine (three *Vitis vinifera*, Blush Seedless, Muscat Hamburg and Rizamat; three Euro-American hybrid, Jingya, Fujinori and Zizhenxiang) were measured and analyzed their relationship. The results indicated that contents of chlorophyll, active and total iron gradually increased from young leaves to mature leaves. The contents of chlorophyll of chlorotic leaves were significantly lower than that of green ones. The active iron content of leaves at first and second position of severely chlorotic Euro-American hybrid was remarkably lower than that of normal *Vitis vinifera*. Chlorotic leaves have same or higher iron concentration than green ones when compared with the total iron content of leaves at first and second position of different cultivars, while the total iron content of leaves at fourth position of Blush Seedless and Muscat Hamburg were significantly higher than ones of chlorotic cultivars. Chlorophyll content was negatively correlated to degree of chlorosis, the active and total iron contents were significant positively correlated to chlorophyll content.

Key words: Grapevine; Chlorosis; Chlorophyll; Active iron; Total iron; Calcareous soil; Iron deficiency

收稿日期: 2007 - 03 - 16; 修回日期: 2007 - 06 - 06

基金项目: 甘肃省科技厅事业费项目 (QS051-C31-06)

* 通讯作者 Author for correspondence (E-mail: caozy@gsau.edu.cn)

近年来,葡萄缺铁黄化在我国北方石灰性土壤产区日益突出。缺铁黄化严重影响着葡萄的产量和品质 (Mencel, 1994)。土壤中高浓度 HCO^- 是造成葡萄和其他双子叶植物缺铁黄化的主要因素 (Bavaresco et al, 1994)。葡萄 (*Vitis* spp.) 属于“机理”植物,其缺铁反应机制表现为:根际酸化;根表面 Fe^{3+} 还原能力增强;根表面形成大量的根毛,根尖膨大 (Varanini & Maggioni, 1982; Bavaresco et al, 1991)。

关于葡萄在石灰性土壤上的根系缺铁反应机制以及其抗缺铁基因型的筛选已有许多报道 (Bavaresco et al, 1991; 翟衡等, 1999), 但黄化叶中的铁含量以及铁在葡萄植株中的运输和利用还有许多疑点;有关不同基因型葡萄叶片铁含量的报道也较少 (Romheld, 2000)。

本研究选不同抗缺铁葡萄品种的不同叶位叶片,研究叶片的叶绿素、活性铁和全铁含量的相互关系,旨在为葡萄缺铁黄化的防治和黄化机理研究提供依据。

1 材料与方 法

1.1 试验材料

试验于 2003 年在甘肃农业大学葡萄园进行。该园属石灰性土壤, pH 7.7, 全铁 6 790 mg/kg, 活性铁 6.81 mg/kg。

供试葡萄品种为欧亚种 (红脸无核 Blush Seedless、玫瑰香 Muscat Hamburg、里扎马特 Rizamat) 和欧美杂种 (京亚 Jingya、藤稔 Fujiminori、紫珍香 Zizhenxiang)。其中红脸无核、玫瑰香、里扎马特为二倍体,京亚、藤稔、紫珍香为四倍体。

试材均为 8 年生自根苗,每个品种取 3 株。

参考周厚基和全月澳 (1988) 黄化植株分级方法,将以上品种分为 3 组:红脸无核和玫瑰香——正常树;里扎马特和京亚——轻度黄化树 (病梢占全部新梢的 25%);藤稔和紫珍香——重度黄化树 (病梢占全部新梢的 75%左右)。

1.2 样品采集

葡萄黄化叶片症状分级标准参考晁无疾和周敏 (2000) 的方法。根据叶片黄化病发生早晚和严重程度的不同可分为 4 级:绿叶,轻度黄化,中度黄化和重度黄化。

6 月中旬葡萄植株生长旺盛期 (即黄化严重发生期),分别在不同植株从顶部新叶到下部成熟叶取 4 个部位的叶样。每株取相同叶样 10 片。重度黄化植株叶样分别为重度 (1 位叶)、中度 (2 位叶)、轻度 (3 位叶) 和绿叶 (4 位叶);轻度黄化植株叶样分别为中度 (1 位叶)、轻度 (2 位叶)、绿叶 (3 位叶) 和绿叶 (4 位叶)。

1.3 叶绿素、活性铁和全铁含量的测定

叶绿素含量测定用比色法 (李合生和孙群, 2000)。

测铁叶片用肥皂水、去离子水冲洗后,用定量滤纸吸干表面水分,置硫酸纸袋中,鼓风干燥箱中 105 杀青 20 min, 70 鼓风干燥 72 h, 研磨。用 0.1 mol/L 的 HCl 与研磨样按 50:1 的比例浸提 24 h, 静止过滤,用 WYX-9004 型原子吸收分光光度计测定活性铁含量。260 碳化、580 灰化 6 h, 2 mL 1:1 HCl 溶解,去离子水定容至 50 mL,用 WYX-9004 型原子吸收分光光度计测定全铁含量 (薛进军和王秀茹, 1999)。

各项测定均于晴天上午 8~10 时取样,重复 3 次,取未黄化植株相应部位的叶片作为对照。

2 结果与分析

2.1 叶绿素含量

叶绿素含量的分析结果表明,不同品种不同叶位叶片的叶绿素含量变化趋势基本一致,随着叶位的

增加, 叶绿素含量逐渐增加。但重度黄化品种紫珍香和藤稔较正常品种玫瑰香和红脸无核变化显著 (图 1)。

紫珍香和藤稔 1 位叶叶绿素含量分别为 0.058 和 0.145 mg/kg FM, 而玫瑰香和红脸无核 1 位叶分别为 0.92 和 0.87 mg/kg FM, 较藤稔和紫珍香的 3 位叶还要高。紫珍香和藤稔 4 位叶为正常绿色叶片, 和玫瑰香、红脸无核 4 位叶叶绿素含量基本一致。从紫珍香和藤稔曲线图可以看出, 叶绿素含量与其黄化程度呈负相关。

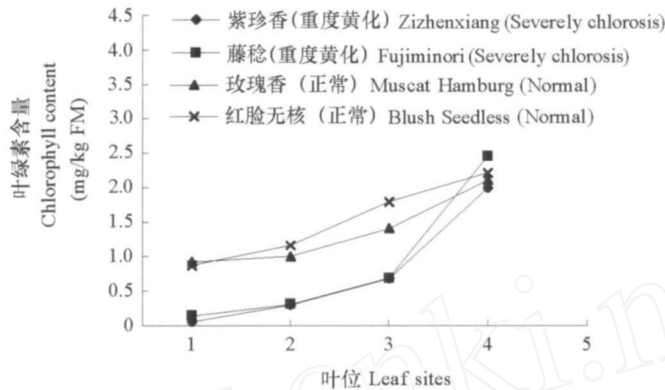


图 1 不同葡萄品种不同叶位叶片叶绿素含量

Fig 1 The chlorophyll contents of different position leaves of different grapevine cultivars

2.2 活性铁含量

活性铁含量测定结果 (表 1) 表明, 不同品种不同叶位叶片活性铁含量变化趋势一致, 即从 1 位到 4 位叶片活性铁含量逐渐增加, 与叶绿素变化趋势基本一致。

对不同品种同一叶位进行显著性分析, 不同品种之间 1、2 位叶活性铁含量都差异显著, 而 3、4 位叶中有的差异不显著。

从黄化程度来看, 未黄化品种玫瑰香和红脸无核 1、2 位叶活性铁含量明显高于其它品种; 轻度黄化品种京亚和里扎马特高于重度黄化品种紫珍香和藤稔。

表 1 不同葡萄品种不同叶位叶片活性铁含量

Table 1 Active iron contents of the different position leaves from six grapevine cultivars

(mg/kg DM)

叶位 Leaf position	正常树 Normal cultivars		轻度黄化树 Slightly chlorotic cultivars		重度黄化树 Severely chlorotic cultivars	
	红脸无核 Blush Seedless	玫瑰香 Muscat Hamburg	京亚 Jingya	里扎马特 Rizamat	紫珍香 Zizhenxiang	藤稔 Fujiminori
	1	35.3 ±1.1aA	19.3 ±1.0bB	15.7 ±1.3cC	11.6 ±0.8dD	9.2 ±1.2eD
2	46.1 ±1.5aA	21.4 ±1.3bB	18.1 ±0.8cC	15.9 ±1.2dCD	14.0 ±1.0eD	10.5 ±0.9fE
3	55.5 ±1.7aA	39.1 ±0.9bB	25.7 ±1.3dD	31.2 ±1.1cC	24.5 ±0.8dD	16.4 ±0.6eE
4	60.9 ±2.3aA	43.3 ±1.5cC	43.4 ±2.1cC	53.8 ±1.3bB	42.6 ±1.3cC	35.5 ±1.0dD

注: 不同字母表示差异显著, 小写 ($P < 0.05$), 大写 ($P < 0.01$)。

Note: Values followed by different letters in the row line are significant at $P < 0.05$ (small letters) or at $P < 0.01$ (capital letters).

上述结果说明 1、2 位叶叶片活性铁含量能够反映葡萄黄化程度, 可作铁高效葡萄基因型或抗黄化葡萄品种筛选和培育的一项参考指标; 欧亚种红脸无核、玫瑰香 1、2 位叶片活性铁含量显著高于欧美杂种京亚、藤稔和紫珍香。

2.3 全铁含量

不同葡萄品种不同叶位叶片全铁含量分析结果表明 (表 2), 从 1 位叶到 4 位叶叶片全铁含量呈

增加趋势。

对同一品种的各叶位进行显著性分析, 各品种 4 位叶全铁含量都显著高于其上部叶位全铁含量。比较各品种 1、2 位叶全铁含量, 黄化叶片的全铁含量, 有的甚至比正常叶片高。如京亚 1 位叶 (中度黄化) 全铁含量为 25.9 mg/kg DM, 是 2 位叶 (轻度黄化) 全铁含量的 1.8 倍; 紫珍香 2 位叶 (中度黄化) 全铁含量为 66.6 mg/kg DM, 较玫瑰香 2 位叶 (绿叶) 全铁含量高 0.52 倍。欧亚种红脸无核、玫瑰香 4 位叶 (绿叶) 全铁含量显著高于黄化品种 4 位叶 (绿叶), 这说明抗黄化葡萄品种成熟叶片中贮存了较丰富的铁量。

表 2 不同葡萄品种不同叶位叶片全铁含量

Table 2 Total iron contents of leaves from four different positions of six grapevine cultivars (mg/kg DM)

叶位 Leaf position	正常树 Normal cultivars		轻度黄化树 Slightly chlorotic cultivars		重度黄化树 Severely chlorotic cultivars	
	红脸无核 Blush Seedless	玫瑰香 Muscat Hamburg	京亚 Jingya	里扎马特 Rizamat	紫珍香 Zizhenxiang	藤稔 Fujinori
1	61.9 ±1.2dD	44.3 ±1.1cC	25.9 ±0.6cC	58.0 ±1.0bB	37.8 ±1.6dD	35.9 ±1.2dD
2	69.1 ±1.3cC	43.6 ±1.2cC	23.4 ±0.7dD	50.8 ±1.1cC	66.6 ±1.2cC	41.6 ±0.7cC
3	100.0 ±2.5bB	74.3 ±1.0bB	35.8 ±1.0bB	57.2 ±0.9bB	105.8 ±2.2bB	52.2 ±0.6bB
4	172.1 ±3.0aA	205.4 ±2.5aA	66.8 ±1.2aA	102.2 ±2.4aA	121.5 ±2.9aA	70.9 ±1.0aA

注: 不同字母表示差异显著, 小写 ($P < 0.05$), 大写 ($P < 0.01$)。

Note: Values followed by different letters in the row line are significant at $P < 0.05$ (small letters) or at $P < 0.01$ (capital letters).

2.4 活性铁含量占全铁含量的比例

比较各葡萄品种各叶位叶片的活性铁含量占全铁含量的比例 (表 3), 黄化品种紫珍香和藤稔的平均比例较低, 分别为 0.26% 和 0.31%。黄化品种黄化叶片活性铁比绿叶低, 说明黄化叶片中铁的利用率低。

欧亚种红脸无核和玫瑰香 1、2、3 位叶片的比例反而比绿叶 (4 位叶) 高, 这进一步说明葡萄植株抗黄化的能力与其根部吸收铁的机制有关, 还与铁在叶片中的利用效率有关。

欧美杂种京亚虽有高的比例, 即铁的利用率高, 但其各叶位全铁含量较低 (表 3)。

表 3 不同葡萄品种叶位叶片活性铁占全铁含量的比例

Table 3 The ratio of active iron compared to total iron of leaves from different positions of six grapevine cultivars (%)

叶位 Leaf position	正常树 Normal cultivars		轻度黄化树 Slightly chlorotic cultivars		重度黄化树 Severely chlorotic cultivars		均值 Average
	红脸无核 Blush Seedless	玫瑰香 Muscat Hamburg	京亚 Jingya	里扎马特 Rizamat	紫珍香 Zizhenxiang	藤稔 Fujinori	
1	0.57	0.43	0.61	0.20	0.24	0.17	0.37
2	0.67	0.49	0.77	0.31	0.20	0.25	0.45
3	0.55	0.53	0.72	0.55	0.23	0.31	0.48
4	0.35	0.21	0.65	0.53	0.35	0.50	0.43
均值 Average	0.54	0.42	0.68	0.40	0.26	0.31	0.43

2.5 叶绿素、活性铁与全铁之间的相关性分析

各品种各叶位叶片的叶绿素、活性铁含量与全铁之间的相关性分析表明, 叶绿素含量与其黄化程度呈负相关 (图 1), 叶片活性铁含量与叶绿素含量呈显著正相关, 全铁含量与叶绿素呈正相关, 活性铁与全铁含量有的品种也呈正相关 (表 4)。

表 4 不同葡萄品种叶位叶片叶绿素、活性铁与全铁之间的相关分析

Table 4 The relationship of chlorophyll, active and total iron contents of leaves from different grapevine cultivars

叶位 Leaf position	正常树 Normal cultivars		轻度黄化树 Slightly chlorotic cultivars		重度黄化树 Severely chlorotic cultivars		均值 Average
	红脸无核 Blush Seedless	玫瑰香 Muscat Hamburg	京亚 Jingya	里扎马特 Rizamat	紫珍香 Zizhenxiang	藤稔 Fujiminori	
活性铁与叶绿素 Active iron and chlorophyll	0.977*	0.797	0.967*	0.972*	0.988*	0.993**	0.948*
全铁与叶绿素 Total iron and chlorophyll	0.937*	0.903*	0.912*	0.885	0.866	0.971*	0.909
活性铁与全铁 Active iron and total iron	0.866	0.806	0.989*	0.902	0.925	0.993**	0.913

*相关显著水平 $P < 0.05$; **相关显著水平 $P < 0.01$ 。

* Correlation at the 5%; ** Correlation at the 1%.

3 讨论

不同葡萄品种 1、2 位叶片活性铁含量能够反映葡萄黄化程度和其抗黄化的能力, 可作铁高效葡萄基因型或抗黄化葡萄品种筛选和培育的一项参考指标。

叶片全铁含量都是 4 位叶高于其他上部叶片; 不同品种 1、2 叶位比较, 黄化叶与绿叶全铁含量差别不显著, 有时黄化叶比绿叶全铁含量高。欧亚种红脸无核、玫瑰香 4 位叶全铁含量显著高于黄化品种 4 位叶, 这说明抗黄化葡萄品种成熟叶片中贮存了较丰富的铁量。欧亚种红脸无核、玫瑰香 1、2、3 位叶片的活性铁占全铁含量比例反而比绿叶高, 这说明石灰性土壤上葡萄黄化不但与植株根系吸收铁的反应机制有关, 还与铁在植株上部以及铁的转运和有效性有关。

叶片中总铁含量与叶片的叶绿素含量没有很好的相关性, 很多情况下, 植物缺铁失绿叶片中具有较高的总铁含量 (Mohammad et al, 1999), 但是叶绿素含量与用低浓度 HCl 浸提的活性铁呈现良好的相关性 (Koseoglu, 1995)。本研究结果表明, 叶绿素含量与其黄化程度呈负相关, 叶片活性铁含量与叶绿素含量呈显著正相关, 全铁含量与叶绿素也呈正相关, 活性铁与全铁含量有的品种也达到显著正相关。本试验中也得到黄化叶片全铁含量有的甚至比正常叶片高, 这种现象为“黄化的自相矛盾” (Chlorosis Paradox) (Bavaresco et al, 1999)。虽然黄化叶有高的铁含量, 但其铁活性较差, 不能被叶绿素合成所利用。

叶绿素、活性铁、全铁含量的研究表明: 兰州地区不同葡萄品种之间抗缺铁的能力存在较大差别, 这主要有 4 个方面:

1) 种群间的差异。欧亚种群玫瑰香、红脸无核比欧美杂种紫珍香、藤稔、京亚等抗黄化能力较强, 在 pH 值较高的石灰性土壤不发生黄化病, 各叶位叶片中全铁、活性铁含量都显著高于黄化品种。欧美杂种为欧亚种与美洲种杂交获得的杂交种, 而美洲种最为突出的缺点是不耐石灰性土壤, 易患缺绿病。

2) 同一种群中, 不同品种抗黄化能力也不一样。欧亚种群中里扎马特抗黄化能力较低。欧美杂种中京亚黄化症状较轻, 各叶位全铁含量较低, 但铁的利用率高, 有一定抗黄化能力。

3) 倍性间差异。四倍体材料紫珍香、藤稔、京亚易发生黄化病。这与品种根系抗黄化能力较弱有关, 也与四倍体品种代谢旺盛, 对活性铁的需求相对较多有关 (Miroslav & Volker, 2000)。

4) 土壤肥力差异。同一品种, 在不同土壤条件下, 黄化程度也不一样。这与晁无疾和周敏 (2000) 在北京、河北、河南等地葡萄园田间黄化病发病程度调查结果基本一致。晁无疾和周敏 (2000) 用黄化指数表示不同品种间田间发病情况时, 藤稔为 36.7, 京亚为 43.3, 这与在兰州地区藤稔比京亚更易黄化有所不同。

References

- Bavaresco L, Fregoni M, Frascachini P. 1991. Investigations on iron uptake and reduction by excised roots of different grapevine rootstocks and a *Vitis vinifera* cultivar. *Plant Soil*, 130: 109 - 113.
- Bavaresco L, Fregoni M, Perino A. 1994. Physiological aspects of lime-induced chlorosis in some *Vitis* species. I. Pot trial on calcareous soil. *Vitis*, 33: 123 - 126.
- Bavaresco L, Giachino E, Colla R. 1999. Iron chlorosis paradox in grapevine. *Journal of Plant Nutrition*, 22 (10): 1589 - 1597.
- Chao Wu-ji, Zhou M in. 2000. Investigation and correction of iron deficiency chlorosis in grapevine. *Sino-Overses Grapevine & Wine*, 2: 26 - 27. (in Chinese)
- 晁无疾, 周敏. 2000. 葡萄缺铁性黄化病调查与矫正试验. *中外葡萄与葡萄酒*, 2: 26 - 27.
- Koseoglu A T. 1995. Effect of iron chlorosis on mineral composition of peach trees. *J. Plant Nutrition*, 18 (4): 765 - 776.
- Li He-sheng, Sun Qun. 2000. Experiment principle and technology of plant physiology and biochemistry. Beijing: Higher Education Press. 258 - 260. (in Chinese)
- 李合生, 孙群. 2000. 植物生理生化实验原理和技术. 北京: 高等教育出版社: 258 - 260.
- Mencel K. 1994. Iron availability in plant tissues iron chlorosis on calcareous soil. *Plant Soil*, 165: 275 - 283.
- Mohammad M, Najm H, Khresat S. 1998. Nitric acid-and O-phenanthroline-extractable iron for diagnosis of iron chlorosis in citrus trees. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 29 (7 - 8): 1035 - 1043.
- Miroslav N, Volker R. 2000. Effect of bicarbonate on uptake and translocation of Fe in two grapevine rootstocks differing in their resistance to Fe deficiency chlorosis. *Vitis*, 39 (4): 145 - 149.
- Romheld V. 2000. The chlorosis paradox: Fe inactivation as a secondary event in chlorotic leaves of grapevine. *J. Plant Nutrition*, 23: 11 - 12.
- Varanini Z, Maggioni A. 1982. Iron reduction and uptake by grapevine roots. *Plant Nutr*, 5: 521 - 529.
- Xue Jin-jun, Wang Xiu-ru. 1999. The effect of different fertilizing methods on chlorophyll and iron content in apple tree. *Journal of Fruit Science*, 16 (4): 246 - 249. (in Chinese)
- 薛进军, 王秀茹. 1999. 铁肥品种和施肥方式对黄化苹果树复绿和铁含量的影响. *果树科学*, 16 (4): 246 - 249.
- Zhai Heng, Li Jia, Xing Quan-hua. 1999. Screening of Fe-efficient grapevine rootstocks and identification index. *Scientia Agricultura Sinica*, 32 (6): 34 - 39. (in Chinese)
- 翟衡, 李佳, 邢全华. 1999. 抗缺铁葡萄砧木的鉴定及指标筛选. *中国农业科学*, 32 (6): 34 - 39.
- Zhou Hou-ji, Tong Yue-ao. 1988. Studies of iron chlorosis in apple plants. *Scientia Agricultura Sinica*, 21 (4): 46 - 50. (in Chinese)
- 周厚基, 仝月澳. 1988. 苹果树缺铁失绿研究进展. *中国农业科学*, 21 (4): 46 - 50.

Subscription

欢迎订阅 2008年 《中国生态农业学报》

《中国生态农业学报》由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。为中国科技核心期刊, 被美国化学文摘、美国乌利希国际期刊指南以及中国科学引文数据库、中国期刊全文数据库等 20 多家检索系统和数据库收录。

《中国生态农业学报》是报道农业生态学、生态学、农业资源与环境保护以及农业生态经济学等领域创新性研究成果, 以农业生态学为理论基础, 研究农业生态系统及其稳定发展理论与技术的学术期刊。适于从事农业生态学、生态学、生态经济学以及环境保护等领域科技人员、高等院校有关专业师生、农业及环境管理工作者和基层从事生态农业建设的广大技术人员等阅读与投稿。

《中国生态农业学报》国内外公开发行, 国内刊号 CN13 - 1315/S, 国际刊号 ISSN1671 - 3990, 双月刊, 国际标准大 16 开本, 每期定价 35 元, 全年 210 元。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 (需另加邮资 24.00 元)。

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

电话: (0311) 85818007 传真: (0311) 85815093

E-mail: editor@sjziam.ac.cn