



# 喀斯特地区土壤环境对油菜菌核病的影响

苏跃<sup>1,2</sup>, 吴沿友<sup>1\*</sup>

(1 中国科学院地球化学研究所, 贵州 贵阳 550001; 2. 贵州省植保植检站, 贵州 贵阳 550001)

**摘要:** 通过在贵州喀斯特地区测定 15 个试点 135 个油菜田块的土壤指标, 发现土壤 8 种指标在各试点和不同田块存在显著或极显著差异。土壤全钙与交换钙含量之间达极显著相关, 土壤全钙与交换镁含量相关性较大, 土壤交换钙与交换镁含量间也达极显著相关。同时, 调查各试点各田块油菜不同生育期菌核病病情, 发现土壤因素对油菜各生育时期菌核病发生有显著影响。土壤全钙含量和 pH 对于初花期油菜叶部发病率和盛花期茎部发病率、病情指数的发生起主要作用, 土壤有效磷和碱解氮对盛花期叶部发病率起主要作用, 土壤 pH 对终花期茎部发病率和病情指数起主要作用; 土壤中高含量有效磷和速效钾是促进成熟期茎部菌核病发病率和病情指数的主要因素。

**关键词:** 油菜; 菌核病; 土壤因子; 喀斯特

中图分类号: S432.24; S435.654 文献标识码: A 文章编号: 1672-6820(2016)03-0042-05

## Effect of soil factors on rape sclerotinose in karst areas in Guizhou province

Su Yue<sup>1,2</sup>, Wu Yanyou<sup>1</sup>

(1. Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guiyang Guizhou 550001, China; 2. Plant Protection and Plant Quarantine Station of Guizhou province, Guiyang Guizhou 550001, China)

**Abstract:** Through 135 representative samples form 15 test points, there was significantly correlation between 8 soil indexes. There were significantly correlated between contents of soil total calcium and soil exchangeable calcium and magnesium, the same as soil exchangeable calcium and soil exchangeable magnesium. As one of the major factors, soil had critical impact on rape sclerotinose disease in rapeseed growth. The results of stepwise regression analysis showed that pH value and soil contents of total calcium, available potassium, and exchangeable calcium were key factors affecting leaf disease in initial flowering stage. Soil contents of Alkeline-N and available phosphorus were key factors affecting leaf disease in blooming period, pH value and the soil contents of total calcium were key factors affecting stem disease and disease index. The pH value was key factor affecting stem disease in final flowering. Soil contents of available phosphorus and available potassium were key factors affecting stem disease and disease index in maturity.

**Key words:** rape; sclerotinose; soil factor; karst

油菜菌核病是油菜生产上最严重的病害, 直接制约着我国油菜产业的发展。贵州是全国优质油菜适宜种植区, 菌核病虽然是贵州油菜主要病害之一, 全省都有菌核病发生, 但总体发病率不高, 未对油菜生产造成重大影响<sup>[1]</sup>。据前人研究, 其原因可能是贵州喀斯特地区土壤平均交换性钙含量比我国非石灰

岩地区高数倍以上, 与我国其他地区植物钙含量相比, 喀斯特植被具有明显的高钙特征<sup>[2]</sup>, 而且农区耕地中高复种农作区土壤交换钙含量较其他类型高<sup>[3]</sup>。环境中 Ca<sup>2+</sup>含量丰富, 而根对 Ca<sup>2+</sup>吸收的限制较少, 这就造成了该地区植物体内 Ca<sup>2+</sup>浓度含量高, 而这又需要植物体更多地分泌草酸, 以形成草酸钙

收稿日期: 2015-12-15; 修回日期: 2016-01-04

基金项目: 贵州省优秀青年科技人才培养对象专项资金。

作者简介: 苏跃, 博士, 研究员, 在站博士后, 长期从事农业资源环境研究。E-mail: 64166561@qq.com

\* 通讯作者: 吴沿友, 博士, 教授, 博士生导师。E-mail: 782391418@qq.com。



来调控<sup>[4]</sup>。植物体分泌草酸不仅会对植株吸收磷等元素造成影响,而且草酸也会诱导油菜对菌核病的抗性<sup>[5]</sup>。当菌核病侵染分泌草酸时,体内过高的Ca<sup>2+</sup>会更快地与草酸结合,可加快抑制菌核病的发生。吴纯仁等研究发现0.01~0.1 mol/L 钙离子浓度处理过的油菜,120 h内能抑制菌核病的发生<sup>[6]</sup>。本文拟通过在贵州喀斯特地区特定土壤环境下,对菌核病的抗性影响进行研究,为通过营养调节,特别是钙素营养调节进行菌核病的防控,为油菜菌核病的无害化防控提供理论依据和实践基础。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地点

2013—2014年度土壤采样和油菜菌核病调查试验在以下15个试点进行:遵义县新民镇、思南县板桥镇、榕江县忠诚镇、平坝县十字乡、江口县桃映镇、黄平县旧州镇、福泉市陆坪镇、都匀市河阳乡、碧江区瓦屋乡、盘县板桥镇、湄潭县高台镇、凤冈县进化镇、三都县三合镇、荔波县朝阳镇、开阳县南龙乡。每个试点选有代表性的9块固定油菜田。

### 1.2 土样采集方法及理化指标测定方法

各地取样时间均统一在前茬作物收获后,施肥整地前完成。采用统一规格土钻,取样多点混合。所有形状的地块均按S形采样,每块田取10个点,制成一个混合样。

供试土壤理化性质的测定方法参照鲁如坤<sup>[7]</sup>。

### 1.3 调查指标方法

每一块田,按照油菜抽薹、初花、盛花、终花、成熟等生育时期各调查1次。调查油菜菌核病发病情况,包括叶部、茎部发病情况以及病情指数计算,参照《油菜菌核病测报技术规范》<sup>[8]</sup>。

### 1.4 数据处理

数据经Excel整理后,采用SPSS和DPS软件进行统计分析。采用多重比较、相关分析、通径分析和回归分析等数据统计分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 各试点土壤指标

通过15个试点135个混合样品的土壤指标多重比较(表1)可知,土壤全钙、交换钙、交换镁、碱解

氮、有效钾、有效磷含量和交换钙镁比等指标在各试点间存在显著或极显著差异,且各试点内9块田土壤交换镁含量变异较大;各试点pH存在显著差异,但各试点内9块田土壤差异不显著。

### 2.2 各土壤指标之间关系

通过对15个试点135个土壤样品进行相关性分析,土壤全钙含量与土壤交换钙含量相关系数为0.626 4,达极显著相关,与交换镁含量相关性较大;土壤交换钙与交换镁含量间相关系数为0.645 7,也达极显著相关;土壤交换镁与钙/镁间相关系数-0.546 1,也成显著相关;pH与土壤有效磷和有效钾相关性较大。

### 2.3 土壤因子对叶部菌核病发生的影响

#### 2.3.1 对初花期叶部发病率影响

初花期时,15个点叶部均发病,平均发病率为6.68%,发病率在2.44%~11.89%。通过土壤7个指标对初花期油菜叶部菌核病发病率的相关系数分析,土壤pH、速效钾、碱解氮对初花期油菜叶部菌核病发病有影响。进一步逐步回归分析和通径分析可知(表2、表3),土壤中主要是土壤全钙、交换钙、pH、速效钾对菌核病的发生起主要作用( $p < 0.05$ ),通径系数分别为-0.288 1、0.235 8、0.249 3、0.238 3。其中,土壤全钙和土壤交换钙之间相互影响,间接通径系数分别为0.147 7和-0.180 5。因此,在初花期,土壤钙含量以及影响土壤交换钙含量的土壤高pH对油菜菌核病的发生有较大影响,土壤高钙部分抑制了油菜菌核病的发生。

#### 2.3.2 对盛花期叶部发病率影响

盛花期时,油菜菌核病逐步进入高发期,平均发病率为16.59%,超20%发病率的有4个点。盛花期后,随着叶片大量脱落,叶部发病情况剧烈减少。

通过7个土壤指标对盛花期油菜叶部菌核病发病率的相关系数分析,土壤有效磷和速效钾对盛花期油菜叶部菌核病发病有较大影响( $p = 0.000$ )。进一步逐步回归和通径分析可知,土壤中主要是土壤有效磷和碱解氮对菌核病的发生起主要作用( $p = 0.000$ ),通径系数分别为0.408 1、-0.390 5(表4)。因此,在盛花期,土壤有效磷和碱解氮含量对油菜菌核病的发生有较大影响。土壤高含量有效磷促进

表 1 各试点土壤指标差异性比较<sup>1)</sup>

| 试点 | 全钙<br>(g/kg)            | 交换钙<br>(mg/kg)                | 交换镁<br>(mg/kg)           | pH                     | 碱解氮<br>(mg/kg)           | 有效磷<br>(mg/kg)          | 有效钾<br>(mg/kg)              | 钙/镁比                       |
|----|-------------------------|-------------------------------|--------------------------|------------------------|--------------------------|-------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| 遵义 | (13.64±4.03)<br>aA      | (1 710.00±265.09)<br>bcdeABC  | (130.10±21.95)<br>dC     | (7.56±0.05)<br>aA      | (161.22±19.18)<br>bcdABC | (21.91±5.82)<br>cC      | (120.00±19.70)<br>defCDE    | (13.19±0.80)<br>abcABC     |
| 思南 | (9.03±2.17)<br>bcdBCDE  | (1 503.11±316.19)<br>cdeBC    | (119.97±24.54)<br>dC     | (7.04±1.03)<br>bAB     | (104.00±34.78)<br>eCD    | (9.53±4.05)<br>fD       | (168.67±34.85)<br>abcABC    | (12.59±1.54)<br>abcdABCD   |
| 榕江 | (6.62±2.54)<br>cdeBCDE  | (1 221.17±222.33)<br>deC      | (112.00±12.71)<br>dC     | (5.12±0.20)<br>gG      | (127.5±17.57)<br>deBCD   | (52.65±2.05)<br>aA      | (49.39±12.55)<br>gG         | (10.88±1.20)<br>abcdefABCD |
| 平坝 | (9.63±3.09)<br>bcABCD   | (1 823.26±425.47)<br>bcdeABC  | (166.07±31.01)<br>cdBC   | (6.26±0.26)<br>deCDEF  | (153.11±40.10)<br>cdABCD | (12.8±10.12)<br>defCD   | (200.89±68.27)<br>aA        | (10.92±1.15)<br>abcdefABCD |
| 江口 | (6.84±5.79)<br>cdeBCDE  | (2 500.00±1 910.50)<br>abAB   | (476.67±399.62)<br>bC    | (6.17±0.41)<br>deDEF   | (153.03±44.06)<br>cdABCD | (15.09±3.97)<br>cdefCD  | (104.67±44.25)<br>efDEF     | (6.66±6.70)<br>efCD        |
| 黄平 | (5.60±1.33)<br>deDE     | (2 153.00±395.71)<br>abcdABC  | (297.00±217.03)<br>bcdBC | (6.40±0.35)<br>cdeBCDE | (105.68±28.45)<br>eCD    | (16.35±9.97)<br>cdefCD  | (177.24±77.54)<br>abAB      | (11.45±7.91)<br>abcdeABCD  |
| 福泉 | (10.88±3.48)<br>abAB    | (2 171.11±949.19)<br>abcdABC  | (289.30±39.79)<br>bcdBC  | (5.99±0.96)<br>efDEF   | (164.44±36.82)<br>bcdAB  | (21.78±6.00)<br>cC      | (159.67±55.34)<br>abcdABCD  | (7.56±3.43)<br>defBCD      |
| 都匀 | (4.81±1.56)<br>eE       | (965.73±405.73)<br>eC         | (135.66±78.70)<br>dC     | (5.64±0.43)<br>ffG     | (174.56±58.57)<br>abcAB  | (17.56±17.78)<br>cdefCD | (59.94±43.87)<br>gFG        | (7.83±2.42)<br>cdefABCD    |
| 碧江 | (8.19±5.53)<br>bcdeBCDE | (2 822.22±1 530.34)<br>aA     | (810.00±605.97)<br>aA    | (6.36±0.43)<br>deCDE   | (152.7±43.76)<br>cdABCD  | (16.10±4.96)<br>cdefCD  | (104.67±43.34)<br>efDEF     | (5.76±5.43)<br>fD          |
| 盘县 | (5.68±2.67)<br>deDE     | (2 133.79±506.87)<br>abcdABC  | (247.20±237.74)<br>bcdBC | (6.53±0.32)<br>cdBCDE  | (106.06±32.16)<br>eCD    | (11.67±6.29)<br>defCD   | (163.62±34.95)<br>abcABC    | (14.92±10.67)<br>aA        |
| 湄潭 | (5.72±1.74)<br>deCDE    | (1 804.77±575.91)<br>bcdeABC  | (175.95±111.45)<br>cdBC  | (6.59±0.40)<br>bcdBCD  | (206.11±5.69)<br>aA      | (36.42±5.04)<br>bB      | (116.89±16.58)<br>defCDE    | (12.97±5.53)<br>abcdABC    |
| 凤冈 | (6.88±3.08)<br>cdeBCDE  | (2 197.07±1 174.42)<br>abcABC | (220.75±199.29)<br>cdBC  | (6.87±0.39)<br>bcBC    | (123.36±17.78)<br>deBCD  | (22.01±11.31)<br>cC     | (137.78±15.75)<br>bcdefBCDE | (13.49±6.11)<br>abABC      |
| 三都 | (8.23±3.08)<br>bcdeBCDE | (1 764.82±785.77)<br>bcdeABC  | (148.61±121.63)<br>dC    | (5.63±0.21)<br>ffG     | (199.08±54.82)<br>abA    | (19.08±6.38)<br>cdCD    | 98.56±26.26<br>fEFG         | (13.97±3.65)<br>aAB        |
| 荔波 | (10.37±3.99)<br>abABC   | (1 909.67±826.2)<br>abcdABC   | 222.00±64.51<br>cdBC     | (5.92±0.22)<br>efEF    | 159.00±14.8<br>bcdABCD   | (10.92±3.7)<br>efD      | (130.33±13.03)<br>cdefBCDE  | (8.33±1.31)<br>bcdefABCD   |
| 开阳 | (11.04±4.08)<br>abAB    | 1 848.00±569.62<br>bcdeABC    | (401.44±190.31)<br>bcBC  | (6.58±0.25)<br>bcdBCDE | (106.02±76.20)<br>eCD    | (17.77±3.49)<br>cdeCD   | (146.22±39.13)<br>bcdeABCDE | (5.57±2.96)<br>fD          |

1) 表中数据为平均值±标准差,字母表示 Duncan 多重比较(SSR)结果,不同小写字母处理间达到  $p$  为 0.05 的显著水平,大写字母处理间达到  $p$  为 0.01 的显著水平。

表 2 初花期逐步回归筛选所得各因子显著性检验<sup>1)</sup>

| 变量   | 回归系数     | 标准回归系数   | 偏相关      | $t$ 值   | $p$ 值   |
|------|----------|----------|----------|---------|---------|
| 土壤全钙 | -0.559 1 | -0.288 1 | -0.239 9 | 2.817 4 | 0.005 6 |
| 交换钙  | 0.002 0  | 0.235 8  | 0.199 5  | 2.321 4 | 0.021 8 |
| pH   | 2.668 6  | 0.249 3  | 0.254 5  | 3.000 8 | 0.003 2 |
| 速效钾  | 0.033 4  | 0.238 3  | 0.244 3  | 2.871 9 | 0.004 8 |

1)  $F$  值=7.6434,  $p$  值=0.000



表3 土壤因子与叶部发病率途径分析<sup>1)</sup>

| 变 量  | 直接系数     | 通过土壤全钙   | 通过交换钙   | 通过 pH   | 通过速效钾   |
|------|----------|----------|---------|---------|---------|
| 土壤全钙 | -0.288 1 |          | 0.147 7 | 0.042 5 | 0.034 5 |
| 交换钙  | 0.235 8  | -0.180 5 |         | 0.025 6 | 0.035 3 |
| pH   | 0.249 3  | -0.049 1 | 0.024 2 |         | 0.067 5 |
| 速效钾  | 0.238 3  | -0.041 7 | 0.034 9 | 0.070 6 |         |

1) 决定系数  $R^2=0.190\ 40$ , 剩余通径系数=0.899 78

表4 盛花期土壤因子与叶部发病率途径分析<sup>1)</sup>

| 变量  | 直接系数     | 通过碱解氮    | 通过有效磷   |
|-----|----------|----------|---------|
| 碱解氮 | -0.390 5 |          | 0.060 4 |
| 有效磷 | 0.408 1  | -0.057 8 |         |

1) 决定系数  $R^2=0.271\ 89$ , 剩余通径系数=0.853 30

表5 盛花期土壤因子与茎部发病率、病情指数的途径分析

| 指标    | 变量   | 直接系数     | 通过土壤全钙   | 通过 pH   |
|-------|------|----------|----------|---------|
| 茎部发病率 | 土壤全钙 | -0.181 0 |          | 0.037 5 |
|       | pH   | 0.220 2  | -0.030 8 |         |
| 病情指数  | 土壤全钙 | -0.183 4 |          | 0.032 9 |
|       | pH   | 0.192 9  | -0.031 2 |         |

表6 终花期土壤因子与病情指数途径分析<sup>1)</sup>

| 因子   | 直接系数     | 通过土壤全钙   | 通过 pH   |
|------|----------|----------|---------|
| 土壤全钙 | -0.160 5 |          | 0.038 4 |
| pH   | 0.225 4  | -0.027 3 |         |

1) 决定系数  $R^2=0.064\ 26$ , 剩余通径系数=0.967 34

了油菜菌核病的发生,而高含量碱解氮抑制菌核病的发生。

## 2.4 土壤因子对茎部发病率及病情指数的影响

### 2.4.1 对盛花期茎部发病率及病情指数的影响

盛花期是茎部菌核病初发期,平均发病率为4.5%,平均病情指数为3.85。平均发病率除凤冈超10%外,其余各试点均未超过。其中,发病率小于或等于1%的有8点。

相关系数分析可知,土壤 pH 和土壤全钙含量对盛花期油菜茎部菌核病发病有较大影响 ( $p=0.000\ 1$ 、0),对菌核病发病有较大影响 ( $p=0.061$ 、0.081 3),和初花期叶部菌核病的发生情况类似。进一步逐步回归和通径分析可知,土壤中主要是 pH 和土壤全钙含量对茎部菌核病发病率起主要作用 ( $p=0.035\ 7$ 、0.010 9),通径系数分别为 0.220 2、-0.181,对病情指数通径系数分别为 0.192 9、-0.183 4(表5)。因此,在盛花期,土壤高 pH 抑制土壤钙离子游离,不利于油菜根系钙的吸收,促进了油菜菌核病的发生,土壤高含量钙抑制了油菜菌核病的发生。

### 2.4.2 对终花期茎部发病率及病情指数影响

终花期时,菌核病侵入加剧,茎部发病率和病情指数剧烈增长。茎部菌核病平均发病率为10.54%,平均发病指数为6.41。各试点间存在极显著差异。通过7个土壤指标对终花期油菜茎部菌核病发病率和

病情指数的相关系数分析,土壤 pH 对终花期油菜茎部菌核病发病率和病情指数有较大影响 ( $p=0.005\ 9$ 、0.021 3)。进一步逐步回归和通径分析可知,土壤中主要是 pH 对茎部发病率起主要作用,而对病情指数影响显著的为 pH 和土壤全钙 ( $p=0.009\ 3$ 、0.062 5),且直接通径系数分别为 0.225 4、-0.160 5(表6)。因此,在终花期,土壤高 pH 抑制土壤钙离子游离,不利于油菜根系钙的吸收,土壤高 pH 有利于油菜菌核病的发生。

### 2.4.3 对成熟期茎部菌核病及病情指数影响

从终花期到成熟期,菌核病持续侵入,茎部发病率依然增长。平均发病率和病情指数分别为15.5%、15.55。通过7个土壤指标对终花期油菜茎部菌核病发病率的相关系数分析,土壤有效磷含量对终花期油菜茎部菌核病发病率和病情指数有较大影响 ( $p=0.001\ 2$ 、0.008 6)。进一步逐步回归和通径分析,土壤有效磷和速效钾含量对油菜茎部发病率起主要作





表7 成熟期土壤因子与茎部菌核病、病情指数通径分析

| 指标    | 变量  | 直接系数    | 通过有效磷    | 通过速效钾    |
|-------|-----|---------|----------|----------|
| 茎部菌核病 | 有效磷 | 0.324 1 |          | -0.048 5 |
|       | 速效钾 | 0.172 4 | -0.091 2 |          |
| 病情指数  | 有效磷 | 0.272 3 |          | -0.046 8 |
|       | 速效钾 | 0.166 3 | -0.076 6 |          |

用( $p=0.000\ 2, 0.046\ 8$ ), 直接通径分别是 0.324 1、0.172 4; 而对病情指数也起主要作用 ( $p=0.002\ 2, 0.058\ 6$ ), 直接通径系数分别是 0.272 3、0.166 3(表 7)。可见, 在成熟期, 土壤高含量的有效磷和速效钾对已经侵入的病菌起不到抑制作用, 反而利于病菌的发生。

### 3 小结与讨论

1) 从 15 个试点 135 个土壤样品的土壤指标情况看, 土壤全钙含量除了都匀试点平均为 4.81 g/kg 最低外, 其他均超过 5 g/kg。其中, 含量超过 10 g/kg 的试点有 4 个。按农业部钙划分土壤钙含量标准, 15 个试点土壤交换钙含量均为“丰富”(交换钙含量  $\geq 1\ 000\ \text{mg/kg}$ ), 其中“很丰富”(交换钙含量  $\geq 2\ 000\ \text{mg/kg}$ ) 的有 6 个试点, 可见本省油菜主产区土壤钙含量普遍较高。

2) 在将要大量发生叶部菌核病的初花期和将要大量发生茎部菌核病的盛花期, 土壤因子中均是土壤全钙含量和 pH 起最主要的作用, 土壤高钙部分抑制了油菜菌核病初期的发生, 而低的 pH 有利于土壤钙元素的释放, 从而也抑制了菌核病初期的发生。土壤有效磷对盛花期叶部发病率和成熟期茎部发病率均有显著促进作用, 土壤速效钾对初花期叶部发病率和成熟期茎部发病率有显著促进作用, 土壤碱解氮仅对盛花期叶部发病率有抑制作用。通过在息烽县和德江县两试点的土壤含钙量和钙肥试验, 在钙含量丰富的土壤中, 施用钙肥量与病情指数呈线性负相关; 而在中等含量钙土壤中, 增施钙肥对病害减轻更显著, 呈二次曲线(待发表资料)。这也为钙肥营养防控油菜菌核病提供了一定的理论依据。

3) 贵州油菜主产区大多连年种植, 气候温和, 田间菌核病子囊盘存活量和萌发量高。从 15 个试点调查气象资料看, 在油菜生长的初花期到成熟期, 空气相对湿度在调查的前 10d、前 5d、前 3d 的日平均值 79.42%~82.28%, 空气平均温度 9.34~17.8 °C, 平均日降雨量 1.47~5.08 mm, 较适合菌核病的发生。因此, 本研究是在假定菌源和气象因素满足发病条件的前提下, 讨论土壤因素对菌核病发生的影响作用。至于土壤因素与菌源、气象因素的综合作用, 还值得进一步探讨。

致谢: 感谢 15 个试点县植保植检站的同仁帮助。

### 参考文献

- [1] 侯国佐. 贵州油菜[M]. 贵阳: 贵州科技出版社, 2008: 8.
- [2] 姬飞腾, 李楠, 邓馨. 喀斯特地区植物钙含量特征与高钙适应方式分析[J]. 植物生态学报, 2009, 33(5): 926-935.
- [3] 苏跃, 刘方, 李航. 喀斯特山区不同土地利用方式下土壤质量变化及其对水环境的影响 [J]. 水土保持学报, 2008, 22(1): 65-68.
- [4] Franceschi VR, Nakata PA. Calcium oxalate in plants: formation and function [J]. Annu Rev Plant Bid, 2005, 56: 41-71.
- [5] 冀瑞琴, 董彩华, 高荣村. 甲基茉莉酸、苯丙噻重氮、草酸诱导油菜对菌核病的抗性 [J]. 中国油料作物学报, 2006, 28(2): 184-188.
- [6] 吴纯仁, 刘后利. 油菜菌核病致病机理的研究. 罹病组织内草酸毒素积累和分布的初步分析[J]. 植物病理学报, 1991, 21(2): 135-139.
- [7] 鲁如坤. 土壤农业化学分析法[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [8] 姜玉英, 曾娟, 杨荣明, 等. NY/T 2038-2011 油菜菌核病测报技术规范[P]. 北京: 中国农业出版社, 2011.

