

# 油菜与紫云英间混作系统的生理生态效应\*

周可金<sup>1\*</sup> 邢 君<sup>2</sup> 博毓红<sup>3</sup> 桑亚松<sup>3</sup> 吴社兰<sup>1</sup> 宋国良<sup>1</sup>

(<sup>1</sup> 安徽农业大学农学院, 合肥 230036; <sup>2</sup> 安徽省农技推广总站, 合肥 230031; <sup>3</sup> 安徽省肥东县农技推广中心, 肥东 234300)

**【摘要】** 采用 7 种耕种方式研究油菜与紫云英间混作系统中油菜生长发育、产量形成及其效益。结果表明, 育苗移栽油菜的株高、叶片大小、根颈粗、开盘度以及产量指标均明显优于免耕直播油菜; 与紫云英混作的免耕直播油菜, 各形态指标均优于免耕直播间作和单作油菜。耕翻后与紫云英混作的育苗移栽油菜产量比免耕直播单作油菜增产 11.9%; 与紫云英混作的免耕育苗移栽油菜产量与免耕直播单作相近。耕翻后与紫云英混作的育苗移栽油菜产值和效益最大, 免耕直播油菜单作其次。结合产投比和土地当量比, 耕翻后与紫云英混作育苗移栽油菜和与紫云英混作免耕育苗移栽油菜两种方式综合效益最高, 增产增收, 增加有机肥源, 提高土壤肥力。

**关键词** 间作 混作 油菜 紫云英 经济效益 土地利用效益

文章编号 1001-9332(2005)08-1477-05 中图分类号 S565.4 文献标识码 A

**Physiological and ecological effects of inter and mixed cropping rape with milk vetch.** ZHOU Kejin<sup>1</sup>, XING Jun<sup>2</sup>, BO Yuhong<sup>3</sup>, SANG Yasong<sup>3</sup>, WU Shelan<sup>1</sup>, SONG Guoliang<sup>1</sup> (<sup>1</sup> Anhui Agricultural University, Hefei 230036, China; <sup>2</sup> Anhui Agricultural Technology Extension Station, Hefei 230001, China; <sup>3</sup> Feidong County Agricultural Technology Extension Station of Anhui Province, Feidong 234300, China). -Chin. J. Appl. Ecol., 2005, 16(8): 1477~ 1481.

The investigation on the growth, yield and benefit of rape inter and mixed cropped with milk vetch showed that comparing with sowing rape under zero tillage, the physiological and ecological characters of transplanted rape, including its height, leaf size, root diameter, opening degree and yield were obviously improved. Under zero tillage, mixed cropping had an obvious advantage than inter and single cropping. After tillage, the yield of transplanted rape under mixed cropping was 11.9% more than that under single cropping with zero tillage. The benefit of transplanting rape under mixed cropping with tillage was the biggest, followed by single cropping rape with zero tillage. It could be concluded that the patterns of transplanting rape under mixed cropping after tillage and zero tillage had the best physiological and ecological effects, not only increasing rape yield and income, but also improving soil fertility.

**Key words** Inter cropping, Mixed cropping, Rape, Milk vetch, Economic benefit, Land use benefit.

## 1 引言

间套轮作研究是当今世界农业持续发展的一个重要课题<sup>[18]</sup>。目前, 由于耕地面积和土壤肥力的日趋下降, 增加粮油生产的关键在于增加有机肥源, 改善土壤肥力, 提高单位面积产量。试验表明, 合理的间作系统产量明显高于相应单作, 间作产量优势的作物生态基础主要有两个方面, 一是地上部光、热资源的充分利用, 二是地下部水分和养分资源的充分利用<sup>[6, 7, 16]</sup>。种植紫云英, 既能提高土壤肥力, 又能改善土壤结构, 并可显著提高地力和后茬作物产量<sup>[9]</sup>。长江流域是我国油菜主产区, 2001 年油菜种植面积达  $6.16 \times 10^6 \text{ hm}^2$ , 占全国油菜面积的 87% 和世界的 25% 以上, 且呈上升趋势, 使得与油菜同期秋种的紫云英等绿肥播种面积持续下降。为稳定

和扩大绿肥紫云英的种植面积, 从根本上提高土壤肥力, 改善土壤结构, 实行可持续农业, 本文对油菜与紫云英间、混、套种的生理生态效应及其相应技术措施进行研究, 旨在为农业生产持续、高效发展提供理想的多熟种植方式。

## 2 材料与方法

试验在安徽农业大学实验农场进行。试验田前茬为单季稻。土壤基本理化性状如下: pH 值 7.9, 有机质含量 1.2%, 铵态氮  $25.3 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ , 磷  $28.5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ , 钾  $78.5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ , 有效硼  $0.61 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ , 硫  $30.7 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ , 铜  $2.7 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ , 锌  $2.1 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ , 铁  $46.1 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ , 锰  $14.2 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。油菜

\* 国家自然科学基金项目(40071046)、安徽省自然科学基金项目(01041111)和加拿大磷钾肥研究所资助项目(Anhui 13)。

\*\* 通讯联系人。

2004-10-28 收稿, 2005-04-04 接受。

选择中熟甘蓝型品种华皖油2号,紫云英选择晚熟品种.试验采用单因素随机区组设计,设7个处理,分别为免耕直播油菜与紫云英间作(MZ R|V)、免耕直播油菜单作(MZ R)、免耕直播油菜与紫云英混作(MZ R×V)、免耕移栽油菜与紫云英混作(MY R×V)(紫云英混种在油菜株行间)、耕翻直播油菜与紫云英混作(GZ R×V)、耕翻移栽油菜与紫云英混作(GY R×V)(紫云英混种在油菜株行间)、免耕紫云英单作(MZ V).直播各处理均在10月12日播种;育苗移栽的播期为9月20日,移栽期为10月20日.3次重复,随机排列,小区面积30 m<sup>2</sup>.单作直播油菜的密度为22.5万株·hm<sup>-2</sup>,间作直播油菜密度19.5万株·hm<sup>-2</sup>,混作直播油菜密度10.5万株·hm<sup>-2</sup>,移栽油菜密度均为7.5万株·hm<sup>-2</sup>.各处理均施N 225 kg·hm<sup>-2</sup>、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 75 kg·hm<sup>-2</sup>和K<sub>2</sub>O 75 kg·hm<sup>-2</sup>.其他田间管理措施同一般大田.

采用土地当量比(LER)<sup>[11]</sup>来反映间、混、套种的土地利用效益.即为了获得与间、混、套种中各个作物同等的产量,所需各种作物单位面积之比的总和,公式为:

$$LER = \sum_{i=1}^m \frac{Y_i}{Y_{ii}}$$

式中, Y<sub>i</sub> 为单位面积内间、混、套种的 i 个作物的实际产量; Y<sub>ii</sub> 代表该作物在同样单位面积上单作的产量.当 LER > 1, 表示间、混、套种有利.大于1的幅度越高,增产效益越大.

表 1 油菜出叶速度<sup>1)</sup>  
Table 1 Growth speed of rape leaves in different treatments

处 理 Treatments	调查时间 Investigation date(M/D)									
	10/22	10/30	11/7	11/14	11/21	11/30	1/12	2/18	3/7	3/20
MZ R V	1.5cB	2.0cB	2.5cB	3.5bB	4.0bB	4.5bB	5.7bB	6.0bB	10.5bB	11.6bB
MZ R	1.5cB	2.0cB	2.5cB	3.5bB	4.5bB	5.0bB	5.8bB	6.0bB	11.5bB	11.8bB
MZ R×V	1.5cB	2.0cB	2.4cB	3.6bB	4.6bB	5.1bB	5.9bB	6.2bB	12.0bB	12.9bB
MY R×V	5.0bA	5.2bA	5.5bA	6.5aA	7.0aA	7.5aA	8.8aA	10.0aA	16.0aA	16.6aA
GZ R×V	1.5cB	2.0cB	2.4cB	3.5bB	4.3bB	4.8bB	5.7bB	7.0bB	12.0bB	12.5bB
GY R×V	6.0aA	6.3aA	6.5aA	7.0aA	7.5aA	7.8aA	9.3aA	10.2aA	17.0aA	17.4aA

1) 无相同字母的处理间差异为极显著(大写字母, P < 0.01)或差异显著(小写字母, P < 0.05) The differences between the treatments without the same letters were markedly significant (P < 0.01, capital letters) or significant (P < 0.05, small letter). 下同 The same below.

表 2 油菜越冬苗情  
Table 2 Seedling growth properties of rape in winter

处 理 Treatments	苗 高 Height (cm)	绿叶数 Green leaf number	最大叶长×叶宽 Max leaf length and wide(cm)	根颈粗 Root diameter (cm)	根 长 Root length (cm)	开盘度 Opening degree (cm)
MZ R V	12.7dC	6.0bB	13.3×6.1	0.57dD	12.0cB	22.0bB
MZ R	14.0cC	6.0bB	15.1×6.7	0.63dC	11.0cB	22.2bB
MZ R×V	17.1bB	6.2bB	17.1×7.6	0.78cC	12.3cB	24.6bB
MY R×V	22.0aA	10.0aA	20.6×9.5	1.2bB	15.6aA	39.4aA
GZ R×V	15.2cC	7.0bB	17.0×7.9	0.73cC	14.0bA	25.2bB
GY R×V	21.2aA	10.0aA	19.8×10.0	1.4aA	16.7aA	39.3aA

3.2 不同耕种方式对油菜花期生态特征的影响

从表3可以看出,进入初花期,育苗移栽油菜株高、叶片数和叶龄均明显高于直播处理,花冠大小差异不明显.免耕移栽油菜与紫云英混作处理的各项形态指标(除绿叶数和花冠大小外)均为最大,这为后期获得高产打下坚实基础.

3 结果与分析

3.1 不同耕种方式对油菜苗期生育特征的影响

从表1可以看出,在越冬期以前,直播油菜间、混作各处理的出叶速度较育苗移栽快,各处理在11月30日的叶片数较10月22日增加了3.0~3.6片,而育苗移栽处理仅增加1.8~2.5片.进入蕾薹期后,育苗移栽各处理出叶速度较直播处理明显加快,到开花期(3月20日),叶片数较11月30日增加9.1~9.6片,而直播油菜各处理叶片数仅增加6.8~7.8片.育苗移栽混作各处理的油菜叶片数显著多于直播各处理,差异达极显著水平.

从表2可以看出,免耕直播油菜各处理的苗高、叶片数、叶片大小、根颈粗、根长和开盘度等形态指标均比育苗移栽处理显著降低.免耕直播混作处理各形态指标均高于免耕直播间作处理和免耕直播单作处理.与耕翻处理相比,免耕各形态指标间差异不大,耕翻直播混作处理的株高和根颈粗较大,但绿叶数和开盘度较小.因此,生产上采用免耕育苗移栽油菜与紫云英混作种植方式,既节约成本、提高土壤肥力,又有利于获得高产.

表 3 油菜初花期主要形态指标  
Table 3 Main character indices of rape at flower stage

处 理 Treatments	株 高 Height (cm)	叶 龄 Leaf age	绿叶数 Green leaf number	无柄叶数 Stem leaf number	花冠大小 Size of flower(mm)
MZ R V	91.2bB	14.7bB	41.0cC	6.3bBC	6.4cB
MZ R	95.8bB	15.7bB	41.7cC	5.7bBC	8.4aA
MZ R×V	98.2bB	13.7bB	24.7dD	5.7bBC	6.5cB
MY R×V	118.8aA	20.3aA	66.7bB	8.0aA	7.7abA
GZ R×V	97.8bB	13.3bB	60.0bB	5.0cC	7.8abA
GY R×V	110.7aAB	19.3aA	95.7aA	7.3aA	7.3bcA

表 4 不同处理的油菜干物质积累  
Table 4 Dry matter accumulation of rape in different treatments(g)

处 理 Treatments	苗 期 Seedling stage			抽苔期 Shooting stage		
	地上部 Aboveground parts	地下部 Underground parts	总量 Total	地上部 Aboveground parts	地下部 Underground parts	总量 Total
MZ R V	2. 62cC	0. 38cC	3. 00cC	10. 28bB	1. 69bB	11. 97bB
MZ R	2. 85cC	0. 41cC	3. 26cC	11. 48bB	1. 76bB	13. 24bB
MZ R×V	2. 72cC	0. 40cC	3. 12cC	10. 98bB	1. 71bB	12. 69bB
MY R×V	14. 22bB	4. 64bB	18. 86aB	42. 75aA	10. 96aA	53. 71aA
GZ R×V	2. 60cC	0. 39cC	2. 99cC	10. 33bB	1. 63bB	11. 96bB
GY R×V	21. 81aA	6. 89aA	28. 70aA	45. 44aA	11. 27aA	56. 71aA

表 5 不同种植方式油菜的主要经济性状  
Table 5 Economic characters of rape in different cultivation treatments

处 理 Treatments	株 高 Height (cm)	分枝点高度 Branch point height(cm)	分枝数 Branches number	实际密度 Density (ind. • hm <sup>-2</sup> )	单株角果数 Pod number of per plant	每角粒数 Seed number of per pod	千粒重 1000 seed weight (g)	实际产量 Actual yield (kg • hm <sup>-2</sup> )
MZ R V	147. 3cB	44. 0bB	5. 8bB	98655cB	264. 5cC	21. 9aA	3. 12b	1648. 5dC
MZ R	143. 7cB	42. 7bB	5. 8bB	213735aA	198. 0dD	22. 9aA	3. 19b	2919. 0bA
MZ R×V	144. 5cB	65. 7aA	5. 1bB	187980bA	174. 8dD	18. 9bB	2. 91c	1672. 5dC
MY R×V	185. 0aA	29. 7cC	19. 2aA	71760dB	671. 0bB	22. 0aA	3. 10b	2886. 0bA
GZ R×V	159. 0bB	59. 5aA	5. 4bB	180435bA	246. 3cC	19. 4bAB	2. 79c	2269. 5cB
GY R×V	175. 5aA	17. 7dD	22. 6aA	71760dB	840. 0aA	17. 2dB	3. 81a	3265. 5aA

3.3 不同耕种方式对油菜干物质积累的影响

从表 4 可以看出,不同处理间干物质累积存在较大差异。育苗移栽各处理的地上部和地下部干物质积累均大于直播处理,其中以耕翻后育苗移栽油菜和紫云英混作为最高,其次为免耕移栽油菜混作处理,其它直播免耕处理间差异不显著。

3.4 不同耕种方式的油菜产量及其构成因素

从表 5 可以看出,育苗移栽油菜与紫云英混作的株高、分枝数、单株角果数均为最高,但有效分枝点高度和种植密度较低,产量比所有直播处理高。在免耕直播油菜中,间作各处理油菜的株高、分枝数、单株角果数、角果粒数及千粒重均比混作高,由于田间种植密度比混作低较多,间作油菜产量不及混作处理,但差异不显著。与耕翻直播混作处理相比,免耕直播油菜产量较低,其中耕翻直播混作油菜产量比免耕直播混作油菜增产 35. 7%;比免耕直播间作油菜增产 37. 7%;但比免耕直播单作油菜减产 22. 3%。可见,耕翻间、混作种植能比免耕直播间混作种植油菜增产。耕翻移栽油菜与紫云英混作产量最高,比免耕直播油菜单作增产 11. 9%;其次为免耕移栽油菜与紫云英混作处理,比单作油菜仅减产 1. 1%;再次为耕翻直播油菜与紫云英混作处理,比单作油菜减产 22. 3%。

3.5 间混作系统油菜菌核病发生状况

油菜单作和间作处理的菌核病发病率和病害指数均较低,单作的发病率和发病指数分别为 31. 1%和 11. 2%;间作的分别为 35. 5%和 16. 3%。混作不同处

理的发病率和病害指数均较高,分别为 46. 6~ 66. 3%和 24. 1~ 36. 5%,尤其是育苗移栽的混作处理更高,表明混作处理的油菜田间通风透光条件较差,利于病菌的繁殖,尤其是育苗移栽的混作处理,油菜生长发育强大,对田间小气候影响较大。间作对改善田间小气候有一定好处。油菜与紫云英间、混作病害发生程度不同,是缘于田间的小气候差异。

3.6 不同耕种方式的油菜经济效益和土地利用效益

从表 6 可以看出,耕翻移栽油菜与紫云英混作处理的产值和经济效益均为最大,其次为免耕直播油菜单作处理,再次为免耕移栽油菜与紫云英混作处理,而免耕直播油菜与紫云英间作处理的产值和经济效益均较低。从各处理的产投比来看,也是以耕翻移栽油菜与紫云英混作处理为最高,其次是免耕移栽油菜与紫云英混作处理,再次为耕翻直播油菜与紫云英混作处理,而单作油菜的产投比较低。从各处理的土地当量比可以看出,各种间、混作处理都是有利的,其中以耕翻移栽油菜与紫云英混作处理的增产效益最大,土地当量比达到 1. 34;其次为免耕移栽油菜与紫云英混作处理,土地当量比为 1. 18。综合评价结果表明,与油菜单作相比,耕翻移栽混作和免耕移栽混作种植方式为最好,既能获得较高的油菜产量,又能增加有机肥源,提高土壤肥力,增产增收;耕翻直播油菜与紫云英混作也是一种较好油菜种植方式,在油菜减产不多(22%)情况下,增加了较多的土壤有机肥。而免耕直播油菜与紫云英间作

表 6 不同耕种方式的产量、成本和效益  
Table 6 Yield, cost and benefit of different cultivation treatments

处 理 Treatments	油菜密度 Rape density (ind.·hm <sup>-2</sup> )	产量 Yield (kg·hm <sup>-2</sup> )		土地当量比 LER	产值 Value (yuan·hm <sup>-2</sup> )			成本 Cost (yuan·hm <sup>-2</sup> )							效益 Benefit (yuan·hm <sup>-2</sup> )	产投比 Out/ Put	
		油菜 Rape	紫云英 Milk vetch		油菜 Rape	紫云英 Milk vetch	合计 Total	机耕费 Ploughing	基肥 Fertilizer	种子 Seed	人工费 Labour	除草剂 Weedcile	农药 Insecticide	农业税 Tax			合计 Total
M Z R I V	98655	1648.5	2025.0	1.04	4286	338	4624	300.0	600.0	114	1350	127.5	45	450	2986.5	1637.5	1.55
M Z R	213735	2919.0	0	1.00	7590	0	7590	300.0	600.0	90	1350	127.5	45	450	2962.5	4627.5	2.56
M Z R×V	187980	1672.5	2023.5	1.05	4349	338	4687	300.0	600.0	114	1350	127.5	45	450	2986.5	1700.5	1.57
M Y R×V	71760	2886.0	831.0	1.18	7503	141	7644	300.0	900.0	90	1800	127.5	45	450	3412.5	4231.5	2.24
G Z R×V	180435	2269.5	1440.0	1.11	5901	239	6140	600.0	600.0	114	1350	127.5	52.5	450	3294.0	2846	1.86
G Y R×V	71760	3265.5	966.0	1.34	8490	159	8649	600.0	900.0	90	1800	127.5	52.5	450	4020.5	4629	2.15
M Z V	—	0	4278.0	1.00	0	704	704	300.0	0	180	225	0	0	450	1155.0	— 451	0.6

\* 机耕费翻耕 600元·hm<sup>-2</sup>, 免耕 300元·hm<sup>-2</sup>, 人工费 15元·d<sup>-1</sup>·人<sup>-1</sup>, 油菜种子 40元·kg<sup>-1</sup>, 紫云英 8元·kg<sup>-1</sup>, 油菜籽 2.6元·kg<sup>-1</sup> Ploughing cost 600 yuan·hm<sup>-2</sup>, noir ploughing cost 300 yuan·hm<sup>-2</sup>, manwork cost 15 yuan·d<sup>-1</sup> per person, seed of rape 40 yuan·kg<sup>-1</sup>, rapeseed 2.6 yuan·kg<sup>-1</sup>.

增产增收效果较差.

4 讨 论

育苗移栽油菜的形态指标和产量结构均明显优于免耕直播油菜, 而免耕直播混作油菜的形态指标又均高于免耕直播间作和免耕直播单作油菜. 耕翻移栽油菜与紫云英混作处理的产量、产值和经济效益均为最大, 其次为免耕直播油菜单作处理, 再次为免耕移栽油菜与紫云英混作处理. 耕翻移栽油菜与紫云英混作比免耕直播油菜单作增产 11.9%, 免耕移栽油菜与紫云英混作比免耕直播油菜单作仅减产 1.1%. 结合产投比和土地当量比综合评价表明, 耕翻移栽混作和免耕移栽混作种植方式与油菜单作相比为最好; 耕翻直播油菜与紫云英混作与油菜单作相比也是一种较好油菜种植方式, 在油菜减产不多的情况下, 增加了较多的土壤有机肥. 不同处理油菜干物质积累规律与前人一致<sup>[2, 5]</sup>.

由于油菜与紫云英的菌核病致病菌同属真菌病害, 为子囊菌亚门、核盘菌属<sup>[4, 17]</sup>, 从而造成油菜与紫云英混作和间作时菌核病发病比油菜单作加重, 在生产上应加以重视和防治. 由于油菜和紫云英间、混作共生期较长, 在共同生长期间不同作物养分吸收必然发生相互影响, 这种影响包括养分吸收的种间竞争及促进作用(或补偿作用), 二者共同决定了间、混作作物的吸收养分状况, 这是决定产量优势的物质基础<sup>[3, 12, 14]</sup>. 关于油菜与紫云英养分吸收的种间相互作用已另文报道<sup>[19]</sup>.

间、混作后作物养分吸收符合一定的生态学原理. 首先, 两种作物养分需求生态位在时间上的分离, 降低了作物种间的竞争作用, 增加了作物吸收养分的时间有效性<sup>[1, 8~10, 13]</sup>.

其次, 拓宽了两种作物养分利用的空间生态位<sup>[15]</sup>. 而且也存在种间的促进作用, 本试验中紫云

英根系分泌或残留的某些含氮物质, 对间、混作油菜的氮吸收有一定促进作用, 具体作用机制有待进一步深入探讨.

参考文献

1 Ae N, Arihara J, Okada K, *et al.* 1990. Phosphorus uptake by pigeon pea and its role in cropping systems of the Indian subcontinent. *Science*, **248**: 477~ 480.

2 Chao B Q(赵秉强), Zhang F S(张福锁), Li Z J(李增嘉). 2001. Vertical distribution and its change root quantity and activity of crops in the “wheat|| early spring maize / summer maize” cropping system II. The vertical distribution and its changes of root quantity and activity of the early spring inter planted maize. *Acta Agron Sin* (作物学报), **27**(6): 974~ 980(in Chinese)

3 Chowdhury MK, Rosario EL. 1994. Comparison of nitrogen, phosphorus and potassium utilization efficiency in maize/ mungbean intercropping. *J Agric Sci Camb*, **122**: 193~ 199

4 Hou G J(侯光炯). 1994. Hou Guangjiiong’s Paper Collections of Soil Science. Chengdu: Sichuan Science and Technology Press. 252 ~ 275(in Chinese)

5 Li L(李 隆), Yang S C(杨思存), Sun J H(孙建好). 1999. Dynamic of nitrogen, phosphorus and potassium uptake by intercropped species in the spring wheat/soybean intercropping. *Plant Nutr Fert Sci*(植物营养与肥料学报), **5**(2): 256~ 257(in Chinese)

6 Liao G P(廖桂平), Guan G Y(官春云). 2001. Effect of seeding date on yield characteristics of different rapeseed genotypes. *Chin J Appl Ecol*(应用生态学报), **12**(6): 853~ 858 (in Chinese)

7 Liao G P(廖桂平), Guan G Y(官春云). 2002. Study on characteristics of dry matter accumulation distribution and transfer of winter rapeseed. *Acta Agron Sin*(作物学报), **28**(1): 52~ 53 (in Chinese)

8 Lou Y S(娄运生), Yang Y A(杨玉爱), Xu J M(徐建民). Effect of boron fertilization on B uptake and utilization by oilseed rape under different soil moisture regimes. *Chin J Appl Ecol*(应用生态学报), **12**(3): 478~ 480(in Chinese)

9 Lou Y S(娄运生), Yang Y A(杨玉爱). 2001. Effect of NPK and B supply levels on boron uptake and biological properties of different genotypic oilseed rape. *Chin J Appl Ecol*(应用生态学报), **12**(2): 213~ 217 (in Chinese)

10 Morris RA, Garrity DP. 1993. Resource capture and utilization in intercropping: Non nitrogen nutrients. *Field Crops Res*, **34**: 319~ 334.

11 Vandermeer J. 1989. The Ecology of Intercropping. Cambrige: Cambridge University Press. 356~ 362.

12 Wang Q J(王秋杰), Cao Y P(曹一平), Zhang F S(张福锁). 1998. The statistical analysis methods in intercropping researches.

- Plant Nutr Fert Sci* (植物营养与肥科学报), **4**(2): 176~ 182 (in Chinese)
- 13 Wallace SU, Bacanamwo M, Palmer JH. 1996. Yield and yield components of relay intercropped wheat and soybean. *Field Crops Res*, **46**: 161~ 168.
  - 14 Wang C-Q (王昌全), Wei G-M (魏成明), Li T-Q (李廷强). 2001. Effect of different zero tillage on the crop yield and soil property. *J Sichuan Agric Univ* (四川农业大学学报), **14**(2): 221~ 224 (in Chinese)
  - 15 Ye L-S (叶乐士). 1998. Economic benefit and cultivate technology of rape and milk vetch inter and relay cropping system. *Rural Prac Proj Technol* (农村实用工程技术), **11**(10): 25~ 26 (in Chinese)
  - 16 Zhang J (张 健), Jin W-Z (金旺枝), Cheng H-Y (承河元). 2002. Relationship between rare earth accumulation and rape sclerotinose. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), **13**(5): 589~ 592 (in Chinese)
  - 17 Zhang J (张 健), Cheng H-Y (承河元), Gao Q (高 倩). 2000. Effect of lanthanum on growth and biochemical property of *Sclerotinia sclerotiorum*. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), **11**(3): 382~ 384 (in Chinese)
  - 18 Zhao B-Q (赵秉强), Li F-C (李凤超), Wang G-C (王成超). 1997. The countermeasure of sustainable development of inter and relay cropping. *Cult Plant* (耕作与栽培), **15**(1): 2~ 3 (in Chinese)
  - 19 Zhou K-J (周可金), Niu Y-S (牛运生), Xu G-B (许承保). 2005. Effect of physiology of applying phosphate on inter and mix cropping system between rape and milk vetch. *J Nanjing Agric Univ* (南京农业大学学报), **28**(4): 15~ 19 (in Chinese)

---

作者简介 周可金,男,1965年生,副教授,硕士生导师.主要从事油料作物栽培生理和养分管理研究,发表论文48篇.  
Tel: 0551-2823795-3213; E-mail: zhokejin@163.com

---

## 欢迎订阅 2006 年《生态学杂志》

《生态学杂志》(1982年创刊)是由中国生态学会主办、中国科学院沈阳应用生态研究所承办和科学出版社出版的学术期刊,亦是全国中文核心期刊,2002年入选中国期刊方阵.读者对象为从事生态学、生物学、地学、林农牧渔、海洋、气象、环保、经济、卫生和城建部门的科研、教学、科技工作者、有关决策部门的科技管理人员、大专院校师生和中学教师.

本刊主要刊登具有创新性的生态学研究论文以及有关专题的综述和评论,研究方法和新技术的应用,学术讨论与争鸣,国内外学术信息和动态,生态学论坛和生态学新书刊介绍等.

《生态学杂志》为A4开本,月刊,112页,每册定价40元,全年480元.国内外公开发行.国内邮发代号:8-161,全国各地邮局均可订阅.如未能在当地邮局订到,可与编辑部直接联系订阅.

地址:沈阳市文化路72号中国科学院沈阳应用生态研究所《生态学杂志》编辑部 邮编:110016

电话:024-83970394 通用网址:生态学杂志

传真:024-83970394 E-mail: cje@iae.ac.cn