

间作作物的养分吸收利用 与病害控制关系研究

Researches on Nutrients Utilization and
Disease Control of Crops in Intercropping

郑毅 汤利 编著

云南出版集团公司
云南科技出版社



责任编辑 郑 波
刘 康
封面设计 娄 兰
责任校对 叶水金
责任印制 翟 苑



间作

作物的养分吸收利用与病害控制关系研究

Researches on Nutrients Utilization and Disease Control of Crops in Intercropping

www.ynkjph.com

ISBN 978-7-5416-3068-2



9 787541 630682 >

间作作物的养分吸收利用 与病害控制关系研究

**Researches on Nutrients Utilization and
Disease Control of Crops in Intercropping**

郑毅 汤利 编著

Zheng Yi and Tang Li

云南出版集团公司
云南科技出版社

· 昆 明 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

间作作物的养分吸收利用与病害控制关系研究/郑毅
等编著. —昆明: 云南科技出版社, 2008. 12

ISBN 978 - 7 - 5416 - 3068 - 2

I. 间… II. 郑… III. ①间作—作物—土壤有效养分—
研究②间作—作物—植物病害—研究 IV. S344.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 187927 号

云南出版集团公司

云南科技出版社出版发行

(昆明市环城西路 609 号云南新闻出版大楼 邮政编码: 650034)

云南省地矿测绘院印刷厂印刷 全国新华书店经销

开本: 787mm × 1092mm 1/16 印张: 23 字数: 580 千字

2008 年 12 月第 1 版 2008 年 12 月第 1 次印刷

印数: 1 ~ 1030 册 定价: 58.00 元

间作作物的养分吸收利用 与病害控制关系研究

主 编：郑 毅 汤 利

副主编：肖靖秀 范茂攀 赵 平

编著者：郑 毅 汤 利 张福锁 朱有勇 李 隆
李永梅 赵 平 熊俊芬 肖靖秀 范茂攀
董 艳 张朝春 李少明 魏兰芳 周桂夙
陈远学 唐 旭 李勇杰 卢国理 苏海鹏
周绍松 聂艳丽 佘丽娜 鲁 耀 刘自红
楚轶欧 刘丽芳 唐世凯 徐 燕 周照留
姬育芳 钱 玲 周文利

Researches on Nutrients Utilization and Disease Control of Crops in Intercropping

Chief Editors: Zheng Yi Tang Li

Deputy Editors: Xiao Jingxiu Fan Maopan Zhao Ping

Editorial Members:

Zheng Yi	Tang Li	Zhang Fusuo	Zhu Youyong
Li Long	Li Yongmei	Zhao Ping	Xiong Junfen
Xiao Jingxiu	Fan Maopan	Dong Yan	Zhang Chaochun
Li Shaoming	Wei Lanfang	Zhou Guisu	Chen Yuanxue
Tang Xu	Li Yongjie	Lu Guoli	Su Haipeng
Zhou Shaosong	Nie Yanli	She Lina	Lu Yao
Liu Zihong	Chu Yiou	Liu Lifang	Tang Shikai
Xu Yan	Zhou Zhaoliu	Ji Yufang	Qian Ling
Zhou Wenli			

作者与工作单位

郑毅 云南农业大学资源与环境学院
汤利 云南农业大学资源与环境学院
张福锁 中国农业大学资源与环境学院
朱有勇 云南农业大学植保学院
李隆 中国农业大学资源与环境学院
李永梅 云南农业大学资源与环境学院
赵平 云南农业大学资源与环境学院
熊俊芬 云南农业大学资源与环境学院
董艳 云南农业大学资源与环境学院
张朝春 中国农业大学资源与环境学院
肖靖秀 云南农业大学资源与环境学院
李少明 云南农业大学资源与环境学院
范茂攀 云南农业大学资源与环境学院
魏兰芳 云南农业大学资源与环境学院
周桂凤 云南农业大学资源与环境学院
陈远学 中国农业大学资源与环境学院
唐旭 云南农业大学资源与环境学院

李勇杰 云南农业大学资源与环境学院
聂艳丽 云南农业大学资源与环境学院
卢国理 云南农业大学资源与环境学院
苏海鹏 云南农业大学资源与环境学院
楚轶欧 云南农业大学资源与环境学院
刘丽芳 云南农业大学资源与环境学院
唐世凯 云南农业大学资源与环境学院
周绍松 云南农业大学资源与环境学院
刘自红 云南农业大学资源与环境学院
钱玲 云南农业大学资源与环境学院
周文利 云南农业大学资源与环境学院
姬育芳 云南农业大学资源与环境学院
鲁耀 云南农业大学资源与环境学院
余丽娜 云南农业大学资源与环境学院
徐燕 云南农业大学资源与环境学院
周照留 云南农业大学资源与环境学院

序

2000年的时候，我们开始思考在植物营养领域能否结合云南省的实际情况做一些既能符合云南省的生产实际，又能在理论上有点新意的工作，为研究生的培养和植物营养学科平台的搭建提供支撑。就这个问题，云南农业大学植物营养系的许多同事和我们进行过多次讨论。

间套（混）作是我国传统农业的精髓，也是云南省广大农村地区农民自觉使用的一项常用农业措施。合理的间套（混）作可以提高水分利用效率和光能利用效率，促进作物的养分吸收利用，从而提高粮食单产和土地利用效率，是发展可持续农业的有效途径之一。中国农业大学植物营养系的间套（混）作研究小组在张福锁教授的领导下，在间套作作物的养分资源利用等方面做了大量开创性的工作，如间作中弱竞争能力作物的恢复作用——“竞争—恢复生产原理”和“促进作用理论”、豆科非豆科间作中根系相互作用对土壤氮素利用改变的实质、农作物多样性种植系统中磷高效利用的机理等，研究成果已经在国际上处于同类研究的领先地位。2000年，云南农业大学的朱有勇教授在英国《NATURE》杂志上全文发表了“Genetic diversity and disease control in rice”，为从理论和实践上利用生物多样性〔间套（混）作〕持续控制病虫害、提高植物抗病虫性、减少农药用量、降低生产成本、促进农民增产增收提供了新的思路。

2000年以前，我们这个研究小组的许多同事都曾在中国农业大学的植物营养系学习、深造，如郑毅教授、汤利教授、赵平副教授等。汤利、郑毅都先后师从张福锁教授，获得博士学位。我们在其中学习的同时获益匪浅。到云南农业大学以后，张福锁教授一直鼓励我们在科研、教学等方面结合实际开展工作，并在科研方面给予了很多具体的帮助和指导。朱有勇教授对我们今后的科研工作也给了很多指导和帮助，希望我们能从植物营养专业的角度，结合植物病理和云南生产实际开展科研，在研究经费和项目申请立项上给予极大的帮助。张福锁、朱有勇两位教授分别是植物营养、植物病理研究领域里国际著名的科学家，能在自身极其繁忙的科研工作中抽出许多时间和我们就有关研究进行多次讨论，并给我们关心、指导和帮助，使我们深受启发和感动。2000年以后，“间作作物的养分吸收利用与病害控制的关系”研究成为云南农业大学植物营养学科的“养分资源管理”的主要研究方向。8年过去了，这个方向的研究已先后得到云南省植物病理重点实验室开放基金、云南

省自然科学基金 (2003C0040, 2003C0041)、云南省政府“省院省校”合作项目 (2003FCCF03A009)、教育部“春晖计划”、国家自然科学基金 (30460061, 30860157)、国家重点基础研究发展计划前期专项 (973 计划前期研究专项) (2008CB117011) 等资助, 毕业的博士研究生 3 名、硕士研究生 20 名。

出版这本论文集的目的, 是为了对过去研究工作的全貌能有一个基本的概括和总结, 同时也希望能为今后的“间作作物的养分吸收利用与病害控制的关系”研究提供思考, 起到“抛砖引玉”的作用。然而, 很多研究工作和结果由于我们水平的限制, 存在许多不足和缺陷, 希望大家给予指正!

郑毅 汤利
2008 年 8 月

目 录

1. 间作与提高作物养分利用和抗病性

氮素营养与间作作物的抗病性	汤 利, 郑 毅 (2)
间套作系统中作物的养分吸收利用与病虫害控制	肖靖秀, 郑 毅 (10)
间作条件下作物对铁的吸收利用及病害控制的研究	鲁 耀, 赵 平, 郑 毅, 等 (17)
高等植物硅素营养研究进展	唐 旭, 郑 毅, 汤 利 (24)
植物的硅吸收及其对病虫害的防御作用	唐 旭, 郑 毅, 张朝春 (32)
作物种间和品种间水分利用效率差异研究进展	周绍松, 李永梅, 郑 毅, 等 (39)
土壤微生物与间作作物的病害控制	董 艳, 魏兰芳, 汤 利, 等 (46)

2. 间作作物的养分水分吸收利用规律

Iron Availability as Affected by Soil Moisture in Intercropped Peanut and Maize	YI Zheng, Fusuo Zhang, Long Li (52)
Studies on Uptake of Potassium in Maize /Green Pepper Intercropping	P. Zhao, Y. Zheng, ZL Wang (61)
间作环境中小麦氮钾养分吸收利用与干物质累积的动态变化特征	刘自红, 苏海鹏, 汤 利 (65)
小麦蚕豆间作中作物对氮的吸收利用	余丽娜, 郑 毅, 朱有勇 (72)
玉米大豆间作条件下氮素养分吸收利用研究	李少明, 赵 平, 范茂攀, 等 (77)
玉米大豆间作体系中氮、磷、钾养分的利用状况研究	熊俊芬, 张德刚, 赵丽梅, 等 (81)
玉米辣椒间混作条件下氮素养分吸收利用研究	范茂攀, 赵 平, 吕水芬, 等 (88)
玉米辣椒间混作条件下磷素养分吸收利用研究	赵 平, 范茂攀, 赵秀英, 等 (93)
玉米辣椒间混作条件下钾素养分吸收利用研究	赵 平, 李少明, 范茂攀, 等 (99)
烤烟间套草木樨、甘薯对烟叶产量和品质的影响	唐世凯, 刘丽芳, 李永梅, 等 (104)
玉米/魔芋间作条件下作物氮素养分的吸收规律	徐 燕, 郑 毅, 毛昆明, 等 (111)
小麦、大麦与蚕豆间作对耗水量和水分利用率的影响研究	周绍松, 李永梅, 周 敏, 等 (117)
大麦/蚕豆间作对土壤含水量的影响研究	周绍松, 周 敏, 李永梅, 等 (126)
大麦/蚕豆间作对土壤水势的影响	周绍松, 李永梅, 郑 毅, 等 (132)
小麦/蚕豆间作对土壤水势的影响	周绍松, 李永梅, 郑 毅, 等 (140)

3. 间作作物养分吸收利用与病虫害控制的关系

- Wheat Powdery Mildew and Foliar N Concentrations as Influenced by N Fertilization and Root Interactions with Intercropped Faba Bean
..... Yuanxue Chen, Fusuo Zhang, Li Tang (149)
- Effects of N level on Occurrence of Wheat Powdery Mildew in Wheat and Faba Bean Intercropping System Li Tang, Yi Zheng, Qiao Yun Gou (164)
- 小麦蚕豆间作条件下的氮钾营养对小麦白粉病的影响
..... 肖靖秀, 周桂凤, 汤利, 等 (168)
- 不同分根条件下氮对间作小麦生长和白粉病发生的影响
..... 李勇杰, 陈远学, 汤利, 等 (176)
- 地下部分隔对间作小麦养分吸收和白粉病发生的影响
..... 李勇杰, 陈远学, 汤利, 等 (184)
- 不同根系分隔方式对间作蚕豆养分吸收和斑潜蝇发生的影响
..... 李勇杰, 陈远学, 汤利, 等 (192)
- 小麦蚕豆间作系统中的氮钾营养对小麦锈病发生的影响
..... 肖靖秀, 郑毅, 汤利, 等 (199)
- 小麦蚕豆间作条件下蚕豆对钾的吸收及对蚕豆赤斑病的影响
..... 周桂凤, 肖靖秀, 郑毅, 等 (206)
- 施氮对间作蚕豆的锰吸收及叶赤斑病发生的影响 鲁耀, 赵平, 郑毅, 等 (212)
- 水稻间作系统高氮投入对水稻产量、氮素利用及稻瘟病发生的影响
..... 汤利, 卢国理, 楚轶欧, 等 (221)
- 不同品种间作条件下的氮硅营养对水稻稻瘟病发生的影响
..... 唐旭, 郑毅, 汤利, 等 (230)
- 供氮水平对间作水稻稻瘟病发生和传播的影响 卢国理, 楚轶欧, 张朝春, 等 (238)
- 间作条件下不同施氮水平对水稻穗瘟及产量的影响
..... 周文利, 汤利, 郑毅, 等 (244)
- 氮优化措施对间作水稻产量和稻瘟病发生的影响
..... 姬育芳, 郑毅, 汤利, 等 (251)
- 烤烟间套作草木樨和甘薯对烟叶含钾量及烟草病毒病的影响
..... 刘丽芳, 唐世凯, 熊俊芬, 等 (258)
- 烤烟间作草木樨对烟草病害的影响 刘丽芳, 唐世凯, 熊俊芬, 等 (264)

4. 间作作物的互作机理研究

- Could Root's Exudates of Some Monocot Gramineous Species Mobilize P - Fe in Red Soil and Facilitate P Uptake of Dicots as They are Intercropped?
..... Yi Zheng, Li Tang, Yanli Nie (270)

小麦蚕豆间作系统中小麦的氮同化物动态变化特征	
.....	苏海鹏, 汤 利, 刘自红, 等 (274)
单/间作条件下氮肥水平对水稻总酚和类黄酮的影响	
.....	卢国理, 汤 利, 楚轶欧, 等 (282)
间作对水稻根系分布特征的影响	楚轶欧, 郑 毅, 卢国理, 等 (291)
小麦蚕豆间作对作物根系活力、蚕豆根瘤生长的影响	
.....	周照留, 赵 平, 汤 利, 等 (299)
玉米大豆间作体系中施用麦根酸对红壤中磷的活化	
.....	聂艳丽, 郑 毅, 汤 利 (307)
施用麦根酸对小麦、蚕豆间种和蚕豆单作吸收红壤中磷的影响	
.....	聂艳丽, 汤 利, 郑 毅 (315)
小麦/蚕豆间作条件下氮素水平对根际微生物区系的影响	
.....	董 艳, 汤 利, 郑 毅, 等 (321)
施氮对小麦蚕豆间作作物根际微生物数量的影响	
.....	魏兰芳, 董 艳, 汤 利, 等 (331)
不同供氮水平下水稻稻瘟病菌群体遗传结构的 SSR 分析	
.....	钱 玲, 汤 利, 郑 毅, 等 (340)
展 望	汤 利, 郑 毅 (349)

Content

1. Improving Nutrients Utilization and Crops Disease Resistance by Intercropping

Researches on Nitrogen Nutrition and Disease Resistance of Crops in Intercropping	Tang Li, Zheng Yi (2)
Nutrients Uptake and Pests and Diseases Control of Crops in Intercropping System	Xiao Jingxiu, Zheng Yi (10)
Iron Absorption and Utilization by Crops and Diseases Control in Intercropping	Lu Yao, Zhao Ping, Zheng Yi (17)
The Advance in Research of Silicon Nutrition of Higher Plants	Tang Xu, Zheng Yi, Tang Li (24)
Silicon Uptake by Plants and Its Effects on Pests and Diseases Resistance	Tang Xu, Zeng Yi, Zhang Chaochun (32)
Prospect of Studies on WUE Differences Among Crop Species and Cultivars	Zhou Shaosong, Li Yongmei, Zhou Min (39)
Soil Microorganism and Crop Disease Control in Intercropping	Dong Yan, Wei Lanfang, Tang Li, Zheng Yi (46)

2. The Uptake and Utilization of Nutrients and Water in Intercropping

Iron Availability as Affected by Soil Moisture in Intercropped Peanut and Maize	Yi Zheng, Fusuo Zhang, Long Li (52)
Studies on Uptake of Potassium in Maize/Green Pepper Intercropping	P. Zhao, Y. Zheng, ZL Wang (61)
Dynamic Variation of N and K Uptake and Dry Matter Accumulation under Intercropping	Liu Zihong, Su Haipeng, Tang Li (65)
Nitrogen Uptake and Utilization in Wheat and Broad bean Intercropping	She Lina, Zheng Yi, Zhu Youyong (72)
Nitrogen Uptake and Utilization in Intercropping System of Maize and Soybean	Li Shaoming, Zhao Ping, Fan Maopan (77)
Uptake and Utilization of the Nitrogen, Phosphorus and Potassium in Corn and Soybean Intercropping	Xiong Junfen, Zhang Deguang, Zhao Limei (81)
Studies on Uptake and Utilization of Nitrogen in Maize/Capsicum Intercropping	Fan Maopan, Zhao Ping, Lu Shuifen (88)

- Studies on Uptake and Utilization of Phosphorous in Maize/Capsicum Intercropping
..... Zhao Ping, Fan Maopan, Zhao Xiuying (93)
- Studies on Uptake and Utilization of Phosphorous in Maize/Capsicum Intercropping
..... Zhao Ping, Li Shaoming, Fan Maopan (99)
- Effects of Flue-cured Tobacco Intercropping with Sweet Clover or Sweet Potato on Yield and
Quality of Tobacco Leaves Tang Shikai, Liu Lifang, Li Yongmei (104)
- Nitrogen Uptake and Utilization in Intercropping System of Maize and *Amorphophallus Konjac*
..... Xu Yan, Zheng Yi, Mao Kunming (111)
- The Study on Influence of Soil Water Consumption and Water Use Efficiency by Wheat and
Broad bean Intercropping and Barley and Broad bean Intercropping
..... Zhou Shaosong, Li Yongmei, Zheng Yi (117)
- Study on Soil Moisture Content in Barley and Broad bean Intercropping System
..... Zhou Shaosong, Zhou Min, Li Yongmei (126)
- Study on Soil Water Potential in Barley and Broad Bean Intercropping System
..... Zhou Shaosong, Li Yongmei, Zheng Yi (132)
- Study on Soil Water Potential in Wheat and Broad Bean Intercropping System
..... Zhou Shaosong, Li Yongmei, Zheng Yi (140)

3. Relationship between Nutrients Uptake and Disease Control in Intercropping

- Wheat Powdery Mildew and Foliar N Concentrations as Influenced by N Fertilization and Root
Interactions with Intercropped Faba Bean Yuanxue Chen, Fusuo Zhang, Li Tang (149)
- Effects of N level on Occurrence of Wheat Powdery Mildew in Wheat and Faba Bean
Intercropping System Li Tang, Yi Zheng, Qiao Yun Gou (164)
- Effects of Nitrogen and Potassium Supply on the Occurrence of *Blumeria graminis* (DC).
Spear of Wheat in Wheat and Faba Bean Intercropping
..... Xiao Jingxiu, Zhou Guisu, Tang Li (168)
- Effect of Nitrogen on Wheat Growth and Occurrence of Powdery Mildew under Different Root
Separation in Wheat-Fababean Intercropping Li Yongjie, Chen Yuanxue, Tang Li (176)
- Effect of Root Separation on Nutrients Uptake and Occurrence of Powdery Mildew of Wheat
under Wheat-Fababean Intercropping Li Yongjie, Chen Yuanxue, Tang Li (184)
- Effect of Root Separation on Nutrients Uptake and Occurrence of Leafminer of Fababean
under Wheat-Fababean Intercropping. Li Yongjie, Chen Yuanxue, Tang Li (192)
- Effects of Potassium and Nitrogen Supply on the Occurrence of Wheat Rust in Wheat and
Faba Bean Intercropping System Xiao Jingxiu, Zheng Yi, Tang Li (199)
- Potassium Uptake and Its Effect on Leaf Spots of Broad Beans in Wheat and Broad
Beans Intercropping Zhou Guisu, Xiao Jingxiu, Zheng Yi (206)
- Effects of Nitrogen Supply on Manganese Uptake and Leaf Spots Incidence of Intercropped
Faba Beans Lu Yao, Zhao Ping, Zheng Yi, Tang Li (212)

Effect of High N Rate on Rice Yield, Nitrogen Accumulation and Rice Blast Occurrence under Inter-planting	Tang Li, Luo Guoli, Chu Yiou (221)
Effects of Nitrogen and Silicon Nutrition on Rice Blast Occurrence under Intercropping with Different Type Varieties	Tang Xu, Zheng Yi, Tang Li (230)
Effect on Rice Blast Incidence and Spreading in High Nitrogen Rate under Rice Inter-planting System	Lu Guoli, Chu Yiou, Zhang Chaochun (238)
Effect of Different Levels of Nitrogen on Rice Panicle Blast and Yield under Intercropping System	Zhou Wenli, Tang Li, Zheng Yi (244)
Effects of Optimized Nitrogen Application on Rice (Huang Kenuo and Hexi 41) Yield and Rice Blast under Intercropping	Ji Yufang, Zheng Yi, Tang Li (251)
Effects of Flue-cured Tobacco and Sweet Clover and Sweet Potato Intercropping on Leave Potassium Contents and Virus Diseases Occurrence of Tobacco	Liu Lifang, Tang Shikai, Xiong Junfen (258)
Effects of Flue-cured Tobacco and Sweet Clover Intercropping on Diseases Occurrence of Tobacco	Liu Lifang, Tang Shikai, Xiong Junfen (264)

4. Interaction Mechanisms in Intercropping

Could Root's Exudates of Some Monocot Gramineous Species Mobilize P-Fe in Red Soil and Facilitate P Uptake of Dicots as They are Intercropped?	Yi Zheng, Li Tang, Yanli Nie (270)
Dynamics of Nitrogen Assimilates of Wheat in Wheat-Faba Bean Intercropping System	Su Haipeng, Tang Li, Liu Zihong (274)
Effect of Nitrogen Levels on the Changes of Phenol and Flavonoid Contents under Rice Monoplanting and Interplanting System	Lu Guoli, Tang Li, Chu Yiou (282)
Effects of Rice Cultivars Intercropping on Root Distribution Characters	Chu Yiou, Zheng Yi, Lu Guoli (291)
Effects of Wheat and Broad Bean Intercropping on the Root Activity and Root Nodulation of Broad Bean	Zhou Zhaoliu, Zhao Ping, Tang Li (299)
Applying Mugineic Acids to Upland Red Soil in the Maize-soybean Intercropping System for Phosphorus Activation	Nie Yanli, Zheng Yi, Tang Li (307)
Effects of Applying Mugineic Acids on P Uptake of Red Soil in Wheat-broadbean Intercropping and Broad Bean Monoculture System	Nie Yanli, Tang Li, Zheng Yi (315)
Effects of Nitrogen Application Rates on Rhizosphere Microbial Community in Wheat and Faba Bean Intercropping System	Dong Yan, Tang Li, Zheng Yi (321)
Effects of Nitrogen Supply Levels on the Amount of Microorganism in Rhizosphere under Wheat and Broad bean Intercropping	Wei Lanfang, Dong Yan, Tang Li (331)
SSR Analysis for <i>Magnaporthe grisea</i> Populations Influenced by N-application Levels	Qian Ling, Tang Li, Zheng Yi (340)
Prospective	Tang Li, Zheng Yi (349)

1. 间作与提高作物养分利用和抗病性

氮素营养与间作作物的抗病性^{*}

汤 利, 郑 毅

(云南农业大学资源与环境学院, 云南昆明 650201)

摘 要: 合理的间作是提高作物生产力和作物抗病性的重要途径之一。氮不仅是限制植物生长和形成产量的首要因素, 而且在调节作物抗病能力方面具有特殊的重要性。本文对间作系统中氮素营养与作物抗病性的关系、氮素营养与间作作物抗病性的相互作用机制等研究进展进行了系统的概述, 并提出了今后的研究重点。

关键词: 间作; 氮素营养; 作物抗病性; 作用机制

Researches on Nitrogen Nutrition and Disease Resistance of Crops in Intercropping

Tang Li, Zheng Yi

(College of Resources and Environmental Science, Yunnan Agricultural University, Kunming, 650201)

Abstract: Rational intercropping is an important way for improving crops productivity and increasing crops disease resistance. As the primary nutrient, nitrogen has not only the essential function in plant growth and crops yield, but also plays very important and specific role in crop disease resistance. The research progress on nitrogen nutrition and crop disease control, the interaction mechanism of nitrogen nutrition and crop disease resistance in intercropping was reviewed and the research in future was posed.

Key words: intercropping; nitrogen nutrition; crop disease resistance; interaction mechanism

间套(混)作是我国传统农业的精髓。合理的间作不仅可以显著提高粮食单产和土地利用率^[1,2], 提高水分利用效率和光能利用效率^[3,4], 而且可以显著促进作物的养分吸收利用, 提高氮、磷、钾等养分资源利用效率^[1,5-11], 也是利用生物多样性持续控制病虫害、提高植物抗病性、减少农药用量、降低生产成本、促进农民增产增收的有效途径^[2,12-14]和增加农田生物多样性的有效措施^[2]。因此, 利用不同作物间套(混)作提高农田生态稳定性、提高农田生态系统生产力等方面的研究, 已经成为全世界各国科学家研究的重点问题之一^[15-18]。

现有研究表明, 植物对病虫害的抗性和耐性虽然受遗传控制, 但受环境的影响也很大。矿质养分由于可通过影响植物生长模式、植物形态和解剖结构的改变, 尤其是化学组成的变化, 可以提高或降低植物对病原体和虫害的抗性和耐性^[19], 已成为控制病害的一

^{*} 基金项目: 973 计划前期研究专项(2008CB117011)和国家自然科学基金(30460061, 30860157)。

第一作者简介: 汤利, 教授, 博士生导师, 0871-5227650, ltang@ynau.edu.cn。