

doi: 10.11838/sfsc.1673-6257.18041

# 浅析油菜作为绿肥的应用优势

顾焯明, 李银水, 谢立华, 胡小加, 廖星, 秦璐\*

(中国农业科学院油料作物研究所, 农业农村部油料作物生物学与遗传育种重点实验室, 湖北 武汉 430062)

**摘要:** 油菜是可以作为绿肥广泛应用的作物。在总结油菜绿肥土壤培肥性状的基础上, 从病虫害生物防治、土壤难溶性磷活化、土壤重金属污染治理 3 个方面总结归纳了油菜作为绿肥在我国可持续农业发展中的应用优势。

**关键词:** 油菜; 绿肥; 应用优势

我国是世界人口第一大国, 利用世界 7% 的耕地养活了 22% 的人口, 但举世瞩目的成就背后是消耗了世界 35% 的化肥和 20% 的农药<sup>[1]</sup>。改革开放近 40 年来, 我国谷物籽粒产量与化肥施用量同步增长, 从 1978 年到 2015 年谷物籽粒产量翻了 1 倍, 但化肥使用量翻了 6 倍<sup>[2]</sup>, 化肥的大量施用造成了土壤退化、水体富营养化等一系列环境问题, 我国生态、土壤及农业可持续绿色发展面临着巨大的压力和挑战<sup>[3]</sup>。绿肥作为直接或经堆沤后还田为土壤提供养分及有机质的栽培或野生绿色植物体, 在我国种植历史悠久, 早在公元前 3 世纪就有史料记载绿肥的土壤培肥效果<sup>[4]</sup>。然而, 自 20 世纪中后期我国化肥工业的快速发展, 绿肥的研究和应用逐渐衰减, 几近停滞<sup>[3]</sup>。以湖北省为例, 全省绿肥种植面积从 1977 年顶峰时的 141 万  $\text{hm}^2$ , 下降到 2008 年的 8 万  $\text{hm}^2$ <sup>[5]</sup>。绿肥作物种植面积减少、化肥施用环境问题逐渐凸显, 恢复发展绿肥生产迫在眉睫。根据中共十九大报告提出的“推进绿色发展、着力解决突出环境问题、加大生态系统保护力度”等建设美丽中国的要求, 绿肥种植作为发展化学肥料有机替代和绿色防控技术的有效途径, 是实现我国化肥农药减量使用和生态、环境、农业绿色可持续发展的有效手段。因此, 发展绿肥生产具有重要的现实意义。

## 1 概述

绿肥油菜是指通过栽培培养绿色植物体并翻压施入土壤作为肥用的油菜, 种植区域分布范围广, 既能在干燥、寒冷的黑龙江<sup>[6]</sup>、内蒙古<sup>[7]</sup>、青海等地区种植<sup>[8]</sup>, 也可以在温暖、湿润的长江流域<sup>[9]</sup>和华南地区种植<sup>[10-11]</sup>, 还能适应暖温、季风气候明显的华北平原<sup>[12]</sup>。

油菜作为绿肥有较好的土壤培肥优势。据王丹英等<sup>[13]</sup>报道, 油菜干物质积累量大, 4 年田间定位试验研究发现紫云英和油菜还田干物质质量平均分别为 6 634 和 9 401  $\text{kg}/\text{hm}^2$ ; 并且盛花期油菜的磷、钾含量显著高于紫云英; 轮作 4 年后, 土壤有机质、全氮、碱解氮和全磷含量, 紫云英分别提高 3.3%、6.6%、10.2% 和 8.0%, 油菜分别提高 8.0%、4.6%、5.7% 和 14.0%, 且油菜绿肥处理的土壤容重下降 5.7%, 土壤孔隙度增加 1.8%, 说明油菜作绿肥还田能提高土壤养分含量、培肥土壤地力、改善土壤物理性状。另一方面, 油菜碳氮比较为适中, 章秀福等<sup>[14]</sup>报道, 盛花期油菜和紫云英的碳氮比分别为 20 ~ 25:1 和 13 ~ 16:1, 前者更有利于被土壤微生物分解。因此, 油菜盛花期还田作绿肥, 其碳氮比更利于植株被分解, 养分易被水稻吸收。油菜作为绿肥除了具有较好的土壤培肥优势外, 在病虫害生物防治、土壤难溶性磷活化、土壤重金属污染治理等方面具有独特的应用优势。

## 2 绿肥油菜的应用优势

### 2.1 绿肥油菜土壤病虫害生物防治优势

硫代葡萄糖苷(简称硫苷)是广泛存在于油菜

收稿日期: 2018-01-29; 录用日期: 2018-05-01

基金项目: 国家绿肥产业技术体系专项(CARS-22)。

作者简介: 顾焯明(1988-)男, 青海乐都人, 助理研究员, 博士, 主要从事土壤养分调控研究。E-mail: guchiming@foxmail.com。

通讯作者: 秦璐, E-mail: qinlu-123@126.com。

根、茎、叶、果实中的一类次生代谢物质。硫苷水解产物主要为异硫氰酸酯 (ITCs), ITCs 是一类活性物质, 能有效杀死和抑制土壤中的病原菌, 控制土传病害。因此, 硫苷水解产物可作为衡量绿肥油菜生物防治效果的重要指标, 也是区别于其他绿肥作物的重要特征之一。

谢文娟<sup>[4]</sup>研究表明, 油菜根系产生的不同类型和水平的 ITCs 具有抑制许多根系真菌病原体的效果, ITCs 能够杀死和抑制土壤中的病原菌, 抑制土传病害, 达到无需使用农药或其他化学物质就能防治病虫害的效果。杨瑞吉等<sup>[15]</sup>报道, 油菜根系分泌物中除了含有大量的 2, 6-二叔丁基对甲酚外, 酞酸二丁酯和十六酸-β-丙三醇酯相对含量分别达到 22.55% 和 16.38%, 而酚类和脂类物质与植物抗病性有关, 对病原真菌具有抑制作用。此外, 还有研究发现, 芥菜生物熏蒸对土传病害有一定抑制作用, 同时还有助于黄瓜克服连作障碍<sup>[16]</sup>。

关于油菜的土壤病虫害生物防治效果, 国外也有大量报道。早在 1998 年, Sarwar 等<sup>[17]</sup>研究发现芸薹属植株体内产生的黑芥子酶可水解硫苷, 释放的活性物质 ITCs 具有与化学熏蒸剂——威百亩和棉隆相近的作用效果。Handisenia 等<sup>[18]</sup>研究发现, 芸薹属植物能有效降低小麦根系丝核菌的数量, 有效抑制小麦根腐病的发生。在马铃薯的研究中还发现芥菜型油菜的生防作用对防治马铃薯粉状痂病和常见的痂病非常有效<sup>[19]</sup>, 对马铃薯立枯丝核菌和腐霉菌的生长均有很好的抑制效果<sup>[20]</sup>, 显著降低马铃薯囊肿线虫数量, 并且降低的比例与绿肥使用量相关<sup>[21]</sup>。除了直接作用于病原菌外, 翻压油菜绿肥还能通过改善后茬作物营养减少作物病害。有研究表明与其他绿肥相比, 翻压油菜绿肥能促进生菜对有效态钙素的吸收, 从而减少了生菜灼伤病和细菌腐烂病害的发生, 提高生菜商品率<sup>[22]</sup>。

## 2.2 绿肥油菜土壤难溶性磷活化优势

油菜作绿肥对土壤难溶性磷活化效果明显, 能显著提高土壤速效磷含量, 并且通过植株固持后翻压再归还到土壤中供给后茬作物利用。26 年的长期定位试验结果表明, 与冬闲对照相比, 双季稻油菜绿肥轮作土壤有效磷含量提高 16.3%<sup>[23]</sup>。

胡霭堂等<sup>[24]</sup>研究发现, 油菜根系的生物学形态性状在缺磷条件下会发生很大变化, 具体表现为主根和根毛的增长, 根的半径减小, 而每单位重量根的长度增加, 扩大根系吸收范围, 从而促使油菜

在缺磷的土壤中吸收更多的磷素。除了通过改变自身根系形态, 在磷素胁迫环境中, 油菜根系还能通过自动调节阴阳离子吸收的比例, 使根际酸化, 为根际土壤溶液中难溶性磷的活化提供有利的酸性环境<sup>[25]</sup>。Bloan 等<sup>[26]</sup>对 7 种有机酸的研究结果表明, 活化土壤难溶性磷素的能力依次为柠檬酸 > 草酸 > 酒石酸 > 苹果酸 > 乙酸、琥珀酸、乳酸。油菜根系分泌大量柠檬酸和苹果酸等有机酸, 有利于难溶性钙磷、铁磷及铝磷的溶解活化, 从而促进油菜对难溶性磷素  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  或  $\text{AlPO}_4$  的利用<sup>[27-28]</sup>。

除了绿肥油菜生长期间根系“开源”提高土壤磷素有效性, 绿肥油菜翻压后还能通过影响土壤酶活性提高土壤磷素有效性。王丹英等<sup>[13]</sup>研究发现, 油菜作为绿肥翻压腐解后可提高后茬水稻田土壤酸性磷酸酶活性, 活化土壤磷素并提高土壤磷的生物有效性。李红燕等<sup>[29]</sup>研究结果表明, 与休闲处理相比, 麦后播种绿肥油菜处理的土壤磷酸酶和总酶活分别提高了 21.9% 和 48.4%。此外, 还有研究表明磷胁迫环境中油菜不但能开源利用酸性土壤的钙磷 (Ca-P), 还能节流减少土壤速效磷向有机磷 (O-P) 的转化, 提高土壤磷的有效性<sup>[4]</sup>。

## 2.3 绿肥油菜重金属污染治理优势

国外有关十字花科芸薹属植物可作为修复重金属污染土壤方面的研究报道较多。早在 20 世纪 90 年代初就有人发现十字花科芸薹属植物可作为修复重金属污染土壤的超累积植物<sup>[30]</sup>。Salt 等<sup>[31]</sup>研究指出, 油菜生物量大、生长速度快, 能够从土壤中吸收 Cd 和其他重金属, 并在植株体内大量积累。因此, 油菜这一特性被人们用于研究植物对重金属的积累和容忍机制<sup>[32]</sup>。在重金属污染的土壤环境中, 研究者从油菜根系中分离出抗 Pb 植物内生细菌, 发现这些细菌能增加油菜生物量及 Pb 吸收量, 并且会释放吡啶乙酸、铁载体和 1-氨基环丙烷-1-羧酸脱氨酶, 促进油菜根系在污染土壤中的生长以及对 Pb 的吸收<sup>[33]</sup>。印度芥菜是一种生长速度很快的重金属超富集植物, 在重金属污染的土壤中也产生较高生物量, 因其对废水中重金属有良好的植物过滤和植物固持作用<sup>[34]</sup>, 被用于耐 Cd<sup>[35]</sup>和耐 As<sup>[36]</sup>的研究中。

国内在这方面的研究相对较晚<sup>[37]</sup>。顾继光等<sup>[38]</sup>研究指出, 油菜是超富集 Cd 的植物, 可以作为重金属污染土壤植物修复的物种, 在一些矿区、

化工厂等土壤重金属污染地区土壤上种植油菜绿肥可以起到净化土壤的效果。孙清斌等<sup>[39]</sup>对大冶典型铜矿区周边农田研究发现,油菜茎叶、籽粒对Cd的富集系数权重高于根部对Cd的富集系数权重。

### 3 结语

油菜种植在我国历史悠久且有很好的种植习惯和基础。油菜适宜种植区域分布广,我国从南到北、从东到西均能种植,其抗逆性和适应性能力较强,既可以在比较潮湿的南方水田种植,也可以在干旱少水的西北山区坡地生长;同时,油菜生物量大,绿肥产量高,其生长对土壤肥力要求较低<sup>[40]</sup>。作为绿肥,油菜在不同生态区域既可以秋冬播种,也可以春播。种子发芽率高,出苗能力强,生长速度较快,适宜翻耕期较长;且油菜种子繁殖系数大,种子成本较低。我国农作制度多元化,不同区域存在不同的农作制度。绿肥油菜生育期可以做到宜长则长、宜短则短,选择合适播种时间能满足不同区域农作制度的需求,甚至可以与花用、菜用、饲用等多功能应用模式相结合,建立适合不同区域特点的绿肥油菜农作模式,如两熟制或三熟制稻田粮区的绿肥油菜应用模式、果园林区的绿肥油菜应用模式<sup>[41-42]</sup>。

### 参考文献:

- [1] 杨鹏程,周应恒.农产品地理标志的发展困境及优化方略[J].甘肃社会科学,2016,(3):234-238.
- [2] 国家统计局.2016年中国统计年鉴[M].北京:中国统计出版社,2016.
- [3] 曹卫东,黄鸿翔.关于我国恢复和发展绿肥若干问题的思考[J].中国土壤与肥料,2009,(4):1-3.
- [4] 谢文娟.油菜对酸性土壤不同形态无机磷的活化利用及其生理变化研究[D].南宁:广西大学,2005.
- [5] 吴润,易妍睿,戴志刚,等.湖北省绿肥种植现状与思考[J].中国农技推广,2015,31(10):9-10.
- [6] 于凤芝,曹卫东,高同彬,等.黑龙江主要绿肥品种肥料价值和饲料价值的比较[J].中国土壤与肥料,2010,(4):69-72.
- [7] 刘忠,张国华,王勇.内蒙古地区适宜种植的主要绿肥品种及栽培技术[J].内蒙古农业科技,2002,(2):30-31.
- [8] 曾光秀.青海绿肥品种资源整理鉴定研究[J].青海农林科技,1997,(3):20-22.
- [9] 何录秋,薛灿辉,张亚.湖南主要经济绿肥的品种研究[J].湖南农业科学,2011,(4):45-47,51.
- [10] 杜东英,王劲松,郭云周.云南省主要秋播绿肥种植及还田技术[J].中国农技推广,2010,26(11):39-41.
- [11] 黄锦福,吉家乐,黄忠兴,等.绿豆、飞机草、牧草压青对芒果产量和质量的影响[J].广东农业科学,2011,38(7):88-89.
- [12] 李子双,廉晓娟,王薇,等.我国绿肥的研究进展[J].草业科学,2013,30(7):1135-1140.
- [13] 王丹英,彭建,徐春梅,等.油菜作绿肥还田的培肥效应及对水稻生长的影响[J].中国水稻科学,2011,26(1):85-91.
- [14] 章秀福,王丹英,彭建,等.油菜做绿肥还田的培肥效应及对水稻生长的影响[C].长沙:全国水稻优质高产理论与技术研讨会,2011.
- [15] 杨瑞吉,牛俊义.磷胁迫对油菜根系分泌物的影响[J].西南大学学报(自然科学版),2006,28(6):895-899.
- [16] 刘昕昕.不同芥菜生物熏蒸对设施连作黄瓜土壤微生物多样性影响[D].哈尔滨:东北农业大学,2013.
- [17] Sarwar M, Kirkegaard J A, Wong P T W, et al. Biofumigation potential of *Brassica*: In vitro toxicity of isothiocyanates to soil-borne fungal pathogens [J]. Plant Soil, 1998, 201(1): 103-112.
- [18] Handisenia M, Brown J, Zemetra R. Effect of *brassica ccae* seed meals with different glucosinolate profiles on rhizoctonia root rot in wheat [J]. Crop Protect, 2013, 48(48): 1-5.
- [19] Mazzoncini M, B à rberi P, Cerrai D, et al. Effects of green manure on soil nitrogen availability and crop productivity in a Mediterranean organic farming system [M]. Scheurer N W. a. M. (Ed.), Eurosoil. Freiburg, Germany, 2004.
- [20] Sieglinde S S, Kanchan U D, William K. Root, shoot tissues of *Brassica juncea* and *Cereal secale* promote potato health [J]. Plant Soil, 2007, 294(1-2): 55-72.
- [21] Ngala B M, Haydock P P J, Simon W, et al. Biofumigation with *Brassica juncea*, *Raphanus sativus* and *Eruca sativa* for the management of field populations of the potato cyst nematode *Globodera pallida* [J]. Pest Manage Sci, 2015, 71(5): 759-769.
- [22] Pung H, Aird P L. The use of *brassica* green manure crops for soil improvement and soil borne disease management [J]. Plant Dis, 2004, (2): 1-2.
- [23] 高菊生,徐明岗,董春华,等.长期稻-稻-绿肥轮作对水稻产量及土壤肥力的影响[J].作物学报,2013,39(2):343-349.
- [24] 胡霭堂,周立祥.植物营养学上册[M].北京:中国农业大学出版社,2003.42-48.
- [25] Grinsted M J, Hedley M J, White R E, et al. Plant-induced changes in the rhizosphere of rape (*Brassica napus* var. *Emerald*) seedlings. I. pH change and the increase in P concentration in the soil solution [J]. New Phytol, 1982, 91(1): 19-29.
- [26] Bloan N S, Naidu R, Mahimairaja S. Influence of low molecular weight organic acids on the solubilization of phosphorus [J]. Biol Fertil Soils, 1994, 18(4): 311-319.
- [27] 李健梅,曹一平.磷胁迫条件下油菜、肥田萝卜对难溶性磷

- 的活化与利用 [J]. 植物营养与肥料学报, 1995, 1 (Z1): 36-41.
- [28] 马敬, 陈凯. 磷亏缺下不同植物根系有机酸的分泌 [J]. 中国农业大学学报, 1999, 4 (3): 58-62.
- [29] 李红燕, 胡铁成, 曹群虎, 等. 旱地不同绿肥品种和种植方式提高土壤肥力的效果 [J]. 植物营养与肥料学报, 2016, 22 (5): 1310-1318.
- [30] Baker A J M, Reeves R D, Mcgrath S P. In situ decontamination of heavy metal polluted soils using crops of metal-accumulating plants—a feasibility study [M] // in situ bioreclamation. Boston: Butterworth-Heinemann, 1991. 600-605.
- [31] Salt D E, Blaylock M, Kumar N P B A, et al. Phytoremediation: a novel strategy for the removal of toxic metals from the environment using plants [J]. Bio Technol, 1995, 13 (5): 468-474.
- [32] Rugh C L. Genetically engineered phytoremediation: one man's trash is another man's transgene [J]. Trends Biotechnol, 2004, 22 (10): 496-498.
- [33] Sheng X F, Xia J J, Jiang C Y, et al. Characterization of heavy metal-resistant endophytic bacteria from rape (*Brassica napus*) roots and their potential in promoting the growth and lead accumulation of rape [J]. Env Pollut, 2008, 156 (3): 1164-1170.
- [34] John R, Ahmad P, Gadgil K, et al. Heavy metal toxicity: effect on plant growth, biochemical parameters and metal accumulation by *Brassica juncea* L. [J]. Int J Plant Prod, 2009, 3 (3): 176-178.
- [35] Anjum N A, Umar S, Ahmad A, et al. Responses of components of antioxidant system in moongbean genotypes to cadmium stress [J]. Commun Soil Sci Plant Anal, 2008, 39 (15-16): 2469-2483.
- [36] Gupta M, Sharma P, Sarin N B, et al. Differential response of arsenic stress in two varieties of *Brassica juncea* L. [J]. Chemosphere, 2009, 74 (9): 1201-1208.
- [37] 杨志新. 重金属复合污染对土壤酶活性及油菜的影响 [D]. 保定: 河北农业大学, 1998.
- [38] 顾继光, 林秋奇, 胡韧, 等. 土壤-植物系统中重金属污染的治理途径及其研究展望 [J]. 土壤通报, 2005, 36 (1): 128-133.
- [39] 孙清斌, 尹春芹, 邓金锋, 等. 大冶矿区周边农田土壤和油菜重金属污染特征研究 [J]. 农业环境科学学报, 2012, 31 (1): 85-91.
- [40] 傅廷栋, 梁华东, 周广生. 油菜绿肥在现代农业中的优势及发展建议 [J]. 中国农技推广, 2012, 28 (8): 37-39.
- [41] 李志杰, 马卫萍, 孙文彦, 等. 现代农业中黄淮海地区适宜绿肥种植模式分析 [J]. 现代农业科学, 2008, 15 (11): 52-54.
- [42] 鲁天文, 马占金, 包兴国. 甘肃省山丹县绿肥产业发展的条件及对策 [J]. 中国农业信息, 2012, (20): 61-63.

#### Analysis on application advantages of rapeseed as green manure

GU Chi-ming, LI Yin-shui, XIE Li-hua, HU Xiao-jia, LIAO Xing, QIN Lu\* (Oil Crops Research Institute, Chinese Academy Agricultural Sciences, Key Laboratory of Biology and Genetic Improvement of Oil Crops, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Wuhan Hubei 430062)

**Abstract:** Rapeseed is widely used as a green manure. This paper summarizes the application advantages of rapeseed as a green manure in sustainable agricultural development in China from the aspects of pest biological control, soil insoluble phosphorus activation, and soil heavy metal pollution control.

**Key words:** rapeseed; green manure; application advantages