



doi: 10.11838/sfsc.1673-6257.22665

我国油菜绿肥研究进展

刘 陈¹, 王伟妮², 廖世鹏¹, 任 涛¹, 鲁剑巍^{1*}

(1. 华中农业大学资源与环境学院 / 农业农村部长江中下游耕地保育重点实验室, 湖北 武汉 430070;
2. 鄂尔多斯市农牧业生态与资源保护中心, 内蒙古 鄂尔多斯 017010)

摘 要: 油菜具有适应区域广、抗逆性强、生产成本低、生物量大、养分含量高、还田易腐解等优势, 同时我国南北方分别拥有大量的冬闲田和秋闲田, 发展油菜绿肥生产和利用潜力巨大。基于大量研究文献, 就油菜绿肥改善土壤理化性质、生态效益、减肥增效以及关键种植和利用技术进行归纳与论述, 为油菜绿肥的推广与应用提供参考依据。

关键词: 绿肥; 土壤改良; 绿肥品种; 播期; 播种量

自改革开放以来, 我国粮食作物产量从 1978 年到 2020 年增长了 1.2 倍, 相应地化肥使用量增长了 5 倍, 近十多年来我国化肥使用量占全球使用总量的 30% 以上^[1]。绿肥是指作物生长发育过程中所产生的全部或部分鲜体, 直接或间接翻压到土壤中作肥料。绿肥种植与利用是实现化肥减施的同时保障农业生产发展的重要措施之一, 对土壤质量提升和农业可持续发展具有重要影响^[2]。

我国幅员辽阔, 耕地面积广, 因气候条件和土壤类型不一, 绿肥种类丰富, 按照植物学科分类可大致分为豆科、十字花科以及禾本科等绿肥作物^[3-7]。其中油菜是典型的十字花科, 在我国有悠久的种植历史, 尤其是近年来广泛地推广应用。研究表明^[8-10], 油菜作绿肥翻压还田能显著提高土壤养分含量, 改善土壤理化性质, 提高微生物量和酶活性, 从而促进后茬作物生长并提高产量。

与紫云英和毛叶苕子等传统绿肥作物相比, 油菜绿肥具有种子成本低、容易获得; 种植和管理技术简单; 较强的适应性和抗逆性; 生物量大、养分含量高等优势^[11], 同时我国秋冬闲田面积大, 油菜绿肥具有很大的发展空间和优势。目前针对油菜

作绿肥的主要功用、优势及种植技术已经有一定数量的研究, 但是缺少对其系统总结, 因此, 本文综述了油菜绿肥的研究进展, 归纳总结油菜绿肥种植和利用关键技术, 以期为油菜绿肥的推广和应用提供依据。

1 油菜绿肥种植现状及优势

1.1 我国油菜绿肥种植区域

油菜绿肥播种期宽松, 具有较强的适应性和抗逆性, 能满足不同区域农作制度的需求, 种植范围广^[12]。我国长江流域各省和云贵等地区在水稻收获后有大量冬闲田存在, 冬季较温暖湿润, 利用茬口种植油菜绿肥, 能提高土壤利用率和培肥土壤, 目前已经实现初步推广应用^[13-14]; 长城以北, 河北、内蒙古、天津部分区域种植春小麦, 种植以一年一熟为主, 小麦收获后至入冬前存在 2 ~ 3 个月的土地闲置期, 引种油菜绿肥, 充分利用这段时间内的光、温、水、土资源^[15]; 同时, 华北平原玉米、高粱、红薯、大豆一年一熟制地区正建立绿肥休耕示范点, 在早春播种油菜绿肥, 预留出行间距, 在绿肥出苗后, 按适宜播期和原定行距播种主产作物^[16]。

1.2 油菜绿肥能提供大量养分

油菜茎枝直立性强, 株体高大。王丹英等^[17]发现 4 年试验期间油菜的平均还田干物质质量为 9401 kg/hm², 显著高于紫云英的 6634 kg/hm²; 而且紫云英和油菜干物质中全氮、全磷、全钾含量分别为 2.60%、0.13%、1.70% 和 1.70%、0.30%、2.79%。尽管紫云英氮含量高于油菜, 但是油菜磷、

收稿日期: 2022-10-27; 录用日期: 2022-12-26

基金项目: 鄂尔多斯市“揭榜挂帅”项目“沿黄河流域农田污染防治与资源高效利用关键技术研究及示范”(JBGS-2021-001); 财政部和农业农村部“国家现代农业产业技术体系”项目(CARS-12)。

作者简介: 刘陈(2000-), 硕士研究生, 研究方向为作物养分管理。E-mail: liu_chen@webmail.hzau.edu.cn。

通讯作者: 鲁剑巍, E-mail: lunm@mail.hzau.edu.cn。



钾含量更高。李红燕等^[18]发现麦后复种绿肥油菜氮、磷、钾还田量分别为 233.5、22.2、182.6 kg/hm²，油菜的氮还田量与豆科绿肥毛叶苕子无明显差异，但是磷、钾还田量显著高于毛叶苕子。邓力超等^[19]研究表明，绿肥型专用油菜品种“油肥 1 号”在盛花期时翻压，鲜草产量在 32 ~ 37 t/hm²，其干物质全氮、全磷、全钾、全碳含量分别为 1.66%、0.37%、2.53%、39.0%，植株碳氮比更接近 25 : 1，有利于被分解和下季作物吸收利用其中的养分。油菜绿肥还田带来的大量养分可以替代部分化肥的施用，张树杰等^[20]研究表明在绿肥油菜还田后种植枸杞，在化肥施用量减半的条件下，枸杞干果产量仍比无绿肥还田正常施肥区高。

1.3 油菜绿肥能改善土壤性质

油菜绿肥翻压还田能显著提高土壤养分含量，改善土壤物理性状，提高微生物量和酶活性。研究表明油菜盛花期还田能提高土壤有机质、全氮和全磷含量，培肥地力；增加稻田土壤的总孔隙度，减少容重，改善土壤物理性状；增加后季水稻生长过程中土壤的脲酶和酸性磷酸酶活性，从而提高供试水稻品种的产量^[21-22]。刘慧等^[23]对新疆中度盐碱地油菜绿肥开展研究，结果表明油菜绿肥能改善土壤理化性状、增加养分含量、降低盐碱离子含量，对新疆绿洲干旱区盐碱土壤具有较好的改良效果。王丽春等^[24]研究也表明，油菜绿肥还田能提高盐碱土壤有机碳组分含量、可促进盐碱土壤酶活性的提升、调节土壤 pH。刘领等^[25]研究发现，在烤烟生产田闲期种植油菜绿肥翻压后能够改善土壤性能、增强土壤的供肥特性，促进烤烟根系发育。董章辉等^[26]研究表明，油菜不仅能提高土壤养分含量，还能提高土壤微生物菌群多样性，其中真菌比细菌提高明显。

1.4 油菜绿肥能优化生态

油菜地上部茎叶茂盛，能够增加植物覆盖率，减少地表径流，降低土壤侵蚀程度和水土流失，缓解化肥过度使用和连作带来的不利影响^[27]。果园

油菜绿肥覆盖能减少水分蒸发量，增加土壤保墒性。研究表明^[28]，在油菜覆盖条件下，土壤水分损失仅为清耕的 1/3，覆盖 5 年后，土壤水分平均比清耕多 70%。油菜对重金属耐受性强，是一种超累积植物，能够修复镉、锌、铜、铅等土壤重金属污染^[29-30]。与传统绿肥不同，油菜绿肥内硫苷含量高，对土壤具有熏蒸消毒作用，能有效地杀死有害细菌、虫卵、杂草等，有利于克服连作障碍，提高作物产量^[31-32]。同时油菜生态系统表现出一定的碳汇功能，对于减少二氧化碳的排放具有良好的生态效益^[33]。

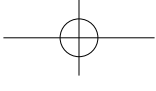
2 油菜绿肥关键种植技术

2.1 油菜绿肥品种筛选

随着我国绿色农业发展和休耕轮作试点项目的实施，目前对绿肥品种的需求也不断提升。种植绿肥油菜以提高鲜草产量和土壤肥力为目的，多选用生长势强、株型高大、叶片宽、鲜草产量高的甘蓝型油菜品种，但是一般油用常规品种由于生物量大、株型高大、茎秆粗壮坚硬，作绿肥存在腐解慢、翻压难度大等问题。针对此，湖南省作物研究所在全国率先选育出油菜绿肥专用品种——“油肥 1 号”和“油肥 2 号”^[34]。其中“油肥 1 号”具有营养生长期短、发苗快、抗病性强以及品质好等优势；“油肥 2 号”则适宜机械压青。此外，部分研究^[24, 35-39]以“油肥 1 号”和“油肥 2 号”或传统绿肥作物为对照，对常规油菜品种和绿肥油菜品系开展研究，主要对生育期植株生物量和养分积累量进行比较，评价其生态适应性和肥用性状，筛选出最适宜当地生态系统的油菜绿肥品种。与大田作物复作相比，果园适宜油菜绿肥除应选择生长势强、生物量大和养分含量高外，还应根据果园土壤墒情和肥力来进行筛选^[40]；茶园适宜油菜品种应对茶园土壤酸性环境有一定的适应性，同时对酸性土壤酸害或铝毒有一定抗逆性^[39]。

表 1 不同地区生态系统适宜油菜绿肥品种筛选

生态系统	适宜油菜绿肥品种	参考文献
长沙稻田复种	辰溪腊油菜和紫叶芥品系	[35]
广西稻田复种	中油杂 19、油肥 1 号和油肥 2 号	[36]
贵州山区稻田复种	饲油 2 号	[37]
河套灌区小麦复种	华油杂 62 和阳光 2009	[38]
咸阳果园套作	春陕 2B 等甘蓝型冬性油菜	[24]
福建生态茶园套作	阳光 131、圣光 86 和中双 11	[39]



2.2 油菜绿肥适宜播期

播期作为一个重要的种植技术,显著影响油菜生物量、养分含量及积累量,随着播期的推迟导致生物量降低,对作物的生育期、出苗速率、养分吸收和生长指标等方面具有显著影响^[41-42]。刘君权等^[13]对油菜绿肥不同播期进行冬至苗情调查,结果表明湖北武穴在不影响前茬作物的前提下,秋播油菜时间越早越好,播期超过11月15日就不适宜油菜绿肥播种。王治雄等^[43]对上海油菜绿肥播期开展试验,播种期以10月底前为宜,播种越早产量越高,且绿肥在10月下旬以后播种较在此时期之前播种,其产量、对土壤的改良作用和对肥力的提升作用均有明显下降。

目前中国南方大面积耕地需要利用秋收时节进行土地整治,以及多熟制地区在秋季作物收获后常常由于秋冬干旱或连绵阴雨等恶劣气候导致冬季作物无法适时播种,但可以利用这些农田进行春播油菜绿肥,提高冬闲田的利用率。胡敏等^[44]研究则表明在湖北武穴春播油菜绿肥,为保证油菜鲜草产量,在不影响前茬作物的前提下应适当早播;但从绿肥翻压养分积累来看,在2月上中旬播种较好。北方部分小麦种植区域秋播油菜,应在小麦收获后尽量早播油菜,光温时间长有利于植株生长和养分积累^[45-46]。

不同地区果园油菜绿肥的适宜播期存在差异,黄土高原的咸阳苹果园7—9月雨热同期,果园套袋工作已经完成,此时利用苹果园管理空档期套种油菜作绿肥,播种时间选在8月上旬为宜^[24]。新疆的阿克苏果园适宜顶凌播种,既最大限度地提早春季绿肥油菜播种期,为接茬复播提供了条件,又使土壤早墒得到充分利用,油菜绿肥的播种时间在2月下旬至3月初土壤返浆前为宜^[40]。而福建茶园的油菜绿肥应在11月下旬进行播种,过早播种,苗期气温高,生长旺盛,年前易抽薹开花,发生冻害;播种过迟,气温低,生长缓慢,不能壮苗越冬^[47]。

2.3 油菜绿肥播种量

油菜绿肥播种量影响其生物量和养分积累量。蒋美艳等^[48]研究发现“沪油17”绿肥油菜的生物产量随着播种量增加而提高,当播种量 $>10.25\text{ kg/hm}^2$ 时,生物产量趋于稳定,综合考虑养分积累量,认为上海绿肥油菜适宜播种量为 $6.00 \sim 10.25\text{ kg/hm}^2$ 。胡敏等^[49]对湖北晚播油菜的10个播种

量($11.25 \sim 45.00\text{ kg/hm}^2$)开展研究,结果表明,当播种量在 $11.25 \sim 33.75\text{ kg/hm}^2$,油菜鲜、干重均随播种量增加而提高,当播种量 $>33.75\text{ kg/hm}^2$ 时,各处理间油菜生物量没有显著差异。油菜绿肥养分积累量随播种量的变化趋势与生物量一致,晚播时油菜绿肥播种量可以适当增加,适宜播种量为 $35.0 \sim 40.0\text{ kg/hm}^2$ 。魏子齐^[50]和杨文元等^[51]对麦后复种油菜适宜播种量开展研究,研究结果均表明油菜生物量和干物质积累量随着播种量的增加先增加再降低,两者试验条件下最适播量分别为 $15.0 \sim 22.5$ 和 $11.25 \sim 18.75\text{ kg/hm}^2$ 。陈晓芬等^[52]研究也表明,油菜绿肥养分元素的积累量均随播种量增加呈先上升后下降的变化趋势,通过回归方程拟合发现,冬油菜在红壤旱地上的适宜播种量范围为 $53.5 \sim 61.4\text{ kg/hm}^2$ 。付永强等^[53]对顶凌果园播种时播种量开展研究,结果表明绿肥油菜产量和养分含量并不随播种量增加而增加,在顶凌播种时,播种量 2.25 kg/hm^2 可以构建合理的群体结构,使产量和养分积累量最大。

2.4 油菜绿肥适宜施肥量

施肥显著影响油菜的生物量及养分积累量。赵慧娟^[54]对绿肥油菜在不同施肥量下鲜草产量的研究中发现,氮、磷施肥量较低时,油菜生长受阻,鲜草产量显著下降,并且油菜干草地上部的氮、磷含量和积累量均较低。研究表明,在长江流域水稻-油菜绿肥种植系统中,当绿肥油菜施肥量为 $\text{N } 67.5 \sim 75.0\text{ kg/hm}^2$ 、 $\text{P}_2\text{O}_5\text{ } 25.0 \sim 37.0\text{ kg/hm}^2$ 和 $\text{K}_2\text{O } 36.0 \sim 42.0\text{ kg/hm}^2$ 时,既能保证鲜草产量又能保证养分积累量,可以达到“以小肥换大肥”的目的^[55-57]。同样在南方地区,果园套种油菜绿肥因生育期短,需肥量较低,播种前基施 $\text{N } 34.5 \sim 69.0\text{ kg/hm}^2$ 和 $\text{P}_2\text{O}_5\text{ } 34.5\text{ kg/hm}^2$ 即可获得较高的生物量^[58-59]。而在西北地区,利用秋闲地种植油菜绿肥,在春小麦收获后复种油菜,当施肥量在 $\text{N } 27.0 \sim 36.0\text{ kg/hm}^2$ 和 $\text{P}_2\text{O}_5\text{ } 14.4 \sim 34.5\text{ kg/hm}^2$ 时有利于油菜地上部鲜重和干物质的累积^[38, 60-62]。以上研究表明,施肥是绿肥油菜获得高产的重要物质基础,但与普通油菜相比施肥量可以显著减少。

2.5 油菜绿肥混播技术

油菜与紫云英混播模式能提高光能和土地的利用率,最大限度地发挥绿肥生产整体效益,弥补单播的不足,从而使绿肥高产高效^[63]。李萍等^[64]研



究表明,与单播紫云英和单播油菜相比,混播可以提高双季稻产量、植株干物质及氮素吸收利用,其中 50% 紫云英+50% 油菜的配施比例效果较好,是较适宜的混播模式。蒋美艳等^[65]对上海市单季晚稻冬季紫云英和油菜混播的最适播期和播种量开展研究,研究结果表明,紫云英和油菜混合播种期以 10 月底前为宜,以 80% 油菜+20% 紫云英混播时,绿肥的氮、磷、钾养分积累量最高。但在绿肥播种期提前的情况下,考虑到紫云英种子成本,60% 油菜+40% 紫云英或 40% 油菜+60% 紫云英混播也较为适宜。

3 油菜绿肥关键利用技术

3.1 油菜绿肥适宜翻压时期和翻压量

油菜绿肥一般适宜翻压时期为盛花期,若翻压过早,产量低,植株幼嫩,压青后分解快,肥效短;若翻压过晚,绿肥植株老化,茎叶养分含量降低,而且茎叶碳氮比大,短期内在土壤中不易分解,从而降低肥效^[57]。苏港等^[66]研究表明,华北平原地区冬种白菜型油菜用作绿肥,适宜还田时期在始花期至盛花期,可以实现春玉米生产的减氮稳产增效。王怡针^[67]结合绿肥油菜还田腐解及养分释放特征及还田效果,认为绿肥油菜盛花期还田肥效快、养分释放更为充足,较始花期和角果发育成熟期更适合作为绿肥油菜还田时期。高晶等^[68]研究表明,河北衡水绿肥冬油菜在盛花期生物量达到最大,翻压后土壤养分增加最多。

奚柏龙等^[69]对不同油菜绿肥翻压量下烟草开展研究,结果表明烤烟的品质与土壤的综合性状在 100% 翻压处理时达到最大,此时还田量约 22.5 t/hm²。周德平等^[70]研究表明,“沪油 17”盛花期时在上海地区的压青还田量以 15.0 ~ 22.5 t/hm²为宜,还田后可促进后茬水稻增产,发挥土壤培肥和生态保育效果。

3.2 油菜绿肥增产增效技术

油菜绿肥翻压后提供的大量养分能够促进主作物产量的提升。董章辉等^[26]研究表明,在保持棉花品质没有明显变化的情况下,油菜压青使棉花产量显著提高,籽棉增产 205.50 kg/hm²,增幅达到 5.09%。同时油菜绿肥还田有利于提高水稻的有效穗数和单产,有效穗数比休闲增加 7.0%,实际单产比休闲增加 4.2%,且有助于提高水稻抗倒性^[71]。油菜压青也能促进后茬玉米生长、改善其

农艺性状并提高其产量,油菜翻压还田区较闲置区玉米增产 10.5 t/hm²,增产幅度为 22.2%^[72]。此外,果园种植油菜绿肥翻压后不同油菜品种均不同程度地改善了叶片特性、果树树体参数和果实外观品质以及提高果树产量,其中,“秦优 7 号”处理相较于清耕亩产量增加 18.3%^[73]。

油菜绿肥还田配合化肥减施对于绿色农业可持续发展也具有重要意义。朱吉凤等^[74]研究表明水稻的产量及其产量构成因子穗粒数、有效穗数随油菜还田量的增加均呈增加趋势。当油菜还田量达 22.5 t/hm²时,水稻增产效果明显,且在该还田量下减施 20% 的化肥仍可有效增加水稻产量。张盛南等^[75]研究表明,复种绿肥油菜翻压较未种绿肥青贮玉米在化肥减施 30% 条件下,增产率可达到 19%,增产效果明显。惠荣奎等^[76]对鲜食玉米-油菜绿肥翻压配合化肥减量开展研究,结果表明采取常规用量或减施 5% 的化肥时,玉米产量分别较相应冬闲处理增产 9.29% 和 8.07%,差异达到极显著水平;而减施 10% ~ 15% 的化肥时,绿肥压青处理的鲜食玉米产量与冬闲处理没有显著差异。

3.3 油菜绿肥还田减少主作物病害

油菜绿肥还田后,硫甙产生的挥发性水解产物对病菌菌丝的抑制作用,能在一定程度上防治主作物病害。刘领等^[25]研究发现,与无翻压绿肥油菜相比,压青使烟草根结线虫病和黑胫病的发病率分别下降了 50.5% 和 56.4%,同时使产量提高了 24.7%。高硫芥菜型油菜还田^[77]对水稻纹枯病、稻曲病、穗颈瘟均有较好的防治效果。其中,对水稻纹枯病、穗颈瘟的防治效果与油菜还田量呈正相关;对稻曲病的防治,则以低播量油菜还田的防效较好。高硫甘油菜^[78]也能明显抑制腐烂茎线虫对甘薯茎部和薯块的侵染,降低发病率和病情指数,对甘薯茎线虫病防治效果显著。因此,对于相应作物发病严重的地块,可采用种植高硫甘油菜作为绿肥,并适时翻压。不仅能有效控制病害的发生,减少化学农药的用量,同时也能促进作物生长并提高作物产量。

4 问题与展望

综上所述,油菜作为绿肥具有成本低、生物量大、生态效益好、改良土壤以及减肥增效的优势,且种植模式多样,包括粮肥轮作模式^[35-38]和果(茶)园间种技术模式^[24, 39],发展前景广阔。但



是在研究过程中仍应针对以下几个问题开展进一步的研究。

(1) 重视专用绿肥油菜品种的选育。在品种筛选方面,一方面绿肥油菜专用型品种相对缺乏,多以收获油脂的主栽油菜品种作为绿肥应用,存在种植需肥量较高的问题,难以满足作为绿肥“小肥换大肥”的产业目标要求^[79-80],限制了绿肥油菜的发展。另一方面,某些绿肥品种抗逆性中等,如“中油肥1号”耐渍性中等,秋播时油菜容易遭受渍害等逆境胁迫,不适合在盐碱地种植^[81]。因此,需要针对不同区域不同生态系统开展适宜品种的改良和筛选工作。

(2) 针对不同生态区域的绿肥油菜高效种植和利用技术有待加强研究。目前对油菜绿肥的研究大多集中在南方稻田,北方旱田和果(茶)园的油菜绿肥种植模式、水分管理、适宜播期和适宜施肥量等关键种植参数不够完善,需要集成出适合不同区域、不同气候以及不同主作物条件下的栽培技术,构建油菜绿肥与主作物一体化的利用模式,同时推进油菜绿肥生产模式向轻减化、机械化、高效化发展,对于油菜绿肥的进一步推广应用具有重要意义。

(3) 绿肥油菜的功能还需进一步开发。油菜绿肥没有直接的经济效益,农民种植的积极性普遍不高,发展绿肥油菜既需要种植轻简、省工、节本,又应当因地制宜充分开发其多元化利用功能,探索打造油菜绿肥产业链,如菜用、饲用、花用等功能,同时挖掘油菜绿肥利用的生态、环保、绿色产业的附加值,以实现耕地种养兼顾、增值增效,绿色循环。

参考文献:

- [1] 国家统计局. 2021 年中国统计年鉴 [M]. 北京: 中国统计出版社, 2021.
- [2] 张磊, 徐昌旭, 刘佳, 等. 减施 20% 化肥下绿肥翻压量对江西双季稻产量及氮素利用的影响 [J]. 植物营养与肥料学报, 2022, 28 (5): 845-856.
- [3] 李集勤, 黄振瑞, 杨少海, 等. 八种绿肥对土壤营养和烤烟产质量的影响 [J]. 中国烟草科学, 2020, 41 (6): 24-29.
- [4] 王琳, 管永祥, 陈震, 等. 不同种类绿肥养分积累比较及其对水稻产量的影响 [J]. 江苏农业学报, 2020, 36 (5): 1139-1143.
- [5] 刘建香, 郭树芳, 雷宝坤, 等. 绿肥生产利用方式对云南高原红壤理化性状及玉米产量的影响 [J]. 植物营养与肥料学报, 2022, 28 (2): 237-246.
- [6] 刘文婷, 占仕发, 魏木英, 等. 福建高山设施葡萄园适宜绿肥品种的筛选 [J]. 农业科技通讯, 2020 (10): 203-204, 314.
- [7] 李利霞, 陈碧云, 闫贵欣, 等. 中国油菜种质资源研究利用策略与进展 [J]. 植物遗传资源学报, 2020, 21 (1): 1-19.
- [8] 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.
- [9] 韩配配, 胡小加, 廖祥生, 等. 盛花期油菜绿肥还田对土壤微生物和后茬花生的影响 [J]. 中国油料作物学报, 2019, 41 (4): 638-642.
- [10] 魏静. 不同冬季覆盖作物对土壤养分及雨养玉米生长特征的影响 [D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2018.
- [11] 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.
- [12] 顾焱明, 李银水, 谢立华, 等. 浅析油菜作为绿肥的应用优势 [J]. 中国土壤与肥料, 2019 (1): 180-183.
- [13] 刘君权, 胡兵, 陈赐华, 等. 油菜绿肥适宜播量与播期研究 [J]. 湖北农业科学, 2021, 60 (S2): 114-115, 119.
- [14] 赵元凤, 张瑛, 孔祥英, 等. 江苏省仪征地区不同品种绿肥油菜播期试验 [J]. 天津农业科学, 2020, 26 (9): 64-68.
- [15] 李晋, 杨晓晓, 杨文平, 等. 饲料油菜压青还田对后作小麦土壤真菌群落的影响 [J]. 微生物学报, 2021, 61 (9): 2869-2882.
- [16] 张盛南, 曹学浩, 张一为, 等. 天津市绿肥油菜利用研究进展 [J]. 天津农业科学, 2021, 27 (1): 76-78.
- [17] 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, 2012, 26 (1): 85-91.
- [18] 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.
- [19] 邓力超, 李莓, 范连益, 等. 绿肥油菜翻压还田对土壤肥力及水稻产量的影响 [J]. 湖南农业科学, 2018 (2): 18-20.
- [20] 张树杰, 陈灿, 张红升, 等. 翻压油菜绿肥对枸杞产量和土壤养分含量的影响 [J]. 干旱地区农业研究, 2019, 37 (3): 157-161.
- [21] 刘禹池, 曾祥忠, 冯文强, 等. 稻-油轮作下长期秸秆还田与施肥对作物产量和土壤理化性状的影响 [J]. 植物营养与肥料学报, 2014, 20 (6): 1450-1459.
- [22] 何亮珍, 郭嘉, 付爱斌, 等. 双季稻冬闲田种植绿肥对土壤理化性质的影响 [J]. 作物研究, 2017, 31 (4): 405-407, 414.
- [23] 刘慧, 李子玉, 白志贵, 等. 油菜绿肥翻压还田对新疆盐碱土壤的改良效果研究 [J]. 农业资源与环境学报, 2020, 37 (6): 914-923.
- [24] 王春丽, 杨建利, 王周礼, 等. 黄土高原沟壑区果园绿肥油菜翻压对土壤水肥的影响 [J]. 西北农业学报, 2021, 30 (2): 287-294.
- [25] 刘领, 李继伟, 刘杉, 等. 芸薹属绿肥对烤烟根系及土壤酶活性的影响 [J]. 河南科技大学学报 (自然科学版), 2017, 38 (3): 74-79, 8.



- [26] 董章辉, 王虎, 张艳丽, 等. 绿肥油菜与棉花复种对土壤养分、土壤微生物及棉花产量的影响 [J]. 河北农业大学学报, 2021, 44 (6): 37-44.
- [27] 艾麦尔艾力·吐合提, 王冀川, 张迪, 等. 阿克苏地区果园套种油菜技术及其发展优势探讨 [J]. 新疆农垦科技, 2018, 41 (8): 20-21.
- [28] 周鹏. 麦后复种油菜有机无机肥配施与翻压方式对土壤肥力及作物产量的影响 [D]. 银川: 宁夏大学, 2020.
- [29] 刘翊涵, 肖智华, 邹冬生, 等. 不同油菜类型对土壤重金属镉污染的响应 [J]. 江苏农业科学, 2018, 46 (23): 362-365.
- [30] 费维新, 荣松柏, 初明光, 等. 油菜种植修复重金属镉等污染土壤研究进展 [J]. 安徽农业科学, 2018, 46 (35): 19-22, 93.
- [31] 李锋, 张春雷, 李光明. 油菜硫苷组分含量及抑菌活性研究 [J]. 武汉植物学研究, 2006, 24 (4): 351-356.
- [32] 刘哲辉. 油菜的生物熏蒸用于作物土传病害防治的研究 [C]. 作物多熟种植与国家粮油安全高峰论坛论文集, 2015: 237-243.
- [33] 文双雅, 高倩文, 高志强, 等. 湘中地区冬油菜全生育期碳通量变化特征分析 [J]. 中国油料作物学报, 2022, 44 (3): 581-588.
- [34] 周兴, 邓力超, 刘新红, 等. 湖南省肥用油菜品种选育及应用 [J]. 长江蔬菜, 2019 (10): 32-34.
- [35] 王晓丹, 马花, 官梅, 等. 绿肥油菜种质筛选与评价 [J]. 核农学报, 2022, 36 (6): 1127-1136.
- [36] 刘康, 韦彩会, 廖祥生, 等. 广西绿肥专用型油菜品种 (系) 筛选试验 [J]. 现代农业科技, 2021 (21): 47-51.
- [37] 罗庆川, 邹成华, 樊庆, 等. 适宜贵州山区种植的绿肥用油菜品种筛选 [J]. 农技服务, 2018, 35 (1): 78-79, 81.
- [38] 卢涌. 河套灌区麦后复种绿肥油菜关键技术参数研究 [D]. 武汉: 华中农业大学, 2021.
- [39] 梁丽妮, 郭晓光, 廖星, 等. 适宜茶园套种的绿肥型油菜资源筛选及初步应用 [J]. 中国油料作物学报, 2019, 41 (6): 825-834.
- [40] 张永霞, 艾麦尔艾力·吐合提, 艾热提·托合提, 等. 果园套种绿肥油菜早春顶凌播种技术要点 [J]. 新疆农垦科技, 2020, 43 (10): 22-23.
- [41] 张垚, 葛均筑, 周广生, 等. 播期对饲用油菜鲜草产量和品质的调控研究 [J]. 中国油料作物学报, 2021, 43 (5): 851-858.
- [42] 陆志峰, 鲁剑巍, 任涛, 等. 播期对‘中双11号’油菜干物质和养分积累的影响 [J]. 中国农学通报, 2014, 30 (6): 140-147.
- [43] 王治雄, 李逸龙, 张珍, 等. 不同播期对不同绿肥品种产量的影响 [J]. 上海农业科技, 2020 (1): 86-87, 93.
- [44] 胡敏, 李小坤, 王振, 等. 播期对油菜绿肥生物量及养分积累的影响 [J]. 湖北农业科学, 2017, 56 (4): 657-660.
- [45] 杨文元. 古浪县小麦收后复种饲用油菜播期试验初报 [J]. 甘肃农业科技, 2008 (8): 22-23.
- [46] 刘明, 肖佳雷, 李炜, 等. 不同播期对北方寒地麦后复种饲料油菜产量和品质的影响 [J]. 安徽农业科学, 2014, 42 (36): 12933-12934.
- [47] 林竹根, 李剑峰. 有机茶园套种油菜效果初探 [J]. 福建茶叶, 2015, 37 (3): 16-17.
- [48] 蒋美艳, 李秋红, 李延莉, 等. 播种量和播种期对上海绿肥油菜生物产量及养分积累的影响 [J]. 上海农业学报, 2021, 37 (1): 35-38.
- [49] 胡敏, 鲁剑巍, 王振, 等. 晚播油菜绿肥适宜播种量研究 [J]. 作物杂志, 2016 (6): 120-123.
- [50] 魏子齐. 施氮量与播种量对麦后复种饲料 (绿肥) 油菜产量及品质的影响 [D]. 银川: 宁夏大学, 2019.
- [51] 杨文元, 李腾飞, 董博, 等. 播量对麦后复种油菜生物产量及耕层土壤养分的影响 [J]. 西北农业学报, 2017, 26 (4): 583-587.
- [52] 陈晓芬, 张路平, 秦文婧, 等. 红壤旱地上4种冬绿肥适宜播种量研究 [J]. 草业学报, 2021, 30 (10): 137-146.
- [53] 付永强, 袁新琳, 李佼, 等. 早春顶凌播种绿肥油菜适宜播种量研究 [J]. 新疆农业科技, 2021 (1): 15-16.
- [54] 赵慧娟. 油菜作为绿肥的栽培技术与田间肥效试验研究 [D]. 武汉: 华中农业大学, 2014.
- [55] 胡敏, 周江霞, 李小坤, 等. 施肥量对油菜绿肥生物量及养分积累的影响 [J]. 湖北农业科学, 2017, 56 (11): 2028-2030.
- [56] 周雨亭, 田贵生, 游江峰, 等. 绿肥油菜施肥效应及适宜肥料用量研究 [J]. 湖北农业科学, 2020, 59 (24): 45-47.
- [57] 刘署艳, 张琳, 郭志明, 等. 油菜绿肥生产应用与栽培技术要点 [J]. 农业科技通讯, 2018 (7): 299-301.
- [58] 张宏, 曾雄, 李建业. 绿肥油菜林下套种技术要点 [J]. 农村科技, 2019 (6): 10-11.
- [59] 叶新华. 林下套种绿肥油菜栽培技术 [J]. 农村科技, 2017 (1): 14-15.
- [60] 王惠萍, 康银孝, 郭红艳, 等. 渭北旱塬夏闲地油菜绿肥种植意义与技术 [J]. 科学种养, 2014 (7): 36.
- [61] 孙亚斌, 胡发龙, 韩梅, 等. 麦后复种绿肥模式与施氮制度对土壤氮素及小麦产量的互作效应 [J]. 甘肃农业大学学报, 2022, 57 (4): 57-64, 74.
- [62] DB15/T 1910—2020. 河套灌区麦后复种饲用 (绿肥) 油菜技术规程 [S].
- [63] 陶云彬, 刘晓霞. 紫云英、油菜长期混播还田的作物增产和土壤培肥效应 [J]. 浙江农业科学, 2019, 60 (12): 2206-2208.
- [64] 李萍, 杨滨娟, 张鹏, 等. 紫云英与油菜混播对双季稻产量、植株干物质及氮素吸收利用的影响 [J]. 江西农业大学学报, 2020, 42 (2): 219-228.
- [65] 蒋美艳, 李延莉, 江建霞, 等. 不同播期和配比对油菜与紫云英混播绿肥生物量及养分积累的影响 [J]. 上海农业科技, 2020 (2): 13-15.
- [66] 苏港, 王怡针, 葛均筑, 等. 绿肥油菜还田时期对不同施氮量下春玉米产量和土壤养分的影响 [J]. 华北农学报,



- 2022, 37 (2): 121-131.
- [67] 王怡针. 绿肥油菜还田时期和施氮量对玉米生长及氮肥利用的影响 [D]. 天津: 天津农学院, 2021.
- [68] 高晶, 常冬梅, 李娜敬, 等. 季节性休耕试点区域绿肥冬油菜——玉米种植模式研究 [J]. 基层农技推广, 2019, 7 (8): 82-84.
- [69] 奚柏龙, 党军政, 马哲. 冬油菜翻压量对烟田土壤性状及烤烟品质的影响 [J]. 现代农业科技, 2013 (3): 14-16.
- [70] 周德平, 吴淑杭, 褚长彬, 等. 油菜绿肥还田对后茬水稻产量、稻田土壤理化性状及微生物的影响 [J]. 上海农业学报, 2020, 36 (5): 68-73.
- [71] 许晖, 陈文辉, 吴芸紫, 等. 油菜还田对机插中稻植株生物量及产量的影响 [J]. 湖北农业科学, 2018, 57 (16): 27-29.
- [72] 杨旭燕, 何玲, 何文寿. 绿肥油菜翻压还田对土壤肥力及玉米产量的影响试验 [J]. 吉林农业, 2019 (3): 56-57.
- [73] 卢彬, 刘鲜艳, 吴婉莉, 等. 苹果园套种油菜绿肥试验研究 [J]. 陕西农业科学, 2017, 63 (8): 53-57.
- [74] 朱吉凤, 蒋美艳, 曹黎明, 等. 油菜作绿肥还田利于水稻生长和产量提高 [J/OL]. 分子植物育种: 1-7.
- [75] 张盛南, 汪波, 张一为, 等. 复种绿肥油菜还田对青贮玉米农艺性状、产量及土壤养分的影响 [J]. 天津农业科学, 2022, 28 (4): 21-24, 30.
- [76] 惠荣奎, 邓力超, 李莓. 绿肥油菜油肥 1 号对土壤养分和鲜食玉米产量的影响 [J]. 湖南农业科学, 2018 (3): 36-38.
- [77] 崔济安, 朱龙粉, 李志鹏, 等. 高硫芥菜型油菜秸秆还田对后茬水稻病害防治效果试验简报 [J]. 上海农业科技, 2020 (5): 139-141.
- [78] 王萌, 解红娥, 王凌云, 等. 高硫甘油菜对甘薯茎线虫病的防治效果 [J]. 江苏农业科学, 2022, 50 (11): 119-123.
- [79] 秦璐, 廖祥生, 郑元本, 等. 绿肥油菜新品种中油肥 1 号的选育与应用 [J]. 湖北农业科学, 2021, 60 (19): 30-33, 38.
- [80] 秦璐, 韩配配, 常海滨, 等. 甘蓝型油菜耐低氮种质筛选及绿肥应用潜力评价 [J]. 作物学报, 2022, 48 (6): 1488-1501.
- [81] 张达斌, 黄文凤, 惠蕾, 等. PEG 胁迫下旱地油菜绿肥苗期抗旱性筛选和评价 [J]. 植物营养与肥料学报, 2022, 28 (1): 168-180.

Research progress of rape green manure in China

LIU Chen¹, WANG Wei-ni², LIAO Shi-peng¹, REN Tao¹, LU Jian-wei^{1*} [1. College of Resources and Environment, Huazhong Agricultural University/Key Laboratory of Arable Land Conservation (Middle and Lower Reaches of Yangtze River) in Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Wuhan Hubei 430070; 2. Ordos Agricultural & Animal Husbandry Ecology and Resource Protection Center, Ordos Inner Mongolia 017010]

Abstract: Rape has the advantages of wide adaptation area, strong stress resistance, low production cost, large biomass, high nutrient contents and easy decomposition after returning to fields. At the same time, there are a large number of fallow fields in winter and autumn in the north and south of China, which has great potential for developing the production and utilization of rape green manure. Based on the research literatures, this paper summarized and discussed the improvement of soil physical and chemical properties, ecological benefits, fertilizer reduction and efficiency increase, and key planting and utilization technologies of rape green manure, which could provide reference for the popularization and application of rape green manure.

Key words: green manure; soil improvement; green manure varieties; sowing date; seed rate