

中国油菜的生产及平衡施肥效果和技术简介

陈防^{1,2} 张过师^{1,2}

(1. 国际植物营养研究所武汉办事处, 武汉, 430074; 2. 中国科学院武汉植物园, 武汉, 430074)

一 油菜生产的基本情况

油菜 (*Brassica L*) 是十字花科芸薹属一年生或二年生直根系草本植物, 茎直立, 分枝较少, 一般株高 30–90 厘米, 部分现代栽培种的株高可达 2 米。总状无限花序, 着生于主茎或分枝顶端; 花黄色, 花瓣 4 片, 为典型十字形; 长角果条形, 长 3–8 厘米, 宽 2–3 毫米; 种子球形, 紫褐色。油菜是粮食作物的良好前作, 在农作物轮作复种中 (特别是水旱轮作中) 占有重要地位^[1]。油菜根系能分泌有机酸, 可溶解土壤粘土矿物中难以溶解的磷、钾等矿物质元素, 提高其生物有效性。油菜根、茎、叶、花、果壳等组织含有丰富的氮磷钾等营养元素, 生长后期大量落花落叶以及收获后的残茬和秸秆还田, 能有效保持土壤肥力。

油菜是中国乃至世界的主要农作物和油料作物之一, 经济价值较高。油菜籽除榨油外, 其饼粕可作饲料、肥料。油菜亦可作绿肥和新垦荒地、盐碱地、休闲地等的先锋作物, 还可以根据不同用途作为能源作物、青饲料作物、蔬菜作物、景观作物来栽培。此外, 油菜花器多, 花期长, 具有蜜腺, 是良好的蜜源植物, 可以养蜂。芥菜型油菜的种子既可以制作芥末, 也是芳香料的重要来源之一。

一般认为油菜有两个起源中心, 白菜型油菜和芥菜型油菜的起源中心主要在中国和印度, 白菜型油菜在中国古代称为芸薹、胡菜; 甘蓝型油菜的起源中心在欧洲, 20 世纪 30–40 年代, 甘蓝型油菜由朝鲜、日本引入中国。世界上种植油菜最多的地区在亚洲、欧洲、北美洲, 种植油菜最少的地区在南美洲和非洲, 亚洲和欧洲的油菜产量占全世界的 78%。

虽然油菜在中国已有三千多年的种植历史, 但生产迅速发展阶段始于二十世纪八十年代, 1999 年起我国成为世界上最大的油菜生产国, 近年来油菜年种植面积达 700 万公顷, 年产量达 1000 万吨, 油菜总产和播种面积均占世界的 30%。中国油菜产区分布广泛, 目前除北京、天津、辽宁和海南外, 其余 27 个省区市均有种植。油菜生长期不同, 可分为春油菜和冬油菜两大产区。我国六盘山以东和延河以南、太岳山以东为冬油菜区, 六盘山以西和延河

以北、太岳山以西为春油菜区。从种植面积和总产量来看, 我国油菜生产以冬油菜为主^[2]。

按其农艺性状, 油菜可分为白菜型油菜、芥菜型油菜和甘蓝型油菜三个类型。我国的油菜种植目前以甘蓝型油菜为主, 约占总面积的 70% 以上。甘蓝型油菜 (*Brassica napus L.*) 又称洋油菜、黑油菜, 其特点是株型较高大、子叶肾脏形, 基叶椭圆、半抱茎, 分枝部位中等、花瓣较大、角果大、种子大。分枝多、角果大, 种子无辛辣味; 适应高肥力条件、生长旺盛、增产潜力大、生育期长, 为目前中国长江流域主要栽培品种类型。春油菜生育期一般 80–130 天, 冬油菜生育期一般 160–280 天。目前中国油菜籽单产平均约 120 公斤/亩, 油菜籽含油率 39%–42%, 出油率为 35% 左右; 含蛋白质 25%、芥酸 45%–48%。双低油菜品种的芥酸含量一般在 1% 以下、硫甙的含量也较低^[1, 3]。

二 油菜的营养特性和养分管理存在的问题

油菜的一生可划分为发芽出苗期、苗期、现蕾抽薹期、开花期和角果发育期等五个主要生育阶段, 不同生育阶段的生育特点和对环境条件的要求各不相同。油菜在土壤 pH 值 3.5–7.4 的条件下种子均能正常萌发生长, 以 pH5.9 为佳。它需肥较多, 氮和钾的需要量是谷类作物的 3 倍, 磷的需要量是谷类作物的 3.5 倍, 对钙和硼的吸收量也大大超过其他作物, 缺硼容易造成落花、落角果, 花而不实。因此, 栽培油菜要求土层深厚, 土壤肥沃, 排灌和通气条件良好。油菜的不同品种、不同生育期、不同部位的适宜养分含量有所不同, 但总体上有一个适宜的范围, 一般 N 含量为 3.5–5.5%, P 为 0.3–0.7%, K 为 2–5%, Mg 为 0.15–0.6%, Ca 为 1–2%, S 为 0.5–0.6%, Fe 为 50–150 毫克公斤, Mn 为 20–250 毫克公斤, Zn 为 25–70 毫克公斤, Cu 为 4–25 毫克公斤, B 为 20–60 毫克公斤, Mo 为 0.3–1 毫克公斤^[4-6]。甘蓝型油菜每形成 100 公斤油菜籽, 需要吸收 N 10 公斤、P 3.9 公斤、K 11.5 公斤。白菜型油菜每形成 100 公斤油菜籽, 需要

吸收 N 6 公斤、P 2.4 公斤、K 5.6 公斤。一般中等以上产量的油菜其吸收 N、P 和 K 的比例大约为 1 : 0.4 : 1.2^[7-8]。

目前我国油菜养分管理上存在的主要问题有：①有机肥料用量偏低、商品肥料养分间比例不协调；②养分管理技术的更新跟不上品种更新（缺少高产条件下现行推广品种的养分吸收规律）和种植技术发展的需要（缺少机械播种配套施肥技术、缺少免耕种植配套施肥技术）；③缺乏不同轮作体系的肥料运筹和土壤培肥技术；④缺少必要的技术规程（施肥指标技术体系），油菜施肥中的盲目性和随意性较大，投入的肥料利用效率较低，由于氮磷肥的流失造成的面源污染风险较大。长江流域是我国冬油菜主产区，其面积和产量分别占全国的 80% 和 85%，该区土壤肥力状况和养分循环有其独特性，主要表现在：①耕地复种指数较高，作物收获从耕地中带走的养分多；②耕地养分的自然补充少，主要靠大量施用商品化肥；③该区域降雨充沛但全年雨量分布不均匀，雨季土壤养分流失量大，农业面源污染风险较大；④经过多年的集约化种植和不尽合理的施肥习惯，耕地不同养分间肥力水平不平衡，常表现单个或多个养分的缺乏症状，在油菜生产上常见的有缺磷、缺钾、缺硼等症^[9]。

三 IPNI 中国项目油菜平衡施肥效果

自 1982 年开始至今，国际植物营养研究所（IPNI）及其前身国际钾磷研究所 / 加拿大钾磷研究所（PPI / PPIC）中国项目部在全国范围的研究与技术示范合作项目中开展了 500 余个油菜平衡施肥田间试验，较全面地研究了平衡施肥对主产区油菜生产的影响和效果，建立了全国油菜试验数据库，并通过田间示范田、技术培训和新闻媒体等不同形式进行了大面积的技术示范和推广。根据国际植物营养研究所（IPNI）东南地区合作研究项目田间试验、示范、调查和中国农业年鉴的统计数据显示，目前我国南方地区油菜产量一般可以达到 133.3 公斤 / 亩。在长江流域油菜主产区多年多点的试验研究结果表明，最近四十年来，我国冬油菜主产区土壤除 pH 值由 6.6 下降为 6.4 外，其他土壤肥力指标如有机质含量，有效氮含量，有效磷含量，有效钾含量和有效硼含量都有不同程度上升。每年的残茬量随着油菜产量的增加而增加，最高可达 267 公斤 / 亩，这是同期土壤有机质提升的主要原因之一。由于施用硼肥已成为油菜栽培的主要施肥措施，它也直接提升了土壤有效硼的含量水平。虽然目前长江流域油菜田土壤肥力水平比上世纪的 1960 年代和 1980 年代有所

上升，但土壤 N、P、K、B 缺乏的现象仍然很常见，其主要原因是施肥不合理以及集约化生产提高了油菜对土壤的缺素临界指标。这些前期的研究结果为目前进一步实施 IPNI 的 4R 养分管理策略和应用开发油菜养分管理专家系统（Nutrient Expert[®]）打下了良好基础。

研究表明，如果我们以 90% 最高产量条件下的土壤有效养分含量为标准，则推荐以 160 毫克 N / 公斤，25 毫克 P / 公斤，135 毫克 K / 公斤 和 0.6 毫克 B / 公斤作为这几种有效养分的土壤临界值。以此临界值为标准，长江流域油菜主产区土壤 N、P、K 和 B 缺素的面积分别达 95%、89%、79% 和 87%。比较合理的养分管理提高了油菜的产量和品质，估计 55% 的增产来自于近年实施的平衡施肥技术。根据 2001 - 2011 年 IPNI 中国项目在我国南方地区 8 个省的 93 个油菜氮肥试验，106 个磷肥试验和 110 个钾肥试验的统计结果表明：油菜施氮处理平均产量为 145 公斤 / 亩，比不施氮处理增产 80.2%，氮肥农学效率（AE）为 4.89 公斤 / 公斤 N；施磷处理平均产量为 145 公斤 / 亩，比不施磷处理增产 30.4%，磷肥农学效率为 5.64 公斤 / 公斤 P₂O₅；施钾处理平均产量为 149 公斤 / 亩，比不施钾处理增产 13%，钾肥农学效率为 2.21 公斤 / 公斤 K₂O。总的来看氮肥的效果好于磷肥，磷肥的效果好于钾肥，平衡施肥处理产量比习惯施肥明显提高^[10-11]。

从施肥的经济效益来看，2001 - 2010 年的十年期间肥料市场上商品化肥的平均价格也有明显的上涨，以纯养分计算，其中 N 平均价格上升了 48.1%，P₂O₅ 平均价格上升了 75%，K₂O 平均价格上升了 236.8%。十年中肥料价格的上涨幅度大于油菜产品价格的上涨幅度，更是显著大于油菜产量的增加幅度。但由于产品价格对种植业纯收益的影响比较大，因此产品价格的大幅上升，是在抵消了肥料价格上涨带来的效益下降之后，还使同期油菜纯收益上升了 100 - 412.3%^[12]。

四 油菜平衡施肥的策略与技术

通过对土壤有效养分的分析测定，可以为油菜施肥提供较可靠的参考。例如，土壤钾的测试新方法及其评价指标研究结果表明，在目前常用的 9 种土壤速效钾提取分析方法中，比较易于操作、代表性好的方法为：HNO₃ 0.5 摩尔 / 升提取 30 分钟，火焰光度法测定。这种方法在水稻和小麦上都表现出了作物吸钾与其他钾素评价因子之间较好的相关性，更适宜用来表示土壤有效钾含量。表 1、2 和表 3 举例列出了长江流域土壤有效氮和有效钾的分级指

表 1 长江流域土壤速效氮分级及油菜氮肥用量推荐

产量水平 (公斤/亩)	肥力 等级	速效 N (毫克/公斤)	N 用量 (公斤/亩)
150	极低	<60	11.3
	低	60-110	9
	中	110-160	7.5
	高	160-200	6
250	极高	>200	4.5
	极低	<60	21.1
	低	60-110	16.9
	中	110-160	14.1
	高	160-200	11.3
	极高	>200	8.4

表 2 长江流域土壤有效磷分级及油菜磷肥用量推荐

产量水平 (公斤/亩)	肥力 等级	有效 P (毫克/公斤)	P ₂ O ₅ 用量 (公斤/亩)
150	极低	<5	8
	低	5-10	6
	中	10-20	4.7
	高	>20	3
250	极高	<5	12
	低	5-10	10
	中	10-20	7
	高	>20	5

表 3 长江流域土壤速效钾分级及油菜钾肥用量推荐

产量水平 (公斤/亩)	肥力 等级	有效 P (毫克/公斤)	P ₂ O ₅ 用量 (公斤/亩)
150	低	26-60	10.1
	中	60-135	6
	高	135-180	4
	极高	>180	2
250	低	26-60	18.8
	中	60-135	11.3
	高	135-180	7.7
	极高	>180	4

标和油菜推荐施肥量^[10-11]。

油菜施肥时要注意施足底肥、早施提苗肥、重视腊肥、看苗施基肥、花期进行根外追肥，以保证各生育期对营养的要求。应结合土壤化验结果保持平衡施用氮、磷、钾、硼肥，建议肥料开沟深施及分次施用（包括苗床肥、基肥、苗肥、基肥、花肥），有条件的可以施用农家肥或商品有机肥，也可以覆盖稻草 400 公斤/亩左右。当土壤 pH 值小于 5.5 时，可施用石灰 50-100 公斤/亩。目前长江流域地区一般每亩推荐施用 N 10-12 公斤/亩，P₂O₅ 4-6 公斤/亩，K₂O 8-10 公斤/亩，硼砂 1-2 公斤/亩。一般用 40%-50% 的氮肥、全部磷肥、钾肥和有机肥作基肥，如土壤质地较轻，建议用 30-40% 的钾肥作追肥。苗肥在定苗后施用，占氮肥追肥量的 50%。基肥在抽基前施用，占氮肥追肥量的 40%-50%。花肥一般情况下可以不施。如要施用，则多用于高产田或后期有脱肥现象的地块。宜在初花期施用，过迟则容易引起贪青晚熟，其施肥量占氮肥追肥量的 10% 左右。使用缓控释氮肥时，肥料可以全部基施，氮肥总用量可以减少 20% 左右。油菜对硼反应敏感，缺硼容易造成茎秆开裂、落花、落荚，花而不实。一般情况下，当土壤有效硼含量小于 0.5 毫克/公斤时，就应该施用硼肥^[7, 9]。

目前国际植物营养研究所中国项目正在全国范围内开发推广油菜养分管理专家系统（Nutrient Expert[®]），该系统是在遵循 4R 养分管理策略的前提下，以经过实际验证的数学模型和计算机程序为手段，以大量的自然环境背景资料和当地作物种植的关键数据为基础，充分考虑和利用土壤本身的肥力条件和养分资源、作物类型、轮作制度及肥料的种类，在作物需要时给予施肥推荐的一种作物养分管理专家系统，具有与作物反应的相关性好、操作简便、及时，价格低廉、可利用网络进行推荐施肥等优点，已在世界的许多国家和我国许多地区进行推广。

参考文献

- [1] 中国农业百科全书编辑委员会编 [M]. 中国农业百科全书—农作物卷. 北京: 中国农业出版社, 1991.
- [2] 中国农业年鉴编辑委员会编. 中国农业年鉴 [J]. 北京: 中国农业出版社, 2002–2011.
- [3] 邹娟, 鲁剑巍, 李银水, 等. 氮、磷、钾、硼肥对甘蓝型油菜籽品质的影响 [J]. 植物营养与肥料学报, 14(5):961–968.
- [4] 刘冬碧, 熊桂云, 张继铭, 等. 湖北省粮食主产区土壤养分的空间变异性研究 [J]. 湖北农业科学, 2007, 46(6):904–907.
- [5] 鲁剑巍, 陈防, 刘冬碧, 等. 成土母质及土壤质地对油菜施钾效果的研究 [J]. 湖北农业科学, 2001, (6), 42–43.
- [6] 邹娟, 鲁剑巍, 陈防, 等. 我国冬油菜区土壤肥力变化及施肥效果演变 [J]. 中国油料作物学报, 2011, 33(3):275–279.
- [7] 邹娟, 鲁剑巍, 陈防, 等. 氮磷钾硼肥施用对长江流域油菜产量及经济效益的影响 [J]. 作物学报, 2009, 35(1):87–92.
- [8] 陈防, 郑圣先. 我国南方作物高效施钾技术的研究进展 [J]. 土壤肥料, 2004, (6):28–32.
- [9] 鲁剑巍, 陈防, 刘冬碧, 等. 根据土壤速效钾确定油菜钾肥推荐用量的研究 [J]. 湖北农业科学, 2001, (5), 46–48.
- [10] 邹娟, 鲁剑巍, 陈防, 等. 基于 ASI 法的长江流域冬油菜区土壤有效磷、钾、硼丰缺指标研究 [J]. 中国农业科学, 2009, 42(6):2028–2033.
- [11] 陈防, 张过师. 中国东南地区水稻和油菜化肥施用的产量和效益分析 [J]. 中国农学通报, 2014, 30(21):141–144.