

浙江省油菜施肥效应的土壤类型和区域差异分析

王 强¹ 姜丽娜¹ 单英杰² 符建荣¹ 马军伟¹
叶 静¹ 俞巧刚¹ 孙万春¹ 邹 平¹

(1. 浙江省农业科学院 环境资源与土壤肥料研究所, 浙江 杭州 310021;

2. 浙江省土肥站, 浙江 杭州 310029)



摘要: 本文在汇总浙江省近年来油菜施肥效应试验的基础上, 分析了浙江省油菜施肥效应的土壤类型和区域性差异。结果表明: 全省油菜试验中 -N 区和 -P 区油菜平均产量仅分别为 OPT 处理产量的 52.5% 和 73.8%, 油菜施 N 和施 P 增产效应明显, -K 区油菜平均产量为 OPT 处理平均产量的 95.1%, 施 K 效应不显著, N 是目前浙江省油菜栽培中主要的土壤养分限制因子, P 是次于 N 的土壤养分限制因子, K 不成为土壤养分限制因子; 不同土壤类型间的基础肥力为粉泥田、青粉泥田、汀煞白土田 > 黄筋泥田、青紫泥田 > 洪积泥沙田、黄泥砂田, 油菜产量随土壤基础肥力的提高而增加, 而施肥效应则随着土壤基础肥力的提高而降低; 受土壤类型区域性分布及不同区域间长期施肥差异的影响, 浙江省土壤肥力、油菜产量及施肥效应均表现出明显的区域性差异, 水网平原区土壤基础肥力、油菜产量均高于丘陵山地, 而施肥增产率和单位肥料增产效应则低于丘陵山地。浙江省油菜施肥应根据不同区域肥力状况合理施肥, 其中水网平原区应控制氮肥用量, 提高施肥效应, 丘陵山地区则应提高施肥水平, 提高油菜产量。

关键词: 油菜; 施肥; 土壤类型; 水网平原; 丘陵

油菜是浙江省主要油料作物, 2008 年种植面积为 250.5 万亩, 占油料作物在作物种植面积的 90% 以上^[1], 提高油菜产量和品质对确保浙江省油料供应十分重要。合理施肥是油菜增产的重要措施, 但油菜合理施肥技术除了考虑不同油菜品种的营养需求特性外^[2], 土壤基础肥力状况也直接影响着油菜的施肥量^[3]。土壤类型和土壤基础肥力间往往有良好的相关性^[4], 但由

于土壤类型多样, 同一地区往往存在多种不同的土壤类型, 因而难以根据土壤类型进行有针对性的施肥指导。

浙江省地貌类型多样, 从浙北到浙南由水网平原逐渐向山区变化, 油菜主产区分布在浙北平原和浙中丘陵盆地区。不同区域间土壤类型具有明显的差异, 而且由于气候、降雨量及农事操作等方面的区域性特征导致区域内土壤肥力具

国际植物营养研究所 IPNI 项目资助, 国家支撑项目课题 (2008BADA4B08)。

通讯作者: E-mail: jln@mail.hz.zj.cn

作者简介: 王强 (1979-03), 男, 浙江江山人, 植物营养学硕士, 助理研究员, 研究方向: 新型肥料研制及高效施肥技术研究。E-mail: qwang0571@126.com, Tel: 0571-86404385

有一定的相似性，因此根据不同区域的土壤肥力特点进行有针对性的施肥指导更具有现实意义。本文通过汇总浙江省近年来进行的油菜施肥试验，分析了浙江省不同土壤类型、水网平原区和丘陵山地等不同区域土壤肥力的差异及油菜的施肥效应，提出不同区域油菜高效施肥策略，为浙江省油菜高产高效提供技术支撑。

1 材料与方 法

1.1 田间试验

选择浙江省 2006_2010 年各油菜主产区布置的 32 个油菜施肥效应试验。试验的油菜品种以浙双 72 为主，还包括宁油、秦优及 9213 系等油菜品种。试验均为育苗移栽，前茬作物为水稻。试验采用“3414”试验（包括部分实施“3414”试验）和肥料用量综合试验方案，与本文相关的试验处理包括 OPT（最佳施肥量）、-N、-P、-K 等处理。各地采用的最佳施肥量预设值根据当地土壤状况有所不同，施肥时期一般分基肥、腊肥和薹肥。

1.2 土壤测试

试验前采集基础土样进行测定，有机质采用油浴加热重铬酸钾氧化容量法，pH 采用土水比 1:2.5 电位法测定，全氮采用凯氏蒸馏法测定，碱解氮采用碱解扩散法，有效磷用碳酸氢钠浸提—钼锑抗比色法测定，速效钾采用乙酸铵浸提—火焰光度计法测定。

1.3 指标计算方法

试验中相对产量 (%) = 缺素区产

量 / OPT 处理产量 × 100%；施肥增产 (公斤 / 亩) = OPT 处理产量 - 缺素区产量；施肥增产率 (%) = (OPT 处理产量 - 缺素区产量) / 缺素区产量 × 100%；单位肥料增产 (公斤 / 公斤) = (OPT 处理产量 - 缺素区产量) / 施肥量。

2 结果与分析

2.1 不同区域土壤基础养分含量差异

浙江省水网平原区和丘陵山地由于土壤类型和长期习惯施肥的不同，导致不同区域间土壤肥力具有一定的差异。将油菜试验中基础养分含量按水网平原和丘陵山地进行汇总分析（表 1），其中水网平原区包括粉泥田、青粉泥田、青紫泥田、汀煞白土田等土壤类型，丘陵山地包括黄筋泥田、红紫泥砂田等土壤类型。结果表明水网平原区土壤基础肥力总体优于丘陵山地。水网平原区土壤 pH 值平均为 6.2，高于丘陵山地而趋于中性，土壤有机质和全氮含量分别为 37.7 克 / 千克和 2.2 克 / 千克，也高于丘陵山地。速效养分中碱解氮和速效钾含量高于丘陵山地，而速效磷含量则低于丘陵山地。



表1 浙江省不同区域土壤基础养分含量

区域	水网平原 (n=11)	丘陵山地 (n=9)
pH	6.2 (5.7~7.1)	5.3 (4.7~5.9)
有机质 (克 / 千克)	37.7 (24.4~49.2)	35.0 (23.4~40.8)
全氮 (克 / 千克)	2.2 (1.32~2.6)	1.6 (0.8~2.2)
碱解氮 (毫克 / 千克)	185.2 (171.8~193.4)	166.4 (162.3~184.7)
有效磷 (毫克 / 千克)	16.4 (8.5~34.59)	36.4 (9.4~62.37)
速效钾 (毫克 / 千克)	93.9 (65.2~123.9)	72.3 (50.0~162.2)
土壤类型	粉泥田、青粉泥田、青紫泥田、汀煞白土田	黄筋泥田、洪积泥沙田

2.2 不同土壤类型及区域间土壤基础肥力差异

土壤基础肥力是油菜施肥量的重要参考依据, 试验中常用缺素处理的相对产量来反映土壤供应作物氮、磷、钾等营养元素的能力。32个田间试验缺素区产量分析结果表明(表2), 浙江省不同区域油菜生产的氮、磷、钾供应能力有明显的差异。全省试验中-N区和-P区平均产量分别为81.5公斤/亩和117.6公斤/亩, 分别占OPT处理产量的52.5%和73.8%, 表明N是目前浙江省主要的土壤养分限制因子, P是次于N的土壤养分限制因子。-K区全省平均产量为146.8公斤/亩, 占OPT处理平均产量的95.1%, K在部分地区不成为现阶段的土壤养分限制因子。

不同土壤类型间养分的供应能力也有较大的差异。试验中包括了浙江省的7种主要水稻土类型, 其中粉泥田、青粉泥田和汀煞白土田表现出较好的供氮能力, -N区产量在101.0公斤/亩~150.1公斤/亩, 占OPT处理产量的55%~79.3%, 其次是黄筋泥田和青紫泥田, -N

区产量分别为80.2公斤/亩和80.7公斤/亩, 而洪积泥沙田和黄泥砂田的供氮能力较低。不同土壤类型间P和K供应能力的差异与N相似, 但黄泥砂田-P处理平均产量为103.7公斤/亩, 洪积泥沙田-K处理平均产量为152.7公斤/亩, 均超过了青紫泥田, 分别表现出较好的P素和K素供应能力。综合不同土壤类型的氮、磷、钾供应能力, 浙江省油菜主产区不同土壤类型间的基础肥力为粉泥田、青粉泥田、汀煞白土田>黄筋泥田、青紫泥田>洪积泥沙田、黄泥砂田。

浙江省油菜主产区土壤基础肥力还表现出明显的区域效应(表2)。浙江省北部杭嘉湖平原和宁绍平原的绍兴、嘉兴、湖州等地区长期以来是浙江省主要的粮食生产基地, 农田设施及水利灌溉完善, 施肥量高, 因此土壤基础肥力也较好。水网平原区缺素区油菜产量均高于浙中丘陵山地和全省平均产量。其中-N处理平均产量为100.5公斤/亩, 比丘陵山地高出59.8%, -P和-K处理平均产量分别为130.2公斤/亩和157.0公斤/亩, 也明显高于丘陵山地。浙江省土壤基础肥力的区域性差异, 除受灌溉、施肥及农事操

作等因素的影响外,还受到土壤类型区域性分布的影响。不同土壤类型基础肥力差异分析表明,粉泥田、青粉泥田和汀煞白土田等肥力较好的土壤类型主要分布在绍兴、嘉兴及湖州等

水网平原区,而洪积泥沙田和黄泥砂田土壤基础肥力较差的土壤则主要分布在临安、金华及龙泉等丘陵山地。

表2 浙江省不同土壤类型及种植区域土壤基础肥力差异

土壤类型	试验地点	试验 点数	-N		-P		-K	
			产量	相对产量	产量	相对产量	产量	相对产量
			(公斤/亩)	(%)	(公斤/亩)	(%)	(公斤/亩)	(%)
洪积泥沙田	临安	2	32.5	21.4	53.2	35.4	152.7	101.2
黄筋泥	仙居、金华	7	80.2	48.0	113.9	66.5	149.8	91.5
黄泥砂田	富阳、龙泉	5	50.9	48.5	103.7	96.4	103.6	98.7
丘陵山地平均		14	62.9	44.4	101.6	72.7	133.8	95.4
粉泥田	绍兴、平湖	3	110.1	59.3	183.0	94.5	182.0	102.5
青粉泥田	平湖	3	150.1	79.3	176.8	90.6	197.4	91.6
青紫泥	长兴、嘉兴、绍兴	9	80.7	53.2	93.9	61.8	129.5	96.0
汀煞白土田	长兴	3	101.0	55.0	139.7	76.0	174.4	93.3
水网平原区平均		18	100.5	58.9	130.2	74.5	157.0	94.8
全省平均		32	81.5	52.5	117.6	73.8	146.8	95.1

2.3 不同土壤类型和区域间油菜施肥效应差异

油菜施肥的增产效应受土壤基础肥力的影响。N和P是浙江省油菜种植中主要的土壤养分限制因子,施N和施P均表现出良好的增产效应。试验中N肥和P肥的全省平均增产量分别为70.6公斤/亩和37.8公斤/亩,分别比-N和-P处理增加了132.6%和57.3%,而施K的全省平均增产量为8.5公斤/亩,仅比-K处理增加了11.2%(表3),相对于N和P增产效应明显较小。

良好的土壤基础肥力有利于提高油菜产量,但降低了施肥的增产效应。粉泥田、青粉泥田

和汀煞白土田等基础肥力较好的土壤中OPT处理产量达到了181.8公斤/亩~195.0公斤/亩,高于全省平均产量,但施N和施P的增产率仅分别为34.1%~88.8%和6.0%~38.2%。其次是黄筋泥田和青紫泥田,OPT处理产量分别为165.4公斤/亩和139.3公斤/亩,N肥和P肥的增产率则明显提高。洪积泥沙田和黄泥砂田由于土壤基础肥力较差,OPT处理油菜产量也较低,但施氮增产率分别为-N处理的384.2%和141.4%,洪积泥沙田施磷的增产百分率为208.8%,表现出了较好的增产效应。黄泥砂田由于土壤P供应潜力较好,施P增产率仅为4.9%。油菜K肥的增产效应较小,全省不同土壤K肥

表3 浙江省不同土壤类型和种植区域的施肥效

土壤类型	OPT 产量	施氮增产	施磷增产	施钾增产	施氮增产	施磷增产	施钾增产
		(公斤/亩)			(%)		
洪积泥沙田	151.1	118.6	98.0	-1.6	384.2	208.8	-1.4
黄筋泥	165.4	85.2	51.4	15.6	125.1	81.9	21.1
黄泥砂田	107.1	56.2	3.4	3.4	141.4	4.9	6.3
丘陵山地平均	142.5	79.6	40.9	8.8	167.9	72.5	12.6
粉泥田	190.1	80.0	10.9	-2.4	84.0	6.0	-1.2
青粉泥田	195.0	44.9	19.7	12.4	34.1	10.7	15.0
青紫泥	139.3	58.6	48.0	7.4	141.1	73.4	8.0
汀煞白土田	181.8	80.8	42.2	13.2	88.8	38.2	14.7
水网平原区平均	164.1	63.6	35.5	8.4	105.0	46.1	10.1
全省平均	155.4	70.6	37.8	8.5	132.6	57.3	11.2

注：不同土壤类型及试验点数同表2。

的平均增产效应在-2.4公斤/亩~15.6公斤/亩，增产百分率仅为-1.4%~21.1%。

浙江省油菜产量及施肥效应也表现出明显的区域特征。水网平原区土壤基础肥力优于丘陵山地，OPT处理平均产量为164.1公斤/亩，比丘陵山地高出15.1%。但丘陵山地表现出更好的施肥效应，氮肥和磷肥的增产量分别为79.6公斤/亩和40.9公斤/亩，增产率分别达到了167.9%和72.5%，钾肥效应较低，施钾增产量和增产率分别为8.8公斤/亩和12.6%。而水网平原区施肥增产量和增产率均低于丘陵山地，其中氮肥和磷肥的增产量分别为63.6公斤/亩和35.5公斤/亩，增产率分别为105.0%和46.1%，均低于丘陵山地和全省平均水平，钾肥的增产量及增产率也略低。

2.4 不同土壤类型和区域间单位肥料增产效应差异

单位肥料的增产效应除受到土壤肥力影响外，还受到施肥量的影响。全省试验中预设最佳施肥处理的氮肥平均施用量为15.9公斤/亩，单位N的平均增产效应为5.5公斤/公斤，磷肥和钾肥施用量分别为5.9公斤/亩和7.4公斤/亩，单位P和单位K的平均增产效应分别为7.2公斤/公斤和1.2公斤/公斤，不同肥料的增产效应为磷肥 > 氮肥 > 钾肥。

预设施肥量是当地农技部门根据当地土壤肥力及施肥效应，总结确定的较佳施肥量，不同土壤类型及不同区域间有较大的差异。不同土壤类型间施肥量和单位肥料的增产效应没有明显的规律性，但不同区域间则有明显的差异。洪积泥沙田、黄筋泥、黄泥砂田等属于丘陵山区的土壤施肥量总体较低，但单位肥料的增产效应则高

于水网平原区。根据水网平原和丘陵山地分别统计平均施肥量和单位肥料平均增产效应(表4),结果表明水网平原区氮肥和磷肥的施用量分别为16.6公斤/亩和6.5公斤/亩,分别比丘陵山

地高了11.4%和27.5%,但单位氮肥和磷肥的增产效应分别为4.1公斤/公斤和6.2公斤/公斤,低于丘陵山地。钾肥施用量略小于丘陵山地,单位钾的增产效应也小于丘陵山地。

表4 浙江省不同土壤类型和区域间单位肥料的增产效应

土壤类型	肥料施用量 (公斤/亩)			单位肥料增产 (公斤/公斤)		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
洪积泥沙田	15.5	5.5	7.5	7.7	18.3	-0.2
黄筋泥	9.5	4.7	7.7	9.0	11.4	2.6
黄泥砂田	22.2	5.5	9.2	4.9	0.7	0.4
丘陵山地平均	14.9	5.1	8.1	7.3	8.5	1.4
粉泥田	20.2	6.0	9.7	3.8	2.1	-0.6
青粉泥田	20.1	3.6	4.5	2.0	4.8	1.7
青紫泥	15.2	7.8	6.6	4.2	7.9	1.1
汀煞白土田	13.9	6.0	7.0	6.0	7.0	2.0
水网平原区平均	16.6	6.5	6.8	4.1	6.2	1.1
全省平均	15.9	5.9	7.4	5.5	7.2	1.2

2.5 浙双72施肥效应的区域差异

为了进一步明确不同种植区域对油菜产量的影响,以浙江省主栽品种浙双72为例,分析其在水网平原区和丘陵山地的增产效应(表5),结果表明浙双72在全省试验中的产量与施肥效应也表现出明显的区域效应。水网平原区OPT处理平均产量达到了171.9公斤/亩,比丘陵山地增加了33.5%。由于水网平原区土壤基础肥力较好,缺N处理相对产量为55.5%,施N增产量为70.7公斤/亩,均大于丘陵山地,但施N增产百分率和单位N增产量则略低。丘陵山地表现出更好的P肥增产效应,施P增产量和增产百分率均高于水网平原区。

3 结果与讨论

土壤对氮、磷、钾等营养元素的供应潜力是油菜合理施肥的重要依据^[5-6]。浙江省油菜试验中-N区和-P区全省油菜产量分别为81.5公斤/亩和117.6公斤/亩,仅占OPT处理产量的52.5%和73.8%,而施N和施P的平均增产量达到了70.6公斤/亩和37.8公斤/亩,表现出良好的增产效应。-K区平均产量为146.8公斤/亩,占OPT处理平均产量的95.1%,施K的全省平均增产量仅为8.5公斤/亩。表明浙江省油菜栽培中土壤养分供应不均衡,N和P是目前浙江省主要的土壤养分限制因子,K在部分地区

表5 浙双72在不同区域施肥的增产效应

试验 处理	产量		施肥增产量		施肥增产		单位肥料增产		缺素区相对	
	(公斤/亩)				(%)		(公斤/公斤)		产量 (%)	
	水网 平原	丘陵 山地	水网 平原	丘陵 山地	水网 平原	丘陵 山地	水网 平原	丘陵 山地	水网 平原	丘陵 山地
OPT	171.9	128.8	--	--	--	--	--	--	--	--
OPT-N	99.9	62.5	70.7	66.3	134.0	138.2	4.2	5.6	55.5	48.2
OPT-P	144.0	97.0	30.8	31.8	40.3	63.0	5.5	5.3	78.2	77.3
OPT-K	158.8	128.0	7.7	0.8	8.9	2.7	1.0	0.1	94.7	100.4

不成为土壤养分限制因子。因此应根据土壤养分供应状况，有针对性的施用氮肥和磷肥，而钾肥的用量可适当降低。

农业生产中由于土壤特性、地形地貌、作物种类、栽培管理技术及气候等因素的区域性特征致使同一区域的农民习惯施肥具有相似性，而不同区域间则具有较大的差别，进而导致土壤肥力的区域性差异。浙江省水网平原区土壤有机质、全氮及速效养分含量均普遍高于丘陵山地，试验中水网平原 OPT 处理产量及各缺素区油菜产量均高于丘陵山地。考虑到油菜品种对产量的影响，本文以浙江省主栽油菜品种浙双72为例，分析了其在水网平原区和丘陵山地的增产效应，也表现出相同的趋势。说明水网平原区土壤肥力普遍高于丘陵山地，可根据浙江省区域特征有针对性的指导油菜施肥。

不同土壤类型间由于成土母质及长期施肥的影响，土壤肥力具有较大的差异^[7]，但由于土壤类型的多样性，限制了其对全省油菜施肥指

导的效果。同时土壤类型表现出明显的区域性特点，其中粉泥田、青粉泥田和汀煞白土田等肥力较好的土壤类型主要分布在绍兴、嘉兴及湖州等水网平原区，而洪积泥沙田和黄泥砂田土壤基础肥力较差的土壤则主要分布在临安、金华及龙泉等丘陵山地。土壤类型的区域性分布为浙江省油菜区域性施肥提供了基础。

适宜的施肥量对于提高油菜产量及养分利用率，增加施肥的经济效益具有重要影响^[8]。但浙江省水网平原区和丘陵山地由于土壤基础肥力的差异，适宜施肥量及施肥增产效应间也有明显的差异。水网平原区氮肥和磷肥的施用量分别为16.6公斤/亩和6.5公斤/亩，分别比丘陵山地高了11.4%和27.5%，但单位氮肥和磷肥的增产效应则低于丘陵山地。因此有必要根据水网平原区和丘陵山地不同肥力状况，调整施肥量，水网平原区应控制氮肥用量，提高施肥效应，丘陵山地区则应提高施肥水平，提高油菜产量。

参考文献

- [1] 中国统计年鉴编委会. 中国统计年鉴(2009) [M]. 北京: 中国统计出版社, 2010.
- [2] 左青松, 唐瑶, 石剑飞, 等. 油菜不同产量类型品种氮素吸收与利用特性研究 [J]. 中国农学通报, 2009, 25(03): 117-121.
- [3] 单英杰, 姜丽娜, 王强, 等. 浙江省油菜主产区氮、磷、钾肥效应与土壤测试值关系 [J]. 浙江农业学报, 2010, 22(4): 495-501.
- [4] 刘文娜, 吴文良, 王秀斌, 等. 不同土壤类型和农业用地方式对土壤微生物量碳的影响 [J]. 植物营养与肥料学报, 2006, 12(3): 406-411.
- [5] 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.
- [6] 鲁艳红, 廖育林, 罗尊长, 等. 湖南省油菜施钾效应及土壤速效钾临界值研究 [J]. 作物研究, 2011, 25(1): 26-29.
- [7] 于寒青, 孙楠, 吕家珑, 等. 红壤地区三种母质土壤熟化过程中有机质的变化特征 [J]. 植物营养与肥料学报, 2010, 16(1): 92-98.
- [8] 宋小林, 刘强, 宋海星, 等. 密度和施肥量对油菜植株碳氮代谢主要产物及籽粒产量的影响 [J]. 西北农业学报, 2011, 20(1): 82-85.