

肥料运筹方式对冬油菜生长及产量的影响^①

王继玥¹, 宋海星^{1*}, 张玲¹, 张振华¹, 官春云², 荣湘民¹, 刘强¹

(¹ 湖南农业大学资源环境学院, 长沙 410128; ² 湖南农业大学油料作物研究所, 长沙 410128)

摘要: 以湘杂油 763 为供试材料, 研究了不同肥料运筹方式对冬油菜产量和部分农艺性状的影响。结果表明: 氮肥运筹方式对油菜生长的影响较大, 以基肥:苗肥:穗肥 = 5:2:3 处理的籽粒产量最高, 其次是基肥:苗肥:穗肥 = 6:2:2 处理, 基肥:苗肥:穗肥 = 10:0:0 处理的产量最低, 其差异达到了显著水平, 单株角果数、每角果粒数、绿叶数、茎粗、最大叶长和叶宽、叶片叶绿素含量等指标也有类似的变化趋势, 而氮肥运筹方式对千粒重的影响不显著。磷肥和钾肥运筹方式对油菜生长的影响较小, 在不同磷钾肥运筹方式下籽粒产量、产量构成因素、茎叶性状均没有显著差异。在本试验所设的 8 种处理中, 以氮肥的基肥:苗肥:穗肥 = 5:2:3、磷肥和钾肥的基肥:苗肥:穗肥 = 10:0:0 处理和氮肥的基肥:苗肥:穗肥 = 5:2:3、磷肥的基肥:苗肥:穗肥 = 6:2:2、钾肥的基肥:苗肥:穗肥 = 10:0:0 处理的籽粒产量并列最高。

关键词: 冬油菜; 施肥方式; 籽粒产量

中图分类号: S147.3

油菜是需肥较多的作物, 要实现高产、优质必须满足油菜对养分的需求。王伟妮等^[1]指出, 当前生产条件下, 与不施肥相比, 我国油菜、水稻、小麦和棉花平衡施用氮磷钾肥平均分别增产 1 438、2 269、2 200 和 1 617 kg/hm², 增产率分别为 173.7%、46.7%、109.8% 和 68.6%, 相对应的肥料对产量的贡献率分别为 56.2%、29.6%、48.6% 和 38.0%。显然, 与其他作物相比, 油菜施肥的重要性更加突出。但施肥过多或施肥方法不合理, 会导致肥料利用率下降而损失率升高, 造成环境污染和资源浪费。因此, 研究油菜合理施肥技术对油菜高产优质和节本环保均有重要意义。已有研究表明, 氮磷钾肥配合施用能明显提高油菜产量^[2-4]和改善油菜品质^[4-5], 氮磷钾三因素增产大小顺序为氮 > 钾 > 磷^[6]; 平衡施肥能够有效提高油菜的抗旱性, 在干旱而缺乏灌溉的情况下, 油菜的高产更加依赖于肥料的施用^[7]。油菜的施肥效果因品种^[8]、生态环境^[9]、耕作条件^[10]、种植密度^[11]、甚至养分施用次序^[12]不同而不同; 适宜的氮磷钾配比促进油菜养分吸收和干物质累积, 这是提高籽粒产量的前提^[13]。但是不同时期肥料运筹方式对油菜生长的影响方面目前研究报道较少。因此本试验以湖南省优质杂交油菜新品种湘杂油

763 为材料, 研究不同施肥时期肥料运筹对油菜产量和部分农艺性状的影响, 以期优化油菜施肥技术、实现油菜高效优质安全生产提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验在湖南省浏阳市永安镇进行, 供试土壤为第四纪红土发育的红黄泥, 其有机质、全氮、全磷、全钾、碱解氮、速效磷、速效钾、有效硼含量分别为 32.54 g/kg、0.784 g/kg、0.664 g/kg、31.944 g/kg、118.95 mg/kg、3.42 mg/kg、57.84 mg/kg、0.17 mg/kg。供试油菜品种为湘杂油 763, 供试肥料为尿素 (N 46%)、钙镁磷肥 (P₂O₅ 12%)、氯化钾 (K₂O 60%) 和硼砂 (B 11.3%)。

1.2 试验设计

试验设 8 个处理, 以不施肥处理为对照, 按表 1 进行 7 个不同时期施肥量配比处理, 3 次重复, 随机区组排列, 共 24 个小区, 小区面积为 20 m² (其中 5 m² 为采样区, 15 m² 为测产区)。所有处理的施肥量均为 N 180 kg/hm²、P₂O₅ 90 kg/hm²、K₂O 157.5 kg/hm² 和 B 1 kg/hm², 种植密度为 30 万株/hm², 田

①基金项目: 国家油菜产业技术体系建设项目 (00509)、湖南省重大专项 (2009FJ1006-3)、国家自然科学基金面上项目 (31071851) 和湖南省高校创新平台开放基金项目 (09K049) 资助。

* 通讯作者 (haixingsong@yahoo.com.cn)

作者简介: 王继玥 (1984—), 男, 四川南充人, 硕士研究生, 主要从事施肥原理与技术方面研究。E-mail: acute2803764@163.com

表 1 氮磷钾肥运筹方式
Table 1 Application patterns of N, P and K fertilizers

处理号	氮肥			磷肥				钾肥			
	基肥	苗肥	苔肥	基肥	苗肥	苔肥	花肥	基肥	苗肥	苔肥	花肥
1	60%	20%	20%	100%	—	—	—	100%	—	—	—
2	50%	20%	30%	100%	—	—	—	100%	—	—	—
3	100%	—	—	100%	—	—	—	100%	—	—	—
4	50%	20%	30%	60%	20%	15%	5%	100%	—	—	—
5	50%	20%	30%	60%	20%	20%	—	100%	—	—	—
6	50%	20%	30%	100%	—	—	—	60%	10%	25%	—
7	50%	20%	30%	100%	—	—	—	60%	20%	20%	5%
8 (CK)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

间管理同一般油菜田。

1.3 取样与测定

分别在越冬期、盛花期、收获期每小区采 10 株全株样品（根系挖掘深度 30 cm），按要求调查记录农艺性状。记录项目有，越冬期：绿叶素、最大叶长和宽、根茎粗和单株干重；盛花期：绿叶素、第一片无柄叶长和宽、根茎粗、20 cm 处茎粗和单株干重；收获期：每株角果数、每角粒数、千粒重和籽粒产量。越冬期和盛花期每小区另外采 3 株，每株取长势最健壮的 3 片长成叶片测定叶绿素含量。

试验区土壤养分参照鲍士旦主编的《土壤农化分析》^[14]进行测定，叶片叶绿素含量用丙酮:乙醇:水 = 4.5:4.5:1 的混合液浸提后用分光光度计比色测定。所得数据用 Excel 计算、用 SPSS 10.0 统计软件进行方差分析。

2 结果与分析

2.1 不同肥料运筹方式下冬油菜产量及产量构成因素

由表 2 可以看出，不同处理的产量差异达到了显著水平。其中，无论磷肥运筹方式如何，氮肥按基肥:苗肥:薹肥 = 5:2:3 的比例分期施用的处理（处理 2、4、5、6、7）籽粒产量较高；其次是氮肥按基肥:苗肥:薹肥 = 6:2:2 的比例分期施用、磷钾肥均做基肥一次施用的处理 1，再次是氮磷钾肥均做基肥一次施用的处理 3，不施肥处理的产量最低。本试验中处理 1、2、3 之间的差异在于氮肥运筹不同，处理 2、4、5 之间的差异在于磷肥运筹不同，处理 2、6、7 之间的差异在于钾肥运筹不同。方差分析表明，处理 1、2、3 之间的差异达到了显著水平，处理 2、4、5 之间以及处理 2、6、7 之间均差异未达到显著水平，说明在本试验范围内不同时期氮肥运筹方式对油菜产量的影响较大，而磷肥和钾肥运筹方式对油菜产量的影响较小。每株角果数和每角果粒数的变化趋势与产量类似，即只有不同氮肥运筹（处理 1、2、3）之间差异显著，不同磷肥运筹或钾肥运筹处理之间差异不显著。不同肥料运筹方式下千粒重的差异没有达到显著水平。

表 2 冬油菜产量及产量构成因素

Table 2 Seeds yields and yield compositions of winter oilseed rape

项目	处理 1	处理 2	处理 3	处理 4	处理 5	处理 6	处理 7	处理 8
每株角果数 (个)	117.53 a	135.42 a	64.20 b	124.40 a	140.27 a	147.47 a	155.07 a	40.33 b
每角果粒数 (粒)	12.58 c	16.55 ab	13.66 bc	15.73 abc	17.89 a	16.37 ab	15.36 abc	12.82 c
千粒重 (g)	5.85 a	5.48 a	5.34 a	5.33 a	5.86 a	5.34 a	5.62 a	5.00 a
产量 (kg/hm ²)	1 470 b	1 770 a	480 c	1 695 ab	1 770 a	1 710 ab	1 725 ab	285 d

注：多重比较采用 Duncan 氏新复极差法，同行数据字母不同，表示差异达到 $P < 0.05$ 显著水平，下同。

2.2 不同肥料运筹方式下冬油菜茎叶性状

表 3 是越冬期和盛花期部分茎叶性状的测定结

果。由表可以看出，不同肥料运筹方式下，虽然不同茎叶性状的大小排序及其差异显著性不尽相同，但总

的变化趋势是籽粒产量较高的处理其茎叶生长也占优势,显示出营养生长对产量形成的重要性。且以上趋势在盛花期的茎叶性状上表现地更加明显,显然肥料运筹方式对油菜生长的影响随着生育期进程更加凸显。如,在盛花期,绿叶数、第一片无柄叶长和叶宽、根茎粗和 20 cm 处茎粗均以籽粒产量最高的处理

2 和处理 5 的最高。而在越冬期,绿叶数以处理 4 和处理 6 的较多,其次是处理 2 和处理 5;根茎粗以处理 5 最大,处理 1、2、4 并列第二;单株干重以处理 5 和处理 3 的较大,其次是处理 4 和处理 2;只有最大叶长和叶宽以籽粒产量最高的处理 2 和处理 5 的较大。

表 3 越冬期和盛花期茎叶性状

Table 3 Stem and leaf properties of oilseed rape during winter and flowering stages

生育期	项目	处理 1	处理 2	处理 3	处理 4	处理 5	处理 6	处理 7	处理 8 (CK)
越冬期	绿叶数 (个)	6.33 ab	7.00 a	6.48 ab	7.67 a	6.81 a	7.19 a	6.71 ab	5.29 b
	最大叶长 (cm)	18.24 a	21.45 a	19.71 a	20.14 a	20.71 a	18.14 a	19.52 a	13.90 b
	最大叶宽 (cm)	6.90 a	7.86 a	7.05 a	7.76 a	7.76 a	7.00 a	7.38 a	5.33 b
	根茎粗 (cm)	0.48 a	0.48 a	0.45 ab	0.48 a	0.56 a	0.34 b	0.42 ab	0.32 b
	单株干重 (g)	2.79 b	3.46 ab	3.65 a	3.59 a	3.66 a	2.75 b	3.33 ab	1.21 c
盛花期	绿叶数 (个)	11.27 ab	12.61 a	11.20 ab	11.57 ab	12.67 a	11.43 ab	12.38 a	9.28 b
	第一片无柄叶长 (cm)	19.65 b	24.62 a	9.85 c	21.06 ab	25.13 a	24.27 ab	24.28 ab	10.52 c
	第一片无柄叶宽 (cm)	8.57 ab	10.10 a	3.93 c	8.33 a	10.30 a	10.20 a	9.93 ab	4.54 c
	20 cm 处茎粗 (cm)	0.91 ab	1.08 a	0.56 b	0.93 ab	1.14 a	1.03 a	1.02 a	0.54 b
	根茎粗 (cm)	1.13 ab	1.21 a	0.77 b	1.07 ab	1.27 a	1.12 ab	1.17 ab	0.66 b
	单株干重 (g)	29.69 b	34.94 ab	15.47 c	28.02 b	38.79 a	30.26 b	34.65 ab	14.17 c

2.3 不同肥料运筹方式下冬油菜叶片叶绿素含量

由表 4 可以看出,虽然只有盛花期叶片叶绿素含量的处理间差异达到显著水平,但其总的趋势也是产量较高的处理其叶绿素含量也高。其中,越冬期以处理 2、4、6 的叶绿素含量较高,盛花期以处理 2、5、7 的叶绿素含量较高;两个生育期均以氮

磷钾肥均做基肥一次性施入的处理 3 叶绿素含量最低,其次是不施肥处理 (CK),不施肥处理的叶片叶绿素含量有所提高主要是因为生物量太小引起的浓缩效应。以上结果说明肥料运筹方式对叶片叶绿素含量有一定的影响,但相对小于对茎叶性状产生的影响。

表 4 叶片叶绿素含量 (mg/kg)

Table 4 Chlorophyll contents of winter oilseed rape

生育期	叶绿素	处理 1	处理 2	处理 3	处理 4	处理 5	处理 6	处理 7	处理 8
越冬期	叶绿素 a	0.62 a	0.70 a	0.54 a	0.70 a	0.64 a	0.73 a	0.65 a	0.57 a
	叶绿素 b	0.20 a	0.22 a	0.19 a	0.21 a	0.20 a	0.23 a	0.20 a	0.19 a
	总叶绿素	0.82 a	0.92 a	0.73 a	0.92 a	0.85 a	0.96 a	0.86 a	0.76 a
盛花期	叶绿素 a	1.16 a	1.15 a	0.63 b	1.13 a	1.21 a	1.13 a	1.17 a	0.74 b
	叶绿素 b	0.40 a	0.41 a	0.22 b	0.41 a	0.42 a	0.40 a	0.41 a	0.26 b
	总叶绿素	1.56 a	1.57 a	0.85 b	1.54 a	1.65 a	1.54 a	1.59 a	1.00 b

2.4 不同肥料运筹方式下冬油菜产量与农艺性状之间的相关性

由表 5 可以看出,试验所分析的各种农艺性状均与籽粒产量呈正相关,但不同生育期农艺性状与籽粒产量之间的相关程度还存在较大差异。越冬期只有绿叶数、最大叶宽、叶片叶绿素 a 和总叶绿素含量与籽粒产量之间的相关达到了显著水平;盛花

期除绿叶数与籽粒产量之间的相关达到显著水平之外,其他各项指标与籽粒产量之间的相关均达到了极显著水平,收获期每株角果数和每角果粒数与籽粒产量的相关分别达到极显著和显著水平,千粒重与产量的相关未达到显著水平。可见,与越冬期农艺性状相比,盛花期和收获期农艺性状能更好地反映油菜产量形成能力。

表 5 农艺性状与产量的相关分析

Table 5 Correlation analysis between agronomic properties and seeds yield

生育期	绿叶数	叶长	叶宽	根茎粗	植株干重	叶绿素 a 含量	叶绿素 b 含量	总叶绿素含量	20 cm 处茎粗	每株角果数	每角果粒数	千粒重
越冬期	0.773*	0.670	0.792*	0.472	0.565	0.846*	0.681	0.847*				
盛花期	0.821*	0.976**	0.966**	0.968**	0.946**	0.961**	0.969**	0.965**	0.972**			
收获期										0.973**	0.721*	0.629

注：* 表示相关性达到 $P < 0.05$ 显著水平，** 表示相关性达到 $P < 0.01$ 显著水平， $r_{0.01} = 0.834$ ， $r_{0.05} = 0.707$ 。

3 讨论

氮肥运筹方式对油菜产量的影响研究表明，氮肥分期施用可明显提高油菜产量，分基肥、越冬肥和薹肥 3 次施用的效果好于分二次施用，分二次施用的效果又好于全部做基肥一次施用^[15]，但这些研究尚未涉及氮肥分 3 次施用条件下，不同时期的分配比例对油菜生长的影响，本试验对此进行了初步探讨。结果表明，50% 基施、20% 越冬肥、30% 薹肥处理的产量显著高于 60% 基施、20% 越冬肥、20% 薹肥处理，单株角果数、每角果粒数、绿叶数、茎粗、最大叶长和叶宽、叶片叶绿素含量等指标也有类似的变化趋势，其中，两处理的每角果粒数差异达到了显著水平，说明适当提高薹肥比例有利于促进杂交冬油菜生长，增加每角果粒数，从而提高籽粒产量。试验还表明，磷钾肥的分期施用对产量的影响比较小，这可能与冬季降雨较少且温度变化不太大，土壤中钾素的淋溶和固定作用相对减弱有关。

目前，不同农艺性状与籽粒产量的相关性研究主要集中在收获期性状。所得结果也基本一致，即单株角果数、每角果粒数、千粒重等产量构成因素与籽粒产量的相关性较株高、分枝数等茎叶性状更为密切；而在产量构成因素中，单株角果数和每角果粒数与籽粒产量的相关性较千粒重更为密切^[16-17]。本试验也得到了类似的结果，单株角果数与籽粒产量呈极显著正相关、每角果粒数与籽粒产量呈显著正相关，但千粒重与籽粒产量的相关未达到显著水平。本试验还分析了越冬期和盛花期农艺性状以及叶片叶绿素含量与籽粒产量之间的关系，结果表明，盛花期绝大多数指标与籽粒产量之间呈极显著正相关，而越冬期指标中只有绿叶数、叶宽、叶片总叶绿素和叶绿素 a 含量与籽粒产量之间达到显著正相关，其余各项指标与籽粒产量之间的相关未达到显著水平。可见，不仅是除收获期农艺性状，盛花期农艺性状与叶片叶绿素含量也

完全可以反映油菜籽粒产量情况。

4 结论

(1) 不同时期氮肥运筹方式对油菜生长的影响远大于磷肥和钾肥运筹方式。在本试验所设的处理范围内，以氮肥的基肥:苗肥:薹肥 = 5:2:3、磷肥和钾肥的基肥:苗肥:薹肥 = 10:0:0 处理和氮肥的基肥:苗肥:薹肥 = 5:2:3、磷肥的基肥:苗肥:薹肥 = 6:2:2、钾肥的基肥:苗肥:薹肥 = 10:0:0 处理的籽粒产量并列最高。

(2) 肥料运筹方式对盛花期和收获期农艺性状的影响大于越冬期，其中收获期每株角果数和盛花期植株干重、叶片叶绿素含量、第一片无柄叶长、第一片无柄叶宽、根茎粗、20 cm 处茎粗与产量达到了极显著正相关。

参考文献:

- [1] 王伟妮, 鲁剑巍, 李银水, 邹娟, 苏伟, 李小坤, 李云春. 当前生产条件下不同作物施肥效果和肥料贡献率研究. 中国农业科学, 2010, 43(19): 3997-4007
- [2] 汪瑞清, 杨国正, 陆丽娟, 姚艳丽, 宋峥, 史茜莎, 彭运磊. 氮磷钾镁硫混合施用对油菜产量的影响. 中国油料作物学报, 2008, 30(2): 212-217
- [3] 刘志荣, 杨滢智. 氮、磷、钾不同施肥量对油菜产量的影响. 耕作与栽培, 2006(4): 36-37
- [4] 肖庆生, 夏志涛, 周灿金, 邹崇顺, 张学昆, 廖星. 氮磷钾肥对迟直播油菜产量和品质的影响. 中国油料作物学报, 2010, 32(2): 263-269
- [5] 邹娟, 鲁剑巍, 李银水, 吴江生, 陈防. 氮、磷、钾、硼肥对甘蓝型油菜籽品质的影响. 植物营养与肥料学报, 2008, 14(5): 961-968
- [6] 邹娟, 鲁剑巍, 李银水, 李志玉, 陈防. 直播油菜施肥效应及适宜肥料用量研究. 中国油料作物学报, 2008, 30(1): 90-94
- [7] 王寅, 鲁剑巍, 李小坤, 刘威, 马常宝, 高祥照. 越冬期干旱胁迫对油菜施肥效果的影响. 植物营养与肥料学报, 2010, 16(5):

- 1 203-1 208
- [8] 尹华, 曾兵. 不同配方施肥对黔油 18 号产量及效益的影响. 现代农业科技, 2009(13): 27, 30
- [9] 唐玮颖, 韩勇. 太湖地区油菜生长的养分效应. 土壤, 2009, 41(3): 389-395
- [10] 李银水, 鲁剑巍, 邹娟, 张耀学, 王友珠. 棉田免耕套栽油菜施肥效果及肥料适宜用量研究. 中国油料作物学报, 2009, 31(3): 349-354
- [11] 宋小林, 刘强, 宋海星, 官春云, 荣湘民, 曾德武, 杨勇, 郭春铭. 种植密度和施肥水平对油菜茎叶可溶性糖和游离氨基酸及籽粒产量的影响. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2011, 37(1): 12-16
- [12] 陈小琴, 周健民, 王火焰, 杜昌文. 铵钾施用次序和比例对油菜生长和氮钾养分吸收的影响. 土壤, 2008, 40(4): 571-574
- [13] 田昌, 彭建伟, 宋海星, 官春云, 刘强, 荣湘民, 丁哲利, 王署娟. 氮磷钾配比对湘杂油 763 产量和养分吸收的影响. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2010, 36(3): 263-266
- [14] 鲍士旦. 土壤农化分析. 北京: 中国农业出版社, 2000
- [15] 苏伟, 鲁剑巍, 李云春, 李小坤, 马常宝, 高祥照. 氮肥运筹方式对油菜产量氮肥利用率及氮素淋失的影响. 中国油料作物学报, 2010, 32(4): 558-562
- [16] 张锦芳, 蒲晓斌, 李浩杰, 张启行, 蒋梁材. 不同来源甘蓝型油菜主要农艺性状与产量的相关分析. 西南农业学报, 2007, 20(4): 587-590
- [17] 张锦芳, 周贤琼, 蒲晓斌, 李浩杰, 蒋梁材. 高产、双低杂交油菜产量构成因素与产量的相关分析. 西南农业学报, 2007, 20(4): 587-590

Effects of Fertilizer Application Patterns on Growth and Seeds Yield of Winter Oilseed Rape (*Brassica napus* L.)

WANG Ji-yue¹, SONG Hai-xing¹, ZHANG Ling¹, ZHANG Zhen-hua¹, GUAN Chun-yun², RONG Xiang-min¹, LIU Qiang¹

(1 College of Resource and Environment, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China;

2 National Center of Oilseed Crops Improvement, Hunan Branch, Changsha 410128, China)

Abstract: The effects of different fertilizer application patterns on seeds yield and agronomic properties were studied using Xiang Hybrid 763 plant materials. The results showed that the effects of nitrogen (N) application pattern on growth of oilseed rape were higher, seeds yield of the treatment proportion with basic fertilizer:seedling fertilizer:stem elongation fertilizer = 5:2:3 was the highest, followed by the treatment proportion of 6:2:2, the lowest seeds yield was 10:0:0 treatment, and the differences of seeds yield between these treatments were significant, there were similar trends of seeds/plant, grain number/seed, green leaf number, stem diameter, maximum leaf width and length, chlorophyll content between different treatments, while there was no significant effect of N application pattern on 1 000 grains weight. The effects of phosphorous (P) and potassium (K) fertilizer application patterns on growth of oilseed rape were less, there were no significant difference of seeds yield, yield composition and stem-leaf traits between different P and K fertilizer application patterns. The highest seeds yield among the 8 treatments were the treatment with N basic fertilizer:seedling fertilizer:elongation fertilizer = 5:2:3, P fertilizer and K basic fertilizer:seedling fertilizer:elongation fertilizer = 10:0:0, N basic fertilizer:seedling fertilizer:elongation fertilizer = 5:2:3, P basic fertilizer:seedling fertilizer:elongation fertilizer = 6:2:2 and K basic fertilizer:seedling fertilizer:elongation fertilizer = 10:0:0 respectively.

Key words: Winter oilseed rape, Fertilizer application pattern, Seeds yield