

磷及有机肥对白菜型冬油菜产量及品质的影响

雷建明¹, 杨志奇¹, 俄胜哲², 罗照霞¹, 袁金华², 郭永杰², 车宗贤²

(1. 甘肃省天水市农业科学研究所, 甘肃 天水 741000; 2. 甘肃省农业科学院土壤肥料与节水农业研究所, 甘肃 兰州 730070)

摘 要: 通过采用田间再裂区试验, 系统研究了有机肥及磷肥施用量对油菜物候期、产量及其品质的影响。主处理为施有机肥处理(M)和不施有机肥处理(M₀), 副处理为 0、75、150 kg·hm⁻²和 225 kg·hm⁻²(P₀、P₇₅、P₁₅₀和 P₂₂₅) 4 个磷肥(P₂O₅)施用量水平, 副副处理为天水地区主要栽培的天油 8 号、天油 07302 和天油 191(V₁、V₂和 V₃) 3 个冬油菜品种。结果表明: 施用有机肥可缩短油菜营养生长期 1 d, 延长生殖生长期 2 d, 对整个生育期的影响较小。而施磷可缩短油菜的营养生长期 3~5 d, 延长生殖生长期 6~15 d, 延长整个生育期 6~8 d。施有机肥可增加油菜籽粒产量 13.32%, 但对油菜品质影响不明显。施磷对油菜产量和品质都有显著的影响。油菜产量和芥酸含量随施磷量的增加先增加后降低, P₁₅₀、P₇₅和 P₂₂₅处理油菜产量分别可较对照(P₀)增产 94.01%、137.63%和 122.64%, 而其芥酸含量分别较对照增加 1.98%、3.37%和 1.70%。籽粒含油率随施磷量的增加而增加, P₂₂₅处理籽粒含油率最高, 较对照增加 3.61%, 但与 P₁₅₀处理相比差异不显著。相反, 施磷明显降低了籽粒蛋白质及硫甙含量, 施磷量越高, 其降幅越大, P₂₂₅处理蛋白质和硫甙含量分别较对照降低了 4.27%和 2.25%。

关键词: 磷肥; 有机肥; 油菜; 物候期; 产量; 籽粒品质

中图分类号: S158.2 **文献标志码:** A

Effects of phosphorus and manure on canola growth period, grain yield and quality

LEI Jian-ming¹, YANG Zhi-qi¹, E Sheng-zhe², LUO Zhao-xia¹, YUAN Jin-hua², GUO Yong-jie², CHE Zong-xian²

(1. Tianshui Academy of Agricultural Sciences, Tianshui, Gansu 741000, China;

2. Institute of Soil and Fertilizer and Save Water Agricultural, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou, Gansu 730070, China)

Abstract: A field experiment with the split-split block design was carried out to study the effects of applying manure and phosphorus on canola growth period, grain yield and quality. The main treatments were manure (M) and no manure (M₀). Sub-split treatments were four phosphorus application rates at 0, 75, 150 and 225 (P₂O₅) kg·hm⁻²(P₀, P₇₅, P₁₅₀ and P₂₂₅, respectively). Sub-sub-split treatments were three main planting canola varieties in Tianshui region including Tianyou 8, Tianyou 07302 and Tianyou 191 (V₁, V₂ and V₃). The results showed that application of manure prolonged canola reproductive growth period by 2 days, while it had not evident effect on vegetative growth and total growth periods. However, application of phosphorus can shorten canola vegetative growth period by 3 to 5 days, prolonged reproductive growth period by 6 to 15 days, and eventually prolonged canola total growth period by 6~8 days. Application of manure increased canola yield by 13.32%, whereas it had not significant effect on canola seed quality compared with M₀ treatment. Application of phosphorus had significant effects on rape yield and quality. Phosphorus significantly increased canola yield and erucic acid content. The changing trend was firstly increased and then became decreased with the increase of phosphorus application rates. Compared to the control treatment (P₀), canola yield and erucic acid content by P₇₅, P₁₅₀ and P₂₂₅ treatments were increased by 94.01%, 137.63%, and 122.64%, and 1.98%, 3.37%, and 1.70%, respectively. Grain oil content was always increased with the increase of phosphorus application rates. The

收稿日期: 2015-08-28

基金项目: “十二五”国家科技支撑计划“中低产田障碍因子消减与地力提升共性关键技术研究(2012BAD05B06)”；甘肃省农业科学院创新专项“甘肃省土壤肥料长期定位协同研究(2015GAAS14)”

作者简介: 雷建明(1964—), 男, 甘肃天水人, 高级农艺师, 主要从事油菜育种等方面研究。E-mail: jianminlei@163.com。

通信作者: 俄胜哲(1978—), 男, 甘肃庆阳人, 博士, 副研究员, 主要从事植物营养与土壤生态等方面研究。E-mail: eshengzhe@163.com。

highest oil content was reached by P_{225} treatment, increased by 3.61% compared with the control treatment (P_0), but no significant difference was found between P_{150} treatment and P_{225} treatment. On the contrary, application of phosphorus significantly decreased grain protein and glucosinolate content. The more phosphorus was applied, the more grain protein and glucosinolate content went declined, reduced by 4.27% and 2.25% by the P_{225} treatment from the control treatment (P_0).

Keywords: phosphorus; manure; canola; growth period; yield; quality

油菜属于十字花科(Cruciferae)芸薹属(Brassica),是一年生或是越年生双子叶植物。我国常年种植面积约为800万 hm^2 ,是重要的油料作物之一,也是中国的传统油料作物^[1-2]。近年来,随着油菜优良品种更新换代及化肥用量的增加,油菜的产量逐年增加,而如何改善和提高油菜籽粒的品质是油菜育种及栽培学家所关注的焦点。作物品质主要受其本身遗传特性控制,但同时也受外部环境条件的制约,如气候、土壤类型、栽培措施等。在诸多外部环境因素中,以施肥的影响最为重要和直接,且易进行人为调控^[3]。有研究报道,在施氮量一定的条件下,以有机氮替代化肥氮,籽粒产量和籽粒氨基酸和蛋白质含量都随有机氮用量的增加逐渐下降,但油分含量逐渐增加,最适宜的比例为有机氮占总施氮量的10%^[4]。施磷、钾或硼肥有提高油菜籽含油量,而降低蛋白质含量的趋势^[5]。但也有报道,增施硼可提高菜籽油分含量,而氮、磷及氮磷配合施用则可提高蛋白质含量,降低油分含量^[6]。不同的区域及试验品种研究结果存在很大差异,因此进一步研究通过施肥提高油菜产量,调控油菜品质有着极其重要生产指导意义。

磷是植物生长发育必需的大量营养元素,是核酸、植素和卵磷脂的组成成分,在能量、糖分代谢、酶促反应和光合作用等过程中起着重要作用,而土壤缺磷已成为现代农业生产发展的主要限制因子之一^[7]。油菜对磷非常敏感,在缺磷土壤上施用磷肥增产效果显著,必须增施磷肥才能获得高产^[8]。有研究表明,施磷则能够极显著提高籽粒产量和籽粒油产量,显著增加生物学产量和亚油酸含量,降低芥酸、硫甙及二十碳烯酸的含量^[3]。但并不是磷肥用量越多,单位面积产量越高。施入土壤的磷很容易被土壤中的铁铝氧化物所固定,而成为难溶性的磷,影响磷肥利用率,同时磷肥的流失也带来污染环境的问题。为此,须探寻油菜合理施用磷肥数量,使有限的磷肥资源发挥更大的经济效益。油菜是天水市第一大油料作物,近年来白菜型冬油菜因其自身诸多优势,在水市种植面积成倍增长,年播面积超过

3万 hm^2 ,占全市油料作物总播种面积65%以上^[9]。加之天水市位于甘肃省东南,地跨长江、黄河两大水系,地处陇东黄土高原与秦岭山地交接地带,研究成果推广前景广阔。因此,在水市开展有机肥及不同施磷量对白菜型冬油菜产量及品质的影响研究对促进区域油菜产业健康高效发展尤为重要。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验起始于2010年,试验地位于甘肃天水市秦州区天水市农业科学研究所中梁试验站试验示范基地(34°05' N, 104°5' E)。海拔1650 m。温带大陆性气候,年平均气温12℃,最高气温35℃,最低气温-19℃。 $\geq 0^\circ\text{C}$ 积温4134℃, $\geq 10^\circ\text{C}$ 的年有效积温3513℃。年均日照时数2099 h,年平均太阳辐射5468 $\text{MJ}\cdot\text{m}^{-2}$,年平均生理辐射2679 $\text{MJ}\cdot\text{m}^{-2}$,其中年积温 $\geq 5^\circ\text{C}$ 生理辐射为1862 $\text{MJ}\cdot\text{m}^{-2}$, $\geq 10^\circ\text{C}$ 生理辐射为1602 $\text{MJ}\cdot\text{m}^{-2}$ 。无霜期185 d,年平均降雨量500 mm(321~831 mm)左右,60%的降雨量分布于7—9月份,年平均蒸发量1493 mm。供试土壤类型为黄绵土,其沙粒(2~0.05 mm)、粉粒(0.05~0.002 mm)和粘粒(<0.002 mm)所占比例分别为7.65%、68.50和23.85%。试验前(2010年10月)0~20 cm耕层土壤基本理化性状为有机质含量16.8 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$,全氮N 0.98 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$,全磷P 0.86 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$,全钾K 20.20 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$,碱解氮70 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,速效磷22 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,速效钾102 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,pH 8.32。

1.2 试验设计

试验采用再裂区设计,主处理为施有机肥(M)和不施有机肥处理(M_0)。施有机肥处理有机肥施用量为精鸡粪7500 $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ (干重)。副处理设4个磷肥施用量(P_2O_5),分别为0、75、150、225 $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,副副处理分别是 V_1 (天油8号)、 V_2 (天油07302)和 V_3 (天油191)3个白菜型冬油菜品种(天水市农科所中梁试验站提供)。所有处理均施氮肥(N)150 $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,氮肥采用尿素,磷肥采用过磷酸钙。小区长7 m,宽4 m,小区面积28 m^2 ,重复3次。

小区间植有永久性混凝土隔离带,隔离带宽 10 cm,深 60 cm。重复间隔离带宽 0.4 m,试验地四周设有 1.0 m 保护行。2010—2012 年有机肥平均养分含量为:有机质 69.15 g·kg⁻¹,全氮 4.13 g·kg⁻¹,全磷 2.36 g·kg⁻¹,全钾 17.00 g·kg⁻¹。

1.3 栽培管理措施

试验采用小麦—小麦—油菜的轮作模式,2012 年由于浇筑小区隔离带错过油菜播种期,2012 年再次种植小麦。试验开始的第 4 年(2013 年)第一次种植油菜。2013 年 8 月 1 日进行翻耕,氮磷肥和有机肥按照处理设计用量在翻耕前作为底肥一次施性入。油菜每小区共 12 行,每个品种 4 行,行距 33.33 cm,株距 8~10 cm,其他田间栽培管理措施同当地大田。

1.4 样品采集

2010 年试验播种前(2010 年 10 月)及 2012 年小麦收获后(2012 年 7 月)按照“S”型采样路线采集 0~20 cm 土壤样品,每小区采集 5 点,然后混合成一个混合样,风干保存,用于土壤基本理化性状的测定。油菜成熟期每个小区中随机取 20 株,连根拔起,测定株高、全株有效角果数、角果长度、角粒数、千粒重和单株产量。小区单打单收,风干计产,并留油菜籽粒样品用于油菜品质的测定。

1.5 调查测定项目及方法

采用平行观测的方法,详细记载油菜的播种期、出苗期、枯叶期、返青期、抽薹期、现蕾期、始花期、盛花期、终花期和成熟期。土壤质地的测定采用吸管法;pH 值采用蒸馏水浸提(1:2.5),玻璃电极 pH 计测定;有机质采用重铬酸钾容量法,乘以校正系数 1.1。全氮采用开氏法。全磷和全钾采用 NaHCO₃ 熔融,钼锑抗比色法和火焰光度法测定;Olsen-P 采用 0.5 mol·L⁻¹,pH 8.5 的 NaHCO₃ 浸提,钼锑抗比色法测定;碱解氮用碱解扩散法;速效钾采用 1 mol 的醋酸氨浸提,火焰光度法,以上指标具体分析方法参照农化分析手册。油菜籽粒含油量、蛋白质、硫甙和芥酸含量等采用近红外方法测定。

1.6 数据计算与统计分析

采用 SAS 8.0 进行再裂区试验的方差分析,用 $P \leq 0.05$ 的 LSD 值(LSD 0.05)为标准进行处理间均值差异的显著性检验。图表采用 Excel 2007 进行绘制。

2 结果与分析

2.1 物候期响应

施用有机肥显著地延长了油菜五叶—枯叶和初

花—盛花期时段的天数,都较不施用有机肥处理延长 3 d,增幅分别达 4.92% 和 21.43%。相反,施用有机肥显著地缩短了枯叶—返青的生育期时段的天数 3 d,而对其他生育期时段天数和总生育期天数无显著影响(表 1)。施磷显著增加了油菜五叶~枯叶、返青~抽薹和初花~盛花期间的时段天数和总生育期天数(表 1)。随施磷量的增加,五叶~枯叶、返青~抽薹和初花~盛花期时段天数都先增加后降低,在施磷量(P₂O₅)为 150 kg·hm⁻²时,五叶~枯叶、返青~抽薹和初花~盛花期时段天数最大,分别较对照(P₀)处理延长 11、3 d 和 13 d。进一步增加磷施用量达 225 kg·hm⁻²时,五叶~枯叶和初花~盛花期时段天数较 P₁₅₀处理显著缩短,但仍显著长于对照处理(P₀)。相反,施用磷肥显著缩短了油菜枯叶—返青时段天数,P₇₅、P₁₅₀和 P₂₂₅处理分别较对照(P₀)处理缩短了 4、13 d 和 8 d,而对其他生育期时段无明显影响。3 个不同品种间生育期时段的天数及总生育期天数差异不显著(表 1)。若把油菜生育期划为营养生长(播种~初花)和生殖生长(初花~成熟),发现施用有机肥延长生殖生长期 2 d,施磷缩短营养生长期 3~5 d,延长生殖生长期 6~15 d。

2.2 农艺性状响应

施用有机肥可显著提高油菜的株高、角粒数、总角粒数和单株产量,分别较不施用有机肥处理增加 3.72%、4.45%、3.71%和 29.21%(表 2)。施用磷肥显著增加了油菜株高、角果长度、角粒数、总角粒数和单株产量。就试验设置的 4 个施磷水平而言,随着施磷量的增加油菜的株高、角粒数、总角粒数和单株产量都先增加后降低,P₁₅₀处理油菜株高、角果长度、角粒数、总角粒数和单株产量最高,分别较对照(P₀)处理增加了 25.60%、25.18%、24.44%、22.86%和 81.72%(表 2)。进一步增加施磷量,油菜的株高、角果长度、角粒数、总角粒数和单株产量都较 P₁₅₀处理明显降低,其中角粒数、总角果数和单株产量与 P₁₅₀处理差异达到显著水平,但仍显著高于对照(表 2)。不同品种间油菜株高、角果长度、角粒数、总角粒数和单株产量也存在显著差异,天油 8 号的株高、角果长度、角粒数、总角粒数和单株产量显著的高于天油 07302,而天油 07302 的株高、角果长度、角粒数、总角粒数和单株产量显著的高于天油 191。

表 1 施肥及品种对油菜生育期的影响

Table 1 Influences of fertilization and variety on canola growth periods

处理 Treatments	播种 ~ 出苗 So ~ FE /d	出苗 ~ 五叶 FE ~ FL /d	五叶 ~ 枯叶 FL ~ DL /d	枯叶 ~ 返青 DL ~ TG /d	返青 ~ 抽薹 TG ~ Bo /d	抽薹 ~ 初花 Bo ~ IB /d	初花 ~ 盛花 IB ~ FB /d	盛花 ~ 成熟 FB ~ Ma /d	生育期天数 Growth period /d
M ₀	10a	36a	61b	89a	27a	10a	14b	37a	290a
M	9a	36a	64a	86b	27a	10a	17a	36a	292a
P ₀	11a	38a	57d	94a	25b	11a	8d	36a	286b
P ₇₅	10a	36b	60c	90b	27a	10a	13c	37a	292a
P ₁₅₀	9a	35b	68a	81d	28a	10a	21a	38a	294a
P ₂₂₅	10a	36b	64b	86c	27a	10a	18b	37a	293a
V ₁	10a	36a	62a	88a	27a	10a	15a	37a	291a
V ₂	10a	36a	63a	88a	26a	10a	15a	37a	291a
V ₃	10a	37a	62a	89a	27a	10a	14a	37a	292a

注:表中的数字为三次重复的平均值。同列主处理、副处理和副副处理数字后不同字母表示差异达到显著水平($P\leqslant0.05$)。So、FE、FL、DL、TG、Bo、IB、FB 和 Ma 代表播种、出苗、五叶、枯叶、返青、抽薹、初花、盛花和成熟。

Note: Numbers in the table are means of three repeats. Values of major treatment, sub-split treatments and sub-sub-split treatments in the same column followed by different letters are significantly different at the 5% level. FE, FL, DL, TG, Bo, IB, FB and Ma represent sowing, field emergence, five leaves, dead leaves, turning green, bolting, Initial bloom, full bloom and mature, respectively.

表 2 施肥及品种对油菜农艺性状的影响

Table 2 Effects of fertilization and variety on agronomic traits of canola

处理 Treatments	株高 Plant height /cm	角果长度 Pod length /cm	角粒数 Seed number of per pod	总角果数 The total number of pod	单株产量 Yield of per plant/(g·plant ⁻¹)
M ₀	135.74b	4.59a	19.13b	147.48b	5.17b
M	140.79a	4.90a	19.98a	152.95a	6.68a
P ₀	119.04c	4.13c	17.55c	134.61d	3.72d
P ₇₅	137.77b	4.77b	19.07b	141.49c	5.08c
P ₁₅₀	149.51a	5.17a	21.84a	165.38a	6.76a
P ₂₂₅	146.74a	4.92ab	19.77b	159.37b	6.16b
V ₁	142.53a	5.18a	21.14a	158.25a	6.19a
V ₂	137.71b	4.68b	19.40b	149.98b	5.37b
V ₃	134.57c	4.38x	18.13c	142.40c	4.73b

注:表中的数字为三次重复的平均值。同列主处理、副处理和副副处理数字后不同字母表示差异达到显著水平($P\leqslant0.05$)。

Note: Numbers in table are means of three repeats. Values of major treatment, sub-split treatments and sub-sub-split treatments in the same column followed by different letters are significantly different at the 5% level.

2.3 产量响应

施用有机肥显著提高了油菜籽粒的产量,增幅为 13.32%(图 1)。同样,施磷也显著提高了油菜籽粒产量。随着施磷量的增加油菜产量先增加后降低,在施磷量(P₂O₅)达到 150 kg·hm⁻²时,油菜产量最高,较对照(P₀)增加 137.63%。进一步增加施磷量,达到 225 kg·hm⁻²时,油菜产量较对照(P₀)仍显著增产,增幅为 122.64%,但较 P₁₅₀处理则显著减产,降幅为 6.31%(图 1)。不同品种间油菜籽粒产量差异也达到显著水平,其中以 V₁(天油 8 号)产量最高,其次为 V₂(天油 07302),V₃(天油 191)的产量最低(图 1)。

2.4 品质响应

施用有机肥对油菜的含油率和芥酸含量影响不明显,而施磷量及不同品种对籽粒含油率($P\leqslant0.01$)和芥酸的影响达到极显著水平($P\leqslant0.01$)或显著水平($P\leqslant0.05$)(表 3)。油菜籽粒含油率随着磷肥施用量的增加而逐渐增加,P₁₅₀处理籽粒含油率显著高于对照(P₀)处理,较对照增加 3.30%、达到 40.02%,磷 P₂₂₅处理籽粒含油率虽最高,为 40.14%,但与 P₁₅₀处理差异未达到显著水平(表 3)。芥酸含量随施磷量的增加先增加后降低,其中 P₁₅₀处理芥酸最高,显著的高于对照,较对照增加 3.37%,其次为 P₇₅,而 P₂₂₅处理芥酸含量低于 P₇₅处理。P₇₅和 P₂₂₅

与对照(P_0)处理间芥酸含量差异未达到显著水平。3 个不同品种间含油率差异均达到显著水平,其中 V_1 (天油 8 号)含油率最高,其次为 V_2 (天油 191),而

V_3 (天油 07302)含油率最低。芥酸含量 V_1 (天油 8 号)显著的高于 V_2 (天油 191)和 V_3 (天油 07302),而天油 191 和天油 07302 间差异不显著(表 3)。

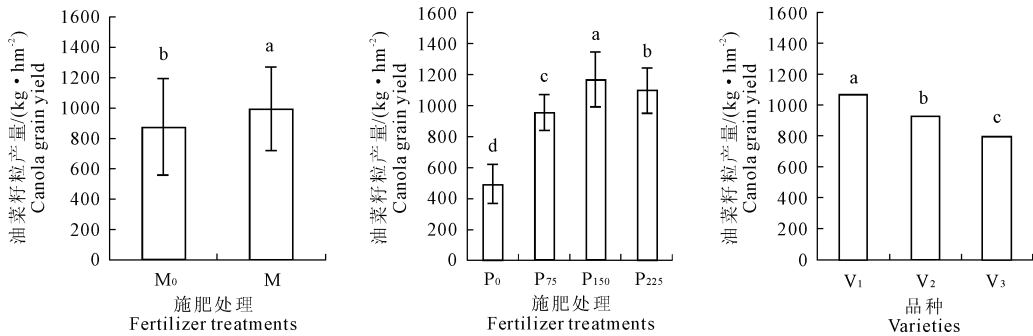


图 1 施肥及品种对油菜产量的影响

Fig.1 Effect of fertilization and variety on canola yield

表 3 施肥及品种对油菜品质的影响

Table 3 Influences of fertilization and variety on the quality of canola seed

处理 Treatments	油分 Oil content /%	蛋白质 Protein content /%	硫甙 Glucosinolate /(μmol·g ⁻¹)	芥酸 Erucic acid /(g·kg ⁻¹)
M ₀	39.35a	24.79a	83.22a	35.99a
M	39.58a	24.69a	83.01a	35.96a
P ₀	38.74b	25.28a	83.44ab	35.35b
P ₇₅	38.98b	25.28a	84.77a	36.05ab
P ₁₅₀	40.02a	24.19b	82.41b	36.54a
P ₂₂₅	40.14a	24.20b	81.56b	35.95ab
V ₁	40.96a	23.45c	82.05b	37.02a
V ₂	38.33c	25.83a	84.34a	35.43b
V ₃	39.12b	24.94b	82.95ab	35.48b

注:表中的数字为三次重复的平均值。同列主处理、副处理和副副处理数字后不同字母表示差异达到显著水平($P\leq0.05$)。

Note: Numbers in table are means of three repeats. Values of major treatment, sub-split treatments and sub-sub-split treatments in the same column followed by different letters are significantly different at the 5% level.

同样施用有机肥对籽粒蛋白质含量和硫甙含量都无显著影响,而施磷量及不同品种对油菜籽粒蛋白质含量($P\leq0.01$)和硫甙含量($P\leq0.05$)的影响达到极显著或显著水平,但其变化趋势与含油率明显不同(表 3)。施磷明显降低了油菜籽粒蛋白质及硫甙含量,其中 P_{150} 和 P_{225} 处理油菜籽粒蛋白质含量显著低于对照(P_0),分别较对照降低了 4.31%和 4.28%。 P_{75} 处理与对照(P_0)处理间蛋白质含量差异不显著,但显著的高于 P_{150} 和 P_{225} 处理(表 3)。 P_{150} 和 P_{225} 处理籽粒硫甙分别较对照(P_0)降低了 1.24%和 1.87%,降幅明显低于蛋白质含量的降幅。 P_{150} 和 P_{225} 处理油菜籽粒的硫甙含量与对照(P_0)差异不显

著,而 P_{75} 显著高于 P_{225} 处理,较 P_{225} 处理增加 3.94%。3 个不同品种中以天油 07302 的籽粒蛋白质和硫甙含量最高,其次为天油 191,而天油 8 号的蛋白质和硫甙含量最低(表 3)。

3 讨论与结论

3.1 有机肥及磷肥对油菜物候期的影响

磷是农作物生长发育必需的三大营养元素之一,是核酸、植酸钙镁和各种磷脂的成分,对于细胞核的形成、细胞分裂、分生组织发育、根系伸长都是不可缺少的必需元素。以无机磷酸盐形态存在于作物体中的磷,主要起生理调节作用,它能激活某些酶如焦磷酸果糖激酶等,从而提高抗逆性,促进光合作用和碳水化合物的转化^[10]。张海伟等^[11]研究表明,低磷处理下甘蓝型油菜两个基因型叶片净光合速率、叶绿素含量、叶片蒸腾速率、胞间 CO_2 浓度及气孔导度均显著下降。魏文慧等^[12]研究表明,磷钾配施可提高冬油菜干物质的积累,增强冬油菜的抗寒性,提高冬油菜的越冬率。本研究结果也显示,施有机肥和磷都延长了油菜五叶-枯叶和初花-盛花期的天数,延迟油菜枯叶,促进油菜返青,提高了油菜的抗逆性。施用有机肥延长生殖生长期 2 d,而施磷可缩短营养生长期 3~5 d,延长生殖生长期 6~15 d,促进由营养生长向生殖生长的转换,延长生殖生长期有利于油菜优质高产,这与前人的研究结论相似^[10-12],本研究结果也显示施用有机肥和磷肥显著增加了油菜的产量。

3.2 有机肥及磷肥对油菜产量和品质的影响

油菜的产量和品质与品种、环境条件和栽培技术等条件密切相关,在其它条件相同的条件下,肥料的相互搭配和施肥量均会影响油菜的产量和品

质^[13]。沈金雄等^[14]选取湖北省大别山南麓的马肝泥稻田缺磷土壤,通过盆栽试验研究 6 个油菜品种的施磷肥效果,结果显示,施磷条件下苗期干物重较不施磷处理增加 8.33 ~ 14.79 倍,单株籽粒产量增加达 16.6 ~ 68.0 倍。李银水等^[8]在湖北省的沙洋、赤壁、大冶和黄陂 4 个县通过田间试验,研究施磷量对油菜产量的影响,结果为施磷(P_2O_5)37.5、75.0 kg $\cdot$ hm⁻²和 112.5 kg $\cdot$ hm⁻²平均较对照增产 24.2%、42.9%和 43.2%。上述研究的产量增幅明显高于本研究,而且随着施磷量的增加,产量逐渐增加,并未有下降趋势,出现差异的原因可能与土壤理化性状及施磷量不同有关。施磷显著增加了籽粒含油率和芥酸含量,而降低了蛋白质及硫甙含量,施用有机肥对油菜的品质影响不明显。石桃雄等^[15]研究发现,施用磷肥增加了油菜籽粒含油量,降低籽粒蛋白质和芥酸含量。邹娟等^[5]研究认为施磷、钾或硼肥有提高油菜籽含油量而降低蛋白质含量的趋势,对油菜籽硫甙和芥酸含量有一定影响,但对品质影响不大。而刘红恩等^[3]在湖北省武汉市新洲区的酸性黄棕壤研究指出,施磷对油菜籽粒含油量和蛋白质含量无显著影响,但极显著降低了芥酸和硫甙的含量。以上这些研究结论与本研究结果不一致,原因可能在于品种特性有差异,以上研究都以甘蓝型油菜为试验材料,而本研究以白菜型油菜为试验材料。同时生态气候环境及土壤理化性状不同也可能是造成研究结果不一致的主要原因。

参 考 文 献:

[1] 郑本川,张锦芳,李浩杰,等.甘蓝型油菜生育期天数与产量构成性状的相关分析[J].中国油料作物学报,2013,35(3):240-

245.
[2] 武 际,郭熙盛,李孝勇,等.连续施用磷钾肥对油菜产量及养分吸收的影响[J].中国油料作物学报,2006,28(2):180-183.
[3] 刘红恩,胡承孝,聂兆君,等.钼磷配合施用对甘蓝型油菜产量和子粒品质的影响[J].植物营养与肥料学报,2012,18(3):678-688.
[4] 田 昌,彭建伟,宋海星,等.有机肥化肥配施对冬油菜养分吸收、籽粒产量和品质的影响[J].中国土壤与肥料,2012,(4):70-74.
[5] 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,2008,14(5):961-968.
[6] 李志玉,胡 琼,廖 星,等.优质油菜中油杂 8 号施用氮磷硼肥的产量和品质效应[J].中国油料作物学报,2005,27(4):59-63.
[7] 段海燕,王运华,徐芳森,等.不同甘蓝型油菜品种磷营养效率的差异研究[J].华中农业大学学报,2001,20(3):241-245.
[8] 李银水,鲁剑巍,廖 星,等.磷肥用量对油菜产量及磷素利用效率的影响[J].中国油料作物学报,2011,33(1):52-56.
[9] 高 强,郭利康,雷建明,等.甘肃省天水市白菜型冬油菜生产现状及发展建议[J].中国农业资源与区划,2008,29(4):58-61.
[10] 代东明,聂 晶.再谈磷素营养与施磷肥[J].内蒙古农业科技,2012,(4):60-63.
[11] 张海伟,徐芳森.不同磷水平下甘蓝型油菜光合特性的基因型差异研究[J].植物营养与肥料学报,2010,16(5):1196-1202.
[12] 魏文慧,孙万仓,郭秀娟,等.氮磷钾肥对西北寒旱区冬油菜越冬率、产量及经济性状的影响[J].西北农业学报,2009,18(2):122-125.
[13] 邓力超,薛灿辉,范连益.氮磷钾化肥与有机肥不同配比对油菜生长及产量、品质的影响[J].中国土壤与肥料,2012,(5):31-34.
[14] 沈金雄,李志玉,廖 星,等.磷对甘蓝型油菜产量及矿质营养吸收与积累的影响[J].作物学报,2006,32(8):1231-1235.
[15] 石桃雄,王少思,石 磊,等.不同氮、磷水平对“双高”油菜品种宁油 7 号和“双低”油菜品种 Tapidor 生长和品质的影响[J].植物营养与肥料学报,2010,16(4):959-964.