

## 不同品种和密度下饲用油菜盛花期营养元素的分配

王灵敏, 张瑀茜, 程凯乐, 梅泽宇, 张悦薇, 高山\* (塔里木大学植物科学学院, 新疆阿拉尔 843300)

**摘要** 为探究不同品种下种植密度对油菜地上部营养器官内营养元素的影响, 以华油杂 62 和饲油 2 号品种油菜为对象, 在生育期取其地上部营养器官, 测定 B、Ca、Cu、Fe、K、Mg、Mn、Mo、P、S、Zn 等营养元素含量。结果表明, 在试验密度内 (30 万~90 万株/hm<sup>2</sup>), 通过改变密度最大可增加华油杂 62 品种内各元素含量 33.21%、16.00%、27.45%、68.58%、27.27%、32.86%、25.51%、54.73%、43.94%、31.82% 和 25.54%; 可增加饲油 2 号品种内各元素含量 7.26%、23.22%、49.01%、22.19%、34.48%、31.83%、23.36%、41.65%、96.13%、12.06%、45.47%; 密度对华油杂 62 和饲油 2 号品种 B、Cu、Fe、K、Mg、Mn、P、Zn 等元素含量均存在显著差异; 华油杂 62 品种最优种植密度为 90 万株/hm<sup>2</sup>, 饲油 2 号的最优种植密度为 45 万株/hm<sup>2</sup>。

**关键词** 油菜; 品种; 密度; 营养元素

中图分类号 S634.3 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2021)12-0019-05

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2021.12.006



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

### Nutrient Distribution of Oilseed Rape during Flowering under Different Varieties and Densities

WANG Ling-min, ZHANG Yun-xi, CHENG Kai-le et al (College of Plant Science, Tarim University, Alar, Xinjiang 843300)

**Abstract** In order to investigate the effects of planting density on the nutritional elements in the upper nutritional organs of different varieties of oilseed rape, we detected the contents of B, Ca, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Mo, P, S, Zn and other nutritional elements in the aboveground nutritional organs of Huayouza 62 and Siyou 2. Results showed that in the test density (300 000–900,000 plants/hm<sup>2</sup>), changing the density could increase the content of each element in the Huayouza 62 by 33.21%, 16.00%, 27.45%, 68.58%, 27.27%, 32.86%, 25.51%, 54.73%, 43.94%, 31.82% and 25.54%; and it could increase the content of each element in the Siyou 2 by 7.26%, 23.22%, 49.01%, 22.19%, 34.48%, 31.83%, 23.36%, 41.65%, 96.13%, 12.06%, 45.47%, respectively. Densities of B, Cu, Fe, K, Mg, Mn, P, Zn and other elements of Huayouza 62 and Siyou 2 were significantly different. The optimal planting density of Huayouza 62 was 900,000 plants/hm<sup>2</sup>, and the optimal planting density of Siyou 2 was 450,000 plants/hm<sup>2</sup>.

**Key words** Oilseed rape; Variety; Density; Nutrient

油菜是我国最大的油料作物, 种植规模逐渐扩大, 同时我国也是油料消费大国, 随着人口的增加和消费水平的提高, 对油料的需求量也在扩大, 在提高产量的同时对品质的要求也逐步提升<sup>[1-3]</sup>。油菜的高产栽培技术着重于生长发育过程中大量元素(N、P、K)的应用和吸收, 对微量元素的研究并不多, 造成了作物营养供应的不平衡性, 影响作物的品质, 甚至影响到环境问题和粮食安全问题<sup>[4-7]</sup>。在印度印度洋-甘冈平原(IGP)的肥沃地区, 因采用了不合理的农业实践和集约化种植, 导致微量营养素的缺乏; 不合理施用氮、磷、钾肥, 较少使用有机肥和肥料, 不良的农田残留管理和集约化种植造成了养分平衡和微量营养素的缺乏。其中, 锌(Zn)的缺乏仅次于 P 和 N, 特别是在高 pH 的劣质水灌溉土壤中, 而铁(Fe)、硼(B)、锰(Mn)和钼(Mo)的缺乏在水稻-小麦种植系统中也有报道<sup>[8]</sup>。许多水稻和小麦种植区的土壤容易出现锌、硼、锰、铁、钼和铜(Cu)的缺失<sup>[9]</sup>。与常量营养元素一样重要, 微量营养元素参与植物的重要代谢活动, 即使是单一的必需微量营养元素的缺乏也会扰乱植物的发育, 导致作物产量的大幅下降<sup>[10]</sup>, 直接施肥虽然可以弥补营养元素的缺失, 但是较低的肥料利用效率也会导致资源的浪费和土质的变化。鉴于此, 笔者采用不同栽培方式和品种, 研究了油菜各器官对钙、镁、硫、铁、锰、锌、钼、铜、磷、钾离子的吸收, 最后探讨了影响微量元素吸收的农作措施。

## 1 材料与方法

**1.1 试验地概况** 试验在塔里木大学农学试验站的试验地进行。该地土壤情况如下: 有机质 11.4 g/kg, 全氮 0.562 g/kg, 全磷 0.724 g/kg, 全钾 20.134 g/kg, 碱解氮 23.07 mg/kg, 速效磷 20.11 mg/kg, 速效钾 114.25 mg/kg, pH 8.47, 电导率 111.6 μs/cm。

**1.2 试验材料** 供试材料为华油杂 62 和饲油 2 号, 由华中农业大学提供。

**1.3 试验方法** 采用裂区试验设计, 种植方式为条播, 播种深度为 2~3 cm, 设置 3 次重复, 每个重复分为 5 小区, 每小区种植 2 个品种的 5 个密度处理, 分别为 30 万株/hm<sup>2</sup> (M1 处理)、45 万株/hm<sup>2</sup> (M2 处理)、60 万株/hm<sup>2</sup> (M3 处理)、75 万株/hm<sup>2</sup> (M4 处理)、90 万株/hm<sup>2</sup> (M5 处理)。盛花期测定各元素含量及生理指标。

**1.4 统计分析** 采用 Microsoft Excel 2013、DPS 进行统计分析; 采用 Duncan's 新复极差法进行多重比较。

## 2 结果与分析

**2.1 不同处理对油菜盛花期中微量元素积累的影响** 由表 1 可知, 华油杂 M3 处理的 B、Cu、P、Zn 元素含量最高, 且与其他密度处理均存在不同程度的显著差异; M4 处理下的元素 Fe、K、Mn、S 含量最高, 其中元素 Fe、K、Mn 含量与其他处理均存在显著差异; M5 处理的 Ca 含量最高, 与其他处理间无显著差异; M6 处理的元素 Mg、Mo 含量最高, Mg 元素含量与其他处理间均存在显著差异, 元素 Mo 与其他处理间无显著差异。其中 Ca、Cu、K、Mn、P、S、Zn 含量随着密度的增加呈先增后减的趋势, Mo 含量随密度的增加呈先减后增的趋势。

**作者简介** 王灵敏(1997—), 男, 四川达州人, 硕士研究生, 研究方向: 作物高产生理生态与节水。\* 通信作者, 教授, 硕士生导师, 硕士, 从事作物高产生理生态与节水教育及科研工作。

**收稿日期** 2020-11-06

饲油二号的 M2 处理 Ca、Fe 含量最高,与其他处理间存在不同程度的显著差异;M3 处理的 Cu、K、Mn、P、Zn 元素含量最高,与其他处理存在不同程度的显著差异;M5 处理的 S 含量最高,但与其他处理间无显著差异;M6 处理的 B、Mg、Mo

元素含量最高,其中 B、Mg 元素与其他处理间存在显著差异,Mo 元素与其他处理间无显著差异;其中 Ca、Mo 元素随密度的增加呈先减后增的趋势。

表 1 不同处理对油菜微量元素含量的影响

Table 1 Effects of different treatments on the trace element contents of oilseed rape

品种名称 Variety name	处理编号 Treatment code	元素 Element//mg/kg											
		B	Ca	Cu	Fe	k	Mg	Mn	Mo	P	S	Zn	
华油杂 62	M2	0.198 2 bc	7.130 5 a	0.032 2 b	2.388 1 d	15.842 2 d	12.016 4 b	0.275 8 c	0.022 3 a	10.187 1 c	3.425 2 a	0.218 4 b	
Huayouza 62	M3	0.251 0 a	7.242 4 a	0.040 4 a	3.874 4 ab	19.4847 ab	12.943 5 b	0.326 8 ab	0.016 7 a	13.442 7 a	3.746 7 a	0.272 7 a	
	M4	0.231 2 ab	7.244 9 a	0.040 4 a	3.962 0 a	20.149 3 a	11.830 5 b	0.341 9 a	0.017 3 a	12.119 2 b	4.532 9 a	0.263 1 a	
	M5	0.233 2 ab	8.009 0 a	0.037 5 ab	3.190 9 c	18.124 3 bc	13.326 8 b	0.321 0 ab	0.019 7 a	9.663 8 c	4.137 6 a	0.235 5 b	
	M6	0.191 6 c	7.957 1 a	0.033 1 b	3.524 3 bc	16.999 9 cd	15.417 5 a	0.310 1 b	0.030 4 a	9.191 5 c	4.117 6 a	0.222 1 b	
	饲油二号	M2	0.229 3 ab	8.466 4 a	0.035 1 bc	2.876 7 a	16.622 8 bc	13.417 1 b	0.288 8 bc	0.018 8 a	8.256 8 b	3.967 6 a	0.220 9 b
	Siyou 2	M3	0.244 2 a	7.761 3 ab	0.044 4 a	2.452 6 bc	21.007 1 a	12.830 0 bc	0.320 3 a	0.018 7 a	13.108 8 a	3.959 7 a	0.257 9 a
M4		0.177 9 c	6.667 1 c	0.032 5 bc	2.463 3 bc	17.562 9 b	13.208 8 b	0.263 6 cd	0.016 6 a	8.852 2 b	3.623 1 a	0.220 0 b	
M5		0.196 7 bc	6.860 3 bc	0.029 5 c	2.325 8 c	15.377 6 c	11.621 4 c	0.256 9 d	0.017 7 a	6.765 5 c	4.137 6 a	0.175 8 b	
M6		0.250 3 a	7.616 0 ab	0.037 2 b	2.790 1 ab	17.920 8 b	15.357 0 a	0.306 9 ab	0.023 8 a	8.059 8 bc	3.762 4 a	0.202 3 bc	

注:同列不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著

Note: Different lowercases in the same column indicated significant differences at 0.05 level

**2.2 不同处理对茎叶中微量元素分配的影响** 由表 2 可知,在华油杂 62 油菜茎秆中,B 元素 M5 处理占比最大,为 0.22%,M4 和 M6 处理占比最小,为 0.19%;Ca 元素 M5 处理占比最大,为 5.51%,M4 处理占比最小,为 4.01%;Cu 元素 M2、M4 处理占比较大,为 0.05%;M3、M5、M6 处理占比为 0.04%;Fe 元素 M6 处理占比最大,为 1.69%,M4 处理占比最小,为 0.73%,随密度增大呈先减后增的趋势;K 元素 M4 处理占比最大,为 25.15%,M2 处理最小,为 23.56%;Mg 元素 M6 处理占比最大,为 40.43%,M4 处理最小,为 31.14%;Mn 元素 M2、M6 处理占比较大,为 0.18%,M3 处理占比较小,为 0.15%,随密度增大呈先减后增的趋势;Mo 元素 M4 处理占比最大,为 0.05%,M3、M5、M6 处理占比最小,为 0.02%;P 元素 M4 处理占比最大,为 35.03%,M6 处理占比最小,为 25.37%;S 元素 M4 处理占比最大,为 3.19%,M2 处理最小,为 2.59%,随密度增加呈先增后减的趋势;Zn 元素 M2 和 M4 处理占比较大,为 0.29%,M3 处理最小,为 0.23%。由表 3 可知,在油菜叶片中,B 元素 M3 处理占比最大,为 0.71%,M6

处理最小,为 0.52%;Ca 元素 M2 处理占比最大,为 26.55%,M4 处理最小,为 21.11%,随密度增加呈先减后增的趋势;Cu 元素 M3 处理较大,为 0.11%,M2、M6 处理较小,为 0.08%,随密度的增加呈先增后减的趋势;Fe 元素 M3 处理占比最大,为 13.94%,M2 处理最小,为 9.59%;K 元素 M4 处理占比最大,为 42.47%,M6 处理占比最小,为 36.61%,随密度的增大呈先增后减的趋势;Mg 元素 M6 处理占比最大,为 7.76%,M3 处理最小,为 5.25%,随密度的增大呈先减后增的趋势;Mn 元素 M3 处理占比较大,为 1.06%,M6 处理最小,为 1.01%,密度的增加呈先增后减的趋势;Mo 元素 M6 处理占比最大,为 0.09%,M4 处理最小,为 0.04%,随密度增大呈先减后增的趋势;P 元素 M3 处理占比最大,为 3.24%,M2 处理最小,为 2.42%,随密度的增大呈先增后减的趋势;S 元素 M6 处理占比最大,为 13.19%,M3 处理最小,为 11.00%,随密度的增大呈先减后增的趋势;Zn 元素 M3 处理最大,为 0.74%,M6 处理最小,为 0.54%,随密度的增大呈先增后减的趋势。

表 2 不同处理对油菜茎秆中营养元素分配的影响

Table 2 Effects of different treatments on the nutrition distribution of oilseed rape stems

品种名称 Variety name	处理编号 Treatment code	元素 Element//mg/kg										
		B	Ca	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Mo	P	S	Zn
华油杂 62	M2	0.058 7	1.283 2	0.014 3	0.295 4	7.044 7	10.592 9	0.053 9	0.007 8	9.690 9	0.774 1	0.085 4
Huayouza 62	M3	0.072 3	1.599 2	0.013 3	0.333 4	8.806 9	11.641 6	0.054 1	0.006 1	12.445 1	0.988 2	0.081 9
	M4	0.063 4	1.314 9	0.015 2	0.239 5	8.240 6	10.203 9	0.052 2	0.015 7	11.477 8	1.046 6	0.095 6
	M5	0.068 8	1.746 7	0.013 4	0.269 7	7.866 3	11.665 5	0.052 0	0.005 9	9.031 6	0.881 8	0.086 5
	M6	0.063 9	1.719 3	0.013 5	0.573 3	8.109 9	13.693 3	0.060 9	0.007 9	8.593 7	0.941 5	0.092 0
	饲油 2 号	M2	0.063 5	1.586 2	0.014 1	0.435 9	7.642 0	11.663 8	0.052 1	0.006 8	7.654 2	0.830 0
Siyou 2	M3	0.072 5	1.554 3	0.019 5	0.436 2	8.596 0	11.164 7	0.060 6	0.006 5	12.281 1	0.979 4	0.093 1
	M4	0.063 0	1.433 4	0.013 3	0.572 1	7.945 1	11.709 2	0.054 5	0.006 7	8.236 1	0.935 4	0.095 0
	M5	0.047 0	1.295 7	0.012 8	0.333 6	6.875 5	9.970 4	0.047 9	0.005 6	6.253 1	1.115 9	0.064 3
	M6	0.065 1	1.791 8	0.014 9	0.742 3	7.458 0	13.562 9	0.057 1	0.006 9	7.448 8	0.808 0	0.080 3

由表 2 可知, 饲油 2 号在油菜茎秆中, B 元素 M2 和 M3 处理占比最大, 为 0.21%, M5 处理占比最小, 为 0.18%; Ca 元素 M6 处理占比最大, 为 5.59%, M2 处理占比最小, 为 4.41%; Cu 元素 M3 处理占比最大, 为 0.06%; M4 处理占比最小, 为 0.04%; Fe 元素 M6 处理占比最大, 为 2.32%, M3 处理占比最小, 为 1.24%; K 元素 M5 处理占比最大, 为 26.42%, M6 处理占比最小, 为 23.28%; Mg 元素 M6 处理占比最大, 为 42.34%, M3 处理占比最小, 为 31.66%; Mn 元素 M4、M5、M6 处理占比均为 0.18%, M2、M3 处理占比最小, 为 0.17%; Mo 元素各项处理间均无差异, 为 0.02%; P 元素 M2 处理占比最大, 为 34.83%, M6 处理占比最小, 为 23.25%, 随密度的增大呈先增后减的趋势; S 元素 M5 处理占比最大, 为 4.29%, M6 处理占比最小, 为 2.52%, 随密度增加呈先增后减的趋势; Zn 元素 M4 处理占比最大, 为 0.31%, M2、M5 和 M6 处理 0.25% 最小。由表 3 可知,

在油菜叶片中, B 元素 M6 处理占比最大, 为 0.75%, M4 处理占比最小, 为 0.53%, 随密度的增大呈先减后增的趋势; Ca 元素 M2 处理占比最大, 为 28.24%, M3 处理占比最小, 为 23.35%; Cu 元素 M2、M3 和 M6 处理较大, 为 0.09%, M4、M5 处理较小, 为 0.08%; Fe 元素 M2 处理占比最大, 为 10.03%, M3 处理占比最小, 为 7.58%; K 元素 M3 处理占比最大, 为 46.06%, M2 处理占比最小, 为 36.97%; Mg 元素 M5 处理占比最大, 为 7.16%, M3 处理占比最小, 为 6.08%; Mn 元素 M6 处理占比最大, 为 1.02%, M4 处理占比最小, 为 0.94%; Mo 元素 M6 处理占比最大, 为 0.07%, M2、M3、M4 处理占比最小, 为 0.04%, 随密度增大呈增大的趋势; P 元素 M3 处理占比最大, 为 3.02%, M5 处理占比最小, 为 1.93%; S 元素 M5 处理占比最大, 为 13.13%, M3 处理占比最小, 为 11.54%; Zn 元素 M3 处理占比最大, 为 0.62%, M6 处理占比最小, 为 0.51%, 随密度的增大呈先增后减的趋势。

表 3 不同处理对油菜叶片中营养元素分配的影响

Table 3 Effects of different treatments on the nutrition distribution of oilseed rape leaves

品种名称 Variety name	处理编号 Treatment code	元素 Element//mg/kg										
		B	Ca	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Mo	P	S	Zn
华油杂 62 Huayouza 62	M2	0.138 3	5.761 8	0.017 8	2.082 1	8.748 8	1.448 1	0.220 5	0.014 4	0.524 5	2.617 3	0.131 0
	M3	0.183 4	5.624 8	0.027 5	3.597 4	10.861 8	1.354 2	0.274 2	0.017 7	0.835 4	2.838 2	0.189 8
	M4	0.173 1	5.894 9	0.025 4	3.768 6	11.859 4	1.552 1	0.292 2	0.009 9	0.752 9	3.423 7	0.169 7
	M5	0.166 2	6.425 7	0.024 4	2.943 2	10.210 0	1.690 8	0.269 7	0.013 7	0.679 8	3.162 8	0.151 2
	M6	0.128 0	6.346 9	0.019 9	2.987 5	9.077 2	1.925 1	0.251 0	0.022 5	0.632 5	3.271 6	0.134 0
饲油 2 号 Siyou 2	M2	0.160 9	6.870 9	0.020 9	2.439 5	8.995 5	1.678 1	0.236 4	0.011 9	0.608 7	3.161 8	0.147 0
	M3	0.169 3	6.214 4	0.024 3	2.017 9	12.257 3	1.618 3	0.258 4	0.012 6	0.803 9	3.070 1	0.163 7
	M4	0.118 0	5.429 7	0.018 9	1.908 9	9.823 1	1.492 4	0.210 6	0.010 4	0.539 6	2.678 3	0.125 4
	M5	0.151 6	5.685 9	0.016 6	2.019 6	8.630 6	1.550 1	0.210 7	0.012 4	0.418 7	2.843 6	0.112 2
	M6	0.183 3	5.869 2	0.022 2	2.050 9	10.613 7	1.624 9	0.249 8	0.017 3	0.657 2	2.998 3	0.123 7

**2.3 不同处理油菜各元素茎叶分布** 油菜不同部位的元素组成比例也大不相同。从图 1 可以看出, 华油杂 62 品种 M3 处理地上部分营养器官 B 元素含量最高, 达 0.255 6 mg/kg, 其中茎秆占 28.28%, 叶片占 71.72%; M3 处理地上部分营养器官 Cu 元素含量最高, 达 0.040 8 mg/kg, 其中茎秆占 32.64%, 叶片占 67.36%; M4 处理地上部分营养器官 Mn 元素含量最高, 达 0.344 4 mg/kg, 其中茎秆占 15.16%, 叶片占 84.84%; M4 处理地上部分营养器官 Mo 元素含量最高, 达 0.025 5 mg/kg, 其中茎秆占 61.45%, 叶片占 38.55%; M3 处理地上部分营养器官 Zn 元素含量最高, 达 0.271 7 mg/kg, 其中茎秆占 30.13%, 叶片占 69.87%; M5 处理地上部分营养器官 Ca 元素含量最高, 达 8.172 4 mg/kg, 其中茎秆占 21.37%, 叶片占 78.63%; M4 处理地上部分营养器官 Fe 元素含量最高, 达 4.008 1 mg/kg, 其中茎秆占 5.98%, 叶片占 94.02%; M4 处理地上部分营养器官 K 元素含量最高, 达 20.099 9 mg/kg, 其中茎秆占 41%, 叶片占 59%; M6 处理地上部分营养器官 Mg 元素含量最高, 达 15.618 4 mg/kg, 其中茎秆占 87.67%, 叶片占 12.33%; M3 处理地上部分营养器官 P 元素含量最高, 达 13.280 5 mg/kg, 其中茎秆占 93.71%, 叶片占 6.29%; M4 处理地上部分营养器官 S 元素含量最高, 达 4.470 3 mg/kg, 其中

茎秆占 23.41%, 叶片占 76.59%。

从图 2 可以看出, 饲油 2 号品种 M6 处理地上部分营养器官 B 元素含量最高, 达 0.248 4 mg/kg, 其中茎秆占 26.22%, 叶片占 73.78%; M3 处理地上部分营养器官 Cu 元素含量最高, 达 0.043 7 mg/kg, 其中茎秆占 44.47%, 叶片占 55.53%; M3 处理地上部分营养器官 Mn 元素含量最高, 达 0.318 9 mg/kg, 其中茎秆占 19%, 叶片占 81%; M6 处理地上部分营养器官 Mo 元素含量最高, 达 0.024 3 mg/kg, 其中茎秆占 28.58%, 叶片占 71.42%; M3 处理地上部分营养器官 Zn 元素含量最高, 达 0.256 8 mg/kg, 其中茎秆占 36.25%, 叶片占 63.75%; M2 处理地上部分营养器官 Ca 元素含量最高, 达 8.457 mg/kg, 其中茎秆占 18.76%, 叶片占 81.24%; M4 处理地上部分营养器官 Fe 元素含量最高, 达 2.875 4 mg/kg, 其中茎秆占 15.16%, 叶片占 84.84%; M3 处理地上部分营养器官 K 元素含量最高, 达 20.853 2 mg/kg, 其中茎秆占 41.22%, 叶片占 58.73%; M6 处理地上部分营养器官 Mg 元素含量最高, 达 15.187 8 mg/kg, 其中茎秆占 89.3%, 叶片占 10.7%; M3 处理地上部分营养器官 P 元素含量最高, 达 13.085 0 mg/kg, 其中茎秆占 93.86%, 叶片占 6.14%; M3 处理地上部分营养器官 S 元素含量最高, 达 4.049 6 mg/kg, 其中茎秆占 24.19%, 叶片占

75.81%。Mg、P 元素在地上部分营养器官分布以叶片为主， B、Ca、Cu、Fe、K、Mn、Mo、S、Zn 元素分布以茎秆为主。

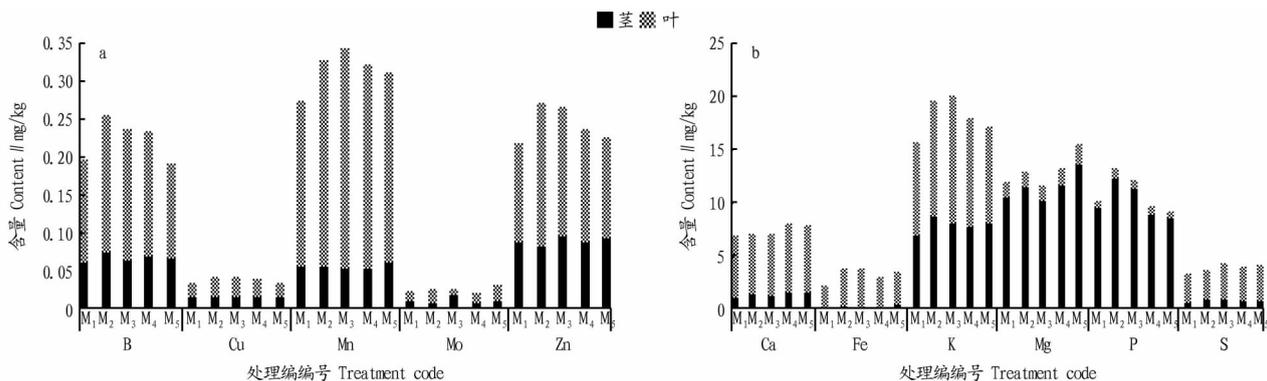


图 1 不同处理对华油杂 62 各营养元素含量的影响

Fig.1 Effects of different treatments on the nutritive element contents of Huayouza 62

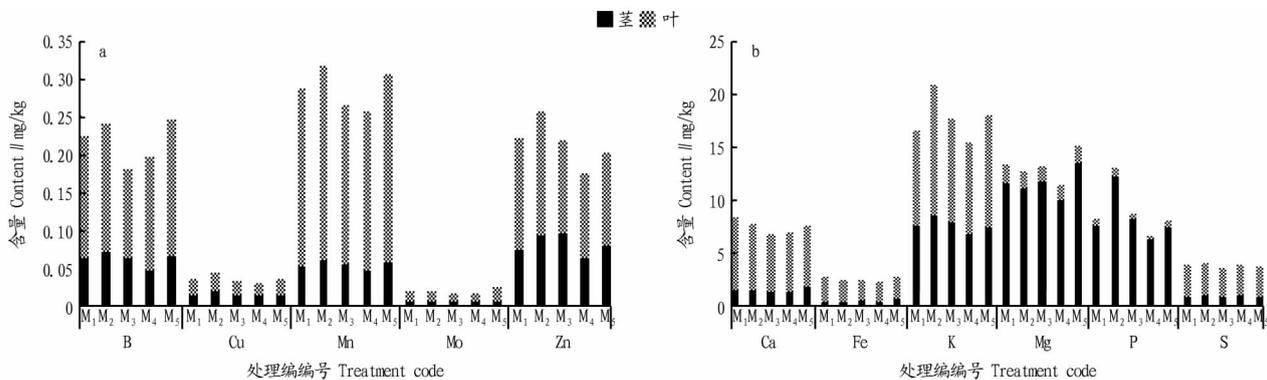


图 2 不同处理对饲油 2 号各营养元素含量的影响

Fig.2 Effects of different treatments on the nutritive element contents of Siyou 2

2.4 不同处理营养元素主成分分析 从表 4 可以看出,华油杂 62 品种前 2 个综合指标的累计贡献率达到 85.13%,饲油 2 号前 3 个综合指标的累计贡献率高达 92.11%,根据得到因子

得分和贡献率可计算出各密度下营养元素含量的综合得分,从而找出各品种下的最优密度处理。

表 4 主成分特征向量及贡献率的比较

Table 4 Comparison of the contribution rate and eigenvector of principal component

性状 Character	华油杂 62 Huayouza 62		饲油 2 号 Siyou 2		
	因子 1 Factor 1	因子 2 Factor 2	因子 1 Factor 1	因子 2 Factor 2	因子 3 Factor 3
B	0.839 8	-0.389 4	0.457 4	0.652 5	0.522 4
Ca	-0.101 9	0.788 7	0.187 5	0.469 8	0.778 4
Cu	0.962 3	-0.205 1	0.907 7	0.279 5	0.307 5
Fe	0.926 1	0.328 0	-0.135 2	0.826 0	0.323 5
K	0.998 3	-0.044 2	0.991 5	0.111 2	-0.040 0
Mg	-0.197 8	0.877 2	0.172 6	0.955 0	-0.215 0
Mn	0.952 6	0.246 7	0.758 9	0.524 8	0.361 4
Mo	0.072 4	0.697 5	0.081 2	0.895 3	0.029 9
P	0.757 4	-0.543 6	0.980 7	-0.123 6	0.143 8
S	0.661 1	0.622 5	0.182 7	-0.171 8	0.935 1
Zn	0.965 5	-0.219 8	0.911 1	0.001 6	0.141 0
方差贡献 Variance contribution	6.390 5	2.973 7	4.507 3	3.453 0	2.172 3
累计贡献 Cumulative contribution	0.581 0	0.851 3	0.409 8	0.723 7	0.921 1
特征值 Eigenvalue	6.447 6	2.916 5	5.864 1	2.742 6	1.525 8

由表 5 可知,华油杂 62 品种 M5 处理第一因子得分最高,说明 M5 处理下 B、Cu、Fe、K、Mn、P、S、Zn 元素含量高;M6 处理第二因子得分最高,说明 M6 处理的 Ca、Mg、Mo 元素含

量高;M5 处理的综合得分最高,说明 M5 处理的元素综合含量最高。饲油 2 号品种下的 M6 处理第三因子得分最高,说明 M6 处理的 Ca、S 元素含量高;M3 处理下的第一、二因子和

综合得分最高,说明 M3 处理的 B、Cu、Fe、K、Mg、Mn、Mo、Zn 元素含量及综合含量都最高。

表 5 不同处理油菜综合得分比较

Table 5 Comparison of the comprehensive scores of different treatments of rape

品种名称 Variety name	密度处理 Density treatment	因子 1 Factor 1		因子 2 Factor 2		因子 3 Factor 3		综合得分 Comprehensive score	排序 Rank
		得分 Score	排序 Rank	得分 Score	排序 Rank	得分 Score	排序 Rank		
华油杂 62	M2	-6.060 2	5	3.744 2	1	—	—	-2.508 918 94	5
Huayouza 62	M3	2.884 6	3	-0.144 9	4	—	—	1.636 786 13	2
	M4	2.895 3	2	-5.476 6	5	—	—	0.201 844 32	3
	M5	-3.470 2	4	1.370 2	2	—	—	-1.645 821 14	4
	M6	3.750 4	1	0.507 1	3	—	—	2.316 051 53	1
	饲油 2 号	M2	-0.211 4	3	-0.087 3	3	0.639 5	3	0.012 202 11
Siyou 2	M3	1.485 3	1	3.152 1	1	1.434 6	2	1.881 310 17	1
	M4	-0.859 3	4	-0.367 9	4	-0.063 1	4	-0.480 080 89	4
	M5	1.096 0	2	-2.755 6	5	-4.002 1	5	-1.205 856 58	5
	M6	-1.510 7	5	0.058 7	2	1.991 1	1	-0.207 615 79	3

### 3 结论与讨论

遗传和环境双重因素共同影响作物的产量和品质<sup>[11]</sup>,以往对于作物营养元素的研究多集中于外部增施药剂、肥料等措施上<sup>[12-13]</sup>,而关于农艺栽培耕作措施影响作物营养元素的研究较少<sup>[14]</sup>。在营养元素方面,试验又过于集中在氮磷钾等大量元素上<sup>[15-16]</sup>,Cu、Ca、Fe、Mn、Mg、Mo 等元素的含量是否受农艺措施的影响,表现为抑制还是促进作用,调节机理等尚不明确,还需大量研究来进一步证明。该试验以不同油菜品种为试验对象,通过改变种植密度的耕作栽培方法来探究对油菜植株中各元素积累量的不同影响,并得出以下结论:

(1) 华油杂 62 品种不同密度处理对 B、Cu、Fe、K、Mg、P、Zn 等元素含量存在显著差异,Cu、K、P、S、Zn 等元素含量随着密度的增大呈先增后减的趋势。饲油 2 号不同密度处理对 B、Ca、Cu、Fe、K、Mg、Mn、P、Zn 等元素含量存在显著差异,且 Ca 元素随着密度的增大呈先减后增的趋势。

(2) 华油杂 62 油菜 30 万株/hm<sup>2</sup> 茎秆中各元素含量由高到低依次为 Fe>Ca>Mn>S>B>Mo>Zn>Cu>K>Mg>P; 45 万株/hm<sup>2</sup> 茎秆中各元素含量由高到低依次为 Fe>Mn>Ca>Mo>S>B>Zn>Cu>K>Mg>P; 60 万株/hm<sup>2</sup> 茎秆中各元素含量由高到低依次为 Fe>Mn>Ca>S>B>Zn>Cu>K>Mo>Mg>P; 75 万株/hm<sup>2</sup> 茎秆中各元素含量由高到低依次为 Fe>Mn>Ca>S>B>Mo>Cu>Zn>K>Mg>P; 90 万株/hm<sup>2</sup> 茎秆中各元素含量由高到低依次为 Fe>Mn>Ca>S>Mo>B>Cu>Zn>K>Mg>P。饲油 2 号油菜 30 万株/hm<sup>2</sup> 茎秆中各元素含量由高到低依次为 Fe>Mn>Ca>S>B>Zn>Mo>Cu>K>Mg>P; 45 万株/hm<sup>2</sup> 茎秆中各元素含量由高到低依次为 Fe>Mn>Ca>S>B>Mo>Zn>K>Cu>Mg>P; 60 万株/hm<sup>2</sup> 茎秆中各元素含量由高到低依次为 Mn>Ca>Fe>S>B>Mo>Cu>Zn>K>Mg>P; 75 万株/hm<sup>2</sup> 茎秆中各元素含量由高到低依次为 Fe>Mn>Ca>B>Mo>Zn>Cu>K>S>Mg>P; 90 万株/hm<sup>2</sup> 茎秆中各元素含量由高到低依次为 Mn>S>Ca>B>Fe>Mo>Zn>Cu>K>Mg>P, 叶片均相反。

(3) 华油杂 62 和饲油 2 号品种 B、Ca、Cu、Fe、K、Mn、Mo、S、Zn 元素含量分布为茎秆>叶片,Mg、P 元素含量分布为叶片>茎秆。

(4) 华油杂 62 品种最优种植密度为 75 万株/hm<sup>2</sup>, 饲油 2 号的最优种植密度为 45 万株/hm<sup>2</sup>。

### 参考文献

- [1] 朱洪勋,张翔,孙春河.油菜吸收微量元素的特点及硼锌的施用方法[J].中国油料,1996,18(2):59-61,66.
- [2] 段晓琴,赵永亮.锌硒微肥对油菜苗期锌、硒积累及生理效应的影响[J].江苏农业科学,2009,37(4):106,147.
- [3] 曹德菊,罗孝荣.油菜体内微量元素的变化动态[J].中国油料,1995,17(1):36-38.
- [4] 潘峰,赵艳萍,梁俊宁,等.甘肃省陇东塬区土壤及农作物中微量元素的分布特征[J].环境科学研究,2012,25(3):290-296.
- [5] 路遥.种植密度与春玉米产量及籽粒锰、镁含量的关系研究[D].长春:吉林大学,2014.
- [6] CORDELL D, DRANGERT J O, WHITE S. The story of phosphorus: Global food security and food for thought[J]. Glob Environ change, 2009, 19(2): 292-305.
- [7] 张树杰,李玲,张春雷,等.镉对油菜幼苗生长及微量元素含量的影响[J].农业环境科学学报,2011,30(5):836-842.
- [8] NAYYAR V K. Soil micronutrient deficiencies in the rice-wheat cropping system[M]//Addressi resource conservation issues in rice-wheat systems of South Asia. New Delhi: RWC-CIMMY, 2003: 157-162.
- [9] RASHID A. Establishment and management of micronutrient deficiencies in Pakistan: A review[J]. Soil Environ, 2005, 24(1): 1-22.
- [10] TRIPATHI D K, SINGH S, SINGH S, et al. Micronutrients and their diverse role in agricultural crops: Advances and future prospective[J]. Acta Physiol Plant, 2015, 37(7): 1-14.
- [11] 刘恩科,赵秉强,胡昌浩,等.长期不同施肥制度对玉米产量和品质的影响[J].中国农业科学,2004,37(5):711-716.
- [12] 柏彦超,张永泰,倪梅娟,等. IFC 化肥增效剂对双低油菜生长及微量元素吸收的影响[J].江苏农业科学,2005,33(1):88-91.
- [13] 蔡利柱.海藻肥对小油菜生物量和中微量元素含量的影响[J].安徽农业科学,2008,36(11):4494-4495.
- [14] 夏海勇,赵建华,孙建好,等.油菜、蚕豆、鹰嘴豆和大豆对间作玉米籽粒 Fe、Mn、Cu 和 Zn 浓度及地上部累积量的影响[J].中国科学:生命科学,2013,43(7):557-568.
- [15] 廖星,王江薇,刘昌智,等.施氮对油菜硫、硼、钼和硒营养的影响[J].中国油料,1996,18(3):46-48.
- [16] 徐家裕.冬油菜吸收微量元素硼、钼、铜、锰、锌的研究[J].中国油料,1983,15(3):86.