

DOI: 10.16861/j.cnki.zggc.2023.0491

不同施钾处理对甘蓝型油菜菜薹产量和品质的影响

王 申¹, 周炳好¹, 张培竹², 李荣兰¹, 李福媛¹, 林良斌¹

(1. 云南农业大学农学与生物技术学院 昆明 650500; 2. 云南省罗平县农业技术推广中心 云南罗平 655800)

摘要: 为了探究不同施钾技术对甘蓝型油菜菜薹产量和品质的影响, 笔者通过对高钾含量品种(玉油 7 号)、较高钾含量品种(中双 8 号)和低钾含量品种(保油 10 号)进行不同施钾处理, 摘取菜薹进行产量和品质指标测定。结果表明, 不同施钾处理能提高菜薹产量, 玉油 7 号产量有所增加, 但其产量远低于其他 2 个油菜品种, 中双 8 号在 T3 处理下菜薹产量最高(20.66 kg·小区⁻¹), 保油 10 号在 T8 处理下菜薹产量最高(23.30 kg·小区⁻¹); 中双 8 号在 T1 处理下菜薹可溶性糖和可溶性蛋白质含量最高, T3 处理下钾含量最高, T4 处理下游离氨基酸含量最高, 而保油 10 号在 T2 处理下综合营养品质最高。高钾含量油菜品种玉油 7 号不适合作为摘薹品种, 中双 8 号提高施钾量有利于油菜菜薹产量和品质的提高, 保油 10 号在抽薹期追施钾肥有利于菜薹产量的增加, 一定范围内提高施钾量也有利于其营养品质的提高。

关键词: 菜薹; 施钾处理; 产量; 品质

中图分类号: S634.3

文献标志码: A

文章编号: 1673-2871(2024)01-103-07

Effects of potassium application treatments on the yield and quality of flowering stem of cabbage oilseed rape

WANG Shen¹, ZHOU Bingyu¹, ZHANG Peizhu², LI Ronglan¹, LI Fuyuan¹, LIN Liangbin¹

(1. College of Agronomy and Biotechnology, Yunnan Agricultural University, Kunming 650500, Yunnan, China; 2. Agricultural Technology Extension Center of Luoping County, Luoping 655800, Yunnan, China)

Abstract: In order to investigate the effects of different potassium application treatments on the yield and quality of *Brassica napus* L., three varieties with high potassium content (Yuyou 7), medium potassium content (Zhongshuang 8) and low potassium content (Baoyou 10) were treated with different potassium application treatments, and the yield and quality of flowering stem were determined. The results showed that different potassium application treatments could improve the yield of rapeseed. The yield of Yuyou 7 increased, but it was much lower than the other two rapeseed varieties. The highest yield of Zhongshuang 8 was 20.66 kg each area under T3 treatment, and the highest yield of Baoyou 10 was 23.30 kg each area under T8 treatment. The content of soluble sugar and soluble protein in Zhongshuang 8 was the highest under T1 treatment, the content of potassium was the highest under T3 treatment, and the content of free amino acid was the highest under T4 treatment. The comprehensive nutritional quality of Baoyou 10 reached the highest under T2 treatment. Yuyou 7, a rapeseed variety with high potassium content, is not suitable as a mow-picking variety. The increase of potassium application in Zhongshuang 8 is conducive to the increase of the yield and quality of rapeseed moss, and the application of potassium fertilizer in Baoyou 10 during the bolting period is conducive to the increase of the yield and nutritional quality of rapeseed moss.

Key words: Flowering Chinese cabbage; Potassium application treatments; Yield; Nutritional quality

油菜作为我国重要的油料作物, 在油用的基础上, 其菜薹亦可作为时令蔬菜食用。油菜属于钾含量较高的植物, 而食用钾含量较高的蔬菜, 可有效降低血压, 有益于身体健康。戴祥来等^[1]研究表明, 根据品种和种植地区的不同, 摘取菜薹后, 增产和减产的现象都存在, 但与正常不摘菜薹相比差异不显著, 而采摘菜薹出售, 能有效地提高农民收入, 并

且仅作为菜用, 一个种植周期内可收获 3~4 茬, 有极高的经济效益。钾素作为大量元素, 与作物的产量和品质息息相关, 在油菜中尤为明显, 油菜需钾量与需氮量相持平, 故钾素的研究在油菜领域较为重要^[2]。陈昆等^[3]通过水培试验证明增加钾素含量, 对大蒜的产量和品质都有影响, 整体水平都处于上升趋势。大田试验表明, 提高钾肥的用量, 可以显

收稿日期: 2023-08-31; 修回日期: 2023-10-11

基金项目: 云南省油菜产业技术体系项目(2020KJTX005-05)

作者简介: 王 申, 男, 在读硕士研究生, 主要从事油菜栽培研究。E-mail: 913693677@qq.com

通信作者: 林良斌, 男, 教授, 主要从事油菜分子生物学与遗传育种研究。E-mail: Linliangbin63@163.com

著增加芹菜的产量^[4]。随着钾肥施用量的增加,西瓜的可溶性糖和维生素 C 含量均显著增加,硝酸盐含量下降^[5]。油菜薹具有甘甜、汁水丰富、营养价值高的特点,如何提高油菜薹的产量和品质是油菜多功能应用的一个关键问题。张孟蝶等^[6]研究发现通过叶面喷施钾肥有利于甘蓝型油菜菜薹产量的增加,但其研究只针对苗期喷施叶面钾肥,对其他施钾方式和施钾时期及品质检测没有开展研究。笔者采用不同钾含量的油菜品种作为试验材料,通过设置不同施钾水平、不同施钾方式和不同施钾时期等综合施钾处理,研究其对油菜菜薹产量和品质的影响,旨在为油菜菜薹优质栽培与利用提供理论指导。

1 材料与方法

1.1 材料

对云南主栽的甘蓝型油菜品种进行钾含量测定,选择具有不同遗传背景的 3 种苗期钾含量具有明显差异的油菜品种进行试验(该结果未发表)。供试材料详见表 1,由云南农业大学油菜研究室提供。

表 1 供试材料

品种 Varieties	来源 Source	w(钾) K content/ (mg·g ⁻¹)
玉油 7 号 Yuyou 7	玉溪市农业科学研究院 Yuxi Academy of Agricultural Sciences	34.5
中双 8 号 Zhongshuang 8	中国农业科学院油料作物研究所 Oil Crops Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences	22.2
保油 10 号 Baoyou 10	保山市农业技术推广中心 Agricultural Technology Extension Center of Baoshan City	10.6

1.2 方法

试验于 2022 年 10 月 16 日至 2023 年 4 月 26 日

在云南省昆明市云南农业大学后山试验田进行。

1.2.1 试验设计 在整地做畦时将 400 kg·hm⁻² 尿素(含 N 46%)、750 kg·hm⁻² 过磷酸钙(含 P₂O₅ 12%)和不同量的氯化钾(含 K₂O 60%)施作基肥。试验共设置 8 个处理,包括基肥的 4 个不同施钾水平(T1、T2、T3、T4)、2 个不同施钾时期(T5、T7)和 2 个不同施钾方式(T6、T8),各处理钾肥施用量详见表 2。随机区组设计,每小区面积 12 m²,穴播 3~5 粒饱满的油菜种子,株距 30 cm,行距 40 cm,在油菜 4 叶期间苗,每穴双株留苗。

1.2.2 测定项目与方法 在油菜抽薹 30 cm 时,每小区分别选取长势一致的 10 株油菜,剪取菜薹 15 cm 称质量,去除最高值和最低值,取平均值。然后保存在-80 °C 冰箱用于品质分析,每个营养指标 3 次重复。参考李合生^[7]主编的《植物生理生化实验原理和技术》,采用蒽酮比色法测定可溶性糖含量;采用考马斯亮蓝 G-250 染色法测定可溶性蛋白质含量;采用茚三酮溶液显色法测定游离氨基酸含量;采用电导率法测定钾含量^[8]。

1.3 统计分析

采用 WPS 软件和 DPS 数据处理系统对试验数据进行整理和分析;采用 WPS 进行绘图。

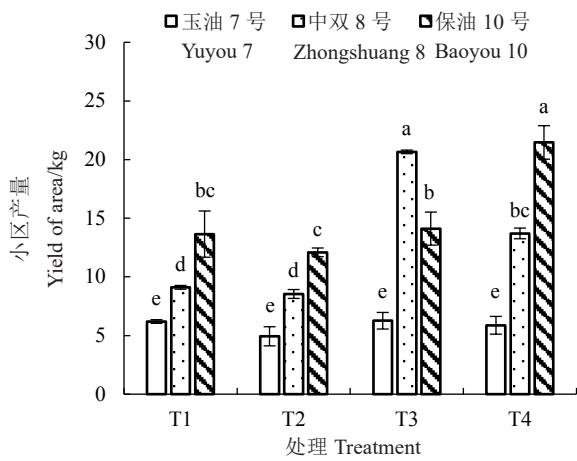
2 结果与分析

2.1 施钾水平对油菜菜薹产量和品质的影响

由图 1 可以看出,施钾量对油菜菜薹产量均有一定影响,但不同油菜品种的影响程度不同。其中,玉油 7 号的菜薹产量随着施钾量的增加没有显著变化;中双 8 号在 T3 处理下的菜薹产量最高,显著高于其他 3 个处理,说明 T3 处理是中双 8 号的最佳施钾量;保油 10 号的菜薹产量在 T4 处理下显著高于其他 3 个处理。不同品种菜薹产量对施钾水平的响应存在差异,可能是由于不同含钾量的油

表 2 各处理不同钾肥施用量

处理 Treatment	基施钾肥 Base fertilizer for K	7 叶期根施钾肥 Apply K fertilizer to the roots at seven leaves stage	抽薹时根施钾肥 Apply K fertilizer to the roots at bolting stage	7 叶期叶面喷施钾肥 Apply K fertilizer to the leaves at seven leaves stage	抽薹时叶面喷施钾肥 Apply K fertilizer to the leaves at bolting stage
T1	200	0	0	0	0
T2	400	0	0	0	0
T3	600	0	0	0	0
T4	800	0	0	0	0
T5	120	80	0	0	0
T6	120	0	0	80	0
T7	120	40	40	0	0
T8	120	0	0	40	40



注:不同小写字母表示不同处理间在 0.05 水平差异显著。下同。

Note: Different small letters indicate significant difference among different treatment at 0.05 level. The same below.

图 1 施钾水平对菜薹产量的影响

Fig. 1 Effect of potassium application level on yield of flowering Chinese cabbage

菜品种对钾的需求量不一样。在试验水平下,随着施钾量增加,对高钾含量油菜品种的菜薹产量影响不显著,对钾含量低的油菜品种的菜薹产量影响显著。

不同施钾水平对不同品种油菜菜薹的可溶性

糖、可溶性蛋白质、游离氨基酸和钾含量的影响存在差异。由图 2-A 可以看出,玉油 7 号和中双 8 号的可溶性糖含量在 T1 处理下最高,其中玉油 7 号显著高于 T2 和 T3 处理,中双 8 号显著高于其他 3 个处理,二者均在 T2 处理下最低。保油 10 号的可溶性糖含量呈先上升后下降再上升的变化趋势,在 T2 处理下最高,且显著高于 T3 和 T4 处理。

从图 2-B 可以看出,随着施钾水平的提高,玉油 7 号的可溶性蛋白质含量呈先增加后减少再增加的变化趋势,T2 处理下含量最高,与 T1 处理呈显著差异。中双 8 号蛋白质含量随着施钾量的提高呈先减少后增加的变化趋势,T1 处理显著高于其他 3 个处理。保油 10 号的可溶性蛋白质含量随着施钾量的升高呈先增加后减少的变化趋势,在 T3 处理下含量最高。

随着施钾量的增加,不同品种游离氨基酸含量的变化有一定差异(图 2-C),玉油 7 号游离氨基酸的含量在 T1 和 T2 处理下无显著差异,但显著高于 T3 和 T4 处理;中双 8 号游离氨基酸含量呈显著增加趋势,在 T4 处理下最高;保油 10 号游离氨基酸含量呈先增加后减少的变化趋势,在 T2 处理下游离氨基酸含量达到最高,显著高于其余 3 个处理。

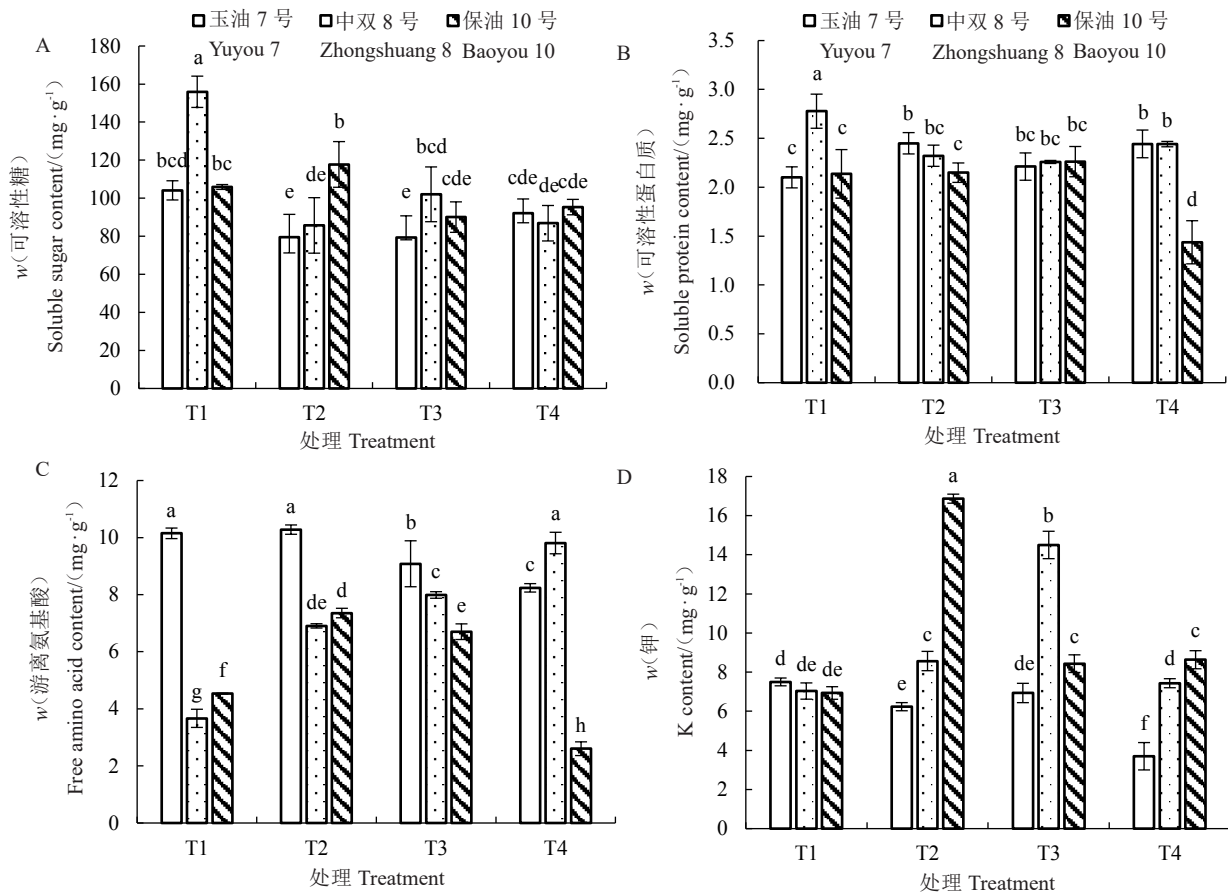


图 2 施钾水平对菜薹品质的影响

Fig. 2 Effect of potassium application level on quality of flowering Chinese cabbage

由图 2-D 可知,对于高钾含量的油菜品种玉油 7 号,随着施钾量的增加,其菜薹中钾含量呈先下降后上升再下降的变化趋势,在 T1 处理下钾含量最高;对于钾含量较低的油菜品种保油 10 号,菜薹钾含量呈先上升后下降再上升的变化趋势,在 T2 处理下钾含量最高,显著高于其他 3 个处理。中双 8 号随着施钾量的增加,菜薹中钾含量呈先上升后下降的变化趋势,在 T3 处理下钾含量最高,显著高于其他 3 个处理。

2.2 施钾时期对油菜菜薹产量和品质的影响

由图 3-A 可以看出,在不同施钾时期,3 个油菜品种的菜薹产量都高于 T1 处理。玉油 7 号和中双 8 号在 T5 处理下表现一致,菜薹产量都显著高于 T1 和 T7 处理;保油 10 号在 T7 处理下菜薹产量显著高于 T1 处理,T5 处理高于 T1 处理,但差异不显著。T8 处理下 3 个油菜品种表现相同,均高于 T1 和 T6 处理。其中玉油 7 号和中双 8 号在 T6 处理下显著高于 T1 处理;玉油 7 号在 T8 处理下高于 T6 处理,但差异不显著,中双 8 号在 T8 处理下显著高于 T6 处理;保油 10 号 T1 处理高于 T6 处理,但差异不显著(图 3-B)。

由图 4-A 可知,不同品种菜薹中的可溶性糖含量在不同施钾时期存在差异。其中玉油 7 号 T1 和 T5 处理

显著高于 T7 处理,T5 处理虽然高于 T1 处理,但差异不显著;中双 8 号和保油 10 号追施钾肥可溶性糖含量与 T1 处理相比显著下降,T5 处理可溶性糖含量高于 T7 处理。3 个品种 T8 处理下可溶性糖含量均显著高于 T6 处理,玉油 7 号的可溶性糖含量在 T8 处理下显著高于 T1 和 T6 处理;中双 8 号和保油 10 号追肥处理可溶性糖含量均显著低于 T1 处理(图 4-B)。

由图 4-C 中可知,玉油 7 号在 T7 处理下可溶性蛋白质含量显著高于 T1 和 T5 处理;而中双 8 号和保油 10 号的可溶性蛋白质含量在 T1 处理下最高,显著高于 T5 和 T7 处理。针对叶面喷施钾肥的不同时期,玉油 7 号和保油 10 号在不同处理之间表现一致,差异均不显著,中双 8 号在 T1 处理下显著高于 T6 和 T8 处理(图 4-D)。

由图 4-E~F 可知,施钾时期对不同品种的游离氨基酸含量影响显著,3 个油菜品种在 T1 处理下均显著高于其他处理,无论是在苗期追肥还是在薹期追肥都不利于游离氨基酸的积累。

不同施钾时期,3 个品种菜薹的钾含量均高于基施处理。玉油 7 号在 T5 处理下菜薹钾含量显著高于 T1 和 T7 处理,在 T6 处理下菜薹钾含量显著高于 T1 和 T8 处理;中双 8 号在 T5 处理下菜薹钾含量高于 T1 和 T7 处理,在 T8 处理下高于 T1 和 T6 处理;保油 10 号在 T7 处理下菜薹钾含量显著高于 T1 和 T5 处理,T8 处理菜薹钾含量最高,显著高于 T1 和 T6 处理(图 4-G~H)。

2.3 施钾方式对油菜菜薹产量和品质的影响

由图 5-A 可知,玉油 7 号和中双 8 号在 T5 和 T6 处理下菜薹产量均显著高于 T1 处理;保油 10 号在 T5 处理下的产量显著高于 T6 处理。3 个品种的产量在 T8 处理下均显著高于 T1 和 T7 处理。在 T7 处理下,玉油 7 号和中双 8 号的产量与 T1 处理差异不显著,保油 10 号显著高于 T1 处理(图 5-B)。上述结果表明,追肥有利于菜薹产量增加,且在 T8 处理下增幅最大。

由图 6-A 可知,对于高钾品种玉油 7 号,T1、T5 和 T6 处理间可溶性糖含量无显著差异;中双 8 号和保油 10 号的可溶性糖含量在 T1 处理下最高,追施钾肥不利于可溶性糖的积累。玉油 7 号在 T8 处理下可溶性糖含量显著高于 T1 和 T7 处理,T1 处理显著高于 T7 处理;中双 8 号和保油 10 号趋势相同,T1 处理均显著高于 T7 和 T8 处理;但中双 8 号在 T8 处理下可溶性糖含量比 T7 处理显著增加,保油 10 号在 T7 和 T8 处理间差异不显著(图 6-B)。

由图 6-C~D 可知,玉油 7 号各处理之间差异不

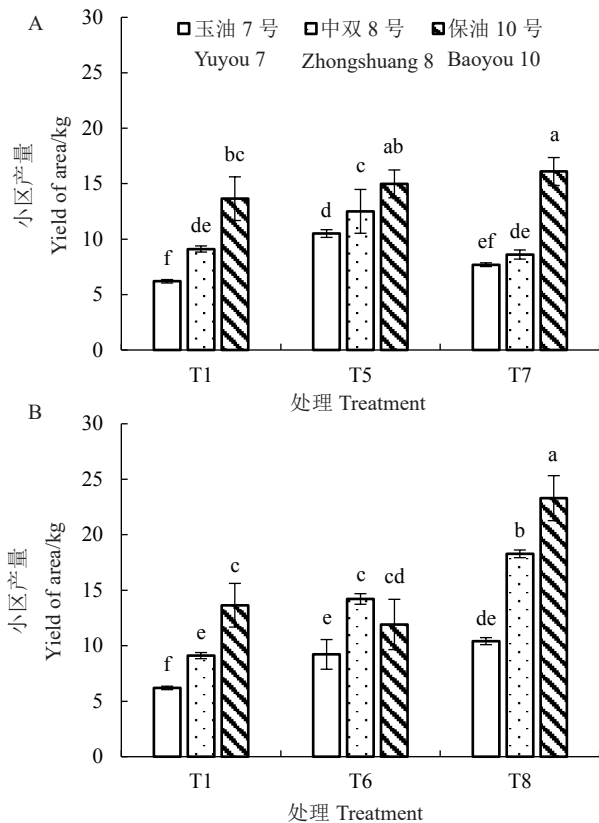


图 3 施钾时期对菜薹产量的影响

Fig. 3 Effect of potassium application period on yield of flowering Chinese cabbage

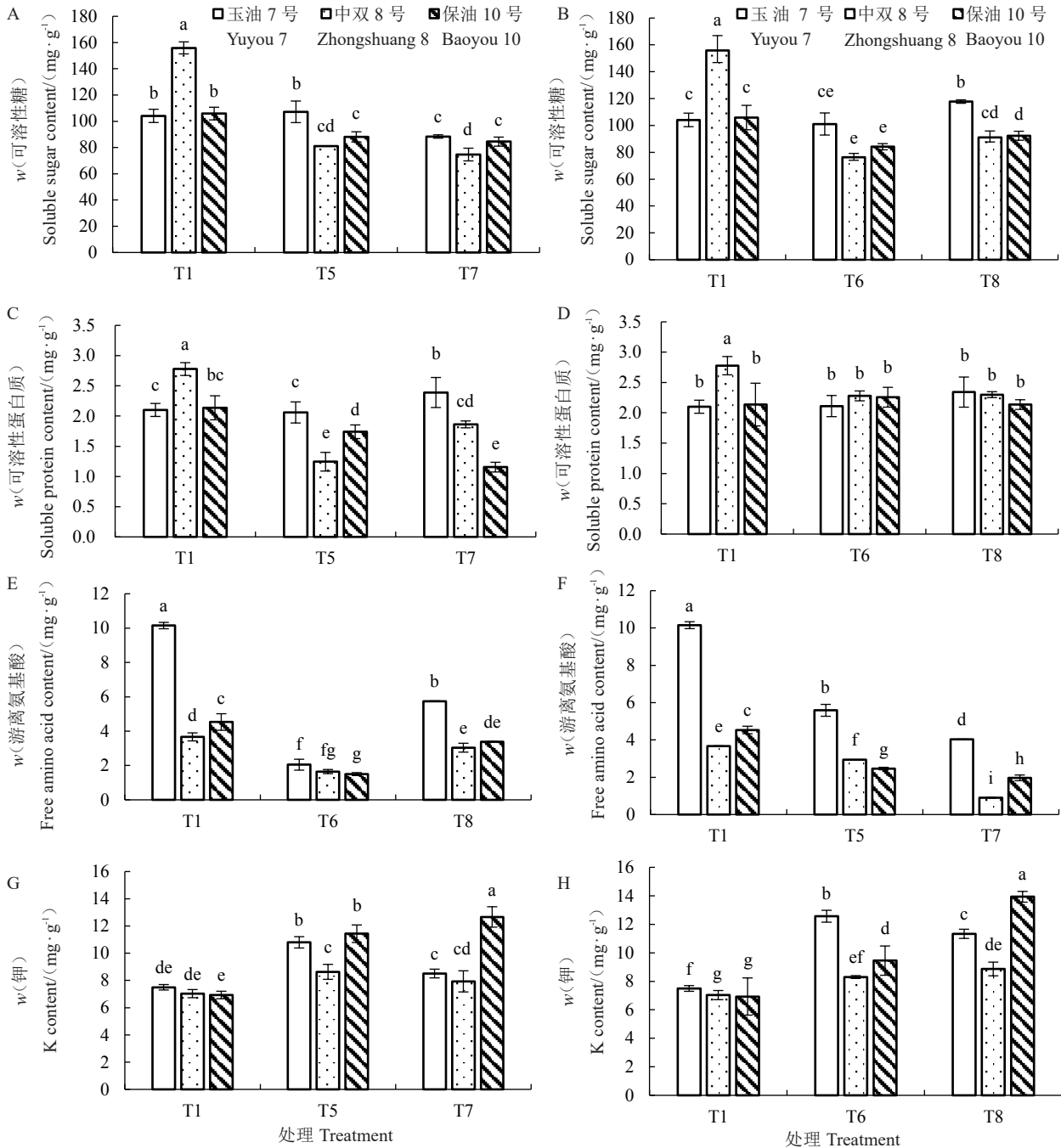


图 4 施钾时期对菜薹品质的影响

Fig. 4 Effect of potassium application period on the quality of flowering Chinese cabbage

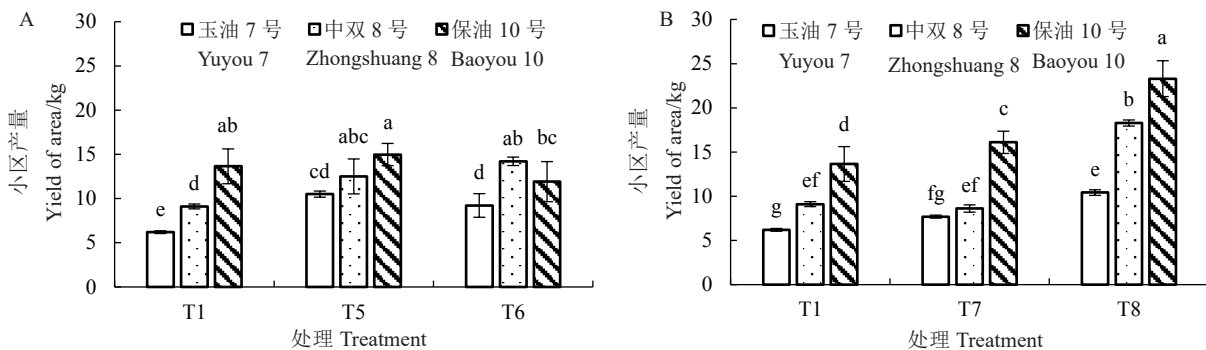


图 5 施钾方式对菜薹产量的影响

Fig. 5 Effect of potassium application on yield of flowering Chinese cabbage

显著,中双8号和保油10号在T1处理下显著高于T5和T7处理,T6处理显著高于T5处理,T8处理显著高于T7处理,说明追施钾肥不利于可溶性蛋白质的积累,尤其是根部追施钾肥效果较差。

不同施钾方式对不同油菜品种游离氨基酸含

量的影响较大,根部追肥和叶面追肥均会使游离氨基酸含量显著下降(图6-E-F),说明在一段时期内钾素浓度过高,不利于氮素的吸收和转运。

由图6-G~H可以看出,不同施钾方式处理下,无论是根部追肥还是叶面追肥,油菜菜薹的钾含量都高

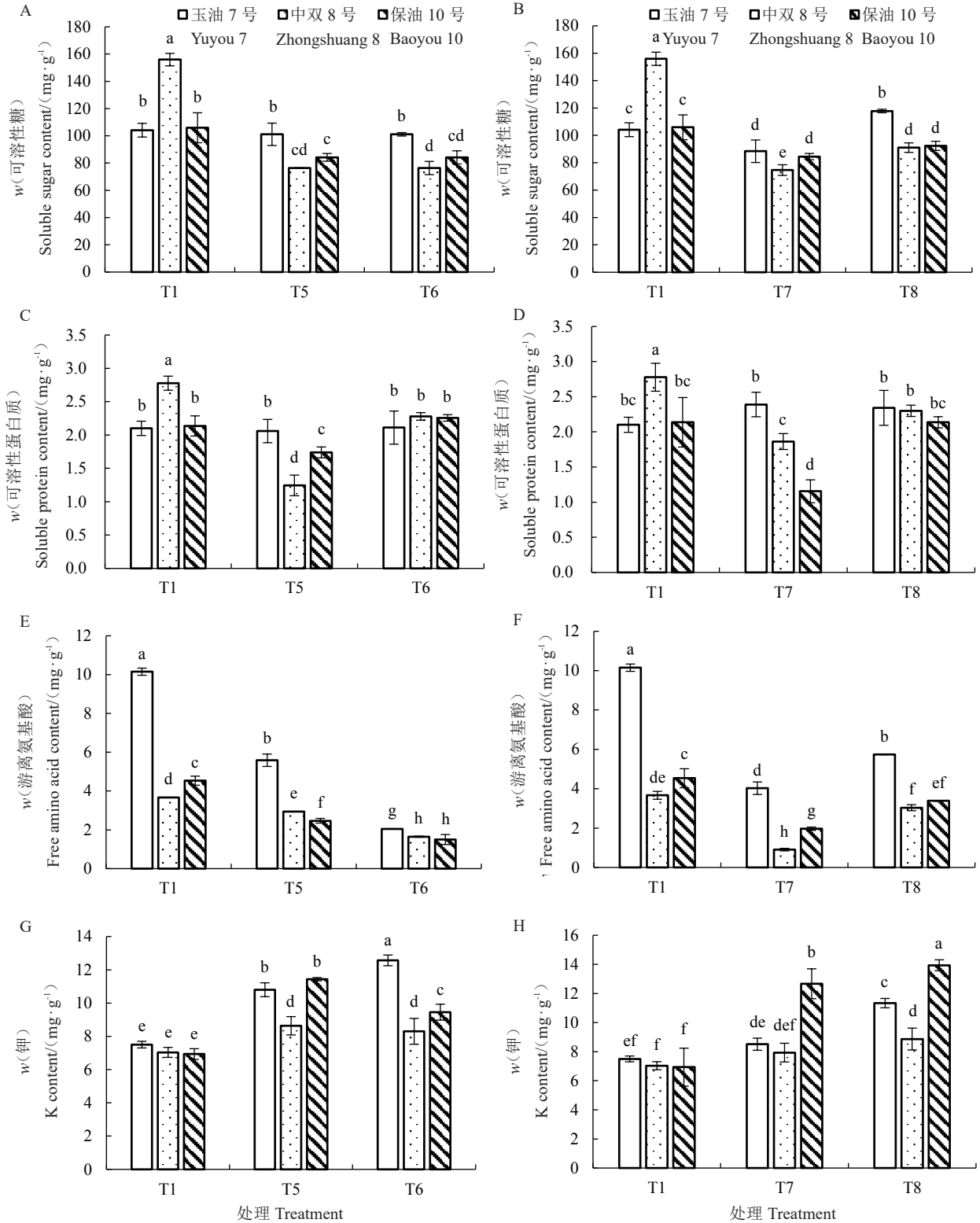


图6 施钾方式对菜薹品质的影响

Fig. 6 Effect of potassium application on the quality of flowering Chinese cabbage

于 T1 处理。玉油 7 号在叶面追施钾肥处理下菜薹的钾含量显著高于 T1 处理和根部追肥处理, T5 处理显著高于 T1 处理。中双 8 号在 T5 处理下菜薹钾含量显著高于 T1 处理, 与 T6 处理差异不显著; T8 处理显著高于 T1 处理, 与 T7 处理差异不显著。保油 10 号在 T5 处理下显著高于 T1 和 T6 处理; 在 T8 处理下菜薹的钾含量达到最高, 显著高于 T1 和 T7 处理, T7 处理显著高于 T1 处理。综合上述情况, 说明根部和叶面追施钾肥处理均有利于油菜菜薹钾含量的增加。

3 讨论与结论

提高钾肥施用量, 菜薹产量与油菜本身的钾含量表现出相反的关系, 即钾含量低的油菜品种菜薹产量反而更高, 可能是因为钾含量低的品种对钾肥的需求量较高, 追肥对菜薹产量的增幅高于提高施钾量, 与张梦蝶等^[6]的研究结果一致。笔者认为, 对于增加菜薹产量, 应选择钾含量较低的油菜品种, 正确的追肥措施要优于盲目的增加施钾量。

可溶性糖作为高等植物的主要光合产物, 也是碳水化合物代谢和贮存的主要形式, 包括葡萄糖、海藻糖、蔗糖等糖类物质^[9]。除了对干旱胁迫的响应以外, 可溶性糖存在于蔬菜的可食用部分, 是决定菜薹营养品质的重要指标之一^[10]。钾是油菜生长发育不可或缺的元素, 适量施钾有利于营养品质的提高。在提高钾肥施用量的条件下, 玉油 7 号和中双 8 号的可溶性糖含量下降, 保油 10 号在 T2 处理下可溶性糖含量最高。施钾时期和施钾方式不利于中双 8 号和保油 10 号可溶性糖的积累, 而玉油 7 号在 T8 处理下可溶性糖含量显著高于 T1 处理, 推测可能是钾肥的增加影响了油菜对钙镁离子的吸收, 也可能与过度施钾导致糖代谢失调有关, 降低了可溶性糖含量, 与李洋洋等^[11]的研究结果一致。而番茄施用钾肥后可溶性糖含量增加, 与笔者研究结果相反, 可能是二者对钾素需求量不同导致^[12]。玉油 7 号在最高施钾量处理下可溶性蛋白质含量最高, 中双 8 号和保油 10 号均在最高施钾量下含量最低; 同一品种追肥方式对可溶性蛋白质含量影响的较大, 中双 8 号和保油 10 号 T6 和 T8 处理高于 T5 和 T7 处理, 说明不同钾含量的油菜品种对钾素响应浓度不同, 也证明在钾素浓度过高的情况下不利于可溶性蛋白质的积累。游离氨基酸是含氮化合物分解及合成过程中的中间产物, 可以反映植物体内的氮素代谢变化及植物对氮素的吸收、转运及同化等状况^[13]。随着施钾水平的提高, 玉油 7 号和保油 10 号游离氨基酸含量呈现先升高后下降的变化趋势,

说明高钾环境下不利于游离氨基酸的积累, 而中双 8 号游离氨基酸含量持续增加, 与提高施钾量能显著增加洋葱游离氨基酸含量的研究结果一致^[14]; 苗期和薹期追肥都不利于游离氨基酸的积累, 可能是钾素浓度过高影响了植株对氮素的吸收和转运, 也可能是氯离子的影响^[15], 这需要进一步验证。对于高钾含量油菜品种, 增加施钾量不利于菜薹钾含量的积累, 反而会呈现负面影响; 低钾含量油菜品种对钾素的响应可能比较敏感, 随着施钾量的提高菜薹中的钾含量也增高, 但是对钾素有饱和效应, 一旦超过这个阈值, 其钾含量会显著下降; 施钾时期和施钾方式均有利于油菜菜薹钾含量的增加, 均高于钾肥基施处理, 与甘薯追肥后钾含量显著增加的研究结果一致^[16]。

综上所述, 玉油 7 号不适合作为摘薹用品种; 中双 8 号在 T3 处理下菜薹产量最高, 在 T1 处理下菜薹可溶性糖和可溶性蛋白含量最高, 在 T4 处理下游离氨基酸含量最高, 在 T3 处理下钾含量最高; 保油 10 号在 T8 处理下菜薹产量最高, 在 T2 处理下综合营养品质最高。适当增加钾肥用量、苗期和抽薹期进行追肥有利于菜薹产量和各项营养品质的提高。

参考文献

- [1] 戴祥来, 赵继献, 胡权, 等. 摘薹对甘蓝型油菜产量及效益的影响文献分析[J]. 南方农业, 2021, 15(25): 19-26.
- [2] 鲁剑巍, 陈防, 刘冬碧, 等. 施钾水平对油菜生物量积累和子粒产量的影响[J]. 湖北农业科学, 2001(4): 49-51.
- [3] 陈昆, 刘世琦, 张自坤, 等. 钾素营养对大蒜生长、光合特性及品质的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2011, 17(2): 506-512.
- [4] 王芳, 杨常新, 韩继山, 等. 不同供钾水平对芹菜产量和品质的影响[J]. 西北农业学报, 2009, 18(5): 258-261.
- [5] 宋桥生, 陈钢, 吴礼树, 等. 不同供钾水平对西瓜产量和品质的影响[J]. 湖北农业科学, 2007(5): 732-734.
- [6] 张孟蝶, 郑超, 周茂润, 等. 叶面喷施含钾有机肥对油菜薹品质与产量的影响[J]. 安徽农业大学学报, 2023, 50(1): 16-21.
- [7] 李合生. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000.
- [8] 周权, 张闪烁, 陈旭初, 等. 基于电导率差值法测定烟叶中钾含量的方法研究[J]. 现代农业科技, 2021(24): 188-191.
- [9] 邵艳军, 山仑, 李广敏. 干旱胁迫与复水条件下高粱、玉米苗期渗透调节及抗氧化比较研究[J]. 中国生态农业学报, 2006, 14(1): 68-70.
- [10] 何志谦. 人类营养学[M]. 2版. 北京: 人民卫生出版社, 2000.
- [11] 李洋洋, 张可慧, 鲁若楠, 等. 不同施钾量对朝天椒品质及产量的影响[J]. 中国瓜菜, 2023, 36(7): 104-110.
- [12] 吴多三. 蔬菜品质与施肥[J]. 北京农业科学, 1997(1): 27-31.
- [13] 刘浩荣, 宋海星, 刘代平, 等. 油菜茎叶可溶性糖与游离氨基酸含量的动态变化[J]. 西北农业学报, 2007, 16(1): 123-126.
- [14] 倪吾钟, 章永松, 林咸永. 不同钾肥对几种主要蔬菜作物产量和品质的影响[J]. 浙江农业学报, 1997, 9(3): 143-148.
- [15] 屈娅娜, 於丙军. 氯离子通道抑制剂对盐胁迫下野生和栽培大豆幼苗离子含量等生理指标的影响[J]. 南京农业大学学报, 2008, 31(2): 17-21.
- [16] 汪顺义, 李欢, 史衍玺. 不同施钾方式对甘薯钾素吸收及产量的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2016, 22(2): 557-564.